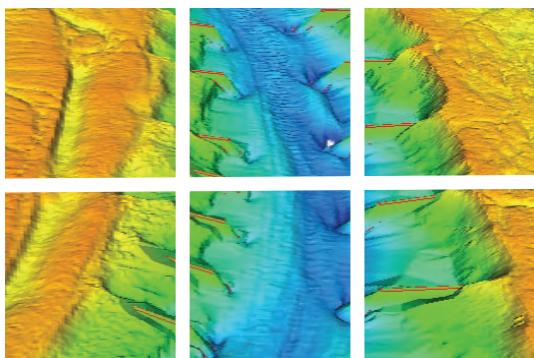


# Sohlstabilisierungskonzept für die Elbe

von Mühlberg bis zur Saalemündung



**Titelbild:**

- Die Elbe bei Griebo - Km 228
- Ausschnitt digitales Geländemodell Elbe
- Transport Geschiebezugabemateriel

WASSER- UND SCHIFFFAHRTSDIREKTION OST  
WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT DRESDEN



BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE



BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU



# **Sohlstabilisierungskonzept für die Elbe von Mühlberg bis zur Saalemündung**

## **Aufgestellt von der Projektgruppe „Erosionsstrecke Elbe“**

Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost	Dipl.-Geogr. Thomas Gabriel
Wasser- und Schifffahrtsamt Dresden	Dipl.-Ing. Elke Kühne Dipl.-Ing. (FH) Stefanie Kloß
Bundesanstalt für Gewässerkunde	Dr. Andreas Anlauf Prof. Dr. Emil Gölz
Bundesanstalt für Wasserbau	Dipl.-Ing. Petra Faulhaber

## **Unter Mitwirkung von:**

Biosphärenreservatsverwaltung „Mittel Elbe“ im Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt	Dipl.-Ing. Guido Puhmann
Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft	Dr. Thomas Gröger

Danksagung:

Für Erstellung des Sohlstabilisierungskonzeptes bzw. an der Erarbeitung der Grundlagen, die die Basis für das vorliegende Konzept bilden, waren weitere Personen und Institutionen beteiligt. Es können nicht alle benannt werden, aber einigen gilt der besondere Dank der Projektgruppe:

Dr.-Ing. Thomas Lege, BAW; Dipl.-Ing. Matthias Alexy, BAW; Dipl.-Ing. Boris Glander, BAW; Dipl.-Ing. Bernd Hentschel, BAW; Dr. Regina Patzwahl, BAW, Dipl.-Ing. (FH) Birgit Bleyel, BAW; Dipl.-Geogr. Stefan Rosenzweig, BfG; Dipl.-Ing. (FH) Doreen Grätz, BfG; Dipl.-Ing. Reinhard Schoßig, WSA Dresden; Dipl.-Ing. Karin Graefling, WSA Dresden; Wilhelm Pieper, Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt; Dr. Jens Peterson, LAU Sachsen-Anhalt; Dr. Christiane Röper, LAU Sachsen-Anhalt; Anett Schumacher, Biosphärenreservatsverwaltung Mittelelbe; Michael Unruh, Biosphärenreservatsverwaltung Mittelelbe

Magdeburg, Dresden, Koblenz, Karlsruhe im März 2009

Der Bericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die Vervielfältigung und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der WSD Ost, des WSA Dresden, der BfG oder der BAW.

## Vorwort

An der Mittel-Elbe zwischen den Ortschaften Mühlberg und Coswig/Anh. hat sich das Gewässerbett der Elbe über einen Zeitraum von mehr als 100 Jahren um durchschnittlich einen Meter eingetieft. Diese sich heute weiter stromab bis zur Saalemündung fortsetzenden Erosionstendenzen stellen eine zunehmende Gefährdung für die Standsicherheit und somit der Funktionsfähigkeit des Stromregelungssystems dar. Auch wirkt sich die Erosion, als Folge des Absinkens der mittleren Wasserstände, nachteilig auf den ufernahen Grundwasserhaushalt sowie die Wasserverhältnisse der Auen im UNESCO-Biosphärenreservat Mittel-Elbe und UNESCO-Welterbe Gartenreich Dessau-Wörlitz aus. Darüber hinaus wird, wenn sich der Prozess fortsetzt, im Bereich Torgau (El-km 155) die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs beeinträchtigt, da sich hier eine quer zum Strombett verlaufende Felsrippe nicht mit der Erosion eintieft und somit lokal die Fahrrinntiefe verringert.

Um der Erosion entgegen zu wirken, wird seit 1996 in der sogenannten „Erosionsstrecke“ der Elbe ein Sand-Kiesgemisch als Ersatz für fehlendes natürliches Flussgeschiebe eingebracht. Diese Geschiebezugaben werden durch eine Projektgruppe bestehend aus Vertretern der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost, des Wasser- und Schifffahrtsamtes Dresden und der Bundesanstalten für Gewässerkunde und Wasserbau fachwissenschaftlich begleitet. Unterstützt wird die Projektgruppe durch die Mitarbeit des Umweltministeriums des Freistaates Sachsen (SMUL) und des Landes Sachsen-Anhalt. Letzteres wird durch die Biosphärenreservatsverwaltung „Mittel-Elbe“ im Landesverwaltungsamt vertreten.

Neben der dauerhaft notwendigen gezielten Zugabe von Geschiebematerial sind auch strombauliche Maßnahmen unterschiedlichster Art zur Eindämmung bzw. Reduzierung der Erosionstendenzen erforderlich. Mit dem vorliegenden „Sohlstabilisierungskonzept für die Elbe von Mühlberg bis zur Saalemündung“ ist die konzeptionelle Grundlage für die Erosionseindämmung aufgestellt. Unter Verweis auf vorhandene Untersuchungen zeigt es zukünftig notwendige Maßnahmen zur Eindämmung der Erosion bei gleichzeitiger Beibehaltung der natürlichen Sohldynamik auf. Aufgrund der streckenabhängigen unterschiedlichen Eignung und Wirkungsweise einzelner strombaulicher Maßnahmen werden verschiedene, für den jeweiligen Abschnitt optimierte Maßnahmenpakete benannt, die in ihrer Kombination die jeweils geeigneten Optionen aufweisen. Das Sohlstabilisierungskonzept beschränkt sich dabei auf die Benennung der jeweils in Frage kommenden technischen Maßnahmen ohne dabei Ausführungen zu möglicherweise im Einzelfall notwendigen rechtlichen Verfahrensweisen zu tätigen. Auch Betrachtungen im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der in Frage kommenden Maßnahmen bzw. Maßnahmenpakete sind nicht Bestandteil des vorliegenden Konzeptes. Beides bleibt einzelnen auf der Grundlage des Sohlstabilisierungskonzeptes zu erstellenden Projekten mit ihren jeweiligen Variantenuntersuchungen vorbehalten.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>ALLGEMEINES .....</b>	<b>8</b>
1.1	Veranlassung.....	8
1.2	Rechtliche Rahmenbedingungen.....	9
1.3	Fachliche Rahmenbedingungen .....	10
<b>2</b>	<b>DIE EROSIONSTRECKE DER ELBE .....</b>	<b>11</b>
2.1	Historische Entwicklung.....	12
2.2	Ist-Zustand.....	14
2.2.1	<i>Hydrologie.....</i>	<i>14</i>
2.2.2	<i>Untergrund und Sohlbeschaffenheit.....</i>	<i>16</i>
2.2.3	<i>Grundwasser .....</i>	<i>19</i>
2.2.4	<i>Feststofftransport und Feststoffhaushalt .....</i>	<i>19</i>
2.2.5	<i>Ökologie.....</i>	<i>21</i>
2.2.6	<i>Stromregelungssystem.....</i>	<i>24</i>
2.2.7	<i>Hydraulik.....</i>	<i>28</i>
2.3	Zusammenfassende Charakteristik der Erosionsstrecke.....	31
<b>3</b>	<b>UNTERSUCHUNGEN ZUR SOHLSTABILISIERUNG UND EROSIONSEINDÄMMUNG.....</b>	<b>34</b>
3.1	Allgemeines .....	34
3.2	Übersicht über die Untersuchungen .....	34
3.3	Ergebnisse hydraulisch-morphologischer Untersuchungen.....	39
3.3.1	<i>Untersuchungen zur Geschiebemanagement.....</i>	<i>39</i>
3.3.2	<i>Untersuchungen zu Maßnahmen im Gewässerbett.....</i>	<i>43</i>
3.3.3	<i>Untersuchungen zu Maßnahmen im Vorland.....</i>	<i>47</i>
3.4	Fazit der Untersuchungen .....	52
<b>4</b>	<b>KONZEPT ZUR DYNAMISCHEN SOHLSTABILISIERUNG .....</b>	<b>54</b>
4.1	Ziele und Grundsätze .....	54
4.2	Maßnahmen .....	56
4.3	Streckenunterteilung.....	60
4.4	Maßnahmenumsetzung.....	62
4.4.1	<i>Prioritäre Maßnahmen.....</i>	<i>62</i>
4.4.2	<i>Weiteres Vorgehen.....</i>	<i>65</i>
<b>5</b>	<b>ÖKOLOGISCHE WIRKUNGEN UND NATURSCHUTZFACHLICHE BEWERTUNG DER MAßNAHMEN GEGEN DIE EROSION UND ZUR SOHLSTABILISIERUNG.....</b>	<b>66</b>
5.1	Wirkung von Maßnahmen.....	66
5.1.1	<i>Maßnahmen an der Gewässersohle .....</i>	<i>67</i>
5.1.2	<i>Maßnahmen am Gewässerbett und Ufer .....</i>	<i>69</i>
5.1.3	<i>Maßnahmen im Vorland; Vergrößerung des Abflussanteils der Vorländer.....</i>	<i>70</i>

5.1.4	<i>Maßnahmen der erosionsmindernd optimierten Unterhaltung</i> .....	72
5.1.5	<i>Naturschutzfachliche Einschätzung der Maßnahmen und Hinweise</i> .....	73
5.2	Naturschutzfachliches Fazit.....	75
<b>6</b>	<b>FOLGENABSCHÄTZUNG BEI FORTSCHREITENDER EROSION OHNE GEGENMAßNAHMEN</b> .....	<b>77</b>
6.1	Allgemein.....	77
6.2	Fortschreitende Erosion ohne Gegenmaßnahmen.....	77
<b>7</b>	<b>AUSFÜHRUNGS- UND ERFOLGSKONTROLLE</b> .....	<b>79</b>
7.1	Grundsätze der Erfolgskontrolle .....	79
7.2	Ausführungskontrolle.....	79
7.3	Zielerreichungs-, Wirkungs- und Kausalitätskontrolle.....	80
7.3.1	<i>Allgemeines</i> .....	80
7.3.2	<i>Erfolgskontrolle flussbaulich-morphologischer und hydrologischer Parameter</i> .....	81
7.3.3	<i>Erfolgskontrolle biologischer Parameter</i> .....	83
<b>8</b>	<b>RESÜMEE</b> .....	<b>86</b>
<b>9</b>	<b>QUELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>87</b>
<b>10</b>	<b>GLOSSAR UND ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>94</b>

## Bildverzeichnis

Bild 1	Die Erosionsstrecke der Elbe	11
Bild 2	Wasserspiegelentwicklung in Bezug auf einen normierten Wasserspiegel von 1888	14
Bild 3:	10-Jahresmittel der Tageswerte der Wasserstände der Pegel Dresden, Aken und Barby	16
Bild 4:	Sedimentzusammensetzung der Deckschicht der Flusssohle bei El-km 145,5 und El-km 220,0	17
Bild 5:	Kornsummenband der Elbsohle (Deckschicht 0 - 0,1 m unter der Sohloberfläche)	18
Bild 6:	Vergleich der mittleren Korndurchmesser $d_m$ von Deckschicht und Unterschicht	18
Bild 7:	Längsschnitt der bettbildenden Feststofffracht	20
Bild 8:	Biologische Gewässergüte im Koordinierungsraum MES, Abbildung aus dem Bericht über die Umsetzung der Anhänge II, III und IV der Richtlinie 2000/60/EG für den Koordinierungsraum Mulde-Elde-Schwarze Elster (MES) (B-Bericht, 2007)	24
Bild 9:	Buhnen an der Elbe bei Ratskiefen (El-km 230)	26
Bild 10:	Ist - Buhnenhöhen und Bauwerkssollhöhen El-km 140 - 200 (oberstrom der Elstermündung)	27
Bild 11:	Ist - Buhnenhöhen und Bauwerkssollhöhen El-km 200 - 250 (unterstrom der Elstermündung)	27
Bild 12:	Gegenüberstellung der bei verschiedenen Durchflüssen angreifenden Sohlschubspannung und der kritischen Schubspannung des Bewegungsbeginns ausgewählter Sohlsubstrate	29
Bild 13:	Berechnete Erosionsverläufe in ausgewählten Flussabschnitten unter der Voraussetzung durchschnittlicher Abflussverhältnisse ab 2000 (BAW, 2001a)	31
Bild 14:	Buhnen (mit z.T. stark verlandeten Buhnenfeldern) und Deckwerk im Prallhang bei El-km 232	32
Bild 15:	Zugabe des Geschiebetracers „Meißner Granit“ zur Untersuchung des Transportverhaltens von Geschiebezugabematerial	39
Bild 16:	Simulierte Zugabe unterschiedlicher Mengen Geschiebe mit gleichen Kornverteilungskurven über einen Zeitraum von 20 Jahren - Prognose für die Entwicklung der Sohlenlagen mit und ohne Zugabe (BAW 2001)	42
Bild 17:	Möglichkeiten der Buhnenabsenkung	44
Bild 18:	Blick in Fließrichtung auf das hydraulische Modell „Mockritz-Döbern“ bei $Q = 580 \text{ m}^3/\text{s}$ . Im Vordergrund die Zuläufe zur Rinne des rechten Vorlandes.	48
Bild 19:	Varianten im 2D-HN-Modell und Ausdehnung der Modelle	49
Bild 20:	Auswirkung von Uferabgrabungen, Rückdeichung und Altarmanschluss auf den Wasserspiegel bei einem Abfluss von $1800 \text{ m}^3/\text{s}$	50



Bild 21: Differenz der Strömungsgeschwindigkeiten bei Rückdeichung für HQ5 (2D-HN-Modell „Klöden“), El-km 185,0 und 190,3	52
Bild 22: Schubeinheit mit zwei gekoppelten Hydroklappschuten beladen mit Geschiebezugabematerial	56
Bild 23: Verlandete Bühnenfelder bei Griebo, El-km 228	59

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Durchfluss-Hauptzahlen der Jahresreihe 1971-2005 an den Pegeln Dresden, Torgau, Wittenberg/L., Aken und Barby	15
Tab. 2	Wasserstandshauptzahlen der Jahresreihe 1971-2005 für die Pegel Dresden, Torgau, Wittenberg/L., Aken und Barby	15
Tab. 3:	ausgewählte hydraulische Parameter in typischen Streckenabschnitten der Erosionsstrecke der Elbe für den Zustand der 1990er Jahre	28
Tab. 4:	Auswahl von Untersuchungen und Maßnahmen, die als Anregung für das Sohlstabilisierungskonzept dienen	35
Tab. 5	In der Erosionsstrecke der Elbe (km 121-250) durchgeführte Untersuchungen allgemeiner bzw. grundsätzlicher Art der BAW in den 1990er Jahren	35
Tab. 6:	Strecken mit Untersuchungen von BAW und BfG zu Maßnahmen der WSV mit Bezug zum Sohlstabilisierungskonzept	36
Tab. 7:	Ökologische Untersuchungen / Forschungen in der Erosionsstrecke der Elbe (km 121-290 [Saalemündung])	38
Tab. 8:	Soll/Ist Vergleich der Geschiebezugabemassen an der Elbe 1996 bis 2007	40
Tab. 9	Streckenunterteilung des Untersuchungsraumes zwischen EI-km 120 und EI-km 290	61
Tab. 10:	Prioritäre Maßnahmen	64
Tab. 11:	Potenzielle ökologische Wirkungen der Maßnahmen an der Gewässersohle (Nr. 1-4, s. Kap. 4.2 und AG WSV- <b>ELBELÄNDER</b> 2004 veränd.)	67
Tab. 12:	Potenzielle ökologische Wirkungen der Maßnahmen am Gewässerbett (Nr. 5, 6, 8, s. Kap. 4.2)	69
Tab. 13:	Potenzielle ökologische Wirkungen der Maßnahmen im Vorland (Nr. 7, s. Kap. 4.2)	70
Tab. 14:	Potenzielle ökologische Wirkungen der optimierten Unterhaltung	72
Tab. 15:	Übersicht der naturschutzfachlichen Zielsetzungen	73
Tab. 16:	Matrix der Wirkung der Maßnahmen auf die naturschutzfachlichen Zielsetzungen	74
Tab. 17:	Zentrale abiotische Parameter der Erfolgskontrolle	81

## Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Übersichtskarte Teil 1 (EI-km 120 - EI-km 190)	101
Anlage 2: Übersichtskarte Teil 2 (EI-km 190 - EI-km 290,7)	103
Anlage 3: Längsschnitt (EI-km 120 – EI-km 290,7)	105
Anlage 4: Übersichtskarte Schutzgebiete Teil 1 (EI-km 107 - EI-km 169)	107
Anlage 5: Übersichtskarte Schutzgebiete Teil 2 (EI-km 169 - EI-km 244)	109
Anlage 6: Übersichtskarte Schutzgebiete Teil 3 (EI-km 244 - EI-km 308)	111
Anlage 7: Naturschutzgebiete (Quelle AG WSV-Elbeländer 2004); Tabelle	113
Anlage 8: FFH- Gebiete an der Mittleren Elbe; Tabelle	117
Anlage 9: Vogelschutzgebiete an der Mittleren Elbe; Tabelle	121

# 1 Allgemeines

## 1.1 Veranlassung

An der Mittel-elbe ist zwischen den Ortschaften Mühlberg und Coswig/Anh. seit mehr als 100 Jahren eine verstärkte Sohlerosion mit Eintiefungsraten von bis zu 2 cm/Jahr zu beobachten. Die Erosion der Sohle geht mit einer entsprechenden Absenkung des Flusswasserspiegels einher und hat sowohl nachteilige Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit der Schifffahrt und die Zufahrt zu den Häfen als auch auf die Bauwerkssicherheit des bestehenden Stromregelungssystems. Da auch das flussnahe Grundwasser von der Absenkung betroffen ist, ergeben sich aus der fortschreitenden Sohlerosion Beeinträchtigungen für das Ökosystem der Talaue mit bedeutenden internationalen und nationalen Schutzgebieten sowie für deren land- und forstwirtschaftliche Nutzung. Durch den Sohl-abtrag verringert sich zudem die Überdeckung der im Strom verlegten Düker, so dass die Gefahr der Freispülung und Beschädigung ständig wächst.

Um einer weiter fortschreitenden Erosion entgegen zu wirken und die Sohle zu stützen, wird von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) seit Mitte der 1990er Jahre, fachlich begleitet durch die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), der Elbe gezielt Geschiebeersatzmaterial in unterschiedlichen Abschnitten der Erosionsstrecke zugeführt.

Neben der Geschiebezugabe, als kurzfristig zu realisierende Maßnahme im Rahmen der Wasserstraßenunterhaltung, sind jedoch für eine nachhaltige Eindämmung der Erosion weitere flankierende Maßnahmen sowohl im Bereich des Gewässerbettes, als auch darüber hinaus, in den Vorländern notwendig. Nur so lässt sich die dauerhafte und somit kostenintensive Zugabe von Geschiebeersatzmaterial so gering wie möglich halten und gleichzeitig eine stabile Flusssohle unter Beibehaltung eines dynamischen Gleichgewichtes gewährleisten.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurde von der Wasser- und Schifffahrtsdirektion (WSD) Ost im Jahr 1999 eine Projektgruppe eingerichtet mit dem Auftrag ein „Sohlstabilisierungskonzept“ zu erstellen<sup>1</sup>. Sie setzt sich aus Mitarbeitern des Wasser- und Schifffahrtsamtes (WSA) Dresden, der BAW, der BfG und der WSD Ost zusammen. Des Weiteren wird die Projektgruppe unterstützt durch einen Vertreter des Umweltministeriums des Freistaates Sachsen (SMUL) sowie durch einen Vertreter des Landes Sachsen-Anhalt, wahrgenommen durch die Biosphärenreservatsverwaltung „Mittel-elbe“ im Landesverwaltungsamt. Somit wird einer aufgaben- und kompetenzübergreifenden Betrachtung der Erosionsproblematik Rechnung getragen.

In den „Grundsätze(n) für das Fachkonzept der Unterhaltung der Elbe zwischen Tschechien und Geesthacht mit Erläuterungen“ (Kapitel 5.1 „Grundsätze“ BMVBW, 2005), die auf Bundesebene vom BMVBW mit dem BMU aufgestellt wurden, heißt es dazu:

---

<sup>1</sup> Verfügung WSD Ost – Az.: M II / 221.3-WASE/9 bzw. M II / 231.2-Gew EI/34 vom 25. November 1999

„Der Sohlerosion wird durch Geschiebezugabe und durch geeignete flankierende Maßnahmen zur Verminderung der Sohl Schubspannung entgegengewirkt, z.B. durch lokale Anpassung der Stromregelungsbauwerke und/oder Maßnahmen im Vorland.

*Mit der Bekämpfung der Erosion soll dem Verfall des Wasserspiegels der Elbe und damit - im Nebeneffekt - einhergehend dem Verfall des Grundwasserspiegels mit entsprechenden Auswirkungen auf Flora und Fauna entgegengewirkt werden. Aufgrund der Komplexität und der Ausdehnung flankierender Maßnahmen bis in die Vorlandbereiche erfolgt eine enge Zusammenarbeit mit den betroffenen Elbeländern.“*

Das von der Projektgruppe erarbeitete „Sohlstabilisierungskonzept für die Elbe von Mühlberg bis zur Saalemündung“ bildet die Grundlage für die Umsetzung einer nachhaltigen Strategie zur Erosionsbekämpfung. Unter Verweis auf vorhandene Untersuchungen zeigt es die notwendigen Schritte und Maßnahmen zur Eindämmung der Erosion bei gleichzeitiger Beibehaltung der natürlichen Sohldynamik auf.

## **1.2 Rechtliche Rahmenbedingungen**

Grundlage für das Handeln der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) ist das Bundeswasserstraßengesetz (WaStrG). Darüber hinaus sind Regelungen anderer Gesetze, z.B. des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG), der Landesnaturschutzgesetze und des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) zu beachten und zu berücksichtigen. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) und der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG) sowie der Vogelschutzrichtlinie (RL 79/409/EWG).

Hinsichtlich der Einordnung von Maßnahmen, die auf der Grundlage des WaStrG durchgeführt werden, ist zwischen Unterhaltungsmaßnahmen (§§ 7, 8 WaStrG) und dem Ausbau einer Bundeswasserstraße (§ 12 WaStrG) zu unterscheiden. Der Ausbau einer Bundeswasserstraße ist planfeststellungsbedürftig (§ 14 WaStrG). Maßnahmen in Landflächen an Bundeswasserstraßen, die notwendig sind, um für die Schifffahrt nachteilige Veränderungen des Gewässerbettes zu verhindern oder zu beseitigen, bedürfen ebenfalls der Planfeststellung (§ 9 WaStrG).

Eine konkrete rechtliche Einordnung von Maßnahmen, insbesondere hinsichtlich der verfahrensrechtlichen Konsequenzen, ist nicht Gegenstand des Sohlstabilisierungskonzepts. Sie kann erst vorgenommen werden, wenn die Planungen für einzelne Maßnahmen hinreichend weit fortgeschritten sind.

Nähere Ausführungen sind in „Grundsätze für das Fachkonzept der Unterhaltung der Elbe zwischen Tschechien und Geesthacht mit Erläuterungen“, Mai 2005, Kapitel 3 „Rechtlicher Rahmen“ (BMVBW 2005) enthalten.

### 1.3 Fachliche Rahmenbedingungen

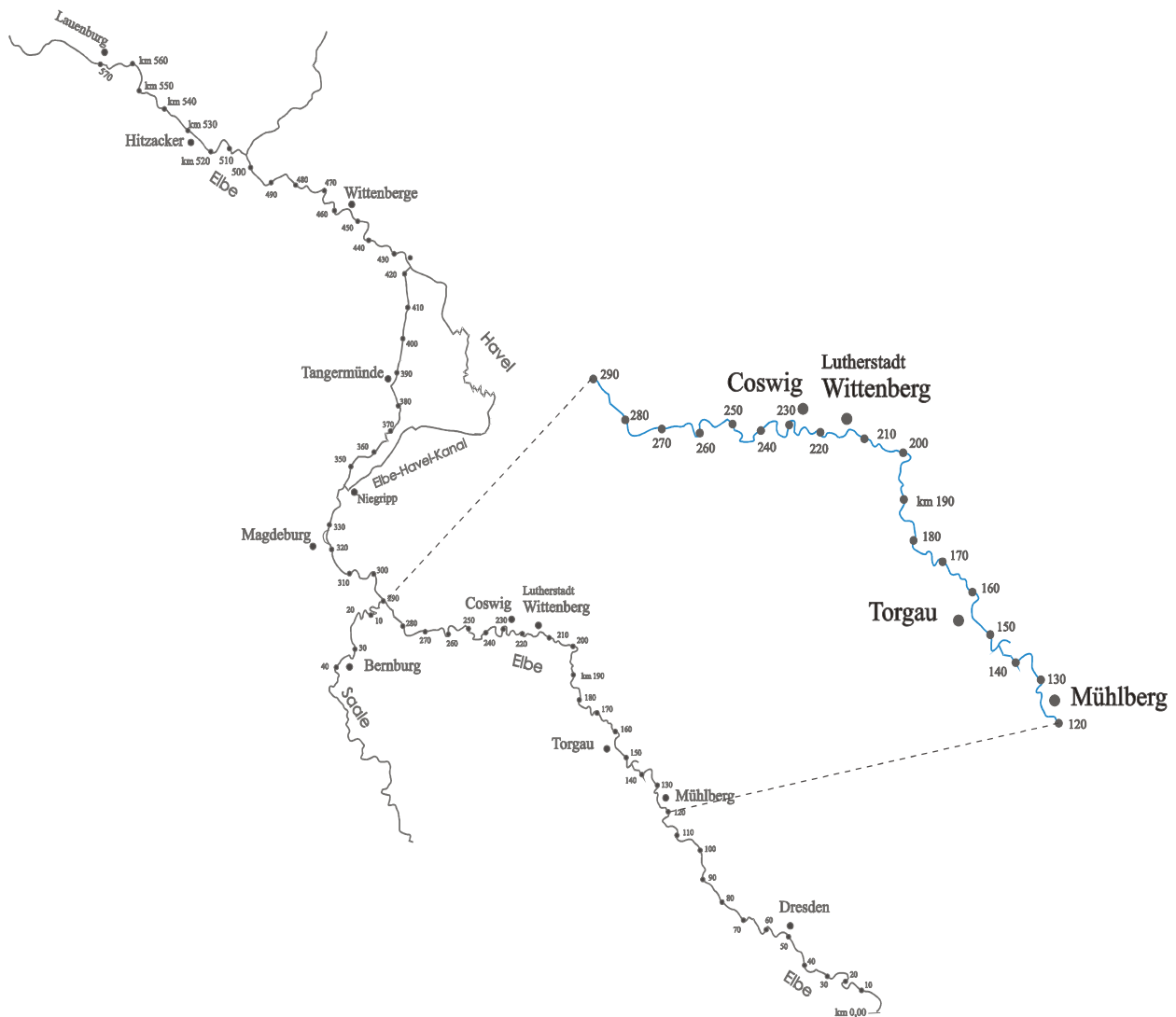
An großen Flüssen mit stark anthropogen überprägtem Einzugsgebiet lassen sich aktuelle Erosionstendenzen, die das Maß einer natürlichen Erosion deutlich übersteigen, durch Gegenmaßnahmen lediglich auf ein Mindestmaß reduzieren. Die grundsätzlichen Ursachen der Erosion, wie nachfolgend in Kap. 2 beschrieben, bleiben in ihrer Vielfalt weitestgehend bestehen.

So ließe sich z.B. die ursprüngliche Geschiebefracht, die vor dem Ausbau der Gewässer des Elbeeinzugsgebietes (Sohl- und Uferbefestigung, Wehre, Talsperren usw.) aus diesen Gebieten in die Elbe eingetragen wurde, nur wieder erreichen, wenn die Verbauungen des Oberlaufes der Elbe und der Nebengewässer incl. der dadurch initiierten Veränderungen im Einzugsgebiet in Bezug auf Nutzung und Besiedlung beseitigt würden. Davon ist nicht auszugehen. Daraus ergibt sich auch, dass die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes der Elbe (hier im Sinne eines ehemals vorhandenen Sohlniveaus) durch mittelfristig wie auch langfristig denkbare Maßnahmen nicht zu erreichen ist. Durch eine Kombination von Geschiebewirtschaftung (hauptsächlich Geschiebezugabe) und Optimierung des Regelungssystems (Anpassung der Bauwerke an die durch Erosion veränderten Gegebenheiten) in Verbindung mit erosionsmindernden Maßnahmen im Vorland kann jedoch effizient eine deutliche Verringerung der Erosion erreicht werden. Auf solche Maßnahmen, die sich im Rahmen bestehender Nutzungen realisieren lassen, konzentriert sich das vorliegende Sohlstabilisierungskonzept.

Ergänzend ist noch darauf hinzuweisen, dass die bestehenden ökologischen Wertigkeiten des Gebiets, die zur Ausweisung großflächiger Schutzgebiete geführt haben, entsprechende Beachtung finden. Deren Zielsetzungen werden berücksichtigt und die Maßnahmen daran abgewogen oder sogar ausgerichtet.

## 2 Die Erosionsstrecke der Elbe

Als Erosionsstrecke wird der durch eine langfristige und großräumige Sohleintiefung charakterisierte Stromabschnitt der oberen Mittel-Elbe bezeichnet. Der Begriff wurde in den 1990er Jahren zunächst auf den Bereich zwischen Mühlberg (El-km 120) und Coswig/Anh. (El-km 230) angewendet, da dort in der Vergangenheit die größten Eintiefungen beobachtet wurden. Mittlerweile wird auch die unterstromig anschließende Strecke bis zur Saalemündung (El-km 290,7) mit einbezogen, wobei sich hier Erosions- und Sedimentationstendenzen abwechseln (Bild 1).



**Bild 1 Die Erosionsstrecke der Elbe**

Erosion im Sinne der Aufnahme von Sohlmaterial durch den Strom findet statt, wenn die an der Flusssohle angreifenden Kräfte (wirksame Schubspannung) größer sind als die widerstehenden Kräfte (die kritische Schubspannung für den Bewegungsbeginn des Sohlmaterials) und das Transportvermögen des Flusses noch nicht durch seine vorhandene Geschiebefracht gesättigt ist. Die wirksame Schubspannung lässt sich durch die Reduzierung des Transportvermögens des Flusses verringern (z. B. durch Aufweitung des Abflussquerschnitts, Verminderung des Gefälles).

Durch Vergrößerung des anstehenden Sohlmaterials kann der Sohlwiderstand (kritische Schubspannung) erhöht werden. Durch eine „künstliche“ Zugabe von Geschiebe kann wiederum das Transportvermögen des Flusses gebunden werden.

Bei unzureichender Geschiebezuführung von Oberstrom befindet sich ein Fluss im Erosionsregime. Im Gegensatz zu Anlandungsstrecken zeigt der Fluss das Bestreben, eine stabile Sohle auszubilden, wenn die natürlichen Voraussetzungen (kiesige Sohle mit ausreichendem Anteil grober Körner) dazu gegeben sind. Dies ist mit einer grobkörnigeren Sohldeckschicht, einer vergrößerten Sohlrauheit und, bei gleichem Gefälle und bei längeren Flussabschnitten, auch mit größeren Wassertiefen verbunden. Das Restgeschiebe wird dabei, im Hinblick auf die Fahrrinntiefen, meist schadlos für die Schifffahrt nach Unterstrom weitergeleitet. Bei Flusssohlen mit feiner sandig-kiesiger Kornzusammensetzung können sich keine Deckschichten bilden, so dass sich hier bei unzureichender Geschiebezuführung eine höhere Erosionsanfälligkeit ausbilden kann.

## 2.1 Historische Entwicklung

Natürliche Flusssysteme verändern durch das Wechselspiel zwischen Erosion und Anlandung ständig ihre Form und Gestalt. In ausgebauten Fließgewässern wie der Elbe sind der Selbstgestaltung jedoch enge Grenzen gesetzt. Morphologische Veränderungen können heute nur noch innerhalb des durch die Deiche begrenzten Querschnitts stattfinden und konzentrieren sich dort im Wesentlichen auf das durch Buhnen, Parallel- und Deckwerke festgelegte Mittelwasserbett. Da die Bauwerke nur begrenzte Seitenerosion zulassen, kann sich das Flussbett nur noch in vertikaler Richtung verändern. In Abhängigkeit von Sedimentzufuhr und Transportvermögen kommt es entweder zur Eintiefung oder zur Aufhöhung der Sohle. Wenn sich Sedimentzufuhr und Transportvermögen die Waage halten, bleibt die Sohlhöhe im räumlichen und zeitlichen Mittel stabil.

Kennzeichnend für die Erosionsstrecke der Elbe ist der zeitlich anhaltende und räumlich ausgedehnte Trend zur Eintiefung der Gewässersohle. Diese Entwicklung ist in der sedimentologisch-morphologischen Charakteristik der Erosionsstrecke begründet, wird aber auch stark durch anthropogene Eingriffe aus der Vergangenheit beeinflusst.

Maßgebende Faktoren sind

- ein zu geringer Geschiebeeintrag bedingt durch Staustufen und Querbauwerke im Oberlauf und den einmündenden Nebengewässern,
- die Verengung und Festlegung des Hochwasserbetts durch Deichbau,
- die Verengung des Mittelwasserbetts durch Regelungsbauwerke,
- die Verminderung der Geschiebeeinträge durch Seitenerosion in Folge der Uferbefestigung,
- Ungleichmäßigkeiten im Gefälle,
- Ungleichmäßigkeiten der Durchflussfläche und der Kornzusammensetzung der Sohle,
- Vorlandaufhöhungen durch Ablagerung von Sedimenten bei Hochwasser,
- dichter Bewuchs im Vorland und somit Konzentration des Abflusses im Hauptstrom bei höherer Wasserführung.



Die einmal in Gang gesetzte Erosion verstärkt sich bei entsprechenden Randbedingungen von selbst. Die Eintiefung der Sohle führt bei nicht veränderter Höhe der Vorländer und der Regelbauwerke dazu, dass der Fluss seltener ausufernd und immer größere Abflüsse im vertieften Gewässerbett abgeführt werden, wodurch sich wiederum der Angriff auf die Flusssohle verstärkt.

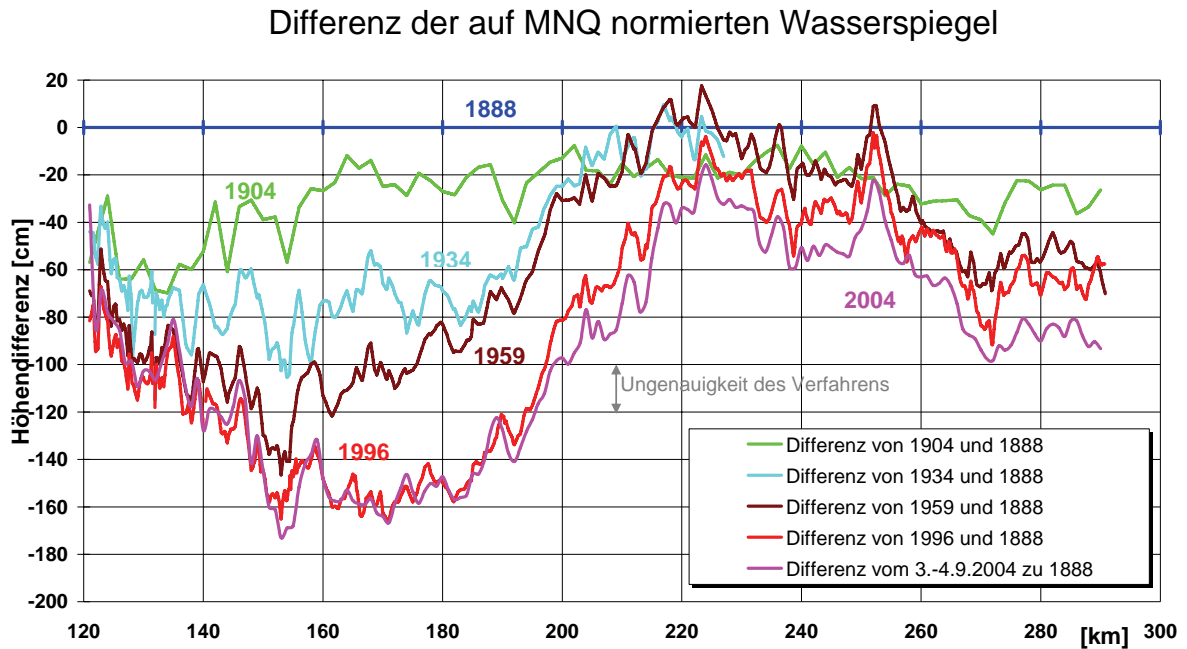
Aus der historischen Analyse der Wasserstände (FAULHABER, 1998) lässt sich ableiten, dass eine verstärkte Erosion nachweislich bereits Ende des 19. Jahrhunderts eingesetzt hat, mit großer Wahrscheinlichkeit auch schon davor. Der Vergleich von Wasserspiegelfixierungen (Bild 2), geometrischen Sohlaufnahmen und Feststofftransportmessungen (Bild 7) zeigt, dass der Eintiefungsprozess weiter anhält (unveröffentlichte Untersuchungen BAW). Nach aktuellen Analysen (BfG, 2004) und Modelluntersuchungen (BAW, 2001) wandert der Schwerpunkt der Erosion nach und nach stromabwärts. Lag in der Vergangenheit das Erosionsmaximum im Bereich des Torgauer Felsens (EI-km 155), wo die Erosion aktuell mehr und mehr zum Abklingen kommt, so trat zwischen den 1960er und 1990er Jahren die stärkste Erosion bei Pretzsch (EI-km 185) auf. In den letzten 10 bis 15 Jahren hat sich der Erosionsschwerpunkt weiter in Richtung Klöden (EI-km 190) verlagert.

Die mittlere Erosionsrate beträgt ca. 1 cm/a, örtlich werden auch 2 cm/a erreicht. So hat sich beispielsweise die Sohle im Bereich Torgau seit 1888 um etwa 1,7 m eingetieft. Die Eintiefung erfolgt dabei nicht kontinuierlich und nicht gleichmäßig über die gesamte Strecke. Trotz langfristiger und großräumiger Erosion kommt es u. a. auch aufgrund eines nicht voll funktionsfähigen Stromregelungssystems mit ungleichmäßiger Streichlinienführung lokal und temporär zu Anlandungen, die zu Fehlstellen für die Schifffahrt werden.

Besonders kritisch sind die Bereiche, in denen feste Schwellen der Sohleintiefung starken Widerstand leisten und dann relativ zu ihrer mobilen Umgebung aus der Sohle herauswachsen. So wurde in der Vergangenheit die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs im Bereich Torgau (EI-km 155) erheblich beeinträchtigt, da hier eine Felsrippe die Stromsohle quert, die nicht durch die Erosion abgetragen wird und somit bei sinkendem Wasserspiegel die Fahrwassertiefe einschränkt.

Die fortschreitende Sohlerosion gefährdet weiterhin die Standsicherheit der Strombauwerke sowie aller anderen am Stromufer befindlichen Bauwerke und es wird die Zufahrt zu den Häfen behindert. Der mit der Absenkung der Sohle einhergehende Wasserspiegelverfall führt zunehmend zu einer Uneinheitlichkeit der hydraulischen Verhältnisse im gesamten Stromabschnitt, da sich die Sohle nicht gleichmäßig eintieft.

Der Wasserspiegelverfall überträgt sich auch auf das Grundwasser der Talaue. Bei fortschreitender Erosion und Wasserspiegelsenkung kann bei Niedrigwasser die Grundwasseroberfläche derart stark absinken, dass die grundwasserabhängigen Lebensgemeinschaften der Aue nachhaltig gefährdet werden. Besonders anfällig sind dafür die Feuchtbiotope des Biosphärenreservates „Mittelelbe“.



**Bild 2** Wasserspiegelentwicklung in Bezug auf einen normierten Wasserspiegel von 1888

## 2.2 Ist-Zustand

Grundlage für die Entwicklung eines Konzeptes zur Stabilisierung der Sohle ist eine Aufnahme des Ist-Zustandes, bei der die für die Gewässerentwicklung wesentlichen Parameter berücksichtigt werden. Die aktuelle Situation in der Erosionsstrecke wird nachfolgend anhand hydrologischer, geologischer, morphologischer, ökologischer, hydraulischer, flussbaulicher Aspekte kurz beschrieben. Weiterführende Beschreibungen finden sich auch in BAW (1996), BAW/BFG (1996), BFG (2004a) und IKSE (2005).

### 2.2.1 Hydrologie

Im abflussrelevanten Einzugsgebiet der Erosionsstrecke münden die Hauptnebenflüsse Schwarze Elster (EI-km 198,5) und Mulde (EI-km 259,6) und als unterstromige Abgrenzung die Saale (EI-km 290,7) in die Elbe. In diesem Streckenabschnitt liegen 10 gewässerkundliche Pegel von denen 4 auch als Abflussmessstellen (Torgau, Wittenberg, Vockerode und Aken) genutzt werden. Zur Beschreibung der hydrologischen Verhältnisse der Erosionsstrecke sind in Tab. 1 und Tab. 2 für ausgewählte Pegel die Stammdaten sowie Wasserstands- und die Durchflusshauptzahlen für die Jahresreihe 1971-2005 sowie die derzeit gültigen Werte des  $Q(\text{GIW})$  und des GIW zusammengestellt. Als Vergleichspegel zur Erosionsstrecke dienen in oberstromige Richtung der seit 1806 beobachtete Pegel Dresden und stromab der Pegel Barby.

Sowohl die Abfluss- als auch die Wasserstandsangaben zu den einzelnen Pegeln machen deutlich, dass die Hydrologie der Elbe in diesem Abschnitt von einer großen Schwankungsbreite geprägt ist. Die mittleren Hochwasserabflüsse (MHQ) betragen ca. das 10fache der mittleren Niedrigwasserabflüsse (MNQ) und die niedrigen Wasserstände (NW) können z.T. unter einem Meter (am Pegel gemessen) liegen, wogegen die höchsten Wasserstände (HW) auf teilweise über 9 Meter (am Pegel gemessen) ansteigen können.

Die Elbe in ihrer Gesamtheit wird dem Regen/Schnee-Typ zugeordnet. Entsprechend stellt sich auch der Jahresverlauf der mittleren Wasserstände der Tagesmittelwerte dar (Bild 3). Die meisten Hochwasser treten im Winterhalbjahr auf, bedingt durch die im Frühjahr einsetzende Schneeschmelze in den Mittelgebirgen und im Oberlauf der Elbe. Zeitgleich stattfindende ergiebige Niederschläge können die Hochwasser noch verstärken. Seltener treten große Sommerhochwasser auf, die durch extrem starke Niederschläge verursacht werden.

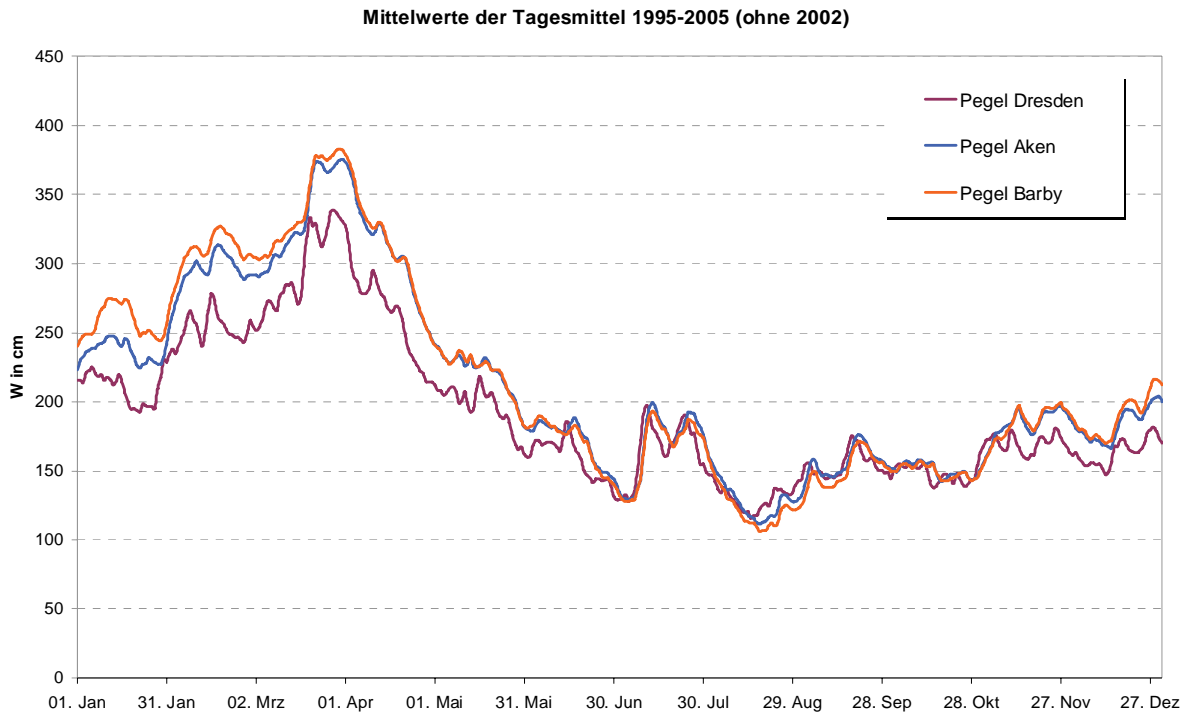
Neben der natürlich gegebenen hydrologischen Dynamik hat insbesondere der Bestand eines umfangreichen Talsperrensystems im Einzugsgebiet der Elbe einen nachhaltigen Einfluss auf das Abflussgeschehen. So kann in Niedrigwasserperioden der Abfluss unterhalb von Talsperren durch Abgabe gespeicherter Wassermengen erhöht werden. Niedrigwasseraufhöhungen aus den Talsperren von Moldau und Eger haben bis in den Bereich der mittleren Elbe einen signifikanten Einfluss auf das Wasserstands- und Abflussgeschehen (GABRIEL 2008). Andererseits werden Hochwasserwellen in den Talsperren zurückgehalten oder reduziert (IKSE 2005).

Pegelname	EI-km	PNP m ü NHN	AE km <sup>2</sup>	Q(GIW) m <sup>3</sup> /s	Durchflusshauptzahlen 1971 - 2005 (m <sup>3</sup> /s)				
					NQ	MNQ	MQ	MHQ	HQ
Dresden	55,63	102,68	53096	128	88,6	120	331	1430	4580
Torgau	154,15	75,15	55211	135	84,0	126	339	1360	4420
Wittenberg/L.	214,14	62,44	61640	143	87,5	139	365	1430	4120
Aken	274,75	50,20	69849	172	119	167	440	1680	4040
Barby	294,82	46,11	94060	232	142	221	551	1910	4323

Tab. 1 Durchfluss-Hauptzahlen der Jahresreihe 1971-2005 an den Pegeln Dresden, Torgau, Wittenberg/L., Aken und Barby

Pegelname	EI-km	PNP m ü NHN	AE km <sup>2</sup>	GIW 89* (20d) cm	Wasserstandshauptzahlen 1971 - 2005 (cm) [bezogen auf die Durchflusshauptzahlen 1971 - 2005]				
					NW	MNW	MW	MHW	HW
Dresden	55,63	102,68	53096	97	66	89	203	563	940
Torgau	154,15	75,15	55211	85	37	76	226	597	949
Wittenberg/L.	214,14	62,44	61640	151	88	129	278	532	706
Aken	274,75	50,20	69849	97	41	80	235	569	766
Barby	294,82	46,11	94060	102	47	94	227	508	701

Tab. 2 Wasserstandshauptzahlen der Jahresreihe 1971-2005 für die Pegel Dresden, Torgau, Wittenberg/L., Aken und Barby



**Bild 3: 10-Jahresmittel der Tageswerte der Wasserstände der Pegel Dresden, Aken und Barby**

Inwieweit sich zukünftige klimatische Veränderungen auf das Wasserdargebot und somit auch auf die Abflussverhältnisse des Elbeeinzugsgebietes auswirken können, ist derzeit Gegenstand diverser Studien und Untersuchungen. Zu nennen ist hier beispielhaft das vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) beauftragte und mit dem Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit (BMU) sowie dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) abgestimmte interdisziplinäre Forschungsprojekt „Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt - KLIWAS“ ([www.kliwas.de](http://www.kliwas.de)) (siehe auch BMVBS 2007). Beteiligt an dem Projekt sind die Fachbehörden des BMVBS: Deutscher Wetterdienst (DWD), Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und Bundesanstalt für Wasserbau (BAW). Nach dem Vorliegen belastbarer Ergebnisse, werden diese, auch in Bezug auf die Erosionsproblematik, in entsprechender Weise Berücksichtigung finden können.

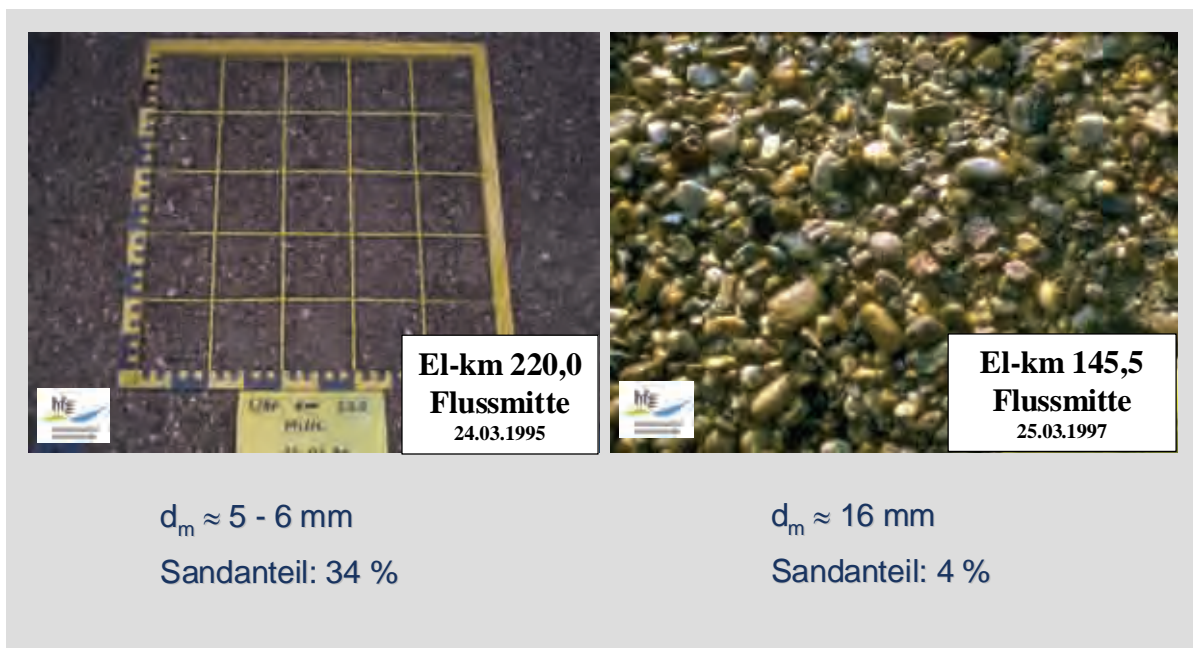
## 2.2.2 Untergrund und Sohlbeschaffenheit

Unterhalb von Riesa (El-km 108,4) erreicht die Elbe das Breslau-Magdeburger-Urstromtal und tritt damit in das mitteleuropäische Tiefland ein. Der Untergrund der Elblaufes wird hier von quartären Lockergesteinen unterschiedlicher Entstehung gebildet. Dazu gehören u.a. Grundmoränen, Schmelzwassersande und Flussschotter.

Darunter folgen Sedimente des Tertiärs in Form von Feinsanden und Tonen mit Braunkohle-Einschaltungen. Aus den tertiären Ablagerungen ragen stellenweise ältere Festgesteine des Perm und Karbons heraus wie der Quarzporphyr bei Torgau.

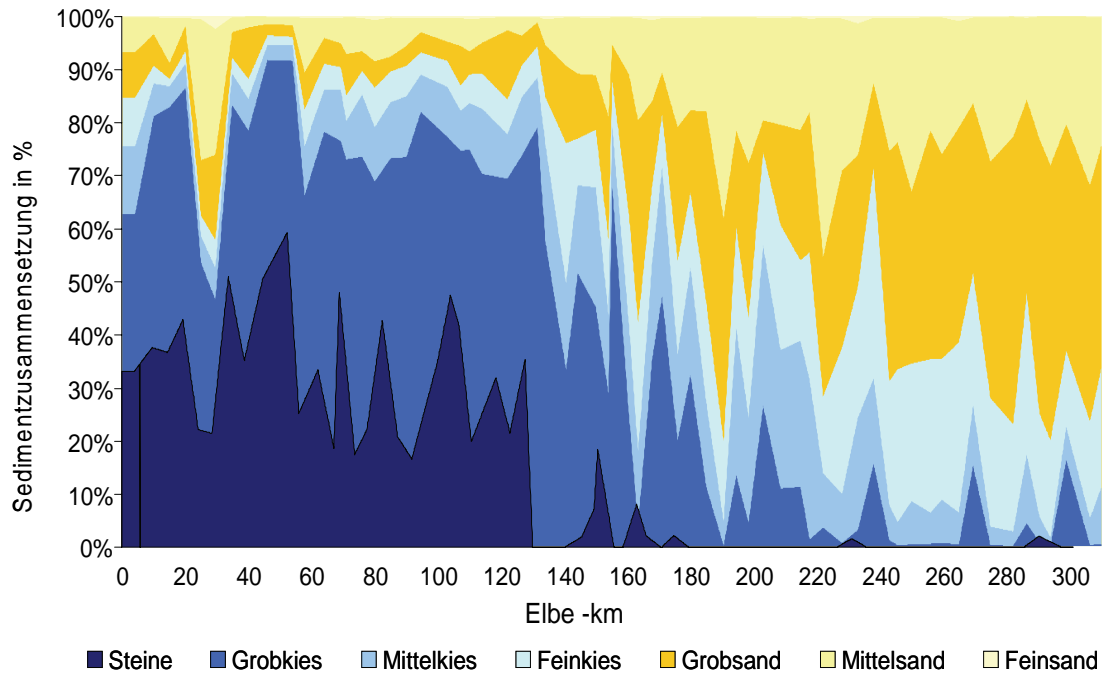
Die Elbe fließt größtenteils auf ihren eigenen Sedimenten, die sie im jüngeren Pleistozän und im Holozän abgelagert hat. Aufgrund der anhaltenden Erosionstendenz könnte sie diese sandig-kiesige Unterlage örtlich bereits ausgeräumt haben und stellenweise ältere pleistozäne Sedimente oder tertiäre Schichten anschneiden.

Bei in den Jahren 2003 und 2006 durchgeführten Gefrierkernentnahmen durch die BfG wurden bei El-km 177,5, El-km 202,0 und El-km 268,0 unter nur geringmächtiger Kiesbedeckung z.T. sogar fast an der Sohle anstehend schluffig-feinsandige Sedimente angetroffen. Diese sind leichter erodierbar als die sandig-kiesige Überlagerung. Hier besteht die Möglichkeit eines Sohldurchschlags, d. h. einer verstärkten Auskolkung mit der Möglichkeit, dass sich der Kolk nach unterstrom ausdehnt.



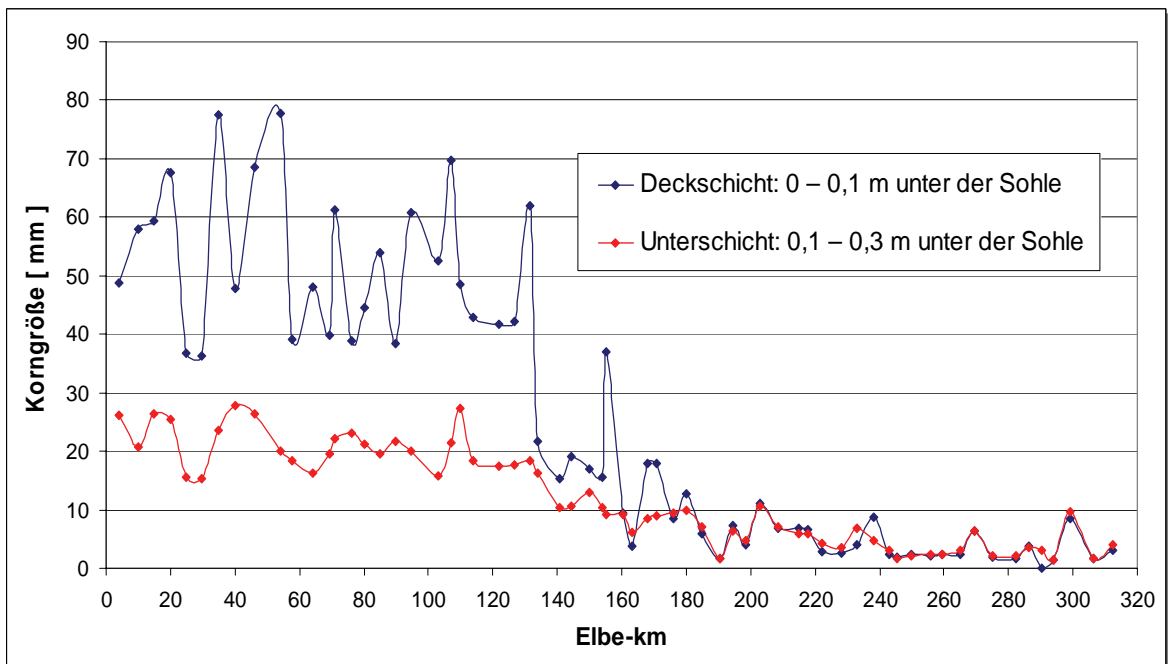
**Bild 4:** Sedimentzusammensetzung der Deckschicht der Flusssohle bei El-km 145,5 und El-km 220,0

Die Zusammensetzung der Flusssohle (Bild 4) ist durch Untersuchungen der BfG sehr gut bekannt (BfG 1994; BfG 2008). Wie aus Bild 5 hervorgeht, ist die Elbsohle zwischen tschechischer Grenze und Torgau (El-km 155) sehr grob und besteht aus einem sandarmen steinigen Kies, der auch Blöcke (>200 mm) enthält. Zwischen Torgau und Wittenberg (El-km 214) nimmt die mittlere Korngröße stark ab, der Steinanteil verschwindet zugunsten der Sandfraktion und ab Aken handelt es sich um einen kiesigen Sand.



**Bild 5: Kornsummenband der Elbsohle (Deckschicht 0 - 0,1 m unter der Sohloberfläche)**

Die Erosionsstrecke liegt somit im Übergangsbereich zwischen den grobkörnigen, durch Geschiebezufuhr aus den Mittelgebirgen geprägten Elbablagerungen und den feinkörnigen, vornehmlich aus der sandigen Füllung der Urstromtäler gespeisten Flussbettsedimenten.



**Bild 6: Vergleich der mittleren Korndurchmesser  $d_m$  von Deckschicht und Unterschicht**

Aus dem Unterschied der Korngrößen von Deckschicht und Unterschicht (Bild 6) wird deutlich, dass sich die Sohle oberhalb von El-km 130 (u. a. mit Hilfe eines abschnittswisen Verbaus mit Grundschwellen) weitgehend selbst stabilisiert. Unterhalb ist die Bildung einer schützenden stabilen Deckschicht aufgrund des Rückgangs bzw. des Fehlens entsprechend groben Sohlmaterials weitestgehend auszuschließen. Die deutlich feinkörnigere Sohle wirkt sich dabei begünstigend auf die Erosion aus.

### **2.2.3 Grundwasser**

In der Elbaue bildet eine Kombination aus weichselglazialen und holozänen Flussschottern in Verbindung mit elsterglazialen Ablagerungen der überregionalen Elbtalwanne den Hauptgrundwasserleiter, welcher mit allen Grundwasserleitern der umgebenden Hochfläche in hydraulischer Verbindung steht (HGN 1994). Der Hauptgrundwasserleiter des Elbtals wiederum steht in hydraulischer Verbindung mit dem Flusswasser. Aufgrund der vorhandenen weitestgehend gleichartigen hydrogeologischen Verhältnisse entlang der Elbe in Verbindung mit einheitlichen hydraulischen Bedingungen, ist die Grundwasserdynamik insgesamt einheitlich auf den Vorfluter Elbe fixiert. Sowohl kurzfristige Wasserspiegeländerungen der Elbe in Folge von Hoch- bzw. Niedrigwasserereignissen als auch längerfristig eintretende Änderungen des mittleren Wasserspiegels haben somit unmittelbare Auswirkung auf die ufernahen und auch angrenzenden Grundwasserstände. So variiert z.B. die östliche Grundwasserscheide zur Schwarzen Elster in ihrer Lage zur Elbe um bis zu +/-1km (HGN 1994).

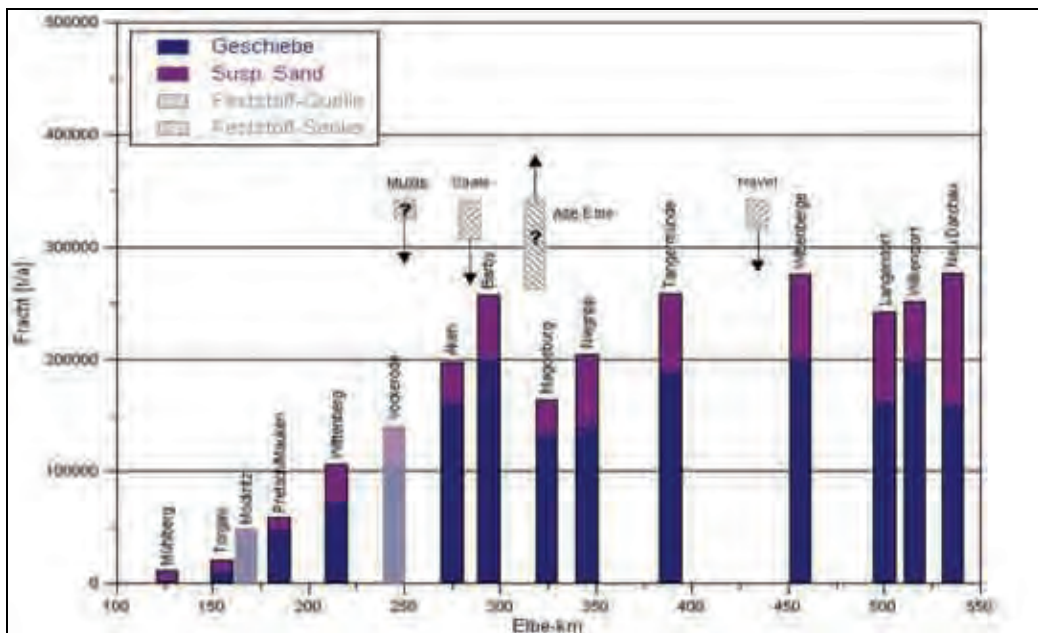
Daraus folgt, dass auch der erosionsbedingte Verfall des Elbwasserspiegels sich auf das Grundwasser überträgt, so dass sich die Grundwasseroberfläche in Flussnähe entsprechend dem Elbwasserspiegel absenkt. Da sich der Schwerpunkt der Sohlerosion im Lauf der Zeit flussabwärts verlagerte, wird nach und nach auch das Grundwasser der weiter in Richtung Unterstrom gelegenen Bereiche entsprechend beeinflusst.

### **2.2.4 Feststofftransport und Feststoffhaushalt**

Die Feststofftransportverhältnisse an der Elbe sind durch Geschiebe- und Schwebstoffmessungen umfangreich erfasst (BFG 2004a). Die für die Bettbildung relevante Feststofffracht besteht aus Geschiebe und dem groben Anteil der suspendierten Sandfracht.

Die bettbildende Feststofffracht (Bild 7) liegt bei Mühlberg etwa bei 15.000 t/a, wobei sie sich dort hauptsächlich aus suspendiertem Sand rekrutiert, steigt dann ab Torgau stark an, um bereits bei Wittenberg rd. 100.000 t/a zu erreichen. Davon sind ca. zwei Drittel Geschiebe und ein Drittel suspendierter Sand. Nach Unterstrom nimmt die bettbildende Fracht weiter zu, erreicht bei Aken etwa 200.000 t/a und kulminiert bei Barby mit etwa 260.000 t/a. Dieser letzte Zuwachs dürfte u.a. auch seine Ursache in der Zulieferung aus dem Einzugsgebiet der Saale haben.

Unter der Voraussetzung, dass die anderen Nebenflüsse bis auf die Saale nur unwesentlich zur bettbildenden Fracht beitragen (BFG 2003), entnimmt die Elbe zwischen Torgau und der Saalemündung ca. 200.000 t/a Geschiebe aus der Sohle und vertieft sie auf diese Weise Jahr um Jahr um durchschnittlich etwa 1 cm (BFG 2004a). In Abhängigkeit von Sohlbeschaffenheit, Gefälle und Funktionszustand des Regelungssystems erfolgt dies nicht gleichmäßig über die gesamte Strecke sondern abschnittsweise, so dass sich Bereiche mit geringer oder keiner Erosion bei sinkendem Wasserspiegel zu Hindernissen für die Schifffahrt entwickeln.



**Bild 7:** Längsschnitt der bettbildenden Feststofffracht

Unter dem Aspekt des Feststoffhaushalts ist als eine wesentliche Ursache für die beobachtete Tiefenerosion die stark reduzierte Geschiebezufuhr vom Oberlauf her zu benennen. Die von der Oberelbe angelieferten 15.000 t/a entsprechen bei weitem nicht dem aktuellen durchschnittlichen Transportvermögen des Stromes. Er nimmt daher Geschiebe aus der Sohle auf und transportiert es stromab. Das ist aber nur dort möglich, wo das Flussbett nicht auf natürliche Weise durch grobes Sohlmaterial abgeplastert ist und genügend feinkörniges Material zur Verfügung steht. Nach den Ergebnissen der sedimentologischen Aufnahmen ist das erst unterhalb vom El-km 130 der Fall. Hier liegt etwa die derzeitige obere Grenze der Erosionsstrecke.



## 2.2.5 Ökologie

### Allgemeines

Die Erosionsstrecke wird in ihrer Charakteristik einerseits durch die Laufgestaltung und Hydromorphologie des Elbstroms und andererseits durch ihre angrenzenden Auen bestimmt. Weite Teile des Landschaftsraumes Elbe sind aufgrund ihrer Ausstattung mit naturnahen Lebensräumen sowie ihrer Artenvielfalt mit Vorkommen zahlreicher gefährdeter und seltener Arten schutzwürdig und schutzbedürftig. Der hohe naturschutzfachliche Wert des Untersuchungsgebietes insbesondere der Elbeauengebiete mit ihren Auenwaldresten, Altgewässern und Überschwemmungsflächen, den alten Flutrinnen und ihren Verlandungszonen spiegelt sich in der flächendeckenden naturschutzrechtlichen Sicherung mit größtenteils überlagernden Schutzgebietskategorien wider (siehe Anlage 4, Anlage 5, Anlage 6, Anlage 7, Anlage 8, Anlage 9).

Altgewässer, Flutrinnen und Kolke gelten für Wasserpflanzengesellschaften als besonders artenreiche Lebensräume der Aue. Sie dienen zahlreichen Wat- und Wasservögeln zur Nahrungsaufnahme und sind für ziehende Vogelarten Brut-, Rast- und Überwinterungsraum. Auch findet sich in diesen besonderen Strukturen der Lebensraum von gefährdeten Amphibien und Reptilien und zahlreichen Insekten. Zahlreiche gewässerabhängige Säugetiere sowie Fische und Amphibien finden hier geeignete Lebensbedingungen.

Die autotypischen Strukturen sind durch die Veränderungen der letzten Jahrzehnte, wie beispielsweise die Grundwasserspiegelabsenkungen aber auch als Folge der Veränderung des Überflutungsregimes, das zu einer deutlichen Verringerung der sommerlichen, ökologisch wichtigen Überflutungen im Vorland führte, graduell verändert worden. Die deutlichsten Verluste sind im Bereich der Elbestrecke oberhalb der Mündung der Schwarzen Elster zu verzeichnen. Weiter stromab bis Wittenberg /L. sind die strukturellen Verluste weniger stark ausgeprägt und mit dem Übergang ins Dessau-Wörlitzer Elbegebiet am geringsten zu sehen.

### Vegetation

Die großflächige, relativ naturnahe und noch weitgehend von der Hochwasserdynamik der Elbe geprägte Stromlandschaft ist von besonderer Bedeutung als Lebensraum für viele bestandsbedrohte Pflanzenarten. Hier findet sich eine Fülle von für Stromtäler typischen Lebensräumen, darunter auch solche des Anhangs I der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH) 92/43/EG (Anlage 5).

Besonders hervorzuheben sind:

- Süßwasserlebensräume
- natürliches und naturnahes Grasland
- Weich- und Hartholzauwälder
- Hoch- und Niedermoore
- Dünen im Binnenland
- Heide- und Buschvegetation
- Lebensräume mit halophytischer Vegetation

Infolge des Übergangs vom ozeanisch-maritimen zum kontinentalen Klima und der großen Standortvielfalt kommen an der Mittleren Elbe mehr als 1.300 Pflanzenarten vor. Hiervon stehen ca. 400 Arten auf der IUCN Red List der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen. Aufgrund der Vielfalt der vom Wasser geprägten Lebensräume bilden diese den Vorkommensschwerpunkt der charakteristischen Pflanzenarten des Gebietes. Weitere Schwerpunkte bilden die wechselfeuchten und sehr unterschiedlich nährstoffversorgten Grünlandstandorte sowie die nährstoffarmen Trockenstandorte.

Aus vegetationskundlicher Sicht sind die verschiedenen, autotypischen Lebensräume von besonderer Bedeutung. Die zentralen aquatischen Bereiche der Elbe werden aufgrund von Strömung und endogenem Lichtmangel von Makrophyten weitgehend nicht besiedelt (s. a. POTT, REMY 2000). Der amphibische Bereich – (Wasserwechselzone) - ist in Abhängigkeit der Überflutungsdauer und -häufigkeit durch eine Abfolge von Pionierfluren, Röhrlichzonen und Weichholzaunen gekennzeichnet. Daran schließt sich die von periodischen Überschwemmungen geprägte, grundwasserbeeinflusste Aue mit Flussschlingen, Altgewässern, Flutrinnen, temporären Gewässern und Hartholzauwäldern bzw. Sekundärgesellschaften (häufig „Stromtal-“ oder Auwiesen) an.

Die konkurrenzarmen, periodisch trocken fallenden Böden der offenen Flussufer stellen die natürlichen Primärstandorte der annualen Uferpionierfluren dar. Auch temporär wassergefüllte Flutrinnen und flussnahe Stillgewässer bieten natürliche Lebensräume für sehr unterschiedlich ausgeprägte Uferpionierflure. Neu angespülte oder umgelagerte vegetationslose Sand-, Kies- oder Schlammabänke können sich in den Bühnenfeldern, insbesondere an den Gleithängen sehr breit und großflächig entwickeln. Gekennzeichnet sind diese Standorte durch lang anhaltende Überflutung, ausgesprochen starke Wasserstandsschwankungen sowie eine hohe mechanische Belastung durch starke Strömung und erhöhte Sedimentfracht während Hochwasserphasen sowie durch winterliche Eisschur. Hierdurch ist eine längerfristige Etablierung ausdauernder Arten eingeschränkt wobei die vorkommenden Lebensgemeinschaften hochspezialisiert, relativ selten, bedroht und daher schützenswert sind.

Die Auen sind typischerweise dem Wechsel von Hoch- und Niedrigwasser unterworfen, wobei in den häufiger und länger überfluteten Weichholzaunen Weiden und Schwarzpappeln überwiegen. Diese wiederum können aufgrund ihrer Biegsamkeit bei Hochwasser der Strömung und des auf sie wirkenden Drucks ausweichen. In der seltener und kürzer überfluteten Hartholzauwe dominieren Stieleichen, Feld-Ulmen und Feld-Ahorn.

Durch Deich- und Flussausbau sind die Auen und ihre Wälder zwar historisch stark zurückgedrängt worden, an der Mittel- und Unterelbe blieben aber die größten zusammenhängenden Hartholzauwälder Mitteleuropas erhalten.

## **FAUNA**

Bedingt durch das reiche Mosaik unterschiedlicher Lebensräume verfügt der betrachtete Elberaum in großen Abschnitten über einen ungewöhnlich hohen Bestand an faunistischen Arten und faunistischen Lebensgemeinschaften mit Verbreitungsbildern aus kontinentalen, atlantischen, boreoalpinen und borealen Regionen.

Wichtigster Lebensraum der Fauna ist die Elbe mit den sich anschließenden Vordeichflächen, auf denen Schlamm- und Pionierfluren, Kleingewässer, Röhrichte, Auengrünländer sowie Weich- und Hartholzauwälder wichtige Faunenhabitats darstellen. Hier konzentrieren sich die Vorkommen einer Fülle bedrohter Tierarten. Leitarten sind insbesondere Elbebiber, Rotbauchunke, gewässergebundene Vogelarten sowie wandernde Fischarten.

Charakteristische Vogelarten der Feucht- und Auengrünländer sind z.B. Großer Brachvogel, Uferschnepfe, Wachtelkönig, Rotschenkel, Bekassine und Kiebitz. Die Elbaue stellt auch einen international bedeutenden Zugkorridor für durchziehende und überwinternde Gänse, Schwäne und für Kraniche dar. Durchziehende Watvögel (Limikolen) nutzen die Uferzonen der Fließ- und Stillgewässer zur Nahrungsaufnahme; verschiedene Enten- und Sägerarten finden in den Bühnenfeldern der Elbe Rückzugsräume. Seeadler, Fischadler und Wanderfalke nutzen das Elbetal als Jagd- und Brutrevier.

In den temporären Qualmgewässern finden sich Amphibienarten wie Rotbauchunke und Moorfrosch sowie spezialisierte Tierarten, wie der in Sachsen-Anhalt nachgewiesene Schuppenschwanz. Im Einzugsgebiet der Mittel-Elbe leben inzwischen diverse limnische Fischarten (ARGE Elbe <http://www.arge-elbe.de/wge/Fische/MEL/FiArtMitElbe.html>). Der Elbeabschnitt wird von der IKSE im Rahmen der Bewertung nach Wasserrahmenrichtlinie als gut eingestuft (IKSE 2008).

Die in der Elbe vorkommenden Lebensgemeinschaften erholen sich seit 1990 kontinuierlich vor allem durch den Rückgang der sauerstoffzehrenden, organischen Inhaltsstoffe und Nährstoffe sowie der vormaligen Schadstoffbelastungen.

Die Wirbellosen des Gewässergrundes (Makrozoobenthos) sind im Bereich der Mittel-Elbe durch das überwiegende Vorkommen von Arten mit Verbreitungsschwerpunkt in dieser biozönotischen Region gekennzeichnet (IKSE 2000). Vergleicht man die Gewässergütekarten der Elbe von 1990 bis 2000, so zeigte die Elbe in diesem Zeitraum eine deutliche Verbesserung der Wasserqualität von der Gewässergüteklasse III im Jahr 1990 über die Güteklasse II - III im Jahr 1995 hin zur Güteklasse II im Jahr 2000 (Bild 8), die weitgehend der natürlichen bzw. zu erwartenden Güteklasse eines mitteleuropäischen Flusses entspricht. Einhergehend mit dieser wesentlichen Güteverbesserung konnte in diesem relativ kurzen Zeitraum auch eine Rückkehr vieler Arten des Makrozoobenthos in die Elbe beobachtet werden. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass Verschiebungen gegenüber den natürlichen Lebensgemeinschaften in den letzten Jahren durch das Einwandern von Neozoen vor allem in der Gruppe der Krebse sowie bei den Muscheln auftreten.

Demgegenüber sind in der Vergangenheit aber auch zahlreiche historisch in der Elbe vorkommende Arten verschwunden, was primär in der schlechten Wasserqualität der Elbe begründet war.

Der Gewässergütebericht 2006 der ARGE ELBE (2008) weist entsprechend den Vorgaben der EG-WRRL und der in der Bundesrepublik hierfür entwickelten Erfassungsmethoden für die Fischfauna einen guten und für die Wirbellosenfauna (Makrozoobenthos) eine mäßige vorläufige Bewertung bei der Einstufung des ökologischen Zustands aus.

Eine Untersuchung von MÜLLER (2004) zur Charakterisierung litoraler Makrozoobenthoszönosen von Randgewässern der Ober- und Mittelelbe zeigte für die Nebengewässer der Oberelbe und Oberen Mittelelbe, dass diese deutlich artenärmer und auch nur in geringerer Dichte besiedelt werden als erwartet und so für das Makrozoobenthos aktuell keinen optimalen Lebensraum darstellen.

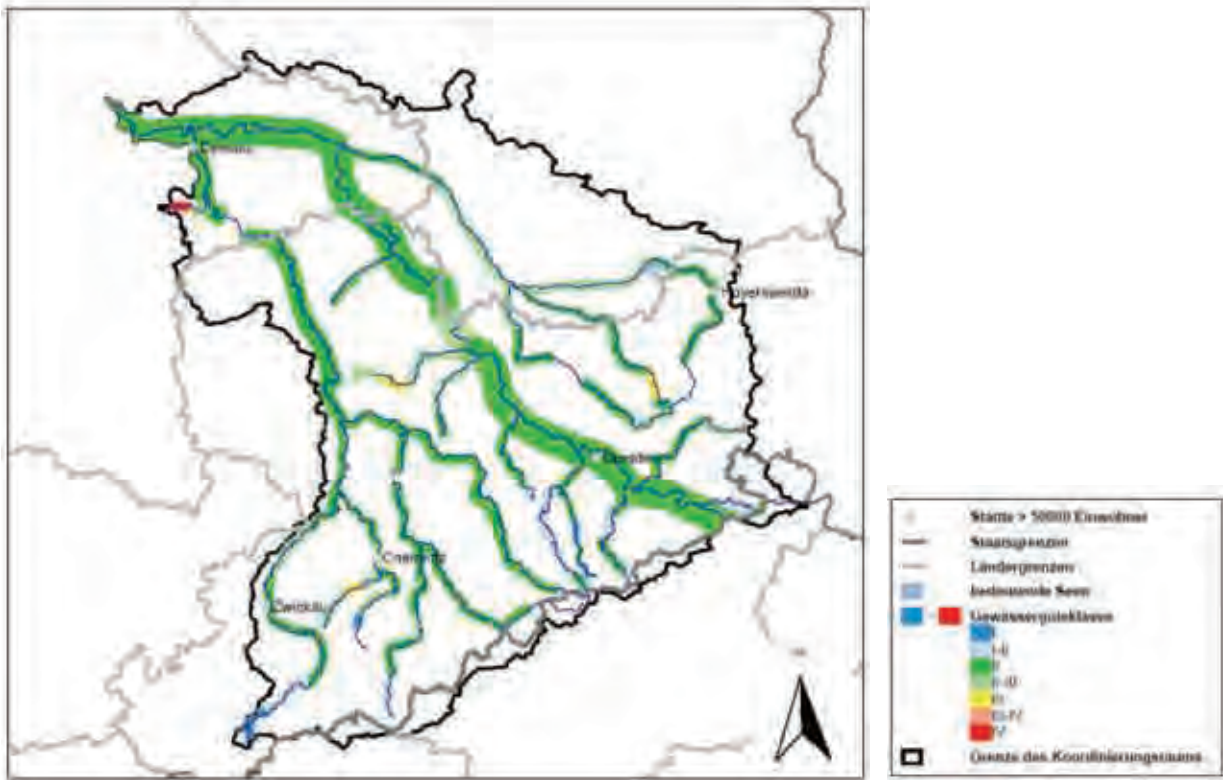


Abb. 4.1.6-1: Auszug aus der Biologischen Gewässergütekarte der Bundesrepublik Deutschland für den Koordinierungsraum MES (UBA 2000)

Bild 8: Biologische Gewässergüte im Koordinierungsraum MES, Abbildung aus dem Bericht über die Umsetzung der Anhänge II, III und IV der Richtlinie 2000/60/EG für den Koordinierungsraum Mulde-Elde-Schwarze Elster (MES) (B-Bericht, 2007)

## 2.2.6 Stromregelungssystem

Die Anfänge der Stromregelungen an der Elbe reichen bis in das 11. Jahrhundert zurück und dienten überwiegend dem Schutz der Menschen vor Hochwasser und Eis. Im 18. Jahrhundert wurden erstmals umfangreichere Deichbauten und Durchstiche (z. B. bei Mockritz 1773, Neu Bleesern 1774, Bösewig 1774) geplant und ausgeführt. Sie dienten ebenfalls der Gefahrenabwehr gegenüber Hochwasser und bei Eisversetzungen.

Mit den Beschlüssen des Wiener Kongresses aus dem Jahr 1815 begannen erstmalig planmäßige Ausbaumaßnahmen zur Verbesserung der Schifffahrtsbedingungen für die gesamte Elbe. In knapp 30 Jahren ist der Ausbau der Elbe von der damaligen deutsch-böhmischen Grenze bis Hamburg als auf Mittelwasser bezogene Stromregelung vollendet worden. Ein sog. Regelungssystem entstand. Dabei wurden bis 1900 6.944 Buhnen und 319 km Deck- und Parallelwerke errichtet sowie weitere Durchstiche zur Verbesserung der Schifffahrtsbedingungen ausgeführt. Die Bauwerke sind gemäß spezieller Bezugshöhen (Bauwerkssollhöhen) errichtet. Als maßgebliche Bezugshöhe für die Tiefenziele wurden niedrige Wasserstände festgelegt.

Eine ergänzende Stromregelung erfuhr die Elbe mit der Niedrigwasserregulierung in den 1930er Jahren. Ziel der Regulierung war es das Niedrigwasserbett zu optimieren. Dazu wurde für den Elbabschnitt zwischen Mühlberg (EI-km 120) und Coswig/Anh. (EI-km 230) eine Minimalfahrinnentiefe von 1,10 m unter dem neu ermittelten Bezugswasserstand – dem Regulierungswasserstand RW 1929 - angestrebt. Maßgeblichen Einfluss auf die Festlegung des RW 1929 hatte das Niedrigwasser 1904 an der Elbe. Gleichzeitig wurden neue Bauwerkssollhöhen für die Mittelwasserbauwerke (RW 1929 (BW)) und folgende Streichlinienbreiten (Normalbreiten) bei Mittelwasser festgelegt:

- |                            |         |
|----------------------------|---------|
| - EI-km 121,0 bis km 198,5 | - 100 m |
| - EI-km 198,5 bis km 233,0 | - 110 m |
| - EI-km 233,0 bis km 259,6 | - 120 m |
| - EI-km 259,6 bis km 290,7 | - 140 m |
| - unterhalb EI-km 290,7    | - 160 m |

Die vorgenannten Streichlinienbreiten besitzen noch heute ihre Gültigkeit. Für die Optimierung des Niedrigwasserbettes - die sogenannte Feinregulierung - wurden in der Regel Kopfschwellen an den Buhnen gebaut sowie zusätzliche Anpassungen in Lage und Höhe der Buhnen vorgenommen. Lokal wurden Krümmungen abgeflacht (z.B. bei Belgern, EI-km 140 oder bei Klöden, EI-km 189) und Deckwerke in Außenkrümmungen errichtet, um die Strömungsführung zu verbessern. Der Zweite Weltkrieg beendete den großräumigen Elbausbau. Für das Gebiet der DDR wurde in den 1960er Jahren ein neuer niedriger Bezugswasserstand RW 1959 und Bauwerkssollhöhen RW 1959 (BW) festgelegt.

Mit der Gründung der WSD Ost 1990 wurden auch die Regelungsziele der Elbe überprüft und aktualisiert. Daraus resultiert der niedrige Bezugswasserstand GIW 1989\*(20d) (BAW 1992). Die vorhandenen Strombauwerke wurden in vielen Strecken instand gesetzt. 1998 wurden die Bezugswasserstände (GIW und Bauwerkssollhöhen) erneut überprüft (BAW 1998), und für Abschnitte der Erosionsstrecke aktuelle Werte ausgewiesen.

2005 formulierte die BAW im Rahmen der Überprüfung des Regelungssystems der Elbe (BAW 2005) Empfehlungen für die Anwendung der Bezugswasserstände bei der Unterhaltung in der Erosionsstrecke. Das sind heute die maßgeblichen Vorgaben für die Unterhaltung in diesem Bereich.

Im Elbabschnitt zwischen EI-km 121 und EI-km 290,7 befinden sich zum heutigen Zeitpunkt insgesamt 2.184 Buhnen, davon 1.147 am linken und 1.037 Buhnen am rechten Ufer (Bild 9). 94,14 km Ufer sind mit Deck- und Parallelwerken gesichert (46,05 km - links; 48,09 km – rechts).

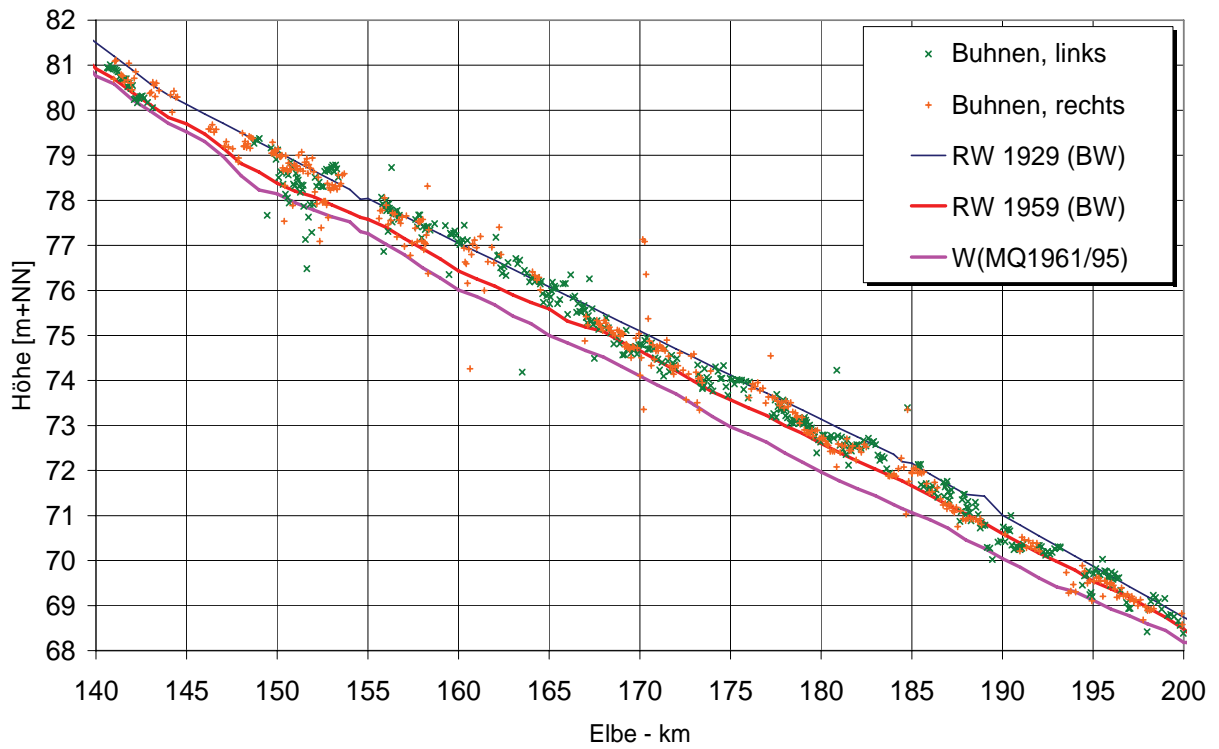
Die Buhnen wurden und werden i.d.R. mit Kopfneigungen von 1:5 und Flankenneigungen von 1:3 ausgeführt, Längswerke mit wasserseitigen Böschungsneigungen im Pflasterbereich mit Neigungen von 1:3 und im Vorlagebereich von 1:5 (siehe auch BAW 2005). Die Unterhaltung der Strombauwerke erfolgt regelmäßig, um sie in einem guten Bauzustand zu erhalten.



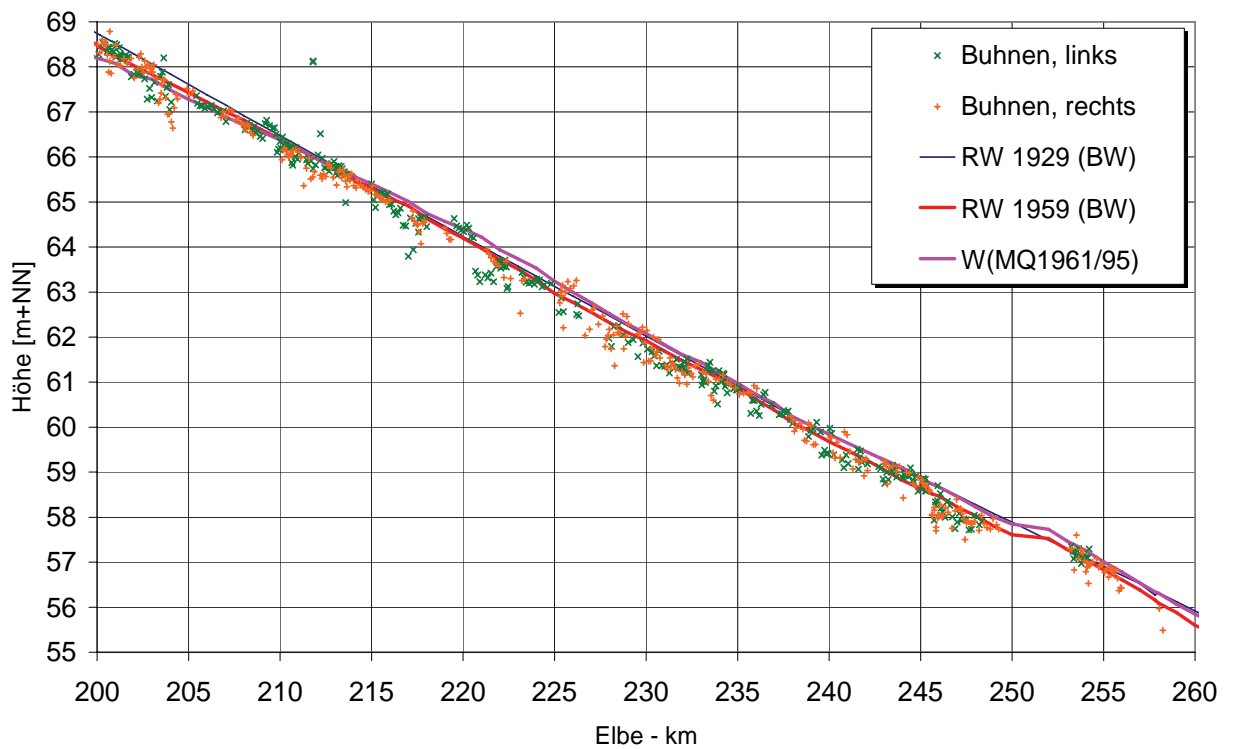
**Bild 9: Buhnen an der Elbe bei Ratskiefen (EI-km 230)**

In starken Krümmungen wurde im Rahmen der Unterhaltung die Sohle mit Grundschwellen (z. B. Bereiche Torgau, Apollensdorf) oder Sohldeckwerken (z.B. Bereiche Gallin, Dessau) stabilisiert.

In Bild 10 und Bild 11 werden für den Abschnitt zwischen Belgern und Mulde-Mündung die vorhandenen Höhen der Buhnenköpfe den ehemaligen und derzeitigen Bauwerks-Sollhöhen und der aktuellen Mittelwasserlage gegenübergestellt. Es fällt auf, dass besonders ab EI-km 150 bis zur Elstermündung (EI-km 198,5) die Bauwerks-Sollhöhen weit auseinander liegen. In Folge der Sohleintiefung sinken auch die langjährigen Mittelwasserstände ab, die den Bauwerkssollhöhen zu Grunde liegen. Wurden etliche Bauwerke gemäß RW 1929(BW) gebaut, so liegen sie heute gemäß der Mittelwasserreihe W(MQ1961/95) zu hoch. Das bestätigen die Bestandsdaten der Buhnen (Punkte in Bild 10 und Bild 11). Unterhalb der Elstermündung liegen die Buhnenköpfe mehrheitlich unter den Sollhöhen (Bild 11 unten), ihre Regelungswirkung ist bei Mittelwasser eingeschränkt.



**Bild 10: Ist - Buhnenhöhen und Bauwerkssollhöhen El-km 140 - 200 (oberstrom der Elstermündung)**



**Bild 11: Ist - Buhnenhöhen und Bauwerkssollhöhen El-km 200 - 250 (unterstrom der Elstermündung)**

## 2.2.7 Hydraulik

Streckenbeschreibungen mit Blick auf die Hydraulik finden sich in diversen Gutachten und Veröffentlichungen über die Erosionsstrecke u.a. in BAW/BFG 1996, BAW 1996, 2001a, 2005, FAULHABER 2000b, PG EROSIONSTRECKE 2001 und 2005. Im Folgenden werden hauptsächlich Aspekte aufgegriffen, die für die Wahl geeigneter Maßnahmen zur Erosionsminderung von Bedeutung sind.

Abflussbereich	Wasserspiegelbreite m	Fließgeschwindigkeit m/s	Gesamtdurchfluss m³/s	Gefälle ‰
<b>MNQ-Bereich</b>				
Mittelwert km 120,0-140,0 Strecke 1	86	0,9	128	0,32
Mittelwert km 170,0-198,6 Strecke 3	80	0,9	128	0,20
Mittelwert km 230,0-259,6 Strecke 5	112	0,8	142	0,21
<b>MQ-Bereich</b>				
Mittelwert km 120,0-140,0 Strecke 1	101	1,3	343	0,32
Mittelwert km 170,0-198,6 Strecke 3	97	1,2	343	0,19
Mittelwert km 230,0-259,6 Strecke 5	167	1,0	390	0,21
<b>im Bereich ca. 2MQ</b>				
Mittelwert km 120,0-140,0 Strecke 1	150	1,8	698	
Mittelwert km 170,0-198,6 Strecke 3	220	1,6	698	
Mittelwert km 230,0-259,6 Strecke 5	310	1,4	779	
<b>etwa im Bereich HQ<sub>5</sub></b>				
Mittelwert km 120,0-140,0 Strecke 1	239	2,2	1740	
Mittelwert km 170,0-198,6 Strecke 3	282	1,9	1740	
Mittelwert km 230,0-259,6 Strecke 5	983	2,0	1890	

**Tab. 3:** ausgewählte hydraulische Parameter in typischen Streckenabschnitten der Erosionsstrecke der Elbe für den Zustand der 1990er Jahre

Die Analyse der hydraulischen und morphologischen Streckenparameter macht deutlich, dass entlang der Erosionsstrecke unterschiedliche Durchflüsse erosionsprägend sind. Neben den verschiedenen hydraulischen Charakteristika (z.B. Durchflussfläche, Fließgeschwindigkeit, Gefälle, Schubspannung, siehe auch Tab. 3) verändern sich entlang der Strecke die für den Feststofftransport wesentlichen Kenngrößen (Kornzusammensetzung der Sohle und des transportierten Materials, Durchfluss bei Bewegungsbeginn des Sohlmaterials, transportierte Feststoffmengen usw.), (siehe auch Kap. 2.2.2).

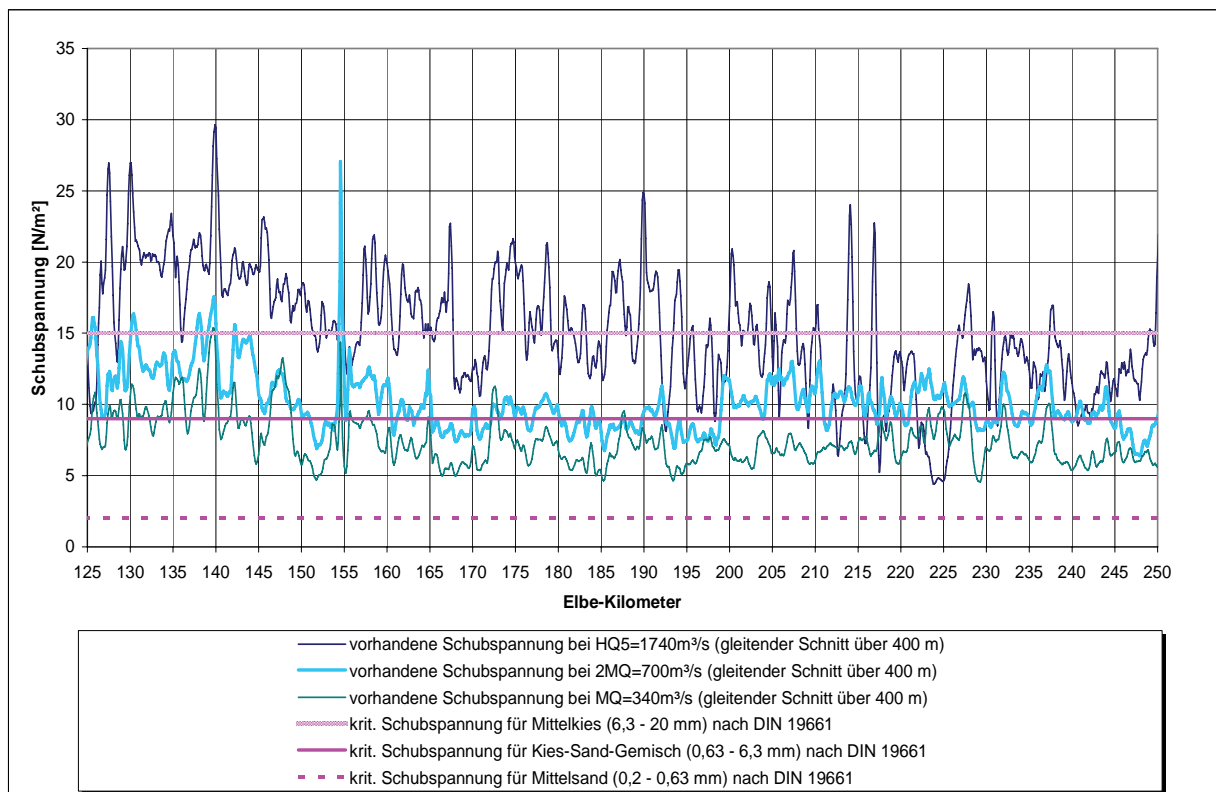


Ein „Gefälleknick“, d.h. eine markante und sprunghafte Veränderung des Gefälles, bei Torgau hat besondere Auswirkungen auf die Hydraulik des Flusssystems (siehe Anlage 3 „Längsschnitt Erosionsstrecke“). So ist oberhalb von Torgau das Sohl- und Wasserspiegelgefälle höher als unterhalb. Trotz größerer Sohle und etwa gleicher Wasserspiegelbreite sind deshalb oberhalb von Torgau die Wassertiefen geringer als unterhalb.

Die mittleren Wassertiefen in der Fahrrinne bei Abflüssen um GIQ weisen zwischen El-km 140,0 und El-km 198,5 im Verhältnis zu den angrenzenden Abschnitten die größeren Werte auf. Oberhalb von El-km 140,0 sind sie aufgrund des relativ starken Gefälles und unterhalb von El-km 198,5 als Ergebnis der beweglichen Sohle am geringsten.

Die Wasserspiegeldifferenzen zwischen langjährigem MQ und GIQ betragen im Abschnitt oberhalb von Torgau 1,2 bis 1,4 m und unterhalb der Elstermündung bei El-km 198,5 1,6 bis 1,9 m. D.h. bei Gewährleistung einer Fahrrinntiefe von 1,6 m unter GIW kann oberhalb von Torgau bei MQ eine Wassertiefe von 2,8 m, unterhalb der Elstermündung von mindestens 3,2 m gewährleistet werden.

Hinsichtlich der Fließgeschwindigkeiten und Schubspannungen (Bild 12) treten die Streckenbesonderheiten weniger deutlich in Erscheinung, da die Schwankungsbreite der Werte auf Grund lokaler Gegebenheiten sehr groß ist.



**Bild 12:** Gegenüberstellung der bei verschiedenen Durchflüssen angreifenden Sohlschubspannung und der kritischen Schubspannung des Bewegungsbeginns ausgewählter Sohlsubstrate

Zur Abschätzung der Erosionsanfälligkeit werden Parameter der Sohlbelastung (z. B. mittlere Schubspannung  $\tau$ ) dem Sohlwiderstand (hier die mit „kritischer Schubspannung  $\tau_{\text{krit}}$ “ bezeichnete Grenze für den Geschiebebewegungsbeginn für ausgewählte Sohlsubstrate) gegenüber gestellt. Aus dem Vergleich wird ersichtlich, dass die kritische Schubspannung des anstehenden Sohlmaterials oberhalb von Torgau (z. B. bei EI-km 130 80% Kies, siehe Bild 5) erst bei Abflüssen  $>2\text{MQ}$  überschritten wird, d.h. das anstehende Material kann auch erst bei diesen hohen Abflüssen vom Strom aus der Sohle herausgelöst werden. Bei EI-km 230 besteht die Sohle hingegen zu über 60% aus Sand und kann vom Fluss bereits bei Niedrigwasser bewegt werden.

Obwohl die angreifende Sohl Schubspannung des Flusses ( $\tau$ ) entlang der Strecke abnimmt (PG EROSIONSTRECKE 2001), wird ab Torgau mehr Material aus der Sohle durch den Fluss aufgenommen als das Oberstrom der Fall ist. Die Ursache hierfür liegt in der in Kap. 2.2.2 beschriebenen Sohlbeschaffenheit. Im oberen Abschnitt der Erosionsstrecke steht feinkörniges Material an der Sohle nicht mehr zur Verfügung, um trotz höherer hydraulischer Beanspruchung abtransportiert werden zu können. Im unteren Abschnitt ist Material mit feiner Kornzusammensetzung am Sohlaufbau beteiligt und kann somit auch bei geringeren Abflüssen mobilisiert werden (Bild 5, Bild 12).

Bei langjährigem mittleren Hochwasser (MHQ) sind die Vorländer in der gesamten Strecke gar nicht oder nur mit geringer Tiefe überströmt. Unterhalb von Torgau sind die Vorländer im Jahresmittel häufiger überströmt als oberhalb. Uferrehnen behindern oftmals die Ausuferung zusätzlich.

Die Wasserspiegelbreiten bei Hochwasser sind oberhalb von EI-km 165,0 bei MHQ sehr gering (250 m), während sie unterhalb von EI-km 185,0 bis auf 2500 m ansteigen können. Dadurch ist die Differenz von Wasserständen beim zweifachen des mittleren Abflusses (2MQ) und bei MHQ oberhalb von EI-km 185,0 deutlich größer (bis zu 2 m) als das unterhalb der Fall ist (streckenweise nur 0,6 m). Der Abflussanteil über den Vorländern ist bei  $\text{HQ}_5$  oberhalb von EI-km 170,0 geringer (unter 20 %) als unterhalb (bis zu 60 %).

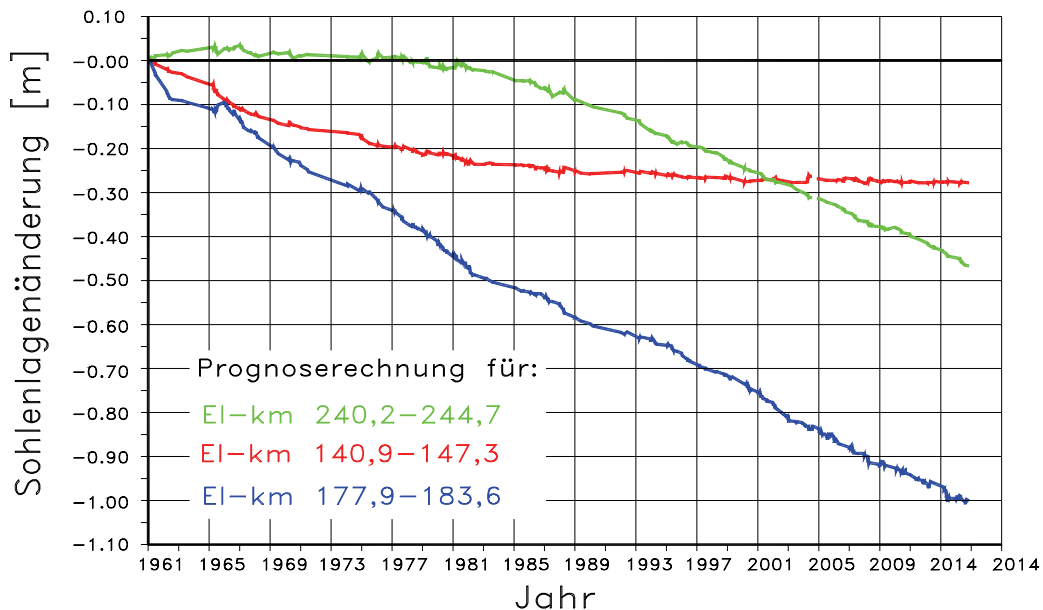
Die Bühnenfelder sind unterhalb von EI-km 185,0 großflächiger als oberhalb, weshalb der Abflussanteil über den Bühnen/Bühnenfeldern unterhalb von EI-km 185,0 größer ist als oberhalb.

Durch die Veränderung der Sohlhöhe gegenüber ihrem Wert zum Zeitpunkt der Festlegung der Regelungsparameter und der damit verbundenen Veränderung der Mittelwasserspiegel, weicht im aktuellen Strombettzustand die Ist-Streichlinienbreite bei Mittelwasser von der ursprünglich geplanten Normalbreite ab. Oberhalb von EI-km 190 sind die Streichlinienabstände bis zu 10 m geringer als die Normalbreite (Sollstreichlinienabstand), wohingegen unterhalb die Bühnen beim aktuellen Mittelwasser teilweise schon überströmt und nicht mehr voll regelungswirksam sind.

Die Analyse der Naturdaten zeigt eine Verlagerung des Schwerpunktes der Erosion nach Unterstrom auf. Mit Hilfe eines eindimensionalen hydronumerischen Feststofftransportmodells wurden für den Ist-Zustand ohne Maßnahmen die Sohlentwicklungen seit den 1960er bis zu den 1990er Jahren nachvollzogen und die weitere Entwicklung bis 2015 prognostiziert.

In den Abschnitten der Erosionsstrecke oberhalb von Torgau (rote Linie in Bild 13) ist danach die Erosion abgeklungen und das erreichte Sohlniveau wird auch ohne Maßnahmen in Zukunft erhalten bleiben. Im Bereich um Pretzsch (EI-km 185) und Klöden (EI-km 190) wird die Sohle auch künftig erodieren (blaue Linie).

In der Strecke unterhalb der Elstermündung erhöhte sich die Erosionsintensität in den letzten Jahrzehnten und ohne Gegenmaßnahmen hält diese Erosionsrate an (grüne Linie). Dies ist auch auf das allmähliche Verringern der Erosionsrate in den oberstromigen Abschnitten und damit auf eine Verringerung der von Oberstrom eingetragenen Materialmengen zurückzuführen.



**Bild 13:** Berechnete Erosionsverläufe in ausgewählten Flussabschnitten unter der Voraussetzung durchschnittlicher Abflussverhältnisse ab 2000 (BAW, 2001a)

Zusätzlich zu diesen langfristigen Sohlentwicklungen können Einzelereignisse (extreme Hochwasser) die Sohle stark verändern und zu lokalen Eintiefungen führen, die der Fluss auf Grund mangelnden Geschiebeeintrags nicht selbst ausgleichen kann.

## 2.3 Zusammenfassende Charakteristik der Erosionsstrecke

Die Elbe unterliegt im hier betrachteten Stromabschnitt keiner Stauregelung und hat freien Abfluss. Sie ist jedoch ein erheblich anthropogen überprägter Fluss. Kennzeichnende Strukturelemente sind neben den Hochwasserdeichen vor allem die Buhnen und Deckwerke, die das Flussbett nach erfolgter Mittelwasserregelung in den 80er Jahren des 19. Jahrhunderts in diesem heute noch vorhandenen Lauf fixieren. Aktuell sind in diesem Streckenabschnitt der Elbe 2184 Buhnen und 94,14 km Deck- und Parallelwerke in einem insgesamt guten bis mittleren Bauzustand vorhanden (Bild 14). Als Erfordernis aus der Erosionsproblematik wurden in der Vergangenheit die Bauwerks-sollhöhen mehrmals überprüft und angepasst.



**Bild 14: Buhnen (mit z.T. stark verlandeten Buhnenfeldern) und Deckwerk im Prallhang bei El-km 232**

Die morphologische Entwicklung der zurückliegenden 150 Jahre ist charakterisiert durch eine anhaltende nach Unterstrom fortschreitende Sohlerosion mit einer mittleren Eintiefungsrate von ca. 1 cm/a. Eine der Hauptursachen ist die unzureichende Geschiebezufuhr, bedingt durch die Stauregelung des Oberlaufs und den Verbau der Nebenflüsse.

Die Erosion kommt dort voll zum Tragen, wo die Sohle nicht durch eine grobkörnige Deckschicht geschützt ist und genügend feinkörniges Material aus der Sohle herausgelöst und abtransportiert werden kann. Aufgrund der vorherrschenden geologisch-sedimentologischen Verhältnisse ist dies heute noch unterhalb von El-km 130 der Fall. Allerdings haben die bisher durchgeführten Maßnahmen der WSV in diesem Streckenabschnitt zu einer gewissen Stabilisierung der Sohle bis in den Bereich Torgau (El-km 155) geführt. Die anschließende Strecke ist durch eine Zunahme der Geschiebefracht bis hin zur Saalemündung gekennzeichnet. Dabei ist der Geschiebetransport jedoch nicht gleichmäßig. Durch Ungleichmäßigkeiten in Linienführung und Gefälle kommt es trotz genereller Erosionstendenz zu örtlichen Ablagerungen und damit zu Fehlstellen für die Schifffahrt. Der Schwerpunkt der Erosion liegt heute im Bereich Klöden zwischen El-km 185 und El-km 190.

Die anhaltende Erosion hat bereichsweise dazu geführt, dass die Regelungsbauwerke im Hinblick auf den Bezugswasserstand zu hoch liegen und deshalb über Mittelwasser hinaus regelungswirksam sind. Gleichzeitig hat die Erosion in Verbindung mit einer zusätzlichen sedimentationsbedingten Aufhöhung der Vorländer dazu geführt, dass sich der Abstand zwischen dem Niveau der Vorländer und der Flusssohle vergrößert. Als Folge davon werden die Vorländer erst bei höheren Abflüssen überströmt. Beide Wirkungen führen zu einer Selbstverstärkung der Erosion.

Die Erfahrung aus den letzten Hochwasserereignissen hat gezeigt, dass seltene und außergewöhnliche Hochwasser durch lokal hohe Sohlbeanspruchungen viel Material aus der Sohle abtransportieren können. Dieses Defizit kann in gewöhnlichen Jahren, auf Grund des mangelnden Geschiebeeintrags aus oberstromigen Abschnitten oder einmündenden Nebengewässern, vom Fluss nicht mehr ausgeglichen werden.

Vergleicht man die Erosionsstrecke hinsichtlich Feststoffhaushalt und Erosionsintensität mit den oberhalb und unterhalb anschließenden Stromabschnitten, so zeichnet sich die unterstromige Strecke - sieht man einmal von den durch Stromspaltung und Felsschwellen verursachten Unstetigkeiten im Raum Magdeburg ab - durch einen relativ ausgeglichenen Geschiebehaushalt aus. Der oberhalb der Erosionsstrecke liegende Abschnitt zwischen tschechischer Grenze und Mühlberg ist durch ein sehr hohes Geschiebedefizit charakterisiert. Gleichwohl ist die Erosionsintensität in dieser Strecke sehr gering. Hier wird die Sohle durch eine grobkörnige Deckschicht nachhaltig stabilisiert. Somit erweist sich der sandig-kiesige Untergrund im Bereich der Erosionsstrecke als das einzig verfügbare Reservoir, aus dem der frei fließende Strom sein Geschiebedefizit kompensieren kann, im Ergebnis aber auf diese Weise seine Sohle ständig weiter absenkt. Aufgrund der geohydrologischen Verhältnisse dieses Elbabschnittes wirkt sich die Sohlerosion auch direkt auf den Grundwasserhaushalt aus.

Die vorgenannten fortdauernden Veränderungen beeinträchtigen und gefährden eine durch autotypische Strukturen und dynamische Prozesse sowie typspezifische, wertvolle Fauna und Flora gekennzeichnete Flusslandschaft. Die ausgedehnte Schutzgebietsausweisung auf nationalem, europäischem und internationalem Niveau ist kennzeichnend für die herausragende Bedeutung auch wenn streckenweise bereits die Folgen der hydraulischen und hydro-morphologischen Änderungen erkennbar sind.

Auch wenn heute in einigen Abschnitten ein quasi natürliches Abklingen der Erosion zu verzeichnen ist, so ist nicht davon auszugehen, dass sich in absehbarer Zeit über den gesamten Streckenverlauf vergleichbares einstellen wird (siehe auch Kap.3.3, Ergebnisse Feststofftransportmodell-FTM). Die Ursachen hierfür liegen unter anderem in der Heterogenität der Materialzusammensetzung der Flusssohle im Streckenverlauf. Hier ist insbesondere die sich natürlich entwickelte Sohlabpflasterung in Kombination mit schon erfolgten Maßnahmen der WSV oberhalb von El-km 130 zu nennen, die sich unterhalb von El-km 155 aufgrund der feineren Materialzusammensetzung des Gewässeruntergrundes so nicht fortsetzen wird.

## **3 Untersuchungen zur Sohlstabilisierung und Erosionseindämmung**

### **3.1 Allgemeines**

Prinzipiell lassen sich Erosionstendenzen, wie auch Anlandungen entweder durch direkte Eingriffe in den Geschiebehaushalt (Materialzugabe bzw. -entzug) oder durch die bauliche Veränderung des Abflussquerschnittes (mittelbare Maßnahmen) beeinflussen. Die Steuerung des Geschiebehaushaltes mittels Geschiebemanagement ist eine Daueraufgabe, während im anderen Fall die Anpassung der Sohle durch die Reaktion des Flusses auf eine geeignete einmalige Baumaßnahme bewirkt wird. Stabilisierungsmaßnahmen, welche die natürliche Sohldynamik erhalten, werden als dynamische Sohlstabilisierung bezeichnet. Wird der Transportwiderstand der Flusssohle so weit erhöht, dass bei keinem Abfluss mehr Bewegung des Sohlmaterials stattfindet, handelt es sich um eine statische Sohlstabilisierung.

Bei der Wahl geeigneter Maßnahmen ist zu beachten, dass die Erosionsminderung bei gleichzeitiger Gewährleistung der für die Schifffahrt erforderlichen Tiefen erreicht werden muss. Um das komplexe Wirkungsgeflecht besser verstehen zu lernen, wurden und werden neben der Auswertung von Naturmessungen Modelluntersuchungen zu verschiedenen Teilaspekten durchgeführt.

### **3.2 Übersicht über die Untersuchungen**

Mit Gründung der WSD Ost zu Beginn der 1990er Jahre wurde die langjährig bekannte Problematik der Eintiefung der Sohle in der Elbe-Erosionsstrecke wieder Bestandteil konzeptioneller Untersuchungen. Im Rahmen der Planungen für die zukünftige Unterhaltung an der Elbe sollten wirkungsvolle Maßnahmen gegen die Erosionsentwicklungen formuliert werden. Dafür standen bereits Untersuchungen und Lösungsvorschläge für die Elbe selbst zur Verfügung. Zusätzlich konnte aber auch auf Konzepte, die für andere Flüsse, z.B. den Rhein (BMV 1987 und 1997) entwickelt wurden, zurückgegriffen werden. Gleiches galt für Teilaspekte technischer Lösungen (z.B. Verringerung des Sohlanschnitts in Krümmungen), welche durch einschlägige Untersuchungen auf ihre Anwendbarkeit hin geprüft waren. In Tab. 4 ist eine Auswahl von Untersuchungen und Maßnahmen aufgelistet, die als Anregung für die Entwicklung des Sohlstabilisierungskonzeptes dienten. Von BfG und BAW wurden Untersuchungen zur Klärung spezieller Fragestellungen in Bezug zur Erarbeitung des Sohlstabilisierungskonzeptes in Auftrag gegeben oder selbst durchgeführt, u. a.: BAW 2008; PROMNY 2003, ROMMEL 2006, LWI 2007, SAUER, SCHMIDT 2001.

Maßnahme	Quelle	Bemerkung
Untersuchung der Abfluss- und Geschiebeverhältnisse des Rheins	BMV (1987)	Grundlage der Maßnahmen zur Erosionsminderung am Rhein
Maßnahmen an schiffbaren Flüssen unter Berücksichtigung von Hochwasserschutz, Ökologie und Schifffahrt	RIZA (1999, 2001) MINISTERIEN NL (2006)	u. a. Abtrag des Auelehms im Millinger Waard bei Spijk, Niederlande
Integriertes flussbauliches Projekt u.a. Erhöhung der Zuströmung zu den Vorländern und granulometrische Sohlverbesserung zur Stabilisierung der Sohle	u. a. RECKENDORFER et al (2005)	Nationalpark Donauauen / Biosphärenreservat Lobau unterhalb Wien, Österreich
Iowa Vanes zur Verminderung der Sekundärströmung	u. a. ODGAARD & MOSCONI (1987)	Inklinante Grundswellen, USA
Anfachung der Sohlumgestaltung durch Querschnittsaufweitung	u. a. HUNZIGER (2004)	Flussaufweitungen (hier nicht schiffbare Flüsse), Schweiz
Sohlgleichgewicht am Rhein	BMV 1997	Bestandsaufnahme und Maßnahmenprogramm zur Sohlstabilisierung

**Tab. 4: Auswahl von Untersuchungen und Maßnahmen, die als Anregung für das Sohlstabilisierungskonzept dienten**

Im Vorfeld der Erarbeitung des Sohlstabilisierungskonzepts wurden neben den umfangreichen Naturversuchen zur Geschiebemanagement (PG EROSIONSTRECKE 2001 u. a.) und begleitenden Modellrechnungen (BAW 1997b, 2001a, 2003) in charakteristischen Elbabschnitten verschiedene flussbauliche Maßnahmen mit Hilfe unterschiedlicher Modellarten auf ihre hydraulisch-morphologische Wirkung hin untersucht. Dabei sind praxisnahe Untersuchungen von geplanten Maßnahmen der WSV, wie z.B. die Sohlstabilisierung Torgau, und grundlegende Untersuchungen zur Eignung verschiedener Maßnahmen hinsichtlich der Erosionsminderung zu unterscheiden. Die Grundlagenuntersuchungen wurden in den 1990er Jahren durch Forschungsprojekte im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten „Elbe-Ökologie“-Projektes ergänzt (BAW 1998b, 1999, 2000a, 2000b, BFG 2000, 2003, FAULHABER 2000a und 2001, siehe Tab. 5).

In einem Konzeptpapier (BAW 2002) sind die Ergebnisse dieser bis dahin durchgeführten hydraulisch-morphologischen Untersuchungen der BAW zu Sohlstabilisierungsmaßnahmen zusammengefasst. Auf den Ergebnissen dieser Untersuchungen basieren im Wesentlichen die Erläuterungen der Wirkzusammenhänge in den Kapiteln 3.3.2 und 3.3.3.

Streckenabschnitt EI-km	Modellart / Untersuchungsgegenstand
121,0 bis 250,0	Analyse von Naturdaten des aktuellen und historischen Zustands mit Unterstützung von mehreren 1D-HN-Modellen (feste Sohle)
187,0 bis 191,0	aerodynamisches Modell zur Untersuchung von erosionsmindernden Maßnahmen bei Klöden
184,0 bis 192,0	2D-HN-Modell zur Untersuchung von erosionsmindernden Maßnahmen bei Klöden
160,2 bis 164,0	Hydraulisches Modell zur Untersuchung erosionsmindernden Maßnahmen Möckritz-Döbern
140,0 bis 159,0	1D-HN-Modell zur Untersuchung der erosionsmindernden Maßnahmen bei Torgau Modelle zu Tauchungsverhalten und 3D Schiffsumströmung im Felsbereich
121,0 bis 250,0	Mehrere Feststofftransportmodelle (1D-HN-FTM) zur Begleitung der Geschiebeabgabe, zur Untersuchung des langfristigen Feststofftransportes und der Wirkung von erosionsmindernden Maßnahmen auf die Sohlentwicklung

**Tab. 5 In der Erosionsstrecke der Elbe (km 121-250) durchgeführte Untersuchungen allgemeiner bzw. grundsätzlicher Art der BAW in den 1990er Jahren**

Die Untersuchungen im Auftrag der WSV sind in Tab. 6 zusammengefasst. Einige Maßnahmen wurden bereits realisiert (b und c in Tab. 6). Die Strecke zwischen El-km 264,1 und 290,7 wurde darüber hinaus im Rahmen eines Pilotprojektes zur Erstellung des elektronischen Fahrrinnen-Informationssystems ARGO Elbe intensiv untersucht (BAW 2004b). Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse finden in den Maßnahmenplanungen zur Erosionseindämmung ebenso Berücksichtigung.

Grundlegende Erkenntnisse über das Ökosystem Elbe wurden bereits in dem o.g. Forschungsvorhaben „Elbe-Ökologie“ erarbeitet. Das Wissen und die entsprechenden Datengrundlagen wurden erweitert und vertieft durch ökologische Versuchsprojekte und Monitoringprogramme der BfG (z.T. in Begleitung von Baumaßnahmen sowie durch Erhebungen und Bestandsaufnahmen im Rahmen der Erstellung von Unterhaltungsplänen). Zur Einschätzung von Unterhaltungsmaßnahmen an der Elbe wurde von der AG WSV-Elbe-Länder (2004) eine gemeinsame Handlungsempfehlung erarbeitet, eine streckenspezifische Kontrolluntersuchung durchgeführt (2007) und neun weitere FFH-Verträglichkeitseinschätzungen von der BfG vorgenommen (BfG 2006, 2007).

In der BfG wurde das Modellsystem INFORM entwickelt. Es erlaubt die ökologischen Auswirkungen von hydraulisch-morphologischen Veränderungen und ihren Wasserstandsänderungen auf die Tal-lae abzuschätzen (BfG 2006). Hierzu wurde vorab ein Indikationssystem zur robusten Abschätzung von ökologischen Veränderungen in Auen erarbeitet (Scholz et al. 2000).

Untersuchungstitel	Strecke	Erläuterung
Erosionsminderung durch Geschiebezugabe	a) Mühlberg - Vockerode	Begleitung der Geschiebezugaben mit FTM der BAW und Auswertung von Naturmessungen seit 1995 durch die PG Erosionsstrecke (SCHMIDT und FAULHABER 1998, KÜHNE und SCHOßIG 2000, FAULHABER und RIEHL 2001, SCHMIDT und FAULHABER 2001, FAULHABER 2001, PG EROSIONSTRECKE 2001 und 2005) Analyse des Feststoffhaushalts und der Flussbettentwicklung der Elbe durch BfG (2004)
Sohlschwellen zur statischen Sohlstabilisierung	b) Torgau	Vorbereitung des Schwellenverbaus und Erfolgskontrolle der BAW (BAW, 1992, 1993, 1994, 2001, PG Erosionsstrecke 2005)
Erosionsminderung durch bauliche Maßnahmen	d) Klöden	Hydraulische Untersuchung der BAW ab 2007 (in Arbeit) mit einem 3D-HN-Modell, Abschätzung der ökologischen Wirkungen durch BfG (mit Hilfe des Programmsystems INFORM 2008 in Vorbereitung)
Bau eines Parallelwerks als Ersatz für Bühnen	c) Gallin	Monitoring nach Parallelwerksbau im Auftrag des WSA Dresden, begleitet durch BfG und BAW (HORLACHER ET AL 2007)
Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse unterhalb der aktuell stärksten Erosion	e) Apollensdorf	Hydraulische Untersuchungen der BAW (BAW 1997a und 2000c)
	f) Coswig/Anh.	Hydraulisch-morphologische Untersuchungen der BAW (2D-HN-Modell BAW, 2007), Abschätzung der ökologischen Wirkungen durch BfG (INFORM; BfG, 2006)

**Tab. 6: Strecken mit Untersuchungen von BAW und BfG zu Maßnahmen der WSV mit Bezug zum Sohlstabilisierungskonzept**



Weitere ökologische Untersuchungen wurden im Zusammenhang mit verschiedenen naturschutzfachlich orientierten Maßnahmen des Landes Sachsen-Anhalt (z.B. Naturschutzgroßprojekt Mittlere Elbe, Deichrückverlegung Oberluch/Roßlau, Sanierung Kühnauer See, EU-Life Projekt Kliekener Aue und Pflege- und Entwicklungsplan (PEP) NSG Alte Elbe Bösewig) durchgeführt.

Eine Übersicht wesentlicher Untersuchungen zur Ökologie von Fluss und Aue ist in Tab. 7 zusammengestellt.

Streckenabschnitt El-km	Modellart / Untersuchungsgegenstand
0-586	<p>Forschungsprojekt Elbe Ökologie des BMBF „Elbe-Ökologieforschung“ verschiedene Projekte u. a. SCHOLZ ET AL (2005), u.a.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biofilme und Sohlpermeabilität (TU Dresden)</li> <li>• Morphodynamik der Elbe (Uni Karlsruhe) NESTMANN, BÜCHELE (2002)</li> <li>• Feststofftransport aus Nebenflüssen (BfG)</li> <li>• Stoffumsatz an morphologischen Strukturen (IGB) PUSCH, FISCHER (2006),</li> <li>• Stofftransport und -umsatz in Buhnenfeldern (UFZ)</li> <li>• Ökologie der Elbefische (Uni Hamburg) Fischhabitatmodell M. Scholten „Elbe-Ökologie“-Forschung FLADUNG et al (2003)</li> </ul> <p>Wanderverhalten von Fischen (NLÖ)</p> <p>Jährling, K.-H. ,(1993) Bereiche möglicher Deichrückverlegungen in der Elbaue im Bereich der Mittel- und Unterelbe- Vorschläge aus ökologischer Sicht (Elbe von Aken – Schnackenburg); Staatliches Amt für Umweltschutz Magdeburg</p> <p>Puhlmann, G. (1994) Bereiche möglicher Deichrückverlegungen im Gebiet der Mittleren Elbe zwischen Hirschmühle/Prettin und Dornburg,; Staatliches Amt für Umweltschutz Dessau-Wittenberg. Unveröff. Manuskript</p>
174-199,5	WEICHEL, TH. 2007: Untersuchungen zur Anbindung des Klödener Riß an den Elbstrom. - Masterarbeit Bauhaus Universität Weimar
174-194,6 rechtselbisch	
198,5-199,5 rechtselbisch	Pflege- und Entwicklungsplan zum NSG „Untere Schwarze Elster „ -LPR Reichhoff GmbH, Juni 1995
183- 194 rechtselbisch	Pflege -und Entwicklungsplan zum NSG „Riß“. - Helmolt Consulting GmbH, November 1994
191- 192 linkselbisch	Pflege- und Entwicklungsplan zum NSG „Alte Elbe Bösewig“- RANA , August 2000
190-472, beidseitig	SPETH, S. & BRINKMANN, R. 2004: Gewässerindikation durch zönotische Typisierung und durch Wasserkäfer.- Speth & Speth Rothenhörm
289-291, linkselbisch	Raumordnungsverfahren für den Ausbau der Unteren Saale- Schleusenkanal Tornitz, Umweltverträglichkeitsstudie Teil A und B TRIOPS, Landschaftsplanung Dr. Reichhoff GmbH, 2008
258-294, links- und rechtselbisch	PEP Naturschutzgroßprojekt , Textband 1-2, Kartenband 1-2, Anlageband, Endbericht Anhang 1-6, 2005 Landschaftsplanung Dr. Reichhoff GmbH
203,8-204,9	Monitoring Gallin, gewässerökologische Untersuchungen an einem neuen Leitwerk (Horlacher Et Al 2007)
220-233	<p>Erhebungen /Biotopkartierung für Unterhaltungsplan (BfG) 2002-2004</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestandserhebungen der Biotoptypen, M. 1:5000</li> <li>• Einschätzung der ökologischen Wertigkeit, M. 1:5000</li> <li>• Darstellung gefährdeter/geschützter Arten/Lebensräume sowie FFH-LRT, M. 1:5000</li> <li>• Darstellung der Fauna (beruhend auf Recherchedaten), M. 1:5000</li> </ul>

Streckenabschnitt El-km	Modellart / Untersuchungsgegenstand
250-270	Erhebungen /Biotopkartierung für Unterhaltungsplan (BfG) 2002-2004 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestandserhebungen der Biotoptypen, M. 1:5000</li> <li>• Einschätzung der ökologischen Wertigkeit, M. 1:5000</li> <li>• Darstellung gefährdeter/geschützter Arten/Lebensräume sowie FFH-LRT, M. 1:5000</li> <li>• Darstellung der Fauna (beruhend auf Recherchedaten), M. 1:5000</li> </ul>
232,9 -235,6	Umweltrelevanter Begleitplan zur Streichlinienkorrektur Elbe km 232,9-235,6 (Coswig Apollensdorf, BfG Bericht 1272, 2000)
124,135, 147, 154, 199-255	jährliches Monitoring Makrozoobenthos (BfG)
220-250	Ökologische Modellierungen für die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung, Versuchsstrecke Wittenberg – Dessau an der Elbe, BfG Bericht 1435, 2006
220,9 – 288	Neun einzelne Einschätzungen der FFH-Verträglichkeit von Unterhaltungsmaßnahmen an der BWStr Elbe (BfG), 2007
225,8 – 227,8, 261 – 262	Darstellen ökologischer Besonderheiten und Vorschläge möglicher Kompensationsmaßnahmen (BfG), 2006
168-226	Darmer et al. (2001): Naturraumpotential und Schutzwürdigkeit. Flusslandschaft Elbe in Bereich des Landkreises Wittenberg. Wittenberg-Berlin
283-285, rechtseibisch und 242-243, linkeibisch	Elbe-Ökologieprojekt RIVA (1998-2001, <a href="http://www.ufz.de/index.php?de=1770">http://www.ufz.de/index.php?de=1770</a> ), Nachfolge HABEX (2003-2008, <a href="http://www.halle.ufz.de/index.php?de=5542">http://www.halle.ufz.de/index.php?de=5542</a> ) Elbe-Ökologieprojekt RIVA (1998-2001, <a href="http://www.ufz.de/index.php?de=1770">http://www.ufz.de/index.php?de=1770</a> ), Nachfolge HABEX (2003-2008, <a href="http://www.halle.ufz.de/index.php?de=5542">http://www.halle.ufz.de/index.php?de=5542</a> ) UGe „Schöneberger Wiesen (283-285)“ und Schleusenheger Wiesen (242-243 ) (Relevanz: Abhängigkeit der Aue von Flusswasserständen): Umfangreiche, mehrjährige Erhebungen, Daten RIVA in ELISE, HABEX bei BfG/UfZ in Bearbeitung.
Elbe Einzugsgebiet	Schlussbericht zum Verbundvorhaben GLOWA-Elbe II "Wirkungen des globalen Wandels auf den Wasserkreislauf im Elbegebiet - Risiken und Optionen" Laufzeit: 1. Oktober 2004 bis 30. September 2007 <a href="http://www.glowa-elbe.de/german/schlussbericht_glowa2.htm">http://www.glowa-elbe.de/german/schlussbericht_glowa2.htm</a>

**Tab. 7: Ökologische Untersuchungen / Forschungen in der Erosionsstrecke der Elbe (km 121-290 [Saalemündung])**

Anmerkung: In der Tabelle sind nur zentrale finanzierte Forschungsvorhaben bzw. naturschutzfachlich initiierte Untersuchungen angeführt. Alles andere, insbesondere gewässerökologisch orientierte Untersuchungen des Landes, explizit das reguläre Monitoring der WRRL-Biokomponenten Fische, MZB, Makrophyten, Phytoplankton, Diatomeen usw. einschließlich der Erprobungen von Monitoringmethoden (FIBS, Perlodes, usw.), sind hier nicht aufgeführt.

Im Folgenden werden wesentliche hydraulisch-morphologische Untersuchungsergebnisse dargestellt, die für die Ableitung von Maßnahmen in Kap. 4 bedeutsam sind. Ökologische Untersuchungen in Bezug auf die Erosionsproblematik sowie eine naturschutzfachliche Bewertung der Maßnahmen zur Erosionseindämmung sind Bestandteil von Kap. 5.

### 3.3 Ergebnisse hydraulisch-morphologischer Untersuchungen

#### 3.3.1 Untersuchungen zur Geschiebebewirtschaftung

Eine wesentliche Ursache für die fortschreitende Sohleintiefung in der Erosionsstrecke ist der fehlende Materialeintrag aus dem Einzugsgebiet. Daher wird der Elbe in diesem Abschnitt seit 1996 Geschiebe zugegeben. Als Geschiebeersatzmaterial kommt überwiegend ein Sand-Kies-Gemisch aus elbnahen Kiesgruben oder anderen Orten im Strom gebaggertes Material zum Einsatz.

Zunächst wurden mit Hilfe von umfangreichen Naturversuchen Erkenntnisse für eine spätere routinemäßige Zugabep Praxis (Bemessung, Logistik, Erfolgskontrolle) gesammelt und durch ergänzende Analysen abgesichert (BAW/BFG 1996, 2000 und 2001, BFG/BAW 1997 und 1999, zusammengefasst in PG EROSIONSTRECKE 2001).

Um Erfahrungen bei wechselnden Bedingungen zu sammeln, erfolgte die Auswahl verschiedener Zugabestrecken unter Berücksichtigung der unterschiedlichen hydraulisch-morphologischen Charakteristik der Erosionsstrecke. Darüber hinaus wurde zur Untersuchung des Transportverhaltens 1996 in der oberen (El-km 142,5 – El-km 142,9) und 1997 in der unteren Erosionsstrecke (El-km 173,4 – El-km 175,8) Meißner Granit als Tracer (1996 20.100 t und 1997 20.100 t) verwendet (Bild 15). Seit Abschluss der Naturversuche erfolgt die Geschiebezugabe im Rahmen der routinemäßigen Unterhaltung (PG EROSIONSTRECKE 2005).



**Bild 15:** Zugabe des Geschiebetracers „Meißner Granit“ zur Untersuchung des Transportverhaltens von Geschiebezugabematerial

Das Zugabematerial wird mit Hilfe hydraulischer Klappschuten mit einer Tragfähigkeit von bis zu 1.000 t an jeweils ein bis vier Zugabestellen meist in Bergfahrt eingebracht. Hauptsächlich wird ein Kies-Sandgemisch der Körnung 0 bis 32 mm (ca. 75 % Kies, 25 % Sand) zugegeben. Die Materialdosierung erfolgt entsprechend durchflussabhängiger Schwellenwerte.

Die geplanten Zugabemengen von jährlich 50.000 t bis 100.000 t (Soll/Ist-Vergleich, Tab.8) konnten nach den gesammelten Erfahrungswerten und den daraus resultierenden Anpassungen bei der Zugabelogistik und des Vergabeverfahren auf den Ablauf des hydrologischen Jahres an der Elbe erzielt werden. Aus der untenstehenden Tab. 8 ist ersichtlich, dass die Sollzugabemengen (berechnet aus den Abflussverhältnissen des abgelaufenen Jahres) in den Jahren 2005 und 2007 erreicht wurden. 2006 war durch ein außergewöhnliches Winterhochwasser geprägt. Die dabei aus der Erosionsstrecke ausgetragenen Mengen konnten über das gesamte Jahr nicht ausgeglichen werden. Für solche Ereignisse wird die Zugabemethodik weiter angepasst.

Um die Geschiebezugabe weiter in Hinblick auf eine Verbesserung der differenzierten Zugabemengen und hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit der Maßnahme (Ausnutzung der Schiffsabladung) zu optimieren, werden Zugaben – speziell beim Transport von Zugabematerial über größere (50 km) Entfernungen - erst ab mittleren Durchflüssen durchgeführt. Die tägliche Zugabemenge beträgt hierbei ca. 600 t und steigert sich bei höheren Abflüssen auf bis zu 1.200 t.

Der Stopp von Unterhaltungsmaßnahmen nach dem Sommerhochwasser 2002 betraf auch die Geschiebebewirtschaftung, so dass von August 2002 bis Dezember 2003 trotz voranschreitender Erosion keine Materialzugabe erfolgte.

Zeitraum Kalenderjahr	Sollwerte der Zugabemasse aus Differenz der Jahresfracht bei Wittenberg und Torgau [t/a]	Zugegebene Massen [t/a]	Differenz [t/a]	Differenz [m³/a]
1996	95.000	11.000	-84.000	-52.500
1997	79.000	31.000	-48.000	-30.000
1998	75.000	51.000	-24.000	-15.000
1999	85.000	36.000	-49.000	-30.625
2000	98.000	31.000	-67.000	-41.875
2001	77.000	20.800	-56.200	-35.125
2002	239.000	54.000	-185.000	-115.625
2003	87.000	0	-87.000	-54.375
2004	61.000	58.200	-2.800	-1.750
2005	98.000	117.400	19.400	12.125
2006	152.000	83.400	-68.600	-42.875
2007	75.300	120.700	45.400	28.375

**Tab. 8: Soll/Ist Vergleich der Geschiebezugabemassen an der Elbe 1996 bis 2007**

Die Erfolgskontrolle umfasst das Monitoring der Wasserspiegel, die Überprüfung der Kornzusammensetzung des Zugabematerials, die Feststofftransportmessungen sowie die vergleichende Betrachtung der Geometrie. Die Auswertung der umfangreichen Sohlpeilungen vor, während und nach der Geschiebezugabe erweist sich als geeignetes Mittel zur Bewertung der Wirkung der Zugabe. Es können damit sowohl das lokale Abtransportverhalten als auch die Entwicklung der Sohle über mehrere Jahre untersucht werden.

Die begleitenden Untersuchungen zeigen, dass das zugegebene Material bei niedrigen Durchflüssen nicht sofort und vollständig aus dem Zugabebereich abtransportiert wird. Erst nach Durchgang von Ereignissen die oberhalb eines bestimmten Abflusses lagen, stellt sich das ursprüngliche Sohlniveau wieder ein; das zugegebene Material ist inzwischen aus dem Zugabebereich ausgetragen worden und bildet jetzt das natürliche Geschiebe des Flusses.

Auch belegen die Untersuchungen, dass sich die Sohle, im Gegensatz zur hier beschriebenen Entwicklung in den direkten Zugabebereichen, in den Flussabschnitten außerhalb der Zugabebereiche nach Hochwasserereignissen weiter eingetieft hat. Der sohlstabilisierende Effekt der Geschiebezugabe im Zusammenhang mit der positiven Wirkung des verzögerten Abtransportes kommt somit klar zum Ausdruck.

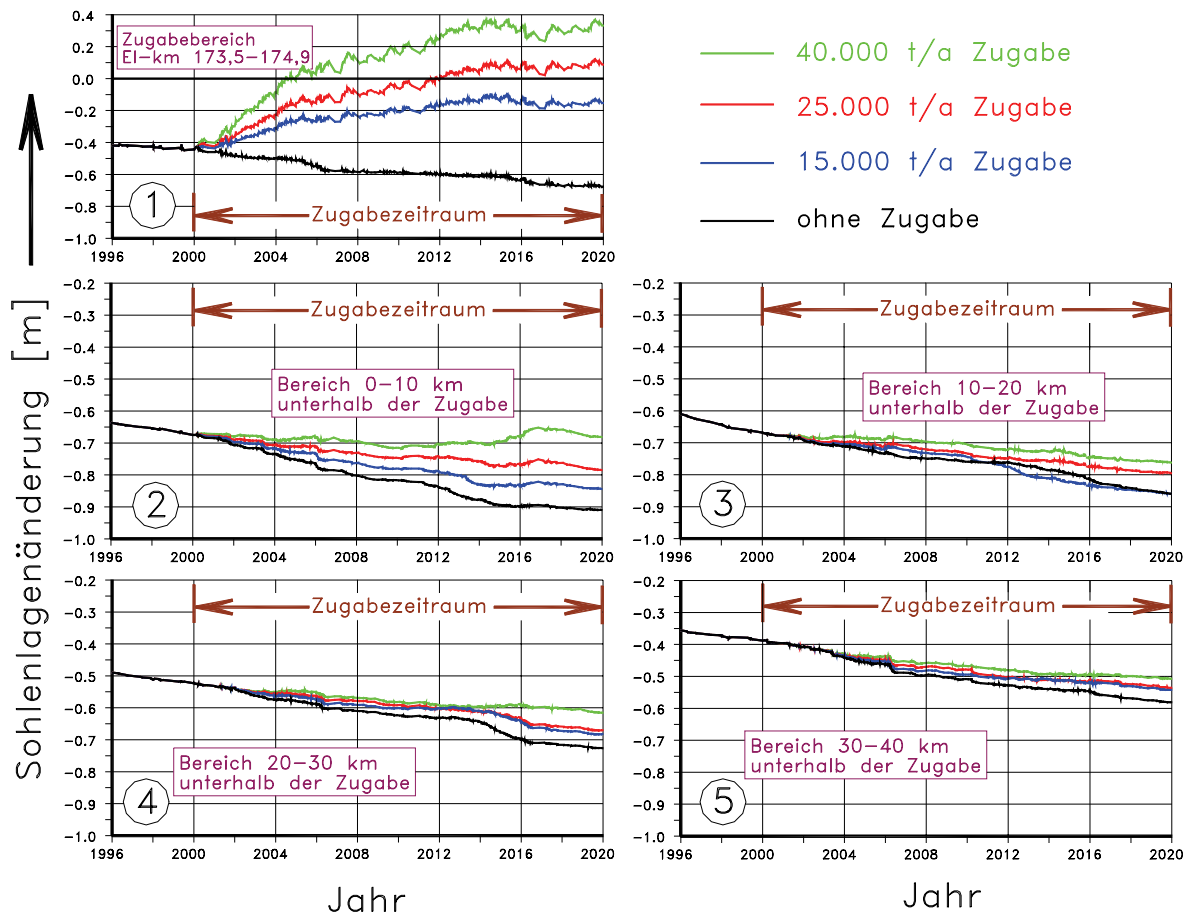
Um Aussagen zur langfristigen konkreten Sohlhöhenentwicklung mit und ohne Zugabe treffen zu können, ist der bisherige Erhebungszeitraum der Geometriedaten zu kurz. Das trifft ebenfalls auf die Erfolgskontrolle hinsichtlich der großräumigen und langfristigen Sohlenentwicklung mit Hilfe von Wasserspiegelmessungen zu. Bei Erosionsraten von ca. 1 cm im Jahr und einer natürlichen Dynamik der Sohlveränderung in Abhängigkeit vom hydrologischen Jahresgang hinsichtlich z. B. der mittleren Sohle innerhalb der Fahrrinne über einen Kilometer Abschnittslänge von mehreren Dezimetern, sind trendbehaftete Sohlentwicklungen erst nach ein bis zwei Jahrzehnten feststellbar. Somit lassen sich Verminderungen des Trends in der Natur erst nach diesen Zeiträumen belastbar nachweisen. Deshalb werden Modelle zur Prognostizierung von langfristigen Maßnahmewirkungen zu Hilfe genommen.

Mit einem eindimensionalen Feststofftransportmodell von El-km 121 bis El-km 250 wurden die Geschiebezugaben der Jahre 1996 bis 1999 (BAW 2001b) nachträglich simuliert, um das kalibrierte Modell validieren zu können. Wie schon zuvor ein kürzeres Teilmodell für die Geschiebezugabe im Jahr 1996 (ALEXY 1997, BAW 1997), erwies sich das Gesamtmodell als geeignet für die Untersuchung von Geschiebezugaben, so dass derzeit numerische Feststofftransportmodelle die Planung der Geschiebemanagement durch Prognosen für verschiedene Zugabeszenarien (Bild 16) wirkungsvoll unterstützen (BAW 2003, FAULHABER UND ALEXY 2005). Es konnte die Wirkung der Zugabe entlang der Modellstrecke und über die Zeit für verschiedene Zugabestrecken, bei unterschiedlichen Zugabemassen und Kornzusammensetzungen des Zugabematerials sowie bei Variation des hydrologischen Jahresgangs untersucht werden.

Um die Wirkungsweise von Geschiebezugaben besser einschätzen zu können, wurden in der Erosionstrecke Tracerversuche mit Luminoforen und mit Meißner Granit (Bild 15) durchgeführt. (PG EROSIONSTRECKE 2005, HÜSENER 2004, MONREAL 2003). Bei Ersterem handelt es sich um mit Lumineszenzfarben präparierten Kies, bei Letzterem um einen auffallend rot gefärbtes Gestein. Die Detektion der Luminoforen erfolgt mit Hilfe von UV-Licht, während für die Identifizierung des Meißner Granits keine besonderen Hilfsmittel benötigt werden. Da die Präparation und Detektion der Luminoforen relativ aufwändig ist, wurden pro Fraktion nur wenige Tonnen Material eingesetzt. Hingegen wurden bei den Versuchen mit Meißner Granit rund 20.000 t Tracer eingebracht.

Wesentliches Ergebnis der Tracerversuche war, dass das in größeren Mengen eingebrachte Geschiebe nur sehr langsam aus dem Zugabebereich abtransportiert wurde. So war an der Zugabestelle des Meißner Granits auch nach 6 Jahren noch reichlich Zugabematerial zu finden.

Durch Transportkörperbildung wird der Tracer auf seinem Weg nach Unterstrom mehr oder weniger tief in den Untergrund eingemischt. Dadurch verringert sich mit zunehmender Laufzeit die mittlere Transportgeschwindigkeit, die für die Kiesfraktionen mit wenigen Kilometern pro Jahr, für die Sandfraktion hingegen mit einigen Zehnerkilometern pro Jahr angegeben werden kann.



**Bild 16:** Simulierte Zugabe unterschiedlicher Mengen Geschiebe mit gleichen Kornverteilungskurven über einen Zeitraum von 20 Jahren - Prognose für die Entwicklung der Sohlenlagen mit und ohne Zugabe (BAW 2001)

Die Geschwindigkeit des Einzelkorns kann dagegen sehr viel höher sein. So ergibt sich aus dem Luminoforenversuch für die Grobsandfraktion eine Geschwindigkeit von mehr als 500 km/Jahr. Andererseits haben diese Einzelkorngeschwindigkeiten keine Bedeutung für die Geschiebezugabe, da eine stützende Wirkung erst eintreten kann, wenn genügend Material in den defizitären Bereichen ankommt.

Für die Geschiebezugabe bedeutet dies, dass es besser ist, kleinere Mengen an verschiedenen Stellen über die Erosionstrecke verteilt einzubringen, als große Massen an einer einzigen Zugabestelle dem Strom zu zuführen.

Auch ein Ergebnis der Untersuchungen ist die Erkenntnis, dass mit einer maßvollen gezielten Geschiebezugabe allein die Erosionstendenzen nicht im notwendigen Umfang reduziert werden können. Hierzu bedarf es weiterer flankierender Maßnahmen.

### **3.3.2 Untersuchungen zu Maßnahmen im Gewässerbett**

Als Maßnahmen im Gewässerbett wurden untersucht:

- Bühnenabsenkungen mit Modifikation der Böschungsneigungen
- Maßnahmen an der Stromsohle (lokaler Kolkverbau, Schwellen, Sohldeckwerk)

#### *Bühnenabsenkungen mit Modifikationen der Böschungsneigungen*

Als Folge der langjährig anhaltenden Erosion entsprechen die ursprünglichen Bühnenhöhen über längere Abschnitte nicht mehr den Anforderungen an eine Mittelwasserregelung. Bühnenrücken liegen streckenweise höher als das derzeitige langjährige Mittelwasser (siehe Kap. 2.2.6). Dadurch ist auch der wirksame Streichlinienabstand bei Mittelwasser geringer als die vorgesehene Normalbreite. Für die Abschnitte der Erosionsstrecke mit zu hoch liegenden Bühnenrücken wurden verschiedene Verfahren der Absenkung der Bühnen mit unterschiedlichen Variationen der Bühnenkopfeigung im hydraulischen Modell „Mockritz-Döbern“, im begleitenden eindimensionalen numerischen Feststofftransportmodell und im aerodynamischen Modell „Klöden“ untersucht (Tab. 5)

Durch die Absenkung von Bühnen bei gleichzeitiger Wiederherstellung der Sollstreichlinie wird das Mittelwasserbett gegenüber dem Ist-Zustand aufgeweitet. (Bild 17, 1.) Als Folge tritt eine Wasserspiegelabsenkung ein, der bei niedrigen Durchflüssen entgegengewirkt werden muss, damit es bis MQ für die Schifffahrt zu keinen Einschränkungen bei der Fahrrinntiefe kommt. Durch Modifizierung der Böschungen wird das Absinken der Wasserstände verhindert.

Prinzipiell gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Bühnen abzusenken. Bild 17, 1. zeigt eine Absenkung unter Wiederherstellung der Streichlinie bei langjährigem MQ. Tatsächlich liegt die wirksame Streichlinie durch die Sohleintiefung mittlerweile im Ist-Zustand weiter zur Flussmitte hin versetzt als es die Sollstreichlinie vorsah. Bei einer Bühnenkopfeigung von 1:5 an jedem Ufer entspricht ein Wasserspiegelverfall von 1 m einer Breitereinengung des Wasserspiegels von 10 m.

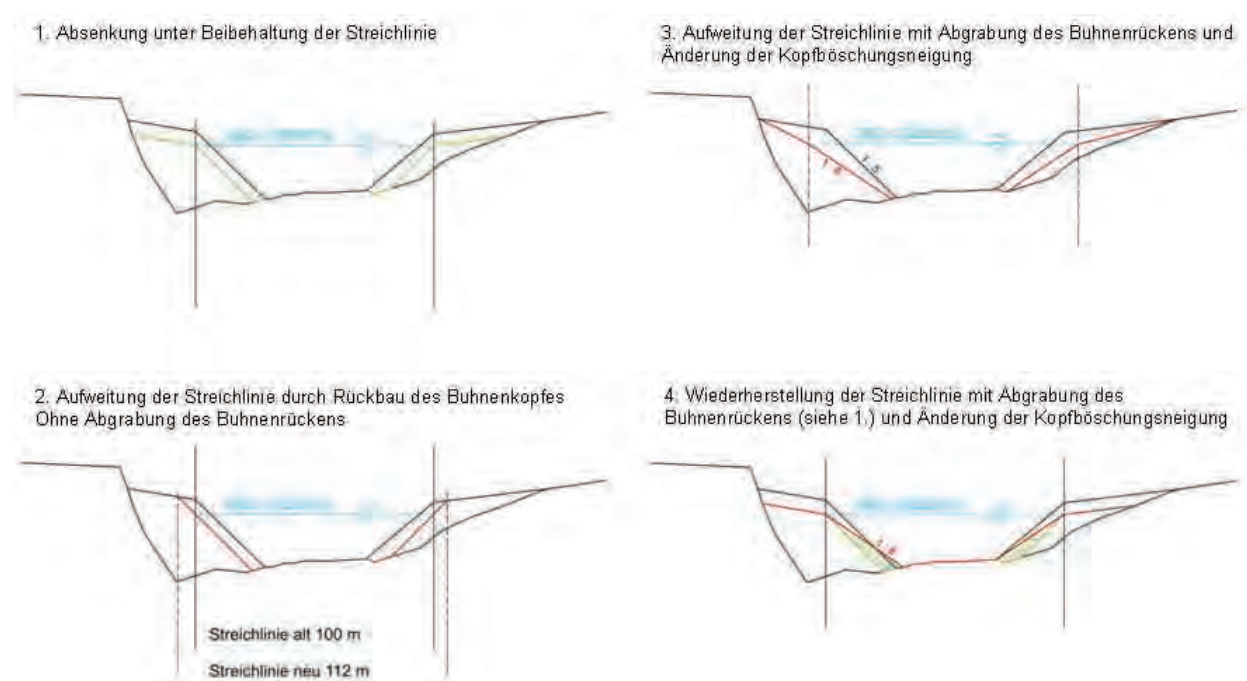
Durch die Absenkung der Bühnen wird der ursprüngliche Streichlinienabstand (Normalbreite) wiederhergestellt. Die Durchflussfläche sowohl unter dem Vergleichswasserspiegel als auch unter dem Mittelwasserspiegel vergrößert sich dabei erheblich, was zu Wasserspiegelabsenkung im Maßnahmegebiet und oberhalb, jedoch auch – wie gewünscht – zur Verringerung der Fließgeschwindigkeiten und damit des Sohlgriffs im Maßnahmegebiet führt.

Bild 17, 2. zeigt eine Absenkung des Bühnenkopfes ohne Veränderung des Bühnenrückens, was bei wenig zerstörten Bühnen den Bauaufwand verringern würde. Dabei wird der Bühnenkopf soweit verkürzt, dass der Durchstoßpunkt MW – Kopfböschung auf der Sollstreichlinie liegt. Es ergibt sich eine Vergrößerung der Bühnenkopfabstände.

Der neue Bühnenkopf liegt nicht auf Höhe des aktuellen Mittelwassers, die Streichlinie wird bezogen auf das aktuelle MQ jedoch wieder hergestellt. Die Entlastung des Flussbettes ist besonders bei langen Bühnen minimal, da die Bühnenrücken weiterhin bei Durchflüssen > MQ die Strömung zwischen den Bühnenköpfen - wenn auch bei vergrößertem Kopfabstand - konzentrieren.

Bild 17, 3. zeigt den Rückbau der Bühnen bis zu einer - gegenüber der alten Streichlinie bei MQ - aufgeweiteten neuen Streichlinie mit Abgrabung des Bühnenrückens und Änderung der Kopfböschungsneigung. Es müsste eine neue Streichlinienfestlegung vorgenommen werden. Die in dieser Variante maximale Flächenaufweitung führt zu einem Verfall des Wasserspiegels, dem hier durch die flachere Bühnenkopffneigung begegnet werden soll.

Im hydraulischen Modell Mockritz-Döbern wurde eine Bühnenabsenkung unter Beibehaltung der Streichlinie untersucht, bei der in weiteren Varianten die Neigung der Bühnenkopfböschung modifiziert (Bild 17, 4. grün schraffiert) wurde, um den Wasserspiegelverfall zu minimieren. Die Beibehaltung der Abflussflächen bis MQ macht im untersuchten Bereich (El-km 160,2 – El-km 164) Kopfböschungsneigungen zwischen 1:7 und 1:12 erforderlich. Begrenzt wird die Verringerung dieser Neigung durch die für die Schifffahrt erforderliche Fahrrinnenbreite und -tiefe. Theoretisch ist die Fahrrinne bei einer Neigung von 1:12 gewährleistet. Derart flache Bühnenkopffneigungen vergrößern jedoch die Havariegefahr, weshalb eine maximale Neigung von 1:8 gewählt wurde.



**Bild 17: Möglichkeiten der Bühnenabsenkung**



Ein weiterer positiver Effekt ist durch den veränderten Strömungsangriff am Bühnenfuß zu erwarten: Je steiler die Neigung der Bühnenkopfböschung ist, umso stärker ist auch die Kolkbildung am Fuß. Eine flachere Böschung führt zu weniger tiefen, jedoch längeren Kolken und lässt eine geringere Verlandung der Bühnenfelder erwarten (HENTSCHEL und ANLAUF 2002).

Die Wirkung der Bühnenmodifikationen war im Abschnitt Mockritz-Döbern (BAW, 2000a) bei dem Durchfluss von 2 MQ am stärksten, da in Höhe des zugehörigen Wasserspiegels im Untersuchungsabschnitt die meisten Bühnenköpfe liegen.

Die Geschwindigkeitsmessungen im hydraulischen Modell Mockritz-Döbern zeigten eine deutliche Abnahme der maximalen und mittleren Fließgeschwindigkeit durch die Zunahme der Durchflussfläche über den Bühnenrücken. Die maximale Fließgeschwindigkeit sinkt um 0,2 m/s, die mittlere um 0,1 m/s. Die Absenkung der Bühnen begrenzte deren Wirksamkeit wieder auf Durchflüsse bis zum langjährigen MQ und verminderte die Fließgeschwindigkeiten im Flussbett oberhalb von MQ deutlich, folglich auch den Sohlgriff.

Da entlang der Erosionsstrecke jedoch Abschnitte mit Bühnen und Deckwerken abwechseln, und Deckwerke nur mit noch größerem Aufwand als Bühnenstrecken verändert werden können, ist bei der Bühnenmodifikation zu beachten, dass es aus hydraulischer Sicht nicht zu einer größeren Unstetigkeit der Strömungsparameter kommt.

Die gewählte Abflachung der Kopfböschungsneigung auf 1:8 konnte den Wasserspiegelverfall bei geringen Durchflüssen um bis zu 50 % vermindern. Im untersuchten Abschnitt wurde die angestrebte Tiefe von 1,6 m unter dem aktuell gültigen Bezugswasserstand (GIW) in einer Fahrrinnenbreite von 50 m jedoch auch unter Beibehaltung der Kopfneigung von 1:5 gewährleistet. In anderen Strecken sind Abflachungen der Böschungsneigungen erforderlich.

Die Ergebnisse des hydraulischen Modells wurden durch die numerische Langzeitprognose (eindimensionales Feststofftransportmodell) bestätigt (BAW 2000a), die eine langfristige Erosionsminderung um rund 10 cm in 15 Jahren ergab. Dies ist auf die Verminderung des Sohlgriffs im Durchflussbereich von 580 bis 1200 m<sup>3</sup>/s zurückzuführen. In den oberstrom und unterstrom der Maßnahme liegenden Streckenabschnitten ist gegenüber der Prognose für den Ist-Zustand mit einer stärkeren Eintiefung (um bis zu 8 cm in 15 Jahren vergrößerte Eintiefung) zu rechnen.

Diese hinsichtlich der Erosionsminderung negativen Prognosen in den benachbarten Strecken der Bühnenabsenkung führten in einer früheren Prinzipuntersuchung mit großräumiger Absenkung der Bühnen (ohne Modifikation der Bühnenneigung) zwischen El-km 140,3 und 163,4 (BAW 1998a) zur Schlussfolgerung, dass eine Bühnenabsenkung als durchgängig angewandtes Regelungsprinzip die Erosion nicht mindern kann. Durch die großräumige Bühnenabsenkung wurde der Wasserspiegel in der Gesamtstrecke abgesenkt. Bei Maßnahmen über lange Strecken hoben sich die grundsätzlichen Effekte

- geringerer Feststofftransport bei Durchflüssen bis zur früheren Ausuferungshöhe durch Vergrößerung der Fließquerschnitte und
- stärkere Erosion bei höheren Durchflüssen, da diese später (seltener) ausufernd,

gegenseitig auf, bzw. kamen die erosionsmindernden Effekte durch den Wasserspiegelverfall nur eingeschränkt zum Tragen.

Weitere Untersuchungen zeigten allerdings, dass in sorgfältig ausgewählten, relativ kurzen Streckenabschnitten (< ca. 2 km) unter der Voraussetzung, dass die benachbarten Strecken weniger erosionsgefährdet sind als das Maßnahmegebiet, Bühnenabsenkungen als lokale Maßnahme zur Erosionsminderung in den Entscheidungsprozess einbezogen werden können. Dabei ist die jeweils optimale Art der Absenkung (z.B. mit Wiederherstellung oder Modifikation der Streichlinie, mit oder ohne Modifikation der Bühnenkopfneigungen) entsprechend den Streckenbedingungen zu wählen.

Durch diese Modifikationen kann auch auf die sonstigen Randbedingungen der Strecke (z.B. gewünschte Verringerung der Bühnenkopfkolke oder der Bühnenfeldverlandung) eingegangen werden. Bei der Ausführung einer Bühnenabsenkung ist die Notwendigkeit der Anpassung der an die Bühnenstrecken anschließenden Deckwerke zu prüfen.

Unter ökologischen und erosionsmindernden Gesichtspunkten ist zu berücksichtigen, dass ein Absenken der Bühnen den Wasserstand bei höheren Durchflüssen um 3 bis 5 cm senkte. Dadurch kam es zu einem späteren Ausufern im Maßnahmebereich, da ein größerer Durchflussanteil im Flussschlauch abgeführt wurde als bisher. Dies konnte durch die Kombination der Maßnahmen Bühnenabsenkung und Flutrinne ausgeglichen werden. Sowohl Bühnenabsenkung als auch Vorlandrinnen verminderten die Wasserspiegelhöhen im Hochwasserfall geringfügig (BAW 2000a).

#### Maßnahmen an der Stromsohle

Wie hydraulische Untersuchungen (BAW 1998a, 1998b, 1999, 2000a, 2000b) gezeigt haben, verändert ein flächiger Kolkverbau als Maßnahme an der Stromsohle die Strömungsverhältnisse im Bereich häufiger und kleiner Durchflüsse (bis etwa zum langjährigen MQ). Oberstrom der Maßnahme ist immer ein deutlicher Aufstau mit geringfügiger Fließgeschwindigkeits- und Erosionsverminderung zu beobachten. Im Bereich der Maßnahme sind Fließgeschwindigkeiten und Wasserspiegelgefälle erhöht. Da im Maßnahmebereich die Sohle durch das eingebaute erosionsstabile Material geschützt ist, wurde das Gleitufer stärker belastet. Darüber hinaus kann es zu einer Kolkbildung am unterstromigen Verbauende kommen.

Inklinante Grundschwellen lassen sich im Ergebnis der bisherigen Untersuchungen (BAW, 2000a) bei den in der Erosionsstrecke vorliegenden Querschnittsverhältnissen ohne Behinderung der Schifffahrt nicht so groß gestalten, dass durch sie über die Sohlsicherung hinaus eine erosionsmindernde Wirkung durch Beeinflussung der Sekundärströmung bei Krümmungskolken erzielt werden kann.

Veränderungen der Stromsohle stellen im Rahmen der Erosionsminderung somit weniger eigenständige, großräumig einsetzbare Maßnahmen dar, sondern sind vielmehr als ein ergänzendes Mittel zur lokalen Sohlsicherung (z.B. in Bereichen, in denen die Möglichkeit eines Sohlurchschlages (Kap.2.2.2) besteht) und zum Gefälleausgleich (z.B. in Felsenstrecken) zu verstehen. Unterhalb des Torgauer Felsens wurde eine Sohlstabilisierung mit Schwellen im Zusammenhang mit einem Abtrag lokaler Felsspitzen bereits realisiert (SCHÖBIG in BAW 1996, ALEXY et al. 1996).

Im Rahmen der Erfolgskontrolle der Baumaßnahmen bei Torgau zwischen 1992 und 1997 wurden umfangreiche Naturmessungen ausgewertet und mit den Prognosewerten der Modellrechnungen verglichen (BAW 2001a). Demnach haben die Baumaßnahmen zwischen den Torgauer Brücken eine deutliche Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse bewirkt.

### 3.3.3 Untersuchungen zu Maßnahmen im Vorland

Als erosionsmindernde Maßnahmen im Vorland wurden untersucht:

- Flutrinnen auf den Vorländern,
- Altarmbindung
- Uferabgrabungen,
- Deichrückverlegungen

#### Flutrinnen auf den Vorländern

Neue Anbindungen bzw. Wiederanbindungen ehemals vorhandener Flutrinnen auf den Vorländern wurden in allen Modelluntersuchungen (BAW 1998b, 1999, 2000a, 2000b) so vorgenommen, dass die Einströmung etwa ab Mittelwasser (MW) +1m erfolgte. Damit wurde den Forderungen der Schifffahrt Rechnung getragen, für die an der Elbe unter mittleren Abflussverhältnissen (MQ) Probleme bei der Vorhaltung einer ausreichenden Fahrrinntiefe und -breite bestehen.

Durch Rinnen auf den Vorländern kommt es früher und damit häufiger zur Überströmung dieses Bereichs als ohne. Ihre hydraulische Wirkung auf das Gewässerbett setzt aber erst im oberen Durchflussspektrum ein. Die stärkste Wirkung entwickelten sie im Untersuchungsgebiet Mockritz-Döbern (BAW, 2000a) bei seltenen und großen Durchflüssen ( $>HQ_2 = 1220 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Da die Rinnenvarianten im hydraulischen Modell Mockritz-Döbern (Bild 18) nur eine relativ kleine, mit vertretbarem Aufwand realisierbare Vergrößerung der bestehenden Vorlandstrukturen vorsah (Sohlbreite 5 m, Wasserspiegelbreite der Einzelrinne bei  $HQ_5$  etwa 30 m), wurden je Rinne nur Anteile am Gesamtdurchfluss von maximal 6 % (bei  $HQ_5$ ) erreicht.

Trotzdem zeigte die Langzeitprognose mit einem begleitenden eindimensionalen Feststofftransportmodell für die Stromsohle im Bereich der Rinne nach 15 Jahren eine verminderte Eintiefung, da im Untersuchungsbereich im Wesentlichen höhere Durchflussereignisse für die Erosion verantwortlich sind. Allerdings kam es zu dieser verringerten Erosion durch Anlandungen im Maßnahmebereich während Hochwasserereignissen, bei denen die Rinnen durchströmt wurden. Dadurch stand für die Zeiten zwischen den seltenen Hochwassern ein „Geschiebevorrat“ für die weiter fortschreitende Erosion zur Verfügung.

In der Praxis kann dieser „Geschiebevorrat“ ggf. aber nicht toleriert werden, wenn das Material nur kleinräumig abgelagert wird und dadurch nach dem Ablauf der Hochwasserwelle die notwendige Fahrwassertiefe nicht gewährleistet ist, so dass Baggerungen erforderlich werden. Unterstrom der Rinnen trat im Flussbett verstärkte Erosion auf.

Die Prognosesicherheit von Feststofftransportmodellen bei baulichen Maßnahmen in den Vorländern konnte bisher noch nicht an realisierten Maßnahmen überprüft werden. Das gilt es bei der Bewertung zu berücksichtigen.



**Bild 18:** Blick in Fließrichtung auf das hydraulische Modell „Mockritz-Döbern“ bei  $Q = 580 \text{ m}^3/\text{s}$ . Im Vordergrund die Zuläufe zur Rinne des rechten Vorlandes.

### Altarmenbindung

Der Anschluss eines Altarmes bei Klöden wurde mit Hilfe eines zweidimensionalen hydraulisch-numerischen (2D-HN) Modells (BAW 1998b, 1999, 2000b) simuliert. Im Modell erfolgte der Anschluss über eine Flutrinne, die einen die Einströmung von oberhalb verhindernden Höhenriegel durchstieß (Bild 19) und im Gegensatz zu den Flutrinnen bei Mockritz-Döbern (BAW 2000a) sehr groß ausgeführt wurde (Sohlbreite 70 m, Sohlhöhe auf dem Niveau des langjährigen MW +1 m, mittlere Abgrabungstiefe 1,3 m, Rinnenlänge 2380 m). Der bestehende Leitdeich wurde nicht verändert. Neben der Erosionsminderung der Stromsohle im Bereich der starken Krümmung bei El-km 190 wurde mit der Anbindung des Altarmes angestrebt, die heute hauptsächlich von unterhalb erfolgende Einströmung in das linksseitige Vorland ab einem Durchfluss mit einer mittleren Überschreitungsdauer von 60 Tagen im Jahr durch eine Einströmung von Oberstrom zu ersetzen. Durch die Altarmenbindung konnte der Durchflussanteil des Flussschlauches bei den untersuchten Durchflüssen ( $HQ_2 = 1200 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $HQ_5 = 1800 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $HQ_{50} = 3000 \text{ m}^3/\text{s}$ ) im Mittel um 10 % verringert werden.

Im Maßnahmebereich reduzierte sich die Fließgeschwindigkeit innerhalb des Hauptbettes und damit auch die Sohlbelastung. Allerdings führte die Anbindung zu einem Wasserspiegelverfall (Bild 20) der sich oberstrom der Maßnahme fortsetzte. Dies bedingte dort einen stärkeren Sohlangriff, der aus dem 2D-HN-Modell aus den Geschwindigkeits- und Schubspannungswerten abgeleitet werden konnte. Das 2D-HN-Modell wurde ohne Sohlreaktion betrieben (feste Sohle). Ein Ausgleich des Starkgefälles zwischen El-km 189 und El-km 190 wurde bei allen untersuchten Durchflüssen erreicht. Die Veränderungen gegenüber dem unveränderten Zustand waren im Flussschlauch bei HQ<sub>5</sub> am größten. Im Altarm stiegen Strömungsgeschwindigkeit und Wasserspiegel bei HQ<sub>2</sub> am deutlichsten an.

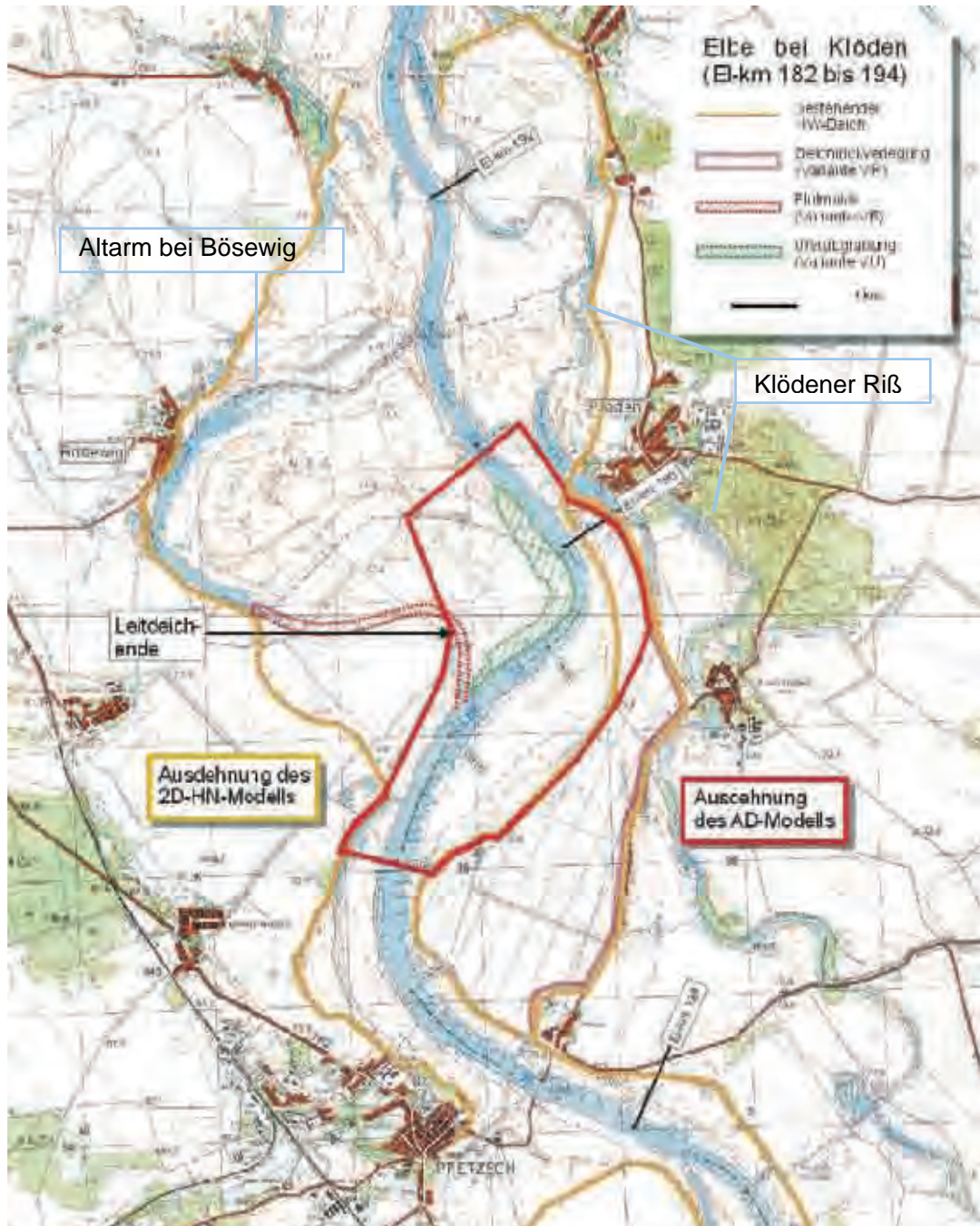
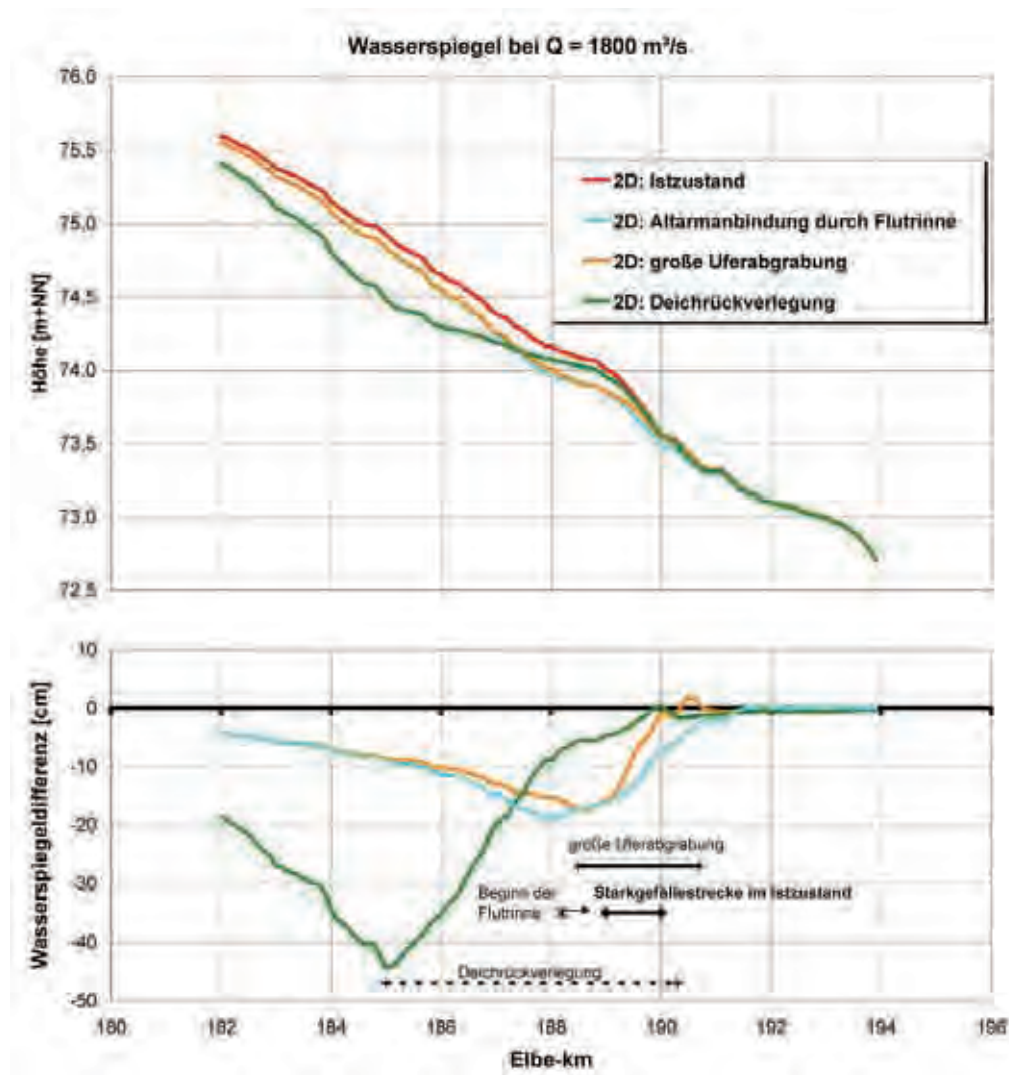


Bild 19: Varianten im 2D-HN-Modell und Ausdehnung der Modelle

Uferabgrabung

Im 2D-HN- und im aerodynamischen (AD-)Modell (BAW 1998b, 1999, 2000b) wurde eine umfangreiche Abgrabung am linken Ufer zwischen El-km 188,5 und El-km 190,7 angenommen und untersucht. Die Abtragsbreite betrug im Mittel 200 m, die mittlere Abgrabungstiefe 1,7 m (auf Niveau des langjährigen MW +1 m). Durch die weit ins linke Vorland hinein reichende Abgrabung wurde das Durchflussprofil im Bereich der engen Krümmung bei El-km 190 stark aufgeweitet, wodurch ein Durchflussanteil von 10 bis 15 % im neu geschaffenen Querschnitt über der Abgrabung abgeführt werden konnte.



**Bild 20:** Auswirkung von Uferabgrabungen, Rückdeichung und Altarmanschluss auf den Wasserspiegel bei einem Abfluss von 1800 m<sup>3</sup>/s

Im Maßnahmebereich kam es im Flussschlauch zu einer deutlichen Verringerung von Gefälle und Geschwindigkeit. Durch den nach Oberstrom sich auswirkenden Wasserspiegelverfall (Bild 20) trat dort eine erhöhte Fließgeschwindigkeit im Flussschlauch auf. Bei El-km 190,0 bis 190,6 verbesserte sich entsprechend der Ergebnisse des 2D-HN-Modells bei den hohen Durchflüssen der Zustrom ins linksseitige Vorland.

Da die im aerodynamischen Modell untersuchte kleine Abgrabung zwischen EI-km 189,2 und EI-km 190,4 (hier genau im Bereich der engen Krümmung und des eng am Mittelwasserbett verlaufenden rechten Deiches) gezielt eine Querschnittsaufweitung herbeiführte, konnte dort mit deutlich geringerem Aufwand als bei der großen Abgrabung (gleiches Niveau wie bei großer Abgrabung, Abtragsbreite im Mittel 60 m) eine ausreichende Verringerung der Belastung der Stromsohle erreicht werden. Allerdings wurde mit der kleinen Abgrabung die Zuströmung zum dahinter liegenden linksseitigen Vorland nicht verbessert. Der Umfang der Abgrabung war zu begrenzt, um den gesamten höher liegenden Geländezug zu erfassen.

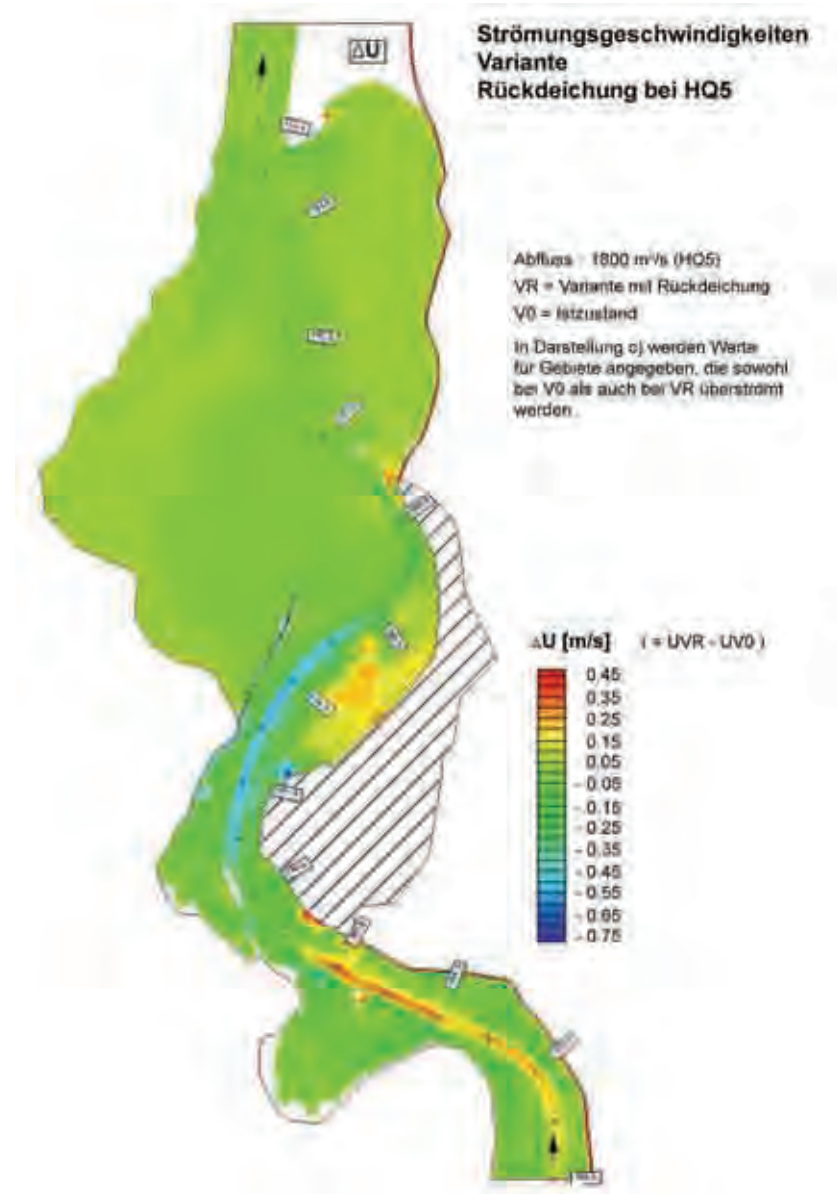
### Deichrückverlegung

Im 2D-HN-Modell (BAW 1998b, 1999, 2000b) wurde für eine Grundsatzstudie eine rechtsseitige Deichrückverlegung in der Art ausgeführt, dass der bestehende Deich zwischen EI-km 185,0 und EI-km 190,3 vollständig entfernt wurde. Die maximale Breite des neuen Vorlandes betrug 1.450 m, die mittlere Breite 460 m, die neu gewonnene Überflutungsfläche 250 ha.

Die Wirkung der Deichrückverlegung nahm mit steigendem Durchfluss zu, der neue Deichlinienverlauf bekam erst bei deutlicher Vorlandüberströmung ab HQ<sub>5</sub> eine prägende Wirkung.

Durch das Altgewässer „Klödener Riß“ und die Ortslage Klöden konnte der Deich nicht unterhalb von EI-km 190,3 zurück verlegt werden, so dass die Engstelle modifiziert bestehen blieb. Sowohl das AD-Modell (kleine Rückdeichung zwischen EI-km 189,1 und EI-km 190,3) als auch das 2D-HN-Modell zeigten, dass das Wasser bereits bei EI-km 190 aus dem rechtsseitigen Vorland in den Flussschlauch wieder einströmte.

Bei EI-km 188,5 wurden schon bei HQ<sub>2</sub> statt bei einem Durchflussanteil von 90 %, wie in der Variante ohne Veränderung, 74 % im Flussschlauch abgeführt. Allerdings kam es am oberen Ende der Deichrückverlegung (EI-km 185) zu einem sehr starken Wasserspiegelabsenk, der sich bis über den Rand des zweidimensionalen modellierten Untersuchungsgebiets erstreckte. Bei Durchflüssen ab HQ<sub>5</sub> führte er zur Erhöhung der Fließgeschwindigkeit (Bild 21) um bis zu 36 %. Diese hohe Belastungszunahme ist äußerst kritisch zu sehen. Zur Beseitigung der Engstelle bei EI-km 190 und somit einer Reduzierung der Strömungsbelastung im Hauptstrom ist die Deichrückverlegung nicht geeignet. Sollte sie aus ökologischen Gründen verfolgt werden, sind sorgfältige Untersuchungen zur Ausführungsplanung erforderlich, um eine Verstärkung der Sohleintiefung oberhalb der Maßnahme zu vermeiden.



**Bild 21:** Differenz der Strömungsgeschwindigkeiten bei Rückdeichung für HQ5 (2D-HN-Modell „Klöden“), El-km 185,0 und 190,3

### 3.4 Fazit der Untersuchungen

Die Untersuchungen, die ausgehend von der Analyse des Ist-Zustandes und der historischen Entwicklung, die künftige Entwicklung der Wasserspiegel- und Sohlhöhen prognostizieren, machen deutlich, dass erosionsmindernde Maßnahmen zwingend notwendig sind.

Ohne solche Maßnahmen wird die Erosion auch in den nächsten Jahren und Jahrzehnten weiter voranschreiten. Die negativen Auswirkungen für Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs aber auch auf die Bauwerkssicherheit und das Ökosystem der Flussaue sind jetzt schon vorhanden und werden sich weiter verstärken.



Die Untersuchungen zeigen, dass unterschiedliche Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen aus

- Anpassungen des Gewässerbetts incl. Strombauwerke,
- Erhöhung der Abflussanteile über den Vorländern und
- Geschiebemanagement

die Erosion vermindern können. Gleichzeitig ergibt sich aus den Untersuchungen, dass es nicht möglich ist, durch Geschiebemanagement allein die Forderung nach einer Vergleichmäßigung des Geschiebetransportes bei gleichzeitiger Reduktion der Erosionstendenzen zu erfüllen. Eine solch zeitlich und räumlich gezielte Geschiebemanagement als Ersatz für ein ausgewogenes Regelungssystem ist in Modellen und erst recht in der Praxis nicht umsetzbar.

Die in Kap.3 beschriebenen Kenntnisse über die grundsätzlichen Wirkungsmechanismen, die aus den bisherigen Untersuchungen gewonnen wurden, lassen sich auf die jeweiligen unterschiedlichen lokalen Verhältnisse in der Erosionsstrecke der Elbe übertragen. Im folgenden Kapitel werden konkrete Maßnahmevorschläge aus den bisherigen Erkenntnissen abgeleitet.

## 4 Konzept zur dynamischen Sohlstabilisierung

### 4.1 Ziele und Grundsätze

Als Entwicklungsziel für die Erosionsstrecke wird die Stabilisierung der mittleren Sohlhöhe bei Erhalt oder Förderung der morphologischen Dynamik angestrebt.

Neben der Aufrechterhaltung bzw. der Wiederherstellung der definierten Schifffahrtsbedingungen, des Grundwasserhaushaltes und der Hochwasserneutralität der eingesetzten Maßnahmen, sind aus ökologischer Sicht eine stärkere Strukturierung und Dynamisierung des Flusslaufes und der Aue insbesondere durch Zulassen von Struktur bildenden Prozessen sowie eine häufigere und großräumigere Überströmung der Aue bzw. der Vorländer zu berücksichtigen.

Ausgeschlossen werden alle Maßnahmen zur Erosionsminderung, die diesen Entwicklungszielen widersprechen oder für die sich kein gesellschaftspolitischer Konsens erzielen lässt. Dazu zählen u.a. Staustufen, Kulturwehre (Wehre, die nur bei niedrigen und mittleren Wasserständen aufstauen) und das großräumige Zulassen der Seitenerosion durch Rückbau und/oder Nichtunterhaltung von regelungswirksamen Buhnen und Längswerken. Ebenfalls nicht betrachtet werden Maßnahmen zur Veränderung (Verlängerung) der Flusslauflänge zum Zweck der Gefällereduzierung.

Die konkreten Maßnahmen zur Erosionsminderung werden unter Berücksichtigung der nachfolgenden Grundsätze gewählt:

- Dem Geschiebedefizit wird durch eine dauerhafte, über die gesamte Erosionstrecke verteilte Geschiebezugabe begegnet. Dabei sind wegen der niedrigen Wandergeschwindigkeit des Geschiebes und der insgesamt geringen Wassertiefe geringere Massen auf eine größere Anzahl von Zugabenstellen zu verteilen.
- Die Regelungsbauwerke und das Gewässerbett einschließlich der bei häufigem Hochwasser ( $<HQ_5$ ) durchströmten Vorländer sind so zu gestalten, dass der gleichmäßige Durchtransport von Geschiebe gewährleistet wird. Dadurch reduziert sich die jeweils erforderliche Zugabemenge.
- Die Erfahrung zeigt, dass die hydraulisch-morphologische Optimierung des Flussbetts höchstens bis zu Abflüssen von  $HQ_5$  möglich ist. Nach extremen Hochwassern müssen deshalb die notwendigen Tiefenverhältnisse durch Geschiebeumlagerung wieder hergestellt werden.
- Ungleichmäßigkeiten im Frachtverlauf, die sich durch Regelungsmaßnahmen nicht beheben lassen, werden durch gezielte Geschiebeumlagerung ausgeglichen.
- Die Schutzgebietsziele der NATURA 2000 Gebiete werden beachtet.
- Biotope und Habitate fluss- und auetypischer Arten werden nicht beeinträchtigt, sondern möglichst gefördert.

- Dynamische Strukturveränderungen werden besonders im Übergang Fluss-Aue außerhalb der Fahrrinne unterstützt.
- Erosionsbedingt beeinträchtigte Strukturen im Vorland wie Flutrinnen und Mäanderwege (Altarme) werden durch Impulsmaßnahmen reaktiviert.

Unter Berücksichtigung der Ziele und Grundsätze kommen, als Ergebnis der Untersuchungen zur Sohlstabilisierung und Erosionseindämmung (Kap.3), folgende Methoden der Sohlstabilisierung zur Anwendung:

- Direkte Steuerung des Feststoffhaushalts durch Geschiebemanagement in Form von
  - a. Geschiebezugabe,
  - b. Geschiebeumlagerung.
- Erhöhung des Sohlwiderstandes durch
  - a. Sohldeckwerke,
  - b. Schwellen,
  - c. Grobkornanreicherung.
- Veränderung des Transportvermögens durch
  - a. Anpassung der Regelungsbauwerke und
  - b. Gefälleausgleich im Gewässerbett,
- Maßnahmen im Vorland durch
  - a. Flutrinnenaktivierung und –anlage
  - b. Altarmanschlüsse
  - c. Uferabgrabungen, Abtrag von Uferreihen und Vorlandabsenkungen
  - d. Änderung der Deichtrassen  
zur Erhöhung des Abflusses über das Vorland.

In der Erosionsstrecke sind spezielle Vorgaben für die Unterhaltung (z. B. die Ausführungen zu den Bauwerkssollhöhen in (BAW, 2005)) zu berücksichtigen. Darüber hinaus wird die laufende Unterhaltung mit Blick auf die Erosionsprobleme optimiert. Dazu dienen beispielsweise die folgenden Maßnahmen:

- Beseitigung von massiven Ablagerungen und Gehölzen auf Regelungsbauwerken,
- die Beseitigung von Anlandungen, die die Ausuferung behindern (kleinere Uferreihen),
- Freihalten des Zuflusses zu Vorlandrinnen und Altarmen,
- Aktivierung von hydraulisch unwirksamen Bühnenfeldern,
- Modifizierung von Bauwerken (z.B. Umgestaltung von Ufersicherungen über MW),
- Rücknahme von nicht mehr erforderlichen Ufersicherungen.

Die Ausführung der optimierten Unterhaltung wird im Rahmen der laufenden Unterhaltungsabstimmung vor Ort spezifiziert.

## 4.2 Maßnahmen

Die unter 4.1 genannten Methoden lassen sich für die praktische Umsetzung in nachfolgend beschriebene Einzelmaßnahmen auflösen.

### 1. Geschiebezugabe

Geschiebe wird über die gesamte Erosionsstrecke verteilt (z.B. mit Hilfe von Klappschuten, Bild 22) vornehmlich in solchen Bereichen zugegeben, an denen eine strömungsbegünstigte, zügige Mobilisierung gewährleistet ist. Die Zugabe erfolgt in flächiger Weise, so dass das Material sich gleichmäßig an der Flusssohle verteilen kann, ohne zu einem Hindernis für die Schifffahrt zu werden. An ausgewählten Stellen an der Flusssohle unterhalb der Wasserlinie (tiefe Kolke) können zusätzlich Depotschüttungen vorgesehen werden. Dieses Material kommt erst bei größeren Hochwassern in Bewegung. Somit wird gewährleistet, dass den höheren Erosionskräften bei Hochwasser auch entsprechend größere Mengen an Geschiebetransportmaterial zur Verfügung stehen.

Die Zugabemassen orientieren sich prinzipiell an den durch Messung bzw. Modellierung/Rechnung festgestellten Frachtdefiziten, die Korngrößen des Zugabematerials an der Kornverteilung des Sohlenmaterials. Eine Optimierung (Veränderung der Zugabemassen, -örtlichkeit, Anpassung der Korngrößen etc.) erfolgt, wenn notwendig, nach entsprechender Auswertung und Beobachtungszeit.

Bei dem Zugabematerial im Rahmen der Geschiebezugabe handelt es sich in der Regel um elbeeigene ehemalige Flusssedimente aus Kiesgruben des Elbeurstromtals sowie um Baggermaterial, das im Bereich der Oberelbe (El-km 40 bis 120) aus Fehlstellen in der Fahrrinne entnommen wird.



**Bild 22:** Schubeinheit mit zwei gekoppelten Hydroklappschuten beladen mit Geschiebezugabematerial

## **2. Geschiebeumlagerung**

Ungleichmäßigkeiten im Frachtverlauf, die sich auch durch Anpassung der Regelungsbauwerke nicht beheben lassen, führen zu lokalen Fehltiefen im Fahrrinnenbereich. Sie werden durch Geschiebeumlagerung beseitigt. Das bedeutet, dass der Fahrrinnenbereich durch Baggern auf die Solltiefe hergestellt wird und das entnommene Material an anderem Ort, z.B. Übertiefen, wieder dem Fluss zugegeben wird.

## **3. Grobkornanreicherung**

Um den Sohlenwiderstand durch natürliche Abpflasterung zu erhöhen, wird gezielt Material zugegeben, das grobkörniger als die vorhandene Sohlzusammensetzung ist. Durch Abtransport der feineren Bestandteile stellt sich nach und nach eine grobkörnige Deckschicht ein, die schwerer erodierbar ist und eine entsprechend stabile Sohlenlage gewährleistet.

Auch in Abschnitten, in denen keine Deckschichtbildung zu erwarten ist, wird die Kornzusammensetzung des Zugabematerials grundsätzlich gröber als die mittlere Kornzusammensetzung der Sohle gewählt.

## **4. Sohlverbau**

Zur Vergleichmäßigung des Gefälles in Starkgefällestrecken, zur Stabilisierung von Kolken und besonders erosionsanfälligen Bereichen sowie zur Vergleichmäßigung des Geschiebetransports können lokal Deckwerke und Schwellen aus groben Natursteinen in die Sohle eingefügt werden. Im Einzelfall werden sehr tiefe Kolke verfüllt und ebenfalls mit grobem Material abgedeckt.

## **5. Modifikation der Regelungsbauwerke**

### 5a Höhenanpassung von Regelungsbauwerken

Durch Reduzierung der Bauwerkshöhe auf das aktuelle Mittelwasserniveau (Kap. 2.2.6) kann, in Kombination mit weiteren Maßnahmen (z.B. 6. „Uferabgrabung, Abtrag von Uferrehnen“), die Sohlbeanspruchung verringert werden. Im Rahmen dieser Maßnahme sind ggf. Veränderungen der Bauwerke in Abhängigkeit von lokalen Besonderheiten möglich. Insbesondere längere Bühnen können strukturiert oder gekerbt werden. Zur Erhaltung der Regelungswirkung bei Niedrig- bis Mittelwasser können Kopfschwellen ergänzt werden. Zur Gewährleistung des gleichmäßigen Geschiebetransportes werden Bauwerke, deren Kronen unterhalb der Sollhöhe liegen, auf Sollhöhe unterhalten.

### 5b Umbau von bestehenden Regelungsbauwerken in alternative Formen

Alternative Formen können, an lokale Anforderungen angepasst, spezifisch geeignete hydraulische und morphologische Bedingungen erzeugen. Z. B. kann durch Variation der Bühnenorientierung zur Strömung (Hakenbühnen, Knickbühnen mit stromab gerichteter Bühnenachse in einem wasserseitigen Abschnitt) und durch flachere Kopfneigungen der Bauwerke die Bühnenverlandung verringert werden.

Deckwerke und Bühnen lassen sich, wo möglich und sinnvoll, durch hinterströmte Parallelwerke ersetzen.

#### 5c Rückbau nicht benötigter Bauwerke oder Bauwerksteile

Nicht (mehr) regelungstechnisch benötigte Bauwerke oder Bauwerksteile können rückgebaut werden.

#### 5d Anpassung der Bühnenlängen und Niedrigwasserbauwerke

Durch die hydraulische Optimierung in Bezug auf eine verbesserte Linienführung und der konsequenten Einhaltung des definierten Streichlinienabstandes, lässt sich der Geschiebetransport gleichmäßigen. D.h. in Erosionsbereichen wird durch Aufweitung des MW-Bettes der Sohlgriff reduziert. Hier sind Bühnenverkürzungen vorzunehmen. In Anlandungsbereichen hingegen wird durch Bühnenverlängerung bewirkt, dass damit der notwendige Streichlinienabstand gewährleistet ist und in der Folge auch der Durchtransport von Geschiebe verbessert wird. Vergleichbares gilt auch für die Optimierung der Niedrigwasserbauwerke (Kopf- und Randschwellen).

Eine Optimierung der Linienführung, die dem natürlichen Mäanderbestreben des Flusses entgegen kommt, lässt sich in begrenztem Maße durch Verlängerung bzw. Verkürzung der jeweils gegenüberliegenden Bühnen unter Einbeziehung der Niedrigwasserbauwerke erreichen.

### **6. Uferabgrabung, Abtrag von Uferrehnen**

Durch diese Maßnahmen kann der Fluss schon bei niedrigeren Abflüssen, als es derzeit der Fall ist, ausufern. Bei geeigneter Geländesituation wird der über dem abgesenkten Vorland abgeführte Abflussanteil bei allen ausufernden Abflüssen erhöht. In der Folge vermindern sich die strömungsbedingten Sohlbelastungen und damit auch die erosionsfördernden Wirkmechanismen. Sie kommen bei hohen Ufern zur Anwendung.

### **7. Vergrößerung des Abflussanteils der Vorländer bei Abflüssen größer MQ**

Durch das Reaktivieren alter bzw. das Herstellen von neuen Flutrinnen, das Wiederanbinden von Altarmen ab einem bestimmten Abfluss, aber auch durch die Veränderung der Deichtrasse, die Sommerdeichschlitzung oder das Absenken des Vorlandes wird das Gewässerbett des Flusses entlastet und der Strömungsangriff auf die Sohle bei Abflüssen über Mittelwasser reduziert. Welche konkreten Maßnahmen in welche Variantenausführung hierbei jeweils zum Tragen kommen können, ist in Abhängigkeit der vorhandenen Möglichkeiten und des optimalen Effektes bezüglich ihrer jeweiligen erosionsmindernden Wirkung festzulegen.

### **8. Ausräumen von Bühnenfeldern**

In vielen Bühnenfeldern erhöhte sich durch jahrzehntelangen natürlichen und mitunter auch künstlichen Eintrag von Feststoffen das Gelände, so dass sich das Bühnenfeldniveau z.T. auf gleicher Höhe mit den Bühnenrücken befindet. Zum einen verringerten sich dadurch die wasserüberströmten Flächen hauptsächlich bei niedrigen bis mittleren Abflüssen, zum anderen sind diese Bühnen(felder) bei umströmten Bühnen nicht mehr hydraulisch wirksam.

Der Fluss fließt letztendlich bis zum Zeitpunkt der Überströmung der Buhne und Bühnenfelder nur noch im Flussschlauch zwischen den Bühnenköpfen (Bild 23).

Die hydraulische Wirksamkeit der umströmten Buhnen beruht darauf, dass sich Strömungswalzen in den Bühnenfeldern ausbilden. Diese Strömungswalzen führen zu einem Energieaustausch zwischen Hauptstrom und Seitenbereichen, der wiederum die Rauheit des Gesamtsystems erhöht. Dadurch erhöhen sich bei gleichem Abfluss die Wasserspiegel und die Fließgeschwindigkeit verringert sich, wodurch sich der Strömungsangriff auf die Sohle verringert.

Durch Ausräumen (Baggern) ausgewählter, verlandeter Bühnenfelder werden die Wasserfläche bei niedrigen Abflüssen und die Wassertiefe in den Bühnenfeldern bei allen Abflüssen vergrößert. Die hydraulische Wirksamkeit der umströmten Buhnen wird wieder hergestellt.

Eine große Strömungsvielfalt kann durch spezielle Vorprägung der Bühnenfeldgestalt durch die Baggerung und durch die Verbindung mit einer Modifizierung der angrenzenden Buhnen (siehe Punkt 5 in Kap. 4.2) erreicht werden. Da die Maßnahme hinsichtlich ihrer hydraulischen Funktionsweise und Wirkung zwar grundsätzlich bekannt, in dieser Art jedoch an der Elbe im Bereich der Erosionsstrecke noch nicht ausgeführt wurden, sind begleitende Messungen und Untersuchungen vorgesehen.



**Bild 23:** Verlandete Bühnenfelder bei Griebo, El-km 228

Das aus den Bühnenfeldern entnommene Material wird dem Fluss als natürliches Geschiebe wieder zugeführt. Die Wiederverlandung der Bühnenfelder findet in Abhängigkeit von der Hochwasserhäufigkeit über einen Zeitraum von Jahrzehnten statt, so dass der Materialaustrag in die Seitenräume die Erosion nicht verstärkt, zumal nur ein Teil der Bühnenfelder ausgeräumt wird.

### 4.3 Streckenunterteilung

Als Ergebnis der Analyse des Ist-Zustandes in Kapitel 2 ist festzuhalten, dass ein Erosionsregime mit Tendenz zur Selbststabilisierung im oberen Teil der Mittelelbe vorliegt. Dieser hinsichtlich des Unterhaltungsaufwandes positiv zu bewertende Sohlzustand erstreckt sich etwa bis EI-km 130 und lässt sich durch unterstützende Maßnahmen prinzipiell bis in den Bereich des Torgauer Felsens herstellen. Unterhalb des Torgauer Felsens sind Maßnahmen zur Erhöhung des Sohlwiderstandes aufgrund der deutlich feineren Kornzusammensetzung des Gewässerbettes nur noch lokal anwendbar.

Neben dieser grundsätzlich unterschiedlichen Charakteristik zwischen den schwerpunktmäßig in der Vergangenheit und den aktuell von Erosion betroffenen Elbabschnitten ober- und unterhalb des Torgauer Felsens, ist der Bereich unterhalb von Torgau bis zur Saalemündung aufgrund unterschiedlicher Streckencharakteristik, Erosionsintensität und Art (Bauwerkslänge) der Regelungsbauwerke weiter zu differenzieren, um mit jeweils spezifischen Maßnahmenpaketen eine optimale Wirkung hinsichtlich der Erosionseindämmung zu erzielen, ohne dass dabei die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs beeinträchtigt wird.

Für die Erosionsstrecke der Elbe von EI-km 120 bis EI-km 290,7 wird daher eine Unterteilung in Streckenabschnitte von 15 bis 30 km Länge gleicher oder annähernd gleicher Charakteristik vorgenommen. Anhand des Maßnahmenkatalogs von Kap. 4.2 werden für jeden Abschnitt die jeweils anzuwendenden Schwerpunktmaßnahmen benannt, welche in ihrer Kombination eine optimale Wirkung zur Reduzierung bzw. Eindämmung der Erosionstendenzen erwarten lassen. Im Rahmen der Umsetzung können diese ggf. ergänzt oder modifiziert werden.

Bei Auswahl der Schwerpunktmaßnahmen bezogen auf die Streckenabschnitte wurden folgende Kriterien zu Grunde gelegt:

- Sohlbeschaffenheit
- Geschiebedargebot
- bisherige Erosionsraten
- Erosionstendenzen
- lokale Gegebenheiten wie Deichlinien, Altarme, Vorlandhöhen
- Wirksamkeit der Regelungsfunktion der Strombauwerke.

Auf Grundlage dieser Einschätzung wurde in Anlehnung an die unter Kap. 2.2.7 genannten Streckenabschnitte gleicher Streichlinienbreite die in Tab. 9 dargestellte Streckeneinteilung gebildet (siehe auch Anlage 1, Anlage 2, und Anlage 3).



Nr.	Streckenbezeichnung	Streckenabschnitt	Schwerpunktmaßnahmen zur Sohlstabilisierung neben der Regelunterhaltung	Zuordnung gem. Kap. 4.2
1	Mühlberg	Kreinitz bis Belgern	⇒ Geschiebezugabe	1
		(EI-km 120 - EI-km 140)	⇒ Geschiebeumlagerung ⇒ Grobkornanreicherung	2 3
2	Torgau	Belgern bis Prettin	⇒ Geschiebezugabe	1
		(EI-km 140 - EI-km 170)	⇒ Grobkornanreicherung ⇒ Modifikation der Regelungs- bauwerke ⇒ Vergrößerung des Abflussan- teils der Vorländer	3 5 7
3	Klößen	Prettin bis Elster-Mündung	⇒ Geschiebezugabe	1
		(EI-km 170 – EI-km 198,5)	⇒ Modifikation der Regelungs- bauwerke ⇒ Uferabgrabung ⇒ Vergrößerung des Abflussan- teils der Vorländer	5 6 7
4	Wittenberg/L.	Elster-Mündung bis Coswig/Anh.	⇒ Geschiebezugabe	1
		(EI-km 198,5 – EI-km 230)	⇒ Geschiebeumlagerung ⇒ Modifikation der Regelungs- bauwerke ⇒ Vergrößerung des Abflussan- teils der Vorländer	2 5 7
5	Coswig/Anh.	Coswig/Anh. bis Mulde-Mündung	⇒ Geschiebezugabe	1
		(EI-km 230 – EI-km 259,6)	⇒ Geschiebeumlagerung ⇒ Modifikation der Regelungs- bauwerke ⇒ Vergrößerung des Abflussan- teils der Vorländer	2 5 7
6	Aken	Mulde-Mündung bis Steckby	⇒ Geschiebeumlagerung	2
		(EI-km 259,6 – EI-km 280)	⇒ Modifikation der Regelungs- bauwerke ⇒ Uferabgrabung ⇒ Vergrößerung des Abflussan- teils der Vorländer	5 6 7
7	Saalemündung	Steckby bis Saalemündung	⇒ Geschiebeumlagerung	2
		(EI-km 280 –EI-km 290,7)	⇒ Modifikation der Regelungs- bauwerke ⇒ Vergrößerung des Abflussan- teils der Vorländer	5 7

**Tab. 9 Streckenunterteilung des Untersuchungsraumes zwischen EI-km 120 und EI-km 290**

In den Strecken 1 bis 3 wird schwerpunktmäßig ein Geschiebereservoir als Eintrag in den Untersuchungsraum geschaffen. In den Strecken 4 bis 8 ist das Hauptaugenmerk auf einen gleichmäßigen Geschiebetransport entlang der Strecke bei allen maßgebenden Abflüssen zu richten. Dementsprechend sind die Schwerpunktmaßnahmen der Tab. 9 umzusetzen.

Der Abtrag von Uferreihen (6) und das Ausräumen von Bühnenfeldern (8) wird in allen Strecken an geeigneten Stellen bei Bedarf ausgeführt. Der Sohlverbau (4) ist eine lokale, ergänzende Maßnahme, die somit keiner Strecke schwerpunktmäßig zugeordnet wird.

Allerdings ist zum Gefälleausgleich in der Strecke 2 zwischen den Torgauer Brücken bereits ein Schwellenverbau unterhalb des Torgauer Felsens realisiert worden, der diesen Abschnitt mit prägt.

## **4.4 Maßnahmenumsetzung**

### **4.4.1 Prioritäre Maßnahmen**

Wie in Kapitel 4.1 erläutert, sieht das Sohlstabilisierungskonzept aufbauend auf einer auf Eindämmung der Erosion ausgerichteten Unterhaltung des Stromregelungssystems eine Kombination aus baulichen Maßnahmen und Geschiebemanagement vor. Durch Geschiebeumlagerung wird der Durchtransport des Geschiebes dort gewährleistet, wo der Zustand des Regelungssystems dies derzeit nicht in jedem Fall gewährleistet.

Mit der Umsetzung der in Kap. 4.2 benannten Maßnahmen, die im Rahmen der laufenden Unterhaltung berücksichtigt werden können, wird umgehend begonnen bzw. (im Fall der Geschiebemanagement) fortgeführt. Für umfangreichere bauliche Maßnahmen sind entsprechende Vorarbeiten (Planungen, Untersuchungen), möglicherweise je nach Planungsvariante, auch planrechtliche Verfahren erforderlich.

Geschiebezugabe wird seit einigen Jahren in den Streckenabschnitten 1 bis 3 gemäß Tab. 9 praktiziert. Die Zugabebereiche unterhalb km 143 (El-km 143-154, El-km 156-161, El-km 174-176, El-km 197-198) werden beibehalten, und der zukünftigen Entwicklung angepasst. Um das Geschiebedefizit besser ausgleichen zu können, ist vorgesehen unterhalb der Elstermündung (El-km 198,5) neue Zugabestellen einzurichten.

Die Maßnahmen der Geschiebemanagement werden wie bisher im Rahmen der Unterhaltung mit den zuständigen Naturschutz- und Wasserbehörden abgestimmt und ausgeführt.

Im Elbabschnitt zwischen El-km 120 bis El-km 170 wird nach größeren Hochwasserereignissen lokal begrenzt in den dabei entstandenen Übertiefen eine Grobkornanreicherung durchgeführt. Dies soll zum einen die vor dem Ereignis vorhandene Sohle wieder herstellen und zum anderen durch gröberes Material, die Sohle widerstandsfähiger gegenüber einem erneuten Hochwasserereignis machen.

Die auf Erosionsminderung ausgerichtete angepasste Unterhaltung der Strombauwerke wird ebenfalls im Rahmen der Unterhaltung mit den zuständigen Naturschutz- und Wasserbehörden der Länder abgestimmt und umgesetzt.

Bauliche Maßnahmen, die in Kap. 4.2 allgemein beschrieben und im Kap. 4.3 als Schwerpunktmaßnahmen den Streckenabschnitten der Erosionsstrecke zugeordnet sind, beinhalten einerseits die Anpassung der Regelungsbauwerke zum anderen aber auch Veränderungen im Bereich von Ufer und Vorland. Maßnahmenkombinationen mit größeren baulichen Eingriffen werden anfänglich in sog. „Pilotstrecken“ umgesetzt.

Die Auswahl der Pilotstrecken erfolgt im Wesentlichen nach folgenden Gesichtspunkten:

- Bereich, mit der gegenwärtigen bzw. in den nächsten Jahrzehnten zu erwartenden höchsten Erosionsrate
- Bereich mit lokalen, temporären Anlandungen
- Problemsituation aus unterschiedlichen Ursachen, wie:
  - Lokal sehr große Fließgeschwindigkeit und Sohlbelastung. Stark wechselnde Geschwindigkeiten im Längsschnitt bei konstantem Abfluss und an einem Ort über das Abflussspektrum
  - Bühnen liegen deutlich höher als die aktuelle Sollhöhe
  - Mit dem Abfluss stark veränderliche Strömungsausprägung in Krümmungsbereichen bei Hochwasser
  - Laufentwicklung ist durch starke Mäander geprägt
  - Vorhandensein von Altarmen/-wässern
  - Vorhandensein von Uferrehnen
  - Ungleichmäßiger Deichverlauf
  - Stark wechselnde Fahrrinnenverhältnisse
- Vorhandensein der Möglichkeit zur Umsetzung von Maßnahmen im Gewässerbett und Vorlandbereich
- Potential an ökologischer Aufwertung des Gebietes
- Vorhandene Datenbasis
- Bereits vorliegende modelltechnische Untersuchungen bei BAW und/oder BfG

Anhand dieser vorgenannten Kriterien werden als Pilotstrecken, gemäß der Abschnittsbezeichnungen in Tab. 9, die Streckenabschnitte 3 „Klöden“, 4 „Wittenberg/L.“ und 5 „Coswig“ gewählt.

Die Pilotstrecke „Klöden“ (Strecke 3 gem. Tab. 9) liegt im Bereich der Erosionsstrecke mit der aktuell größten Erosionsintensität. In der Vergangenheit führte die Erosion bereits zu einer Eintiefung der Sohle, so dass die Bauwerke (Bühnen) derzeit um bis zu 70 cm zu hoch liegen. Die Ufer liegen abschnittsweise ebenfalls sehr hoch. In der Krümmung am Klödener Bogen ist das Gewässerbett sehr schmal. In der Pilotstrecke wurde in den 1990er Jahren ein Kolkverbau durchgeführt. Altgewässer begleiten die Elbe an beiden Ufern, linksseitig befindet sich ein großer Altarm. Ergebnisse vielfältiger grundsätzliche Untersuchungen aus der Vergangenheit liegen vor (Kap. 3). Das Land Sachsen-Anhalt hat z.T. eigene Untersuchungen (z.B. zu Anbindung von Altgewässern) durchgeführt. Es werden aktuelle Modelle für ein Teilgebiet (EI-km 185 – 196) in BAW und BfG betrieben.

Die Pilotstrecken „Wittenberg/L.“ und „Coswig“ (Strecken 4 und 5 gem. Tab. 9) sind durch starke Krümmungen mit lokalen Anlandungen und Kolken gekennzeichnet. Da sie direkt unterhalb der Strecke mit den zurzeit größten Erosionsraten liegen, werden sie von Veränderungen im Feststoffhaushalt als Folge der Maßnahmen zur Erosionsminderung in den Oberstrom gelegenen Abschnitten am stärksten betroffen sein. In den Pilotstrecken „Wittenberg/L.“ und „Coswig“ befinden sich relativ große verlandete Bühnenfelder und lange Bühnen, die grundsätzlich für Modifikationen geeignet sind. Die Geschiebemanagement ist in der Strecke unverzichtbar und wird weiter optimiert.

Das Land Sachsen-Anhalt hat in diesem Elbabschnitt eine Deichschlitzung geplant, die prinzipiell zwar erosionsmindernd wirkt, jedoch auch Auswirkungen auf den gleichmäßigen Geschiebetransport haben kann. Auf dem Vorland bestehende Strukturen können als Rinnen an den Hauptstrom angebunden werden. Aus in der Vergangenheit vorbereiteten Maßnahmen liegen verschiedene Untersuchungen vor. Es werden aktuelle Modelle der BAW und BfG (EI-km 220 – 245) betrieben. In der Strecke 5 „Coswig“ liegt darüber hinaus der Altarm „Kurzer Wurf“, der bereits durch eine Baumaßnahme des Landes Sachsen-Anhalt an die Elbe angeschlossen wurde.

Die prioritären Maßnahmen sind in übersichtlicher Form noch einmal in Tab. 10 zusammengefasst.

Abschnitt EI-km (Kap. 4.2)	in Strecken Nr.	Kurzbeschreibung	Zuordnung gem. Kap. 4.2
<b>Im Rahmen der laufenden Unterhaltung</b>			
120-170	1-2	⇒ Grobkornanreicherung	3
150-198,6	2-3	⇒ Bühneninstandsetzung unter Berücksichtigung der aktualisierten Bauwerkssollhöhen für längere Streckenabschnitte (nicht für Einzelbühnen)	5
154-160	2	⇒ Optimierung des Gefälleausgleichs, statische Sohlstabilisierung im weiteren Umfeld des Felsens und der Brücken	4
120-290,7	1-7	⇒ auf Erosionsminderung ausgerichtete Unterhaltung ⇒ alle Maßnahmen der Geschiebezugabe/Geschiebeumlagerung ⇒ Räumen von Bühnenfeldern	1, 2, 8
<b>In den Pilotstrecken</b>			
Klößen	3	⇒ Verminderung der Sohleintiefung durch eine Maßnahmenkombination	1, 5, 6, 7
Wittenberg/L. - Coswig/Anh.	4-5	⇒ Verminderung von Anlandungen, Vergleichmäßigung des Geschiebetransports durch einen Maßnahmenkombination ⇒ Deichschlitzung > Sommerdeich Mahlbaum - Wörlitz	1, 2, 5, 7

**Tab. 10: Prioritäre Maßnahmen**

#### 4.4.2 Weiteres Vorgehen

Die erosionsmindernden Maßnahmen werden im Rahmen der Unterhaltung unter Berücksichtigung der sich daraus ergebenden jeweiligen aktuellen Erfordernisse umgesetzt. Nach erfolgter Umsetzung der prioritären Pilotstrecken erfolgt die Festlegung der weiteren Reihenfolge der Streckenpriorisierung auf der Grundlage der zum entsprechenden Zeitpunkt vorliegenden Erfordernisse.

Die Maßnahmen zur Geschiebebewirtschaftung werden unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Erfolgskontrolle fortgeführt. Wie in Kap. 2 erläutert, unterscheiden sich die Strecken unterhalb der Elstermündung (Strecken 4 bis 7 in Tab. 9) auch hinsichtlich des Feststofftransports von den Strecken 1 bis 3, in denen bisher bereits Erfahrungen mit der Geschiebezugabe gesammelt wurden.

Auf Geschiebezugabemaßnahmen in den Strecken unterhalb der Elstermündung wird ein Schwerpunkt in der wissenschaftlichen Begleitung der Geschiebebewirtschaftung/-zugabe liegen. Ergänzend erfolgen begleitende Untersuchungen zu dem bisher lediglich in Einzelfällen durchgeführten Freiräumen der Bühnenfelder. Mit dem Jahr 2009 beginnend, werden lokal begrenzt und in enger Abstimmung mit den zuständigen Naturschutz- und Wasserbehörden erste Bühnenfeldräumungen im Rahmen des Sohlstabilisierungskonzeptes durchgeführt.

Die Grobkornanreicherung wird ebenfalls, wie im Kap. 4.4.1 beschrieben, fortgeführt. Gegebenenfalls erfolgt eine Anpassung der Streckenabschnitte und damit verbunden eine Anpassung der Körnung des einzubauenden Materials.

Die Umsetzung großräumiger Maßnahmen erfolgt zuerst in den o.g. Pilotstrecken. Gleichwohl können alle in Kap. 4.2 erwähnten Maßnahmen lokal im Rahmen der Optimierung der Unterhaltung zum Einsatz kommen.

Bezogen auf die Maßnahmen - 5. Modifikation der Regelungsbauwerke; 6. Uferabgrabung, Abtrag von Uferrehnen; 7. Vergrößerung des Abflussanteils der Vorländer bei höheren Abflüssen - werden für die Strecken außerhalb der Pilotstrecken die Planungen und bei Bedarf begleitende Untersuchungen begonnen. Entsprechend der unterschiedlichen Streckencharakteristika, die zur Streckeneinteilung in Tab. 9 führten, werden die Maßnahmebündel lokal angepasst. Die nächsten Unterhaltungsabschnitte werden neben topografisch-morphologischen und naturräumlichen Gesichtspunkten hauptsächlich danach ausgewählt, ob zwischenzeitlich verkehrliche Belange dies vorrangig erfordern, große Bauwerksschäden aufgetreten sind oder die Ergebnisse erforderlicher Untersuchungen vorliegen. Darüber hinaus werden ökologische Belange bei der Maßnahmereihung berücksichtigt.

Die Realisierung und Erfolgskontrolle der erosionsmindernden Maßnahmen wird in regelmäßigen Berichten dokumentiert.

## **5 Ökologische Wirkungen und naturschutzfachliche Bewertung der Maßnahmen gegen die Erosion und zur Sohlstabilisierung**

### **5.1 Wirkung von Maßnahmen**

Mit den im Kap. 4 vorgeschlagenen Maßnahmen sollen die Eintiefungstendenzen der Elbe in der Erosionstrecke maßgeblich reduziert werden. Dazu ist geplant, die Sohle, die Ufer und die Vorlandbereiche in bestimmten Strecken und Flächen gegenüber ihrem jetzigen Zustand nachhaltig zu verändern und dynamische Prozesse anzustoßen. Den Maßnahmen zur Fixierung und Vergleichmäßigung der Gewässersohle stehen dabei Maßnahmen zur Förderung der Dynamisierung und auentypischen Entwicklung in den Uferbereichen und Vorländern gegenüber. Es ergibt sich die große Chance, durch dieses Bündel an Sohlstabilisierungsmaßnahmen der Elbe deutlich mehr Raum für dynamische Entwicklungsprozesse zu erhalten und damit einem naturschutzfachlichen Anspruch besser zu genügen als bei der herkömmlichen Unterhaltung ohne Maßnahmen zur Erosionsminderung. Das heißt, zusätzlich zu den ökologisch sinnvollen Maßnahmen der Verminderung künftiger Erosion werden auentypische und dynamische Entwicklungen angeregt.

Je nach Streckenbereich sind durch die historischen Veränderungen unterschiedliche Beeinträchtigungen zu verzeichnen, die das Potenzial für ökologisch und naturschutzfachlich sinnvolle Entwicklungen differenzieren. Die größten Entwicklungspotenziale, wie sie sich im oberen Abschnitt der Erosionsstrecke darstellen, sind in den Strecken unterhalb Wittenberg/L. zu sehen. Sie bedingen aber auch die größeren Veränderungen.

Gemäß § 18 Abs. 1 BNatschG sind Veränderungen der Gestalt oder Nutzung von Grundflächen oder Veränderungen des mit der belebten Bodenschicht in Verbindung stehenden Grundwasserspiegels, die die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts oder das Landschaftsbild erheblich beeinträchtigen können, als Eingriffe in Natur und Landschaft zu betrachten. Unvermeidbare Beeinträchtigungen sind nach § 19 Abs. 2 S. 1 BNatSchG durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege vorrangig auszugleichen (Ausgleichsmaßnahmen) oder in sonstiger Weise zu kompensieren (Ersatzmaßnahmen). Ausgeglichen ist eine Beeinträchtigung, wenn und sobald die beeinträchtigten Funktionen des Naturhaushalts wieder hergestellt sind und das Landschaftsbild landschaftsgerecht wiederhergestellt oder neu gestaltet ist.

Die Frage, inwieweit die hier im Sohlstabilisierungskonzept angeführten Maßnahmen eine erhebliche und damit eingriffsrelevante Beeinträchtigung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts oder des Landschaftsbilds darstellen können, ist nicht Bestandteil des Sohlstabilisierungskonzeptes sondern bleibt den folgenden Maßnahmenplanungen für die einzelnen Streckenabschnitt vorbehalten.

Die Abschätzung der ökologischen Wirkungen und naturschutzfachlichen Aspekte erfolgt hier auf Grundlage u.a. der in Kap.3 benannten Untersuchungen und Erfahrungen aus der Literatur sowie der fachlichen Expertise der beteiligten Personen und Institutionen. Eine streckenbezogene Differenzierung wird hier nicht vorgenommen.

Die maßgebliche Grundlage bilden die Einschätzungen der potenziellen Wirkungen typischer Unterhaltungsmaßnahmen durch die AG WSV ELBELÄNDER (2004). Diese gehen i.d.R. vom Vorsorgeprinzip, d.h. einer Betrachtung der potenziell größten denkbaren Auswirkungen („worst-case“) aus.

Im Folgenden wird auf die Wirkungen der Maßnahmen eingegangen, die im voran gegangenen Kap. 4 benannt wurden. Dabei wird zwischen Maßnahmen an der Gewässersohle, am Gewässerbett, in den Vorländern und der für die Erosionsminderung optimierten Unterhaltung unterschieden.

### 5.1.1 Maßnahmen an der Gewässersohle

Maßnahmen	Potenzielle ökologische Wirkungen
<b>Geschiebezugabe (1)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Temporäre und lokale Vernichtung / Beeinträchtigung von benthischen Lebensräumen,</li> <li>⇒ kleinräumige Veränderung des Geschiebehaushaltes und des Stofftransportes,</li> <li>⇒ Mobilisierung von Sedimenten</li> <li>⇒ Geringe (temporäre) Auswirkungen auf Fische, aquatische Wirbellose (MZB) und mikrobielle Biozönosen</li> </ul>
<b>Geschiebeumlagerung (2)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Verlust / Abnahme der Tiefenvarianz und Strukturvielfalt in der Stromsohle sowie der Strömungsdiversität,</li> <li>⇒ Veränderung der Lebens- bzw. Standortbedingungen und der Abflusssdynamik durch Sohlnivellierung,</li> <li>⇒ Kleinräumige Veränderung des Geschiebehaushaltes und des Stofftransportes,</li> <li>⇒ Mobilisierung von Sedimenten</li> <li>⇒ Geringe (temporäre) Auswirkungen auf die Fische, aquatischen Wirbellosen (MZB) und mikrobiellen Biozönosen</li> </ul>
<b>Grobkornanreicherung (3)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Veränderung der Lebens- bzw. Standortbedingungen und der Abflusssdynamik durch Sohlnivellierung,</li> <li>⇒ Kleinräumig Veränderung des Geschiebehaushaltes und des Stofftransportes</li> </ul>
<b>Sohlverbau (inkl. Kolkverfüllung) (4)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Verlust / Abnahme der Tiefenvarianz und Strukturvielfalt in der Stromsohle,</li> <li>⇒ Verringerung des Sohlenerosionsvermögens,</li> <li>⇒ Örtlich Vernichtung / Verringerung von benthischen Lebensräumen durch Überbauung,</li> <li>⇒ Veränderung der Lebens- bzw. Standortbedingungen in der Stromsohle und der Abflusssdynamik durch Sohlnivellierung,</li> <li>⇒ Abnahme der Strömungsdiversität, Beeinträchtigung / Schädigung des Lückensystems der Stromsohle,</li> </ul>

Tab. 11: **Potenzielle ökologische Wirkungen der Maßnahmen an der Gewässersohle (Nr. 1-4, s. Kap. 4.2 und AG WSV-ELBELÄNDER 2004 veränd.)**

Geschiebeumlagerungen oder Materialzugaben wirken im Fluss auf die mikrobiellen Lebensgemeinschaften und die Wasserbeschaffenheit ebenso wie auf die wirbellosen Tiere des Gewässergrundes und des hyporheischen Interstitials und die Fische. Dabei werden im Prinzip die Lebensgemeinschaften des Gewässergrundes unmittelbar gestört, entfernt, verlagert oder überschichtet. Je nachdem an welche Stelle Material verlagert wird, können Laich- oder Ruheplätze von Fischen gefährdet sein. Für eine ökologische Wirkungsabschätzung sind also einerseits der Raum der Entnahme und andererseits die Einbringstelle differenziert zu betrachten und hinsichtlich der Lebensgemeinschaften und morphologisch-struktureller Aspekte (Sohlenstruktur, -topographie, Sedimente) zu prüfen.

Die Wirkungen der Geschiebezugabe und -umlagerung an der Elbe wurden von SCHMIDT ET AL (2007) eingeschätzt. Bei Umlagerung des Materials, wie es in der Elbe regelmäßig anfällt, kann die Auswirkung auf das Algenwachstum wegen der nur lokal und gering erhöhten Trübung als nahezu irrelevant angesehen werden. Die Regenerationszeit des Biofilms auf den freigelegten Sedimenten liegt im Bereich von Tagen bis Wochen, so dass die Beeinträchtigung als wenig gravierend zu bewerten ist, solange sie zeitlich und räumlich begrenzt stattfindet. Auch bei der Analyse der Fischfauna und des Makrozoobenthos sind in Bereichen mit und ohne Geschiebebewirtschaftung bei großskaliger Betrachtung bislang keine Unterschiede sichtbar geworden. Da sich die ohnehin spärlicher besiedelte Lebensgemeinschaft an der Stromsohle im wesentlichen aus Arten zusammensetzt, die in der Elbe weit verbreitet sind, können bislang keine nachhaltigen Beeinträchtigungen durch Umlagerungen und Zugaben an der Stromsohle festgestellt werden. Es ist lediglich eine lokale und zeitlich begrenzte und damit geringe Beeinträchtigung der Biozönosen anzunehmen. Nach bisherigen Ergebnissen erfolgt die komplette Wiederbesiedlung durch Fische und Wirbellose schnell und ist spätestens nach ca. 2-3 Jahren wieder auf gleichwertigem streckentypischen Niveau.

Nach den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen sind also durch die bisherigen Maßnahmen der Geschiebebewirtschaftung an der Elbe keine nachhaltigen Beeinträchtigungen der aquatischen Lebensgemeinschaften zu erwarten. Ähnlich ist die Grobkornanreicherung zu sehen. Hier werden Veränderungen hervorgerufen, die die Sohle den oberstromigen Elbeabschnitten ähnlicher machen aber in sich keine Beeinträchtigung darstellen, da das Material selbst keine negativen Wirkungen hervorruft. Für lithophile Laicher können die Verhältnisse günstiger werden.

Differenziert muss die Sohlstabilisierung mit Kolkverfüllungen gesehen werden. Diese Maßnahmen schränken die Diversität und Dynamik der natürlichen Sohlstrukturen in der Fahrrinne ein. Kolke sind Ruheplätze für abwandernde Juvenile diadromer Arten. Für die Smolts von Salmoniden (z.B. Rotlachs, WOOD ET AL 1993) wurde festgestellt, dass sie sich tagsüber in tiefen Kolken aufhalten, während sie bei Dunkelheit oder während der Dämmerung wanderten. Tiefe Kolke, insbesondere in Bühnenfeldern, haben außerdem Bedeutung als Überwinterungshabitate. Nicht zuletzt sind Kolke Laichhabitate, z.B. für Störe (prioritäre Art der FFH-Richtlinie), die nach BAUCH (1958) früher regelmäßig in der Mittleren Elbe aufgetreten sind und hier Kolke mit Tiefen über 2 m als Laichhabitate nutzten. Kolke sollten also vorhanden und möglichst unbeeinflusst vom Schiffsverkehr sein (MOHR 1952). Über die Lage der Kolke in der Elbe (Fahrrinne, Bühnenkopf, Ufernähe) und die mit ihnen verbundene Nutzung durch Fische ist allerdings noch wenig bekannt.



## 5.1.2 Maßnahmen am Gewässerbett und Ufer

Maßnahmen	Potenzielle ökologische Wirkungen
<b>Höhenanpassung von Regelungsbauwerken (5a)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Ggf. Vernichtung von Vegetation und Gehölzaufwuchs auf den Bauwerken</li> <li>⇒ Veränderungen der Standortverhältnisse, der Morphologie in den Bühnenfeldern</li> </ul>
<b>Umbau von bestehenden Regelungsbauwerken in alternative Formen Ersetzung von Deckwerken und Bühnen durch Parallelwerke(5b)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Veränderungen der Standortverhältnisse, der Stoffdynamik und Morphologie in den Bühnenfeldern, Schaffung von dynamischen Ufer und Bühnenfeldstrukturen je nach Ausführung der Modifikation.</li> <li>⇒ Schaffung von ufernaher Konnektivität zwischen Bühnenfeldern</li> <li>⇒ Potenzielle Erhöhung der Strukturvielfalt und langfristigen Dynamik</li> <li>⇒ Veränderungen der Standortverhältnisse, der Stoffdynamik und Morphologie in den Bühnenfeldern, Schaffung von dynamischen Uferstrukturen in Verbindung mit j)</li> <li>⇒ Erweiterung von wellenschlagsgeschützten Flachwasserzonen im Uferbereich als Jungfischhabitat und Lebensraum der Wirbellosen (MZB)</li> <li>⇒ Erhöhung der Strömungsdiversität im Uferbereich</li> <li>⇒ Dynamisierung der Sedimentations- und Erosionsprozesse</li> </ul>
<b>Rückbau nicht benötigter Bauwerke oder Bauwerksteile (5c)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Veränderungen der Standortverhältnisse, der Stoffdynamik und Morphologie am Ufer,</li> <li>⇒ Schaffung potenziell dynamischer Bereiche und erosiver Zonen</li> <li>⇒ Förderung von Rohbodenflächen für Pioniervegetation</li> <li>⇒ Ermöglichen von Abflachungen der Ufer</li> </ul>
<b>Anpassung der Bühnenlängen (5d)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Veränderungen der Standortverhältnisse, der Stoffdynamik und Morphologie</li> </ul>
<b>Uferabgrabungen und Abtrag von Uferreihen (6)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Veränderungen der Standortverhältnisse</li> <li>⇒ Vernichtung ufernaher Vegetationsstandorte</li> <li>⇒ Ausuferung der Elbe bereits bei geringeren Abflüssen</li> <li>⇒ Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit im Vorland und in den Rinnen</li> </ul>
<b>Beräumung von Bühnenfeldern und Absenken des Bühnenfeldniveaus (8)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Veränderungen der Standortverhältnisse, der Stoffdynamik und Morphologie in den Bühnenfeldern</li> <li>⇒ Vernichtung ufernaher, hochdynamischer Pionierstandorte als potenzielle Wiederbesiedlungsbereiche der Weichholzaue</li> <li>⇒ Zerstörung der kiesig-sandigen, stellenweise schlammigen Sohlstrukturen</li> <li>⇒ Mobilisierung von Sedimenten / Sand- und Schlammfrachten</li> <li>⇒ Schaffung von Fischeinständen, Ruhezone</li> <li>⇒ Bei Beibehaltung flach gestalteter Uferzonen Erhöhung der Jungfischhabitate</li> </ul>

Tab. 12: Potenzielle ökologische Wirkungen der Maßnahmen am Gewässerbett (Nr. 5, 6, 8, s. Kap. 4.2)

Durch diesen Komplex verschiedener (denkbarer / geplanter) Maßnahmen werden nachhaltige Veränderungen der Uferbereiche hervorgerufen. Diese sind in ihrer bau-, betriebs- und anlagenbedingten Wirkung unterschiedlich einzuschätzen.

Baubedingt treten durch die Abgrabungen der Ufer (Uferreihen, Bauwerke, Bühnenfelder) und Vorlandbereiche erhebliche temporäre Eingriffe in gewachsene Uferstrukturen auf, die Verluste von Biotopen und Lebensräumen hervorrufen. Betroffen sind hier auch FFH-Lebensraumtypen, wie beispielsweise die annuellen Uferfluren.

Die Verlängerung von Bühnen führt zur Überdeckung der Sohlbereiche im Aufstandsfeld des Bühnenkörpers und einer Veränderung der Bühnenfeldgröße sowie - je nach Gestaltung - einer Änderung des hydraulisch-morphologischen Regimes.

Anlagenbedingt können die Maßnahmen an Gewässerbett und Ufer langfristig ein verändertes Überflutungsregime in den Uferbereichen, dynamischere Prozesse in den Zu- und Abflüssen von Altarmen und Flutrinnen, Strukturveränderungen und erodierende Effekte in nicht mehr befestigten Uferzonen und höhere Dynamisierungen im Sedimentations- und Erosionsverhalten modifizierter Bühnenfelder bewirken. Verlandungsaspekte werden in rückgebauten Zonen und hinter Parallelwerken maßgeblich verringert oder sogar in periodische Erosionsprozesse gewandelt. Wie beispielsweise am neu errichteten Leitwerk Gallin (EI-km 204) von HORLACHER ET AL (2007) gezeigt werden konnte, schaffen entsprechend gestaltete Parallelwerke einen Schutz der Uferbereiche vor schiffsinduziertem Wellenschlag oder Schwall-Sunk-Bewegungen und erhöhen damit die ökologische Wertigkeit für aquatische Wirbellose (Makrozoobenthos) und Jungfische. Verändert werden aber durch die strukturellen Veränderungen auch bislang bis ans Ufer reichende Nutzungsaspekte.

### 5.1.3 Maßnahmen im Vorland; Vergrößerung des Abflussanteils der Vorländer

Maßnahmen	ökologische Wirkungen
<b>Aktivierung oder Anlage von Flutrinnen (7)</b>	⇒ Dynamisierung des Überflutungsgeschehens
<b>Anbindung von Altarmen (7)</b>	⇒ Veränderung des Sedimentations- und Erosionsverhaltens
<b>Veränderung der Deichtrasse (7)</b>	⇒ Erhöhung der Strömungsdiversität und -dynamik bei Überflutungen, Veränderung der Lebensgemeinschaften, Reduzierung limnischer Artengemeinschaften,
<b>Sommerdeich-Schlitzung (7)</b>	⇒ Förderung auentypischer Arten,
<b>Absenken des Vorlandes (7)</b>	⇒ Schaffung von Überwinterungsplätzen für Fische
	⇒ Schaffung von Retentionsräumen für Wirbellose und Fische
	⇒ Erweiterung der auentypisch überfluteten und überströmten Vorlandbereiche, Veränderung der Überflutungsdauer
	⇒ Erhöhung der Anzahl temporärer Auengewässer
	⇒ Veränderung der Vegetation
	⇒ Erhöhung der Anzahl von Fischlaichgewässern
	⇒ Veränderung der Nutzung durch rastende und brütende Vögel und bodengebundene Wirbellose

Tab. 13: Potenzielle ökologische Wirkungen der Maßnahmen im Vorland (Nr. 7, s. Kap. 4.2)

Diese Maßnahmen im Vorland führen u.a. durch Veränderung des Ausuferungsverhaltens, die neuen Geländehöhen und die neue Abflussmengenteilung zur Dynamisierung des Überflutungsgeschehens und der damit verbundenen Prozesse. Altarme werden dadurch stärker und länger durchströmt und ggf. auch durch Anlandungs- und Erosionsprozesse verändert. Temporäre Gewässer werden in größerer Zahl entstehen, wo sich tiefere Einsenkungen finden oder erzeugt werden.

In den Schutzgebieten wie z.B. „NSG Altarm Bösewig“, Klödener Riss“ oder dem FFH-Gebiet „Elbaue zwischen Griebo und Prettin“ haben die vorhandenen naturnahen Kleingewässer und Altgewässer der Elbe mit Verlandungszonen einen wertgebenden Charakter. Veränderungen der vorkommenden Arten und Lebensraumtypen oder maßgeblichen Bestandteile der Gebiete durch die Maßnahmen sind hinsichtlich der Zielsetzungen intensiv zu prüfen.

Die Maßnahmen führen aber auch zu veränderten Wasserspiegellagen. Dadurch ergeben sich neue Verhältnisse gegenüber dem Ist-Zustand der Grundwasser- und oberflächennahen Wasserverhältnisse, die im Einzelnen jetzt noch nicht eindeutig dargestellt und daher in ihren konkreten ökologischen Wirkungen noch nicht zusammenhängend beschrieben werden können. Abgesehen davon ist der derzeitige Ist-Zustand von fortwährender Sohlintiefung und damit einem Wasserspiegelverfall mit korrespondierendem Bezug zum Grundwasser geprägt („Nullvariante“). Daher müssen Veränderungsprognosen den Zustand dieser Entwicklung mittels modellgestützter Aussagen unter Berücksichtigung der Langfristentwicklung abprüfen. Solche Analysen sind im Auftrag des WSA Dresden in der BfG in Bearbeitung. Sie beziehen sich insbesondere auf die Grundwasserverhältnisse im Vorland.

Die aus ihnen folgernden Aussagen zu den Ökosystemen im Elbvorland müssen sich dabei sowohl auf grundwasserstandsabhängige Wirkungen als auch auf die veränderten Überflutungsaspekte begründen. Erste Modellanalysen wurden dazu im Coswiger Bogen durchgeführt (BfG 2006). Sie zeigen eine deutliche Veränderung der grundwasserabhängigen Vegetation bei einem weiteren Wasserspiegelverfall, wenn keine Maßnahmen gegen die fortschreitende Erosion ergriffen werden.

Entscheidend für die Beurteilung einer Gefährdung von Pflanzengesellschaften als Folge von Grundwasserabsenkungen ist, ob der Grundwasserflurabstand am Wuchsort an der oberen oder unteren Toleranzgrenze der jeweiligen Vegetationseinheit liegt. Dies bedeutet, dass ohne Messung der Grundwasserstände nur begrenzt gültige Empfindlichkeitsabschätzungen möglich sind. Liegt er beispielsweise am Standort einer im allgemeinen von hohen Grundwasserständen abhängigen Röhrichtgesellschaft bereits im Bereich des Existenzminimums, so würde selbst eine geringe Grundwasserabsenkung eine schnelle Umwandlung der Gesellschaft zu nitrophilen Hochstaudenfluren zur Folge haben. Befindet sich der Grundwasserstand im ökologischen Optimum, hätte eine solche Grundwasserabsenkung zwar Auswirkungen auf die Artenzusammensetzung, eine Gefährdung des gesamten Bestandes wäre aber kaum zu erwarten.

### 5.1.4 Maßnahmen der erosionsmindernd optimierten Unterhaltung

Maßnahmen	Ökologische Wirkungen
Beseitigung von massiven Ablagerungen und Gehölzen auf Regelungsbauwerken	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Vereinheitlichung / Veränderungen der Standortbedingungen auf den Deckwerken (Kleinklima, Temperatur, Windexposition usw.),</li> <li>⇒ Verlust der Strukturvielfalt,</li> <li>⇒ Entnahme/ Vernichtung atypischer Bereiche bestandsbedrohter Weichholzaufenfragmente als Verbindungselemente zwischen Uferbereichen und Aue sowie als wesentlicher Lebensraum</li> </ul>
Beseitigung von Anlandungen, die die Ausuferung behindern (Uferreihen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ siehe auch Tab. 12 (6)</li> </ul>
Freihalten des Zuflusses zu Vorlandrinnen und Altarmen,	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Veränderung der Sohlstruktur und der Standortbedingungen</li> <li>⇒ Erleichterung des Zugangs für Fische und Wirbellose, auch bei niedrigen Wasserständen, Erhöhung des zuströmenden Querschnittsvolumens und damit der Strömungsintensität und -vielfalt</li> <li>⇒ siehe auch Tab. 13</li> </ul>
Aktivierung von bis Mittelwasser hydraulisch unwirksamen Bühnenfeldern,	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ siehe auch Tab. 12 (8)</li> </ul>
Modifizierung von Bauwerken (z.B. Umgestaltung von Ufersicherungen über MW)	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Veränderungen der Standortbedingungen auf den Deckwerken (Kleinklima, Temperatur, Windexposition usw.),</li> <li>⇒ Erhöhung der Strukturvielfalt, Schaffung potenziell erosiver Stellen.</li> </ul>
Rücknahme von nicht mehr erforderlichen Ufersicherungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Veränderungen der Standortbedingungen auf den Deckwerken (Kleinklima, Temperatur, Windexposition usw.),</li> <li>⇒ Erhöhung der Strukturvielfalt, Schaffung potenziell erosiver Stellen, Erleichterung dynamischer Struktur verändernder Prozesse</li> </ul>

Tab. 14: Potenzielle ökologische Wirkungen der optimierten Unterhaltung

Diese Unterhaltungsmaßnahmen entsprechen in ihren Wirkungen teilweise den bereits vorher beschriebenen Maßnahmen. Sie unterscheiden sich dadurch, dass sie überwiegend nur im Strombett und dem nahen Ufer umgesetzt werden und nicht weiträumig in die Vorländer eingreifen. Sie stellen die Grundmatrix der Maßnahmen dar, die in der Unterhaltung der Erosionsstrecke dauerhaft beachtet werden sollte und die daher auch im zeitlichen Aspekt (langfristig) anders einzuschätzen ist. Hinzuweisen ist hier aber darauf, dass die Beseitigung von Gehölzen auf Regelungsbauwerken nach den „Grundsätze(n) für das Fachkonzept der Unterhaltung der Elbe zwischen Tschechien und Geesthacht mit Erläuterungen“ (BMVBW, 2005) nur für die Belange der Verkehrssicherheit, zur Gewährleistung der Bauwerkssicherheit und des Abflusses durchgeführt werden soll.

### 5.1.5 Naturschutzfachliche Einschätzung der Maßnahmen und Hinweise

Grundlage der naturschutzfachlichen Einschätzung der vorgenannten Maßnahmen sind die Zielsetzungen, die sich aus den Schutzgebietsverordnungen, dem Rahmenkonzept für das Biosphärenreservat, den Arten- und Biotopschutzprogrammen (ABSP), Landschaftsrahmenplänen, Pflege- und Entwicklungsplänen, Landschaftsplänen oder thematisch relevanten Fachgutachten ergeben.

Im Einzelnen können hier maßgeblich die Auflistungen aus den Schutzgebietsverordnungen der NATURA 2000 Gebiete (siehe auch Anlage 8), die Begutachtung von DARMER ET AL (2001), das Arten- und Biotopschutzprogramm Elbe (ABSP 2001) des Landesumweltamts Sachsen-Anhalt, der Bericht zur Überprüfung des Biosphärenreservates „Flusslandschaft Elbe“ Berichtszeitraum 1997-2007, und die Liste der Ziele für Maßnahmen zur Erhaltung des ökologischen Potenzials der Elbe (AG WSV-ELBELÄNDER 2004) zugrunde gelegt.

In den vorgenannten Unterlagen sind viele detaillierte und teilweise auch überschneidende, d.h. in einer Zusammenführung redundante Zielsetzungen formuliert. Aufbauend auf einer Übersicht der Zielsetzungen und Maßnahmen der AG WSV Elbeländer (2004) lassen sich die naturschutzfachlichen Hauptziele integriert und zusammengefasst in Tab. Tab. 15 darstellen. Die Ziele sind gleichrangig zu betrachten und die Reihenfolge in der Auflistung stellt keine Wertung dar.

Zielsetzungen
Förderung fluss- und auentypischer Arten und insbesondere Arten der FFH-RL und Vogelschutz-RL
Erhaltung und Entwicklung naturnaher Ufer- und Gewässerstrukturen
langfristige Wiederherstellung und Förderung eigendynamischer Prozesse
Förderung fluss- und auentypischer Lebensräume, insbesondere FFH-Lebensraumtypen
Erhaltung und Entwicklung naturnaher Gewässer- und Auenstrukturen, Förderung des Artenaustauschs zwischen Strom und Aue
Entwicklung weitgehend natürlicher Auenstandorte, Auenstrukturen, Auenlebensräume und Auenlebensgemeinschaften
Förderung eines auentypischen Hydroregimes und der hiervon abhängigen Lebensräume und Lebensgemeinschaften
Förderung natürlicher Hartsubstrate als Lebensraum mit verschiedensten Funktionen
Förderung groß- und kleinräumiger, eigendynamischer Offenbiotop
Entwicklung und Förderung Struktur bildender, morphodynamischer Prozesse in Fluss und Aue
Erweiterung der rezenten Aue
Sicherung und Erhalt von Hart- und Weichholzauenwäldern

**Tab. 15: Übersicht der naturschutzfachlichen Zielsetzungen**

Diese Ziele werden nachfolgend zu den Maßnahmen des Sohlstabilisierungskonzepts im unmittelbaren Bezug auf ihre fördernden, indifferenten oder beeinträchtigenden Aspekte grundsätzlich bewertet, ohne einzelne Schutzgüter wie Fauna und Flora im Einzelnen zu differenzieren.

MASSNAHMEN	Zielsetzungen											
	Förderung fluss- und auentypischer Arten und insbesondere Arten der FFH- und Vogelschutz-RL	Erhaltung und Entwicklung naturnaher Ufer- und Gewässerstrukturen	langfristige Wiederherstellung und Förderung eigendynamischer Prozesse	Förderung fluss- und auentypischer Lebensräume, insbesondere FFH-Lebensraumtypen	Erhaltung und Entwicklung naturnaher Gewässer- und Auenstrukturen, Förderung des Artenaustauschs zwischen Strom und Aue	Entwicklung weitgehend natürlicher Auenstandorte, Auenstrukturen, Auenlebensräume und Auenlebensgemeinschaften	Förderung eines auentypischen Hydroregimes und der hiervon abhängigen Lebensräume und Lebensgemeinschaften	Förderung natürlicher Hartsubstrate als Lebensraum mit verschiedensten Funktionen	Förderung groß- und kleinräumiger, eigendynamischer Offenbiotope	Entwicklung und Förderung Struktur bildender, morphodynamischer Prozesse in Fluss und Aue	Erweiterung der rezenten Aue	Sicherung und Erhalt von Hart- und Weichholzauenwäldern
<b>an der Gewässersohle</b>												
Geschiebezugabe										(+)		
Geschiebeumlagerung		(-)								(-)		
Grobkornanreicherung		(-)						+				
Sohlverbau, Sohlfixierung	-	-	-	-						-		
<b>am Gewässerbett</b>												
Anpassung der Bauwerkshöhe auf das aktuelle Mittelwasserniveau.		(±)	(±)	(-)						+		
Umbau von bestehenden Regelwerksbauwerken in alternative Formen	+	+	(+)	+	+					+		
Rückbau nicht benötigter Bauwerke oder Bauwerksteile	+	+	+	+	+			-		+		
Anpassung der Bühnenlängen		±	(+)		+			±		(±)		
Uferabgrabungen und Abtrag von Uferreihen	+	±	+	(±)						+		+
Beräumung von Bühnenfeldern	+	+	+	(±)						+		+
<b>im Vorland</b>												
Aktivierung oder Anlage von Flutrinnen,	±		+	+	+	+	+			+		+
Anbindung von Altarmen,	±		+	+	+	+	+			+		+
Veränderung der Deichtrasse, Abflussflächenvergrößerung im Vorland	+		+	+	+		+			+	+	+
Sommerdeichschlitzungen	+		+	+	+		+			+		+
Absenken des Vorlandes	±		+	+	+	+	+			(+)	+	±
<b>der Gewässerunterhaltung</b>												
Beseitigung von massiven Ablagerungen und Gehölzen auf Regelwerksbauwerken,	-	-	±	±					±	(+)		-
Beseitigung von Anlandungen, die die Ausuferung behindern (Uferreihen),	±	±	+	+	+					+		+
Freihalten des Zuflusses zu Vorlandrinnen und Altarmen,	±	+	+	+	+	+				+		+
Aktivierung von bis Mittelwasser hydraulisch unwirksamen Bühnenfeldern,	±		+	+	+	+				+		±
Modifizierung von Bauwerken (z.B. Umgestaltung von Ufersicherungen über MW),	+	+	+	+	+					+		+
Rücknahme von nicht mehr erforderlichen Ufersicherungen	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+

Legende: leer = indifferent  
 + = Förderung  
 - = Beeinträchtigung  
 ± = potenziell unterschiedliche Wirkungen bei verschiedenen Schutzgütern  
 () = potenzielle Konflikte nicht ausgeschlossen, insbesondere durch lokale Besonderheiten

Tab. 16: Matrix der Wirkung der Maßnahmen auf die naturschutzfachlichen Zielsetzungen

Die in Tabelle Tab. 16 gekennzeichneten Beeinträchtigungen zeigen exemplarisch Konfliktpotenziale für folgende Maßnahmen auf:

→ Sohlverbau	Betroffen: Fische, MZB
→ Abgrabungen	Betroffen: Vegetation
→ Gehölzbeseitigung	Betroffen: Vegetation, ggf. FFH-Lebensraumtypen

Die hier als Konfliktpotenziale gekennzeichneten Wirkungen zeigen nur eine Wertung des grundsätzlichen Potenzials für einen Eingriff in wertgebende Bestände. Inwieweit eine konkrete Beeinträchtigung vorliegt, kann erst nach einer Bestandserhebung und Konfliktanalyse in einer Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) ausreichend ermittelt werden.

Aus fischökologischer Sicht sind die folgenden Maßnahmen für eine positive Entwicklung hervorzuheben:

- Materialentnahme zur Reaktivierung alter Flutrinnen und Altarme
- Bühnenfelder vertiefen und gleichzeitig Bühnen in Parallelwerke umwandeln
- Nebenarme durch Abgrabungen neu anlegen

Bei allen Maßnahmen ist grundsätzlich ein möglichst guter Schutz von Flachwasserbereichen gegenüber Schiffswellen und Sunk und Schwall anzustreben. Dann können sich ökologisch hochwertige Habitate mit klarem Wasser, großen Fischbrutvorkommen und teilweise auch reichlich Wasserpflanzen und Röhrrieten ausbilden.

Besonders wertvoll sind i.d.R. Flachwasserzonen, die sehr ausgedehnt sind und zugleich ein sehr kleines Querschnittsverhältnis der Öffnungen (zum Hauptstrom) zu den Flachwasserbereichen selbst aufweisen, d. h. kleine Öffnungen haben und zumindest abschnittsweise sehr breit und z. T. auch tief sind. Vertiefungen von Bühnenfeldern sind daher oft für die Fischfauna positiv zu bewerten und mögliche Beeinträchtigungen lassen sich durch ein abschnittsweises und zeitlich versetztes Vorgehen minimieren.

## 5.2 Naturschutzfachliches Fazit

In der Gesamtbetrachtung lässt sich aus naturschutzfachlicher Sicht zu den Maßnahmen folgendes Fazit ziehen:

Die Eindämmung der fortschreitenden Erosion ist eine wesentliche Voraussetzung für den Erhalt der auentypischen Funktionen.

Die Umsetzung aller Maßnahmen inklusive derjenigen im Vorland ist in der Summe gut geeignet, die naturschutzfachlichen Ziele einer Redynamisierung des Auenbereichs und Anstoßung auentypischer Prozesse auf größeren Flächeneinheiten zu ermöglichen sowie die Erhaltungs- und Entwicklungsziele der nationalen, europäischen und internationalen Schutzgebiete zu unterstützen.

Lokal ergeben sich durch einzelne Maßnahmen, vornehmlich im Flussbett und Uferbereich potenzielle Eingriffe in Lebensräume, die sich auf dem derzeitigen Bestand von schützenswerten Arten oder Lebensräumen negativ auswirken könnten. Auf Grund der Erfahrungen aus mehrjährigen Untersuchungen ist aber zu vermuten, dass diese Beeinträchtigungen vorübergehender Natur sind und die zukünftige Entwicklung insbesondere der annuellen und aulentypischen Arten und Lebensräume in den Uferbereichen im Grundsatz eher gefördert werden kann.

Die Umsetzung von Unterhaltungsmaßnahmen ohne Einbeziehung des Vorlands ist naturschutzfachlich zwar von einem hohen Impulswert für die dynamische Entwicklung des Flussbetts und der Ufer. Sie mindert die nachteiligen Folgen der langfristigen Eintiefung des Grundwassers für das Fluss-Auensystem aber nur zum geringeren Teil und realisiert daher nur eine auch langfristig unzureichende Ausschöpfung der potenziellen Möglichkeiten.



## 6 Folgenabschätzung bei fortschreitender Erosion ohne Gegenmaßnahmen

### 6.1 Allgemein

Zur Begründung der Notwendigkeit der Umsetzung des Sohlstabilisierungskonzeptes kann nicht, wie bei Investitions- und Ausbauvorhaben der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung üblich, auf eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zurückgegriffen werden. Das Konzept verfolgt nicht den Ausbau der Wasserstraße Elbe und damit verbunden einer Leistungssteigerung für die Schifffahrt. Es ist vielmehr ein Unterhaltungskonzept, welches darauf orientiert ist, die Fahrrinnenverhältnisse und damit die schiffahrtlichen Bedingungen zu stabilisieren, die Unterhaltung des Stromregelungssystems zu optimieren und den ordnungsgemäßen Zustand für den Wasserabfluss zu gewährleisten.

Die Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung, ist Eigentümerin der Bundeswasserstraße Elbe und damit für die ordnungsgemäße Unterhaltung auch des Gewässerbettes der Elbe zuständig.

Die Umsetzung von Maßnahmen zur Erosionseindämmung ist darüber hinaus von gesamtgesellschaftlicher Bedeutung. Im umweltpolitischen Focus steht hier u.a. die Wahrung des UNESCO-Biosphärenreservates Mittelelbe und des UNESCO Welterbe Gartenreich Dessau-Wörlitz, die durch die fortschreitende Erosion in ihrem heutigen Bestand potenziell gefährdet sind.

Um nochmals die Notwendigkeit zu unterstreichen aktiv und letztendlich auch alternativlos gegen die Erosionstendenzen vorzugehen, wird im folgenden Kapitel beschrieben was passiert, falls bei weiterhin bestehender Erosionsproblematik keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

### 6.2 Fortschreitende Erosion ohne Gegenmaßnahmen

Werden die Maßnahmen des Sohlstabilisierungskonzeptes nicht oder nur unzureichend umgesetzt, kann dies umfangreiche Auswirkungen haben. Zur Verdeutlichung werden im Folgenden die wesentlichen Nutzungseinschränkungen und ökologischen Beeinträchtigungen aufgeführt.

#### 1. Nutzungseinschränkungen für die Elbe als Wasserstraße:

- Einschränkungen der Fahrrinntiefe und -breite durch:
  - weiteres Herauswachsen von Felsrippen und anderen schwer erodierbaren Einschlüssen in der Sohle (z. Bsp. Tonlinsen, Findlinge)
  - Einengung der Fahrrinne in Krümmungsbereichen durch Kolkbildung und Anlandung
  - Ausbildung von Ungleichmäßigkeiten im Wasserspiegelgefälle (Starkgefällestrecken bei Niedrigwasser).
  - Einschränkung der Fahrrinntiefe durch Bauwerke Dritter (z.B. Veränderung der Dükerbauwerke, ggf. ist deren Rückbau erforderlich).
- Erhöhung der Unterhaltungskosten für die Erhaltung der Standsicherheit der Strombauwerke, da häufigere Instandsetzungen der Bauwerksvorlagen oder großräumige und flächenhafte Sicherungen der Gewässersohle durch Sohldeckwerke erforderlich werden.

- Erhöhte Kosten in der Geschiebebewirtschaftung als Folge des gestörten Feststofftransportes.
- Verringerung der Fahrrinntiefe in den Hafeneinfahrten und Nutzungseinschränkungen der Ufermauern (Standicherheit, Höhe), ggf. werden Anpassungen der Bauwerke erforderlich.
- Schäden an Ufersicherungen in Böschungs- bzw. Senkrechtbauweise und Gefährdung der Standicherheit von sonstigen Bauwerken (WSV und Dritte).

## 2. ökologische Einschränkungen der Elbe als Lebensraum:

- Verringerung der Artenvielfalt in der Flussaue.
- Verlust an flussautotypischen Biotopen mit Verlust an gefährdeten Arten bei Flora und Fauna.
- Fortschreitende Verlandung von Stillgewässern, wobei die natürlichen Verlandungstendenzen durch Absinken des Wasserspiegels infolge der Eintiefung der Elbe und im Zusammenhang mit Nährstoffeinträgen beschleunigt werden. Verlandung bzw. fehlende Überstauung können mittel- bis langfristig zum Verlust dieser Lebensraumtypen führen.
- Abtrennung von Altgewässern vom Elbstrom bis hin zu deren Verlust.
- Erhebliche Gefährdung der Erhaltungsziele von NATURA 2000 Gebieten, des UNESCO-Biosphärenreservates Mittelelbe und UNESCO Welterbe Gartenreich Dessau-Wörlitz.

## 3. weitere wirtschaftliche Nutzungseinschränkungen:

- Erhöhte Kosten durch die ständige Erfassung der hydrogeologischen Änderungen zur Aufrechterhaltung der Trink- und Brauchwasserfassungen
- Erhöhung der Energiekosten für Trink- und Brauchwassergewinnung
- Einschränkungen in der Förderleistung bestehender Wasserfassungen sowie der Neubau zur Sicherstellung der Versorgung,
- Einschränkung der Auslastung von Entnahmebauwerken Dritter
- Einschränkungen der touristischen Nutzung
- Ertragseinschränkungen der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung durch Absinken des Grundwasserspiegels
- Einschränkungen der fischereilichen Nutzung durch Reduzierung des Artenspektrums infolge von Lebensraumverlusten.

## 7 Ausführungs- und Erfolgskontrolle

### 7.1 Grundsätze der Erfolgskontrolle

Nach §7 der Bundeshaushaltsordnung unterliegt alles staatliche Handeln dem Gebot der Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit. Dieser Grundsatz verpflichtet die Handelnden, dafür Sorge zu tragen, dass die eingeleiteten Maßnahmen die beabsichtigten Wirkungen entfalten und die geplanten Ziele erreichen, d.h. erfolgreich sind. Dies sicherzustellen und nachzuweisen ist Aufgabe der Erfolgskontrolle. Begrifflichkeiten wurden hier im Wesentlichen aus PG ERFOLGSKONTROLLE (2005) angewendet.

Unter Erfolgskontrolle ist die systematische Untersuchung der tatsächlichen Wirkungen einer Maßnahme im Vergleich zu den erwarteten Wirkungen zu verstehen, wobei alle erreichten positiven und negativen Wirkungen eines Vorhabens zu berücksichtigen sind. Erfolgskontrollen sollen Planungsergebnisse bestätigen oder Abweichungen von den Planungen aufzeigen und erklären.

Die Ergebnisse einer Erfolgskontrolle bilden Entscheidungsgrundlagen für den Einsatz weiterer Haushaltsmittel und ermöglichen - im Fall von Maßnahmebündeln - die begründete Priorisierung der jeweiligen Einzelmaßnahmen.

Die Erfolgskontrolle selbst besteht in einem wertenden Vergleich auf der Basis der ursprünglichen Planung, mit dem nachgewiesen werden soll,

- dass die Maßnahmen entsprechend der Planungen ausgeführt wurden (Ausführungskontrolle),
- dass die erwarteten Ziele erreicht worden sind (Zielerreichungskontrolle),
- dass die erhofften Wirkungen eingetreten sind (Wirkungskontrolle),
- dass die durchgeführten Maßnahmen für die Wirkungen und für die Zielerreichung ursächlich waren und nicht auch unabhängig von den durchgeführten Maßnahmen eingetreten wären (Kausalitätsprüfung),
- welche Kosten im Vergleich zu den vorherigen Annahmen durch die Maßnahmen tatsächlich verursacht worden sind (Wirtschaftlichkeitskontrolle).

Zentrale Voraussetzungen zur erfolgreichen Durchführung einer Erfolgskontrolle sind:

- eine klare Definition der Ziele sowie
- die Festlegung der für den Nachweis der Zielerreichung maßgebenden Parameter und Methode.

### 7.2 Ausführungskontrolle

Der erste Schritt einer Erfolgskontrolle ist die Überprüfung der Ausführung der Maßnahme (Qualitätssicherung), die hier als Ausführungskontrolle bezeichnet wird.

1) begleitende Messungen bei Baumaßnahmen

- zur Ausschreibungsvorbereitung (z. B. Massenangaben),
- zur Qualitätssicherung und Bauabnahme (z. B. Endaufnahme der Bauwerksgeometrie) und
- Verkehrssicherung, der Stromsohle im Bereich der Maßnahme

2) Sonder-Messungen bei Geschiebezugaben

- Überprüfung der Kornzusammensetzung der Zugabematerialien bei Geschiebezugabe,
- Verkehrssicherungspeilung bei Geschiebezugabe,
- Überprüfung der Zugabemassen (Soll, Ist),
- ggf. Peilungen der Geometrie im Zugabebereich zur Prüfung des Abtransports und zur Beurteilung der Transportvorgänge,
- ggf. ergänzende Feststofftransportmessungen

3) Sonder-Kontrollen bei Baumaßnahmen in Seitenbereichen/Vorländern

- Durchflussmessungen in Seitenbereichen,
- Monitoring der Topografie der veränderten Bereiche und der benachbarten Stromsohle (nach Hochwasser).

## 7.3 Zielerreichungs-, Wirkungs- und Kausalitätskontrolle

### 7.3.1 Allgemeines

Mit dem zweiten Schritt der Erfolgskontrolle, der Zielerreichungskontrolle, wird festgestellt, in welchem Umfang die vorgegebenen Ziele zu einem festgelegten Zeitpunkt oder nach Abschluss der Maßnahmen erreicht worden sind. Dies geschieht durch Vergleich der angestrebten Ziele mit den tatsächlich erreichten. Da die Ziele (siehe Kap. 4.1) nicht sinnvoll quantifiziert werden können, lassen sich folgende Methoden heranziehen:

- der Ist-Ist-Vergleich: Vergleich des erreichten Ergebnisses nach Durchführung der Maßnahmen mit dem Ist vor Beginn der Maßnahmen,
- der Ist-Status-quo-Vergleich: Vergleich des erreichten Ergebnisses nach Durchführung der Maßnahmen mit dem Ergebnis, das sich ohne Durchführung der Maßnahmen ergeben hätte.

Der Ist-Ist-Vergleich erfordert eine ausreichende Messung der Kontrollparameter in der Natur. Der Ist-Status-quo-Vergleich wird mit Hilfe von Modellen durchgeführt. Im Rahmen dieses Vergleiches wird der historische Kontext (z. B. Vergleich aktueller Erosionsraten mit denen der Vergangenheit) berücksichtigt.

Mit dem dritten Schritt der Erfolgskontrolle, der Wirkungs- oder Kausalitätskontrolle, wird geprüft, ob und inwieweit die Maßnahmen ursächlich für die Erreichung der Ziele waren oder die Zielerreichung auf andere Einflussgrößen zurückzuführen ist, der erzielte Erfolg also auch eingetreten wäre ohne die zu beurteilenden Maßnahmen.

Im Rahmen der Wirkungskontrolle sind auch alle Wirkungen zu benennen, die unbeabsichtigt im positiven und negativen Sinne durch die Maßnahmen ausgelöst worden sind und die Zielerreichung beeinflusst haben. Für diese Kontrollen sind einerseits Naturmessungen erforderlich, die geeignet sind, die Wirkzusammenhänge besser zu verstehen.

Andererseits kommen zur Beschreibung der Wirkzusammenhänge unterstützend verschiedene Modellarten zum Einsatz.

Wirkungs-, Zielerreichungs- und Kausalitätskontrolle sind sowohl für flussbaulich-morphologische und hydrologische als auch für biotische Parameter durchzuführen.

### 7.3.2 Erfolgskontrolle flussbaulich-morphologischer und hydrologischer Parameter

Zur Zielerreichungs- und Wirkungskontrolle für den Ist-Ist-Vergleich (Auswertung von Naturmessungen) werden verschiedene Methoden eingesetzt, um die Wirksamkeit der umgesetzten Maßnahme zu prüfen. Insbesondere sind dies Methoden

- zum Monitoring der langfristigen und großräumigen Sohlentwicklung,
- zum Monitoring der kleinräumigen Entwicklung von Sohlgestalt, Wasserspiegel, Strömung,
- zur Prüfung der Dauerhaftigkeit der Maßnahme (z. B. Wiederverlandung beräumter Seitenbereiche).

Zentrale Parameter der Kontrolle werden unter Berücksichtigung der Maßnahmeziele und der Erhebungsverfahren in Tab. 17 benannt.

Parameter	Ziel	Nebenaspekt	Erhebung des Parameters
Höhe der Wasserspiegel bei niedrigen und mittleren Bezugsabflüssen	vermindertes Absinken	Hochwasserneutralität	⇒ Wasserspiegelfixierungen, ⇒ Durchflussmessungen, ⇒ Modellvergleich
Höhe der Sohle im Flussbett	vermindertes Absinken	Erhalt der Dynamik	⇒ Flächenpeilungen im Fahrwasser, ⇒ Modellvergleich
Wassertiefe für die Schifffahrt	Zielvorgaben eingehalten		⇒ Routine-Kontrolle der Fahrrirentiefen
Fließgeschwindigkeit, Schubspannung	Verringerung der für die Erosion relevanten Geschwindigkeiten	Vergleichmäßigung der Geschwindigkeiten im Längsschnitt	⇒ Strömungsmessungen, ⇒ Modellvergleich
Gefälle	möglichst gleichmäßig		⇒ Wasserspiegelfixierungen
Abflussanteil im Flussbett	bei HW reduzieren	im Längsschnitt annähernd konstant	⇒ Durchfluss- und Strömungsmessungen, ⇒ Modellvergleich
Feststoffrachten	gleichmäßiger Transport		⇒ Geschiebe- und Schwebstoffmessungen, ⇒ Tiefenpläne aus Peilungen, ⇒ Modellvergleich

Tab. 17: Zentrale abiotische Parameter der Erfolgskontrolle

Darüber hinaus werden die ersten Umsetzungen der geplanten Maßnahmen genutzt, um

- die Bauweisen, -technologien und Materialien auf ihre Eignung zu testen und zu optimieren,
- die Prognosefähigkeit der eingesetzten Modelle zu prüfen und zu verbessern.

Ein Teil der Kontrollen zur langfristigen Entwicklung der morphologischen und hydrologischen Parameter wird bereits im Rahmen der Kontrolle der Geschiebeabgabe und der Überwachung der Erosionsstrecke durchgeführt. Dieser Vorlauf war als Grundlage für die streckenscharfe Festlegung der Maßnahmen erforderlich und dient als Basis der Erfolgskontrolle der Gesamtmaßnahmen des vorliegenden Sohlstabilisierungskonzeptes.

Bei den geplanten konkreten Maßnahmen (Geschiebebewirtschaftung und bauliche Maßnahmen) ist eine sorgfältige Messung der morphologischen und hydrologischen Charakteristika des Flusses vor, während und nach den Maßnahmen über das z. B. im Peilkonzept der WSD Ost festgelegte Maß hinaus erforderlich, um Veränderungen der Strecke ausreichend schnell beschreiben und quantifizieren zu können.

Die maßnahmespezifischen Messungen zur Erfolgskontrolle fallen - wie bei jeder Maßnahme üblich - zusätzlich zur laufenden Kontrolle der langfristigen Entwicklung der morphologischen und hydrologischen Parameter an. Der Aufwand wird in den zu erarbeitenden Planungs- und Ausführungsunterlagen spezifiziert.

Zur Erfolgskontrolle morphologischer und hydrologischer Parameter werden verschiedene Untersuchungen genutzt. Die Kontrolle der langfristigen Sohlentwicklung soll als zentrale Aufgabe beispielhaft näher beschrieben werden.

### **Überwachung der langfristigen und großräumigen Sohlentwicklung**

Um Aussagen zur langfristigen Sohlhöhenentwicklung – und damit zur Wirksamkeit der Maßnahmen hinsichtlich der gewünschten Verminderung der Sohleintiefung – machen zu können, muss in den Naturmessdaten die Veränderlichkeit entsprechend der hydrologischen u. a. Randbedingungen („Dynamik“) von einem Trend in der zeitlichen Veränderung der Sohlhöhen separiert werden. Dies gelingt bei den insbesondere für Zeiträume unter 10 Jahren unsicheren Naturdaten nur, wenn verschiedene Methoden zur wechselseitigen Prüfung der Ergebnisse zum Einsatz kommen. Für die Methoden sind folgende Naturmessungen erforderlich:

- Peilungen der Topografie der Flusssohle,
- Wasserspiegelfixierungen bei niedrigen Abflüssen,
- Durchflussmessungen zur zeitnahen Aktualisierung der W-Q-Beziehungen an den Pegeln,
- Feststofftransportmessungen zur Aktualisierung der Feststofftransport-Abfluss-Beziehungen.

Für die direkte Auswertung der Naturmessungen mit dem Ziel, Trends der Sohlentwicklung für Zeiträume unter 10 Jahren zu quantifizieren, werden umfangreiche und belastbare Daten benötigt. Diese stehen nicht immer zeitnah im notwendigen Maße zur Verfügung, so dass ergänzend Modelle zur Erfolgskontrolle eingesetzt werden.

Die Modellkallibrierung erfolgt anhand der bekannten Sohlentwicklung der Vergangenheit. Die künftigen Sohlentwicklungen werden darauf hin für verschiedene Szenarien mit Hilfe von eindimensionalen Feststofftransport-Modellen berechnet und die Ergebnisse mit den in der Natur aufgetretenen Veränderungen verglichen.

### 7.3.3 Erfolgskontrolle biologischer Parameter

Wegen der Vielfalt der im Umweltbereich benutzten Begriffe, die häufigsten Begriffe sind Erfolgs-, Effizienz-, Effektivitäts-, Funktions-, Wirkungs-, Erstellungs-, Zielerreichungs- oder Maßnahmenkontrolle, ist es auch für den ökologischen Bereich erforderlich, zunächst die vorgesehenen Kontrollen zu definieren und abzugrenzen. Die BfG hat dazu in dem Bericht „Empfehlung für Erfolgskontrollen zu Kompensationsmaßnahmen beim Ausbau von Bundeswasserstraßen“ (BfG 2006b) die Begrifflichkeiten definiert und sich mit den Erfolgs- und Funktionskontrollen befasst.

Erfolgskontrollen dienen demnach dazu, unter Umständen während der Durchführung, insbesondere aber nach Herstellung von Maßnahmen festzustellen, ob und in welchem Ausmaß sie erfolgreich waren.

Eine durchgeführte Maßnahme kann z.B. dann als erfolgreich bezeichnet werden, wenn das formulierte Ziel zu einem hohen Grad erreicht wird (Zielerreichungsgrad). Dabei geht man oft nicht nur von der Herstellung der Maßnahmen aus, sondern misst ihnen in der Regel auch eine bestimmte Funktion zu. Das Erreichen dieser vorgesehenen Funktion ist Gegenstand der Funktionskontrolle. Mit der Funktionskontrolle wird der Umfang der erreichten ökologischen Wirksamkeit der Kompensationsmaßnahme (Zielerreichungsgrad) überprüft.

Für die ökologischen Erfolgskontrollen ist folgendes zu beachten:

- Voraussetzung für die konkrete Festlegung von fachlich sinnvollen Untersuchungen ist die eindeutige Formulierung der Zielsetzung, die mit der jeweiligen Maßnahme erreicht werden soll. Die Zielsetzung sollte in der Regel in einem landschaftspflegerischen Begleitplan formuliert und, bei entsprechender Notwendigkeit für die Maßnahme, im Planfeststellungsbeschluss fest geschrieben sein.
- Es ist weder möglich noch notwendig, zum Nachweis der Leistungsfähigkeit bzw. Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes regelmäßig eine vollständige Erfassung der betroffenen Tier- und Pflanzenarten durchzuführen (BVerwG, Beschl. v. 21.2.1997 -4B 177/96- in NuR 1997, 353). In der Regel werden Indikatorarten oder repräsentative Tiergruppen für die Betrachtung eines bestimmten Lebensraumes herangezogen.
- Für die Erfassung des Ausgangszustands einer Maßnahme ist auf vorhandene Daten (UVU, LBP, Daten Dritter usw.) zurückzugreifen. Soweit keine nutzbaren Daten vorliegen, sind Untersuchungen direkt vor der Durchführung der Maßnahme zur Schaffung einer Vergleichsbasis erforderlich.

- Die Einbeziehung von Referenzflächen in die Untersuchungen sollte geprüft werden. Diese Flächen liefern Vergleichsdaten zur Darstellung des Entwicklungspotenzials im lokalen oder regionalen Bereich. Sie ermöglichen die Ermittlung regional übergreifender Veränderungen z.B. räumlicher, klimatischer oder populationsbedingter Effekte und gestatten die abgesicherte Einschätzung von Veränderungen in der lokalen Maßnahme. Im Einzelfall kann dies dazu führen, dass die vorhandene Zielsetzung für einzelne Flächen angepasst werden muss. Referenzflächen müssen im Umfeld der Kompensationsmaßnahme liegen und annähernd gleiche Standortfaktoren aufweisen.
- Die Zeitdauer von Funktionskontrollen kann je nach Maßnahme unterschiedlich sein. Die Entwicklungszeit von Biotopen beträgt im günstigsten Fall einige Jahre, kann aber auch Jahrzehnte dauern. Selbst im letzteren Fall ist es jedoch möglich, innerhalb eines Zeitrahmens von maximal 10 Jahren zumindest die Entwicklungsrichtung der Kompensationsmaßnahme fest- und damit die Funktionsfähigkeit sicherzustellen. Die Untersuchungszeitpunkte sind in Abhängigkeit vom Biotop, den Ausgangsbedingungen, den Zielen und den durchzuführenden Pflegemaßnahmen zu bestimmen und nach jeder durchgeführten Kontrolle zu überprüfen.
- Zum Standard für Erfolgskontrollen gehört eine gesicherte Vergleichbarkeit der Methoden und Daten. Das bedeutet eine klar umschriebene objektive Festlegung und Protokollierung der methodischen Vorgehensweise sowie die Orientierung an wissenschaftlichen Standards. Zur Visualisierung und späteren Beweisführung sind kartographische und photographische Dokumentationen hilfreich.
- Für die Konzipierung von Funktionskontrollen kann zur Orientierung das in der Anlage 1 des o.g. BfG Berichts dargestellte Schema verwendet werden.

Faunistische Erhebungen zu Erfolgskontrollen können auf:

- Flächen (gesamtes Gebiet oder Maßnahme mit Umgebungsbereich)
- Auswahlbereichen (Einzelbiotope, Sonderbiotope, Strukturen, Tiefenzonen)
- Transekten (Längsschnitt entlang von Gradienten oder linienhaften Strukturen)
- Geländepunkten (Fallenstandorte, Greiferproben)  
erfolgen.

Sie müssen die jahreszeitlichen Gegebenheiten der Lebensraumnutzung durch Tiere sowie deren Lebenszyklen berücksichtigen und sind daher meist mehrfach während des Jahresgangs zu wiederholen.

Die jeweiligen Tiergruppen sollen auf Grund

- ihrer Biotop- bzw. Strukturgebundenheit
- ihrer Stellung in den Nahrungsbeziehungen
- des Grades ihrer Mobilität



Einblicke in unterschiedliche Strukturen und Entwicklungszustände der Lebensräume gewährleisten, so dass eine Bewertung der untersuchten Bereiche aus faunistisch-ökologischer Sicht möglich wird. Beispiele für die Auswahl von Tiergruppen in Abhängigkeit von der Zielstellung der jeweiligen Maßnahme werden in den in dem BfG-Bericht in Fallbeispielen dargestellt.

Vegetationskundliche Erhebungen werden vor allem im terrestrischen Bereich durchgeführt, weil sie die standörtlichen Gegebenheiten besonders gut widerspiegeln. Die Bestandsaufnahmen zur Erfassung der Vegetation bzw. Flora eines Standortes bzw. eines Gebietes können mit unterschiedlichen Methodiken durchgeführt werden.

Oftmals ergibt sich die Notwendigkeit, verschiedenartige vegetationskundliche und floristische Untersuchungsmethoden miteinander auf ein und derselben oder aber auf verschiedenen Flächen eines Untersuchungsgebietes zu kombinieren.

Bei der Erfassung der Vegetation kann unterschieden werden in:

- Flächenhafte Erfassungen und Darstellungen (besonders geeignet für den Vergleich von Flächenanteilen verschiedener Pflanzengesellschaften, z.B. Struktur-/Biotoptypen-/Biotopkartierungen, vegetationskundliche Kartierungen)
- Erfassung der Artenzusammensetzung innerhalb einer Pflanzengemeinschaft oder Erfassung von Populationen einzelner Arten (besonders geeignet für die Beschreibung von Veränderungen innerhalb von Pflanzengemeinschaften oder Populationen sowie der Verschiebung der Grenzen zwischen unterschiedlichen Pflanzengemeinschaften)

Um eine Vergleichbarkeit der zu verschiedenen Zeitpunkten erhobenen Daten zu gewährleisten, werden im Rahmen von Funktionskontrollen bei den vegetationskundlichen Erhebungen üblicherweise flächenscharf wieder auffindbare Dauerquadrate angelegt.

Die Anlage von Transekten (Längsschnitte) zur Dokumentation der Vegetationsveränderung ist dort angezeigt, wo z. B. steile ökologische Gradienten einen raschen Wechsel der Vegetationszusammensetzung bedingen (z. B. Vegetationszonierung an Gewässern).

Neben der Untersuchungstiefe der Kontrolluntersuchungen ist der Flächenbezug ein entscheidendes Kostenkriterium. So können intensive floristische Kartierungen innerhalb einzelner Dauerquadrate mit einem geringeren finanziellen Mitteleinsatz verbunden sein als Grobkartierungen auf großen Flächen.

Weitere allgemeingültige Hinweise zur Durchführung vegetationskundlich-floristischer Untersuchungen sind in dem o.g. BfG Bericht unter weiterführender Literatur zu finden.

## 8 Resümee

Natürliche Flusssysteme verändern durch das Wechselspiel zwischen Erosion und Anlandung ständig ihre Form und Gestalt. In ausgebauten Fließgewässern wie der Elbe sind der Selbstgestaltung jedoch enge Grenzen gesetzt. Morphologische Veränderungen können heute nur noch innerhalb des durch die Deiche begrenzten Querschnitts stattfinden und konzentrieren sich dort im Wesentlichen auf das durch Buhnen, Parallel- und Deckwerke festgelegte Mittelwasserbett. Da die Bauwerke nur begrenzte Seitenerosion zulassen, kann sich das Flussbett nur noch in vertikaler Richtung verändern. In Abhängigkeit von Sedimentzufuhr und Transportvermögen kommt es entweder zur Eintiefung oder zur Aufhöhung der Sohle. Wenn sich Sedimentzufuhr und Transportvermögen die Waage halten, bleibt die Sohlhöhe im räumlichen und zeitlichen Mittel stabil. Das ist an der Elbe zwischen Mühlberg bis hin zur Saalemündung nicht der Fall. Erosion ist die Folge.

Kennzeichnend für die Erosionsstrecke der Elbe ist der zeitlich anhaltende und räumlich ausgedehnte Trend zur Eintiefung der Gewässersohle. Diese Entwicklung ist in der sedimentologisch-morphologischen Charakteristik der Erosionsstrecke begründet, wird aber auch durch anthropogene Eingriffe aus der Vergangenheit beeinflusst. Die mittlere Erosionsrate beträgt ca. 1 cm/a, örtlich werden auch 2 cm/a erreicht. Die Eintiefung erfolgt dabei nicht kontinuierlich und nicht gleichmäßig über die gesamte Strecke. Die Folgen der Erosion für Funktionsfähigkeit und Standsicherheit des Regelungssystems sowie für Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs sind erheblich.

Neben den Auswirkungen, die die Erosion für die Elbe als Schifffahrtsweg hat, sind die Folgen der Absenkung von Gewässersohle und mittlerer Wasserspiegellage insbesondere für den Lebensraum Elbe mit seinen bedeutenden internationalen und nationalen Schutzgebieten als besonders nachteilig zu bewerten.

Um die Möglichkeiten zu prüfen, wie einer weiter fortschreitenden Erosion entgegen zu wirken ist, wurde von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), fachlich begleitet durch die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und mit Unterstützung durch die Bundesländer Sachsen und Sachsen-Anhalt eine Analyse der Ist-Situation und die Benennung und Bewertung von vorliegenden erosionsspezifischen Untersuchungen hinsichtlich ihrer jeweiligen Eignung für die Bekämpfung der Erosion vorgenommen. Im Ergebnis wird ein spezifisches Maßnahmenprogramm benannt, für welches auch eine naturschutzfachliche Einschätzung vorgenommen wird.

Mit den hier vorgestellten Maßnahmen zur Stabilisierung der Sohlverhältnisse zwischen Mühlberg und der Saalemündung liegt somit ein Konzept vor, mit dem sich, nach entsprechender Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen, die weiteren Erosionstendenzen erfolgreich auf ein nahezu natürliches Mindestmaß reduzieren lassen.

## 9 Quellenverzeichnis

- AG WSV - ELBELÄNDER (2004) Einschätzung wasserbaulicher Unterhaltungsmaßnahmen in Schutzgebieten der Elbe und Empfehlungen für die Erleichterung der Abstimmungsverfahren, unveröff. Bericht der AG WSV-Elbeländer, Magdeburg 2004
- ALEXY, M. (1997) Feststofftransportmodell für einen Abschnitt der Elbe-Erosionsstrecke. Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft. Band 51, Hamburg, 25-37.
- ALEXY, M., FUEHRER, M., KÜHNE, E. (1996) Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse auf der Elbe bei Torgau - Vorbereitung, Ausführung, Erfolgskontrolle. In HANSA, Band 90, Springer Verlag, 1995.
- ALEXY, M (2004) Feststofftransportmodell zur Simulation von Geschiebezugabeszenarien zur großräumigen und langfristigen Stabilisierung der Elbesohle in der Erosionsstrecke. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen, Heft 27, S. 459 – 471, Dresden.
- ANLAUF, A., HENTSCHEL, B. (2002) Untersuchungen zur Wirkung verschiedener Buhnenformen auf die Lebensräume in Buhnenfeldern der Elbe. In Die Elbe – neue Horizonte des Flussgebietsmanagements, Tagungsband des 10. Magdeburger Gewässerschutzseminars, Verlag Teubner, Stuttgart (ISBN 3-519-00420-8) S. 199 – 202
- ARGE ELBE (2008) Gewässergütebericht 2006
- ARTEN- UND BIOTOPSCHUTZPROGRAMM ELBE (ABSP) (2001) BERICHTE des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt Sonderheft 3 (2001)
- BAUCH, G. (1958) Untersuchungen über die Gründe für den Ertragsrückgang der Elbfischerei zwischen Elbsandsteingebirge und Boizenburg, Zeitschrift für Fischerei, NF 3-6, 361-437
- BAW, WSA DRESDEN, BFG 2005: Erosionsstrecke der Elbe – Bewertung der Geschiebezugaben und ergänzende Untersuchungen 2000
- BAW (1991) Bericht über die Entwicklung der Mittel- und Niedrigwasserstände der Elbe seit Festlegung des Regulierungswasserstandes 1959, Bundesanstalt für Wasserbau, Berlin (unveröffentlicht).
- BAW (1992) Gutachten zum Auftrag Felsabtragung Torgau, Bundesanstalt für Wasserbau, Berlin (unveröffentlicht).
- BAW (1993) Stellungnahme zum Entwurf HU/AU für die Sohlstabilisierung der Elbe zwischen den Torgauer Brücken, El-km 154,62 bis 155,70, Bundesanstalt für Wasserbau, Berlin (unveröffentlicht).
- BAW (1994) Gutachten über hydraulische Untersuchungen zur Sohlstabilisierung zwischen den Torgauer Brücken, Bundesanstalt für Wasserbau, Berlin (unveröffentlicht).
- BAW (1996a) Verschiedene Vorträge beim BAW-Kolloquium: Flussbauliche Untersuchungen zur Stabilisierung der Erosionsstrecke der Elbe am 9.3.1995. Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau Nr. 74, Karlsruhe.
- BAW (1997a) Abschnitt Apollensdorf (El-km 220,000 bis 235,000), Untersuchung der Möglichkeiten zur Verbesserung der Fahrrinntiefe, Gutachten der Bundesanstalt für Wasserbau, Berlin 1997, (640061 - unveröffentlicht)
- BAW (1997b) Erosionsstrecke der Elbe - Feststofftransportmodell El-km 140,3-163,4; Bundesanstalt für Wasserbau, Berlin (unveröffentlicht – 64-0041).

- BAW (1998a) Erosionsstrecke der Elbe, Feststofftransportmodell El-km 140,3 - 164,4: Einfluss von Bühnenabsenkungen und Kolkverbau auf die Entwicklung der mittleren Sohlenlagen, Bundesanstalt für Wasserbau, Berlin (640041 - unveröffentlicht).
- BAW (1998b) Untersuchungen der Auswirkung von Maßnahmen im Elbevorland auf die Strömungssituation und die Flussmorphologie am Beispiel der Erosionsstrecke und der Rückdeichungsbereiche zwischen Wittenberge und Lenzen, Zwischenbericht 1997, Bundesanstalt für Wasserbau, Berlin (FKZ0339575 - unveröffentlicht).
- BAW (1999) Untersuchungen der Auswirkung von Maßnahmen im Elbevorland auf die Strömungssituation und die Flussmorphologie am Beispiel der Erosionsstrecke und der Rückdeichungsbereiche zwischen Wittenberge und Lenzen, Zwischenbericht 1998, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (FKZ0339575 - unveröffentlicht).
- BAW (2000a) Erosionsstrecke der Elbe. Hydraulisches Modell „Mockritz-Döbern“, El-km 160,2-164,0. Gutachten. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (FKZ0339575 und 640041 - unveröffentlicht).
- BAW (2000b) Untersuchungen der Auswirkung von Maßnahmen im Elbevorland auf die Strömungssituation und die Flussmorphologie am Beispiel der Erosionsstrecke und der Rückdeichungsbereiche zwischen Wittenberge und Lenzen, Schlussbericht, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (FKZ0339575 - unveröffentlicht).
- BAW (2000c) Elbeabschnitt Apollensdorf: Stromregelung bei Coswig/Anhalt. Gutachten der Bundesanstalt für Wasserbau, Berlin 1997, (640061 - unveröffentlicht)
- BAW (2001a) Feststofftransportmodell El-km 120 – 250. Gutachten zum Auftrag Nr. 99.3.02.10005.01, Abteilung Wasserbau im Binnenbereich, Referat W2, Karlsruhe.
- BAW (2001b) Erosionsstrecke der Elbe, Erfolgskontrolle Torgau, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (unveröffentlicht – 64-0041).
- BAW (2002) Konzeptpapier, Konkrete bauliche Maßnahmen zur Erosionseindämmung im Gesamtkonzept „Erosionsstrecke der Elbe“, unveröffentlichtes Konzept der Bundesanstalt für Wasserbau
- BAW (2003) Feststofftransportmodell El-km 120 – 250, Simulation von Geschiebezugabeszenarien, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (unveröffentlicht 3021000501).
- BAW (2004a) Gutachten zu eindimensionalen Wasserspiegelberechnungen der Elbe in Sachsen (El-km 0 - 180), Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (unveröffentlicht im Auftrag der Landestalsperrenverwaltung Sachsen, BAW 3021008200).
- BAW (2004b) Zwischenbericht ARGO-Elbe, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (3021005000 - unveröffentlicht)
- BAW (2003) Testat zur Hochwasserneutralität der Geschiebebewirtschaftung der Mittel- und Oberelbe, Bundesanstalt für Wasserbau (unveröffentlicht – 3001000300).
- BAW (2005) Voruntersuchung zum Regelungssystem der deutschen Binnenelbe El-km 0 bis 569,3, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (30210097.00 – unveröffentlicht)
- BAW (2007) Begutachtung des Elbe-Abschnitts Coswig (Elbe-km 220,2 - 245,6) mit Hilfe eines 2D HN-Modells, Teil 1: Istzustandsanalyse bis zum Ausuferungsabfluss, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (30210011-01 – unveröffentlicht)
- BAW (2008) FTM-Prinzipmodell, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (in Arbeit)

- BAW, BfG (1996) Erosionsstrecke der Elbe - Bericht zur wissenschaftlichen Vorbereitung und Begleitung des Naturversuchs Geschiebezugabe. Gemeinsamer Bericht der Bundesanstalten für Wasserbau und Gewässerkunde, Bundesanstalt für Wasserbau, Berlin (unveröffentlicht – 64-0057).
- BAW, BfG (1998) Pflege des Bezugswasserstands GIW 1989\*(20d) an der Elbe. Bundesanstalt für Wasserbau, Berlin 1998 (640054-unveröffentlicht).
- BAW, BfG (2000) Erosionsstrecke der Elbe – Ergebnisse des dritten Naturversuchs Geschiebezugabe, Zugabejahr 1998. Gemeinsamer Bericht der Bundesanstalten für Wasserbau und Gewässerkunde, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (unveröffentlicht – 64-0057, 99.3.02.10005.01).
- BAW, BfG (2001) Erosionsstrecke der Elbe – Ergebnisse des vierten Naturversuchs Geschiebezugabe, Zugabejahr 1999. Gemeinsamer Bericht der Bundesanstalten für Wasserbau und Gewässerkunde, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (unveröffentlicht – 64-0057, 99.3.02.10005.01).
- BfG (1994a) Kornzusammensetzung der Elbesohle von der tschechisch-deutschen Grenze bis zur Staustufe Geesthacht, Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG-0834, Berlin (unveröffentlicht).
- BfG (1994b) Tracertechniken und stochastische Modelle zur Optimierung des Sedimentmanagements in schiffbaren Flüssen, BfG-0844, Koblenz (unveröffentlichter Bericht).
- BfG (1996) Überarbeitung der Abflusskurven am Pegel Torgau für die Jahre 1971 - 1993, Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG-1041, Berlin (unveröffentlicht).
- BfG (2000) Quantifizierung sohlhöhenrelevanter Feststofftransportprozesse in der Elbe, Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG-1307, Berlin (unveröffentlicht).
- BfG (2003): Bedeutung der Nebenflüsse für den Feststoffhaushalt der Elbe. Abschlussbericht BMBF-Projekt 0339600/1, BfG-1382, Koblenz im April 2003
- BfG (2004a) Feststofftransport und Flussbettentwicklung der Elbe, Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG-1431, Koblenz (unveröffentlichter Bericht).
- BfG (2004b) Ökologische Untersuchungen von Maßnahmen zum Sedimentmanagement in Bundeswasserstraßen, Fallstudie: Ichthyofauna und Benthosfauna an der Elbe im Bereich der Erosionsstrecke bei Torgau (km 130-180) und der Reststrecke bei Hitzacker (km 508 - 521).- 1. Zwischenbericht, Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG - 1439:, Koblenz.
- BfG (2006a) Inform BfG, Ökologische Modellierungen für die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung, Versuchsstrecke Wittenberg - Dessau an der Elbe ; unveröff. Bericht BfG-1435
- BfG (2006b) Empfehlung für Erfolgskontrollen zu Kompensationsmaßnahmen beim Ausbau von Bundeswasserstraßen, 2. überarb. Fassung, BfG Bericht 1450
- BfG (2007)“ Fachliche Einschätzungen der FFH-Verträglichkeit von Unterhaltungsmaßnahmen an der Bundeswasserstraße Elbe Abschnitt 1 bis 6; Koblenz 2007 (unveröffentl. Gutachten)
- BfG (2008a) Ökologische Modellierung zur Bühneninstandsetzung und Uferabgrabung, Pilotmaßnahmen Klöden/Elbe ; 1. Zwischenbericht ; Aufgabenstellung und Zusammenstellung der für die Modellierung erforderlichen Daten, unveröff. Bericht BfG-1596
- BfG (2008b): Sedimentologische Aufnahme der Elbesohle von der tschechisch-deutschen Grenze bis zur Saalemündung. Bericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde in Vorbereitung

- BfG (2008c): Einschätzung der ökologischen Wirkungen der Geschiebebewirtschaftung an der Mittel- und Oberelbe, BfG Bericht in verb.
- BfG, BAW (1997) Erosionsstrecke der Elbe. Ergebnisse des ersten Naturversuches zur Geschiebezugabe. Gemeinsamer Bericht der Bundesanstalten für Wasserbau und Gewässerkunde, Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG-1093, Berlin 1997 (unveröffentlicht).
- BfG, BAW (1999) Erosionsstrecke der Elbe. Ergebnisse des zweiten Naturversuches zur Geschiebezugabe. Gemeinsamer Bericht der Bundesanstalten für Wasserbau und Gewässerkunde, Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG-1212, Berlin (unveröffentlicht).
- BMV (1987) Untersuchung der Abfluss- und Geschiebeverhältnisse des Rheins, Schlussbericht, Bundesministerium für Verkehr
- BMV (1997) AG Rheinsohlenerosion; Sohlgleichgewicht am Rhein-Bericht der Arbeitsgruppe „Rheinsohlenerosion“, Bestandsaufnahme und Maßnahmenprogramm; Münster/Mainz; Dez. 1997
- BMVBW (2005) Grundsätze für das Fachkonzept der Unterhaltung der Elbe zwischen Tschechien und Geesthacht mit Erläuterungen, Magdeburg, veröffentlicht auf <http://www.wsd-ost.wsv.de>
- BMVBS (2007) Schifffahrt und Wasserstraßen in Deutschland – Zukunft gestalten im Zeichen des Klimawandels, Bestandsaufnahme, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn
- DARMER, G., HALFMANN, J., HERRMANN, A. & KADE, N. (2001) Flusslandschaft Elbe im Bereich des Landkreises Wittenberg, Naturraumpotential und Schutzwürdigkeit, unveröff. Gutachten Büro UMD, Umweltvorhaben Möller & Darmer GmbH
- DZIOCK, F.; FOECKLER, F.; SCHOLZ, M.; STAB, S.; HENLE, K. (EDS.): Bioindication and functional response in floodplain systems - based on the results of the project RIVA. - International Review of Hydrobiology - special issue 91(4)
- FAULHABER, P. (1998) Entwicklung der Wasserspiegel- und Sohlenhöhen in der deutschen Binneneibe innerhalb der letzten 100 Jahre – Einhundert Jahre „Elbestromwerk“. In Gewässerschutz im Einzugsgebiet der Elbe, 8. Magdeburger Gewässerschutzseminar, Teubner Stuttgart, Leipzig.
- FAULHABER, P. (2000a) Untersuchung der Auswirkung von Maßnahmen im Elbevorland auf die Strömungssituation und die Flussmorphologie. In Tagung „Gewässerlandschaften“, Wasser Berlin 2000, BMBF Symposium Elbeforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung (Veranstalter), ATV-DVWK-Schriftenreihe, Heft 21, S. 297-320, Verlag für Abwasser, Abfall und Gewässerschutz, Hennef.
- FAULHABER, P. (2001) Maßnahmen gegen die Sohleneintiefung der Elbe. In Wasserwirtschaft-Wassertechnik, Heft 7, Berlin.
- FAULHABER, P., ALEXY, M. (2005) Artificial bed load supply at the River Elbe – investigation and realization. In Large River Vol. 15, No. 1-4, Arch. Hydrobiol. Suppl. 155/1-4, p.539-547.
- FAULHABER, P., WILLAMOWSKI, B. (2002) Schifffahrtsbedingungen der Elbe – Ein Überblick über die Bezugswasserstände für Ausbau und Unterhaltung. In Die Elbe – neue Horizonte des Flussgebietsmanagements, Tagungsband des 10. Magdeburger Gewässerschutzseminars, Verlag Teubner, Stuttgart (ISBN 3-519-00420-8) S. 287 – 290.
- Fladung, E., M. Scholten, R. Thiel (2003): modelling the habitat preferences of preadult and adult fishes on the shoreline of the large, lowland Elbe River, J. Appl. Ichthyol. 19. (2003) 303-314

- FOECKLER, F.; HENLE, K.; SCHOLZ, M.; STAB, S. (in Druck): Entwicklung von Indikationssystemen am Beispiel der Elbaue - Ulmer Verlag, Stuttgart
- GABRIEL, T. (2008): Wasserdargebot im Einzugsgebiet der Elbe in Abhängigkeit hydroklimatischer und wasserwirtschaftlicher Verhältnisse und die Auswirkungen auf den Abfluss; In *Binnenschifffahrt*, 63. Jahrgang, 2008, Heft 6/2008, S. 86-89
- GÖLZ, E. (1999) Dynamic bed stabilisation of navigable rivers. Proc. IAHR-Symp. River Coastal and Estuarine Morphodynamics, Genova, 101-110.
- HENLE, K.; SCHOLZ, M.; STAB, S.; RINK, M.; BÖHNKE, R.; RINKLEBE, J.; MEYENBURG, G.; HEINRICH, K.; AMARELL, U.; FOECKLER, F.; DEICHNER, O.; SCHANOWSKI, A.; FIGURA, W.; DZIOCK, F.; FOLLNER, K.; FUCHS, E.; PETER, W.; HÜSING, V. (2000): Methodische Grundlagen zur Entwicklung eines robusten Indikationssystems für ökologische Veränderungen in Auen. - In.: *Gewässerlandschaften - bmbf Symposium Elbeforschung*. - ATV-DVWK-Schriftenreihe 21, S. 173-201
- HGN-HYDROGEOLOGIE NORDHAUSEN (1994): Gefälleausgleichstrecke der Elbe bei Torgau, Elbe-km 140-170; Erläuterungen zur hydrogeologischen Situation in Ergänzung der Karten und Schnitte mit Schlussfolgerungen für die Baumaßnahme (unveröffentl. Gutachten)
- HORLACHER, H.B., D. CARSTENSEN & U. HELBIG (2007): Monitoringprogramm: Wasserbauliche und gewässerökologische Untersuchungen nach einer flussbaulichen Maßnahme (Streichlinienregulierung Gallin), Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik, Forschungsbericht 2007/01 im Auftrag des WSA Dresden
- HUNZINGER, L. (2004) Flussaufweitungen: Möglichkeiten und Grenzen. In *Wasser, Energie, Luft*, 96. Jahrgang, 2004, Heft 9/10, S. 243-249
- HÜSENER, T. (2004) Luminoforentracer an der Elbe – Ergebnisse und Probenahmestrategie. In *Schriftenreihen Veranstaltungen 4/2004: Tracer und Abriebversuche – Gewinnung morphologischer Basisdaten für die Bewirtschaftung defizitärer Flusssysteme*. *Gewässermorphologisches Kolloquium der Bundesanstalt für Wasserbau 6.11.2003, Koblenz*, S. 49 – 60
- IKSE (2005) Die Elbe und ihr Einzugsgebiet; Ein geographisch-hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Überblick. Hrsg. Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, Magdeburg
- IKSE (2008) Die Fischfauna des Elbestroms – Bewertung nach der Wasserrahmenrichtlinie - Hrsg. Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, Magdeburg
- IUCN (2008) The 2008 Review of the IUCN Red List of Threatened Species; International Union for Conservation of Nature, [www.iucn.org/redlist](http://www.iucn.org/redlist)
- KÜHNE, E., SCHOßIG, R. (2000) Geschiebezugabe zur Sohlstabilisierung der Elbestrecke unterhalb Dresden. In *Wasserbaukolloquium des Instituts für Wasserbau und Technische Hydromechanik 16. bis 17.3.2000, TU Dresden, Dresden* (ISBN 3-86005-243-8).
- LANDSCHAFTSPLANUNG DR. REICHHOFF (1995): Studie zur Analyse und Bewertung der Schutzgüter sowie Pflege und Entwicklung des NSG „Untere Schwarze Elster“, Landkreis Wittenberg. - unveröff. Gutachten, Dessau.
- LENKENHOFF, P. & ROSE, U. (2002) LAWA-ProjektG1.01: Erfassung, Beschreibung und Bewertung grundwasserabhängiger Oberflächengewässer und Landökosysteme hinsichtlich vom Grundwasser ausgehender Schädigungen, Bericht zu Teil 1: Erarbeitung und Bereitstellung der Grundlagen und erforderlicher praxisnaher Methoden zur Typisierung und, Lokalisation grundwasserabhängiger Oberflächengewässer und Landökosysteme, Erftverband (Hrsg), 35 S.+ Anlagen

- LWI (2008) Prof. Dr.-Ing. habil. A. Dittrich: Weitergehende Auswertung sedimentologischer Daten der Oder (und Elbe). Leichtweißinstitut, Bericht 959, Technische Universität Braunschweig (in Arbeit)
- Ministerien NL (2006) Planfeststellungsbeschluss Raum für den Fluss ([www.ruimtevoorderivier.nl](http://www.ruimtevoorderivier.nl)), niederländisches Ministerium für Verkehr, Wasserwirtschaft und öffentliche Arbeiten und Ministerium für Wohnungswesen, Raumordnung und Umwelt und Ministerium für Landwirtschaft, Natur und Lebensmittelqualität
- MÜLLER, R. (2004) Charakterisierung litoraler Makrozoobenthoszönosen von Randgewässern der Ober- und Mittel-Elbe Greifswald, Univ., Diss., 2004
- MONREAL, S. (2004) Naturversuch Elbe - Einsatz eines petrographischen Tracers zur Untersuchung des Geschiebetransports, Diplomarbeit, Geographisches Institut der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (unveröffentlicht).
- NESTMANN, F.; BÜCHELE, B. (2002) Morphodynamik der Elbe, Schlussbericht des BMBF-Verbundprojektes „Elbe-Ökologie“, Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe
- ODGAARD, JACOB A. , MOSCONI, CARLOS (1987) Streambank Protection by Submerged Vanes. In: Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 113 (4) 520-536
- PG EROSIONSTRECKE (2001) Erosionsstrecke der Elbe. Ergebnisse der Naturversuche zur Geschiebezugabe 1996-1999, WSD Ost, WSA Dresden; BAW, BfG, unveröffentlichter Bericht der Projektgruppe „Erosionsstrecke“.
- PG EROSIONSTRECKE (2005) Erosionsstrecke der Elbe. Bewertung der Geschiebezugaben und ergänzende Untersuchungen 2000 bis 2003, WSD Ost, WSA Dresden; BAW, BfG, unveröffentlichter Bericht der Projektgruppe „Erosionsstrecke“
- PG ERFOLGSKONTROLLE (2005) Gesamtkonzept zur Durchführung einer Erfolgskontrolle des Geschiebemanagements am Rheinstrom, Projektgruppe Erfolgskontrolle, September 2005
- PLAN T (2007) Kontrolluntersuchung zum Elbe FFH-Vertragsverletzungsverfahren Elbe km 225,3 bis 241,9 unveröff. Gutachten,
- POTT, R., REMY, D. (2000): Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht: Gewässer des Binnenlandes. - 250 S. Ulmer Verlag
- PROMNY, M. (2003) Modellversuche zum Transportverhalten von gerundetem und gebrochenem Material. Bericht der Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde
- PUSCH, M.; FISCHER, H. (Hrsg.) (2006) Stoffdynamik und Habitatstruktur in der Elbe. – Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft, Bd. 5. Weißensee Verlag Berlin, Ergebnisse des Forschungsverbundes Elbe-Ökologie
- RANA (1999): Pflege- und Entwicklungsplan für das NSG „Alte Elbe bei Bösewig“. - unveröff. Zwischenbericht, Halle.
- RECKENDORFER, W.; SCHMALFUSS, R.; BAUMGARTNER, C.; HABERSACK, H.; HOHENSINNER, S.; JUNGWIRTH, M.; SCHIEMER, F. (2005) The Integrated River Engineering Project for the free-flowing Danube in the Austrian Alluvial Zone National Park: contradictory goals and mutual solutions. In Large Rivers Vol. 15, No. 1-4, Arch. Hydrobiol. Suppl. 155/1-4, p. 613-630
- RINK, M. (2003): Ordinationsverfahren zur Strukturanalyse ökosystemarer Felduntersuchungen und Lebensraumeignungsmodelle für ausgewählte Arten der Elbauen. – Diss., UfZ-Bericht 8, 256 S. Leipzig



- RIZA (1999) Twice a River. Rhine and Meuse in the Netherlands, National Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment (RIZA-report no 99.003)
- RIZA (2001) Raum für den Rhein in den Niederlanden, Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse, Rijkswaterstraat Direktion (RIZA-report no 2001.034)
- ROMMEL, J. (2005) Quantifizierung der Geländehöhen-Veränderungen im Vorland der frei fließenden deutschen Elbe, Untersuchung im Auftrag der Bundesanstalt für Wasserbau, unveröffentlicht
- SAUER, W., SCHMIDT, A. (2001) Die Bedeutung des suspensierten Sandes für die Sohlhöhenentwicklung der Elbe. In Wasserwirtschaft 91, Heft 9.
- SCHMIDT, A., FAULHABER, P. (1998) Geschiebezugabe in der Erosionsstrecke der Elbe, Binnenschifffahrt, Nr.23, I. Dezember-Ausgabe, S. 41-45.
- SCHMIDT, A., FAULHABER, P. (2001) Five years of artificial bed load feeding in the river Elbe. In Tagungsband „River Basin Management“, 11.-13. September, Cardiff, Wessex Institut of Technologie, UK
- SCHMIDT, S., Haybach, A, König, B., Schöll, F. Koop, J.H.E. (2007) Makrozoobenthosbesiedlung und Sedimentumlagerung in Bundeswasserstraßen, Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 51. H. 6,
- SCHOLZ, M.; STAB, S.; HENLE, K. (HRSG.) (2001): Indikation in Auen - Präsentation der Ergebnisse aus dem RIVA-Projekt. - UfZ-Bericht Nr. 8/2001, 190 S. Leipzig
- SCHOLZ, M.; STAB, S.; DZIOCK, F.; HENLE, K. (HRSG.) (2005) Lebensräume der Elbe und ihrer Auen, Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft, Bd. 4. Weißensee Verlag Berlin, Ergebnisse des Forschungsverbundes Elbe-Ökologie

## 10 Glossar und Abkürzungsverzeichnis

Benennung	Einheit	Erklärung / Definition	Quelle
abiotisch	[-]	unbelebte Umweltfaktoren, z.B. Licht, Temperatur, etc. (im Gegensatz zu biotisch)	Glossar BfG-1178 (Mai 2000)
Abfluss (Q)	[l/s, m <sup>3</sup> /s]	a) Allgemein: Unter dem Einfluss der Schwerkraft auf und unter der Landoberfläche sich bewegendes Wasser b) Quantitativ: Wasservolumen, das einen bestimmten Querschnitt in der Zeiteinheit durchfließt und einem Einzugsgebiet zugeordnet ist. (siehe Durchfluss)	DIN 4049-3
n-jährlicher Abfluss Q <sub>n</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	Abfluss, der im Mittel alle n-Jahre entweder einmal erreicht oder überschritten (z.B. HQ <sub>100</sub> ) oder einmal erreicht oder unterschritten (z.B. NQ <sub>20</sub> ) wird.	DIN 4049-1
Abflussquerschnitt ( <i>auch: Fließquerschnitt</i> )	[m <sup>2</sup> ]	Fläche normal zur Hauptströmungsrichtung, die von einer Flüssigkeit durchströmt wird.	DIN 4044, DIN 4047-5
Abundanz	[-]	Anzahl der Individuen (Organismen) in Bezug auf eine Flächen- oder Raumeinheit	
Aerodynamisches Modell		hier Maßstabsmodell, das als Analogiemodell die Freispiegel-Wasserströmung in Druckmodellen mit dem Fluid Luft nachbildet (Luftmodell)	
Akkumulation ( <i>auch: Sedimentation, Auflandung, Verlandung, Versandung</i> )	[-]	Ablagerung von Wasserinhaltsstoffen. Je nach dem Ort der Ablagerung unterscheidet man zwischen fluvialer, limnischer und mariner Sedimentation.	DIN 4049-3
Altarm	[-]	stehen als ehemalige Flussstrecken dauernd einseitig (oder beidseitig, dann aber nicht dauernd durchströmt, sonst wären es Flussarme) mit dem Fließgewässer in Verbindung	DIN 4047-5
Altgewässer	[-]	(Altarme, Altwasser und Qualmgewässer) sind ehemalige Flussstrecken, die als dauernd oder regelmäßig über lange Zeit Wasser führende Gewässer unmittelbar oder mittelbar oberirdisch und/oder unterirdisch mit dem Abflussregime des Wassers verbunden sind	
anadrom	[-]	Bezeichnung für die Wanderung mancher Fische (Lachse, Störe), die als fortpflanzungsreife Tiere die Flüsse aufwärts ziehen, dort laichen und - soweit sie nicht danach absterben – wieder ins Meer zurückkehren.	
annuell	[-]	einjährig	
Aue	[-]	Der von einem Fließgewässer beeinflusste Talbereich mit im Jahresverlauf stark schwankendem Grundwasserspiegel, teils mit zeitweiliger Überflutung und Auflandung, teils mit Qualmwasseraufstieg. Man unterscheidet u. a. in Weichholzaue und in Hartholzaue.	
Bauwerkssollhöhe	[m+NHN]	Höhe der Bauwerke im Planungszustand <i>Siehe Bezugswasserstand:</i>	
BAW	[-]	Bundesanstalt für Wasserbau	
Bettbildung	[-]	Umgestaltung des Gewässerbettes durch Strömungsangriff und Feststofftransport.	
Bewegliche Sohle	[-]	Gewässersohle mit Lockersedimenten, die auflanden und eintiefen kann.	
Bezugswasserstand ( <i>auch GIW, RW und MW</i> )	[cm], [m+NHN]	Wasserstand, auf den sich Regelungsziele beziehen: <i>Niedriger Bezugswasserstand: z.B. GIW zur Festlegung der angestrebten Mindestfahrnintiefe.</i> <i>Mittlerer Bezugswasserstand: z.B. MW1971/2000 zur Festlegung der Bauwerkssollhöhe</i>	
BfG	[-]	Bundesanstalt für Gewässerkunde	
Biozönose	[-]	Lebensgemeinschaft verschiedener Arten, die sich bei gegebenen Faktoren in einem räumlich oder funktional abgegrenzten Lebensraum (Biotop) entwickeln kann.	
BMVBS	[-]	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung	
BMU	[-]	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	
BMVBF	[-]	Bundesministerium für Bildung und Forschung	
boreal	[-]	Ökozone: Sie kommt nur auf der nördlichen Erdhalbkugel etwa zwischen dem 50. und dem 70. Breitengrad vor und ist gekennzeichnet durch ein kalt gemäßigtes Klima. Die Vegetation umfasst Nadelwaldgebiete (borealer Nadelwald/Taiga) sowie zahlreiche Moore.	
Buhne, - Hakenbuhne, - Knickbuhne	[-]	Quer zum Ufer liegendes Bauwerk zur seitlichen Begrenzung des Abflussquerschnitts und/oder zum Schutz des Ufers. <i>Verschiedene Buhnenarten: Mittelwasser- und Niedrigwasserbuhnen (Rauschen), deklinante und inklinante Buhnen, Hakenbuhnen, Knickbuhnen</i>	DIN 4054

Benennung	Einheit	Erklärung / Definition	Quelle
Buhnenfeld	[-]	Fläche zwischen zwei Buhnen	
Deckwerk (Uferdeckwerk)	[-]	Bauwerk zur Befestigung eines geböschten Ufers, auch kombiniert mit ingenieurbiologischen Mitteln. Deckwerke stabilisieren das Ufer durch Auflast. <i>Auch Sohldeckwerke</i>	DIN 4054 DIN 4047
diadrom		Die Fähigkeit einer Fischart, sich frei zwischen Süß- und Meerwasser bewegen zu können	
Diversität	[-]	Mannigfaltigkeit, Artenvielfalt bezogen auf Fläche, Volumen, Biomasse, Individuenzahl.	
Durchfluss (Q)	[l/s, m <sup>3</sup> /s]	Wasservolumen, das einen bestimmten Querschnitt in der Zeiteinheit durchfließt. <i>Anmerkung: unabhängig von der Zuordnung zu einem Einzugsgebiet; vgl. → Abfluss</i>	DIN 4044 DIN 4049-3
Einzugsgebiet	AE [km <sup>2</sup> ]	Gebiet aus dem Wasser einem bestimmten Ort zufließt	DIN 4049-1
Erosion (auch Sohlerosion, -eintiefung)	[-]	hier Abtragung von Gestein durch Wasser. Siehe auch Sohlerosion. <i>Man unterscheidet flächenhafte Erosion (Flächenabtrag) und lineare Erosion (Rinnenerosion). Tiefenerosion = Erosion der Gewässersohle. Seitenerosion = Erosion der Ufer. Latente Erosion= zeitweilig verhinderte Erosion (z. B. durch Erhöhung der kritischen Schubspannung infolge von Sohlabpflasterung).</i>	DIN 4049-3
Fahrrinne	[-]	Teil des Fahrwassers, in dem für den durchgehenden Schiffsverkehr bestimmte Breiten und Tiefen vorhanden sind, deren Erhaltung angestrebt wird.	DIN 4054
Fahrwasser	[-]	Teil einer Wasserstraße, der den örtlichen Umständen nach vom durchgehenden Schiffsverkehr benutzt wird. Der beim jeweiligen Wasserstand für die Schifffahrt benutzbare und durch Fahrwasserzeichen bezeichnete Teil der Wasserstraße.	BinSchStrO § 1.01, Nr. 32, DIN 4054
Fahrrententiefe	[m]	Die Fahrrententiefe entspricht der Solltiefe der Fahrrinne unter dem Bezugswasserspiegel.	VV-WSV 21 04
Fehlstelle Engstelle, schiffahrtliche	[-]	Stelle, die aufgrund der morphologischen (Tiefe und Breite im Bereich des Fahrwassers), hydraulischen (Strömungsgeschwindigkeit, Gefälle) sowie verkehrlichen (Richtungsverkehr, Begegnungsverkehr, Fahrzeugtypen) Randbedingungen der Schifffahrt Schwierigkeiten bereitet.	
Feststoffe	[-]	hier feste Stoffe, die im Wasser fortbewegt werden, ausschließlich Eis Man unterscheidet: Schwimm-, Schweb-, Sinkstoffe, Geschiebe	DIN 4049-3
Feststofftransportmodell	[-]	Modell, das zusätzlich zur Strömung des Wassers den Feststofftransport im Fluss und die Änderung der Bettgestalt abbildet. Hier: numerisches eindimensionales Modell.	
Fauna-Flora-Habitatrichtlinie (FFH-Richtlinie)	[-]	Kurzform für Richtlinie 92/43 EWG des Rates vom 21.05.1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (Abl. EG Nr. L 206 S.7), aktualisiert 1997; Rahmengesetz der EG zum Lebensraum- und Artenschutz. Hauptziel der Richtlinie: Erhalt der biologischen Vielfalt. Hierzu sind für Lebensräume (Habitate) und Arten von gemeinschaftlichem Interesse besondere Schutzgebiete auszuweisen, die ein zusammenhängendes europäisches ökologisches Netz (NATURA 2000) bilden sollen.	
Flussmorphologische Wirkung	[-]	Auswirkungen z.B. einer Regelungsmaßnahme auf die Flussmorphologie.	
Flussregelung	[-]	Wasserstraßenausbau zur Verbesserung der Wasserstands- und Strömungsverhältnisse durch flussbauliche Maßnahmen, ausgenommen durch Stauanlagen. <i>Maßnahmen sind z.B. Buhnen, Parallelwerke, Geschiebemanagement.</i>	DIN 4054
Flussschlauch	[-]	Bereich zwischen den Streichlinien	
(Flut-) Rinne Flutmulde	[-]	Dauernd oder regelmäßig über lange Zeit Wasser führende Gewässer der Aue, die hier unmittelbar oberirdisch mit dem Gewässerbett verbunden sind. Die hier als Flutrinnen bezeichneten Strukturen werden nicht mit dem Ziel ausgebildet, die Hochwasserabfuhr zu beschleunigen.	DIN 4049-3
Ganglinie	[-]	Graphische Darstellung von Werten in ihrer zeitlichen Reihenfolge.	DIN 4049-1
Geschiebe	[-]	Feststoffe, die nur im Bereich der Gewässersohle mit Kontakt zu derselben bewegt werden.	DIN 4049-3 DIN 4044
Geschiebemanagement	[-]	Unmittelbaren Maßnahmen zur Steuerung des Geschiebehaushaltes, d.h. anthropogene Geschiebeumlagerungen sowie die Geschiebezugabe, ggf. auch Geschiebeentnahme. <i>Bei Geschiebeumlagerungen wird das entnommene Material i.d.R. in der Nähe der Entnahmestelle im Gewässerbett wieder eingebracht. Bei einer Geschiebezugabe hingegen wird hauptsächlich Material von außerhalb des Gewässerbetts (Aue oder Steinbrüche) dem Fluss zugeführt.</i>	

Benennung	Einheit	Erklärung / Definition	Quelle
Geschiebe- zugabe	[-]	Zeitabhängige Erhöhung des für den Feststofftransport verfügbaren Geschiebes durch Zugabe von nach Masse und Korngröße angepasstem Material mit dem Ziel der Verhinderung von Erosionserscheinungen in größeren Streckenabschnitten.	
Gewässerbett (Flussbett)	[-]	Zum oberirdischen Gewässer gehörende natürliche oder künstliche Eintiefung oder Abdämmung der Landoberfläche. <i>Das Überschwemmungsgebiet gehört nicht zum Gewässerbett.</i>	DIN 4049-3
GIW - Gleichwertige Wasser- stände	[cm], [m+NN] [m+NHN]	Einander entsprechende Wasserstände in verschiedenen Abflussquerschnitten eines Fließgewässers bei gleicher Unter- (Über)schreitungsdauer. <i>Der GIW 1989*(20d), der gültige niedrige Bezugswasserstand der Elbe, ist der Wasserstand, der im Mittel von sieben trockenen und mittleren Jahre zwischen 1973 und 1986 an durchschnittlich 20 eisfreien Tagen unterschritten wird. Er liegt in der Größe des langjährigen mittleren Niedrigwassers (MNW).</i>	DIN 4049-3  [BAW, 1991]
Grundschwelle	[-]	Quer zur Fließrichtung liegendes Regelungsbauwerk in der Gewässersohle, das über diese hinausragt.	DIN 4054, DIN 4047- 5
HN-Modell	[-]	hydronumerisches Modell, hier numerisches Modell zur Nachbildung der Oberflächenströmung mit unterschiedlichen Ansätzen (ein-, zwei- oder dreidimensionales Modell meist ohne Berücksichtigung der Sohlreaktion und des Feststoffz- ransports).	
Hauptwerte - Abfluss - Wasserstand	[m³/s] [cm]	Grenzwerte und arithmetische Mittelwerte, Mediane, unter- oder überschrittene Werte der angegebenen Zeitspanne (NN..., N..., MN..., M..., MH..., H..., HH..., Z..., $\bar{n}$ , $\underline{n}$ ), z.B. MQ 1971/2000	DIN 4049-1
Hochwasser	[-]	Zustand in einem oberirdischen Gewässer, bei dem der Wasserstand oder der Durchfluss einen bestimmten Wert (Schwellenwert) erreicht oder überschritten hat.	DIN 4049-3
Hochwasser- abfluss- stand	[m³/s] [cm]	Höchster Wert der Abflüsse oder Wasserstände in einer Zeitspanne	DIN 4049-3
Hochwasserbett	[-]	Bereich der Aue, in der das Bemessungshochwasser abgeführt wird (zwischen den Deichen, Gewässerbett und Vorland).	
Hydraulische Wirkung	[-]	Wirkung einer Maßnahme z.B. auf die Abflussverteilung, die Fließgeschwindigkeit und die Wasserstände bei fester Sohle.	
Hydromorphologie	[-]	Art und Weise der Sohlstruktur, der Uferbefestigung, des Sohlsubstrates sowie in gewissem Umfang auch die angrenzende Aue	
ICUN Red List	[-]	International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List of Threatened Species™	
IKSE	[-]	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe	
Inklinant	[-]	stromauf (gegen den Strom) geneigt (Gegensatz: deklinant).	
Interstitial (hyporhei- sches)	[-]	Hohlraumsystem im Flußsediment unter und dicht neben einem frei fließenden Gewässer: Grenzzone zwischen Fließgewässer und Grundwasserbereich. Das Interstitial stellt einen wichtigen Lebensraum im Kieslückensystem für einige Jugendstadien (Eier, Brut, juvenile Tiere) von Makroinvertebraten und Fischen dar.	
katadrom	[-]	Bezeichnung für die Wanderung von Tieren, die zur Eiablage aus dem Süßwasser ins Meer ziehen, Bsp.: Aal, Wollhandkrabbe), siehe auch anadrom	
Kolk, Krümmungskolk	[-]	Örtlich begrenzte, durch Strömungsvorgänge hervorgerufene Vertiefung im Gewässerbett.	DIN 4054
Kolkverbau	[-]	Reduktion des Kolkquerschnittes nebst Sohlensicherung, z.B. durch Kolkverfüllung mit Deckwerk oder durch Grundschrwellen.	
Kopfschwelle	[-]	Quer zur Fließrichtung liegendes, zur Flussmitte flach geneigtes Regelungsbauwerk, Kopfhöhe um oder unter MNW, das Buhnen, Parallel- oder Deckwerken vorgelagert wird	
Kronenhöhe	[m+NN]	Höhe der Bauwerksoberkante	
Langjähriges Mittelwas- ser	[-]	Mittelwasserstand einer langen Jahresreihe (i.d.R. 30 Jahre)	
Längsbauwerk,	[-]	In Fließrichtung liegendes Regelungsbauwerk zur seitlichen Begrenzung des Abflussquerschnittes. <i>Deckwerke und Parallelwerke</i>	
limnophil	[-]	Organismen, die Stillgewässer oder sehr langsam fließende Gewässer bevorzu- gen	
lithophil	[-]	Bezeichnung für Organismen, die vorzugsweise an Steinen vorkommen (z. B.: manche Flechten, Schnecken); bei Fischen: Kieslaicher, die ihre Eier in das Kieslückensystem eintreiben lassen oder aktiv im steinigen Substrat vergraben.	

Benennung	Einheit	Erklärung / Definition	Quelle
Litoral	[-]	Uferzone eines Gewässers; in der bis zum Gewässergrund so viel Licht vorhanden ist, dass die Photosynthese die Respiration übertrifft; das Litoral reicht somit von der Uferlinie bis zum Schnittpunkt des Gewässergrundes mit der Kompensationsebene.	
Luminophoren	[-]	Substanz, die in ultraviolettem Licht sichtbar ist und mit der hier Geschiebepartikel markiert wurden.	
Makrophyten	[-]	höhere Wasserpflanzen, einschließlich der Armleuchteralgen	
Makrozoobenthos (MZB)	[-]	Am Gewässergrund lebende Makroinvertebraten, mit bloßem Auge sichtbare (> 1 mm wirbellose Tiere, "Bodenfauna" in Gewässern.	
Mittelwasserbett	[-]	Bereich des Gewässerbettes, in dem der mittlere Abfluss abgeführt wird. <i>Fluss-schlauch zuzüglich Seitenräume wie Buhnen- und Parallelwerksfelder</i>	
Mittlerer Niedrigwasserstand (MNW $jj/kk$ , $MNW_{jj/kk}$ )	[cm]	Arithmetischer Mittelwert der unteren Grenzwerte der Wasserstände (bezogen auf Pegelnullpunkt) der angegebenen Zeitspanne	DIN 4049-1
Mittelwasserstand (MW $jj/kk$ , $MW_{jj/kk}$ )	[cm]	Arithmetisches Mittel aller Wasserstände (bezogen auf Pegelnullpunkt) gleichartiger Zeitabschnitte im betrachteten Zeitraum von $jj$ bis $kk$ . ( $Jj$ , $kk$ = verkürzte Jahreszahlen) <i>In der Regel nicht identisch mit dem zum Mittleren Abfluss (MQ) gehörenden Wasserstand.</i>	nach Deutschem Gewässerkundlichem Jahrbuch
Mittlerer Abfluss MQ (Jahresreihe)	[m <sup>3</sup> /s]	Arithmetischer Mittelwert der Abflüsse in einer Zeitspanne.	DIN 4049-3
Modell	[-]	Schematische Nachbildung eines Systems bezüglich ausgewählter Eigenschaften und Vorgänge, z.B. für ein Einzugsgebiet, eine Gewässerstrecke. <i>Je nach Berücksichtigung des zeitlichen Verhaltens der Vorgänge unterscheidet man stationäre und instationäre Modelle.</i>	DIN 4049-1
Modell (Strömungsmodell, Feststofftransportmodell)	[-]	Schematische Nachbildung eines Systems bezüglich ausgewählter Eigenschaften und Vorgänge. Im Flussbau ursprünglich maßstäblich verkleinertes gegenständliches Modell (DIN 4049-1). Heute umfassender verwendet z.B. auch für mathematische (statistische, hydrodynamisch-numerische) Modelle oder für „Modellvorstellungen“.	DIN 4049-1
Morphodynamik	[-]	Das Wechselspiel der aufbauenden und abtragenden Kräfte (Sedimentation, Erosion) in einem Fluss, die zur Änderung der Bettgestalt und zum Bewegung von Feststoffen durch den Fluss führen.	
Morphologie	[-]	Teil der physischen Geographie. Lehre von Gestalten, Formen und Strukturen. <i>Im Flussbau häufig im Sinne von Morphodynamik genutzt.</i>	
Neozoen	[-]	<i>Tierarten, die definitionsgemäß nach 1492 (symbolischer Zeitpunkt für das dammbrechartige Aufheben der Transport- und Handelsschranken nach der Entdeckung Amerikas und dem Beginn des Kolonialismus) eingewandert sind oder eingeschleppt wurden und sich in der heimischen Tierwelt eingebürgert haben.</i>	
Niedrigwasserregelung (früher: Niedrig- oder Niederwasserregulierung)	[-]	Flussbauliche Maßnahmen, die in schiffbaren Flüssen auf die Stabilisierung und Vertiefung des Gewässerbettes im Bereich der Fahrinne, im Hinblick auf die Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse bei Niedrigwasser, zielen.	
Nitrophyt	[-]	Pflanze, die unter hohen Nährstoffgehalten (vor allem Stickstoff) gedeiht; z.B. Brennessel	
Normalbreite	[m]	Sollwert der Streichlinienabstände. <i>Synonym zu Soll-Streichlinienbreite.</i>	
Parallelwerk, auch Längswerk, umgangssprachlich Leitwerk	[-]	In Fließrichtung liegendes Regelungsbauwerk zur seitlichen Begrenzung des Abflussquerschnittes.	DIN 4054
Pegelnullpunkt	PNP	Gleichbleibender eingemessener Bezugshorizont an der Pegellatte auf den die Wasserstände bezogen werden	Pegelvorschrift
Randschwelle	[-]	Quer zur Fließrichtung liegendes, zur Flussmitte flach geneigtes Regelungsbauwerk, Kopfhöhe um MNW	
Regelungsbauwerk Nicht Strombauwerk, aber umgangssprachlich genutzt	[-]	Bauwerk zur Flussregelung <i>Alt: Regulierungsbauwerk</i>	DIN 4054
RW1929 RW1929(BW)	[cm], [m+NN]	Niedriger bzw. mittlerer (MW1906/30) Bezugswasserstand der Niedrigwasserregelung der 1930er Jahre	[Leitsätze, 1935/40]
RW1959 RW1959(BW)	[cm] [m+NN]	Niedriger bzw. mittlerer (MW1938/57) Bezugswasserstand der Überarbeitung der Bezugswasserstände in den 1960er Jahren	[VE Projektierung, 1961]
Schadensklasse		Grad der Schädigung eines Bauwerkes. Es gibt 5 Schadensklassen (0,1,2,3,4)	WSD Ost

Benennung	Einheit	Erklärung / Definition	Quelle
Schwebstoff (auch suspendierte Stoffe)	[-]	Feststoffe, die durch das Gleichgewicht der Vertikalkräfte in Schwebelage gehalten werden	DIN 4049-3
Schwelle	[-]	Siehe Grund- und Sohlschwelle. Darüber hinaus gibt es noch Randschwellen.	
Sediment	[-]	Ablagerungen aus geologischen Prozessen oder aus Suspensionen: hier auch Synonym für Feststoff	
Smolt		Altersstadium des Lachses, der mit 1-2 Jahren als etwa 15 Zentimeter langer silbriger "Smolt" zum Meer abwandert	
Sohldeckwerk	[-]	Bautechnische Maßnahme zum Schutz der Gewässersohle gegen Erosion, Beschädigung oder Zerstörung.	Analog zu DIN 4054
Sohleintiefung, Sohlerrhöhung	[-]	Änderung der absoluten Höhenlage der Gewässersohle durch Abtrag/Anlandung von Sedimenten.	
Sohlerosion	[-]	Großflächige und zeitlich längerfristige Eintiefung der Gewässersohle durch Abtrag von Sohlenmaterial. <i>Unterscheidet sich durch zeitweilige Sohleintiefung durch den eindeutigen großräumigen und langfristigen Trend. Gleichwohl werden im Sprachgebrauch Erosion und Eintiefung häufig als Synonym benutzt.</i>	
Sohlgleichgewicht	[-]	Dynamisch stabiler Zustand einer Lockergesteinssohle, bedingt durch eine ausgeglichene Geschiebebilanz (Geschiebezufuhr, Abrieb und Abschleiß gleich Geschiebeabfuhr). Dabei können örtlich temporäre Sohlhöhenänderungen mit langfristigen Schwankungen um einen Mittelwert auftreten.	
Sohl Schubspannung	$\left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$	Die auf die Flächeneinheit der Sohle bezogene, von der Strömung in Fließrichtung ausgeübte Kraft (Integral aus Scher- und Druckwirkungen auf die einzelnen Sohlnebenheiten/-körner). Bei der kritischen Schubspannung wird das anstehende Sohlmaterial in Bewegung gesetzt.	
Sohlschwelle	[-]	Mit der Sohle bündige Schwelle. Quer zur Fließrichtung liegendes Regelbauwerk in der Gewässersohle, das über diese nicht hinausragt. Sonst siehe Grundschwelle.	DIN 4047, DIN 4054-5
Streichlinie	[-]	Planmäßige seitliche Begrenzung des Wasserspiegels im Bereich des Abflussquerschnittes beim Ausbauabfluss. <i>z.B. die Verbindungslinie entlang der Buhnenköpfe.</i>	DIN 4054
Stromregelungssystem	[-]	Komplex der Regelbauwerke, die in Wechselwirkung mit den Strömungskräften die Morpho- und Strömungsdynamik des Fließgewässers prägen.	
Tracer	[-]	Zur Untersuchung von Transportvorgängen im Gewässer eingebrachter Markierungsstoff (gelöst, suspendiert oder in anderer Form transportiert).	DIN 4049-1
Uferrehne	[-]	Aufhöhung am Ufer eines Wasserlaufs durch Ablagerung von Feststoffen bei Hochwasser oder durch Räumgut	
Verlandung s. <i>Akkumulation</i>	[-]	Sammelbegriff für Vorgänge und Ergebnis dieser Vorgänge, die bei stehenden Gewässern zur Verkleinerung des Wasserkörpers führen. <i>Umgangssprachlich auch für fließende Gewässer genutzt.</i>	DIN 4049-2
Vorland	[-]	Gelände zwischen Uferlinie und Deich oder Hochufer, das Teil des Überschwemmungsgebietes (aktive Aue) ist.	
Wasserspiegelfixierung	[-]	Eine einem bestimmten Abfluss zugeordnete Messung der Höhenlage des Wasserspiegels im Längsschnitt.	
WSA	[-]	Wasser- und Schifffahrtsamt	
WSD	[-]	Wasser- und Schifffahrtsdirektion	
WSV	[-]	Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes	