



Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe

**Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im
Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele**

Herausgeber:
Flussgebietsgemeinschaft Elbe



Impressum

Gemeinsamer Bericht der Bundesländer der Flussgebietsgemeinschaft Elbe:

Freistaat Bayern
Land Berlin
Land Brandenburg
Freie und Hansestadt Hamburg
Land Mecklenburg-Vorpommern
Land Niedersachsen
Freistaat Sachsen
Land Sachsen-Anhalt
Land Schleswig-Holstein
Freistaat Thüringen

und der Bundesrepublik Deutschland

Koordinierung Flussgebietsgemeinschaft (FGG) Elbe

Redaktion: Arbeitsgruppe Oberflächengewässer (AG OW) der FGG Elbe

Kartenerstellung: Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Deutschland

Stand: 25.11.2013

Bearbeitung Ad hoc – Arbeitsgruppe Schadstoffe/Sedimentmanagement:

Dr. Peter Heininger (BfG Koblenz; Leitung)
Katrin Blondzik (UBA Dessau)
Thomas Gabriel (GDWS, Außenstelle Ost Magdeburg; zeitweise)
Petra Kasimir (LHW Sachsen-Anhalt Halle)
Ilka Keller (BSU Hamburg)
Axel Netzband (HPA Hamburg)
Dr. Peter Pfeiffer (MLU Sachsen)
Dr. Ina Quick (BfG Koblenz)
Klaus Rickert-Niebuhr (GDWS, Außenstelle Nord Kiel)
Sylvia Rohde (LfUG Sachsen)
Dr. Fred Schulz (LLUR Schleswig-Holstein)
Dr. Daniel Schwandt (BfG Koblenz)
Dr. René Schwartz (BSU Hamburg)
Dr. Dieter Steffen (NLWKN Niedersachsen)
Ilona Tobian (LUGV Brandenburg)
Dr. Stefan Vollmer (BfG Koblenz)
Dörthe von Seggern (Senatsverw. Stadtentwickl. u. Umwelt Berlin)
Dr. Christine Wenzel (MELUR Schleswig-Holstein)
Rainer Wilke (TLUG Thüringen)
Matthias Wolf (Geschäftsstelle der FGG Elbe)

Inhaltsverzeichnis

Impressum	1
Inhaltsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	3
Anlagenverzeichnis.....	4
1. Einleitung	5
2. Betrachtetes System	6
2.1 Bezugsmessstellen Qualität und Quantität.....	6
2.2 Relevante Nebenflüsse.....	8
2.3 Aspekt Hydromorphologie	8
3. Flussgebietsbezogenes Sedimentmanagement.....	10
3.1 Konzept und Unsicherheiten.....	10
3.2 Quantitative Indikatoren.....	12
3.3 Qualitative Indikatoren	13
3.4 Hydromorphologische Indikatoren	15
4. Quantitative Verhältnisse und Risikoanalyse für die Schifffahrt.....	17
4.1 Methodik, Datengrundlagen und Unsicherheiten.....	17
4.2 Quantitative Verhältnisse in der Binnenelbe.....	18
4.3 Quantitative Verhältnisse in der Tideelbe	20
4.4 Risikoanalyse Schifffahrt	21
5. Risikoanalyse aus hydromorphologischer Sicht	24
5.1 Methodik, Datengrundlagen und Unsicherheiten.....	24
5.2 Hydromorphologische Verhältnisse der Binnenelbe.....	26
5.3 Hydromorphologische Verhältnisse der Tideelbe	27
6. Risikoanalyse aus qualitativer Sicht	32
6.1 Methodik, Datengrundlagen und Unsicherheiten.....	32
6.2 Qualitative Verhältnisse im Flussgebiet.....	35
6.3 Auen und weitere Senken.....	42
6.4 Punktquellen.....	44
6.5 Sedimente und Altsedimente	46
6.6 Altlasten am Gewässer.....	48
6.7 Weitere Quellen	50
6.8 Zusammenfassung der quellenbezogenen Risikoanalyse	50
7. Vorschläge für einen nachhaltigen Umgang mit Sedimenten und zur Baggergutunterbringung.....	54
7.1 Kriterien zur Auswahl und Priorisierung von Empfehlungen.....	54
7.2 Handlungsempfehlungen aus qualitativer Sicht.....	56
7.3 Handlungsempfehlungen aus Sicht Hydromorphologie.....	62
7.4 Handlungsempfehlungen aus schifffahrtlicher Sicht.....	63
7.5 Prioritäten, Mehrfachnutzen und konkurrierende Ziele	65
7.6 Zukünftiges Baggergutmanagement.....	71
7.7 Managementoptionen für kohäsive, schadstoffbelastete Sedimente	72
7.8 Managementoptionen aus hydromorphologischer Sicht.....	74
8. Eckpunkte für ein Monitoring zur Gewässerüberwachung und Erfolgskontrolle ..	75
8.1 Spezifische Anforderungen an ein Schwebstoff- und Sedimentmonitoring	75
8.2 Vorschläge zur Einbindung in das Gewässermonitoring	76
9. Ausblick auf den weiteren Prozess	77
9.1 Verstetigung des Sedimentthemas.....	77
9.2 Kenntnisdefizite und Vorschläge zu deren Überwindung	78
Glossar	82

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 3-1: Elberelevante Schadstoffe und Schwellenwerte zur Sedimentklassifizierung
Tabelle 3-2: Hydromorphologische Indikatoren für den Sedimentstatus
Tabelle 6-1: Grundlagen der quellenbezogenen Risikoanalyse
Tabelle 6-2: Qualitative Verhältnisse im Einzugsgebiet
Tabelle 6-3: Ergebnisse der Frachtbilanzierung (in % F_{FGE}) für die deutsche Binnenelbe (2003 – 2008). Frachtberechnung nach Methode 1.1a
Tabelle 6-4: Überregional bedeutsame, dauerhafte Schadstoffsenken
Tabelle 6-5: Relevanz von Emissionspfaden im Elbegebiet
Tabelle 6-6: Ergebnisse der quellenbezogenen Risikoanalyse
Tabelle 7-1: Handlungsempfehlungen unter dem Aspekt Qualität
Tabelle 7-2: Aspekte übergreifende Matrix der Handlungsempfehlungen

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 2-1: Überblick über die Bezugsmessstellen des Sedimentmanagements im Elbegebiet und über die Funktionsräume der Tideelbe
Abbildung 2-2: Quantitative Verhältnisse (A, Q, S_s) und Rolle kleiner Nebengewässer unter dem Aspekt Qualität (Cd)
Abbildung 3-1: Konzeptübersicht
Abbildung 4-1: Mittlere Schwebstoff-Jahresfrachten im Elbegebiet (2003-2008)
Abbildung 4-2: Unterhaltungsziel für die Elbe im Niedrigwasserbereich
Abbildung 4-3: Wassertiefenunterhaltung der Tideelbe
Abbildung 5-1: Risikoanalyse im Kontext des Sedimentmanagementkonzepts der FGG Elbe für den Aspekt Hydromorphologie Binnen
Abbildung 5-2: Hydromorphologischer Zustand im Elbegebiet – Bewertung Sedimentdurchgängigkeit
Abbildung 5-3: Hydromorphologischer Zustand im Elbegebiet – Bewertung Sedimentbilanz
Abbildung 5-4: Übersicht der Bewertungsergebnisse der hydromorphologischen Indikator-Parameter für die Binnenelbe
Abbildung 6-1: Risikoanalyse aus qualitativer Sicht
Abbildung 6-2: Cadmium in Schwebstoffen. Klassifikation der Jahresmittelwerte
Abbildung 6-3: HCB in Schwebstoffen. Klassifikation der Jahresmittelwerte
Abbildung 6-4: Frachten im Elbelängsschnitt (a – Cd; b – HCB)
Abbildung 6-5: Frachtanteile aus Punktquellen; a – Mulde, b – Saale
Abbildung 6-6: Einlauf des Rothschnöberger Stollns in die Triebisch
Abbildung 6-7: Beispiel einer regionalen Häufung von Buhnenfeldern, für die relevante Feinsedimentgehalte modelliert wurden
Abbildung 7-1: Sedimentmanagementoptionen in der Binnenelbe aus schiffahrtlicher Sicht
Abbildung 7-2: Sedimentmanagementoptionen aus schiffahrtlicher Sicht in der Tideelbe
Abbildung 7-3: Umgangsmöglichkeiten für Sedimente in Form einer Verfahrenskette

Anlagenverzeichnis

A1 Literatur

A2 Methoden

- A2-1 Betrachtetes System
- A2-2 Datengrundlagen zum Aspekt Quantität
- A2-3 Auswahl der elberelevanten Schadstoffe und Klassifizierung der Schwebstoffe und Sedimente an den Bezugsmessstellen
- A2-4 Hydromorphologische Risikoanalyse im deutschen Binnenbereich im Kontext des Sedimentmanagementkonzepts
- A2-5 Hydromorphologische Erfassung und Bewertung der Tideelbe im Kontext des Sedimentmanagementkonzepts
- A2-6 Risikoanalyse aus qualitativer Sicht
- A2-7 Abschätzung der Mengen an Sedimenten und Altsedimenten in strömungsberuhigten Zonen und Abschätzung des Frachtpotenzials
- A2-8 Remobilisierbarkeit von Sedimenten
- A2-9 Abschätzung von Einträgen aus Punktquellen
- A2-10 Bestandsaufnahme der für die Sedimentbeschaffenheit relevanten Altlasten am Gewässer
- A2-11 Frachtermittlung und Darstellung der Frachten im Elbelängsschnitt
- A2-12 Frachtbilanzierung

A3 Verzeichnis der Fachberichte

- A3.1 Fachbeiträge im Rahmen des Sedimentmanagementkonzepts
- A3-2 Weitere Fachbeiträge von grundlegender Bedeutung für das Sedimentmanagementkonzept

A4 Tabellen, Karten, Abbildungen und Steckbriefe ÖGP

- A4-1 Tabellen
- A4-2 Karten und Abbildungen
- A4-3 Steckbriefe ÖGP

A5 Bestandsaufnahme der verfügbaren Managementoptionen für Sedimente (Stand der Technik). Übersicht unter besonderer Berücksichtigung des Umgangs mit schadstoffbelasteten, kohäsiven Sedimenten

1. Einleitung

Der Ausbau von Flüssen wie der Elbe in den letzten Jahrhunderten hat nicht nur die Abflussverhältnisse sondern auch den Sedimenthaushalt grundlegend verändert. Sedimenthaushalt und Hydromorphologie stehen in einem engen Zusammenhang und beeinflussen sich wechselseitig. Sedimentüberschüsse oder -defizite infolge eines gestörten Sedimenthaushalts haben negative Auswirkungen auf das Ökosystem, die Wasserwirtschaft, den Hochwasserschutz und die Schifffahrt. Industrie- und Bergbaualtlasten sowie heutige diffuse und punktförmige Einträge wirken als Quellen für Sedimentkontaminationen. Auf Grund ihrer chemischen Eigenschaften werden viele prioritäre und flussgebietspezifische Schadstoffe bevorzugt in Sedimenten gespeichert. Kontaminierte Sedimente aus strömungsberuhigten Zonen der Elbe und ihrer Nebenflüsse stellen bei erhöhten Abflüssen Quellen von Schadstoffemissionen dar, die bis in die Nordsee wirken. Diese Einträge sind u. a. dafür verantwortlich, dass in der Elbe der gute Zustand/Potenzial nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und in der Nordsee der gute Umweltzustand nach EG-Meeressstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) derzeit verfehlt werden.

Vor diesem Hintergrund hat die Ad-hoc-Arbeitsgruppe „Schadstoffe/Sedimentmanagement“ der Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG) auf Beschluss des Elbe-Rates (Elberat 2009; 2011) ein Sedimentmanagementkonzept für den deutschen Teil der Elbe ausgearbeitet. Das Konzept bildet zugleich den deutschen Beitrag zum Sedimentmanagementkonzept der Internationalen Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE), das 2014 vorgelegt wird (IKSE 2013a).

In Kenntnis der Defizite des Sedimentstatus in weiten Teilen der Elbe umfasste das Mandat der Arbeitsgruppe „Schadstoffe/Sedimentmanagement“ die Bearbeitung der drei Hauptaspekte des Sedimentmanagements – Quantität, Hydromorphologie und Qualität (FGG Elbe 2010a). Als Instrument der Flussgebietsgemeinschaft behandelt das Konzept überregionale Fragestellungen des Sedimentmanagements.

Die Elbe ist ein großes, internationales Flussgebiet mit komplexen Nutzungsanforderungen. Sie ist geprägt durch gravierende historische Belastungen bei gleichzeitig hoher ökologischer Bedeutung weiter Teile. Voraussetzung für ein von allen Interessengruppen akzeptiertes Sedimentmanagement ist das Systemverständnis und die Kenntnis der für den Sedimentstatus und -haushalt maßgeblichen Prozesse in den Teilen des Flussgebietes, die im überregionalen Kontext relevant sind. Die Arbeitsgruppe konnte sich diesbezüglich auf nationale und internationale Vorleistungen stützen, die z. T. unmittelbar am Beispiel der Elbe entwickelt wurden (SedNet 2006, 2010; Heise et al. 2005, 2007; Owens et al. 2008, HPA und WSV 2008; BfG 2008; WSD Ost 2009). Darüber hinaus wurden zwischen 2010 und 2013 im Rahmen dieses Sedimentmanagementkonzepts grundlegende Fachbeiträge geleistet (Anlage 3).

Im Zuge der Ausarbeitung des Sedimentmanagementkonzepts wurde unter jedem der drei Hauptaspekte eine Statusbeschreibung und -bewertung, eine Einschätzung des aus Statusdefiziten ableitbaren Risikos für relevante Handlungsziele und eine Analyse der Ursachen (Quellen) des Risikos vorgenommen. Schlussfolgernd werden Handlungsempfehlungen ausgesprochen. Dabei wird eine Priorisierung vorgenommen, die sich auf definierte Kriterien wie überregionale Bedeutung, Mehrfachnutzen und Machbarkeit stützt. Zielkonflikte werden benannt, und die Machbarkeit wird anhand von praktizierten Beispielen untersetzt.

Das Sedimentmanagementkonzept soll zur Erreichung des guten chemischen/ökologischen Zustandes nach EG-WRRL und des guten Umweltzustandes nach EG-MSRL beitragen und stellt in diesem Sinne eine fachliche Grundlage für den zweiten Bewirtschaftungsplan und für die Erreichung der Umweltziele dar. Die Analysen und Schlussfolgerungen sind insbesondere bedeutsam für die Lösung folgender wichtiger Wasserbewirtschaftungsfragen:

- Verbesserung der Gewässerstruktur und Durchgängigkeit
- Reduktion der signifikanten stofflichen Belastungen aus Nähr- und Schadstoffen.

2. Betrachtetes System

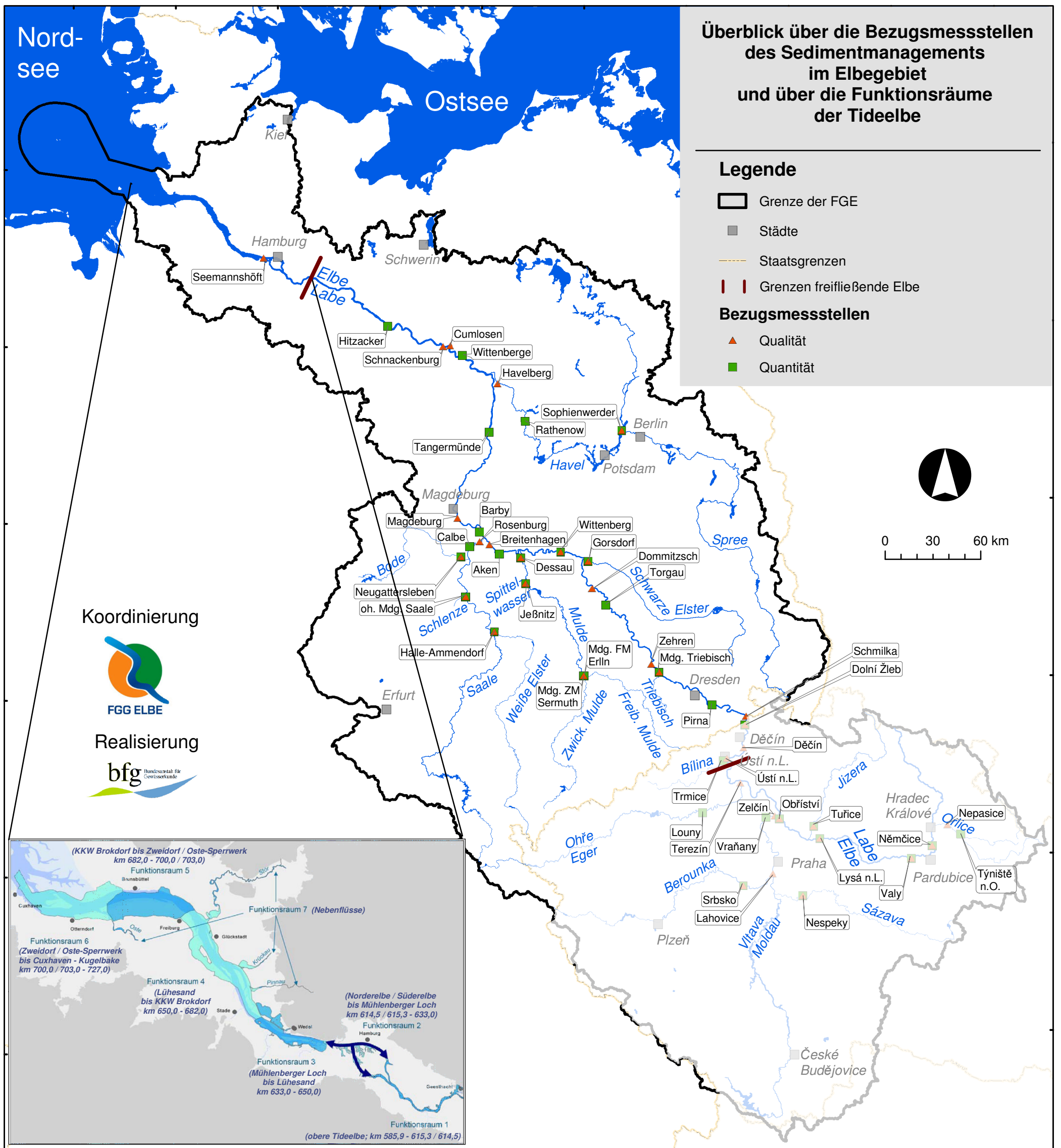
Die FGG Elbe gewährleistet (1) eine methodisch und inhaltlich abgestimmte Bewirtschaftungs- und Maßnahmenplanung für den deutschen Teil der Flussgebietseinheit. Im Rahmen dieses Sedimentmanagementkonzepts sind (2) die überregional relevanten Aspekte der Sedimentqualität, des Sedimenthaushalts, der Hydromorphologie und des Sedimentmanagements zu behandeln, hingegen (3) lokale oder regional begrenzte Aspekte nicht einzubeziehen. Unter diesen drei Maßgaben wurde das betrachtete System definiert. Es umfasst grundsätzlich folgende Teile:

- Die Binnenelbe zwischen der deutsch-tschechischen Grenze und dem Wehr Geesthacht (Teil der frei fließenden Elbe unterhalb von Usti nad Labem)
- Die Tideelbe zwischen dem Wehr Geesthacht und der Mündung in die Nordsee
- Relevante Nebenflüsse
- Bezugsmessstellen.

In Abbildung 2-1 ist das betrachtete System in den Grenzen der internationalen Flussgebietseinheit dargestellt. Markiert sind auch die im IKSE-Kontext definierten Hauptabschnitte der staugeregelten und der frei fließenden Binnen- sowie der Tideelbe. Im Rahmen der Zustandbewertung der WRRL werden Wasserkörper als Bezugsräume betrachtet. Diese Zuordnung erfolgt im Sedimentmanagementkonzept wegen seines überregionalen Ansatzes und aus methodischen Gründen nicht. Vielmehr werden je nach spezifischer Fragestellung unterschiedliche Bezugsräume gewählt (vgl. Kap. 2.1 – 2.3).

2.1 Bezugsmessstellen Qualität und Quantität

Bezugsmessstellen dienen der Charakterisierung eines für das überregionale Sedimentmanagement relevanten Teileinzugsgebietes aus qualitativer und/oder quantitativer Sicht. Für sie liegen i. d. R. langjährige Datenreihen qualitätsgesicherter Monitoringprogramme vor (KEMP, Sollkonzept WSV). Da die Beurteilung der in den folgenden Kapiteln abgehandelten Sachverhalte und die Ableitung von Handlungsempfehlungen auf der jeweils bestmöglichen Datengrundlage erfolgt, können Bezugsmessstellen unter den Aspekten Quantität und Qualität in ihrer räumlichen Lage voneinander abweichen (vgl. Anlage A2-1).



Nebenfluss	Bezugsmessstelle	Quantität / Qualität	Fluss	Bezugsmessstelle	Quantität / Qualität
Orlice	Týniště n.O.	Quantität	Elbe	Němčice	Quantität / Qualität
	Nepasice	Qualität		Valy	Quantität / Qualität
Jizera	Tuřice	Quantität / Qualität		Lysá n.L.	Quantität / Qualität
	Sázava	Nespeky		Quantität / Qualität	Obříství
Berounka		Lahovice		Qualität	Děčín
	Srbsko	Quantität / Qualität		Dolní Žleb	Quantität / Qualität
Vltava (Moldau)	Vraňany	Quantität		Schmilka	Qualität
	Zelčín	Qualität		Pirna	Quantität
Ohře (Eger)	Louny	Quantität		Torgau	Quantität
	Terezín	Qualität		Zehren	Qualität
Bílina	Trmice	Quantität		Dommitzsch	Qualität
	Ústí n.L.	Qualität		Wittenberg	Quantität / Qualität
Triebisch	Mdg. Triebisch	Quantität / Qualität		Aken	Quantität
	Schwarze Elster	Gorsdorf		Quantität / Qualität	Breitenhagen
Freiberger Mulde	Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Quantität / Qualität	Barby	Quantität	
	Zwickauer Mulde	Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Quantität / Qualität	Magdeburg	Quantität
Spittelwasser	Jeßnitz, Schachtgraben	Quantität / Qualität	Tangermünde	Quantität	
	Mulde	Dessau	Wittenberge	Quantität	
Weiße Elster	Halle-Ammendorf	Quantität / Qualität	Cumlosen	Qualität	
	Schlenze	oh. Mdg. Saale	Schnackenburg	Qualität	
Bode	Neugattersleben	Quantität / Qualität	Hitzacker	Quantität	
	Saale	Calbe	Seemannshöft	Qualität	
Spree	Rosenburg	Qualität			
	Havel	Sophienwerder	Quantität / Qualität		
	Rathenow	Quantität			
	Havelberg	Qualität			

2.2 Relevante Nebenflüsse

Bei der Auswahl der relevanten Nebenflüsse werden zwei Kategorien unterschieden. Nebenflüsse der **Kategorie 1** haben auf Grund ihrer quantitativen Charakteristika einen signifikanten Einfluss auf die Situation im Hauptstrom. Maßgebend sind der Flächenanteil am Einzugsgebiet (A), der Durchfluss (Q) und der Schwebstofftransport (Schwebstofffracht S_s). Wichtigstes Signifikanzkriterium ist ein mindestens 10%iger Anteil an der mittleren Schwebstofffracht (2003-2008) der jeweiligen Bezugsmessstelle unterhalb der Einmündung in die Elbe. Relevante Nebenflüsse der Kategorie 1 sind im deutschen Teil die *Schwarze Elster, die Mulde, die Saale und die Havel*. Die Schwarze Elster erfüllt streng genommen das 10%-Kriterium nicht, mündet als bedeutsamer Nebenfluss jedoch in einen der quantitativ am stärksten defizitären Elbabschnitte (Kap. 4.2) und wird deshalb trotzdem in diese Kategorie eingereiht.

Nebenflüsse der **Kategorie 2** werden ausschließlich unter dem Qualitätsaspekt betrachtet. Sie beeinflussen für sich genommen den Wasser- und Feststoffhaushalt der Elbe nicht signifikant, leisten jedoch auf Grund ihrer Belastung mit mindestens einem relevanten Schadstoff einen signifikanten Beitrag zur überregionalen Schadstoffbilanz. Als quantitatives Kriterium für eine entsprechende Auswahl wurde ein mindestens 10%iger Anteil an der Gesamtfracht eines Schadstoffes an der jeweiligen Bezugsmessstelle festgelegt. Je nach Lage zum Hauptstrom handelt es sich um direkte Nebenflüsse der Elbe (Kategorie 2a) oder um Zuflüsse zu einem Nebenfluss der Kategorie 1 (Kategorie 2b). Zur Kategorie 2a gehört die *Triebisch*, auf die Kategorie 2b entfallen *Zwickauer und Freiburger Mulde, Spittelwasser, Weiße Elster, Schlenze, Bode und Spree*. Abbildung 2-2 veranschaulicht die quantitativen Verhältnisse und die mögliche Rolle kleiner Nebengewässer am Beispiel von Cadmium. Anlage A2-1 sind die Fakten zur Auswahl der relevanten Nebenflüsse zu entnehmen.

2.3 Aspekt Hydromorphologie

Der hydromorphologische Aspekt des Sedimentmanagements wird für die Elbe und die Unterläufe der Nebenflüsse der Kategorie 1 bearbeitet. Im Binnenbereich erfolgt die Betrachtung in 5-km-Abschnitten, bedarfsweise auch noch höher aufgelöst. Für die Tideelbe wird auf der verfügbaren Informations- und Modellgrundlage ein anderer Ansatz gewählt. Der Integrierte Bewirtschaftungsplan der Tideelbe (IBP 2012) sieht sieben Funktionsräume vor, die jeweils Abschnitte von ca. 20-30 km Länge umfassen (Abb. 2-1). Sechs davon werden im Kontext des Sedimentmanagementkonzepts betrachtet.

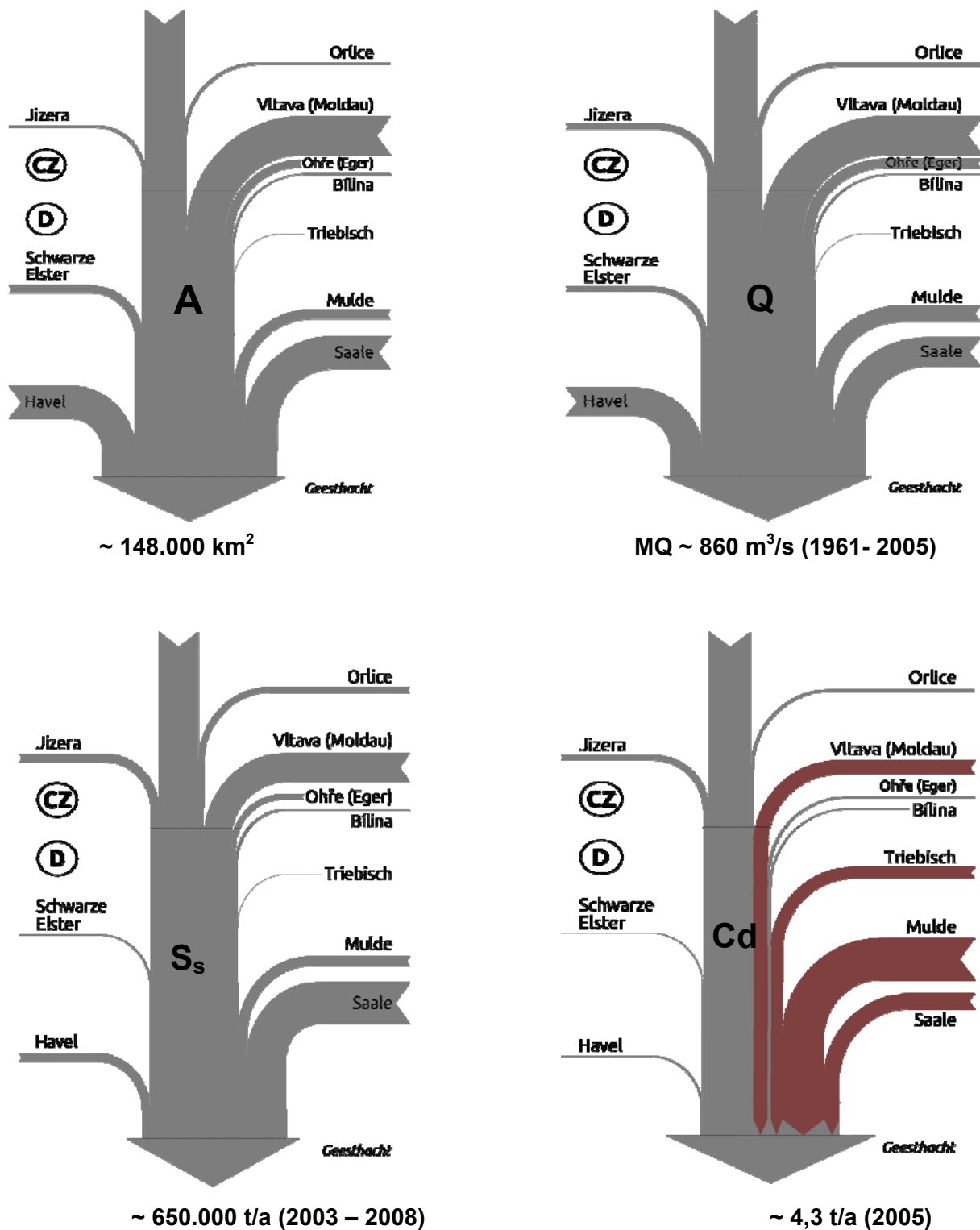


Abbildung 2-2: Quantitative Verhältnisse (A, Q, S_s) und Rolle kleiner Nebengewässer unter dem Aspekt Qualität (Cd) (A – Fläche Einzugsgebiet; Q – Durchfluss; S_s – Schwebstofffracht)

3. Flussgebietsbezogenes Sedimentmanagement

Sedimente sind Feststoffe, die vom Wasser transportiert und im Gewässer abgelagert werden. Sie sind ein essentieller, integraler und dynamischer Bestandteil der Flussgebiete einschließlich der Übergangs- und Küstengewässer. Die IKSE hat bereits in ihrem ersten Aktionsprogramm eine gute Sedimentqualität zu einem der zentralen Handlungsziele erklärt (IKSE 1995). Da die an Feststoffe gebundenen Schadstoffe im Gleichgewicht zu denen der Wasserphase stehen und Bestandteil bei der Untersuchung von Gesamtwasserproben bei organischen Stoffen sind, wirkt sich eine geringere Schadstoffbelastung der Sedimente auch positiv auf die Gehalte in der Wasserphase aus. Im Zuge der Ausarbeitung des ersten Bewirtschaftungsplans gemäß EG-WRRL für die FGE Elbe wurde deutlich, dass die Defizite sowohl im Sedimenthaushalt als auch in der Sedimentqualität bedeutsame Hindernisse hin zum guten Gewässerzustand sind (FGG Elbe 2009). Das Sedimentmanagementkonzept identifiziert die Risiken für die Erreichung zentraler Handlungsziele der FGG Elbe, die vom unzureichenden Sedimentstatus ausgehen, wichtet sie in ihrer Bedeutung und leitet aus dieser Analyse Handlungsempfehlungen ab.

Das Streben, Schadstoffeinträge in die Gewässer zu minimieren, bildet seit Langem einen Schwerpunkt im Europäischen Gewässerschutz. Um die Umweltziele der WRRL zu erreichen, ist es erforderlich, den erkannten Defiziten entschieden entgegenzuwirken. Die diesbezüglichen Qualitätsanforderungen werden in der EU seit 2008 durch die MSRL - deren Fokus in der Erreichung des guten Umweltzustands bis zum Jahr 2020 liegt - ergänzt. Damit wird der Anwendungsbereich für umweltrelevante Schadstoffe auf die gesamten Meeresgewässer einschließlich Sedimente und Meeresgrund ausgedehnt. Wegen der inhaltlichen und rechtlichen Überschneidungen zwischen WRRL und MSRL wird eine enge Verknüpfung zwischen den jeweiligen Bewirtschaftungs- und Maßnahmenplänen angestrebt.

3.1 Konzept und Unsicherheiten

Sedimente erfüllen zentrale ökologische Funktionen als Gewässerbett, aquatischer Lebensraum und als zentrales Element in Stoffkreisläufen in Fluss und Aue/Marsch. Sie sind Basis unverzichtbarer Ökosystemleistungen. Ihre Menge und Qualität beeinflussen relevante Gewässernutzungen maßgeblich. Der Umgang mit Sedimenten ist folglich aus vielfacher Perspektive bedeutsam und berührt direkt oder mittelbar über Stoffkreisläufe die Anforderungen von Gewässerschutz und Wasserwirtschaft, Verkehr, Energie, Landwirtschaft, Fischerei oder Freizeitnutzung. Ein mit Blick auf die Umweltziele, die Ökosystemleistungen oder die relevanten Nutzungen unzureichender **Sedimentstatus** hat zur Folge, dass Sedimente bewirtschaftet werden müssen. Im Zuge einer **Risikoanalyse** ist anhand geeigneter Indikatoren herauszufinden, in welchem Ausmaß und auf Grund welcher Ursachen ein guter Status verfehlt wird. Aus fachlichen Gründen ist es sinnvoll, den Sedimentstatus unter **quantitativem, qualitativem und hydromorphologischem Aspekt** jeweils anhand **spezifischer Indikatoren** zu analysieren und zu bewerten. Da die natürlichen Funktionen des Sediments eine Einheit bilden, ist es letztlich erforderlich, die Bewirtschaftung auf ein übergreifendes Konzept aufzubauen, das alle drei Aspekte berücksichtigt und im erforderlichen Maße integriert.

Flussgebiete sind offene Systeme mit wechselwirkenden Teilsystemen. Größe und Topographie sowie die menschlichen Aktivitäten bestimmen die Quellen, Ausbreitungswege und Flüsse von Wasser, Sediment, Nähr- und Schadstoffen. Eingriffe in den Sedimenthaushalt und die Sedimentqualität und deren Folgen sind, sowohl im Hinblick auf die multiple Funktion als auch auf die Nutzung des Gewässers, häufig räumlich (Ober- vs. Unterlieger) und zeitlich (z. B. Altlasten) entkoppelt. Hinzu kommt, dass neben der Wasserwirtschaft auch Nutzungsbereiche mit eigener Regelungskompetenz betroffen sind, mit denen ein Interessensabgleich (Zielkonflikte) stattfinden muss. Die für die Umsetzung der EG-WRRL geschaffenen gesellschaftlichen, politischen und institutionellen Abläufe und Instrumente bilden vor diesem komplexen Hintergrund den geeigneten Rahmen für eine **Priorisierung** der im Sedimentmanagementkonzept abgeleiteten **Handlungs-**

empfehlungen, insbesondere für deren Umsetzung im Kontext der Flussgebietsbewirtschaftung. Das angestrebte Sedimentmanagement im Flussgebiet Elbe ist in dieser inhaltlichen Komplexität und räumlichen Ausdehnung bisher in keiner vergleichbaren Flussgebietseinheit konzipiert oder sogar in Angriff genommen worden. Umso wichtiger ist es, vorliegende Managementenerfahrungen auszuwerten und praktikable Managementoptionen zu kennen. Mit dem Konzept werden deshalb auch **Managementoptionen** vorgelegt (Kapitel 7.7 und 7.8).

Die **Unsicherheiten** in der Ausarbeitung und Umsetzung des Sedimentmanagementkonzepts haben drei wesentliche Ursachen. (1) Bestehende Kenntnis- und Beurteilungsdefizite – vorhandene Datengrundlagen und das bestehende Prozessverständnis können zu keinem Zeitpunkt und in keinem Teilbereich erschöpfend sein. Auf entsprechende Defizite wird in den Kapiteln 3 bis 6 und auf notwendige Verbesserungen insbesondere in den Kapiteln 8 und 9 eingegangen. (2) Reaktion des Systems Elbe auf Extremsituationen, z. B. können auf Hochwasserphasen mit weniger als 10% der Zeit mehr als 90% der jährlichen Schwebstofffracht entfallen (Owens 2005). Die Auswirkungen extremer Ereignisse wie im August 2002 oder Juni 2013 können aufgrund ihres singulären Charakters nur ansatzweise prognostiziert werden. (3) Betroffenheit angrenzender Regelungsbereiche - das Sedimentmanagement betrifft nicht nur die Wasserwirtschaft sondern auch Bereiche wie Boden/Altlasten, Schifffahrt/Landwirtschaft/Industrie sowie Naturschutz. Handlungsziele für das Sedimentmanagement können nur im Abgleich damit entwickelt und erreicht werden.

Abbildung 3-1 veranschaulicht die Hauptschritte zur Entwicklung des Sedimentmanagementkonzepts. Das Konzept wurde unter folgenden Prämissen aufgestellt:

- Es ist integral, d.h. es kombiniert räumliche, funktionale (Quantität, Hydromorphologie, Qualität) sowie umwelt- und nutzungsbezogene Sedimentaspekte in einem einheitlichen Konzept.
- Es ist flussgebietsbezogen, d.h. es berücksichtigt die Ursache-Wirkungszusammenhänge in der Flussgebietseinheit Elbe.
- Es ist risikobasiert, d.h. es stützt seine Schlussfolgerungen auf die Analyse der von einem unzureichenden Sedimentstatus ausgehenden Risiken für den Sedimenthaushalt, die ökologischen Funktionen, Ökosystemleistungen und sedimentabhängigen Nutzungen.
- Es ist umsetzungsorientiert, d.h. es wird zur Unterstützung der Umsetzung von EG-WRRL und EG-MSRL entwickelt, gibt Handlungsempfehlungen zur Verbesserung / Zielerreichung und untermauert deren Machbarkeit anhand der Sammlung erprobter Managementlösungen.

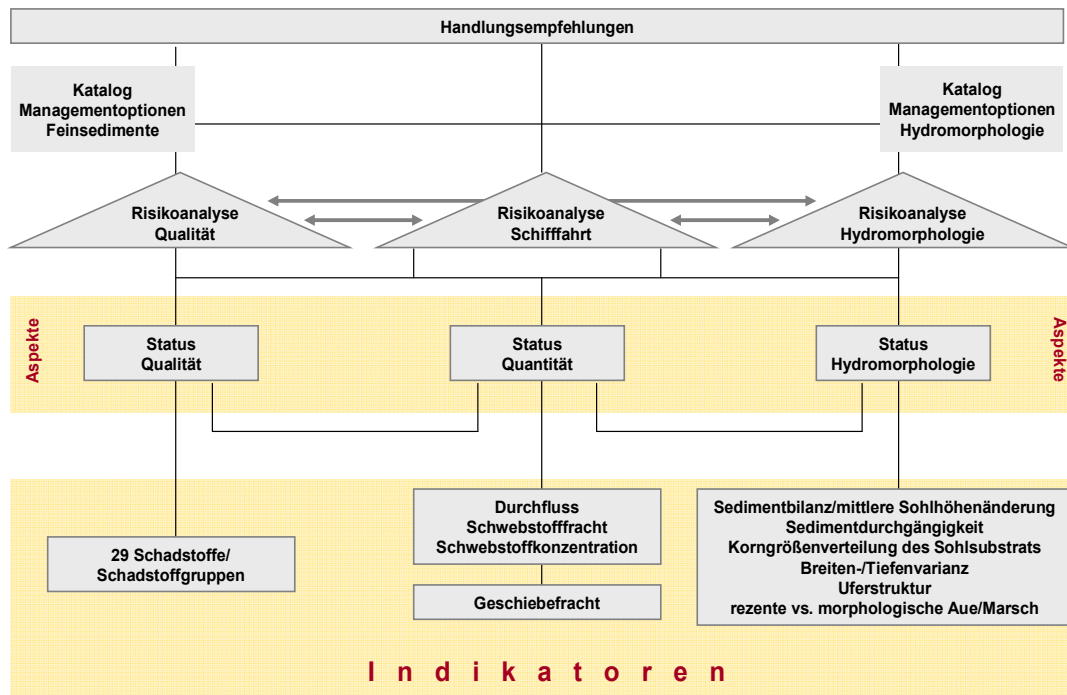


Abbildung 3-1: Konzeptübersicht

3.2 Quantitative Indikatoren

Quantitative Indikatoren sind der Durchfluss (Q), die Schwebstoffkonzentration (C_S) und die Schwebstofffracht (S_S). Sie sind in der Binneneibe ausschlaggebend für die Auswahl der relevanten Nebenflüsse der Kategorie 1 und stellen Basiskenngrößen im Zuge der Risikoanalyse unter den Aspekten Qualität (Abschätzung der Schadstofffracht), Hydromorphologie und Schifffahrt dar (Kap. 4 bis 6).

Die quantitativen Indikatoren werden im Binnenbereich an den **Bezugspegeln** (Q) bzw. an den **Bezugsmessstellen Quantität** (C_S , S_S) gemessen. Für die Ausarbeitung des Sedimentmanagementkonzepts wurde die jeweils bestmögliche Abschätzung auf der Grundlage der verfügbaren Daten der IKSE und der nationalen Verwaltungen verwendet. Unter dem Aspekt Quantität wurden die Jahre **2003 – 2008** (C_S , S_S) bzw. **1961 – 2005** (Q) als **Bezugszeiträume** festgelegt. Tabelle T-A4-1 enthält die Daten für alle Bezugsmessstellen. Zur Frachtbilanzierung ausgewählter Schadstoffe war es erforderlich, den betrachteten Zeitraum bis 2011 zu erweitern. Entsprechend wurden hierfür auch quantitative Kenndaten bereitgestellt, die in die Frachtberechnungen eingeflossen sind (Tab. T-A4-2).

Im Falle der Bundeswasserstraßen basieren die quantitativen Kennwerte auf den Daten des Pegelmessnetzes bzw. auf den Tageswerten des Schwebstoffdauermessnetzes der WSV. Diese Messungen werden, soweit verfügbar, durch Daten der Gewässerüberwachung der Länder gestützt. Im Falle der Landesgewässer wird die beim jeweiligen Betreiber der Bezugsmessstelle verfügbare beste Datengrundlage verwendet. Eine vollständige Übersicht über die Bezugspegel, die Bezugsmessstellen Quantität, die verantwortlichen Betreiber und die Daten führenden Stellen findet sich in Anlage A2-1. Die **Unsicherheiten** in der Aussage bzgl. C_S und S_S werden von der Genauigkeit der angewendeten Messverfahren und der Repräsentativität der erhobenen Daten bestimmt. Einzelheiten dazu können Anlage A2-2 entnommen werden.

In der **Tideelbe** haben die quantitativen Indikatoren eine andere Ausprägung (Kappenberg et al. 1996). Die Gründe liegen in der tidebedingten periodischen Änderung der Strömungsrichtung sowie der Vermischung von stromauf transportierten marinen Schwebstoffen/Sedimenten mit den limnischen aus der Binneneibe. Die Bezugsmessstelle Seemannshöft

dient definitionsgemäß der Eintragungsermittlung der Elbe in die Nordsee. Aufgrund des großen Breitenverhältnisses der Elbe wird eine Querprofilmischprobe ausgewertet. Sie befindet sich zumindest zeitweilig im Einfluss der ästuarinen Trübungszone, was zu einer erhöhten Erfassung von Schwebstoffen/ Sedimenten bei der Probennahme führt. Die Verwendung dieser aufwändig erhobenen Datenbasis führt deshalb zu einer Überschätzung der Schwebstoff- und damit der Schadstofffracht bei der Untersuchung von überwiegend partikulär gebundenen Stoffen.

3.3 Qualitative Indikatoren

Die ausführliche Darstellung des Herangehens an die Auswahl der qualitativen Indikatoren und an die Ableitung des Klassifizierungsansatzes erfolgt in Anlage A2-3. **Qualitative Indikatoren** sind die im Kontext des Sedimentmanagements **relevanten Schadstoffe**. Partikelgebundene Schadstoffe stellen ein potenzielles Umweltrisiko dar. Das tatsächliche Ausmaß des Risikos wird durch die Höhe der Belastung (Schadstoffkonzentrationen), die Verfügbarkeit und Persistenz der Schadstoffe sowie durch die Sensitivität aller maßgeblichen Schutzgüter - chemischer und ökologischer Zustand der Gewässer, Integrität der aquatischen Lebensgemeinschaft, Bodenschutz, menschliche Gesundheit (vgl. Anl. A2-3) - bestimmt. Bestehende administrative Regelungen über maximal tolerierbare Schadstoffkonzentrationen tragen der Erreichung/Sicherung des jeweiligen Schutzziels Rechnung. Für einen Schadstoff können folglich unterschiedliche Anforderungen bzgl. des akzeptablen Belastungsniveaus bestehen. Zur stichhaltigen Beschreibung des qualitativen Gewässerzustandes bedarf es daher einer umfassenden Berücksichtigung der von partikulär gebundenen Schadstoffen ausgehenden Risiken für Mensch und Umwelt.

Die überwiegende Mehrzahl der betrachteten Schadstoffe ist in Deutschland *und* Tschechien relevant. Partikuläre Stoffströme aus dem Einzugsgebiet münden in die Elbe und erstrecken sich von ihrem Beginn letztlich bis zu deren Mündung in die Nordsee. Eine nationale Differenzierung ist deshalb nicht zielführend. Es wurde von vornherein eine die internationale Flussgebietseinheit charakterisierende Auswahl getroffen.

Die **Auswahl** der elberelevanten Schadstoffe fußt auf dem Ansatz des ersten Bewirtschaftungsplans gemäß EG-WRRL (FGG Elbe 2009). Angewendet wurde ein **zweistufiges Verfahren**. In Stufe 1 wurden alle potenziell relevanten Stoffe erfasst. Dazu erfolgte für alle maßgebenden **Schutzgüter** eine Prüfung auf Sensitivität hinsichtlich Sedimentkontamination. Bestehende deutsche und tschechische Regelungen (Gesetze, Verordnungen, Handlungsanweisungen) und internationale Übereinkommen (OSPAR) wurden im Hinblick auf solche Stoffe ausgewertet, bei denen die Einhaltung der Qualitätsnormen direkt oder indirekt von der Sedimentqualität abhängt. Diese Stoffe sind persistent, toxisch, bioakkumulierbar und adsorptiv. Quantitatives Kriterium ist ein hoher Verteilungskoeffizient Feststoff/Wasser ($\log K_{ow} > 3,5$). In Stufe 2 wurden aus diesem Kreis die Stoffe ausgewählt, die auf Grund ihres nachweislich erhöhten Vorkommens elberelevant sind. Die Auswahl erfolgte auf Grundlage der Daten an den Bezugsmessstellen des Hauptstroms und der relevanten Nebenflüsse der Kategorie 1 des Zeitraums 2003 – 2008 (vgl. Anlage A2-1). In der Regel handelt es sich dabei um Stoffe, für die im ersten Bewirtschaftungsplan bereits Reduktionsanforderungen aufgestellt wurden. Im Ergebnis des zweistufigen Verfahrens wurden **29 Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen** als relevant im Kontext des Sedimentmanagementkonzeptes festgestellt. Sie sind in Tabelle 3-1 aufgeführt.

Die **Klassifizierung** der Schwebstoffe und Sedimente stellt *ein* Element der Zustandsbewertung und damit der Risikoanalyse dar und darf nicht mit dieser gleichgesetzt werden (Kap. 6.1). Zur abgestuften Anwendung der Indikatoren werden jeweils ein unterer und ein oberer Schwellenwert gebildet (Tab. 3-1). Daraus ergeben sich drei Klassen:

- Unterschreitung des unteren Schwellenwertes (grün)
- zwischen unterem und oberem Schwellenwert (gelb)
- Überschreitung des oberen Schwellenwertes (rot).

Tabelle 3-1: Elberelevante Schadstoffe und Schwellenwerte zur Sedimentklassifizierung

Nr.	Stoff	Maßeinheit	Unterer Schwellenwert USW		Oberer Schwellenwert OSW	Quelle OSW
1	Quecksilber	mg/kg	0,15	0,15 – 0,47	> 0,47	23/2011 Sb.
2	Cadmium	mg/kg	0,22	0,22 – 2,3	2,3	23/2011 Sb.
3	Blei	mg/kg	25	25 – 53	53	23/2011 Sb.
4	Zink	mg/kg	200	200 – 800	800	OGewV 2011
5	Kupfer	mg/kg	14	14 – 160	160	OGewV 2011
6	Nickel ¹	mg/kg	-		3	23/2011 Sb.
7	Arsen	mg/kg	7,9	7,9 - 40	40	OGewV 2011
8	Chrom	mg/kg	26	26 – 640	640	OGewV 2011
9	α-HCH	µg/kg	0,5	0,5 – 1,5	1,5	GÜBAK 2009
10	β-HCH ¹	µg/kg	-		5	RHmV 1999
11	γ-HCH	µg/kg	0,5	0,5 – 1,5	1,5	GÜBAK 2009
12	p,p' DDT	µg/kg	1	1 - 3	3	GÜBAK 2009
13	p,p' DDE	µg/kg	0,31	0,31 – 6,8	6,8	de Deckere 2011
14	p,p' DDD	µg/kg	0,06	0,06 – 3,2	3,2	de Deckere 2011
15	PCB-28	µg/kg	0,04	0,04 - 20	20	OGewV 2011
16	PCB-52	µg/kg	0,1	0,1 - 20	20	OGewV 2011
17	PCB-101	µg/kg	0,54	0,54 - 20	20	OGewV 2011
18	PCB-118	µg/kg	0,43	0,43 - 20	20	OGewV 2011
19	PCB-138	µg/kg	1	1 - 20	20	OGewV 2011
20	PCB-153	µg/kg	1,5	1,5 - 20	20	OGewV 2011
21	PCB-180	µg/kg	0,44	0,44 - 20	20	OGewV 2011
22	Pentachlorbenzen	µg/kg	1	1 - 400	400	23/2011 Sb.
23	Hexachlorbenzol	µg/kg	0,0004	0,0004 - 17	17	23/2011 Sb.
24	Benzo(a)pyren	mg/kg	0,01	0,01 – 0,6	0,6	de Deckere 2011
25	Anthracen	mg/kg	0,03	0,03 – 0,31	0,31	23/2011 Sb.
26	Fluoranthen ¹	mg/kg	-		0,18	23/2011 Sb.
27	Σ PAK 5	mg/kg	0,6	0,6 – 2,5	2,5	23/2011 Sb.
28	TBT ¹	µg/kg	-		0,02	23/2011 Sb.
29	Dioxine/Furane	ng TEQ/kg	5	5 - 20	20	Evers et al. 1996

¹ OSW ist zugleich formal schärfste Anforderung, keine Klassifizierung möglich

Der **untere Schwellenwert (USW)** wird durch Reihung der Qualitätsanforderungen an das Sediment über alle als gleichrangig betrachteten Schutzgüter hinweg gebildet und ist in dieser Reihe der niedrigste Wert („formal schärfste Anforderung“). Er stellt eine schadstoffspezifische Grenze dar, unterhalb derer nach gegenwärtigem Kenntnis- und Regelungsstand alle von einem guten Sedimentzustand abhängenden Bewirtschaftungsziele zeitlich uneingeschränkt und standortunabhängig erreicht werden können. Es handelt sich nicht um die Vorwegnahme eines konkreten Handlungsziels.

Der **obere Schwellenwert (OSW)** wird grundsätzlich durch die im Rahmen der nationalen Umsetzungen der EG-WRRL (OGewV - Anlage 5 bzw. 23/2011 Sb. - část B. Tab.2) gültigen Umweltqualitätsnormen (UQN) für Schadstoffe in Sedimenten definiert. Beide nationalen Regelungen werden im Kontext des Sedimentmanagementkonzepts als inhaltlich gleichrangig angesehen. Sie ergänzen sich und weisen für keinen der Schadstoffe konkurrierende Festlegungen auf. Für eine Reihe von Schadstoffen wird allerdings in keiner der beiden Verordnungen eine UQN festgelegt. In diesen Fällen wurden in Auswertung der wissenschaftlichen Literatur (de Deckere et al. 2011; Evers et al. 1996) bzw. unter Heranziehung der Rückstands-Höchstmengenverordnung (RHmV 2009) und der Baggergutrichtlinie für den Küstenbereich (GÜBAK 2009) obere Schwellenwerte abgeleitet.

Unsicherheiten in der Klassifizierung können sich aus den unterschiedlichen Normierungsansätzen ergeben, die in den jeweiligen Regelungswerken verfolgt werden.

3.4 Hydromorphologische Indikatoren

Der Sedimenthaushalt und die Hydromorphologie eines Gewässers stehen in engem Zusammenhang und beeinflussen sich gegenseitig. Je naturnäher der Sedimenthaushalt ist, desto naturnäher kann sich i. d. R. auch der gewässertypspezifische Formenschatz eines Gewässers ausbilden. Schlechter ausgeprägte hydromorphologische Eigenschaften fungieren als „Zeiger“ eines gestörten Sedimenthaushaltes. Umgekehrt üben die hydromorphologischen Gewässereigenschaften Einfluss auf die Ausprägung der vorherrschenden Sedimentverhältnisse aus (Quick et al. 2013; Quick 2012; Rosenzweig et al. 2012).

Die gewässertypspezifische Erfassung und Bewertung des Sedimenthaushaltes als Teil des hydromorphologischen Zustandes und die darauf fußende Ableitung von Empfehlungen zur Verbesserung des Sedimenthaushaltes und des hydromorphologischen Zustandes im Elbestrom und in den relevanten Nebenflüssen erfolgt über festgelegte Kriterien - **hydromorphologische Indikator-Parameter**. Sie sind in Tabelle 3-2 benannt und kurz erläutert, ausführlichere Beschreibungen finden sich in Anlage A2-4. Die Indikatoren gelten im gesamten deutschen Teil der Elbe und wurden im Rahmen dieses Konzepts auf die Binnemelbe, die Mündungsbereiche der relevanten Nebenflüsse der Kategorie 1 und auf die Tideelbe angewendet (vgl. Kap. 5). Die Indikatoren stehen stellvertretend für die hydromorphologischen und sedimentologischen Ausprägungen der untersuchten Gewässerstrecken und sind Ausdruck der vorherrschenden Morphodynamik und des morphologischen Entwicklungsvermögens. Sie bilden die Basis für die physikalischen Habitateigenschaften, die viele einheimische Arten benötigen (Jährling 2012; Hauer et al. 2013; Noack et al. 2012; Quick et al. 2012; Vollmer et al. 2012). Die Indikatoren sind sensitiv gegenüber anthropogenen Eingriffen in das Gewässersystem und entsprechenden Beeinflussungen des Sedimenthaushaltes, dessen Auswirkungen sie durch Veränderungen der gewässerstrukturellen Ausprägungen anzeigen. Vier der sechs Indikatoren entsprechen den hydromorphologischen Parametern der Qualitätskomponentengruppen Durchgängigkeit für Sedimente und Morphologie für Flüsse nach EG-WRRL (2000) und Oberflächengewässerverordnung - OGewV (2011). Im Kontext Sedimentmanagement ist durch die Fokussierung auf den Sedimenthaushalt einerseits eine Einschränkung in der Bearbeitung des Themas Hydromorphologie gegeben. Andererseits wird mit den beiden Parametern zur Mittleren Sohlhöhenänderung / Sedimentbilanz sowie zur Aue eine in diesem Kontext notwendige Erweiterung vorgenommen.

Die **abgestufte Anwendung der hydromorphologischen Indikatoren** erfolgt in der **Binnemelbe**, die als natürliches Gewässer ausgewiesen ist, unter Nutzung eines 5-stufigen parameterspezifischen Klassifizierungssystems angelehnt an die Bewertungsstufen nach EG-WRRL (2000) und OGewV (2011). Die fünfstufige Klassifizierung reicht von 1 „sehr gut“ über 2 „gut“, 3 „mäßig“, 4 „unbefriedigend“ bis 5 „schlecht“. Klasse 1 entspricht den typspezifischen Referenzbedingungen (EG-WRRL 2000, Anh. II 1.3). Im Kontext der hydromorphologischen Aspekte des Sedimentmanagements wird dieser Referenz-Zustand u. a. mit Hilfe historischer Daten rekonstruiert (EG-WRRL 2000; Quick et al. 2012; Rosenzweig et al. 2012). Die Referenzen differieren je nach Indikator. Sie sind für die Binnemelbe in Rosenzweig et al. (2012) und für die Unterläufe von Schwarzer Elster, Mulde, Saale und Havel in BCE (2012) dokumentiert. Die Ableitung der weiteren Bewertungsstufen orientiert sich an diesen Bezugsgrößen und klassifiziert anthropogen bedingte Abweichungen von der Referenz anhand struktureller Merkmale. Die Merkmalsausprägungen sind jeweils innerhalb gewisser Spannweiten variabel und mit adäquaten quantitativen Werten je nach betrachtetem Indikator-Parameter unterlegt. Eine detaillierte Beschreibung findet sich in Anlagen A2-4.

In der **Tideelbe** erfolgt die **abgestufte Anwendung der hydromorphologischen Indikatoren** leitbildorientiert in vier Klassen durch Experteneinschätzung. Im Unterschied zur Binnemelbe ist die Klasse 1 im stark veränderten Wasserkörper Tideelbe nicht vorhanden. Die Klassifizierung reicht demzufolge von 2 „gut und besser (bedingt naturnah)“, über 3 „mäßig (überprägt)“ und 4 „unbefriedigend (stark überprägt)“ bis 5 „schlecht (naturfremd)“.

Inhaltliche Grundlage bildet der „Integrierte Bewirtschaftungsplan Elbeästuar - IBP“ der Arbeitsgruppe Elbeästuar (IBP 2012). Gegenüber der Bewertung im Binnenbereich können systematische Brüche auftreten, da die Daten für größere Abschnitte (20 - 30 km), die Funktionsräume, aggregiert werden (Abb. 2-1). Ein Grund hierfür liegt darin, dass wegen der Flussbreite im Ästuar bei kürzeren Abschnitten das Breiten- Längenverhältnis umgekehrt werden würde. In der hydromorphologischen Bewertung der Funktionsräume werden jeweils vier Zonen unterschieden und bewertet, bei abweichender Einschätzung zwischen den Zonen gibt die ungünstigste den Ausschlag. Eine Aggregation der Teilergebnisse für die einzelnen Indikatoren erfolgt nicht. Als (1) Fahrrinne wird die "pelagische Zone" des Flusses angesehen. Grundlage bilden die topografischen Verhältnisse des 13,5 m NN Gewässerausbaus. Als (2) Flachwasserzone wird die "subhydrische Zone" angesehen, d.h. der Tiefenbereich zwischen mittlerem Tideniedrigwasser und mittlerem Tideniedrigwasser minus zwei Meter (MTnw bis MTnw - 2,0 m). Als (3) Wattbereich wird die "semiaquatische Zone" angesehen, d.h. der Bereich zwischen mittlerem Tidehochwasser und mittlerem Tide-niedrigwasser (MThw - MTnw). Als (4) Vorland wird die "semiterrestrische Zone" angesehen, d.h. der Höhenbereich zwischen mittlerem Tidehochwasser und der Geestkante bzw. dem Sturmflut-Hochwasserschutzdeich - mithin die rezente Marsch. Als morphologische (reliktische) Marsch wird der Bereich bezeichnet, der sich innerhalb des Elbe-Urstromtales befindet und aus holozänen Flussablagerungen (Klei) gebildet wurde. Anlage A2-5 gibt eine detaillierte Beschreibung.

Tabelle 3-2: Hydromorphologische Indikatoren für den Sedimentstatus

Indikator-Parameter	Definition	Abbildung (Karte)
Sediment-durchgängigkeit	Die Sedimentdurchgängigkeit wird wesentlich von vorhandenen Querbauwerken bestimmt. Aus deren Barrierewirkung für den Sedimenttransport resultieren stromaufwärts Rückstau mit Sedimentakkumulation und stromabwärts Erosion der Gewässersohle. In der weiteren Folge treten modifizierte Sohlsubstratzusammensetzungen und veränderte Strukturverhältnisse sowohl ober- wie auch unterhalb eines Querbauwerkes auf.	5-2
Mittlere Sohlhöhen-änderung – Sedimentbilanz (inklusive Geländeaufhöhung)	Die Mittlere Sohlhöhenänderung – Sedimentbilanz in einem definierten Zeitraum ist ein Maß für Sedimentations- bzw. Erosionsprozesse. Sie kennzeichnet anhand der Entwicklung des Sedimenthaushalts über die Zeit ein Gewässersystem als defizitär, überschüssig oder ausgeglichen und ist prägend für die Kopplung bzw. Entkopplung von Fluss und Aue.	5-3
Breiten-Tiefenvarianz	Die Breitenvarianz drückt das Verhältnis der größten zur kleinsten Gerinnebettbreite bei einem definierten Abfluss (z. B. bordvoll) aus. Sie zeigt Ausmaß und Häufigkeit des räumlichen Wechsels der Gewässerbettbreite und damit indirekt die Vielfältigkeit des Habitatangebotes an. Variierende Gewässerbreiten begünstigen wegen der variierenden Fließgeschwindigkeiten die Substratdiversität. Die Tiefenvarianz eines Gewässers beschreibt Häufigkeit und Ausmaß des räumlichen Wechsels der Wassertiefen bei mittleren Abflüssen im Längsverlauf eines Flusses. Sie ist Maß für die hydraulisch wie auch sedimentologisch wirksame Differenziertheit eines Wasserkörpers sowie für die Breite des Biotopspektrums und die Anzahl an Mesohabitaten.	K-A4-2 K-A4-3
Korngrößen-Verteilung des Sohlsubstrates	Die Korngrößenverteilung des Sohlsubstrates ist eine grundlegende Kenngröße des anstehenden Sedimentes mit wesentlichem Einfluss auf die Habitateignung für Flora und Fauna. Charakteristisch ist der mittlere Korngrößendurchmesser D_m . Bei defizitären Flusssystemen wie der Elbe mit vorherrschender Erosion findet tendenziell eine Vergrößerung statt, D_m nimmt über die Zeit zu.	K-A4-4
Uferstruktur	Die Uferstruktur repräsentiert den prozentualen Anteil eines Naturufers entlang eines Gewässers. Naturbelassene oder naturnahe Ufer können u. a. als Quelle und/oder Senke für den Sedimenthaushalt fungieren.	K-A4-5
Verhältnis rezente Aue/Marsch zu morphologischer Aue/Marsch	Das Verhältnis der rezenten Aue/Marsch zur morphologischen Aue/Marsch beschreibt das Verhältnis der aktuell überschwemmbar zur ursprünglich (holozänes Hochflutbett) überflutbaren Fläche.	K-A4-6

4. Quantitative Verhältnisse und Risikoanalyse für die Schifffahrt

Die quantitativen Verhältnisse haben im Kontext des Sedimentmanagementkonzeptes Bedeutung sowohl für die Aspekte Hydromorphologie und Qualität (Kapitel 5 und 6) als auch für die Schifffahrt. In diesem Kapitel werden die quantitativen Verhältnisse bzgl. des Schwebstoffhaushalts wiedergegeben, welche die Grundlage für die Bilanzierung der für das Elbegebiet relevanten sedimentgebundenen Schadstoffe bilden. Weiterhin werden methodische Eckpunkte der Sedimentbilanzierung generell und solche Punkte behandelt, die hervorgehobene Bedeutung für den Aspekt Schifffahrt bzw. Wassertiefenverhältnisse und damit zusammenhängende Verhältnisse der Gewässersohle und unteren Fahrrinnenbegrenzung haben.

4.1 Methodik, Datengrundlagen und Unsicherheiten

Grundlage für die **Sedimentbilanz** der deutschen **Binnenelbe** bilden die Geschiebe- und Schwebstoffmessungen der WSV. Mit Hilfe von Transport-Abfluss-Beziehungen werden Jahresfrachten berechnet (BfG 2013a). Neben den Transport- und Frachtermittlungen werden vergleichend auch die Volumenänderungen auf Basis von Sohlpeilungen, Baggerungen, Umlagerungen/Verbringungen und Zugaben sowie Quellen und Senken (Einträge aus Nebenflüssen, Sedimentation, Abrieb) zu einer Bilanzierung des Sedimenthaushaltes und für Aussagen über die Entwicklung der Wasserspiegellagen im niedrigen bis mittleren Abflussbereich herangezogen. Die in diesem Konzept verwendeten Auswertungen und Schlussfolgerungen fußen auf einer breiten Datengrundlage. Es wird angestrebt, die Ergebnisse und die Zusammenschau möglichst auf mehrere voneinander unabhängige Datensätze zu stützen bzw. gegeneinander abzusichern. Die zugrunde liegenden Einzelmessungen bzw. Auswertungen enthalten jedoch noch immer zahlreiche Unsicherheiten, welche ausführlich in BfG (2013a) diskutiert werden.

Die Korrelation des Geschiebetransportes mit dem Abfluss ist theoretisch nicht zwingend eindeutig. Besser begründet wäre eine Korrelation mit der Schubspannung, welche jedoch nicht direkt gemessen werden kann. Unter den möglichen Korrelationen wurde die Potenzfunktion ausgewählt, da sich damit im Vergleich zu anderen Funktionen die höchsten Korrelationskoeffizienten ergeben. Die Regressionsanalyse reagiert jedoch besonders stark auf einzelne Werte im hohen Abflussbereich, in dem die Datendichte naturgemäß am geringsten ist. Der mögliche Fehlereinfluss auf die Sedimentbilanzierung aufgrund der Unsicherheiten in den Transport-Abfluss-Beziehungen wird als nicht unerheblich eingeschätzt.

Suspensionsfrachten sind ebenso wie **Geschiebefrachten** nicht direkt mit dem Abfluss korreliert. Dennoch ist es Stand der Wissenschaft, solche Korrelationen aufzustellen, z.B. als Potenzfunktionen. Eine Überprüfung der Berechnung von Frachten aus den abgeleiteten Transport-Abfluss-Beziehungen mit den gemessenen Frachten ergab jedoch, dass für hohe Abflüsse eine Unterschätzung der Suspensionsfracht vorherrscht. Die Größe der Unterschätzung kann derzeit nicht quantifiziert werden, da die Anzahl der Messungen bei hohen Abflüssen dafür zu gering ist. Der mögliche Fehlereinfluss auf die Sedimentbilanzierung aufgrund der Unsicherheiten in den Transport-Abfluss-Beziehungen für den Suspensionstransport wird als nicht unerheblich eingeschätzt. Ebenso wie für den Geschiebetransport sind **Transport-Abfluss-Beziehungen** der Suspensionsfracht nur für einen begrenzten Zeitraum gültig, in welchem die wesentlichen Randbedingungen vergleichbar sind. Insbesondere die Verfügbarkeit von Sand hat einen hohen Einfluss auf den Betrag der Suspensionsfracht. Wird die verfügbare Sandmenge erhöht (beispielsweise durch Erosion sandhaltiger Schichten), kann die Suspensionsfracht unabhängig vom Abfluss ansteigen. Die Sediment-Bilanzierungsmethode, welche sich auf die Auswertung der Sohlhöhenentwicklung stützt, benötigt eine Reihe zusätzlicher Annahmen, wodurch sich die Anzahl möglicher Fehlereinflüsse erhöht. Im Resultat der Unsicherheitsanalyse kann dieser Methode dennoch die höhere Zuverlässigkeit zugesprochen werden, da in der Methodik der Feststofftransportmessungen eine größere Anzahl möglicher nicht unerheblicher

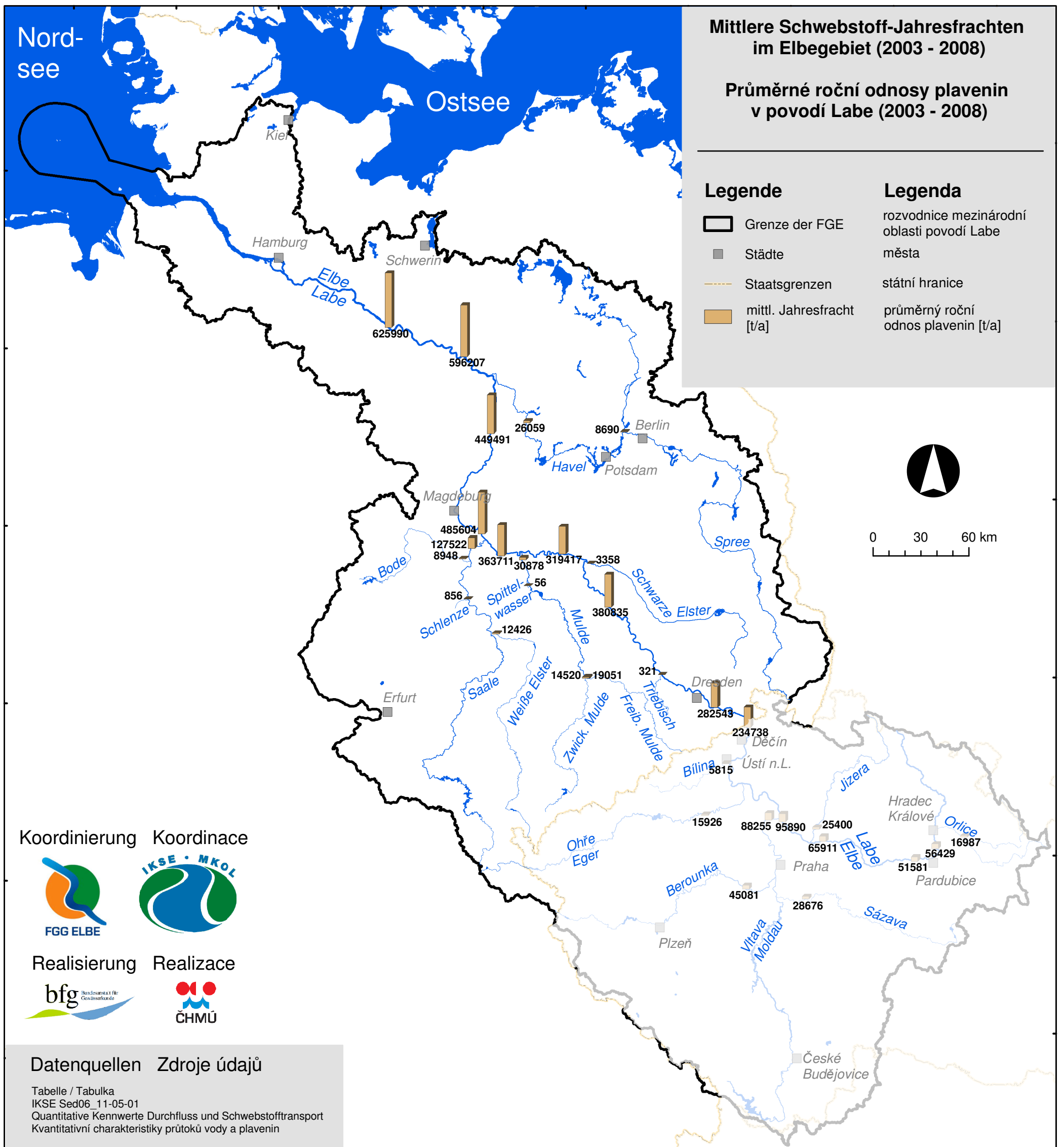
Fehlerquellen identifiziert werden kann. Die tatsächlichen Frachten liegen wahrscheinlich zwischen den Bilanzierungen beider Methoden, da die Sohlhöhenentwicklung die Frachten tendenziell eher überschätzt, wohingegen die Feststofftransportbilanzierung insbesondere die Sandfracht tendenziell unterschätzt.

In der **Tideelbe** betreiben HPA und WSV für unterschiedliche hydrologische und sedimentologische Fragestellungen Monitoringprogramme, die auch der Erfassung der quantitativen Verhältnisse dienen. Entlang der Tideelbe besteht u. a. ein weitgehend fertiggestelltes Messnetz von 18 Dauermessstationen. Die Messziele sind zwischen HPA und WSV abgestimmt. Neben dem Sedimenttransport und Sedimenthaushalt sind auch andere Fragestellungen (z.B. Beweissicherung zu Ausbauvorhaben, Verwendung der Messdaten für nautische Zwecke, Auswertungen zur Lage der Brackwasserzone) von Bedeutung. Die Daten der Messstationen sollen dazu dienen, die Entwicklung des Schwebstoffgehaltes (Entwicklung der Trübungszone, Auswirkungen von Ausbauvorhaben und Baggergutumlagerungsstrategien, Klimaänderung) und seiner (jahreszeitlichen) Variationen langfristig zu erfassen. Die Messungen sollen zu einem verbesserten Prozess- und Systemverständnis, insbesondere zu Sedimenttransportprozessen, beitragen und damit eine Optimierung des Sedimentmanagements in der Tideelbe ermöglichen.

4.2 Quantitative Verhältnisse in der Binnenelbe

Die quantitativen Verhältnisse des **Schwebstoffhaushaltes** der Elbe werden mit Monitoringprogrammen in Tschechien und in Deutschland ermittelt. Die Ergebnisse stimmen im Betrachtungszeitraum 2003 – 2008 im Grenzbereich gut überein und stellen eine konsistente Datengrundlage für flussgebietsweite Abschätzungen dar. Abbildung 4-1 veranschaulicht die Entwicklung der Schwebstoffjahresfracht im Elbeverlauf. Der Eintrag in die deutsche Elbestrecke liegt im Mittel bei 250.000 t. Im Verlauf nimmt die Schwebstofffracht um durchschnittlich knapp 400.000 t/a zu, so dass mit rund 650.000 t pro Jahr als binnenseitiger Eintrag in die Tideelbe zu rechnen ist. Die Schwebstoffeinträge der Saale mit 130.000 t/a sowie Mulde und Havel mit je etwa 30.000 t/a tragen in erheblichem Umfang zum Anstieg bei. Auf Teilstrecken finden sich Frachtrückgänge im Bereich von 10 %. Das liegt im Schwankungsbereich und lässt keine gesicherten Rückschlüsse auf Sedimentationen zu. In der Gesamtstrecke (~ 600 km) ist ein weitgehend stetiger Anstieg der Schwebstofffracht mit hoher Proportionalität zur Durchflusszunahme zu verzeichnen. Für die Schwebstoffkonzentration liegt in Anlage 4 eine weitere Übersichtsdarstellung vor (K-A4-1).

Untersuchungen zur **Sohlentwicklung der Binnenelbe** zeigen ab dem ausgehenden 19. Jahrhundert eine über das anfänglich gewünschte Maß hinausgehende Eintiefung der Sohle. Seit 1880/1900 hat sich die mittlere Sohlhöhe entlang der Elbe in regional unterschiedlicher Ausprägung um bis zu 2 m (bei Torgau, Elbe-km 155) eingetieft. Hieraus abgeleitete maximale (mittlere) Erosionsraten von 1,7 cm/Jahr wurden in lokalen Abschnitten deutlich überschritten, zwischenzeitlich jedoch auch durch stagnierende oder gegenläufige Entwicklungen abgelöst. Aus Peilungen der Gewässersohle und Geschiebetransportmessungen lassen sich für die Elbe Erosionsraten unterschiedlicher Intensität ableiten. Im Mittel liegen sie im Bereich von 1,0 bis 1,25 cm/a. In der Binnenelbe hält aktuell aus großskaliger Sicht (großräumig und langfristig) die Eintiefungstendenz an, wobei auch längere Abschnitte eine nahezu stabile Sohlage aufweisen (Elbe-km 0-75 und Elbe-km 370 bis 500). Der Schwerpunkt des Erosionsregimes hat sich in den zurückliegenden Jahrzehnten in die Bereiche unterstrom der Schwarzen Elster verschoben. Das **Sedimentdefizit** für die gesamte deutsche Binnenelbe liegt in der Größenordnung von 0,45 Mio. t/a. In Abschnitten der Erosionsstrecke zwischen Elbe-km 140 und 290 treten mittlere Erosionsgeschwindigkeiten von bis zu 2 cm/Jahr auf. Das Extremhochwasser 2002 (auch 2006) trug abschnittsweise als Einzelereignis erheblich zur Erosion und wesentlichen Umgestaltung der Sohle bei. Der Anteil des Wasserspiegelabsinks, der der Tiefenerosion zuzurechnen ist, führt in langen Erosionsstrecken kaum zu Änderungen der durchschnittlich vorhandenen Wassertiefe, da der Wasserspiegel in der Regel mit der Sohle absinkt.



Koordinierung Koordinace



Realisierung Realizace



Datenquellen Zdroje údajů

Tabelle / Tabulka
 IKSE Sed06_11-05-01
 Quantitative Kennwerte Durchfluss und Schwebstofftransport
 Kvantitativní charakteristiky průtoků vody a plavenin

Bezugsmessstelle Referenční profil	Fluss / Nebenfluss Řeka / Přítok	Schwebstofffracht / Odnos plavenin [t/a]		Durchfluss / Průtok [m³/s] MQ / Qa [2003-2008]
		Minimum - Maximum / minimum - maximum [2003 - 2008]	Mittelwert / Průměrná hodnota [2003 - 2008]	
Němčice	Labe (Elbe)	23 117	83 168	41,1
Valy	Labe (Elbe)	27 896	105 719	53,6
Lysá n.L.	Labe (Elbe)	35 760	124 591	66,6
Obříství	Labe (Elbe)	33 236	227 301	89,9
Dolní Žleb	Labe (Elbe)	122 996	549 491	293
Týniště n.O.	Orlice	6 965	26 026	16,6
Tuřice	Jizera	12 153	47 088	23,4
Vraňany	Vltava (Moldau)	26 423	214 085	148
Srbsko	Berounka	13 000	73 752	34,2
Nespeky	Sázava	5 125	47 560	19,3
Louny	Ohře (Eger)	9 785	30 011	35,0
Ústí n.L. (Trmice)	Bílina	3 234	7 240	6,26
Pirna	Elbe (Labe)	121 827	636 900	308
Torgau	Elbe (Labe)	197 028	721 929	319
Wittenberg	Elbe (Labe)	185 282	612 110	341
Aken	Elbe (Labe)	254 112	630 692	402
Barby	Elbe (Labe)	382 257	663 709	498
Tangermünde	Elbe (Labe)	351 800	546 215	515
Wittenberge	Elbe (Labe)	459 118	707 508	630
Hitzacker	Elbe (Labe)	475 444	745 176	643
Gorsdorf	Schwarze Elster	2 294	4 282	11,5
Dessau	Mulde	15 871	63 963	63,3
Calbe	Saale	83 078	228 348	106
Rathenow	Havel	20 019	33 689	68,2
Mdg. Triebisch	Triebisch	98	602	1,20
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	6 365	41 129	34,6
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	9 533	22 143	26,3
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	34	75	0,252
Halle-Ammendorf	Weiße Elster	8 958	17 427	25,1
oh. Mdg. Saale	Schlenze	448	1 859	0,139
Neugattersleben	Bode	5 006	17 243	11,9
Sophienwerder	Spree	7 238	10 086	24,4

4.3 Quantitative Verhältnisse in der Tideelbe

Feststoffeinträge in die Tideelbe erfolgen sowohl von oberstrom über das Wehr Geesthacht als auch flutbedingt aus der Nordsee. Die marinen Einträge können bisher nicht quantifiziert werden. Ein Indikator sind jedoch die Baggermengen (vgl. unten).

In der Nordsee erfolgen küstenparallel von Westen nach Norden in der Wassersäule erhebliche Feststofftransporte, die im Austausch mit den Watten und den Ästuaren stehen (Kappenberg und Fanger 2007). Das Elbeästuar und insbesondere der Mündungsbereich unterliegen ständigen natürlichen hydromorphologischen Veränderungen, bei denen erhebliche Sedimentmengen mobilisiert werden können. Im Bereich des Mündungstrichters beginnen nordöstlich der Fahrrinne die weitläufigen, morphodynamisch sehr aktiven Wattflächen, auf denen feinere Sedimente vorübergehend oder auch dauerhaft in strömungs- und seegangsgeschützten Bereichen zur Ablagerung kommen können. Bei Sturmereignissen sind eine Resuspension von Feinmaterialablagerungen und der Eintrag dieses Materials in die Tideelbe möglich. Der Feinsandanteil, der in den Bereich der Watten verdriftet, unterliegt dort der großräumigen Morphodynamik.

Die Tideelbe ist durch Maßnahmen des Hochwasser- und Sturmflutschutzes wie auch des Verkehrswasserbaus schon seit Jahrhunderten anthropogen überformt. Folge für den Sedimenthaushalt ist unter anderem, dass rezente Marschen für das Absetzen der Feinsedimente aufgrund der Eindeichungen praktisch nicht mehr zur Verfügung stehen.

Die Einträge aus der Nordsee und aus dem Binnenland vermischen sich im Ästuar und bilden u. a. die so genannte Trübungszone zwischen Elbe-km 650 bis 700 mit Schwebstoffkonzentrationen von bis zu 300 mg/l und mehr aus. In der Trübungszone sammeln sich über längere Zeiten enorme Schwebstoffmengen an. Das Inventar im Bereich des Trübungsmaximums beträgt ca. 80.000 - 100.000 t und entspricht damit ca. 15 % des jährlichen Eintrags aus dem Einzugsgebiet (Kappenberg und Fanger 2007). Der Feststofftransport wie auch die räumliche Verteilung der Feinmaterialmengen in der Tideelbe werden durch die Gezeiten bestimmt und in erheblichem Maß durch den Oberwasserabfluss beeinflusst. Die unterschiedlichen Korngrößenfraktionen (Ton, Schluff, Sand und Kies) weisen unterschiedliche Materialeigenschaften und Sinkgeschwindigkeiten auf und unterliegen verschiedenen Transportprozessen. Daher muss das Feststofftransportgeschehen nach Korngrößen differenziert betrachtet werden.

Der Mündungsbereich ist überwiegend geprägt durch gröberes Material, das durch regelmäßige Baggerungen aus der Fahrrinne entfernt wird. Während Sande überwiegend als Geschiebe an der Gewässersohle bewegt werden, erfolgen Feinmaterialtransporte überwiegend in Suspension in der Wassersäule. Der Feinsedimenttransport erfolgt residuell überwiegend stromauf. Ein anhaltend niedriges Oberwasser verstärkt die stromauf gerichteten tideinduzierten Transporte („Tidal Pumping“), die auch Feinmaterial aus der Brackwasserzone bis hinauf in den Hamburger Hafen befördern. Dies führt zu einer Verlagerung der Trübungszone stromauf und zu erhöhten Sedimentationsraten in den Baggerbereichen. Durch hohe Abflüsse dagegen wird die Trübungszone ggf. weit in Richtung Nordsee verschoben mit der Folge erheblicher Feststoffausträge aus dem Ästuar in die Nordsee.

Feinsedimente lagern sich bevorzugt an den Baggerschwerpunkten im Bereich Hamburg (Köhlbrand, Süderelbe, strömungsberuhigte Bereiche der Hafenbecken), stromab im Bereich Wedel/Juelssand, im Zufahrtbereich zum Nord-Ostsee-Kanal (NOK) und im Baggerbereich Osteriff ab. Weiterhin kann seitlich der Fahrrinne, abschnittsweise in Seiten- und Flachwasserbereichen entlang des Flusslaufs sowie in einigen Nebenelben des Elbeästuars eine fortschreitende und andauernde Verlandungstendenz beobachtet werden. Diese Entwicklung findet sich nicht in allen Bereichen, so dass sich das morphodynamische Gesamtbild bereichsweise sehr unterschiedlich darstellt.

Der Stromauftransport mariner Feinsedimente hat in der Vergangenheit erheblich zugenommen. Als einen groben Richtwert berechnen Ackermann und Schubert (2007), dass

im Baggerschwerpunkt vor Wedel der marine, aus der Deutschen Bucht stammende Anteil des Schwebstoffes oberwasserabhängig zwischen 50 % und 80 % beträgt. Stromauf des Hamburger Hafens an der Messstation Bunthaus (Elbe-km 610) beträgt der marine Anteil noch zwischen 10 % und 40 % (BfG 2008). Die komplexen quantitativen Verhältnisse der Tideelbe schlagen sich in hohen und wechselnden Baggermengen nieder. In den letzten Jahren wird im Bereich Hamburgs, bezogen auf Feinsediment, etwa das 2,5-fache des mittleren binnenseitigen Frachteintrags in die Tideelbe (650.000 Tonnen TS) gebaggert.

4.4 Risikoanalyse Schifffahrt

Die **Risikoanalyse aus schifffahrtlicher Sicht** besteht im Abgleich der im Fluss tatsächlich vorhandenen Verhältnisse mit den für die Schifffahrt als Unterhaltungsziel festgelegten erforderlichen Wassertiefen und -breiten.

Die deutsche **Binnenelbe** ist eine **Bundeswasserstraße**, die dem allgemeinen Verkehr gewidmet ist. Zu diesem Zweck muss die Elbe in einem bestimmungsgemäßen Zustand unterhalten werden. Das aktuelle Unterhaltungsziel im Niedrigwasserbereich (Abbildung 4-2) besteht in der Bereitstellung einer Fahrrinntiefe von 1,60 m über eine Fahrrinnenbreite von 50 m an durchschnittlich 345 Tagen im Jahr mit abschnittsbezogenen Einschränkungen (Schöna – Dresden 1,50 m Fahrrinntiefe, teilweise Breiteneinschränkungen). Das flussbauliche Regelungssystem soll bis zum Mittelwasser wirksam bleiben und vergleichbare Fahrrinnenverhältnisse ermöglichen. Bei darüber hinausgehenden Abflüssen wird keine weitere Regelungswirkung mehr angestrebt. Die notwendige Unterhaltung des bestehenden Regelungssystems wirkt als passive Maßnahme des verkehrsbezogenen Sedimentmanagements. Der Wasserspiegel soll dabei gestützt und gleichzeitig eine stabile durchschnittliche Sohlenlage gewährleistet werden. Bei Bedarf kommt zu dieser passiven eine gezielte aktive Sediment- und Geschiebemanagement in einzelnen Streckenabschnitten oder - nach starken, das Flussbett umbildenden Hochwässern über den gesamten Flusslauf - hinzu.

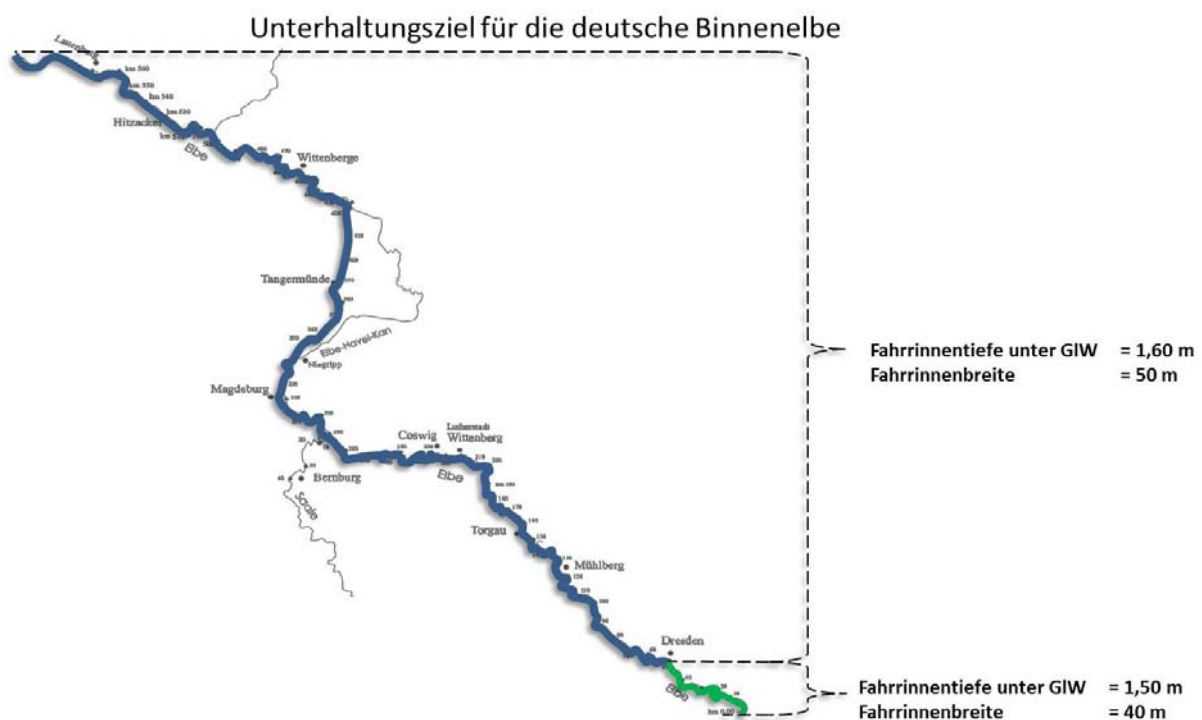


Abbildung 4-2: Unterhaltungsziel für die Elbe im Niedrigwasserbereich

Aktuell bestehen im Kontext Sedimentmanagement folgende Risiken für die Einhaltung der geforderten verfügbaren Schifffahrtsverhältnisse:

- Eine generell defizitäre Unterhaltung der Regelungsbauwerke und nicht angepasste Regelungsparameter. Beispielsweise sind die bestehenden Buhnen nicht auf das aktuelle Mittelwasserniveau (vgl. Erosion, Kap. 4.2) angepasst, so dass die Bauwerke streckenweise ihre Regelungsfunktion nicht ausreichend oder über den Regelungsbereich hinaus erfüllen.
- Schifffahrtsbehindernde Ablagerungen im Fahrrinnenbereich. Einen Schwerpunktbereich mit hoher Priorität stellt der Elbabschnitt zwischen Elbe-km 508 und El-km 521 dar (Anl. 4, Abb. B-A4-1). Durch die nicht zum Abschluss gelangte Niedrigwasserregulierung in diesem Abschnitt (sogenannte „Elbe-Reststrecke“) und die damit verbundene Querschnittsaufweitung im Gewässerbett, bilden sich in diesem Abschnitt immer wieder Fahrrinnenhindernisse durch wandernde Unterwassersandbänke aus. Sedimentablagerungen im Bereich der Fahrrinne (rote und gelbe Flächen in Abb. B-A4-1) schränken die verfügbaren Tiefen für die Schifffahrt ein. Gleichzeitig wechselt der Fahrwasserbereich mit den maximal verfügbaren Tiefen regelmäßig seine Lage im Strom. Eine dauerhafte Geschiebeumlagerung ist notwendig.
- Entlang großer Strecken an der Elbe hat die fortschreitende Sohleintiefung (vgl. Kap. 4.2) Auswirkungen auf die Fahrrinnenverhältnisse und die Bauwerkssicherheit des Regelungssystems.
- Vorrangig in strömungsberuhigten Bereichen der Wasserstraße, wie z.B. Schleusenvorhäfen oder in Schutz-, Sicherheits- und Betriebshäfen sind zur Aufrechterhaltung bzw. Wiederherstellung der definierten Fahrrinnenverhältnisse wegen der Schadstoffbelastung Feinsedimententnahmen notwendig. Dies trifft insbesondere für die staugeregelte Saale zu.

Die **Tideelbe** ist vom Hamburger Hafen Richtung Nordsee eine für die **Schifffahrt** ausgebaute **Seewasserstraße**. Zentrales Ziel aus Sicht der Seeschifffahrt ist die jederzeitige Sicherstellung der genehmigten und erforderlichen Wassertiefen. Diese Wassertiefen sind streckenweise unterschiedlich, das gilt insbesondere für Hafenbereiche. Die bei der Sicherung anfallende jährliche Baggermenge der Tideelbe liegt in der Größenordnung von 15 - 20 Mio. m³ und ist für vergleichbare Ästuare im Nordseebereich nicht ungewöhnlich. Abbildung 4-3 gibt eine Übersicht über die wesentlichen Baggerbereiche zur Wassertiefenunterhaltung. Bezüglich der Mindertiefenbildung in Fahrrinnenbereichen und Hafenbecken kann zwischen flächigen Ablagerungen von Feinsedimenten, Seiteneintreibungen von vorrangig (Fein-) Sanden einerseits und lokalen Mindertiefen durch Riffel / Dünen aus Mittel- und Grobsand im Bereich der Fahrrinne unterschieden werden.

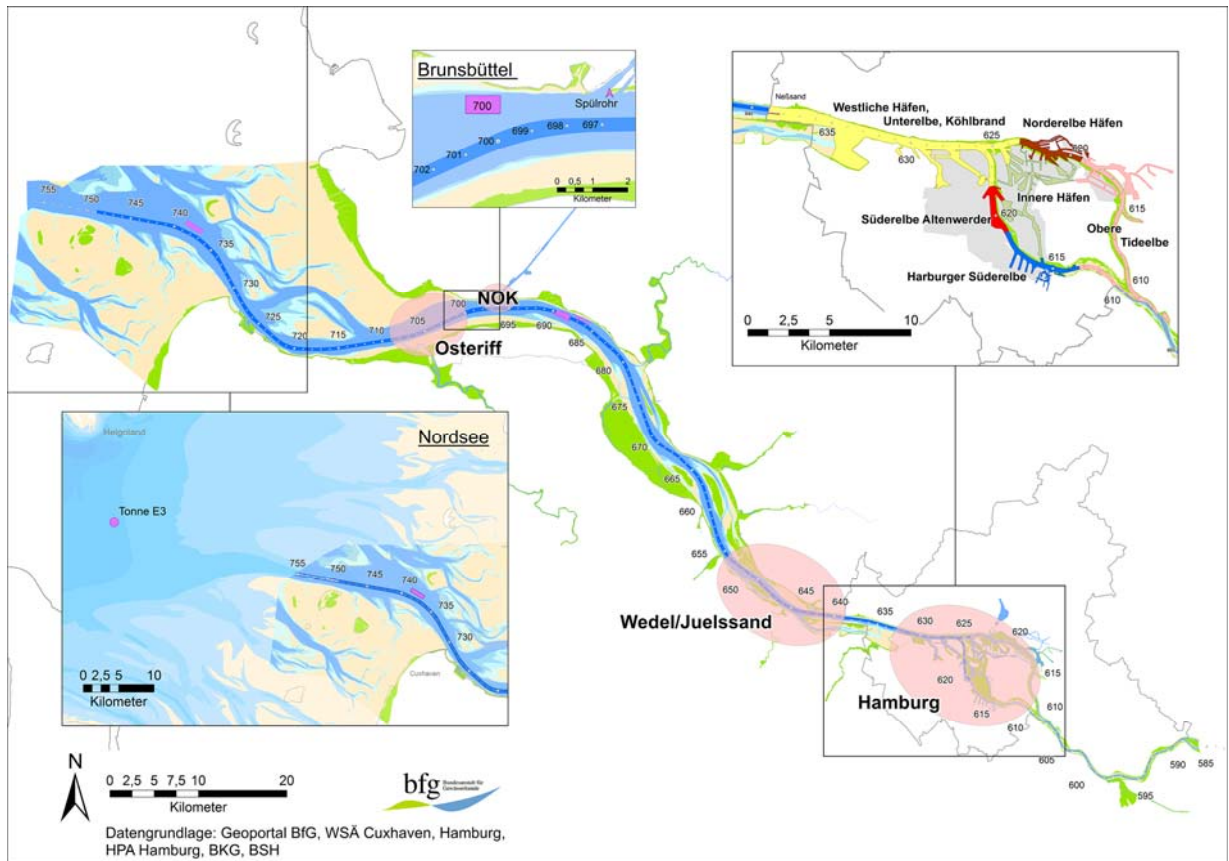


Abbildung 4-3: Wassertiefenunterhaltung der Tideelbe

Die Sicherung der Wassertiefen bedarf einer übergreifenden Strategie zum Umgang mit Sedimenten. In Anbetracht der gestiegenen Sedimentmengen im oberen Ästuarbereich haben HPA und WSV das Strombau- und Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe vorgelegt (HPA und WSV 2008). Aktuell bestehen im Kontext Sedimentmanagement folgende Risiken für die Einhaltung der erforderlichen Wassertiefen:

- Lokale sandige Mindertiefen stellen in einzelnen Fahrrinnenabschnitten im inneren Ästuar ein nautisches Problem dar (Entelmann und Gätje 2012).
- Seiteneintreibungen von Sanden sind vor allem für die Fahrrinnenunterhaltung im Außenelbebereich von Bedeutung.
- Als besondere Herausforderung erweisen sich die seit ca. 2000 im Hamburger Bereich gestiegenen Feinsedimentmengen und deren Schadstoffbelastung. Um diesen zu begegnen, sind unterschiedliche Maßnahmen vorgesehen:
 - Eine unter Berücksichtigung hydromorphologischer, ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte vorgesehene Umstellung der Verbringstrategie. Dies erfordert neben gesellschaftlicher Akzeptanz eine baldige Minimierung der Schadstoffbelastung. Die dauerhafte aufwändige Landentsorgung belasteter Sedimente ist auch ökonomisch kaum vermittelbar und praktisch nicht steigerbar.
 - Aufgrund der Ursachen der Schadstoffbelastung kann diese Aufgabe nur im Rahmen der gesamten Elbegemeinschaft angegangen werden.

5. Risikoanalyse aus hydromorphologischer Sicht

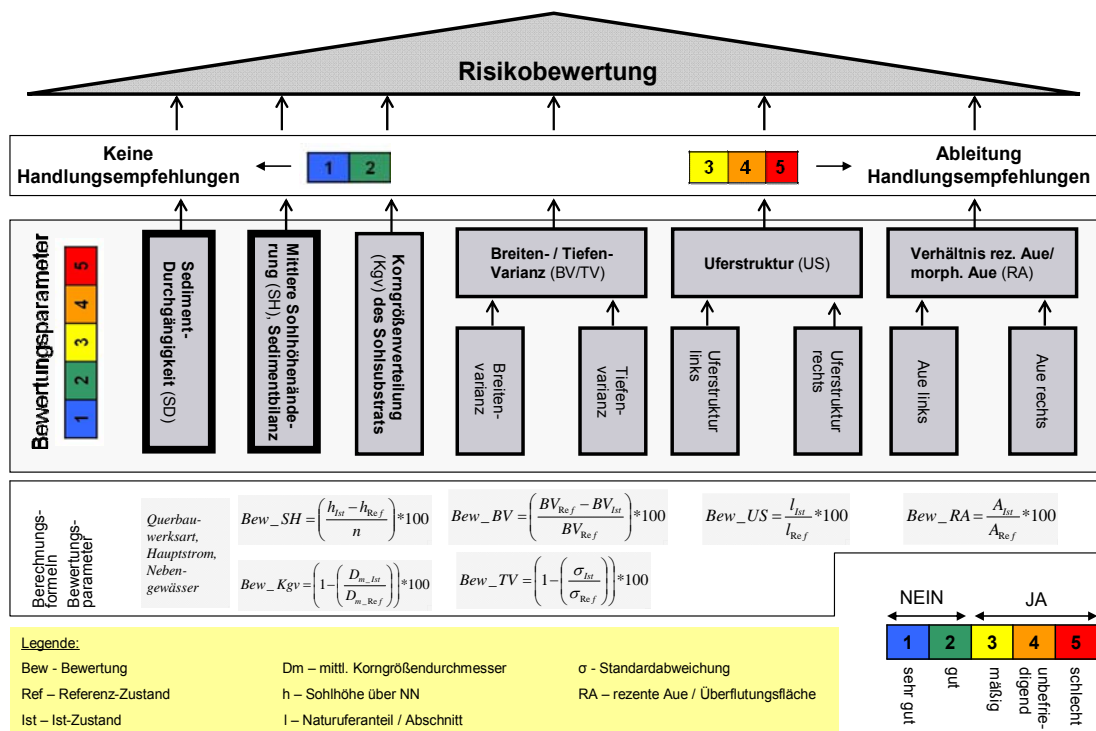
An der Binnenelbe wurden die gesamten frei fließenden 586 Laufkilometer von der deutsch-tschechischen Grenze bis zum Wehr Geesthacht einbezogen. Die Mündungsbereiche der Hauptnebenflüsse wurden insgesamt auf einer Streckenlänge von ca. 95 Laufkilometern jeweils von der Mündung in die Elbe stromauf bis zur ersten Stauanlage berücksichtigt. An der Schwarzen Elster umfasste die untersuchte Gewässerstrecke 30 km bis Arnsnesta, an der Mulde 8 km bis zum Stadtwehr bei Dessau, an der Saale 19,8 km bis zur Stauanlage Calbe und an der Havel 37,5 km bis zur Schleuse Garz. Die Tideelbe wurde zwischen Geesthacht und Mündung in die Nordsee (Elbe-km 585,9 - 727,0) in sechs Funktionsräumen untersucht (Abb. 2-1).

5.1 Methodik, Datengrundlagen und Unsicherheiten

Die Indikatoren zur Erfassung und Bewertung des Sedimenthaushaltes als Teil des hydromorphologischen Zustandes der Elbe und deren abgestufte Anwendung wurden in Kapitel 3.4 behandelt. Im Zuge der **hydromorphologischen Risikoanalyse** wird die Kopplung zwischen der Erfassung und Bewertung des Sedimenthaushaltes als Teil des hydromorphologischen Zustandes und den abzuleitenden Handlungsempfehlungen zur Verbesserung des hydromorphologischen Zustandes erreicht. Jeder einzelne der Indikator-Parameter wird mittels des fünfstufigen Klassifizierungssystems evaluiert und fließt jeweils einzeln in die Risikoanalyse ein. Es erfolgt keine Aggregation. Klasse 1 und 2 zeigen, dass bereits sehr gute bis gute hydromorphologische und sedimentologische Verhältnisse vorherrschen. Die Einstufung von Flussabschnitten in die Klassen 3, 4 und 5 verweist auf die Bereiche, auf die sich Handlungsempfehlungen zur Verbesserung des Sedimenthaushalts und der hydromorphologischen Verhältnisse im Elbestrom oder den relevanten Nebenflüssen richten. Von besonderer Bedeutung im Kontext Sedimentmanagement sind für die Ableitung von Handlungsempfehlungen die Indikator-Parameter **Sedimentdurchgängigkeit** und **Mittlere Sohlhöhenänderung / Sedimentbilanz**. Beide besitzen für den Sedimenthaushalt eine besondere Zeiger- und damit Schlüsselfunktion, denn durch die fehlende Sedimentdurchgängigkeit und das Sedimentdefizit werden auch die weiteren hydromorphologischen Indikator-Parameter negativ beeinflusst. Der Mittleren Sohlhöhenänderung / Sedimentbilanz kommt u. a. aufgrund ihres ursächlichen Zusammenhangs mit der Entkopplung zwischen Flussbett und Aue besondere Bedeutung zu. Wegen ihrer besonderen Stellung gehen die beiden zentralen Indikator-Parameter in einem **ersten Schritt** in die Ableitung von Handlungsempfehlungen ein. In einem **zweiten Schritt** wird für die weiteren hydromorphologischen Indikatoren überprüft, welche Synergien es in Kombination mit Schritt 1 gibt, und ob spezifische Empfehlungen ausgesprochen werden müssen.

Die Erfassung und Bewertung der hydromorphologischen Indikator-Parameter erfolgt jeweils unter Verwendung der **besten verfügbaren Datengrundlagen**. Die modelltechnische Bearbeitung wurde mit Hilfe des Moduls Valmorph des Integrierten Flussauenmodells INFORM¹ vorgenommen (BfG 2011a), das eine quantitative Erfassung und Bewertung der hydromorphologischen Parameter ermöglicht. Die Bewertung erfolgt anhand von Berechnungsformeln je Parameter aus dem Modul Valmorph und anhand der hinterlegten **parameterspezifischen Methoden**. Für die Klassifizierung wurden **quantitative Bewertungsklassenspannweiten** und je Parameter quantitative Schwellenwerte als **Klassengrenzen** gebildet. Hierzu wurden umfangreiche Auswertungen der vorliegenden Daten zur Hydromorphologie der Binnenelbe und der als relevant ausgewiesenen Nebengewässer der Kategorie 1 vorgenommen. Das Vorgehen bei der Risikoanalyse unter dem Aspekt Hydromorphologie ist im Detail in Anlage A2-4 beschrieben und wird durch Abbildung 5-1 veranschaulicht.

¹ INFORM = INtegrated FIOodplain Response Model (BCE und Conterra GmbH 2010; BfG 2011a).



(Quelle: Expertengruppe Hydromorphologie (2012); Berechnungsformeln: Rosenzweig et al. 2012)

Abbildung 5-1: Risikoanalyse im Kontext des Sedimentmanagementkonzepts der FGG Elbe für den Aspekt Hydromorphologie Binnen

Die Ergebnisse werden je Indikator-Parameter einzeln für **5-km Abschnitte aggregiert** und pro Kartierabschnitt in Farbbändern dargestellt. Die Darstellung der Ergebnisse für mehrere Indikatoren in einer Zusammenschau erleichtert die Identifizierung besonders kritischer Bereiche (Rosenzweig et al. 2012), eine Anschauung dafür liefert Abbildung B-A4-2 in Anlage 4. Bedarfsweise können für die Ableitung von Handlungsempfehlungen oder bei Unklarheiten auch die höher aufgelösten 1-km Ergebnisse herangezogen werden.

Die Methoden, verwendeten Daten und Bewertungsgrundsätze sind zur Nachvollziehbarkeit der Bewertungsergebnisse ausführlich dokumentiert (Rosenzweig et al. 2012; Quick 2012; Quick et al. 2012; König et al. 2012; BCE 2012). Da die Zusammenführung von Datenkollektiven verschiedener Quellen für einen Indikator-Parameter im Längskontinuum des Gewässers i. d. R. zu große Unsicherheiten und Fehlerquellen birgt, wurden nur solche Datengrundlagen verwendet, die sich auf die gesamte Binnenelbe beziehen. Datenauswahl und Vorgehen stehen im Kontext der nationalen und internationalen rechtlichen (EG 2000; OGewV 2011; WHG 2010), normativen (DIN EN 14614 2005; DIN EN 15843 2010) und fachlichen Vorgaben (LAWA 1999 ff., BfG 2001, 2011b; Vollmer et al. 2013). Die Repräsentativität der Aussage wird durch einen Vergleich über längere Zeiträume erhöht, Expertenwissen und -verifizierungen dienen der Plausibilisierung.

Die Unsicherheit der Aussagen bzgl. der hydromorphologischen Indikatoren wird in Rosenzweig et al. (2012) für die Binnenelbe sowie in BCE (2012) für die Mündungsbereiche der Nebengewässer behandelt, vgl. auch Kapitel 5.2. Generell gilt, dass die Datenlage für die Unterläufe der Nebenflüsse schwächer ist als für die Elbe selbst. Zur Absicherung der angewendeten Methoden wurden Vorgehen und Ergebnisse auf Fachveranstaltungen (z.B. König et al. 2012) und im LAWA-Expertenkreis Hydromorphologie (2011) vorgestellt. Hinsichtlich der Unsicherheiten in Bezug auf die Ergebnisse ist weiter zu beachten, dass diese auch von den untersuchten Gewässerabschnittslängen oder den gewählten Aggregationsstufen abhängig sind. Die Unsicherheit wird insgesamt als gering eingestuft.

Die **Tideelbe** ist als erheblich verändertes Gewässer (HMWB) ausgewiesen, für das angepasste Umweltziele gelten (= gutes ökologisches Potenzial). Die Erfassung und Bewertung des hydromorphologischen Zustands **der Tideelbe** erfolgt im Kontext des Sedimentmanagementkonzepts, wie in Kapitel 3.4 beschrieben, leitbildorientiert durch Experteneinschätzung. Die Indikator-Parameter werden qualitativ betrachtet. Als Beurteilungsgrundlage dient die Aufteilung der Tideelbe in Funktionsräume im Rahmen des Integrierten Bewirtschaftungsplans Elbeästuar (IBP 2012), der die Zielstellungen von NATURA 2000 und somit Vergleichszustände des Leitbildes als Basis für die Bewertungen beinhaltet. Gemäß EG-WRRL und OGewV sind für HMWB reduzierte Umweltziele und daran ausgerichtete Bewertungsstufen vorgesehen.

5.2 Hydromorphologische Verhältnisse der Binnenelbe

Die Bewertungsergebnisse für die beiden Schlüsselkriterien Sedimentdurchgängigkeit und Mittlere Sohlhöhenänderung / Sedimentbilanz sind für die Binnenelbe und ihre relevanten Nebengewässer in den Abbildungen 5.2 und 5.3 dargestellt. Der Sedimentrückhalt in den Einzugsgebieten wird insbesondere durch die schlechteren Evaluierungen der Mündungsbereiche der Nebengewässer deutlich, die sich streckenweise bis in die Elbe durchpausen. Dieses Bild ist nicht zuletzt eine Konsequenz der großen Zahl an Querbauwerken im Einzugsgebiet (z.B. 171 Talsperren und Speicher; IKSE 2005). Bei der Überblicksbetrachtung werden hinsichtlich der Mittleren Sohlhöhenänderung / Sedimentbilanz die bekannten kritischen Bereiche Erosionsstrecke (WSD Ost 2009; Gabriel et al. 2011) und Magdeburger Bereich erkennbar. Beide Schlüsselkriterien spiegeln zusammen das vorherrschende Sedimentdefizit wider. Eintiefungsprozesse der Sohle sind darüber hinaus mit Wasserspiegellagenänderungen im Gewässer und i. d. R. auch des Grundwassers verbunden. Dies führt langfristig zu einer Entkopplung von Gewässer und Aue mit einem Rückgang an autotypischen Lebensräumen, Tier- und Pflanzenarten. Der morphologische Prozess der Eintiefung ist sehr bedeutend für die Mittlere Elbe.

Die Evaluierungsergebnisse der weiteren hydromorphologischen Indikator-Parameter finden sich als Kartendarstellungen in Anlage A4 (K-A4-2 bis K-A4-6). Die Mehrzahl der Indikatoren spiegelt vom Grundmuster ihrer Bewertung her das Sedimentdefizit und die Entkopplung zwischen Fluss und Aue wider.

Die Parametrisierung der Sedimentdurchgängigkeit weist über die Kartendarstellung (Abb. 5-2) die Auswirkung des Sedimentrückhaltes im Einzugsgebiet auf die Binnenelbe aus. Sowohl der Sedimentfluss in den relevanten Nebenflüssen und aus der tschechischen Elbe als auch in vielen kleineren Zuflüssen ist im Unterschied zur frei fließenden Binnenelbe durch Querstrukturen stark verbaut. Sedimente werden in erheblichem Maße zurückgehalten und gelangen nicht in die Elbe. Die resultierenden Defizite in den unterstrom der tschechischen Elbe und der Nebenflusmündungen liegenden Streckenbereiche des Elbestroms werden in den Übersichtskarten ausgewiesen. Die Rotfärbungen in der Karte Sedimentdurchgängigkeit (Abb. 5-2) in den Unterläufen der Nebenflüsse und in Tschechien zeigen die Ursachen in den stauregulierten Bereichen auf. Zur Veranschaulichung der Übertragbarkeit dieser Ursache des Sedimentrückhaltes auf das gesamte Einzugsgebiet wurde die Übersicht der Querbauwerke in die Karte aufgenommen.

Der zweite ursächliche Wirkmechanismus bzgl. des gestörten Sedimenthaushalts der Binnenelbe liegt in der Erhöhung des Sediment-Transportvermögens gegenüber einem ausgeglichen hydromorphologischen (Referenz-) Zustand begründet. Die Kartendarstellung des Parameters Sedimentbilanz / Sohlhöhenänderung (Abb. 5-3) weist die Bereiche der Elbe aus, welche insbesondere infolge erhöhten Transportvermögens einer defizitären Sedimentbilanz bzw. Sohlhöhenentwicklung unterliegen. Das Sediment-Transportvermögen des Elbestromes, geprägt durch die Geometrie des Gewässerbettes mit seinen Laufverkürzungen und Bauwerken (Regelungssystem, Deiche usw.) und die entsprechende Strömung, übertrifft die in den Streckenabschnitt eingetragene Sedimentfracht und den Widerstand der an der Stromsohle liegenden Sedimente gegen Abtransport. Der Fluss nimmt in diesen Strecken Sediment von der Sohle auf und die Flusssohle tieft sich langfristig ein. Der Prozess der Eintiefung und in der Folge der Entkopplung des Flusses von seiner

Aue betrifft langfristig und großräumig die Mittlere Elbe im Bereich km 75 bis etwa 370 und ist prägend für eine Degradation des Gewässers aus hydromorphologischer Sicht mit entsprechender Betroffenheit von Flussbett, Ufer und Aue.

Die aus dem Bereich der sogenannten Erosionsstrecke (km 140-290, vgl. Kap. 4.2) nach unterstrom weiter fortschreitende Eintiefung betrifft in zunehmendem Maße die Bereiche unterhalb der Schwarzen Elstermündung bis in den Magdeburger Bereich (vgl. Kap. 4).

Die mit der Entkopplung zwischen Fluss und Aue einhergehende Degradation wirkt sich in den betroffenen langen Streckenbereichen neben der Sohlhöhenänderung des Flussbettes auch auf die Ufer und Auen aus und spiegelt sich in der Übersichtsdarstellung der hydromorphologischen Parameter wider. In der Übersicht von Abbildung 5-4 ist zu erkennen, dass sich die beiden bekannten langfristigen Eintiefungsstrecken in der Mittleren Elbe auch auf die Gewässerstruktur-Parameter auswirken und insbesondere bzgl. Uferstruktur, Aue, Tiefen- und Breitenvarianz diese Belastungsschwerpunkte spiegeln (hellblaue Wirkkreise). Weiterhin ist die Auswirkung von Sedimentrückhaltung sowohl bzgl. der Nebenflüsse als auch der Querbauwerke in der Elbe selbst (Stauregulierung in Tschechien und Wehr Geesthacht mit Wirkung auf die Bewertungen sowohl ober- als auch unterhalb der Wehre) durch schwarze Wirkkreise kenntlich gemacht.

Als Unsicherheiten hinsichtlich der Datengrundlagen sind variable Abflussverhältnisse zum Aufnahmezeitpunkt oder Maßstabsaspekte anzuführen. Entscheidend sind weiter das Alter und die Qualität der Daten. Beispielsweise kann bei der Mittleren Sohlhöhenänderung / Sedimentbilanz aufgrund des binnenelbweit vorliegenden, qualitativ hochwertigen Elbstromwerkes (1898) ein 106 Jahre langer Zeitraum betrachtet werden (Quick et al. 2012). In Sachsen erfolgte der Mittelwasserausbau mittels Längsbauwerken jedoch vor 1898 (Rommel 2000; Faulhaber 2013). Die vor 1898 erfolgte Tiefenerosion ist folglich nicht in die 106-jährige Sedimentbilanz des oberstromigen Bereiches eingeflossen. Gekoppelt mit einer größeren Gewässersohle dort sind die Verhältnisse seit 1898 weitgehend stabil und zeichnen sich daher durch häufiger sehr gute und gute Bewertungen aus (vgl. Abb. 5.4). Während also die Flussbetteintiefung in der Strecke von der deutsch-tschechischen Grenze bis zum Beginn der Erosionsstrecke nach der Phase der initialen Eintiefung im vorletzten Jahrhundert zur Ruhe gekommen ist, dauert in der unterstrom anschließenden Strecke die Erosion an. Diese bis heute fortwirkende Eintiefung wird durch den Indikator-Parameter Sedimentbilanz / Sohlhöhenänderung erfasst und bewertet. Es bestehen auch Unsicherheiten bezüglich der angewendeten Methoden, wie beispielsweise erforderliche vereinfachende Annahmen zur Ermittlung der Korngrößenverteilung des Sohlsubstrates im Referenz-Zustand, da hierzu keine historischen Daten in erforderlicher Detailtiefe existieren.

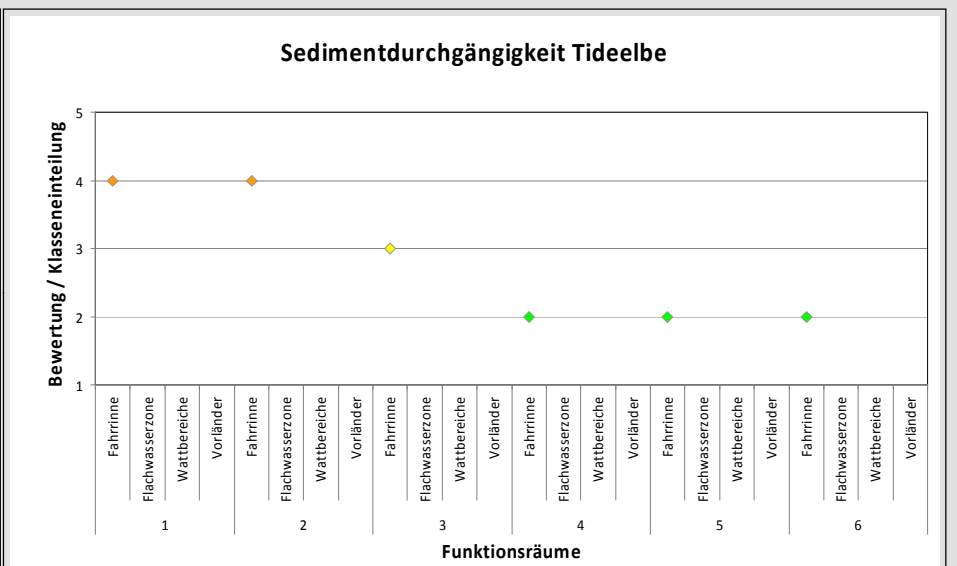
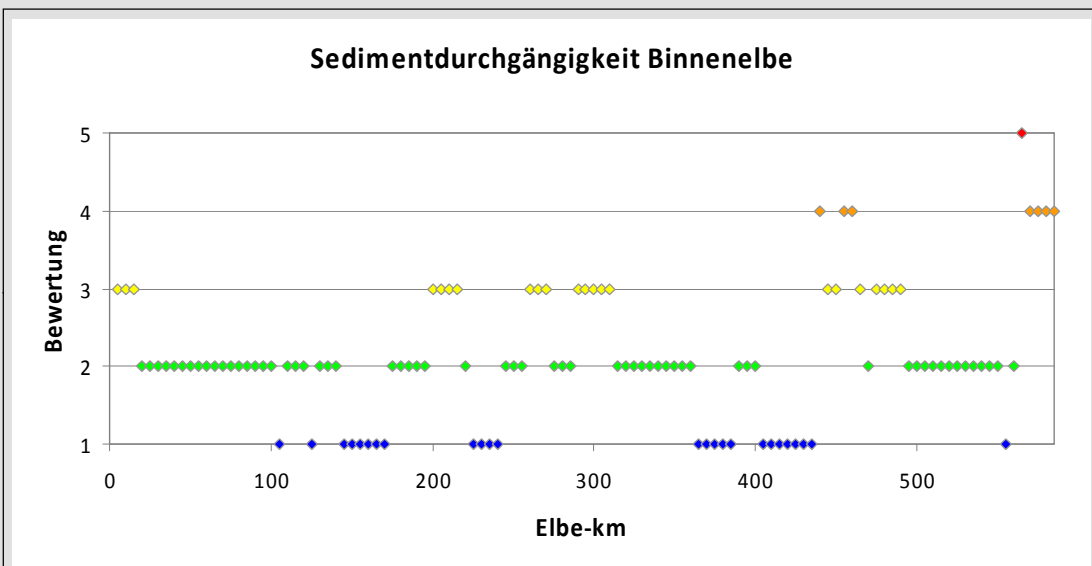
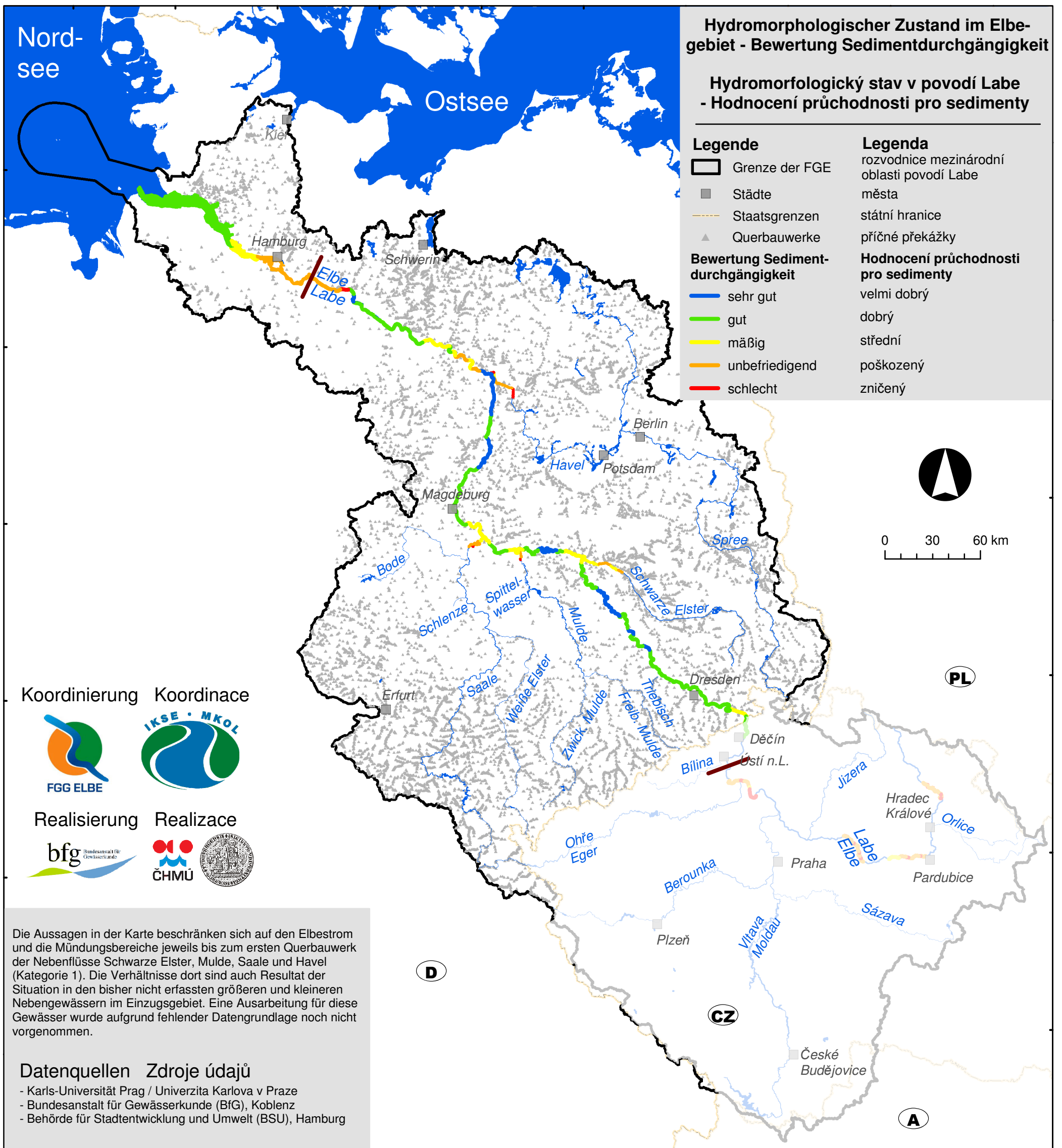
5.3 Hydromorphologische Verhältnisse der Tideelbe

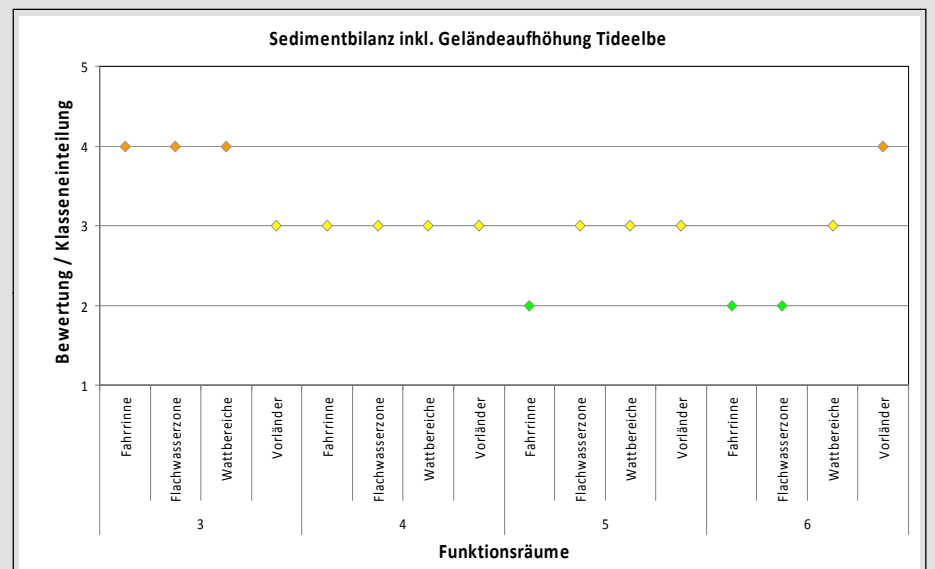
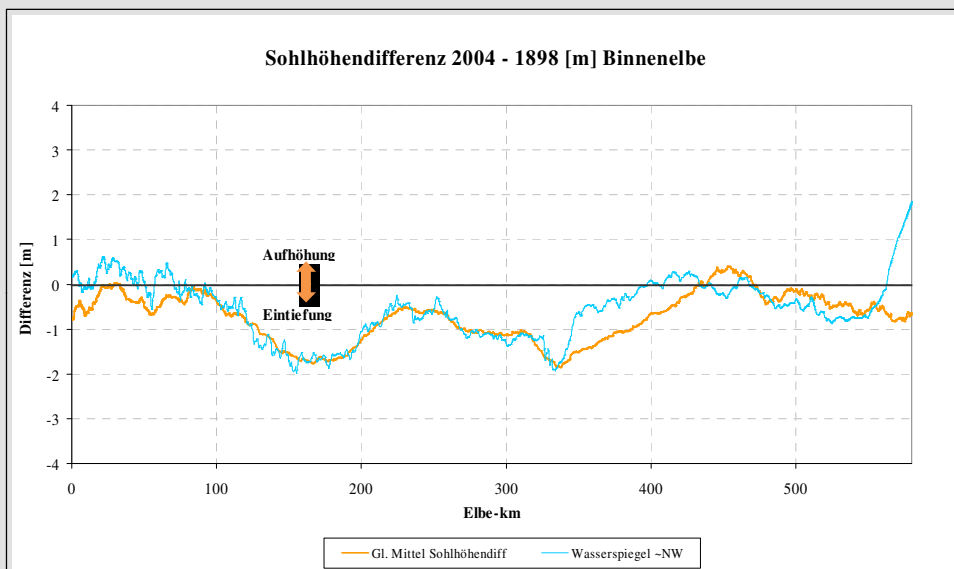
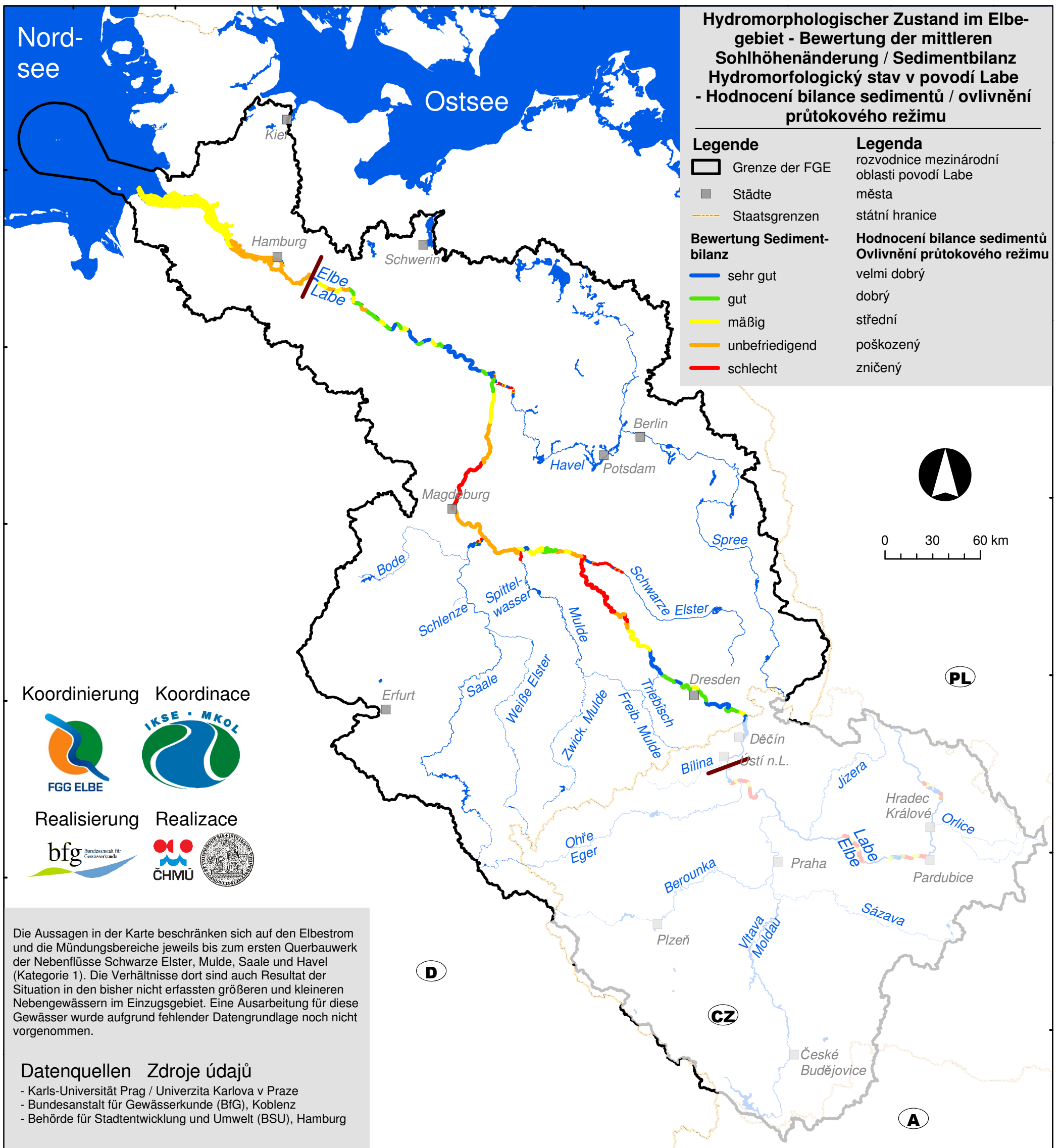
Das Elbe-Ästuar stellt ein hochdynamisches hydromorphologisches System dar. Es unterliegt ständigen großräumigen natürlichen Veränderungen. Hafenbetrieb und Hochwasserschutz bewirkten in der Vergangenheit und bewirken auch heute zahlreiche Eingriffe in das System. Neben strombaulichen Maßnahmen im Zusammenhang mit den Fahrrinnenanpassungen sind auch Sturmflutsicherungsmaßnahmen, das Abtrennen von Nebelbecken sowie der Verlust von Flachwasserbereichen durch Abgrabungen und Zuschüttungen und der Verlust von schadlos überflutbaren Außendeichbereichen von besonderer ökologischer Bedeutung. Dies ist ohne Aufgabe der jeweiligen Nutzungen bzw. des Schutzniveaus nicht rückgängig zu machen. Gemäß EG-WRRL wird die Tideelbe in vier Oberflächenwasserkörper (Elbe-Ost, Elbe-Hafen, Elbe-West und Elbe-Übergangsgewässer) unterteilt, die insbesondere wegen hydromorphologischer Veränderungen als „erheblich verändert mit mäßigem Entwicklungspotenzial“ eingestuft wurden.

Die Bewertung der hydromorphologischen Verhältnisse der Tideelbe ist zusammenfassend in den Übersichtskarten für die gesamte Elbe (Abb. 5-2 und 5-3 bzw. K-A4-2 bis K-A4-6) dargestellt. Die detaillierten Bewertungsergebnisse der einzelnen Funktionsräume sind in Tabelle T-A4-3 enthalten. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in den Funktionsräumen 1 bis 3 Klasse 2 praktisch nicht vorkommt und die Klassen 3 und 4

dominieren. In den Funktionsräumen 4 – 6 werden abschnittsweise auch Bewertungen der Stufe 2 erreicht. Ursachen für das Gesamtbild sind:

- Die tiefgreifenden hydromorphologischen Veränderungen des Ästuars wie die Vertiefung der Fahrrinne und der großflächige Verlust des Überflutungsraums betreffen die gesamte Unterelbe. In den letzten 100 Jahren ist der Tidehub in Hamburg um etwa 1,4 m angestiegen. Flussabschnitte östlich von Hamburg, in denen natürlicherweise keine nennenswerte Tide vorkam, weisen inzwischen einen Tidehub von über 2 m auf.
- Der Sedimenthaushalt der Unterelbe ist stark gestört (Kap. 4.3). Nebenarme und sonstige Seitenräume mit Flachwasserzonen gehen auch aufgrund zunehmender Verschlickung zurück, während marine Sedimente von der Strömung in steigenden Mengen stromaufwärts transportiert werden („Tidal Pumping“).
- In den betrachteten Funktionsräumen sind die Flachwassergebiete und Vorländer abschnittsweise stark zurückgegangen. Als Folge der ufernahen Deichführung und der Festlegung der Uferlinie steht vielerorts nicht ausreichend Raum zu Verfügung, um mehr Dynamik zuzulassen (IBP 2012).
- Die für die durchgehende Seeschifffahrt erzeugte künstliche Fahrrinne ist entsprechend zu unterhalten. Der Ausbau des Hamburger Hafens hat zu einer erheblichen Überformung des Stromspaltungsgebiets geführt. Die Wassertiefen sind hier unterschiedlich in Abhängigkeit von den jeweiligen lokalen Anforderungen. Große Flächen des ursprünglichen Ästuars sind heute dem direkten Hochwassereinfluss entzogen und haben ihre Funktion als Überschwemmungsgebiete verloren. Die Vorländer, die in einer naturnahen Landschaft ein Vielfaches der Wattflächen ausmachen würden, sind nur noch etwa halb so groß wie die Watten (IBP 2012). Der Anteil der Flachwasserbereiche ist im Verhältnis zu den Tiefwasserzonen stark zurückgegangen. Der Verlust der Vorländer und der Flachwasserzonen betrifft alle sechs Funktionsräume.
- Die Funktionsräume stellen sich als überwiegend stark überprägt durch Leitdämme, Deckwerke und Deiche dar. Aufgrund der starken Belastung durch wind- und schiffahrtserzeugte Wellen sind die Ufer der Tideelbe insbesondere in den Bereichen, wo keine Watten vorgelagert sind, überwiegend stark befestigt. An anderen Stellen nimmt die Ufererosion zu und erfordert höhere Aufwendungen für die Deichsicherheit.
- Im Ästuar vermischen sich oberstromige Sedimente mit Feststoffen aus Richtung Küste und Nordsee. Infolge der Tide kommt es zu (korngrößenabhängigen) Transporten in beiden Richtungen. Zwischen Fluss/Ästuar und Wattenmeer/Nordsee kann keine klare Trennlinie gezogen werden. Hier kommt es ebenfalls zu einem Austausch in Richtung Ober- und Unterstrom.
- Von Geesthacht bis Cuxhaven gibt es starke Unterschiede in der Gewässerbreite. Zwischen Geesthacht und Hamburg beträgt die Gesamtbreite des Deichzwischenraums ca. 500 bis 700 m. Stromabwärts von Hamburg weitet sich der Abstand zwischen den Deichen auf zwei Kilometer und mehr auf. Ab Brunsbüttel (ca. Strom-km 700) befindet sich eine typische trichterförmige Ästuarmündung, die auf der Höhe der Oste ca. 6,5 km breit ist. Die Breite der Elbemündung in die Nordsee bei Cuxhaven beträgt ca. 17 km..





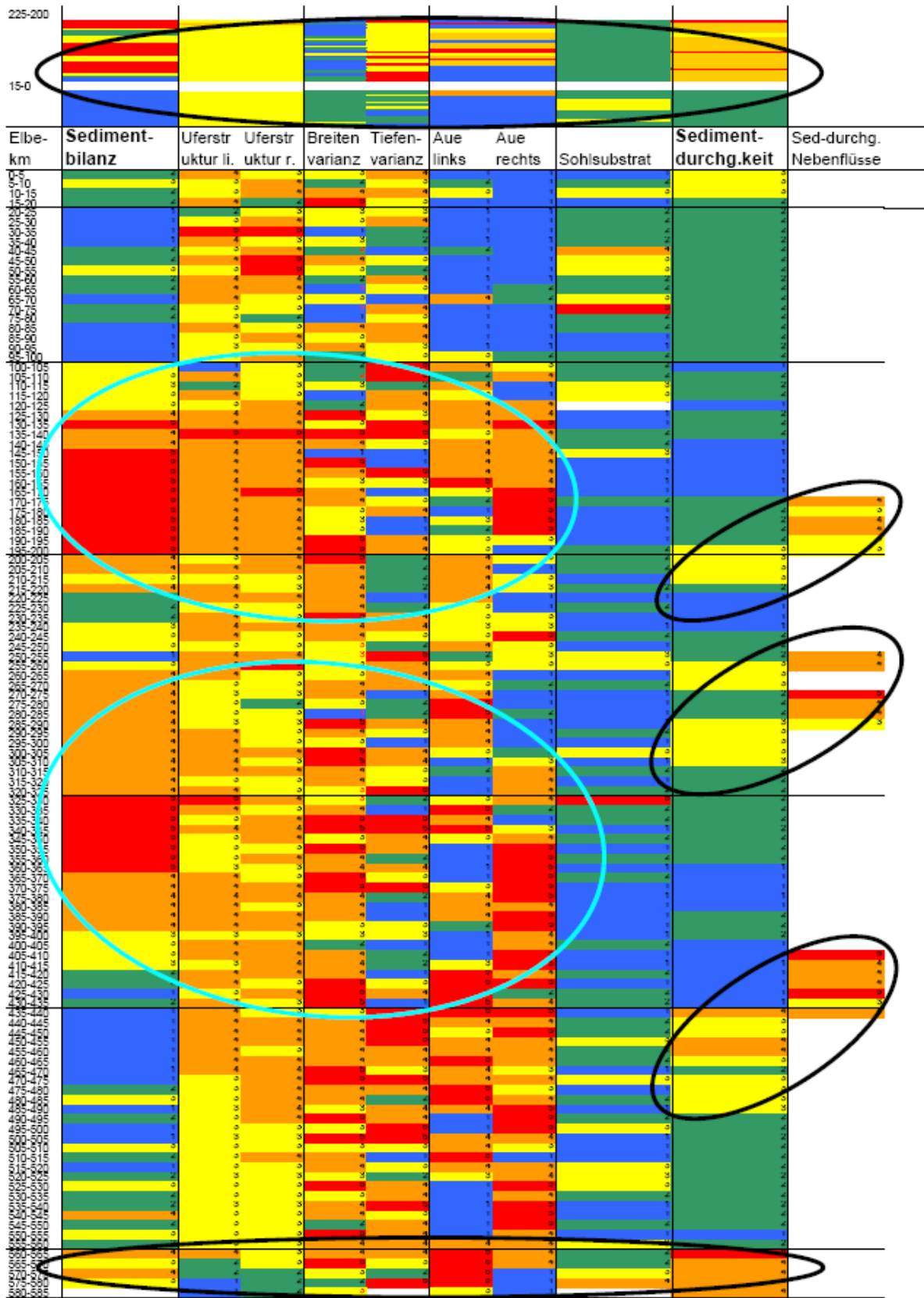


Abbildung 5-4: Übersicht der Bewertungsergebnisse der hydromorphologischen Indikator-Parameter für die Binneneibe

6. Risikoanalyse aus qualitativer Sicht

Die Risikoanalyse aus qualitativer Sicht wurde für die Abschnitte Binnen- und Tideelbe sowie für die relevanten Nebenflüsse der Kategorien 1 und 2 durchgeführt. Sie geht aus von der Übersicht über die Schwebstoffqualität im Flussgebiet und der quantitativen Einordnung von Stoffströmen. Partikuläre Stoffströme aus dem Einzugsgebiet münden direkt oder indirekt über die Nebenflüsse in die Elbe und folgen deren Lauf letztlich bis zur Mündung in die Nordsee. Am Beginn ist deshalb eine konsequente Flussgebietsperspektive (Systembetrachtung) erforderlich, die im Weiteren insbesondere im Zuge der Quellenanalyse in die Sicht auf dessen Teile und damit in eine nationale Differenzierung übergeht. Am Ende steht erneut die Sicht auf das internationale Flussgebiet.

6.1 Methodik, Datengrundlagen und Unsicherheiten

Gegenstand der Risikoanalyse aus qualitativer Sicht sind die im Kontext Sedimentmanagement identifizierten relevanten Schutzgüter (Kap. 3.3 und Anlage A2-3). Die Analyse erfolgt schadstoffbezogen, d.h. grundsätzlich für **jeden** der 29 im Kontext Sedimentmanagement **relevanten Schadstoffindikatoren** (Tab. 3-1). Sie ist in Anlage A2-6 ausführlicher erläutert und wird in **zwei Stufen** durchgeführt:

1. Evaluierung auf Flussgebietsebene zur Identifizierung der Herkunftsbereiche partikulär gebundener Schadstoffe - Priorisierung der Schadstoffströme nach Teileinzugsgebieten
2. Quellenbezogene Analyse innerhalb der in Stufe 1 identifizierten Herkunftsbereiche.

Stufe 1 wird in drei Teilschritten absolviert und beginnt mit der **Klassifizierung** der schwebstoffbürtigen Sedimente an den Bezugsmessstellen der Elbe und der Nebenflüsse der Kategorie 1. Im Ergebnis der abgestuften Anwendung der Indikatoren (Kap. 3.3) liegt für jeden Schadstoff eine großräumige Übersicht vor, die auch Rückschlüsse auf die zeitliche Entwicklung zwischen 2003 und 2011 zulässt. Zur Abschätzung der überregionalen Relevanz und Priorisierung der Schadstoffströme ist diese qualitative Sicht unbedingt erforderlich, reicht allein aber nicht aus. Es folgen deshalb eine Betrachtung der Schadstofffrachten (F_j) im Längsverlauf der Elbe einschließlich einer Abschätzung der **Frachtanteile** aus den Teileinzugsgebieten an der Gesamtfracht der Binnenelbe ($\%F_{FGE}$) sowie eine überregionale, immissionsbezogene **Frachtbilanzierung**.

Eine Bilanzierung der Frachten ist auf Grund der verfügbaren Daten und Kenntnisse nur für die Binnenelbe zwischen Obříství (CZ) und Schnackenburg (D) und für eine eingeschränkte Stoffauswahl möglich. Die Methodik der Frachtberechnungen ist in Anlage A2-11, die der überregionalen Frachtbilanzierung in Anlage A2-12 dokumentiert. Für die Abschätzung der Frachtanteile und die immissionsbezogene Frachtbilanzierung haben die Bezugsmessstellen Qualität **Obříství, Schmilka und Schnackenburg** - jeweils in Verbindung mit den dazugehörigen Bezugsmessstellen Quantität (Anl. A2-1) - besondere Bedeutung. Obříství markiert den Beginn der tschechischen und der gesamten, Schmilka das Ende der tschechischen und den Beginn der deutschen und Schnackenburg das Ende der deutschen und zugleich der Flussgebiets-Bilanzierungsstrecke (F_{FGE}). In die Frachtbilanz gehen die gemessenen Frachten in Obříství, Schmilka und Schnackenburg und an den Bezugsmessstellen der Nebenflüsse der Kategorie 1 und 2a sowie die Frachten aus direkten Punktquellen der Elbe ein (Immissionsbetrachtung). Frachten aus den Nebenflüssen der Kategorie 2b werden über die Nebenflüsse der Kategorie 1 berücksichtigt.

Für die Tideelbe ist eine geschlossene Frachtbilanz Richtung Nordsee aus methodischen Gründen noch nicht möglich (Kappenberg et al. 1996; Heiningen et al. 2002; vgl. auch Kap. 3.2 und 4.3). Teilströme, wie die Baggergutentnahme oder punktförmige Einträge lassen sich hingegen durchaus quantifizieren. Die Bezugsmessstelle Seemannshöft stellt durch Konvention (FGG Elbe; IKSE) und auch im Hinblick auf die Oberflächenwasserkörpereinteilung der EG-WRRL das Bilanzprofil der limnischen Elbe zum Übergangsgewässer bzw. der Nordsee dar.

Stufe 2 beinhaltet die schadstoffspezifische, quellenbezogene Risikoanalyse innerhalb der in Stufe 1 als relevant erkannten Teileinzugsgebiete. Betrachtet werden **im Kontext dieses Sedimentmanagementkonzepts** folgende **Quellentypen**:

- Punktquellen (Abwasser und punktförmige Einträge des Altbergbaus).
- Sedimente/Altsedimente. Sedimente sind keine Quelle für Schadstoffe im herkömmlichen Sinn. Sie haben jedoch das Potenzial Stoffe zu speichern, je nach Gewässersituation und hydrologischem Verlauf dauerhaft oder intermediär. In diesem Konzept wird die durch hydrologische Ereignisse ausgelöste Quellenfunktion der Sedimente für stromab gelegene Flussabschnitte betrachtet.
- Altlasten und Altlastenverdachtsflächen am Gewässer.
- Weitere Quellen (z.B. urbane Systeme).

Das methodische Vorgehen zur Abschätzung der Relevanz der Quellen ist in den Anlagen A2-6 bis A2-10 sowie in Fachberichten gemäß Auflistung in Anlage A3.1 beschrieben. Tabelle 6-1 gibt eine Übersicht. In Abbildung 6-1 wird die Risikoanalyse aus qualitativer Sicht in ihrem Zusammenhang gezeigt.

Tabelle 6-1: Grundlagen der quellenbezogenen Risikoanalyse

Quellentyp	Daten- oder Informationsgrundlage	Anlage Methodik	Fachberichte (Anlage A3.1)
Punktquelle	PRTR-Register weitere Quellen durch Experten-einschätzung	A2-9	Greif (2013) PLEJADES (2012) PLEJADES (2013) UFZ (2013)
Sedimente Altsedimente	Fachberichte, vgl. Spalte rechts und Anlage A3.1	A2-7 A2-8	Claus et al. in BfG (2013b) G.E.O.S (2013) Heise (2013) Hillebrand et al. in BfG (2013b) IFUA GmbH (2012) Junge (2013) Krüger et al. (2013) Tauw GmbH (2012) Uni Stuttgart (2013)
Altlasten am Gewässer	Altlasteninformationssysteme der Länder Bodeninformationssysteme der Länder Archive der Landesbergämter	A2-10	Tauw GmbH (2012, 2013) Die Einschätzungen zur Relevanz von Altlasten für das Sedimentmanagement stützen sich auf eine Vielzahl standortbezogener altlastenfachlicher Untersuchungsberichte bei den zuständigen Fachstellen der Länder (Anl. A3.1 und Tab. T-A4-9 und T-A4-10)
Sonstige	MoRE (Umweltbundesamt 2013)	-	Fuchs et al. (2010)

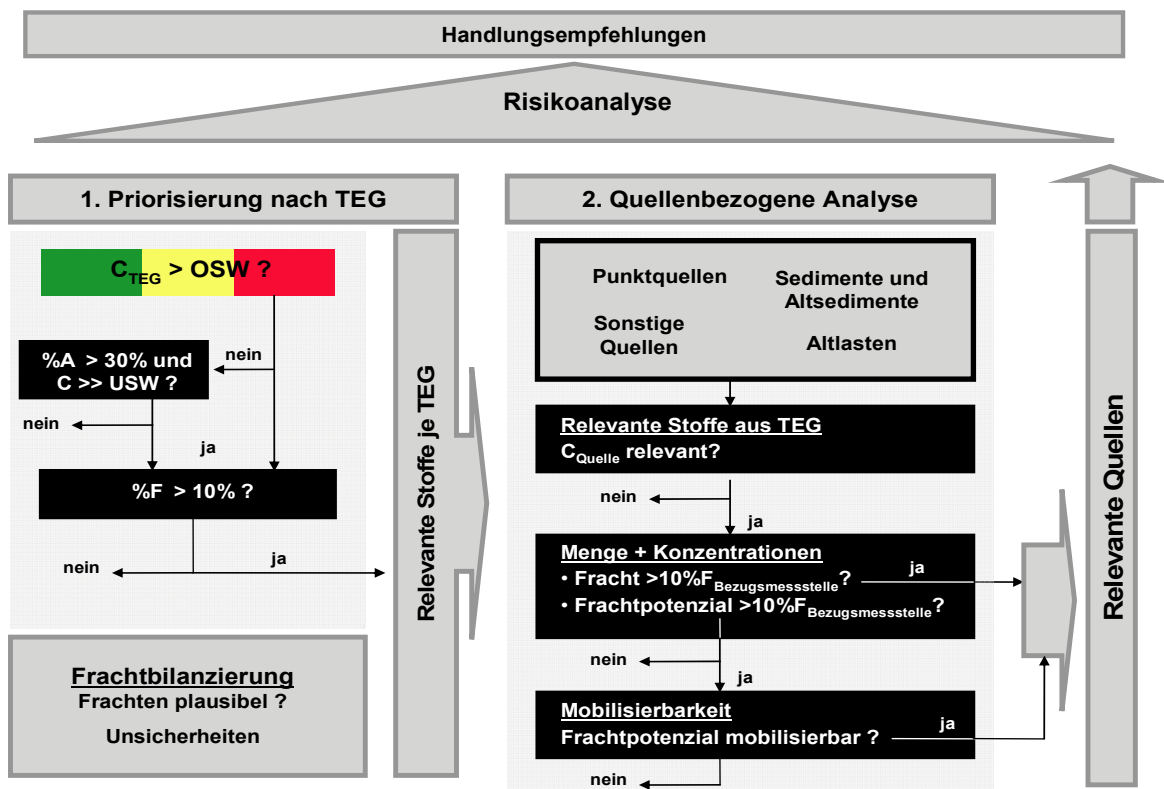


Abbildung 6-1: Risikoanalyse aus qualitativer Sicht

Zur Abschätzung der Relevanz einer Quelle werden immer drei Kriterien herangezogen. Eine Quelle ist relevant, wenn sie jedes der drei folgenden Kriterien erfüllt:

1. Mindestkonzentration. Die Konzentration mindestens eines relevanten Schadstoffs überschreitet eine Schwellenkonzentration. Im Falle der Sedimente muss für mindestens einen relevanten Schadstoff der **Obere Schwellenwert** überschritten sein.
2. Mindestmenge. Die Relevanzprüfung erfolgt als **ja/nein-Entscheidung** mit dem Prüfkriterium $\text{Fracht/Frachtpotenzial} > 10\%F_{\text{Bezugsmessstelle}}$. Zur Prüfung wird entweder eine Emissionsfracht (Punktquellen) oder ein Frachtpotenzial (Sedimente/Altsedimente; Altlasten) ermittelt. Als Frachtpotenzial wird die Gesamtmenge eines Schadstoffs (in kg oder t) pro Quelle (Standort, Gewässerabschnitt) bezeichnet. Im Falle der Sedimente/Altsedimente kann es erforderlich sein, zur Ermittlung des Frachtpotenzials räumliche Einheiten zu bilden, z.B. Bühnenfelder oder Gruppen von Seitenstrukturen in definierten Streckenabschnitten.
3. Mobilisierbarkeit. Die Relevanzprüfung erfolgt als **ja/nein-Entscheidung** im Zuge einer Experteneinschätzung auf der Grundlage von Pilotmessungen der Erosionsschubspannung und weiterer, die Kohäsivität bestimmender Parameter im Freiland und Labor sowie der Abschätzung der hochwasserinduzierten Remobilisierung anhand von Monitoringdaten (Sedimente/Altsedimente) bzw. anhand von Mobilisierungsszenarien und Dokumentationen (Altlasten).

Im Falle der Altlasten am Gewässer bilden diese drei Kriterien den Prüfschritt 1, an den sich zwei weitere anschließen (Prüfschritt 2 - Ermittlung des aktuellen Zustands der als relevant erkannten Verdachtsflächen und Prüfschritt 3 - Weiterführende Altlastenbearbeitung, vgl. Anlage A2-10).

Datengrundlage der qualitativen Bewertung und der Frachtbetrachtungen in Stufe 1 bilden die an den Bezugsmessstellen Qualität und Quantität (Abb. 2-1 und Anl. A2-1) gemessenen und dokumentierten Werte. Ausgewertet wurden grundsätzlich Daten des Zeitraums 2003 – 2011. Das Jahr 2005 wird als mittleres Abflussjahr mit einer mittleren Schwebstoffführung verschiedentlich als Bezugsjahr verwendet. Zusammenfassende Datenübersichten sind in Anlage 4 (Tab. T-A4-2, T-A4-4 und T-A4-5) enthalten. Für Schwermetalle und Arsen wurden zur Frachtberechnung grundsätzlich Daten der unfiltrierten Gesamwasserproben und für organische Schadstoffe wegen der schlechteren Nachweismöglichkeit im Wasser Daten von Feststoffproben (Schwebstoffe oder schwebstoffbürtiges/frisches Sediment) verwendet. Die zur Frachtberechnung verwendete Methode variierte je nach bester verfügbarer Datengrundlage. Für die Frachtlängsschnitte und die Frachtbilanzierung wurden durchgängig die Methoden 1.1a (Schwermetalle und Arsen) bzw. 2.1.1b (organische Schadstoffe) verwendet. Die zur quellenbezogenen Risikoanalyse von Stufe 2 verwendeten Daten sind bei den jeweiligen Daten führenden Stellen (Anl. A2-1) und in den einzelnen Fachberichten dokumentiert (Anl. A3.1). Um eine spätere Zusammenführung der erhobenen Daten bruchlos zu ermöglichen, wurden für alle Teilabschnitte und -projekte ein verbindlicher Mindestumfang zur Beschreibung der Datensätze, Messorte und Messdaten festgelegt (Anl. 4, Tabelle T-A4-6).

Unsicherheiten in den Aussagen werden in den einzelnen Fachbeiträgen (Anl. 3) sowie in den Methodenbeschreibungen (Anl. 2) benannt. Sie ergeben sich grundsätzlich:

- aus dem in Teilen unzureichenden Datenumfang. Das betrifft insbesondere die Nebenflüsse der Kategorie 2, die nicht im Fokus der regulären Gewässerüberwachung stehen sowie die Quellen Altsedimente und Altlasten, die bisher nicht unter den für das Sedimentmanagement im Flussgebiet maßgeblichen Aspekten Frachtpotenzial und Mobilität adressiert wurden.
- aus der Variabilität und Komplexität des Systems Elbe, vgl. auch Kapitel 6.2/3.1.
- weil bestehende Monitoringprogramme spezifische Fragestellungen des Sedimentmanagements nicht berücksichtigen, was sich z.B. darin niederschlägt, dass nicht für alle relevanten Schadstoffe sinnvolle Frachtbilanzen aufgestellt werden können.
- aus der Beschränkung auf große Quellen, siehe z.B. Kapitel 6.2, Bilanzierung.

6.2 Qualitative Verhältnisse im Flussgebiet

Die Beschreibung der qualitativen Verhältnisse im Flussgebiet ist gleichbedeutend mit Stufe 1 der Risikobewertung. Aus Flussgebietssicht haben für die FGG Elbe drei Bezugsmessstellen eine Schlüsselstellung – **Schmilka**, wo sich der tschechische Anteil an der Schadstoffbelastung manifestiert, **Schnackenburg**, das für die binnenseitige Bilanz des gesamten Flussgebietes steht und auch den diesbezüglichen deutschen Beitrag beinhaltet, sowie **Seemannshöft** als Bilanzpunkt für den Übergang in die Nordsee. Aus deutscher Sicht bildet Schmilka den Herkunftsbereich Tschechien ab und wird deshalb in der Bilanz wie die Bezugsmessstelle eines relevanten Nebenflusses der Kategorie 1 behandelt.

Das Ergebnis der **Klassifizierung** der schwebstoffbürtigen Sedimente an den Bezugsmessstellen der Elbe und der relevanten Nebenflüsse der Kategorie 1 sowie die **Frachtverläufe 2005** im Elbelängsverlauf sind beispielhaft für Cadmium (Cd) und Hexachlorbenzol (HCB) in den Abbildungen 6-2 und 6-3 dargestellt. Alle anderen Kartendarstellungen zur Klassifizierung und die zu Grunde liegenden Daten einschließlich statistischer Kenngrößen finden sich in Anlage 4 (Tab. T-A4-4 und T-A4-5; Karten K-A4-7ff.). Tabelle 6-2 enthält in Spalte 4 die vollständige Aufzählung der Stoffe, die an der Bezugsmessstelle des jeweiligen Teileinzugsgebietes den Oberen Schwellenwert (OSW) überschreiten. Es wird deutlich, dass die OSW für viele relevante Schadstoffe in Schnackenburg überschritten werden. Dies trifft für die Mehrzahl der Stoffe auch in Schmilka sowie an den Bezugsmessstellen für Mulde und Saale zu. Für die Schwarze Elster und die Havel sind weniger Überschreitungen dokumentiert. Mit den Frachtlängsschnitten gemäß

Abbildung 6-4 am Beispiel von Cd und HCB (komplett für alle relevanten Schadstoffe in Anl. 4, Abb. B-A4-3) werden Hauptherkunftsbereiche veranschaulicht. So steigt die HCB-Fracht an der Bezugsmessstelle Decin unterhalb der Bilina (Kategorie 2a) sprunghaft an, für Cd erfolgt durch die Mulde ein starker Impuls. Mit den Frachtdaten lassen sich diese Einflüsse als Anteile an der Fracht in Schnackenburg quantifizieren ($\%F_{FGE}$). Unter der Maßgabe, dass dieser Anteil im betrachteten Zeitraum 2003-2011 mindestens einmal 10% überschreitet, ergibt sich die Stoffauswahl in Spalte 5 von Tabelle 6-2. Dies sind die für das jeweilige Teileinzugsgebiet im Zuge der Risikoanalyse, Stufe 2, weiter zu betrachtenden Schadstoffe. Im Falle von Schmilka werden alle Stoffe genannt, deren Frachtanteile $\%F_{FGE}$ 10% deutlich überschreiten (IKSE 2013a). Fett hervorgehoben sind die Stoffe, für die sich sowohl aus dem Frachtvergleich Schmilka zu Schnackenburg ($\%F_{CZ}/\%F_D$) als auch aus dem Frachtvergleich $\%F_D / (\%F_{Mulde} + \%F_{Saale})$, jeweils auf Basis des Mittelwerts 2003 – 2011 ein mindestens 60%iger Anteil des deutschen oder tschechischen Teileinzugsgebietes ergibt. Für Deutschland sind das Cd, Hg, Zn, die HCHs und die Dioxine/Furane, für Tschechien Cr, HCB, p,p'-DDT, die PCBs, die PAKs und Pentachlorbenzol. Zusätzlich rot markiert wurden die Stoffe, für die zum Schutz der menschlichen Gesundheit Qualitätsanforderungen an Sedimente bestehen (Regelungsebene „e“ in Anlage A2-3; vgl. auch Kap. 7.1).

An der **Bezugsmessstelle Seemannshöft** werden für 11 der 29 relevanten Stoffe Überschreitungen der OSW (Tab. 6-2) registriert. Die Überschreitungen sind in hohem Maße Folge der Stoffeinträge aus dem Binnenbereich. Im Streckenabschnitt zwischen Schnackenburg und Seemannshöft erfolgen weitere Einträge, darunter im niedersächsischen Abschnitt Cd, PAK und TBT. Hamburg ist die dominierende Quellregion für TBT. Die überwiegend geringeren Schadstoffgehalte in Seemannshöft gegenüber Schnackenburg sind Folge (1) von Sedimentationsprozessen in Stillwasserbereichen der Elbe sowie der angrenzenden rezenten Aue auf der Zwischenstrecke zwischen beiden Bezugsmessstellen, (2) der Vermischung von höher belasteten Sedimenten limnischer Herkunft mit Sedimenten mariner Herkunft sowie (3) der Entnahme und kontrollierten Landunterbringung erhöht belasteter Sedimente im Bereich des Hamburger Hafens.

Die Stoffe, die auf Grund der verfügbaren Daten einer **Bilanzierung** zugänglich waren, werden nachfolgend näher betrachtet. Die aus dieser Analyse ableitbaren Aussagen insbesondere hinsichtlich der Variabilität des Systems lassen sich grundsätzlich auch auf die anderen Stoffe übertragen. Schnackenburg hat einen Anteil von ca. 82% an der gesamten Einzugsgebietsfläche der Elbe, der tschechische Anteil *darin* beträgt 41% (vgl. Tab. 6-2). Auf die Tideelbe entfallen ca. 10% der Fläche des Einzugsgebietes. Die Frachten an der Bezugsmessstelle Schnackenburg variieren im Zeitraum 2003 – 2011 um den Faktor 1,5 - 2,6 je nach Schadstoff. Die größte Variabilität weisen Cd und As auf. Die Relation der Frachten in Schmilka ($F_{Schmilka}$) und Schnackenburg ($F_{Schnackenburg} = F_{FGE}$) beträgt zwischen zehn und mehreren hundert Prozent. Die höchsten Relationen werden im abflussstärksten Jahr 2006 (Ausnahme Ni, 2004) verzeichnet und betreffen besonders Ni und Pb, der tschechische Frachtanteil an F_{FGE} ist dann besonders groß. Die geringsten Relationen treten im abflussschwächsten Jahr 2008 (Ausnahme Cd, 2005) auf und sind besonders ausgeprägt für Cd und Zn, der Anteil von $F_{Schmilka}$ an F_{FGE} ist besonders klein. Im mittleren Abflussjahr 2005 werden im Vergleich zur Relation der Gebietsanteile mit ca. 90% besonders für Cu und As sehr hohe Werte verzeichnet.

Reiht man die Relationen für die sechs betrachteten Elemente im Zeitraum 2003 – 2011 nach ihrer Größe, so zeigt sich für As ein ab- und für Pb ein zunehmender Trend (vgl. Tab. T-A4-7), d.h. die relative Bedeutung der tschechischen Einträge bzgl. F_{FGE} nimmt für As ab und für Pb zu. Aus Eintragsicht (DE: Triebisch, Schwarze Elster, Mulde, Saale, Havel, Abwasser direkt in die Elbe; CZ: Elbe bis Moldau, Moldau, Eger, Bilina, Abwasser direkt in die Elbe) ergibt sich, dass die Einträge in die Bilanzierungsstrecke im Zeitraum 2003-2011 um die Faktoren 1,5 bis 3,0 ($\text{Eintrag}_{\max}/\text{Eintrag}_{\min}$) variieren. Die Reihung anhand des max/min-Verhältnisses lautet $\text{Pb} > \text{As} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Zn} > \text{Ni}$. Die geringsten Einträge konzentrieren sich auf die Jahre 2008/2009 (Ausnahme Cd, 2007), die höchsten auf 2005/2006 (Ausnahmen Cd, 2003 und Zn, 2011). Die tschechischen Anteile an den Gesamteinträgen in die Bilanzierungsstrecke sind für Ni und As (>50% in 2005) am höchsten und für Zn und Cd

am geringsten (<30% in 2005). Die Variabilität der tschechischen Anteile im Zeitraum 2003-2011 ist für Cd mit ca. 10% bis ca. 50% des Gesamteintrags am größten und für Zn (15-30%) und Cu (40-55%) am geringsten. Ein zeitlicher Trend ist dabei nicht ableitbar. In Spalte 6 der Tabelle 6-2 sind den TEG die bilanzierten Schadstoffe zugeordnet, für die sie einen Hauptherkunftsbereich bilden. Die Angaben in den Spalten 5 und 6 stützen sich gegenseitig, sind also plausibel.

Aus der Frachtbilanzierung lassen sich Rückschlüsse auf die **Retention** (überwiegend Sedimentation) bzw. **Mobilisierung** (überwiegend Erosion) von partikulär gebundenen Schadstoffen ziehen. Es gelten:

$$(1) \quad \Delta F(t/a) = F_{\text{Ende}} - \sum F_{\text{Zuflüsse/Abwasser}}$$

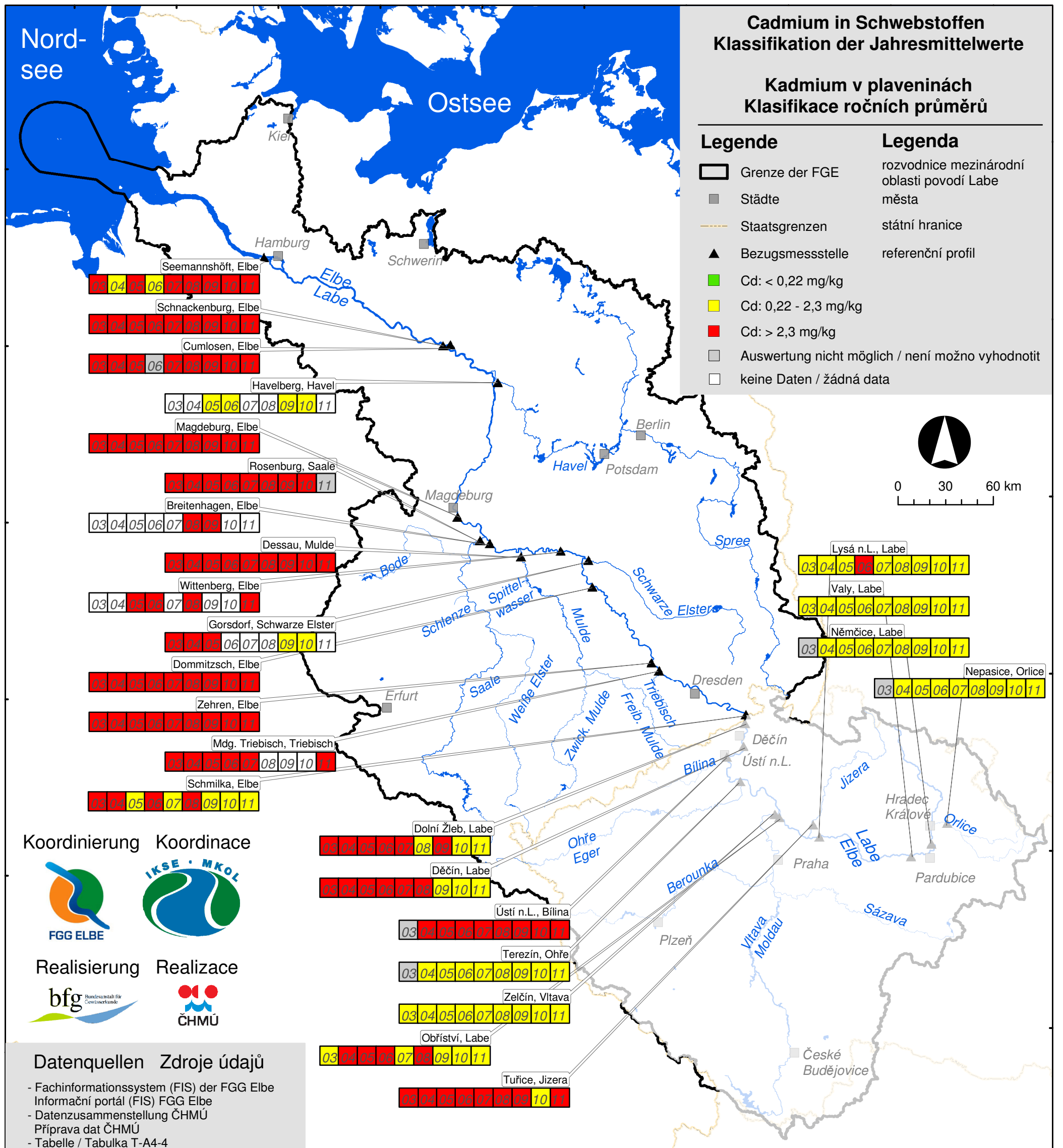
$$(2) \quad \Delta F (\%FGE) = (F_{\text{Ende}} - \sum F_{\text{Zuflüsse/Abwasser}}) / F_{\text{FGE}}$$

Bei $\Delta F > 0$ findet im Bilanzierungsabschnitt überwiegend Mobilisierung, bei $\Delta F < 0$ überwiegend Retention statt. Wegen der bestehenden Unsicherheiten in der Systembetrachtung ist es sinnvoll, einen indifferenten Bereich von $\pm 10\%$ zu definieren. Tabelle 6-3 zeigt ΔF (%FGE) für Deutschland, d.h. im Bilanzierungsabschnitt zwischen Schmilka und Schnackenburg jeweils für das mittlere Abflussjahr 2005 sowie die Maximal- und Minimalwerte im Zeitraum 2003 – 2011 unter Angabe des Jahres, in dem sie auftraten. Eine starke Retention, z. T. von mehreren Hundert Prozent, ergibt sich fast ausschließlich im Hochwasserjahr 2006 sowohl für die Schadstoffe als auch den Schwebstoff. Die auf das Bilanzgebiet bezogene Mobilisierung ist in ihrer stärksten Ausprägung stoffabhängig in verschiedenen Jahren zu beobachten. Sie erreicht im Maximum zwischen 15 und 50%. Detaillierte Angaben sind Tabelle T-A4-8 (Anl. 4) zu entnehmen.

Im Ergebnis der Risikoanalyse Stufe 1 ist festzuhalten:

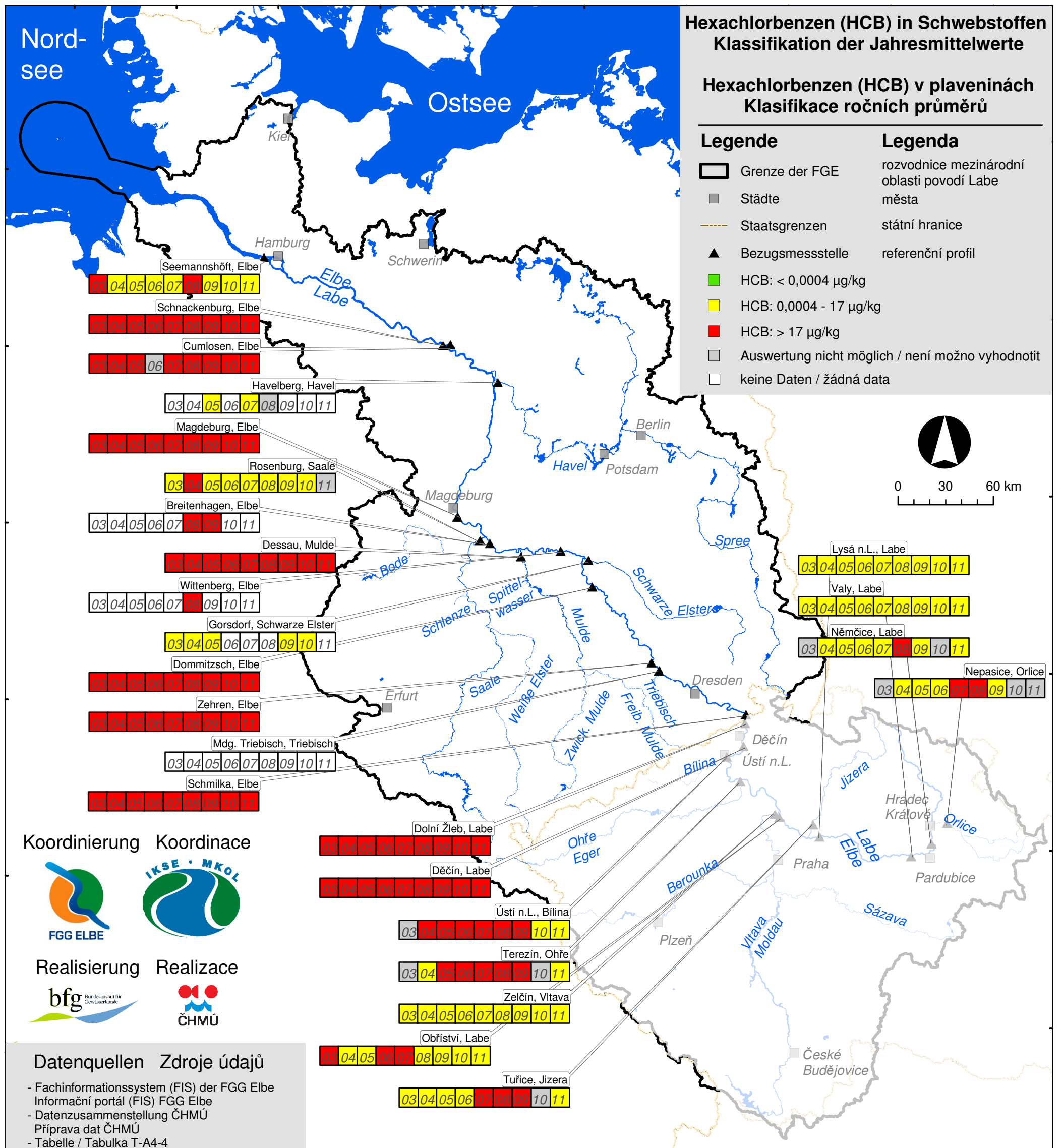
- Bereits an der Bezugsmessstelle Schmilka wird für die Mehrzahl der Schadstoffe ein relevanter Frachtanteil erreicht. Tschechien stellt aus deutscher Perspektive für diese Schadstoffe einen wichtigen, für einige sogar den entscheidenden Herkunftsbereich dar. Die quellenbezogene Risikoanalyse dort erfolgt im Zuge von Stufe 2 des IKSE-Konzepts (IKSE 2013a).
- Aus überregionaler Sicht besteht kein Erfordernis einer quellenbezogenen Risikoanalyse (Stufe 2) in der Schwarzen Elster und der Havel (und damit auch der Spree).

In den folgenden Kapiteln werden die Kernaussagen im Hinblick auf die einzelnen Quellentypen jeweils kurz zusammengefasst. Informations- und Datengrundlagen der Analyse sowie detaillierte Darstellungen sind in den Fachberichten (Tab. 6-1; Anl. A3.1) und bei den zuständigen Behörden (Anl. A2-1) dokumentiert. In Kapitel 6.8 erfolgt eine auf die Hauptstreckenabschnitte der Elbe bezogene Einordnung der Quellen.



Cadmiumgehalt [mg/kg] in frischem schwebstoffbürtigen Sediment (Jahresmittel) [Schwebstoffsammelbecken / * Zentrifuge]
Obsah kadmia [mg/kg] v čerstvých sedimentovatelných plaveninách (roční průměry) [sedimentační nádrž / * odstředivka]

Bezugsmessstelle Referenční profil	Fluss - Řeka [1] [2a]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Nepasice*	Orlice	-	1,60	1,33	1,65	1,47	0,99	1,23	1,05	1,70
Němčice*	Labe	-	1,73	2,28	2,28	1,95	1,53	1,48	1,35	0,85
Valy	Labe	1,21	1,54	1,49	1,63	1,68	1,74	1,33	1,08	1,28
Lysá n.L.	Labe	1,36	2,13	2,20	2,31	2,26	2,05	1,69	1,13	1,21
Tuřice*	Jizera	4,85	3,33	5,40	3,98	4,20	2,65	2,98	1,68	2,60
Obříství	Labe	1,60	2,52	2,58	2,43	2,23	2,48	2,16	1,63	1,64
Zelčín	Vltava	2,28	1,37	1,38	1,46	1,48	1,68	1,78	1,26	1,99
Terezín*	Ohře	-	1,66	1,82	1,71	2,15	1,78	1,77	1,65	0,95
Ústí n.L.*	Bílina	-	3,77	3,55	3,08	2,72	2,43	2,74	2,90	4,98
Děčín	Labe	2,78	3,21	2,96	2,90	2,60	2,70	1,86	1,85	1,72
Dolní Žleb*	Labe	2,60	2,75	3,50	4,03	2,31	2,13	2,61	0,75	1,33
Schmilka	Elbe	3,53	2,80	2,05	2,46	2,21	2,46	2,01	1,93	1,69
Mdg. Triebisch*	Triebisch	49,00	60,50	77,00	33,50	59,90				22,27
Zehren	Elbe	5,13	3,76	3,44	3,18	4,03	4,96	4,31	3,48	3,20
Dommitzsch	Elbe	3,70	3,28	3,23	3,04		3,89	3,30	3,28	2,64
Gorsdorf	Schwarze Elster	3,82	2,99	3,37				2,30*	2,13*	
Wittenberg*	Elbe			3,50	2,60		4,08			2,67
Dessau	Mulde	21,00	21,80	19,20	19,10	18,00	22,30	18,80	16,80	19,60
Breitenhagen*	Elbe						6,90	6,23		
Rosenburg	Saale	6,90	5,82	4,43	4,68	3,48	5,07	6,37	4,90	-
Magdeburg	Elbe	5,33	5,93	4,90	4,44	4,36	6,13	5,82	4,96	6,55
Havelberg*	Havel			2,03	2,18			2,08	2,10	
Cumlosen	Elbe	4,65	4,74	5,10	-	3,76	3,86	4,06	3,69	3,98
Schnackenburg	Elbe	6,59	7,10	7,05	6,26	6,10	7,15	7,77	5,34	6,08
Seemannshöft	Elbe	2,78	2,25	2,36	2,06	2,65	2,62	2,42	4,28	3,38



Hexachlorbenzengehalt [µg/kg] in frischem schwebstoffbürtigen Sediment (Jahresmittel) [Schwebstoffsammelbecken / * Zentrifuge]
Obsah hexachlorbenzenů [µg/kg] v čerstvých sedimentovatelných plaveninách (roční průměry) [sedimentační nádrž / * odstředivka]

Bezugsmessstelle Referenční profil	Fluss - Řeka [1] [2a]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Nepasice*	Orlice	-	2,5	3,4	3,7	37,0	631,9	3,9	<3	<3
Němčice*	Labe	-	2,9	4,4	2,9	9,0	99,7	15,4	<3	2,1
Valy	Labe	6,5	5,1	9,2	10,3	7,0	6,7	4,9	5,0	9,4
Lysá n.L.	Labe	3,3	3,8	5,9	8,9	7,9	4,7	3,5	2,2	1,9
Tuřice*	Jizera	-	2,1	5,3	4,0	72,4	52,0	24,5	<3	2,4
Obříství	Labe	24,3	13,5	7,0	26,4	32,1	8,7	5,6	3,5	8,7
Zelčín	Vltava	2,9	4,1	3,2	3,1	4,7	4,1	11,5	4,3	2,4
Terezín*	Ohře	-	9,8	23,9	21,6	67,9	155,8	63,7	<3	2,1
Ústí n.L.*	Bílina	-	189,5	93,0	95,0	152,2	107,0	40,9	5,3	8,0
Děčín	Labe	388,4	482,3	577,3	285,1	511,9	265,9	244,8	165,4	696,5
Dolní Žleb*	Labe	42,6	38,5	72,8	262,8	84,0	96,5	62,1	19,6	58,8
Schmilka	Elbe	270,0	340,0	240,0	110,0	170,0	170,0	150,0	78,0	147,0
Mdg. Triebisch*	Triebisch	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zehren	Elbe	186,9	148,6	129,6	64,8	109,2	124,8	126,6	78,2	96,3
Dommitzsch	Elbe	221,9	159,5	200,2	131,7	125,5	154,3	134,1	91,6	125,3
Gorsdorf	Schwarze Elster	7,9	4,5	5,4	-	-	-	1,5*	0,9*	-
Wittenberg*	Elbe	-	-	-	-	-	84,8	-	-	-
Dessau	Mulde	125,6	104,7	104,1	50,1	28,3	64,0	73,7	55,4	62,3
Breitenhagen*	Elbe	-	-	-	-	-	90,0	71,0	-	-
Rosenburg	Saale	13,6	21,3	16,8	10,3	4,7	9,2	8,9	9,9	-
Magdeburg	Elbe	89,0	82,6	108,3	145,0	37,6	51,1	76,3	37,9	62,7
Havelberg*	Havel	-	-	1,7	-	1,5	<1	-	-	-
Cumlosen	Elbe	51,9	73,1	95,6	-	35,1	36,2	107,0	26,3	50,4
Schnackenburg	Elbe	40,5	57,6	80,6	44,1	35,4	65,3	42,4	42,2	27,7
Seemannshöft	Elbe	19,0	9,9	10,3	11,1	10,5	18,2	9,3	14,7	12,9

Tabelle 6-2: Qualitative Verhältnisse im Einzugsgebiet²

Teileinzugsgebiet (TEG) Bezugsmessstelle	%A _E	%A _B ³	Auswahl Relevante Schadstoffe Kriterium >OSW	Auswahl Relevante Schadstoffe Kriterium 10% F _{FGE} ⁴	Relevantes TEG ⁵ (Frachtbil.)
1	2	3	4	5	6
Elbe bis Moldau Obříství	9	11			Cd, Pb, Cu, Ni, As
Moldau Zelcin	19	22			Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, As
Eger	4	4,5			Ni, As
Bilina	0,7	0,9			As
Abwasser CZ⁶	n.a.		n.a.		n.a.
Tschechien Schmilka	35	41	Hg, Pb, Zn, Ni, ppDDT, ppDDD, ppDDE, PCBs, HCB, Benzo(a)pyren, Anthracen, Fluoranthen, ΣPAK, TBT	Hg, Zn, Cu, Ni, As, Cr, ppDDT, ppDDD, ppDDE, PCBs, PeCB, HCB, Benzo(a)pyren, Anthracen, Fluoranthen, ΣPAK, TBT	Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, As
Triebisch	0,1	0,1	Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, As	Cd, Zn	Cd, Zn
Schw. Elster Gorsdorf	4	4,5	Hg, Cd, Pb, Zn, Ni, ppDDT, ppDDD, ppDDE, HCHs, Fluoranthen	-	-
Mulde Dessau	5	6	Hg, Cd, Pb, Zn, Ni, As, HCHs, ppDDT, ppDDD, ppDDE, HCB, Fluoranthen, TBT, Dioxine/Furane	Cd, As, Pb, Zn, Ni, HCHs, ppDDT, ppDDD, ppDDE, HCB, TBT, Dioxine/Furane	Cd, Pb, Zn, Ni, As
Saale Groß Rosenberg	16	20	Hg, Cd, Pb, Zn, Ni, HCHs, ppDDT, ppDDD, ppDDE, HCB, Benzo(a)pyren, Anthracen, Fluoranthen, ΣPAK, TBT, Dioxine/ Furane	Hg, Cd, Pb, Zn, Ni, HCHs, ppDDE, ppDDT, Benzo(a)pyren, Anthracen, Fluoranthen, ΣPAK, TBT, Dioxine/Furane	Cd, Pb, Zn, Ni
Havel Toppel	16	19	Hg, Pb, Ni, ppDDT, ppDDD, ppDDE, Fluoranthen, TBT	-	-
Binnenelbe ¹ Schnackenburg	82,4	100	Hg, Cd, Pb, Zn, Ni, As, HCHs, ppDDT, ppDDD, ppDDE, HCB, Fluoranthen, TBT, Dioxine/Furane	n.a.	n.a.
Rest Binnenelbe ⁷	7,6	-	nicht gesondert betrachtet		
Abwasser Binnen DE⁴	n.a.		n.a.	-	n.a.
Tideelbe Seemannshöft	10	-	Hg, Cd, Pb, Ni, a-HCH, ppDDT, ppDDD, HCB, Fluoranthen, ΣPAK, TBT	n.a.	n.a.

² Bezugszeitraum 2003 – 2011. Fett: %F_{FGE} ≥ 60% in Deutschland oder Tschechien; fett rot: Stoffe der Regelungsebene „menschliche Gesundheit“

³ Bilanzierungsabschnitt Binnenelbe bis Schnackenburg

⁴ F_{FGE}: Fracht an der Bezugsmessstelle Schnackenburg; alle Frachten Metalle und Arsen nach Methode 1.1.a, für organische Schadstoffe nach Methode 2.1.1.b (vgl. Anlage A2-11)

⁵ Ergebnis der Frachtbilanzierung; nur für Cd, Pb, Zn, Cu, Ni und As möglich; Bezugsjahr 2005

⁶ Nur direkte Abwassereinträge in die Elbe; Einträge in die Nebenflüsse sind dort mit erfasst

⁷ Nicht bilanzierter Abschnitt Binnenelbe zwischen Schnackenburg und Geesthacht

n.a. – nicht anwendbar;

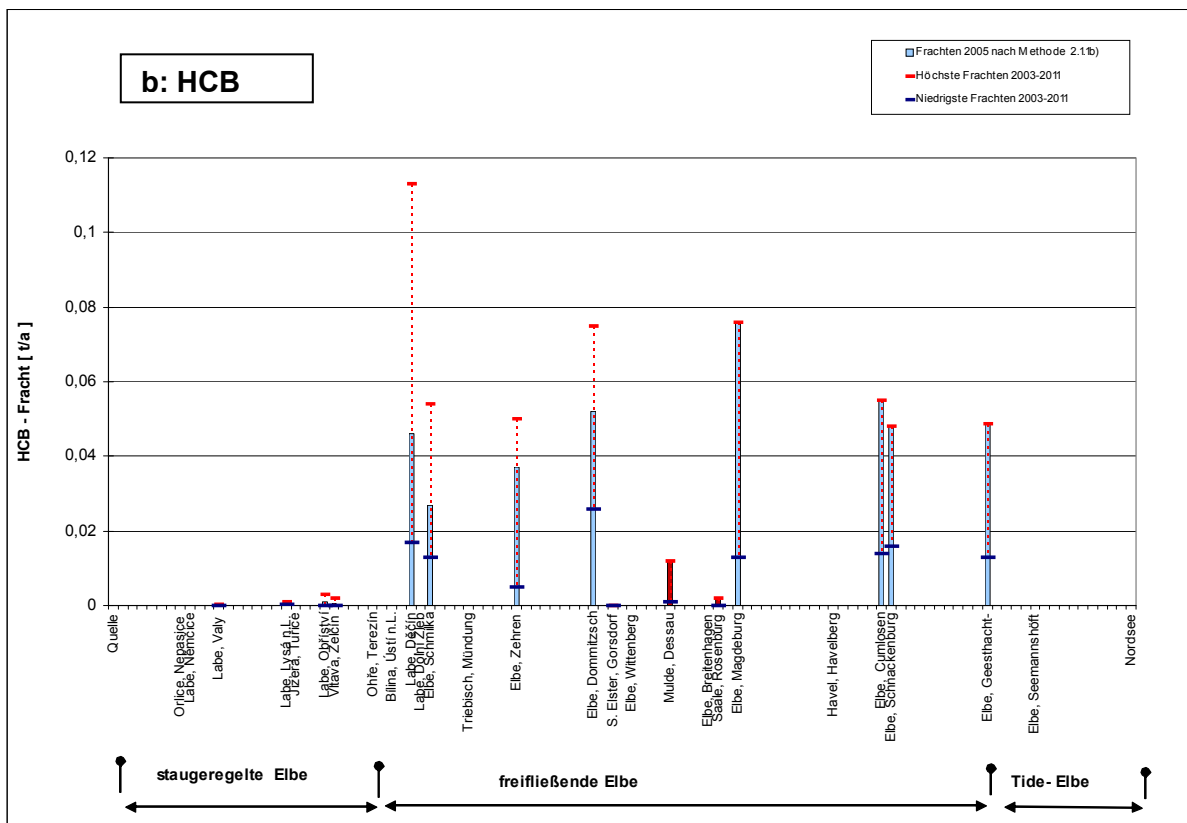
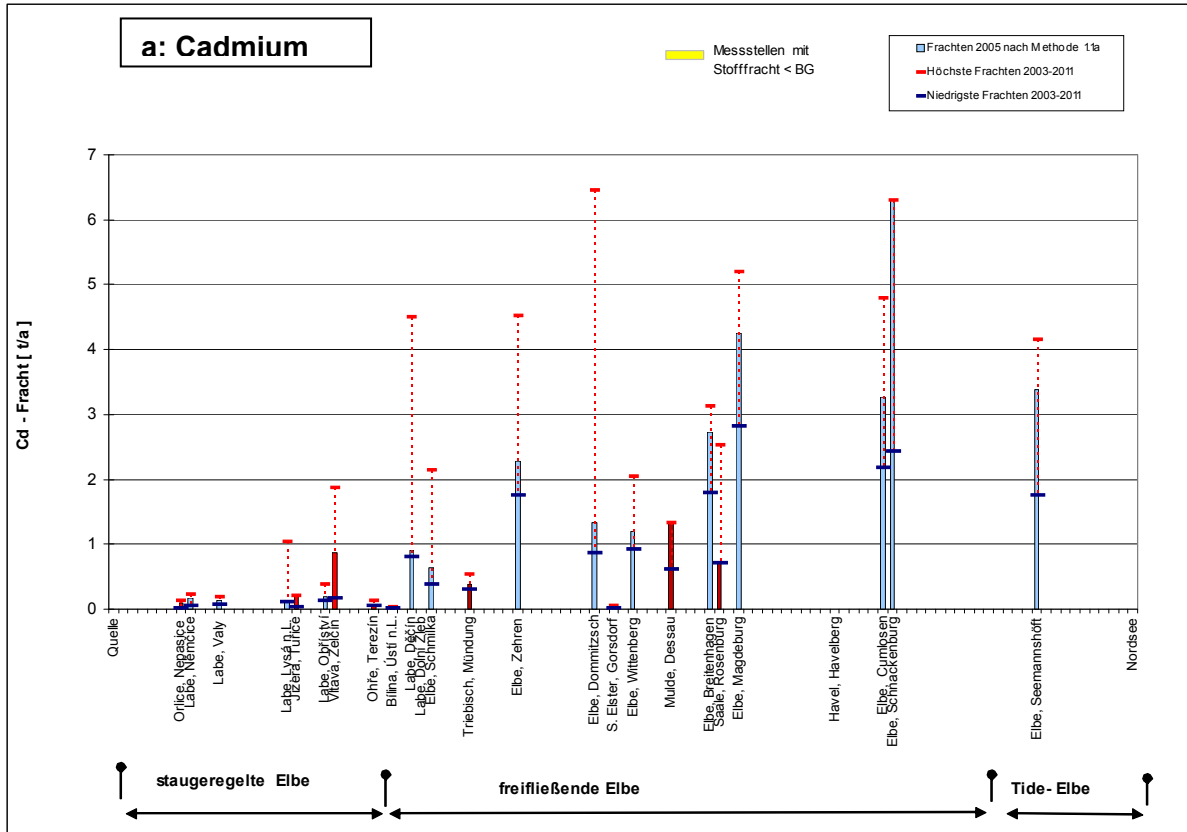


Abbildung 6-4: Frachten im Elbelängsschnitt (a – Cd; b – HCB)

Tabelle 6-3: Ergebnisse der Frachtbilanzierung (in % F_{FGE}) für die deutsche Binnenelbe (2003 – 2008). Frachtberechnung nach Methode 1.1a

	Schwebstoff	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	As
Maximum							
Jahr	2004	2004	2003	2007	2008	2008	2008
$\Delta F(\%)^1$	45	50	25	15	15	15	40
2005							
$\Delta F(\%)$	20	50	- ²	-55	-85	- ²	-55
Minimum							
Jahr	2006	2006/9	2006	2006	2006	2004	2006
$\Delta F(\%)^1$	-25	-55	-250	-75	-150	-285	-115

¹ $\Delta F > 0$ - Mobilisierung (Erosion), $\Delta F < 0$ - Retention (Sedimentation); ² im Unsicherheitsbereich von $\pm 10\%$

6.3 Auen und weitere Senken

Rezente Auen spielen im Stofftransportgeschehen eines Flusses eine bedeutsame Rolle. Dies macht sich vor allem bei Hochwasserereignissen bemerkbar, wenn das Flusswasser über die Ufer tritt. Die Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit in Aue und Vorland führt dazu, dass erhebliche Anteile an Schwebstoffen aussinken und zurückgehalten werden. Auen sind in diesem Sinne ein Raum des Sedimentmanagements. Aus den verfügbaren Kenntnissen aus vergangenen und aus aktuellen Untersuchungen (Krüger et al. 2013) lassen sich folgende Rückschlüsse ziehen:

- Die Sedimentretention ist dort am größten, wo die Auen frühzeitig überflutet werden bzw., wo das Überflutungswasser frühzeitig über Altarme in die Auen gelangen kann. Sedimenteinträge nehmen mit größer werdendem Abstand vom Ufer ab. Größere Abflüsse führen zu stärkeren Einträgen in die Auen, was insbesondere vor dem Hintergrund der stärkeren Sedimentmobilisierung plausibel ist. Erwartungsgemäß sind die Sedimenteinträge in weitläufigeren Auen stärker, als bei schmalen Durchflussbreiten.
- Während die Auen unterstromig von Magdeburg bereits bei niedrigen Hochwässern (2MQ) zu großen Anteilen überschwemmt werden, bleiben die Auen oberstromig der Saalemündung (im Bereich der Erosionsstrecke) weitestgehend trocken. Im Falle von durchschnittlichen Hochwässern dagegen werden alle rezente (d.h. außendeichs gelegenen) Auen im norddeutschen Tiefland größtenteils überflutet. Insbesondere die Auen oberstromig der Saalemündung können demzufolge ihr sehr großes Retentionspotenzial erst bei abflussstarken Hochwässern nutzen.
- Bezogen auf die Schwebstofffrachten in Hitzacker (Tab. T-A4-1) beträgt der Sedimentrückhalt in den Auen bei niedrigen Hochwässern ca. 6,5 %, bei mittleren Hochwässern ca. 24 % und bei extremen Hochwässern bis zu 27 %.
- Die überschlägig kalkulierte Sedimentretention auf der Basis der fließzeitgerechten Differenzbildung zwischen Frachten an unterschiedlichen Messpunkten entlang der Elbe zwischen 2003 und 2008 (vgl. Abb. 4-1) ergab, dass bei niedrigen Hochwässern zwischen 25.000 t bis 75.000 t (Median: 52.000 t) zurückgehalten werden, bei mittleren Hochwässern sind es zwischen 85.000 t und 155.000 t (Median: 120.000 t), im Extremhochwasser 2006 waren es knapp 500.000 t.
- Die Bedeutung der rezente Auen beim Schadstoffrückhalt lässt sich – auch in ihrer Abstufung - anhand der repräsentativen Hochwasserereignisse von 2004, 2005 und 2006 zeigen. Als Beispiel dient Hg. 2004 (2MQ) wurden in den gesamten Elbauen 0,08 t, 2005 (MHQ) 0,23 t und 2006 (Extremabfluss) 0,34 t

zurückgehalten. Die Sedimentretention betrug zwischen 8 % und 57 % der jeweiligen Quecksilber-Jahresfracht in Schnackenburg.

Neben den Auen stellen natürliche und künstliche Flusseen, Talsperren und Hafenbecken Sediment- und damit ggf. auch Schadstoffsinken dar. Tabelle 6-4 zeigt die unter dem Qualitätsaspekt wichtigsten Beispiele. Im Zuge der Ausarbeitung dieses Sedimentmanagementkonzepts wurde bisher die Funktion des Muldestausees näher betrachtet. Für die überwiegend partikulär gebunden verfrachteten Metalle Pb, Cr, Cd und Cu liegt der Rückhalt bezogen auf die Zulauffracht der Mulde unter normalen Abflussbedingungen zwischen 87 % und 71 %, bei den Schadstoffen mit höheren gelösten Anteilen (Zn, As, Ni,) zwischen 50 % und 39 %.

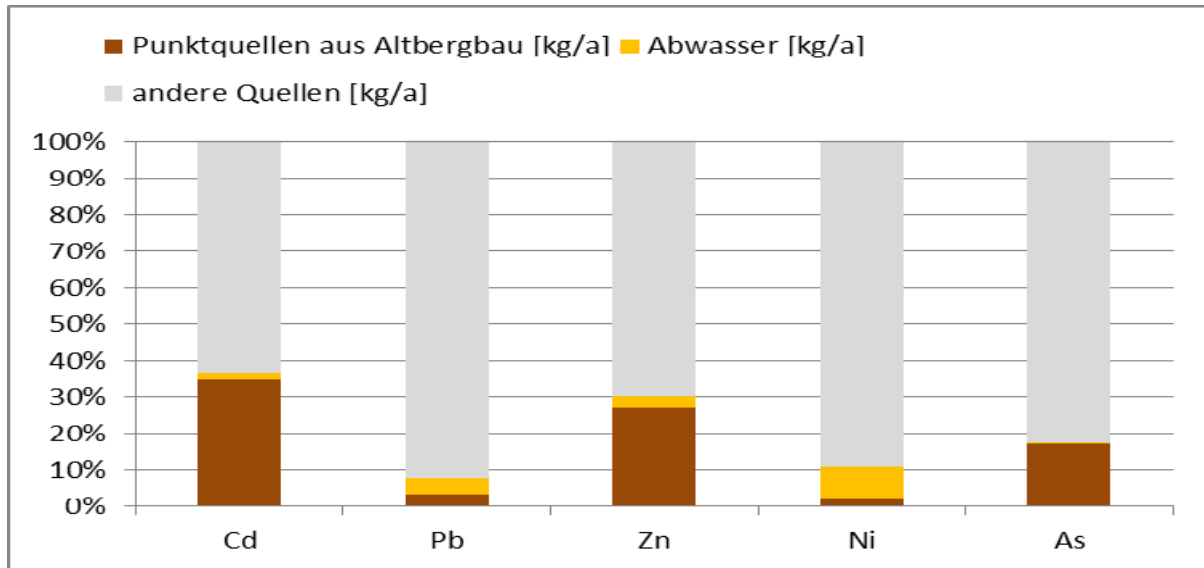
Tabelle 6-4: Überregional bedeutsame, dauerhafte Schadstoffsinken

	Teileinzugsgebiet	Überregionale Bedeutung
Auen	Mittelelbe	Bedeutende Sedimentretention bei Hochwasser, vgl. Kapitel 6.3
Muldestausee	Mulde	Rückhalt von ca. 90 % der Schwebstofffracht und ca. 40-90 % der Schwermetallfracht der Vereinigten Mulde
Talsperre Eibenstock	Mulde (Oberlauf der Zwickauer Mulde)	Flächenmäßig größte Talsperre in Sachsen, verfügt über eine Vorsperre im Zulauf und vier Vorbecken, nachgewiesenes, jedoch noch nicht exakt quantifizierbares Rückhaltepotential für Einträge aus dem geogen geprägten Einzugsgebiet für Schwermetalle und insbesondere für Arsen
Bleiloch-Talsperre	Saale	Mit einem Stauvolumen von 215 Mio. m ³ größte Talsperre Deutschlands, erste Staustufe der aus 5 Talsperren bestehenden Saalekaskade (Gesamt-Stauvolumen ca. 410 Mio. m ³) in Thüringen, nachgewiesenes, jedoch bisher nicht exakt quantifiziertes Rückhaltepotential für partikuläre Schadstoffe aus dem Einzugsgebiet
Talsperre Pirk	Saale (Obere Weiße Elster)	Talsperre mit Vorsperre und drei Vorbecken, nachgewiesenes, jedoch noch nicht exakt quantifizierbares Rückhaltepotential insbesondere für Zink
Elsterbecken	Saale (Untere Weiße Elster)	Nachgewiesenes, jedoch noch nicht exakt quantifizierbares Rückhaltepotential
Havelseen	Havel (Untere Havel)	Rückhalt partikelgebundener Schadstoffe u. a. aus dem urbanen Ballungsgebiet Berlin-Potsdam (nicht quantifiziert), Verminderung des Beitrags des Spree/Havel-Systems zur Belastung der Elbe
Hafen Hamburg	Tideelbe	Jährliche Entnahme und Landentsorgung von bis zu 1 Mio. m ³ schadstoffbelasteter Feinsedimente (frische und Altsedimente)

6.4 Punktquellen

Als Punktquellen werden im Kontext dieses Sedimentmanagementkonzepts kommunale und industrielle Abwassereinleitungen sowie punktförmige Einträge des Altbergbaus bezeichnet. Auf Grund der Datenlage konnte nur für die Schwermetalle und Arsen eine Quantifizierung vorgenommen werden. Abbildung 6-5 zeigt die Anteile aus Punktquellen an der Gesamtfracht (2008) an den Bezugsmessstellen Dessau bzw. Groß Rosenberg in den Teileinzugsgebieten von Mulde und Saale.

a: Mulde



b: Saale

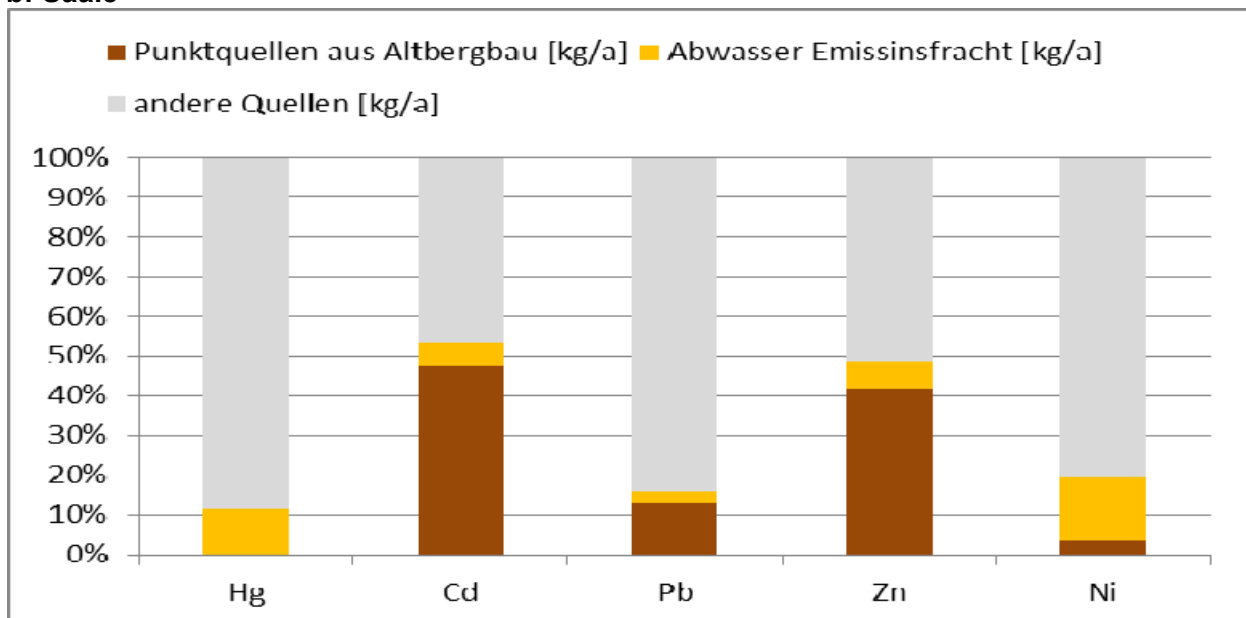


Abbildung 6-5: Frachtanteile aus Punktquellen; a – Mulde, b – Saale

(Bezugsjahr 2008; Frachtmethode 1.1.a WMP; 100% entspricht der Jahresfracht an der Bezugsmessstelle Dessau bzw. Groß Rosenberg)

Zusammenfassend ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Bedeutende Punktquellen für Schwermetalle und Arsen liegen im Saale- und/oder Muldegebiet. Punktquellen direkt in die Binnenelbe können vernachlässigt werden. Für die Tideelbe werden über die vier PRTR-Betriebe und den Klärwerksverbund Dradenau die Schadstoffe Cd, Hg, Pb, Ni, Zn, Cu und PAK (vgl. auch Kap. 6.7) in einem nennenswerten Umfang eingetragen. Die Einträge führen jedoch zu keiner relevanten zusätzlichen Belastung in Relation zum binnenseitigen Eintrag (BSU 2013).
- Heutige kommunale und industrielle Abwassereinleitungen tragen insgesamt nur in geringerem Maße zur Gesamtbelastung der Sedimente der Elbe durch die in diesem Konzept betrachteten, relevanten Schadstoffe bei. Diese Aussage lässt sich auf neuartige, ggf. zukünftig einzubeziehende Schadstoffe nicht einfach übertragen.
- Die höchsten punktuellen Frachtbeiträge stammen für Cd, Pb, Zn und Ni aus dem Saale- und für As aus dem Muldegebiet. Ausschlaggebend für Cd, Pb, Zn und As sind Gruben- bzw. Stollenwässer aus dem Alt- bzw. Sanierungsbergbau. Anteile von mehr als 10% der Gesamtfracht (Bezugsjahr 2008) treten in der Mulde für (Cd>Zn>As) und in der Saale für (Cd>Zn>Pb) auf. Die punktförmigen Einträge an Ni im Saalegebiet sind in erster Linie Abwassereinleitungen. Sie liegen in der Größenordnung von 10-20% Frachtanteil.
- Relevante Punktquelle der Triebisch ist der Rothschönberger Stolln, der jährlich ca. 0,3 t/a Cd und 70 t/a Zn aus dem Freiburger Raum emittiert (Abb. 6-6).



Abbildung 6-6: Einlauf des Rothschönberger Stollns in die Triebisch

- Im Oberlauf der Mulde wirkt mit Stollenwässern aus dem Altbergbau eine Vielzahl größerer und kleinerer Punktquellen. Für die Freiburger Mulde bildet der Freiburger Raum mit dem Königlich Verträglichkeitsgesellschaft Stolln und dem Hauptstolln Umbruch den Schwerpunkt. Für die Zwickauer Mulde sind insbesondere Stollen im Nebenschluss, wie der Marcus Semmler Stolln, für Arsen von Bedeutung.
- Relevante Punktquelle im Saalegebiet ist der Schlüsselstollen, durch den in abflussreichen Jahren (2010, 2011) bis zu 160 t/a Schwermetalle, davon zu ca.

95% Zn sowie zu je 1,5-2% Pb und Cu, emittiert werden und über die Schlenze die Saale erreichen.

- Für die elberelevanten organischen Schadstoffe konnte keine Quantifizierung der Punkteinträge vorgenommen werden. Es wird eingeschätzt, dass es mit der Ausnahme TBT keine aktiven, überregional belastungsrelevanten Punktquellen gibt. Emissionsabschätzungen für PAK (MoRE 2013) besagen, dass industrielle Kläranlagen praktisch nicht und kommunale zu weniger als 5% an der Gesamtemission im Elbegebiet beteiligt sind.

6.5 Sedimente und Altsedimente

Aus dem Kontext Sedimentmanagement ergibt sich, dass der Quellentyp Sediment immer durch alle für den jeweiligen Herkunftsbereich relevanten Schadstoffe charakterisiert wird. Es gelten die Angaben der Spalten 5 und 6 in Tabelle 6-2. Sediment- und Altsedimentmengen wurden immer als Volumen bestimmt (Methodik vgl. Anl. A2-7), wegen der besseren Vergleichbarkeit mit Frachten werden Massen unter Annahme einer Bodenfeuchtdichte von $1,3 \text{ t/m}^3$ angegeben. Aufgrund von Systemüberlegungen wurden unter dem Quellentyp Sediment folgende Kategorien betrachtet:

- **Buhnenfelder der Elbe.** Die Binnenelbe weist mehr als 6.600 Buhnenfelder auf, die für den Feinsedimenttransport als Zwischenspeicher bzw. Senke eine zentrale Rolle spielen. Aus einer repräsentativen Bestandsaufnahme (Hillebrand et al. in BfG 2013b), gestützt auf regionale, geometrische, morphologische, hydrologisch-hydraulische und wasserbauliche Kriterien ließ sich eine Klassifikation der Buhnenfelder hinsichtlich ihrer Feinsedimentmengen herleiten. Die Gesamtmasse wird auf 1,3 Mio t geschätzt. Untersuchungen zur Mobilisierbarkeit wurden exemplarisch in sechs Buhnenfeldern vorgenommen. Diese Stichprobe ist zu gering, um die Ergebnisse auf sämtliche Buhnenfelder zu übertragen. Bei einer starken horizontalen und vertikalen Heterogenität der untersuchten Felder wurden jedoch viele mobilisierbare Bereiche identifiziert. Dies zusammen mit Beobachtungen über hochwasserbedingte Mobilisierung in der Vergangenheit (Baborowski et al. 2004, Schwartz 2006; Anl. A2-8) lässt auf eine in großen Teilen bestehende Mobilisierbarkeit und damit Relevanz der Frachtpotenziale der Buhnenfelder schließen. Mehr als 80% der als schlammhaltig charakterisierten Buhnenfelder liegen unterhalb von Elbe-km 350. Dies macht die Bildung räumlicher Einheiten möglich, wie Abbildung 6-7 veranschaulicht.
- **Elbe-Seitenstrukturen.** In der Talaue der Elbe liegen mehr als 1.000 Seitenstrukturen, d.h. Häfen, Altarme und Buchten sowie Altwässer. Die 62 erfassten Häfen werden aus schiffahrtlichen Gründen unterhalten, sind nur bei sehr hohen Abflüssen durchströmt und haben mit ca. $4,5 \text{ km}^2$ nur einen relativ geringen Flächenanteil. Insgesamt nehmen die Seitenstrukturen eine Fläche von ca. 50 km^2 ein, davon entfallen 61 % auf solche mit einer Länge von mehr als 500 m. Siebzehn exemplarisch untersuchte Seitenstrukturen (Elbe-km 83,2 – 589), die sich in ihrer Lage und Entfernung zum Fluss sowie der Anschlusssituation unterscheiden, lassen vorläufige Schlussfolgerungen zu (Heise 2013). Eine Spanne von 0,3 – 1,5 m Feinsedimentablagerungen ist eine realistische Annahme. Damit ergibt sich ein Gesamtfrachtpotenzial von ca. 20 – 100 Mio t. Tendenziell ist von solchen Seitenstrukturen ein erhöhtes Mobilisierungsrisiko zu erwarten, die bei mindestens MHQ überströmt und bei MNQ oder MQ an die Elbe angeschlossen sind (Buchten, Altarme, evtl. Häfen). Der entsprechende Flächenanteil beträgt ca. 20%. Sie konzentrieren sich zu mehr als 80% auf den Elbabschnitt ab km 300. Das Frachtpotenzial ist relevant. Abbildung B-A4-4 in Anlage 4 zeigt für den Elbabschnitt km 333,2 – 568 je ein Beispiel für ein Altwasser, einen Altarm und eine Bucht mit einem relevanten Frachtpotenzial.

- **Unterlauf der Mulde einschließlich Schachtgraben/Spittelwasser.** In der Mulde unterhalb des Stausees gibt es keine nennenswerten Feinsedimentdepots. Im Spittelwasser wurden ca. 2.700 t festgestellt. Die Bewertung dieser Ergebnisse liegt noch nicht vor sondern erfolgt im Abschlussbericht zum Projekt „Frachtreduzierung Spittelwasser“. (Taww GmbH 2013).
- **Hauptgewässer Saale.** In der frei fließenden Saale, den Abschnitten zwischen den Staustufen und in den Wehrsaalen kommen feinkörnige Sedimente nicht nennenswert vor. Relevante Mengen an kohäsiven, schadstoffbelasteten Sedimenten finden sich in den Staustufen, von denen Rischmühle, Rothenburg (unterhalb Weiße Elster, Schlenze) und Calbe (unterhalb Bode) stellvertretend untersucht wurden (Claus et al. in BfG 2013b). Die oberen Schwellenwerte der für die Saale insgesamt relevanten Schadstoffe werden durchgängig überschritten. Je nach Lage zu den relevanten Nebenflüssen der Kategorie 2b variiert die Höhe der Schadstoffbelastung jedoch deutlich. Es wird eingeschätzt, dass in den 12 Staustufen der BWaStr. Saale vor dem Hochwasser 2013 ca. 140.000 t Feinsediment gespeichert waren. Auf die großen Staustufen Rothenburg, Alsleben, Wettin und Calbe entfallen 80% der Sedimentationsfläche (vgl. Abb. B-A4-5 in Anlage 4). Dieses Feinsediment wird als potenziell mobil angesehen. Die Frachtpotenziale sind relevant. Gegenüber 2012 hatte sich die Menge um ca. 19.000 t erhöht, in diesem Zeitraum fand keine Entnahme statt. Die Menge entspricht etwa 15% der Gesamtfracht der Saale in die Elbe. Unterhalb der mobilen Auflage lagern ggf. bis in eine Tiefe von 1,7 m stark konsolidierte Altsedimente, die als nicht mobilisierbar eingestuft werden.
- **Seitenstrukturen Saale und Nebenflüsse der Kategorie 2b der Saale.** Systematische Untersuchungen zeigen, dass in den Seitenstrukturen des schiffbaren Teils der Saale ca. 190.000 t feinkörniger Sedimente lagern, von denen ca. 75% als mobilisierbar eingestuft werden (G.E.O.S. 2013; Uni Stuttgart 2013). Das mit den Seitenstrukturen verbundene Frachtpotenzial ist somit relevant. In den Sedimenten ist das Spektrum der elberelevanten Schadstoffe in hohem Maße abgebildet (Tab. 6-2). Belastungsschwerpunkte bilden auf Grund ihres hohen Anteils an der Gesamtmenge die Mühlgräben Wettin (Anlage 4, Abb. B-A4-6), Peißnitz und Holleben und der Altarm Calbe/Tippelskirchen. Von den Nebenflüssen der Kategorie 2b liegen Ergebnisse zu Schlenze und Bode vor. Die Schlenze weist mit ca. 1.500 t keine relevanten Sedimentdepots auf. In der Bode wurden ca. 37.500 t festgestellt (z.B. Wehr Staßfurt, Abb. B-A4-6). Davon sind ca. 75% mobilisierbar. Das Frachtpotenzial der unteren Bode ist insbesondere wegen der hohen Dioxin/Furanbelastung relevant. Für die Weiße Elster besteht anhand der Klassifizierungsergebnisse Aufklärungsbedarf. Quantitative Angaben sind dort bisher nur in Teilbereichen verfügbar, die noch keine Bewertung zulassen.
- **Tideelbe.** Viele Seitenräume der Tideelbe stellen eine dauerhafte Senke für Feinsedimente bis in eine Tiefe von 4 m dar (Schubert und Hummel 2008, Schubert et al. 2009). Die hier lagernden Frachtpotenziale überschreiten je nach Schadstoff die jährlichen Frachten aus dem Binnenbereich um das 10- bis mehr als 100-fache. Das Frachtpotenzial ist jedoch nicht relevant, da die stark konsolidierten Altsedimente von einer natürlichen Mobilisierung ausgeschlossen sind. Dies betrifft auch die Bereiche des Hamburger Hafens, die infolge struktureller Veränderungen nicht mehr regelmäßig unterhalten oder aus dem Hafenbetrieb entlassen wurden. Das Frachtpotenzial oberflächennaher, rezenter und potenziell mobilisierbarer Ablagerungen in den Seitenstrukturen wird in Relation zu den in der Tideelbe insgesamt bewegten Frachten ebenfalls als nicht relevant eingeschätzt.

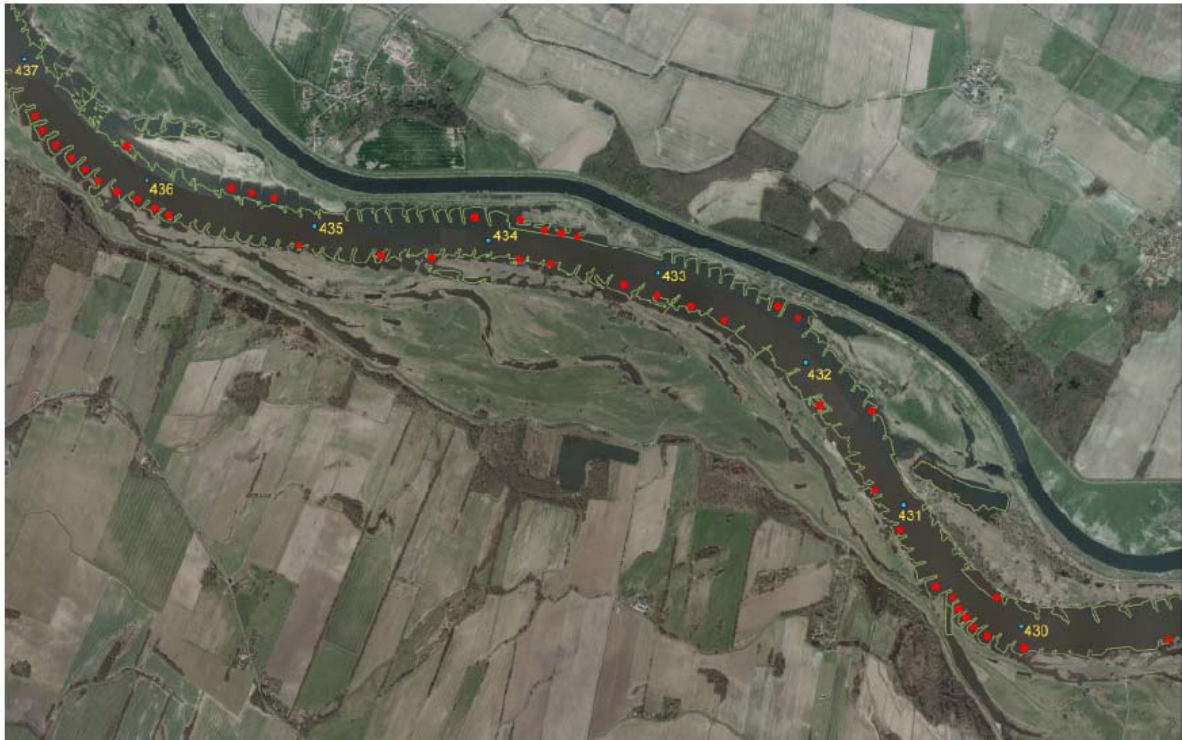


Abbildung 6-7: Beispiel einer regionalen Häufung von Buhnenfeldern, für die relevante Feinsedimentgehalte modelliert wurden

6.6 Altlasten am Gewässer

Ein erheblicher Teil der Schadstoffe, die vor 1990 und teilweise bis in die Gegenwart im Wasser und den Sedimenten des Elbesystems angetroffen werden, wurde auf Flächen, die heute als Altstandorte, Abtablagerungen/Altdeponien oder Altbergbau bezeichnet werden, freigesetzt und in die Gewässer eingetragen. Auf vielen dieser Flächen (nachfolgend einheitlich Altlasten am Gewässer) blieben nach der Stilllegung schadstoffkontaminierte Böden, Abfallablagerungen und kontaminiertes Grundwasser zurück. Bei Vorhandensein einer hinreichend großen und mobilisierbaren Schadstoffmenge können diese Flächen noch immer eine potenzielle Schadstoffquelle für die Oberflächengewässer darstellen. Im Zuge der Entwicklung des Sedimentmanagementkonzepts wurde eine Methodik zur systematischen Prüfung der Relevanz von gewässernahen Altlasten aufgestellt (Anlage A2-10) und – soweit anhand der Datenlage möglich - angewendet. Die Recherchenergebnisse liegen in den Fachstellen der Länder vor.

Die wesentlichen Schlussfolgerungen sind:

- Im gewässerrelevanten Korridor der Elbe, der Saale (ab Bad Dürrenberg), von Vereinigter, Zwickauer und Freiburger Mulde, Havel, Weißer Elster, Bode, Schlenze, Schwarzer Elster und Triebisch befinden sich ca. 2.500 Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen.
- Der Pfad „Sedimente in Oberflächengewässern“ wurde im Rahmen der Altlastenerkundung bisher nur im Ausnahmefall explizit betrachtet, so dass die angestrebten standort- und parametergenauen Angaben von Frachtpotenzialen für die 29 sedimentrelevanten Schadstoffe nicht flächendeckend zu gewinnen waren. Die auf den Flächen vorhandenen Schadstoffarten und -mengen wurden deshalb mittels Expertenwissen orientierend eingeschätzt bzw. konnten nicht angegeben werden. Im Einzelfall ist eine Klärung erforderlich, vgl. Kapitel 7.
- Eine Mobilisierbarkeit sedimentrelevanter Schadstoffe (Pfade: Erosion, Elution, Altsedimente) in signifikanten, an den Bezugsmessstellen nachweisbaren

Frachtbeiträgen wird nach Experteneinschätzung der jeweils zuständigen Länder lediglich für wenige große Großprojekte (mit einer Ausnahmen Ökologische Großprojekte – ÖGP; Tab. T-A4-9 und T-A4-10 in Anlage 4) prognostiziert. Ansonsten ist nach Einschätzung der Länder nicht davon auszugehen, dass die auf ihren Gebieten vorhandenen Altlasten am Gewässer einen relevanten Frachtbeitrag für das Sedimentmanagement im Elbesystem liefern.

- Von den Nicht-Großprojekt-Flächen ausgehende Schadstoffemissionen (mit Abwässern, Sickerwässern oder über das Grundwasser) können im Einzelfall zur quellennahen Beeinträchtigung der Sedimentqualität führen. Ob dieser Aspekt für das Sedimentmanagement von Bedeutung ist und sich aus der Gesamtbetrachtung eine überregional bedeutsame Summationswirkung ergibt, kann z. Zt. nicht beurteilt werden.
- Für nach gegenwärtigem Bearbeitungsstand ca. 40 Altstandorte/Altablagerungen (ohne Großprojekte) soll mit einer detaillierten Prüfung (Prüfschritt 2) festgestellt werden, ob ein Schadstofftransport in das Oberflächengewässer stattfindet und quellennahe Schadstoffdepots im Gewässer vorliegen oder ggf. entstehen können. Beispiele sind in Tabelle T-A4-9, Anlage 4, dargestellt.
- Gewässernahe Großstandorte nehmen mit ihrer herausgehobenen Altlastenrelevanz eine Sonderstellung in der Altlastenbearbeitung und für das Sedimentmanagement ein. Bei den hier interessierenden Großprojekten handelt es sich um ehemalige große Chemie- oder Bergbaustandorte mit komplexer Schadstoffbelastung. Diese Standorte wurden in den zurückliegenden Jahren umfassend untersucht und sind z. T. bereits saniert. Zu den für das Sedimentmanagement bedeutsamen Standorten wurden von den Ländern Informationen zum Sach- und Bearbeitungsstand übergeben (Tabelle T-A4-10 in Anlage 4), z. T. als Steckbriefe in Anlage A4-ÖGP.
- Nach gegenwärtigem Kenntnisstand kann (1) am Altstandort Fahlberg-List Magdeburg eine relevante Sedimentbeeinträchtigung nicht ausgeschlossen werden, da von erosionsgefährdeten Flächen und unbefestigten Uferabschnitten ein direkter Eintrag von HCH in die Elbe möglich ist, (2) das ÖGP Rothensee als nicht relevant für das Sedimentmanagement eingestuft werden, (3) für den Standort des ÖGP Buna nicht ausgeschlossen werden, dass erodierbare Hg-belastete Altsedimente aus dem Nebenfluss Laucha in relevanter Menge in die Saale eingetragen werden, (4) für das ÖGP Bitterfeld-Wolfen derzeit keine abschließende Einschätzung (z.B. zu möglichen HCH-Emissionen) abgegeben werden, da der Abschlussbericht „Frachtreduzierung Spittelwasser“ (Tauf 2013) noch nicht vorliegt, (5) das Areal des Großprojekts Berlin im Ergebnis umfangreicher Boden- und Altsedimentsanierungen und einer stattfindenden Grundwassersanierung als für das Sedimentmanagement nicht relevant betrachtet werden, (6) für den Wismut Uranerzbergbau Komplex Crossen und (7) Komplex Schlema zusammengefasst werden, dass auch nach Abschluss umfangreicher Sanierungsmaßnahmen (Hauptschadstoffe U, As) eine fortdauernde Sickerwasser- und Porenwasserbehandlung bzw. eine Grubenwasserreinigung notwendig sind, (8) für die Teilflächen „Hütte Freiberg“, (9) Hütte Halsbrücke“ und (10) „Hütte Muldenhütten“ des ÖGP Saxonia (Hauptschadstoffe Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr, As) festgestellt werden, dass die geplanten Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen abgeschlossen sind, während (11) auf der Teilfläche „Davidschacht“ die Sanierung der Spülhalden noch aussteht. Ziel der Sanierungsmaßnahmen des ÖGP Saxonia ist die Reduzierung des Schadstoffaustrages in die Freiburger Mulde und, über den Rothschnberger Stolln, die Triebisch.

6.7 Weitere Quellen

Die Einschätzung erfolgt auf der Grundlage der Eintragsbilanzierung (2006 – 2008) von Schadstoffen in die Elbe durch das Umweltbundesamt (MoRE 2013). Über die Punktquellen hinaus (kommunale und industrielle Kläranlagen, Altbergbau) werden für die Schwermetalle die Pfade atmosphärische Deposition, Erosion, Grundwasser, Oberflächenabfluss, Drainagen und urbane Systeme bilanziert. Ergebnisse liegen für die elberelevanten Schadstoffe Cd, Cu, Ni, Zn, Cr, Hg, Pb und ΣPAK vor. Bei den nicht bilanzierten, im Kontext Sedimentmanagement elberelevanten Schadstoffen kann mit Ausnahme von As davon ausgegangen werden, dass rezente Einträge über diese Pfade nicht in relevanten Mengen erfolgen bzw. dass sie durch „Altlasten am Gewässer“ mit den Pfaden Elution, Erosion erfasst werden. Für die PAKs entfällt in der Bilanzierung der Pfad „Altbergbau“, zusätzlich geht hier „Schifffahrt, Wassersport und Stahlwasserbau“ als Pfad ein.

In der Tabelle 6-5 sind die wesentlichen Aussagen über Nicht-Punktquellen zusammengefasst. Dem Pfad „Urbane Flächen“ kommt nach erster Einschätzung eine wichtige Rolle zu. Er zeichnet für ca. 40% der PAK-, 40% der Kupfer-, 30% der Zink-, 20% der Blei- und 15% der Quecksilbereinträge verantwortlich. Dieses Ergebnis ist auch vor dem Hintergrund aktueller Untersuchungen, z.B. für das Wesergebiet (Fuchs et al. 2013), plausibel. Im Einzugsgebiet der Weser stammen aus der Landwirtschaft 90% der Feinsedimenteinträge (Erosion, Drainagen), ca. 10% aus dem urbanen Raum. Betrachtet man den partikulären Zinkeintrag, so kehrt sich das Verhältnis wegen der hohen Belastung im urbanen Raum nahezu um, ca. 80% stammen von dort. Feinsedimenteinträge aus dem urbanen Raum sind als Quelle sicher nicht zu vernachlässigen.

Tabelle 6-5: Relevanz von Emissionspfaden im Elbegebiet
(Quelle: MoRe 2013)

Stoff ¹	Sonstige Pfade ² [%]						
	Atmo- sphärische Deposition	Sportboot- verkehr/ Stahlwasser- bau	Drainage	Erosion	Grund- wasser	Oberflächen- abfluss	Urbane Systeme
Cadmium			10	8	9		
Kupfer				12	12		39
Nickel			18	18	43		
Zink			4	6			29
Chrom			16	56			
Quecksilber			33	16	16		14
Blei				47			23
PAK (auch: Benzo(a)pyren)	13	18				16	39

¹ rot: Stoffe der Regelungsebene „menschliche Gesundheit“ (vgl. Anlage A2-3)

² es werden jeweils die Pfade genannt, die den Anteil „Punktquellen“ bis ca. 90 % ergänzen, besonders dominante Anteile (>20 %) sind fett markiert

6.8 Zusammenfassung der quellenbezogenen Risikoanalyse

Die Auswertung der quellenbezogenen Risikoanalyse in den relevanten Teileinzugsgebieten ist in Tabelle 6-6 zusammengefasst. Sie stellt den Ausgangspunkt für Handlungsempfehlungen in Kapitel 7.2 und eine Grundlage zu deren Priorisierung dar. Im oberen Teil sind die Schadstoffe den TEG und den Quellentypen zugeordnet. Ausgangspunkt sind die in den Schwebstoffen der Bezugsmessstellen in relevanten Konzentrationen nachgewiesenen Schadstoffe (C>OSW). Für die Weiße Elster wurde die Abschätzung der Frachtpotenziale der Sedimente bisher nur im Unterlauf (Sachsen-Anhalt) vorgenommen. Deshalb steht hier vor den potenziell relevanten Stoffen (C>OSW) ein Fragezeichen. In der Triebisch, dem Muldeunterlauf und der Schlenze wurden keine relevanten Feinsedimentdepots und damit Frachtpotenziale relevanter Schadstoffe nachgewiesen. Sie scheiden demzufolge für diesen Quellentyp aus. Jeweils in Klammern aufgeführt sind Schadstoffe, für die wegen des nachrangigen Frachtbeitrages aus dem

jeweiligen TEG eine quellenbezogene Analyse nicht durchgeführt werden muss. Das betrifft Cr, die PCBs und HCB im gesamten deutschen TEG und ist ansonsten TEG-spezifisch. Bei der Umsetzung von Handlungsempfehlungen bzgl. des Quellentyps Sedimente werden auch diese Schadstoffe aus dem Gewässersystem entfernt, insofern ist auch die Information über sie relevant. Rot hervorgehoben sind die Stoffe, deren Sedimentrelevanz (auch) vom Schutzgut „menschliche Gesundheit“ (Regelungsebene „e“ in Anlage A2-3) hergeleitet wurde.

Für eine nachgewiesene Sedimentkontamination in relevanter Größenordnung ($C > OSW$, $\%F > 10\%$) muss eine äußere Quelle bestehen oder bestanden haben. Gut einschätzen lässt sich auf dem gegenwärtigen Kenntnisstand die Situation bzgl. der Punktquellen. Die Felder in den Spalten „Abwasser“ und „Punkt-Altbergbau“ in Tabelle 6-6 weisen die Stoffe aus, für die im jeweiligen TEG Punktquellen in relevanter Größenordnung nachgewiesen werden konnten. In Bezug auf das in Frage kommende Stoffspektrum lässt sich auch der Pfad „urbane Flächen“ eingrenzen. Hier werden die Stoffe aus dem grundsätzlich in Frage kommenden Spektrum (Cu, Zn, Pb, PAKs) genannt, für die im betreffenden TEG Sedimente als Quelle in Frage kommen. Größere Unsicherheit besteht im Hinblick auf den Quellentyp „Altlasten“. Dort sind zuerst die Stoffe genannt, für die im Kontext der Großprojekte Erkenntnisse über die Gewässerrelevanz bestehen. Auf Grund der noch nicht beendeten Bestandsaufnahme (Kap. 6.6) kann die Frage noch nicht abschließend beantwortet werden, ob es relevante Altlasten als Quelle für weitere Schadstoffe gibt. Zur Klärung ist Prüfschritt 2 erforderlich (Kap. 6.6). Deshalb ist in der Spalte Altlast unter der Rubrik „?“ jeweils das nach Einschätzung der zuständigen Landesbehörden nicht auszuschließende Stoffspektrum aufgeführt (vgl. auch Tab. T-A4-9 und T-A4-10 in Anlage 4).

Im unteren Teil der Tabelle 6-6 wird für jeden Stoff / jede Stoffgruppe anhand der Kriterien Fracht bzw. Frachtpotenzial plus Mobilisierbarkeit eine Reihung innerhalb der Quellentypen vorgenommen. Das Vorgehen wird **am Beispiel von Cadmium** erläutert:

- Relevante TEG für Cd sind die Triebisch, die Zwickauer und die Freiburger Mulde, die Vereinigte Mulde, die Weiße Elster, die Schlenze, die Saale und die Binneneibe.
- Punkteinträge durch Abwasser können als relevante Quelle ausgeschlossen werden (Abb. 6-5). Punktförmige Einträge aus dem Altbergbau sind in den TEGs Triebisch, Freiburger Mulde und damit auch Vereinigte Mulde, Schlenze und damit auch Saale nachgewiesen (Kap. 6.4 und Abb. 6-5).
- Der Quellentyp Altlasten ist im Bereich der Freiburger Mulde durch den historischen Bergbau und die ehemaligen Hüttenstandorte relevant (Tab. T-A4-9 und T-A4-10).
- Relevante Frachtpotenziale an Cadmium finden sich schließlich in den mobilen bzw. mobilisierbaren Sedimenten der Zwickauer und Freiburger Mulde, der Saale und der Elbe (Kap. 6.5).
- Der Quellentyp „Urbane Flächen“ wird für alle in Frage kommenden Schadstoffe gleich gehandhabt, die Reihung ergibt sich aus der Größe der TEG, wobei der obere Mulderaum als Einheit betrachtet wird. Für Cadmium ist dieser Pfad allerdings nicht relevant.
- Unsicherheiten, ausgedrückt als Fragezeichen, bestehen im Hinblick auf Frachtpotenziale aus Sedimenten der Weißen Elster sowie aus Altlasten am Gewässer an der Weißen Elster.
- Auf dem gegenwärtigen Kenntnisstand ergeben sich somit zur Reihung über das Einzugsgebiet je drei Optionen für den Quellentyp Punktquelle / Altbergbau und Sediment / Altsediment sowie eine Option im Bereich Altlasten. Die Reihung erfolgt innerhalb der Quellentypen nach Größe der Jahresfracht bzw. nach Frachtpotenzial.

Tabelle 6-6: Ergebnisse der quellenbezogenen Risikoanalyse

TEG	Quellentyp				Sediment
	Abwasser*	Punkt-Altbergbau	Altfalt	Urbane Flächen	
Triebisch (T)	-	Cd, Zn	-	-	relevante Feinsedimentdepots nicht nachweisbar
Zwickauer Mulde (Z)	-	Ni, As	Ni ?: α -HCH, γ -HCH, ppDDT, p,pDDD, ppDDE, TBT	Cu, Zn, Pb, B(a)pyren, Anthracen	Cd, Pb, As, α -HCH, γ -HCH, Zn, Cu, Ni, ppDDT, p,pDDD, ppDDE, TBT, B(a)pyren, Anthracen (Hg, Fluoranthen)
Freiberger Mulde (F)	-	Cd, Pb, Zn, Cu, As	Cd, Pb, Zn, Cu, As ?: α -HCH, γ -HCH, ppDDT, p,pDDD, ppDDE, TBT	Cu, Zn, Pb	Cd, Pb, As, α -HCH, γ -HCH, Zn, Cu, Ni, ppDDT, p,pDDD, ppDDE, TBT
Unterlauf Mulde mit Spittelwasser (M)	-	-	α -HCH, β -HCH, γ -HCH, Dioxine/Furane ?: ppDDT, p,pDDD, ppDDE, TBT	Pb, Zn	relevante Feinsedimentdepots nicht nachweisbar
Weisse Elster ohne ST (W)	-	-	?: Cd, Pb, B(a)pyren, Zn, Ni, ppDDT, p,pDDD, ppDDE, Anthracen, Fluoranthen, Σ PAK, TBT	Zn, Pb, B(a)pyren, Anthracen, Fluoranthen, Σ PAK	?: Hg, Cd, Pb, As, B(a)pyren, Zn, Ni, ppDDT, p,pDDD, ppDDE, TBT, Anthracen, Fluoranthen, Σ PAK
Schlenze mit Schlüsselst. (Ü)	-	Cd, Pb, Zn, Cu	-	-	relevante Feinsedimentdepots nicht nachweisbar
Bode (B)	-	-	?: Dioxine/Furane	Pb, Fluoranthen	Pb, ppDDT, p,pDDD, ppDDE, Fluoranthen, Dioxine/Furane (Hg, Ni, HCB)
Saale (S)**	Ni	-	Hg	Zn, Pb, B(a)pyren, Anthracen, Fluoranthen, Σ PAK	Hg, Cd, Pb, α -HCH, β -HCH, γ -HCH, B(a)pyren, Dioxine/Furane, Zn, Ni, ppDDT, p,pDDD, ppDDE, Anthracen, Fluoranthen, Σ PAK, TBT (HCB)
Binnenelbe bis Schnackenburg ohne Mulde/Saale und Schnackenburg bis Geestnacht(E)			α -HCH, β -HCH, γ -HCH	Cu, Zn, Pb, B(a)pyren, Anthracen, Fluoranthen, Σ PAK	Hg, Cd, Pb, As, α -HCH, β -HCH, γ -HCH, B(a)pyren, Dioxine/Furane, Zn, Ni, ppDDT, p,pDDD, ppDDE, PeCB, Anthracen, Fluoranthen, Σ PAK, TBT (PCBs, HCB)
Tideelbe	Cd, Hg, Ni, (Pb)	-	Cu, Zn, As	Cu, Zn, Pb, B(a)pyren, Anthracen, Fluoranthen, Σ PAK	Hg, Cd, ppDDT, p,pDDD, TBT, ppDDE, HCB, Dioxine/Furane

Fortsetzung Tabelle 6-6:

Stoff	Rang Frachten bzw. Frachtpotenziale je Quellentyp																																					
	T	Z	F	M	W	Ü	B	S	E	T	Z	F	M	W	Ü	B	S	E	T	Z	F	M	W	Ü	B	S	E	T	Z	F	M	W	Ü	B	S	E		
Quecksilber	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cadmium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zink	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kupfer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nickel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chrom***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
α-HCH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β-HCH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
γ-HCH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ppDDT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p,p'DDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ppDDE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PCBs***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pentachlorbenzol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexachlorbenzol***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)-pyren	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anthracen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluoranthen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ PAK 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TBT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dioxine/ Furane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legende: - kein Befund; 0 – Befund ohne Relevanz; ? – Klärung noch nicht abgeschlossen; rot – Stoff der Regelungsebene „e“ (Anlage A2-3); * - Angaben für Mulde und Saale beziehen sich bei Abwasser aus industriellen und kommunalen Einleitungen auf gesamtes TEG und sind nicht weiter auf Nebenflüsse der Kategorie 2b aufgeschlüsselt; ** - Angaben beziehen sich auf die Saale ohne die relevanten Nebenflüsse der Kategorie 2b, diese werden gesondert betrachtet; *** - Beiträge aus dem deutschen Teil spielen für Gesamtbilanz der Elbe nur untergeordnete Rolle, Stoffe werden deshalb nur als Folgewirkung der tschechischen Einträge betrachtet

7. Vorschläge für einen nachhaltigen Umgang mit Sedimenten und zur Baggergutunterbringung

Die Ableitung und Priorisierung von Handlungsempfehlungen folgt in der Systematik des Sedimentmanagementkonzepts als abschließender Schritt auf die vorausgehende Schrittfolge von Bestandsaufnahme, Klassifizierung und Bewertung. Im Ergebnis der Analyse in den Kapiteln 4 - 6 werden Handlungsempfehlungen entwickelt. Die jeweiligen Kriterien ihrer Auswahl und Priorisierung werden in Kapitel 7.1 dargelegt. In den Kapiteln 7.2 bis 7.4 werden die aspektspezifischen Perspektiven angelegt. Ein für alle Aspekte gemeinsames Kriterium ist die Wirkung einer Handlungsempfehlung aus der eigenen Perspektive auf die jeweils anderen beiden. Diese Zusammenschau wird in Kapitel 7.5 vorgenommen.

Risikomanagement ist der planvolle Umgang mit Risiken. Baggergutmanagement ist in besonderer Weise mit dem Thema Sediment verbunden. Deshalb werden Grundsätze für ein zukünftiges Baggergutmanagement vorgeschlagen (Kap. 7.6). Abschließend werden Managementoptionen sowohl für Feinsedimente und damit v. a. aus Qualitätssicht als auch aus hydromorphologischer Sicht vorgestellt (Kap. 7.7 und 7.8).

7.1 Kriterien zur Auswahl und Priorisierung von Empfehlungen

Im Zuge der Priorisierung werden sowohl allgemeine, für alle Aspekte zutreffende als auch aspektspezifische Kriterien angewendet. Aus den aspektspezifischen und allgemeinen Kriterien zusammen ergibt sich die sektorale Bedeutung, vgl. Kapitel 7.2 – 7.4. Der Aspekte übergreifende Rang stellt eine zusätzliche Beurteilung anhand des allgemeinen Kriteriums 3 dar. Die allgemeinen Kriterien 1-4 wirken aufwertend, die Kriterien 5-7 tendenziell abwertend für die Relevanz einer Maßnahme.

Allgemeine Kriterien

1. Die Lösung eines Problems an der Quelle bzw. die Beseitigung der Ursache ist zu bevorzugen.
2. Besteht die ursächliche Quelle nicht mehr, sollte die Lösung möglichst quellnah erfolgen („Die Treppe von oben reinigen“).
3. Resonanzwirkung 1: Empfehlung wirkt sich positiv auf einen der beiden anderen Aspekte oder auf beide aus.
4. Resonanzwirkung 2: Einmalige Investition bewirkt dauerhaft geringere Folgekosten.
5. Schwierigkeitsgrad / Aufwand der Realisierung.
6. Sicherheit / Unsicherheit in der Abschätzbarkeit der Erfolgsaussichten, z.B. infolge Variabilität des Systems.
7. Das Ausschlusskriterium „Fehlen verhältnismäßiger Lösungsmöglichkeiten“ wird nur im Ausnahmefall bei sehr gut gesichertem / begründetem Kenntnisstand angewandt.

Der Aspekt der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit ist generell bei der Aufstellung der Maßnahmenprogramme für den 2. Bewirtschaftungsplan zu prüfen.

Aspekt Qualität

In den Aspekt Qualität gehen der Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit ein (Kap. 3, Anlage A2-3). Es wird eine Differenzierung der elberelevanten Schadstoffe in zwei Gruppen vorgenommen. Gruppe 1 enthält alle Stoffe, die zum Schutz der menschlichen Gesundheit explizit geregelt sind, Gruppe 2 alle anderen. Zur Gruppe 1 (Regelungsebene „e“ in Anlage A2-3) gehören As, Cd, Hg, Pb, HCHs, HCB, Benzo(a)pyren (PAK) und Dioxine/Furane. Unter Beachtung dieser Einteilung kommen folgende Kriterien zur Anwendung:

1. Quantitative Bedeutung eines Quellentyps in einer relevanten Herkunftsregion (Tab. 6-6). Je weiter vorn in der Reihung eine Quelle bzw. ein Quellentyp eingereiht ist, desto dringlicher die Empfehlung.
2. Zahl der pro Quelle relevanten Schadstoffe der Gruppe 1. Je mehr Stoffe dieser Art eine Quelle aufweist, desto dringlicher die Handlungsempfehlung.
3. Zahl der pro Quelle relevanten Schadstoffe, je mehr Schadstoffe eine Quelle aufweist, desto dringlicher die Handlungsempfehlung.
4. In einem vierten Schritt erfolgt die Anwendung der allgemeinen Kriterien 1 – 7.

Aspekt Hydromorphologie

Der Ansatz des integralen Sedimentmanagements setzt an den Ursachen und Quellen der Belastungen an. Analog zur qualitativen Sicht, die den Weg verfolgt, Belastungsquellen auszuschalten, um die fortdauernde teure Behandlung von Symptomen zu beenden, zielt auch der Ansatz zur Verbesserung der hydromorphologischen Situation in der Binneneelbe auf die Ursachen der Beeinträchtigungen. Im komplexen System hydromorphologischer Wechselwirkungen gilt es, die prägenden ursächlichen Wirkmechanismen anhand des Befundes (Bewertung des Ist-Zustandes) zu identifizieren und entsprechend Handlungsempfehlungen auf diese Wirkmechanismen auszurichten und zu priorisieren. Im Fokus der Betrachtung stehen nicht symptomatische Folgen (Defizite in Gewässerstruktur und Diversität), sondern der gestörte Sedimenthaushalt der Binneneelbe. Insofern haben die beiden Indikator-Parameter Sedimentdurchgängigkeit und Sedimentbilanz / Sohlhöhenänderung eine hervorgehobene Bedeutung (vgl. Abb. 5-2 und 5-3 und Anlage A2-4). Es kommen folgende Kriterien der Priorisierung von Handlungsempfehlungen zur Anwendung:

1. Handlungsempfehlungen, welche beide oder einen der Schlüssel-Indikatoren Sedimentbilanz / Sohlhöhenänderung und Sedimentdurchgängigkeit positiv beeinflussen, haben höchste Priorität.
2. Handlungsempfehlungen, welche darüber hinaus weitere Indikator-Parameter in ihrer hydromorphologischen Ausprägung positiv beeinflussen
3. Handlungsempfehlungen, welche Ansatzmöglichkeiten für lange Flussstrecken aufweisen (überregionale Bedeutung, Flussgebietskala)
4. Wirkungen von Handlungsempfehlungen auf die Bereiche ausrichten, welche die Einstufung in die Klassen 3, 4 und 5 aufweisen
5. In einem fünften Schritt erfolgt die Anwendung der allgemeinen Kriterien 1 – 7.

Aspekt Schifffahrt

Zentrales Beurteilungskriterium für die Wirksamkeit von Maßnahmen für die Schifffahrt auf der deutschen **Binneneelbe** und ihrer schiffbaren Nebenflüsse ist die Aufrechterhaltung bzw. die Wiederherstellung des jeweiligen Unterhaltungsziels (Kap.4.4). Maßnahmen zum Aspekt Quantität haben eine vorrangige Bedeutung. Davon ausgehend, dass ein vollumfänglich funktionierendes Regelungssystem in der Lage ist einen gleichmäßigen Sedimenttransport zu gewährleisten und gleichzeitig den Schifffahrtsweg in einem bestimmungsgemäßen Zustand zu erhalten, gelten nachfolgende Prioritäten für ein schifffahrtsbezogenes Sedimentmanagement:

1. Aufrechterhaltung bzw. Wiederherstellung des Regelungssystems
2. Optimierung der Regelungsbauwerke (alternative Bauformen)
3. Anpassung der Regelungsparameter (Bauwerkssollhöhen, Bezugswasserstände)
4. Geschiebemanagement im Fluss (Verbringung/Umlagerung oder Zugabe)
5. Entnahme (Baggerung).

Für den Bereich der **Tideelbe** ist aus schifffahrtlicher Sicht im Flussgebietskontext primär der Aspekt Qualität bedeutsam. Zusätzlich zu den allgemeinen Kriterien gilt hier:

1. Quellenbezogene Sanierungen sind vordringlich für solche Stoffe erforderlich, bei denen die Überschreitung der einschlägigen Baggergut-Richtwerte am höchsten ist, d.h. in der Regel eine Überschreitung der GÜBAK-Werte (2009). Aufgrund der Vermischung limnischer mit marinen bzw. ästuarinen Schwebstoffen / Sedimenten in der Tideelbe gilt dies insbesondere für Schwebstoffe aus dem Bereich der Mittelelbe am Wehr Geesthacht (Eintragsbelastung). Hervorzuheben sind solche Stoffe, bei denen diese Überschreitung am höchsten ist bzw. für die bei Monitoringuntersuchungen Auswirkungen insbesondere auf Biota festgestellt wurden. Aus der Höhe der Überschreitung ergibt sich das Ranking 1 (Stoffrelevanz).
2. Bei quellenbezogenen Sanierungen im Sinne des Flussgebietsmanagements kommt es primär darauf an, möglichst große Frachten festzulegen, um eine weitere Vermischung / Verteilung im Flussverlauf zu vermeiden. Daraus ergibt sich das Ranking 2 (Maßnahmerelevanz).
3. Können mit einer Maßnahme mehrere unter Punkt 1 genannte, relevante Stoffe erfasst werden, ergibt sich eine besondere Resonanzwirkung.

7.2 Handlungsempfehlungen aus qualitativer Sicht

Aus qualitativer Sicht sind auf Grundlage der Analyse in Kapitel 6 Handlungsempfehlungen grds. in den Bereichen (1) Reduzierung / Sanierung von Punktquellen, (2) Reduzierung / Sanierung von Altlasten, (3) Beseitigung von mobilisierbaren Altsedimentdepots, Feinsedimentmanagement im Gewässer in Verbindung mit der Optimierung von Unterhaltungsstrategien für unterschiedliche Nutzungen, (4) Reduzierung des schadstoffbelasteten Feinsedimenteintrages aus weiteren Quellen sowie (5) Nutzung und Management von Stoffsenken möglich.

In Tabelle 7-1 werden die auf dem gegenwärtigen Kenntnisstand ableitbaren Handlungsempfehlungen in Bezug auf die Quellen anhand der Kriterien oben dargestellt. Die gezielte Nutzung von Senken wurde nicht in die Tabelle aufgenommen, da die Kriterien nicht direkt anwendbar sind. Entsprechende Handlungsempfehlungen werden jedoch im Weiteren mit diskutiert. Jeweils im Anschluss an die kurze Beschreibung zu den einzelnen Quellentypen wird eine zusammenfassende Bewertung vorgenommen.

(1) Punktquellen

Hinsichtlich kommunaler und industrieller Abwassereinleitungen sind im Kontext dieses Sedimentmanagementkonzepts keine Handlungsempfehlungen erforderlich.

Als Folge des Altbergbaus bestehen wirksame relevante Punktquellen in den TEG der Triebisch, Mulde (Zwickauer und Freiburger Raum) und Saale (Schlüsselstollen). Die vollständige Ausschaltung der als relevant identifizierten großen Quellen des Altbergbaus (z.B. Schlüsselstollen, PLEJADES 2013) ist aus komplexen Gründen (Kosten, Umwelt, Bergsicherheit) nicht möglich. Durch laufende und neue Maßnahmen der Risikominimierung, wie ggf. auch die Schließung kleinerer Quellen, werden jedoch Beiträge zur Reduktion der Sedimentbelastung mit Cd, Pb und As (Schadstoffgruppe 1) sowie Zn, Cu und Ni (Schadstoffgruppe 2) erbracht. Der Wirkpfad „Sedimente im Oberflächengewässer“ ist in die Erfolgskontrolle der Risikominimierung einzubeziehen. Aus Flussgebietssicht haben alle Standorte eine sehr hohe Bedeutung. Es ist bestenfalls eine Abstufung zwischen Freiburger Mulde, Triebisch und Schlüsselstollen auf der einen (höhere Bedeutung) und Zwickauer Mulde auf der anderen Seite sinnvoll.

Tabelle 7-1: Handlungsempfehlungen unter dem Aspekt Qualität

Maßnahmen-Bereich	Quelle	Gewässer	Rang: Stoffe 1 (Tabelle 6-6)	Rang: Stoffe 2 (Tabelle 6-6)	Quelle (ja/nein)	Quellnah (ja/nein)	Resonanz 2 (ja/nein)	Schwierigkeit (sehr groß, groß, mittel)	Erfolgsaussicht (sehr hoch, hoch, mittel)	Verhältnismäßige Lösung (ja/nein)	Bemerkung / Erläuterung
Sanierung/ Reduzierung Punktquellen	Altbergbaustollen Raum Freiberg	Mulde	1: Cd,As 2: Pb	2:Zn,Cu	ja	-	ja	sehr groß	mittel	nein	Risikominimierung durch laufende Maßnahmen
	Altbergbaustollen Zwickauer Mulde	Mulde	2: As	1:Ni	ja	-	ja	sehr groß	mittel	nein	Risikominimierung durch laufende Maßnahmen
	Schlüsselstollen	Saale	1: Pb 3: Cd	1:Cu,Ni	ja	-	nein	sehr groß	mittel	nein	Risikominimierung durch laufende Maßnahmen
Sanierung/ Reduzierung Altlasten	Roithschönberger Stolln	Triebisch	2: Cd	3:Zn	ja	-	ja	sehr groß	mittel	nein	Risikominimierung durch laufende Maßnahmen
	Altstandorte, Halden Freiberger Raum	Mulde	1: Cd,Pb,As	1:Cu,Zn	ja	-	ja	sehr groß	mittel	nein	Risikominimierung durch laufende Maßnahmen
	Altstandorte, Halden Zwickauer Mulde	Mulde		1:Ni	ja	-	ja	sehr groß	mittel	nein	Risikominimierung durch laufende Maßnahmen
	ÖGP Bitterfeld-Wolfen	Mulde	1: α-, β-, γ-HCH Dioxine/Furane	??	ja	-	??	sehr groß	??	??	Ergebnisse aus Projekt „Frachtreduzierung Spittelwasser“ abwarten
	ÖGP Buna	Saale	1: Hg		ja	-	ja	sehr groß	hoch	ja	hohe Erfolgsaussicht bzgl. Umverlegung Laucha; Vorbereitung PFV
	Fahlberg List	Elbe	2: α-, β-, γ-HCH		ja	-	ja	groß	??	??	Vorbereitende Untersuchungen laufen

Fortsetzung Tabelle 7-1

Maßnahmen-Bereich	Quelle	Gewässer	Rang: Stoffe 1 (Tabelle 6-6)	Rang: Stoffe 2 (Tabelle 6-6)	Quelle (ja/nein)	Quellnah (ja/nein)	Resonanz 2 (ja/nein)	Schwierigkeit (sehr groß, groß, mittel)	Erfolgsaussicht (sehr hoch, hoch, mittel)	Verhältnismäßige Lösung (ja/nein)	Bemerkung / Erläuterung
Beseitigung Altsediment-depots	Zwickauer und Freiberger Mulde	Mulde	2: As, α-, γ-HCH 3: Cd, Pb	2: ppDDt 3: Zn, Cu, Ni, TBT	nein	ja	nein	mittel	??	??	Klärung Erfolgsaussichten und Lösungsmöglichkeiten im Zuge der weiteren Bewirtschaftungsplanung
	Seitenstrukturen	Saale	2a: Hg, Cd, Pb, α-, β-, γ-HCH, B(a)Pyren, Dioxine/Furane	2a: Zn, Cu, Ni, ppDDX, ΣPAK, Anthracen, TBT, Fluoranthen	nein	ja	nein	mittel	??	??	Klärung Erfolgsaussichten und Lösungsmöglichkeiten im Zuge der weiteren Bewirtschaftungsplanung
	Stautufen	Saale	2b: wie Seitenstrukturen	2b: wie Seitenstrukturen	nein	ja	nein	mittel	??	??	Klärung Erfolgsaussichten und Lösungsmöglichkeiten im Zuge der weiteren Bewirtschaftungsplanung
	Sedimentations-zonen	Bode, Unterlauf	1: Dioxine/Furane 4: Pb	3: Fluoranthen 1a: Zn, Cu, Ni, Cr	nein	ja	nein	mittel	??	??	Laufende Untersuchungen Bode
	Seitenstrukturen	Elbe uh km 300	1a: Hg, Cd, Pb, As, α-, β-, γ-HCH,, HCB, B(a)Pyren, Dioxine/Furane	ppDDX, PeC B, ΣPAK, TBT, Anthracen, Fluoranthen	nein	nein	nein	mittel	hoch	??	Klärung Erfolgsaussichten und Lösungsmöglichkeiten im Zuge der weiteren Bewirtschaftungsplanung; hohe Erfolgsaussicht bezieht sich auf einmalige Räumung
	Buhnenfelder	Elbe uh km 350	1b: wie Seitenstrukturen	1b: wie Seitenstrukturen	nein	nein	nein	mittel	??	??	Klärung Erfolgsaussichten und Lösungsmöglichkeiten im Zuge der weiteren Bewirtschaftungsplanung; hohe Erfolgsaussicht bezieht sich auf einmalige Räumung

Fortsetzung Tabelle 7-1

Maßnahmen-Bereich	Quelle	Gewässer	Rang: Stoffe 1 (Tabelle 6-6)	Rang: Stoffe 2 (Tabelle 6-6)	Quelle (ja/nein)	Quellnah (ja/nein)	Resonanz 2 (ja/nein)	Schwierigkeit (sehr groß, groß, mittel)	Erfolgsaussicht (sehr hoch, hoch, mittel)	Verhältnismäßige Lösung (ja/nein)	Bemerkung / Erläuterung
Feinsediment- management	Vorhöfen Rothenburg, Alsleben, Wettin, Calbe	Saale	kein Rang Stoffe wie oben	kein Rang Stoffe wie oben	nein	ja	ja	mittel	??	??	Klärung Erfolgsaussichten und Lösungsmöglichkeiten im Zuge der weiteren Bewirtschaftungsplanung; Resonanzwirkung bezieht sich auf Situation in der Elbe
	Mühlgräben Wettin, Peißnitz, Hölleben; Altarm Calbe/Tippelskirchen	Saale	kein Rang Stoffe wie oben	kein Rang Stoffe wie oben	nein	ja	ja	mittel	??	??	Klärung Erfolgsaussichten und Lösungsmöglichkeiten im Zuge der weiteren Bewirtschaftungsplanung; Resonanzwirkung bezieht sich auf Situation in der Elbe
	Sedimentationszonen	Bode, Unterlauf	kein Rang Stoffe wie oben	kein Rang Stoffe wie oben	nein	ja	ja	mittel	??	??	Klärung Erfolgsaussichten und Lösungsmöglichkeiten im Zuge weiterer Untersuchungen. Resonanzwirkung bezieht sich auf Situation in der Elbe
	Effektivierung des Schadstoffrückhalts im Muldestausee	Mulde			nein	ja	ja	groß	??	??	Klärung Erfolgsaussichten und Lösungsmöglichkeiten im Zuge der weiteren Bewirtschaftungsplanung
Reduzierung weiterer Quellen	Urbane Flächen	Mulde, Saale, Weiße Elster, Bode, Elbe	Rang entsprechend TEG-Größe und Anteil urbane Fläche: Pb, B(a)pyren	Rang entsprechend TEG-Größe und Anteil urbane Fläche: Cu, Zn, Anthracen, Fluoranthren, Σ PAK	nein	ja	ja	groß	??	??	Verbesserung des Feinsedimentrückhalts durch technische und organisatorische Maßnahmen; Resonanzwirkung bezieht sich auf das Gewässer

(2) Altlasten

Bei den bekannten, überregional bedeutsamen Altlasten handelt es sich um ehemalige Großstandorte des Bergbaus oder der chemischen Industrie. Etwa 40 potenziell relevante Altlasten am Gewässer konnten noch nicht abschließend beurteilt werden, für sie ist der Prüfschritt 2 noch vorzunehmen.

Wie im Falle der Punktquellen des Altbergbaus werden auch für die großen bergbaubedingten Altlastenstandorte bereits langjährig Sanierungsmaßnahmen ausgeführt. Von den Standorten gehen Sedimentbelastungen an Cd, Pb und As (Gruppe 1) und Cu, Ni und Zn (Gruppe 2) aus. Die Möglichkeit einer vollständigen Ausschaltung dieser Quellen zeichnet sich aus gegenwärtiger Sicht nicht ab, die konsequente Prüfung ihrer Wirksamkeit für den Pfad „Sedimente in Oberflächengewässern“ steht aber für eine Reihe von Standorten noch aus (vgl. Kap. 6.6). Die laufenden Maßnahmen zur Risikominimierung sollten fortgeführt und ggf. mit Blick auf den Wirkpfad „Sedimente im Oberflächengewässer“ in ihrer Effizienz erhöht werden. Aus Flussgebietssicht ist die Bedeutung hoch, jedoch geringer als die der korrespondierenden wirksamen Punktquellen. Eine Differenzierung in ihrer Bedeutung für das Sedimentmanagement ist zwischen den Großstandorten nicht sinnvoll.

Auch für die ehemaligen Großstandorte der Chemieindustrie werden bereits langjährig Maßnahmen zur Sanierung und Risikominimierung durchgeführt. Diese Maßnahmen sollten weitergeführt und ggf. mit Blick auf den Wirkpfad „Sedimente im Oberflächengewässer“ in ihrer Effizienz erhöht werden. Die Standorte verursachen aktuell nachweislich hohe Sedimentbelastungen an Hg, α -, β -, γ -HCH, Dioxinen/Furanen (alle Gruppe 1). Die Erfolgsaussichten zur Ausschaltung der Quellen sind unterschiedlich, vgl. Tabelle 7-1. Aus Flussgebietssicht haben alle Standorte eine sehr hohe Bedeutung, eine Abstufung ist nicht sinnvoll.

(3) Altsedimentdepots und Feinsedimentmanagement

Altsedimentdepots der Elbe (Buhnenfelder, Seitenstrukturen) spielen für alle relevanten Schadstoffe eine bedeutsame Rolle. Altsedimentdepots der Saale (Vorhäfen der Staustufen, Seitenstrukturen) weisen nahezu das gesamte relevante Schadstoffspektrum auf. Altsedimentdepots der Bode (Unterlauf) sind insbesondere im Hinblick auf Cd, Pb, die PAKs und Dioxine/Furane relevant. Eine sinnvolle Handlungsempfehlung kann lauten, die bestehende intermediäre Senkenfunktion zu nutzen, um die Ausbreitung schadstoffbelasteter Feinsedimente stromab zu reduzieren. Dazu ist zu prüfen, inwieweit die Möglichkeit besteht die Depots regelmäßig zu räumen. Die Vorteile und Risiken für andere Nutzungen oder Funktionen sind dabei abzuwägen. In diese Prüfung sind bestehende Managementansätze einzubeziehen.

In der Saale einschließlich ihrer Seitenstrukturen und relevanten Nebengewässer ist zu prüfen, ob der Feinsedimenteintrag in die Elbe durch eine Sanierung der aufgezeigten Depots und deren zyklische Beräumung (ggf. zusätzlich zu den aus schiffahrtlicher Sicht schon durchgeführten Maßnahmen) wirksam verringert werden kann. Ferner ist zu prüfen, ob durch technische Maßnahmen und/oder ein geändertes Betriebsregime, z.B. im Schleusenbetrieb, der Feinsedimentrückhalt insbesondere bei erhöhten Abflüssen verstärkt werden kann. Den Maßnahmen im Hauptgewässer der Saale sollten Maßnahmen in den relevanten Nebenflüssen vorgelagert werden.

Gezielte Sedimententnahmen zur Reduzierung des Schadstoffreservoirs in den Elbebuhnenfeldern (Sanierung) und in den Seitenstrukturen wären vorwiegend unterstrom der Zuflüsse von Mulde und Saale durchzuführen. Zum einen werden hohe Belastungen aus diesen Flüssen eingetragen. Zum anderen liegt mengenmäßig der Hauptteil der Ablagerungen im Bereich etwa unterstrom von km 360 (Buhnenfelder) bzw. km 300 (Seitenstrukturen) vor. Eine Sanierung von bekannten Hotspots und/oder von Gruppen von feinsedimenthaltigen Buhnenfeldern in räumlicher Nähe ist zu prüfen. Aus Beobachtungen und Modellbetrachtungen wurden charakteristische Eigenschaften von Buhnenfeldern abgeleitet, die auf ein verstärktes Vorkommen von Feinsedimentablagerungen schließen lassen. Dieses Wissen kann im Zuge der Gewässerunterhaltung und im Vorfeld von ggf. Maßnahmen zur Auswahl gezielt zu beräumender Buhnenfelder genutzt werden.

In Bezug auf das Feinsedimentmanagement in der Tideelbe wird vor dem Hintergrund des Meeresschutzes sowie der EG-MSRL aus qualitativer Sicht eine gezielte Verbringung von schadstoffbelastetem Feinmaterial in den Außenelbebereich (oder wie zuletzt praktiziert in den Bereich der Nordsee – Tonne E3) kritisch gesehen. Zu prüfen ist insbesondere eine maßnahmenbedingte beschleunigte Verbringung von Schadstoffen in den Elbmündungsbereich bzw. die Nordsee. Die Weiterentwicklung von Sedimentmanagementstrategien zur Feinmaterialbewirtschaftung erfordert daher umfangreiche Voruntersuchungen und Prüfungen auch in Bezug auf ökologisch verträgliche Verbringungsbereiche sowie ggf. eine Begleitung mit Monitoring-Programmen.

(4) Weitere Quellen

Bisher wurde explizit nur der urbane Raum als Quelle von belasteten Feinsedimenten in die Überlegungen einbezogen. Er ist für die Schadstoffe Blei, Zink, Kupfer und PAKs relevant. Grundsätzlich ergibt sich der potenzielle Effekt einer Verringerung aus der Größe des TEG und dem Anteil urbaner Flächen daran. Die Lösungsmöglichkeiten und die Erfolgsaussichten müssen in Pilotvorhaben untersucht werden.

Die Pfade Bodenerosion (Pb, weitere Schwermetalle), Grundwasser (Ni, weitere Metalle), Drainagen (Hg) sowie Bootsverkehr/Stahlwasserbau (PAKs) könnten von Bedeutung sein, auch hier sind Pilotstudien erforderlich.

(5) Nutzung von Senken

Auen, Talsperren/Speicher und Flusseen (Kap. 6.3) wirken als Senken und tragen somit zum Schadstoffrückhalt im Einzugsgebiet bei. Das wurde für die Auen der Mittel- und Unterelbe und den Muldestausee exemplarisch analysiert.

Die Sedimentretention in den Auen ist dort am größten, wo das Überflutungswasser frühzeitig über Altarme in die Aue fließen kann. Aus Schadstoffsicht am wirkungsvollsten erscheinen Überflutungsflächen beim Eintritt der Elbe in das norddeutsche Tiefland, wo bereits großräumige Auen vorhanden sind, sowie unterstromig der Mulde und zwischen Saalemündung und Havelberg jeweils linkselbisch.

Der Muldestausee hat eine zentrale Funktion für den Schadstoffrückhalt aus dem oberen Muldegebiet, die weiter stabilisiert und effektiviert werden kann. Durch wechselnde Seespiegel sollte ein möglichst weit verzweigter, wechselnder Verlauf des Muldestroms im Hauptbecken befördert werden, der der Remobilisierung von Sedimenten entgegen wirkt.

Als Schlussfolgerung in Bezug auf die Senken ergibt sich, dass deren Funktion überall dort beibehalten und wenn erforderlich und möglich gestärkt werden sollte, wo ihr Nutzen im Sinne einer verringerten Schadstoffbelastung der Unterlieger die negativen Konsequenzen einer Schadstoffakkumulation vor Ort klar überwiegt und nicht einschlägige Schutzbestimmungen entgegenstehen. Vorteile und Risiken für andere Nutzungen oder Funktionen sind abzuwägen. So dürfen notwendige Maßnahmen im Hochwasserfall nicht behindert sondern sollten möglichst gestärkt werden. Für die neu geschaffenen Retentionsflächen können sich schadstoffbedingt Nutzungseinschränkungen ergeben. Hier sollten nach Möglichkeit Auenwälder begründet werden, die zudem ein wirksames Mittel zur Erhöhung der Rauigkeit und damit zur Förderung der Sedimentretention wären. Gleichzeitig wird hierdurch eine Hochwasserwelle effektiv verlangsamt, mithin ein Instrument des vorsorgenden Hochwasserschutzes. Für das Erfordernis einer Räumung der Senken, z.B. um Stauraum wieder herzustellen oder um die Gewässerqualität zu verbessern, sind rechtzeitig Verbringungswege für die kontaminierten Sedimente darzustellen.

Als **Gesamtfazit** ist festzuhalten, dass grundlegende, im eigentlichen Sinne quellenbezogene Lösungen in einigen Fällen möglich oder noch zu klären sind, in anderen jedoch nach Einschätzung der zuständigen Behörden keine verhältnismäßigen Lösungen darstellbar sind (vgl. Tab. 7-1). Die Prüfung der potenziell relevanten Altlasten ist noch nicht abgeschlossen (Kap. 6.6 und Tab. T-A4-9, T-A4-10). Die Risikominimierung im Rahmen laufender Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen von Großstandorten sollte konsequent weiter betrieben werden. Durch die Erweiterung der Kenntnisse zur Wirkung der Quellen über den Pfad „Oberflächengewässer/Sediment“ sind Fortschritte in der Minimierung der

Risiken auch in dieser Richtung denkbar. Darüber hinaus sollte die Kenntnislage weiterer potenziell relevanter Altlasten und altlastverdächtiger Flächen durch die Ausführung entsprechender Prüfschritte verbessert werden. Bei den Altlasten am Gewässer empfiehlt es sich, im Rahmen der Bearbeitung nach Bodenschutzrecht (Gefährdungsabschätzung und Sanierung) auch den Pfad "Sedimente in Oberflächengewässern" angemessen zu berücksichtigen. Weiterhin sollte in den Fällen, bei denen die Belastung nicht mehr auf nennenswerte äußere Einträge zurückzuführen ist, der Fokus im Wesentlichen auf die Beseitigung innerer Quellen (Sedimente, Altsedimente) gerichtet werden. Welche Relevanz innere Quellen im Vergleich zu rezenteren äußeren Einträgen hat, ist abschließend noch nicht bewertbar, sie wird jedoch als erheblich eingeschätzt. Bei einzelnen Schadstoffen werden im Schwerpunkt auch Regelungsbereiche jenseits der Wasserwirtschaft angesprochen (PAKs).

Neben den Anstrengungen zur Sanierung, Reduzierung und Kontrolle der verbliebenen Quellen richtet sich der Fokus zwangsläufig auf Empfehlungen zur Sanierung von Altsedimentdepots mit erhöhtem Mobilisierungsrisiko und auf die Feinsedimentbewirtschaftung im Fluss, wenn Schaden von den Abschnitten unterstrom und der Meeresumwelt abgewendet werden soll. Dabei sollte unbedingt das Kriterium der Nähe zur (historischen) Quelle greifen, auch mit Blick auf die internationale Flussgebietseinheit. Ein wirksames Mittel kann auch die gezielte Stärkung dauerhafter Senkenfunktionen sein, sofern dem keine schwerwiegenden anderweitigen Nutzungs- oder Funktionseinschränkungen gegenüberstehen.

(6) Juni-Hochwasser 2013

Das Juni-Hochwasser 2013 bietet die Möglichkeit, im Zuge der Auswertung des Messprogramms Extreme und von zeitnahen Hochwasserfolgeuntersuchungen Aussagen insbesondere zu den oben angesprochenen Punkten (2), (3) und (5) zu validieren und ggf. eine Präzisierung vorzunehmen.

7.3 Handlungsempfehlungen aus Sicht Hydromorphologie

Aus hydromorphologischer Sicht ergeben sich prägende Ursachen des unbefriedigenden Zustandes (1) aus der reduzierten Sedimentzufuhr in die **Binnenelbe** im Ergebnis des Sedimentrückhalts im gesamten Einzugsgebiet infolge Landnutzung, Talsperren, Staustufen, Querverbau und flussbaulicher Befestigung der Ufer und (2) aus dem erhöhten Transportvermögen des Elbestroms als Konsequenz der flussbaulichen Einwirkung (Regelungskonzept, Laufverkürzung) sowie des Deichbaus. Im Sinne eines ganzheitlichen Ansatzes zum Sediment- und Gewässermanagement im Flussgebiet müssen Handlungsempfehlungen an diesen Ursachen und den sie prägenden Wirkmechanismen ansetzen. Das „Sohlstabilisierungskonzept von Mühlberg bis zur Saalemündung“ (WSD Ost 2009; Gabriel et al. 2011) für die Erosionsstrecke zwischen Elbe-km 120 und Elbe-km 290 wurde unter dieser Voraussetzung aufgestellt.

In die Priorisierung von Handlungsempfehlungen sind Aspekte der Nachhaltigkeit und Machbarkeit einzubeziehen. Die Erzielung von Wirksamkeit auf Flussgebietskala für flächendeckend strukturverbessernde Maßnahmen ist aus Kostengründen, wegen fehlender Raumverfügbarkeit und langer Umsetzungsdauer nicht vorstellbar. Unter diesen Maßgaben werden in Tabelle 7-2 solche Handlungsempfehlungen genannt und priorisiert, die streckenübergreifende Konzepte und Wirksamkeit beinhalten und auf die beiden prägenden Wirkmechanismen bzw. Ursachen des gestörten Sedimenthaushalts ausgerichtet sind. Im Längsverlauf der Binnenelbe ist eine wirksame Reduktion des Transportvermögens und umfassende Erhöhung der Zufuhr an klastischen Sedimenten erforderlich, um u. a. die nachteiligen Wirkungen von Sohl- und begleitendem Wasserspiegelverfall abzustellen. Es sind flussgebiets-übergreifende Ansätze zum Ausgleich des Sedimentdefizits und zur wirksamen Verhinderung der weiteren gravierenden Sohleintiefung zu verfolgen, welche auch die Erhöhung der Sedimentzufuhr aus dem Einzugsgebiet einschließen.

In der **Tideelbe** sollen hydromorphologisch wirksame strombauliche Maßnahmen primär Einfluss auf die Tidecharakteristik nehmen mit dem Ziel der Verringerung des „Tidal

Pumping“ und damit des Stromauftransports von Feinsedimenten im Ästuar. Zu solchen Maßnahmen gehören gemäß Strombau- und Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe (HPA und WSV 2008) die Schaffung von Flutraum und die Umgestaltung von Nebenelben. Bezüglich der dort aufgezählten potenziellen Maßnahmen sollten weitere Konkretisierungsschritte erfolgen. Vordringlich sind Kosten-Nutzen-Abschätzungen vorzunehmen und Synergieeffekte gemeinsam mit anderen Akteuren u. a. der Bereiche Naturschutz, Klimaanpassung oder Küstenschutz weiterzuentwickeln. Grundsätzlich sollten entsprechende Maßnahmen auf die Funktionsräume 1 bis 3 konzentriert werden, da Untersuchungen der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) gezeigt haben, dass sich eine Vergrößerung des Flutraumes umso stärker auf die Tidewasserstände in Hamburg auswirkt, je näher dieser neu geschaffene Raum bei Hamburg liegt (HPA und WSV 2008; Klöpffer 2010). Denkbar ist, Strombaumaßnahmen so umzusetzen, dass sie auch eine positive naturschutzfachliche Wirkung zeigen und damit das ökologische Potenzial im inneren Ästuar verbessern. Als beispielhaftes Pilotprojekt wird im Funktionsraum 1 derzeit die Maßnahme „Spadenländer Busch / Kreetsand“ (Elbe-km 618) realisiert, in deren Rahmen ein rund 30 ha großer tidebeeinflusster Flachwasserbereich hergestellt wird.

7.4 Handlungsempfehlungen aus schiffahrtlicher Sicht

Ein Sedimentmanagementkonzept ist aus schiffahrtlicher Sicht notwendig, um durch gezielte steuernde Maßnahmen und Eingriffe in den Sedimenthaushalt in frei fließenden Gewässern einen geregelten Sedimentdurchtransport bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung bzw. Wiederherstellung der definierten schiffahrtlichen Verhältnisse zu gewährleisten.

In der **Binnenelbe** geschieht das durch passive Steuerungsinstrumente wie ein Regelungssystem und durch aktive Maßnahmen, z.B. die Geschiebemanagement. Darüber hinaus sind an staugeregelten Gewässern wie der Saale Fahrrinntiefen beeinträchtigende Sedimentablagerungen zu bewirtschaften. Die Handlungsoptionen für die Binnenelbe werden durch Abbildung 7-1 verdeutlicht. Handlungsempfehlungen beziehen sich sowohl auf die passiven als auch auf die aktiven Maßnahmen. Um wieder einen weitestgehend geregelten Sedimenttransport zu gewährleisten, ist das Regelungssystem hinsichtlich seiner Regelungsparameter anzupassen. Im Rahmen der Anpassung sind alternative Bühnenbauformen zu prüfen, die neben dem notwendigen Regelungseffekt für den Verkehrsweg nach Möglichkeit auch eine höhere Dynamik in die Bühnenfeldbereiche bringen (Habersack et al. 2012; WSD Ost 2009; IKSE 2013b). Bei der Umsetzung sind auch Möglichkeiten einer geänderten Bühnenanbindung an das Ufer zu prüfen. Die Streichlinienbreiten sind hinsichtlich ihrer funktionalen Wirkung in Bezug auf die Schiffahrtsverhältnisse bei niedrigen und mittleren Abflussverhältnissen (Kap. 4.4) und den Sedimenttransport zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Eine Querschnittsaufweitung für Abflüsse im Mittelwasserbereich bei gleichzeitiger Querschnittsanpassung im niedrigen Abflussbereich kann einerseits zu einer Entlastung der Sohlschubspannung im bettbildenden Bereich führen und andererseits zu einer Vergleichmäßigung des Sedimenttransportes beitragen. In diesem Zusammenhang sind auch die Abstände zwischen den Bühnen zu überprüfen. Eine gezielte Sediment- und Geschiebemanagement ist dort geboten, wo schiffahrtsbehindernde Ablagerungen im definierten Fahrrinnenbereich, z.B. nach Hochwasserereignissen oder infolge eines eingeschränkt funktionsfähigen Regelungssystems, bestehen. Hier erfolgt die Verbringung oder Umlagerung von Geschiebe innerhalb des Systems. Das kann temporär und streckenabwechselnd über den gesamten Abschnitt der deutschen Binnenelbe erfolgen. Eine Reduzierung des Unterhaltungsaufwandes für die Geschiebeverbringung oder -umlagerung durch eine Optimierung des Regelungssystems ist grundsätzlich anzustreben. Bei über weite Strecken bestehendem Geschiebedefizit ist die dauerhafte Zugabe von Geschiebeersatzmaterial oder alternativ eine Grobkornanreicherung notwendig (WSD Ost 2009; Gabriel et al. 2011) - auch, um der weiteren Eintiefung der Gewässersohle wirksam zu begegnen.

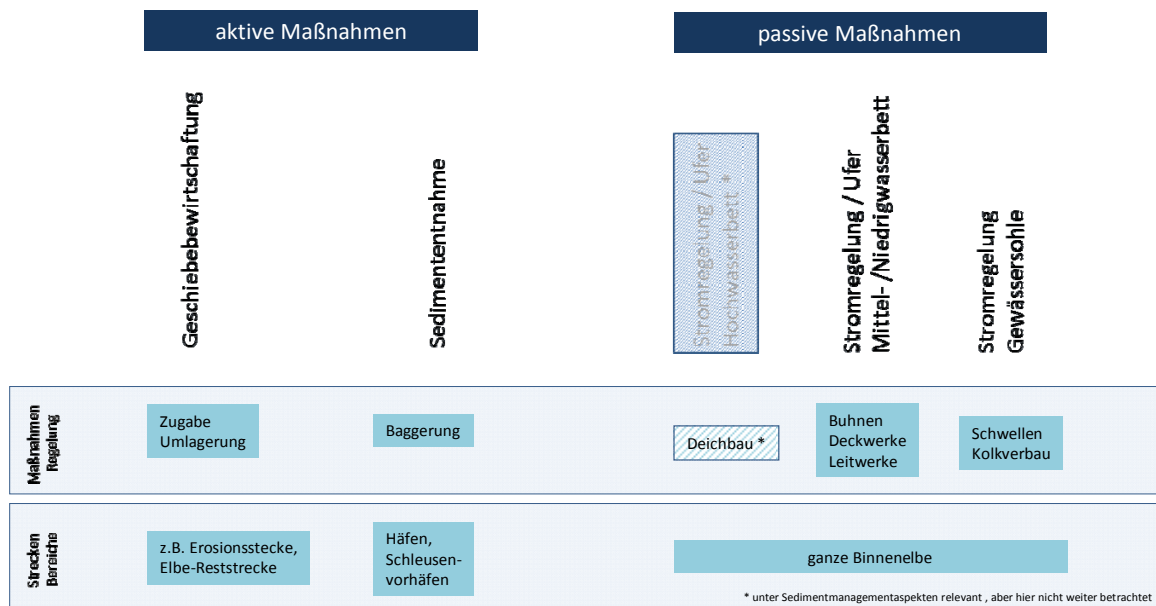


Abbildung 7-1: Sedimentmanagementoptionen in der Binnenelbe aus schifffahrtlicher Sicht

Das Strombau- und Sedimentmanagementkonzept für die **Tideelbe** (HPA und WSV 2008) benennt Maßnahmen zur Bewirtschaftung des Sedimenthaushaltes, zur Verringerung der Sedimentbelastung und Strombaumaßnahmen. Abb. 7-2 gibt einen Überblick. Strombaumaßnahmen wirken primär hydromorphologisch, auf sie wird in Kapitel 7.3 eingegangen. Feine und grobe Sedimentfraktionen unterliegen unterschiedlichen Transportprozessen. Frische Feinsedimente sind noch immer mit anorganischen und organischen Schadstoffen belastet. Deshalb ist zwischen Maßnahmen zur Bewirtschaftung von Sandfraktionen und solchen zur Feinmaterialbewirtschaftung zu differenzieren. Bezüglich des sandigen Sedimentinventars sollte die laufende Strategie im Hinblick auf die Fahrrinnenunterhaltung beibehalten werden. Nach derzeitigem Wissenstand ist es sinnvoll, Feinsedimente aus dem inneren Bereich des Ästuars so umzulagern oder zu verbringen, dass insbesondere die Funktionsräume 2, 3 und 4 entlastet werden. Zukünftige Unterhaltungsstrategien sollen zu einer möglichst ausgeglichenen Feinmaterialbilanz für das innere Ästuar beitragen. Es wird eine flexible und adaptive Strategie angestrebt, die nach Möglichkeit einen gezielten Austrag von Feinsedimentmengen aus der Tideelbe in Richtung Nordsee sicherstellt. Damit sollen ein weitestgehend ausgeglichener Feinsedimenthaushalt und eine weitere Reduzierung der Effekte der Kreislaufbaggerei erreicht werden.

Zur Erreichung einer befriedigenden Baggergutqualität (Handlungsoptionen werden auf Grund der Schadstoffbelastung nicht eingeschränkt) sollten Sanierungsmaßnahmen quellenbezogen bzw. quellnah erfolgen, vgl. Kapitel 7.2. Insbesondere in der Tideelbe entstehen durch die Landentsorgung großer Baggergutmengen immense Kosten (Netzband 2012). Für das aktuelle Baggergutmanagement der Tideelbe bestehen die größten Probleme bzgl. der Schadstoffe DDX-Verbindungen und HCB sowie Cadmium, Quecksilber und TBT.

Strombau- und Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe (2008)

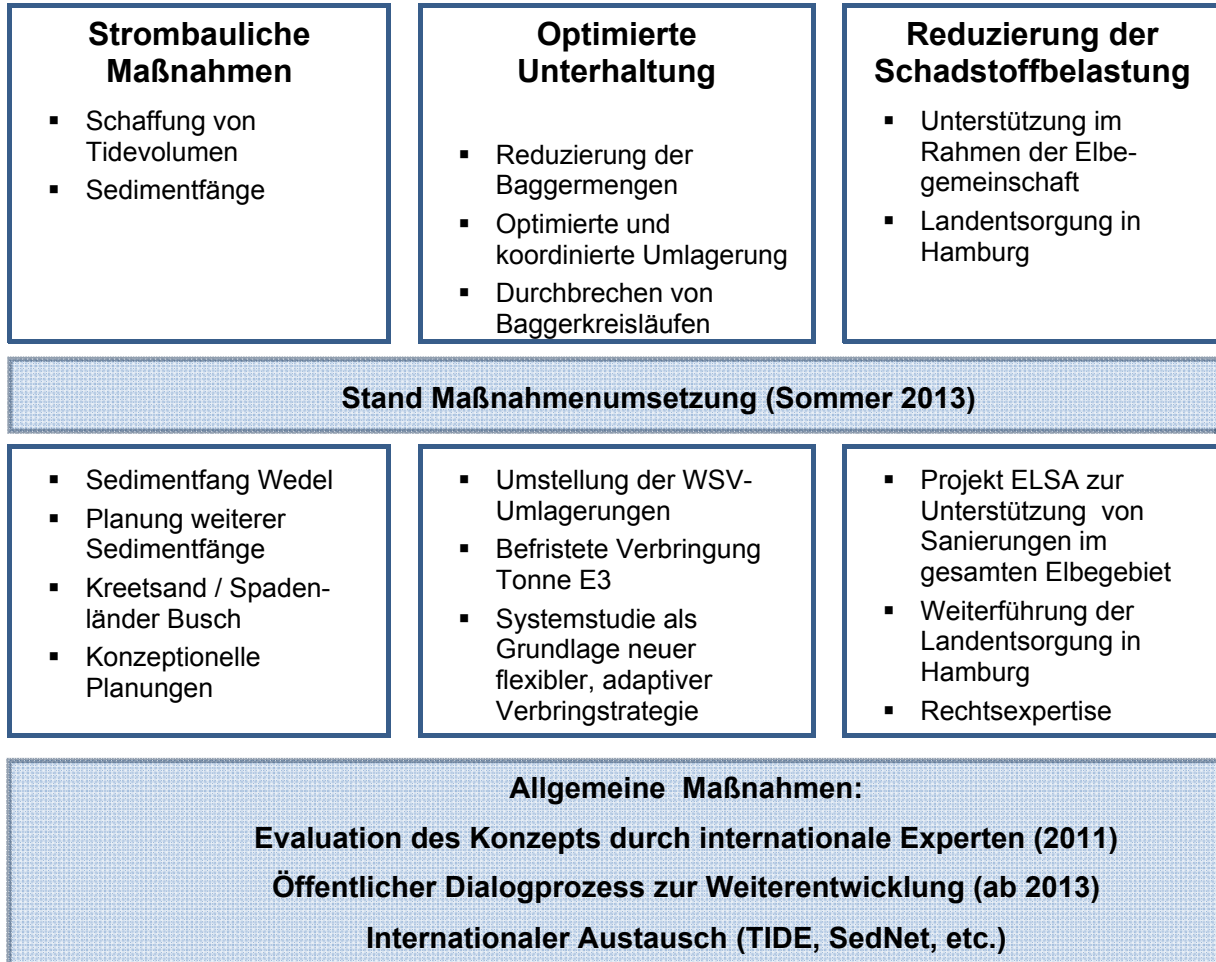


Abbildung 7-2: Sedimentmanagementoptionen aus schifffahrtlicher Sicht in der Tideelbe

7.5 Prioritäten, Mehrfachnutzen und konkurrierende Ziele

In Tabelle 7-2 sind die Handlungsempfehlungen aus qualitativer, hydromorphologischer und schifffahrtlicher Sicht zusammengefasst und in ihrer Wechselwirkung beschrieben. Es wird eine Einschätzung des Potenzials jeweils aus den beiden anderen Perspektiven vorgenommen. Damit sind die entscheidenden Argumente für die Aspekte übergreifende Einschätzung in der Spalte „Wechselwirkung“ genannt. Empfehlungen mit positiver Wirkung für die beiden anderen Aspekte haben eine sehr hohe und mit positiver und neutraler Wirkung auf je einen der beiden anderen Aspekte eine hohe Synergie. Sie werden als neutral eingestuft, wenn ihre Umsetzung ohne gravierende Auswirkungen auf die beiden anderen Aspekte wäre. Andernfalls werden die erforderlichen Prüfungen und möglichen Konflikte benannt.

Tabelle 7-2: Aspekte übergreifende Matrix der Handlungsempfehlungen

Qualität	Empfehlung und Reaktion		Übergreifende Einschätzung (hohe Synergie, neutral, konkurrierend)
	Hydromorphologie	Schifffahrt	
Q 1: Risikominimierung Altbergbaustollen insbesondere Raum Freiberg; Freiburger Mulde	Neutral: keine messbaren Auswirkungen auf die Sedimentbilanz	Positiv: Baggergutbelastung geht zurück. Schwerpunkt: Tideelbe. In der Binnenelbe geringerer Kostenfaktor.	Synergie
Q 2: Risikominimierung Altbergbaustollen Zwickauer Mulde	siehe Q 1	siehe Q 1	Synergie
Q 3: Risikominimierung Schlüsselstollen	siehe Q 1	siehe Q 1	Synergie
Q 4: Risikominimierung Roths Schönberger Stolln	siehe Q 1	siehe Q 1	Synergie
Q 5: Risikominimierung Altstandorte, Halden mit ÖGP SAXONIA; Freiburger Raum; Freiburger Mulde	siehe Q 1	siehe Q 1	Synergie
Q 6: Risikominimierung Altstandorte, Halden mit WISMUT Zwickauer Mulde	siehe Q 1	siehe Q 1	Synergie
Q 7: Risikominimierung ÖGP Bitterfeld-Wolfen	siehe Q 1	siehe Q 1	Synergie
Q 8: Risikominimierung ÖGP Buna:	siehe Q 1	siehe Q 1	Synergie
Q 9: Sicherung Altstandort Fahlberg List	siehe Q 1	siehe Q 1	Synergie
Q 10: Beräumung und Feinsedimentmanagement: Saale-Seitenstrukturen (Mühlgräben, Altarm)	Neutral: Feinsedimentrückhalt im Einzugsgebiet wird zwar erhöht, die Auswirkungen auf die Gesamtbilanz sind aber eher gering, da Kies-Sand-Fraktionen weniger betroffen	1. bzgl. Unterlieger siehe Q 1. 2. direkt: Seitenstrukturen werden schiffahrtlich nicht genutzt	Synergie; Prüfung der Auswirkungen auf WaStr.
Q 11: Beräumung und Feinsedimentmanagement: Saale-Staustufen (Vorhäten)	siehe Q 10	3. direkt: zu schiffahrtlichen Zwecken bereits bestehende Praxis 4. direkt: wenn über schiffahrtlichen Zweck hinausgehend Prüfung der Auswirkungen auf das schiffahrtliche Unterhaltungs- und Betriebsregime erforderlich 5. bzgl. Unterlieger siehe Q 1, erfasst Einträge aus der gesamten Saale	Synergie; mit Prüfung auf Konkurrenz bzgl. Schifffahrt
Q 12: Beräumung und Feinsedimentmanagement: Unterlauf Bode	siehe Q 10	siehe Q 1	Synergie

Fortsetzung Tabelle 7-2

		Empfehlung und Reaktion		Schifffahrt	Übergreifende Einschätzung (hohe Synergie, Synergie, neutral, konkurrierend)
Qualität	Hydromorphologie				
Q 13: Beräumung und Feinsedimentmanagement : Seitenstrukturen der Elbe uh km 300	1. Positiv, u. a. wegen Entlastung der Gewässersohle insbesondere bei höheren Abflüssen sowie Freiräumung der Gewässer-/Auenstrukturen (Unterstützung Verbesserung Gewässerstruktur) 2. neutral, siehe Q10	siehe Q1, erfasst Einträge aus dem gesamtem Oberstrombereich erfasst werden können		Hohe Synergie	
Q 14: Beräumung der Bühnenfelder der Elbe uh km 350	1. überregional: siehe Q 10 2. lokal: beräumte Bühnenfelder haben z. T. starke Wirkung als Senke für Geschiebe, welches dem Fluss entzogen wird und fehlt (Sedimentdefizit uh km 350 weniger kritisch/ggf. Aufwertung)	siehe Q11 und Q 13		Prüfung auf Konkurrenz und ggf. lokale Synergie bzgl. Hydromorphologie	
Q 15: Verbesserung des Feinsedimentrückhalts von urbanen Flächen	siehe Q1	siehe Q1		Synergie	
Q 16: Effektivierung des Schadstoffrückhalts im Muldestausee	siehe Q 10	siehe Q1		Synergie	
Q 17: Erhöhung der Feinsedimentretention in den Auen	tendenziell negativ, Rückhalt betrifft nicht nur Feinsediment, deshalb könnte Defizit stromab erhöht werden. Aussage über Gesamtbilanz schwierig.	Siehe Q1 und Q 13		Prüfung auf überwiegende Konsequenz, keine Einschätzung möglich	
Q 18: Beräumung und Feinsedimentmanagement im EG der Weißen Elster	siehe Q 10	siehe Q1		Synergie	
Q19: Beräumung und Feinsedimentmanagement im Oberlauf der Mulde	siehe Q 10	siehe Q1		Synergie	
Zugabe: neutral, da unbelastetes Grobsubstrat und Industriesubstrate ausgeschlossen Umlagerung/Reaktivierung: neutral/Konkurrenz in Abhängigkeit von Belastungsgrad	H 1: Geschiebezugabe (Erhöhung Sedimentzufuhr durch echte Zugabe Sohlisblinie) und Geschiebeumlagerung/ -reaktivierung (z.B. aus der Aue, vgl. H 7)	Maßnahme steuerbar (Ort, Zeit, Menge) somit positive Wirkung bzgl. Vermeidung Sohl-Unstetigkeiten/Schifffahrtshindernisse		Prüfung auf Konkurrenz bzgl. Qualität und auf Synergie bzgl. Schifffahrt	

Fortsetzung Tabelle 7-2

Empfehlung und Reaktion			Übergreifende Einschätzung (hohe Synergie, Synergie, neutral, konkurrierend)
Qualität	Hydromorphologie	Schifffahrt	
mindestens übergangsweise muss mit erhöhter Feinsedimentzufuhr infolge Mobilisierung von Altsedimentdepots gerechnet werden; Risiko ist bewertbar und kann durch Sanierung vor Durchführung von H 2 minimiert werden	H 2: Verbesserung Sedimentdurchgängigkeit an Querbauwerken in Tschelchien und an Nebengewässern (Erhöhung der Sedimentzufuhr nach unterstrom)	Maßnahme steuerbar (Ort, Zeit, Menge) somit neutral	Prüfung auf Konkurrenz bzgl. Qualität
zumindest übergangsweise muss mit erodierbarem, schadstoffbelastetem Material gerechnet werden; Risiko schwer kalkulierbar	H 3: Erhöhung Sedimentdynamik der Elbe und der Nebengewässer; Erhöhung der Sedimentzufuhr (Reaktivierung der Mündungsunterläufe von Nebengewässern und deren Zuflüssen, Entsigelung von Ufern, z.B. durch Entfernen von Ufersicherung, Wiederanbindung von Altarmen und Nebenrinnen)	Maßnahme ist nur über die Flächenausdehnung der Entsigelung gesteuert, sonst abflussabhängig; Stützung des Sedimenthaushalts ist positiv, Gefahr von Untiefenbildungen bei ungesteuertem Sedimenteintrag	Prüfung auf Konkurrenz bzgl. Qualität und Prüfung auf Synergie / Konkurrenz bzgl. Schifffahrt
neutral	H 4: Reduzierung von Sediment-Senken (z.B. Alte Elbe Raum Magdeburg)	neutral	neutral
neutral, es sind insb. Kies-Sand-Fraktionen berührt von eher überschaubarer Änderung der Morphodynamik/Transport	H 5: Reduktion des Transportvermögens durch innovative Änderungen und Anpassungen der Regelungsbauteile / des Regelungssystems	Neutral, wenn die Änderung sich auf den erhöht erosionswirksamen Abflussbereich beschränkt und ggf. sogar Potential für den Abflussbereich Niedrig- bis Mittelwasser, verfallene Wasserstände aus dem stark eingetieften Flussbett zumindest tendenziell „zurückzuholen“. Ansonsten Risiko für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs (Abgleich mit S1)	Neutral ggf. Prüfung auf Konkurrenz bzgl. Schifffahrt

Fortsetzung Tabelle 7-2

		Empfehlung und Reaktion		Übergreifende Einschätzung (hohe Synergie, Synergie, neutral, konkurrierend)	
Qualität	Hydromorphologie	Schifffahrt			
neutral, Feinsediment nicht betroffen (Industriesubstrate ausschließen)	H 6: Vergrößerung des Sohlsubstrates (Sohlpänzerung, Grobkornanreicherung per Zugabe zur Sohlstabilisierung/Reduzierung Tiefenerosion)	siehe H1, jedoch Risiko fester in die Fahrrinne "wachsender" Schichten, wenn umliegende Erosion fortschreitet			Neutral; Prüfung auf Synergie/Konkurrenz bzgl. Schifffahrt
zumindest Übergangsweise muss mit erodierbarem, schadstoffbelastetem Material gerechnet werden; Risiko schwer kalkulierbar - generell werden jedoch unbelastete gröbere Sedimente anstehen, feinere belastete würden nicht eingebracht werden	H 7: Abgrabung der Vorländer zur Tieferlegung der Auen - Annäherung Fluss-Aue (in Kombination mit H 1 und H8) sowie ggf. mit Rückbau der Deichlinie	Neutral, ggf. positiv, da durch frühere Ausuferungen eine Reduzierung der Sohlbelastung / Eintiefung und somit geringerer Unterhaltungsaufwand			Neutral; Prüfung auf Konkurrenz bzgl. Qualität
neutral	H 8: Sohlauflöschung/-anhebung (Annäherung Fluss-Aue), streckenübergreifend kombiniert mit H7 - Verwendung unbelasteter Auensedimente)	Erhöhtes Risiko für Aufrechterhaltung der Wassertiefenverhältnisse			Neutral; Prüfung auf Konkurrenz bzgl. Schifffahrt
1. neutral, siehe H5 2. positiv, wenn mit Sanierung verschlammter Bühnenfelder kombiniert wird	Synergie/neutral, vgl. H5	S 1: Aufrechterhaltung bzw. Wiederherstellung des Regulationssystems Binnenelbe incl. Optimierung der Streichlinienführung unter Berücksichtigung der Erosionsminderung (z.B. Anpassung der Mittelwasserbauwerke an das aktuelle Mittelwasserniveau oder Bauwerksmodifikation hinsichtlich einer angepassten Regelungswirkung im Mittelwasser- und optimierten Regelungswirkung im Niedrigwasserbereich S 2: Minimierung der notwendigen Geschiebeumlagerung in der Binnenelbe			Prüfung auf Synergie/Neutralität bzgl. Hydromorphologie; Prüfung auf Synergie mit Qualität
neutral, betrifft Grobsubstrate	neutral				neutral
Beschleunigter seewärtiger Transport	Auswirkungen auf die Sand-Kies-Fraktion sind kaum gegeben Verringerung der Verlandung von Seitenbereichen etc.	S 3: Optimierung der Feinsedimentbewirtschaftung			Synergie mit Hydromorphologie; Prüfung auf Folgen für Qualität
Neutral	Neutral (positiv z.B. Schaffung von Gewässer-/Auenstrukturen, negativ z.B. Abtrag von Wattflächen)	S 4: Strombauliche Maßnahmen in der Tideelbe entwickeln (u. a. zur Verringerung der Baggermengen)			Tendenziell Synergie bzgl. Hydromorphologie und Qualität, Langfristprogramm

7.6 Zukünftiges Baggergutmanagement

Gewässer sind hochkomplexe Systeme, die ständigen Veränderungen unterliegen. Das Verständnis der zu Grunde liegenden Prozesse und Wirkfaktoren ist unerlässlich, wenn mit Sedimenten umgegangen wird. Die Entscheidung über den Verbleib von gebaggerten Sedimenten hat auf Grundlage umfassender Untersuchungen zu erfolgen, mit denen die Konsequenzen des Handelns für die geplanten Nutzungen und die Umwelt abgeschätzt werden. Wesentliche Faktoren für den Umgang mit Baggergut sind dessen Schadstoffbelastung und die vorherrschenden Bedingungen am Verbringungsort. In der Elbe werden derzeit folgende Baggergut-Regelungen angewendet:

- Gemeinsame Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern (GÜBAK 2009). Mit der GÜBAK werden auch die für die Elbe relevanten, zum Schutz der Meeresumwelt verabschiedeten internationalen Regelungen zum Umgang mit Baggergut (London-Übereinkommen 1977, 1996; Oslo-Paris-Übereinkommen 1992) national umgesetzt.
- Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Binnenland (HABAB-WSV 2000). Der Elbe-km 683 (Freiburger Hafentriel) stellt die Grenze zwischen HABAB-WSV und GÜBAK dar.
- Umgang mit schadstoffbelastetem Baggergut an der Elbe – Zustand und Empfehlungen (ARGE Elbe 1996). Dieser Bericht ist im Bereich Hamburgs formelle Grundlage des Einvernehmens zwischen BSU und HPA.

Mit der EG-WRRL und der EG-MSRL wurde der Rahmen auch für das Baggergutmanagement grundsätzlich neu abgesteckt. In zukünftige Regelungen sollte die wechselseitige Abhängigkeit von Sediment- und Baggergutmanagement eingehen. Im Rahmen des integralen Sedimentmanagements als Teil der Flussgebietsbewirtschaftung sollen im Sinne der umweltrechtlichen Bestimmungen der OGewV und der EG-MSRL Maßnahmen ergriffen werden, die den Sedimenthaushalt und -status nach Menge und Qualität stabilisieren und verbessern und infolgedessen auch die chemischen und hydromorphologischen Verhältnisse. Dies ist die entscheidende Voraussetzung für ein effizientes, umweltverträgliches Baggergutmanagement. Ein als Teil des integralen Sedimentmanagements verstandenes Baggergutmanagement kann seinerseits zur Erreichung der Ziele des Sedimentmanagements maßgeblich beitragen und die Ausprägung der Hydromorphologie wesentlich mitprägen. Eine entsprechende Ausrichtung des Baggergutmanagements unter Beachtung quantitativer, qualitativer und hydromorphologischer Belange sollte daher zukünftig zu den Grundsätzen zählen, um insbesondere auch die Lösung der wichtigen Wasserbewirtschaftungsfragen „Reduktion der signifikanten Schadstoffbelastungen“ und "Verbesserung der Gewässerstruktur und Durchgängigkeit" zu unterstützen (Kap. 1).

Aufgrund der Besonderheiten der Elbe haben aus Qualitätssicht für ein an den Zielen des Gewässer- und Meeresschutzes orientiertes und wirtschaftliches Baggergutmanagement folgende Grundsätze einen besonderen Stellenwert:

Gezielte Sanierung im Interesse eines besseren Qualitätszustands

- An erster Stelle soll die Sanierung der direkten Ursachen der Schadstoffbelastung stehen, d.h. die Beseitigung der eigentlichen Schadstoffquelle. Vorausgesetzt, derartige Quellen lassen sich identifizieren, ist dies der einzige Weg, um mit den Unterhaltungsmaßnahmen entstehende Probleme der Schadstoffbelastung von Baggergut dauerhaft zu lösen.
- An zweiter Stelle sind vordringlich die am höchsten belasteten Sedimente möglichst quellnah festzulegen oder als Baggergut zu beseitigen, wenn sie durch Remobilisierung zu einem überörtlichen Risiko werden und damit stromab zu einer Sekundärverschmutzung beitragen können.

Nutzung und Optimierung der bestehenden Managementpraxis im Interesse der Ziele des integralen Sedimentmanagements in der Elbe

Bei Ausbau- bzw. Unterhaltungsmaßnahmen steht in der Regel der verkehrliche oder wasserbauliche Zweck im Vordergrund (Hauptaspekt Quantität). Nach wie vor stellt an der Elbe jedoch bei feinkörnigen Sedimenten die Schadstoffbelastung den wesentlichen begrenzenden Faktor für den Umgang mit Baggergut in Bezug auf die Umlagerung/Verbringung innerhalb des Gewässersystems dar. Im Bereich der Mittel- und Unterelbe fallen bei Unterhaltungsmaßnahmen vergleichsweise geringe Mengen feinkörniger Sedimente mit höheren Schadstoffbelastungen an. Im Bereich der Tideelbe ist dies umgekehrt. Küstennah überwiegt wiederum der quantitative Aspekt den qualitativen. Im Interesse der Gesamtziele im Flussgebiet werden folgende Vorschläge unterbreitet:

- **Im Bereich der Mittel- und Unterelbe** jährliche Bilanzierung der in einzelnen Baggermaßnahmen anfallenden Mengen schadstoffbelasteter Feinsedimente und ihrer Schadstofffrachten mit dem Ziel der strikten Einhaltung eines definierten Frachtlimits (z.B. 10 % der Jahresfracht an der jeweiligen Bezugsmessstelle). Droht diese Fracht zur Einhaltung der verkehrlichen Ziele überschritten zu werden, so ist eine andere Option als die Verbringung (Umlagerung/Einbringung) zu ergreifen. Übermäßig hoch belastete Feinsedimente (HABAB-WSV) sind nach wie vor prinzipiell von der Verbringung (Umlagerung/Einbringung) ausgeschlossen.
- **In der Tideelbe** wird die aus Schifffahrtssicht erforderliche Sedimentverbringung massiv durch die Schadstoffbelastung erschwert. Eine Gesamtentnahme der anfallenden Mengen schadstoffbelasteten Baggerguts ist praktisch nicht möglich. Deshalb ist eine Übergangsregelung in enger Verknüpfung mit quellenbezogenen Sanierungsmaßnahmen im Elbe-Einzugsgebiet erforderlich. Zukünftig könnte als Referenz für die Zielerreichung des Elbe-Sedimentmanagements die aktuelle Schwebstoffqualität an der Bezugsmessstelle für den Übergang Binnen-/Tideelbe herangezogen werden. Im Rahmen der Flussgebietsgemeinschaft/IKSE müsste dann eine regelmäßige Überprüfung der Schadstoffbelastung im Hinblick auf notwendige Verbesserungen und damit verbunden weiter erforderliche Sanierungsmaßnahmen im gesamten Elbeeinzugsgebiet erfolgen⁸.

7.7 Managementoptionen für kohäsive, schadstoffbelastete Sedimente

Für den Umgang mit Sedimenten steht ein breites Spektrum erprobter Verfahren zur Verfügung, deren Auswahl im Einzelfall sich primär aus der Veranlassung ergibt. Bei Unterhaltungsmaßnahmen steht die Wiederherstellung eines für eine Nutzung erforderlichen Gewässerzustandes durch Entfernung abgelagerter Sedimente im Vordergrund. Prägend ist in der Regel die Sedimentquantität, der Qualitätsaspekt kann hinzukommen und für die zu wählende Managementoption mitentscheidend sein. Ziel von Sanierungsmaßnahmen ist die Reduzierung des von der Schadstoffbelastung der Sedimente ausgehenden Risikos. Sofern in einem Gewässer schadstoffbelastete Sedimente vorliegen, handelt es sich grundsätzlich um Fein- und nur im seltenen Ausnahmefall um Grobsedimente. Der Maßnahmenkatalog „Bestandsaufnahme der verfügbaren Managementoptionen für Sedimente“ (Anlage A5) gibt einen Überblick über Managementoptionen unter besonderer Berücksichtigung des Umgangs mit schadstoffbelasteten, kohäsiven Sedimenten. Es werden Verfahren dargestellt, deren erfolgreiche Anwendung an anderer Stelle, möglichst im Elbegebiet, nachgewiesen ist. Es werden keine juristischen Betrachtungen zur Umsetzbarkeit oder Zulassung der Maßnahmen angestellt. Im konkreten Fall ist eine Prüfung der Anwendung erforderlich. Die Auflistung ist nicht abschließend. Die Angaben zu Verfahrenskosten können nur als grobe Indikation dienen. Eine wesentliche Rolle spielt die Größe der Anlage bzw. der Umfang der

⁸ Tideelberelevante Vorschläge und weitere für das Sedimentmanagement relevante Anforderungen, Kriterien und Vollzugshinweise werden in bereits bestehenden Bund-Länder-Gremien beraten. Zur Vermeidung von Parallelarbeit zwischen diesen Prozessen und der FGG Elbe / IKSE wird i. W. auf diese Gremien verwiesen.

Maßnahme, mit deren Größe die spezifischen Kosten in der Regel sinken. Allgemein lässt sich sagen, dass die Umlagerung im Gewässer nur wenige Euro pro Kubikmeter kostet, für die subaquatische Unterbringung Kosten von 10-20 Euro pro Kubikmeter oder mehr bedacht werden sollten und die Verfahren der Landentsorgung in der Regel mehr als 50 Euro pro Kubikmeter fordern.

Abbildung 7-3 zeigt die Umgangsmöglichkeiten für Sedimente in Form einer Verfahrenskette.

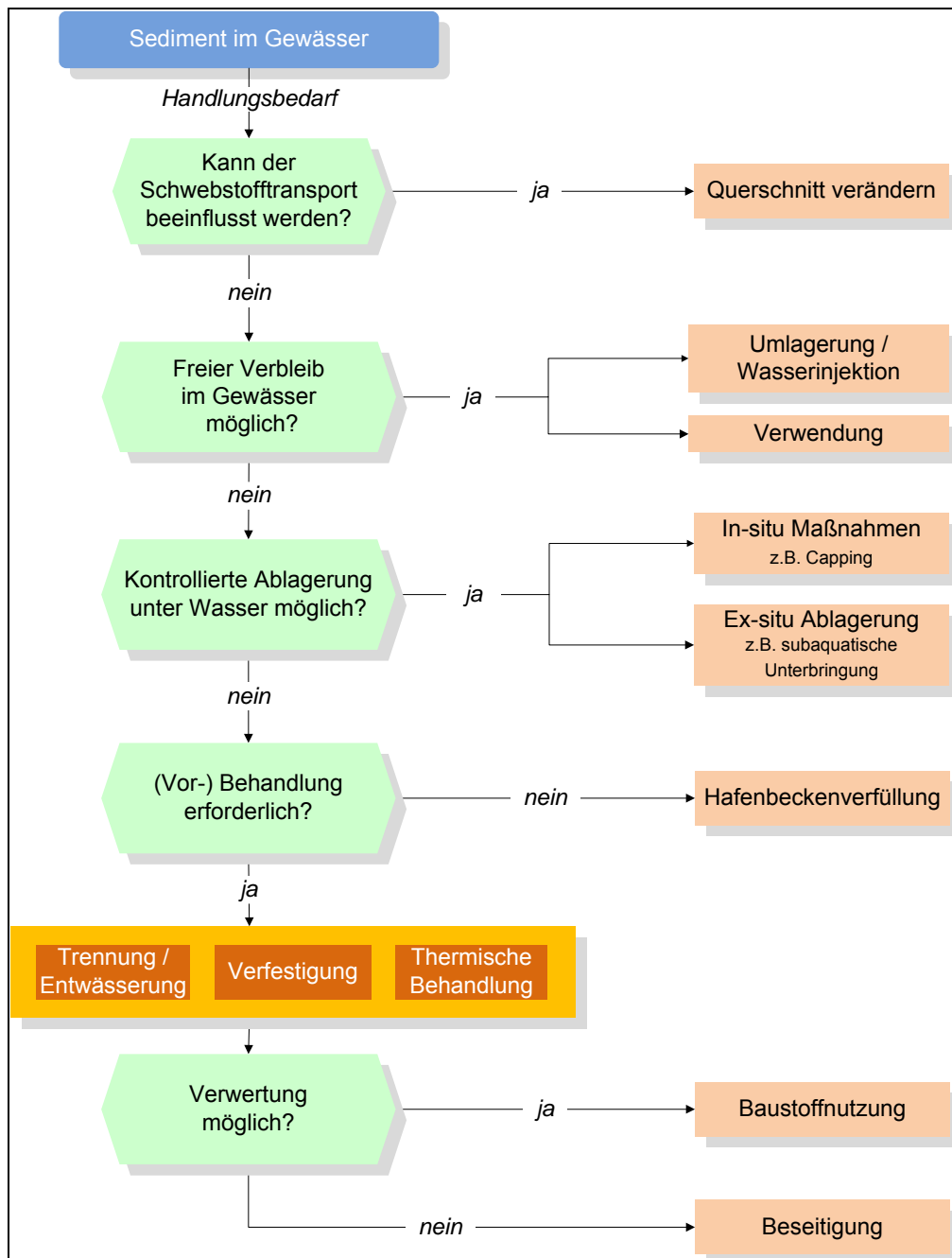


Abbildung 7-3: Umgangsmöglichkeiten für Sedimente in Form einer Verfahrenskette

Der Katalog ist nach folgenden acht Kategorien sortiert:

1. Umgang mit Schwebstoffen. Ziel ist die Beeinflussung von Sedimenttransportvorgängen durch Verstärkung oder Verminderung der Sedimentation.
2. Umlagerung / Verbringung von Sedimenten. Die Sedimente werden im Zuge der Unterhaltung an eine andere Stelle im Gewässer verbracht; dies ist primär ein Verfahren des Mengenmanagements.
3. In-situ Maßnahmen. Die Sedimente verbleiben an Ort und Stelle im Gewässer, die Sicherung des Risikopotentials infolge Schadstoffbelastung steht im Vordergrund.
4. Ex-situ Ablagerung unter Wasser. Die Sedimente werden aufgrund des Risikopotentials an anderer Stelle unter Wasser sicher abgelagert.
5. (Vor-) Behandlung. Die Eigenschaften der dem Gewässer entnommenen Sedimente werden verändert, um sie für eine Verwertung oder Deponierung geeignet zu machen.
6. Verwertung nach Behandlung. Die (behandelten) Sedimente werden an Land verwertet, indem sie z.B. als Substitut anstelle anderer Materialien eingesetzt werden.
7. Beseitigung. Die Sedimente werden dauerhaft aus dem Stoffkreislauf ausgeschleust.
8. Talsperren und Staustufen. Der Umgang mit Feststoffen aus Talsperren und Staustufen kann für das Flussgebiets-Sedimentmanagement von Bedeutung sein.

Eine klare Abgrenzung der Verfahren ist nicht in jedem Fall möglich oder sinnvoll. Im Kontext des übergreifenden Sedimentmanagements für das Flussgebiet Elbe steht im Hinblick auf die Feinsedimente das von deren Schadstoffbelastung ausgehende überregionale Risiko im Vordergrund. Für diese Zielstellung kommen nicht alle der aufgeführten Verfahren infrage. Bei einigen der Beispiele ergibt sich der Umgang mit schadstoffbelasteten Sedimenten aus der Nutzung. So ist das Absetzen von Feststoffen in Stauhaltungen in der Regel ungewollte „Nebenwirkung“. Generell ist festzustellen, dass auch die Verfahren mit dem Ziel einer Reduzierung der von schadstoffbelasteten Sedimenten ausgehenden Risiken selbst Umweltbelastungen aufweisen. Zu nennen sind insbesondere Flächenbedarf, Energieeinsatz oder Anwendung von chemischen Hilfsprodukten.

7.8 Managementoptionen aus hydromorphologischer Sicht

Im Rahmen des Sedimentmanagementkonzepts wurde eine Systematik zur Erfassung und Darstellung von Managementoptionen zum Sedimenthaushalt unter dem Aspekt Quantität/Hydromorphologie insbesondere für nicht-kohäsive Sedimente erarbeitet (Grosersedimente - Steine/Schotter, Kies, Sand). Die Systematik schließt Feinsedimente (Ton, Schluff) nicht aus. Es handelt sich um an der Binnenelbe und den Unterläufen ihrer Nebengewässer Schwarze Elster, Mulde, Saale und Havel bereits umgesetzte, in Realisierung befindliche oder geplante sowie als Vorschläge in laufende Programme bereits eingebrachte Maßnahmenoptionen. Diese Handlungsoptionen zur Verbesserung der hydromorphologischen Verhältnisse und zur Unterstützung eines ausgeglichenen Sedimenthaushalts wurden durch eine Expertengruppe in einem Katalog dokumentiert und stehen als Arbeitsmaterial bereit. Die Zusammenstellung dieser Maßnahmenoptionen besitzt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, und der tatsächliche Status der konkreten Einzelmaßnahme ist jeweils zu prüfen. Eine Verwirklichung der Beispiele steht darüber hinaus immer unter dem Vorbehalt einer vertieften Einzelfallprüfung.

Die Maßnahmenoptionen sind fünf Kategorien zugeordnet:

1. Maßnahmen im Gewässer (z. B. Geschiebe-/Sedimentbewirtschaftung)
2. Maßnahmen am Ufer (z. B. Abtrag oder Schlitzung von Uferrehnen)
3. Maßnahmen in der Aue (z. B. Gewässerentschlammung)
4. Maßnahmen an Bauwerken (z. B. Modifizierung von Buhnen)
5. Maßnahmen in/an Nebengewässern (z. B. ökologisch orientierte Gewässerbett-aufweitung).

Sämtliche Maßnahmvorschläge, die für die Kategorien im Gewässer, am Ufer, in der Aue und an Bauwerken aufgeführt werden, gelten auch für die Nebengewässer (fünfte Kategorie) selbst. Neben den Nebengewässern der Kategorie 1 gelten die Maßnahmenmöglichkeiten grundsätzlich für das gesamte Binneneinzugsgebiet. Die Elbe und ihre Nebenläufe im Bereich des Zusammenflusses fungieren als Hauptvorfluter des Elbeeinzugsgebietes und spiegeln daher neben den Auswirkungen direkter Eingriffe in Fluss, Ufer und Aue auch die Einflüsse einwirkender Faktoren aus dem gesamten System auf die hydromorphologische Ausprägung wider. Zur Verbesserung der hydromorphologischen Verhältnisse und Schaffung eines ausgeglichenen Sedimenthaushalts in der Binnenelbe und den Unterläufen der relevanten Nebengewässer sind Maßnahmenumsetzungen gerade auch im Einzugsgebiet essentiell.

8. Eckpunkte für ein Monitoring zur Gewässerüberwachung und Erfolgskontrolle

Die Überwachung der Elbe und ihrer relevanten Nebenflüsse bzgl. ihres chemischen und ökologischen Zustands liegt in der Zuständigkeit der zehn im Einzugsgebiet liegenden Bundesländer. Die Überwachung erfolgt hinsichtlich des Parameterumfangs und der Untersuchungshäufigkeit grundsätzlich nach den Vorgaben der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2011). Zur umfassenden Beschreibung des Elbeeinzugsgebietes und für die Erfolgskontrolle von Maßnahmen werden diese Überwachungsprogramme der Länder auf der Grundlage des Strategiepapiers der FGG Elbe (FGG Elbe 2013) koordiniert. Für die Bundeswasserstraßen im Binnenbereich der Elbe unterhält die WSV ein Schwebstoffdauermessnetz, das von der BfG fachtechnisch betreut wird (vgl. Anl. A2-2). In der Tideelbe betreiben HPA und die WSV Messprogramme, in deren Rahmen auch Daten für sedimentologische Fragestellungen erhoben werden. Die BfG führt im Rahmen des Sediment- und Bodenkatasters der WSV (SedKat-WSV 2013) in der gesamten Elbe ein qualitatives Sedimentmonitoring durch (Heininger et al. 2003; Claus et al. 2010; Schubert et al. 2009).

8.1 Spezifische Anforderungen an ein Schwebstoff- und Sedimentmonitoring

Ein Schwebstoff- und Sedimentmonitoring ist einerseits auf die mit dem Sedimentmanagementkonzept verbundenen besonderen Zielsetzungen ausgerichtet und dient andererseits für das sedimentrelevante Stoffspektrum den allgemeinen Zielen des Monitorings im Flussgebiet Elbe. Es kann, wie jedes Monitoring, folgende Zwecke verfolgen (FGG Elbe 2010b):

1. Bewertung des Gewässerzustandes, z.B. durch Vergleich mit UQN sowie mit den Vorgaben der Sedimentklassifizierung. Hierfür sind regelmäßige Schwebstoffprobenahmen, die die aktuelle Gewässersituation widerspiegeln, sowohl aus quantitativer als auch aus qualitativer Sicht erforderlich.
2. Trendermittlung. Hierfür sind langjährige Datenreihen der in diesem Konzept aufgezeigten Indikatoren (Quantität, Qualität) bzw. eine periodische Erfassung und Bewertung des Status anhand der hydromorphologischen Indikatoren bezogen auf den definierten Referenzzustand erforderlich. Aus Qualitätssicht sind grds. sowohl Schwebstoffe als auch Sedimente zur Trendüberprüfung geeignet.
3. Ermittlung von Frachten zur Bilanzierung. Hierfür sind möglichst hoch aufgelöste Geschiebedaten (Quantität) sowie Schwebstoffdaten (Quantität, Qualität) erforderlich.
4. Sonstige Fragestellungen, wie Ermittlungsmonitoring (z.B. zur quellenbezogenen Risikoanalyse im Rahmen dieses Konzepts), ereignisbezogenes Monitoring (z.B. in hydrologischen Extremsituationen), Effektmonitoring (z.B. zur Abschätzung von

längerfristigen Auswirkungen von Havarien auf die aquatische Lebensgemeinschaft) oder Verfolgung flussgebietspezifischer Belastungen mit Spurenstoffen in Gewässern. Hierfür können je nach spezifischer Fragestellung entweder Sedimente oder Schwebstoffe besser geeignet sein.

Zur Trendermittlung und Frachtbilanzierung ist eine möglichst hohe Auflösung der erhobenen quantitativen, qualitativen und hydromorphologischen Daten erforderlich. Hochwasserereignisse haben, bezogen auf ihre zeitliche Dauer einen überproportional hohen Anteil am Stofftransport (Schwebstofffracht und Schadstofffracht). Deshalb gilt diese Maxime insbesondere für extreme Gewässersituationen mit ihren sprunghaften Veränderungen. Die Erfassung von Frachten während Extremereignissen durch entsprechend engmaschige Messungen ist von zentraler Bedeutung für das Verständnis derartiger Ereignisse.

Die Wechselwirkung von Fluss, Aue und Seitenstrukturen spielt eine prägende Rolle, gerade für Feststoffe und die daran gebundenen Schadstoffe und besonders in Extremsituationen.

Die spezifischen methodischen Anforderungen an das Geschiebe- und Schwebstoffmonitoring sind in BfG (2013c) beschrieben (vgl. auch Anl. A2-2).

Sedimente und Schwebstoffe stellen aus Qualitätssicht spezifische methodische Anforderungen an die Probenahme und Analytik. Die FGG Elbe hat dazu Empfehlungen für das Elbeinzugsgebiet verabschiedet (FGG Elbe 2010b).

8.2 Vorschläge zur Einbindung in das Gewässermonitoring

Die Arbeit am Sedimentmanagementkonzept hat gezeigt, dass an der Verbesserung der Datengrundlagen in verschiedenen Richtungen gearbeitet werden muss. Dabei sollten konsequent erstens der im Rahmen dieses Konzepts gewählte konzeptionelle und Systemansatz (Kapitel 2, Anlage A2-1) sowie zweitens die in Kapitel 8.1 formulierten Anforderungen zu Grunde gelegt werden. Bedarf im Hinblick auf ein reguläres Monitoring ergibt sich insbesondere in folgenden Bereichen, spezifische Gesichtspunkte darüber hinaus werden auch in Kapitel 9.2 angesprochen:

- Trendverlauf. Die im Kontext des Sedimentmanagements relevanten Schadstoffe sind an den Bezugsmessstellen in die Messprogramme (KEMP, IKEMP, Ländermessprogramme) aufzunehmen und während des 2. Bewirtschaftungszeitraumes jährlich zu untersuchen.
- Frachtbilanzierung von Schadstoffen. Das Monitoringprogramm nach EG-WRRL muss für die Ermittlung von Frachten erweitert werden. Dies gilt insbesondere für Schwebstoffuntersuchungen am Übergang der Binnen- zur Tideelbe sowie an belastungsrelevanten Nebenflüssen. Es bedarf langfristiger und häufigerer Gewässerbeobachtungen, um die Bandbreite des Systems abzubilden. Entscheidende, auch kleinere Gewässer (z.B. Kategorie 2a, 2b) müssen hinsichtlich der relevanten Parameter jährlich mit mindestens 4 - 12 Untersuchungen im Messprogramm verbleiben. Die Wochenmischproben müssen zukünftig verstärkt auf elberelevante Schadstoffe untersucht werden. Organische Schadstoffe, für die in der wässrigen Phase keine Daten oberhalb der Bestimmungsgrenze ermittelt werden können, sollten auch weiterhin für Frachtberechnungen in der Matrix „Schwebstoff“ gemessen werden.
- Hochwässer werden durch das jährliche Messprogramm der FGG Elbe (KEMP) nicht gut erfasst. Das Sondermessprogramm Extremereignisse wurde während des Juni-Hochwassers 2013 zum ersten Mal angewendet. Nach Abschluss der Auswertungen durch die BfG und die am Messprogramm beteiligten Länder der FGG Elbe sollte erwogen werden, das Messprogramm Extremereignisse auf die internationale FGE auszudehnen.

- Der Transport von Sedimenten und ihre Remobilisierung ist weiter regelmäßig zu untersuchen. Dazu sind auch Daten zum Schwebstofftransport in den nicht schiffbaren und relevanten kleinen Nebengewässern erforderlich.
- Zusätzlich zu einer Überwachung gemäß den Vorgaben der OGewV (2011) sollten neben den im Rahmen des Sedimentmanagementkonzeptes abgedeckten hydromorphologischen Parametern der Qualitätskomponentengruppen Durchgängigkeit für Sedimente und Morphologie (vgl. Tab. 3-2 und Anl. A2-4) auch die ergänzenden hydromorphologischen Parameter Mittlere Sohlhöhenänderung / Sedimentbilanz sowie zur Aue in ein Monitoring aufgenommen werden (s. Anl. A2-4).
- Um die Verhältnisse eines breiten Gewässers adäquat abzubilden, sollten die Ergebnisse der Messstellen Schmilka, rechts und links sowie Cumlosen und Schnackenburg zukünftig gemittelt werden.
- Die terminliche Abstimmung zur Probennahme sollte auf die Entleerung der Sedimentationsbecken ausgedehnt werden.
- Abstimmung mit anderen Programmen. Die sedimentbezogenen Messprogramme von Ländern und Bund sollten aufeinander abgestimmt und der Datenaustausch gewährleistet sein. Für die Übergangsbereiche (CZ – D; Binnen – Tide) sind Bilanzierungsvergleiche zu führen.
- Die Auswahl der für das Sedimentmanagement relevanten Stoffe und Stoffgruppen ist einmal im Bewirtschaftungszeitraum zu überprüfen. Ggf. sind weitere Stoffe in das Gewässermonitoring aufzunehmen. Dabei ist auch die in Vorbereitung befindliche novellierte Fassung der OGewV zu berücksichtigen.

9. Ausblick auf den weiteren Prozess

Im Zuge der Bearbeitung des Sedimentmanagementkonzeptes hat sich die Bedeutung des Themas Sediment für wesentliche Ziele der FGG Elbe und der IKSE bestätigt. In diesem Kapitel werden Vorschläge zum weiteren Umgang mit dem Thema unterbreitet.

9.1 *Verstetigung des Sedimentthemas*

Mit der Aufstellung des Sedimentmanagementkonzeptes wurde eine Zielstellung des ersten Bewirtschaftungsplans der FGG Elbe (2009) und der IKSE (2009) erfüllt und die Voraussetzung geschaffen, das Thema Sediment seiner Bedeutung entsprechend zu einem integralen Bestandteil der wasserwirtschaftlichen Planung und Praxis im Flussgebiet Elbe zu machen. Um dieses Ziel zu erreichen:

- sollte im 2. Bewirtschaftungszyklus gemäß EG-WRRL (2015 – 2021) auf der Grundlage dieses Konzeptes das Thema Sedimentmanagement umfassend im Zusammenhang mit der Zielerreichung „guter ökologischer/chemischer Zustand“ und mit den Zielen der EG-MSRL behandelt werden.
- sollten die Anforderungen, Grundlagen und Kriterien der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie umfassend behandelt und einbezogen werden.
- sollten die Länder auf der Grundlage dieses Konzeptes konkrete Maßnahmen für den kommenden Bewirtschaftungsplan ableiten und, sofern seine Belange berührt sind, im Einvernehmen mit dem Bund in die Maßnahmenprogramme aufnehmen.
- sollte dieses Konzept den Ansätzen anderer Flussgebiete national und international gegenübergestellt werden.
- sollte dem medien- und regelungsbereicheübergreifenden Aspekt verstärkte Aufmerksamkeit gewidmet werden (integratives Sedimentmanagementkonzept). Dieses Anliegen schließt die Nachführung rechtlicher Festlegungen (z.B. Erfassung und Bewertung des Schadstoffstatus in der jeweils umweltrelevanten Matrix –

Wasser, Sediment, Biota) ein und sollte von der FGG Elbe in die LAWA transportiert werden.

- sollten die Vorschläge zum Monitoring umgesetzt werden (Kapitel 8.2).
- sollten die relevanten Kenntnislücken geschlossen werden (Kapitel 9.4).
- sollten die im Rahmen des Sedimentmanagementkonzeptes erhobenen Daten soweit möglich in die Strukturen des FIS der FGG Elbe eingearbeitet werden.
- sollte die Ad hoc-Arbeitsgruppe Schadstoffe/Sedimentmanagement (SSeM) ihre Facharbeit in der bestehenden Konstellation fortsetzen und in diesem Zusammenhang auch innerhalb der IKSE wirksam sein.

9.2 *Kennnisdefizite und Vorschläge zu deren Überwindung*

Mit der Ausarbeitung eines Sedimentmanagementkonzepts dieser Komplexität für ein großes Flussgebiet wie die Elbe wird national und international ein Meilenstein gesetzt. Im Zuge der Erarbeitung dieses Sedimentmanagementkonzepts mussten sich die Bearbeiter jeweils auch mit den bestehenden Unsicherheiten auseinandersetzen. Entsprechende Ausführungen finden sich in den einzelnen Kapiteln. Die Unsicherheiten resultieren aus Kenntnisdefiziten und betreffen sowohl Systemzusammenhänge, Systemeigenschaften und die sie prägenden Prozesse als auch technisch-methodische Fragen im Detail. Auf letztere wird hier nicht eingegangen. Sie sind entweder in den einzelnen methodischen Anlagen (z.B. Anl. A2-2), in den Fachberichten der Anlage 3 (z.B. FGG Elbe 2010b) oder in der Fachliteratur (z.B. Barcelo und Petrovic 2007) adressiert. Hier werden die Defizite der ersten Gruppe angesprochen.

Die wesentlichen Kenntnisdefizite betreffen folgende Themenkreise:

- Datengrundlagen zur Systembeschreibung unter allen drei Aspekten.
- Beschreibung der Systemzusammenhänge.
- Systembezogene Beurteilung der Wirksamkeit von Maßnahmen.
- Sedimentmanagement vs. weitere Nutzungen und Regelungsbereiche.

Datengrundlagen

Im Binnenbereich gilt generell, dass die Datengrundlagen mit der Größe des Gewässers besser werden. Während für die Elbe und die Nebenflüsse der Kategorie 1 unter dem Aspekt Qualität in der Regel langjährige, umfangreiche Datensätze vorliegen, trifft dies auf die kleineren Gewässer zum überwiegenden Teil nicht zu. Mit dem Managementkonzept wurde eine Systematik entwickelt (Kapitel 2), auf deren Grundlage der Datenbestand, ausgehend von überregionalen Fragestellungen, systematisch und schrittweise nach Bedarf erweitert werden kann. Die Verbesserung der Datengrundlagen sollte im Zuge des angepassten Monitorings sowohl unter Normal- als auch unter Extrembedingungen erfolgen (vgl. Kap. 8). Nach umgesetzten Maßnahmen sollten Monitoringprogramme durchgeführt sowie die Messprogramme der Länder und des Bundes (WSV, BfG) aufeinander abgestimmt werden.

Im Hinblick auf die quantitativen Verhältnisse ist die Situation in den schiffbaren Gewässern (BWaStr.) gut beschreibbar, während die Datengrundlagen bereits bei den anderen Nebenflüssen der Kategorie 1 und erst recht bei kleineren Gewässern deutlich schlechter ist.

Für die Bearbeitung der hydromorphologischen Parameter ist die Datenlage in den Nebengewässern generell dürftig, zur Elbe dagegen i. d. R. sehr gut.

Hochwassersituationen haben für den Sedimenttransport einen besonderen Stellenwert, gerade sie werden aber in ihrer Dynamik durch reguläre Messprogramme, die auf den Normalfall zugeschnitten sein müssen, nicht gut erfasst. Zum besseren Verständnis der Hochwasserprozesse sollte das Messprogramm Extreme der FGG beispielhaft auch bei kleineren Hochwässern unterschiedlicher Intensität, saisonaler und regionaler Ausprägung durchgeführt werden.

Systemzusammenhänge

Mit dem Sedimentmanagementkonzept wurden auf einer konsistenten systematischen Grundlage auch bestehende Defizite in der Systemkenntnis aus überregionaler Sicht herausgearbeitet. Sie betreffen alle drei Hauptaspekte und sowohl das System insgesamt als auch Teile davon:

- Modelle. Zum besseren Verständnis des Sedimenttransports ist eine bessere mathematische Beschreibung der Transport-Abfluss-Beziehungen, insbesondere für hohe Abflüsse erforderlich. Die Modellierung des partikulären Schadstofftransports muss daran anknüpfen und ist bisher nur bruchstückhaft umgesetzt. Zur konsistenten Statusanalyse unter dem Aspekt Hydromorphologie im gesamten Elbegebiet könnte ein zu entwickelndes, zur Binnenelbe methodisch passfähiges Modellwerkzeug der Tideelbe beitragen. .
- Teileinzugsgebiete. Aus qualitativer Sicht sind eine zusammenhängende Einschätzung der Situation in der Weißen Elster und der Abschluss der Untersuchungen im Muldeunterlauf vorrangig. Die Prüfung der Relevanz ggf. weiterer Nebenflüsse der Kategorie 2b sollte erfolgen, um Unsicherheiten zu reduzieren. Aus quantitativer Sicht sind in erster Linie die nicht schiffbaren Nebenflüsse der Kategorie 1 und dann schrittweise weitere der Kategorie 2 entsprechend ihrer Bedeutung für die Sedimentbilanz der Elbe zu beschreiben. Unter dem Aspekt Hydromorphologie besitzen die Analyse der Nebenflüsse der Kategorie 1 sowie der Tideelbe auf zur Binnenelbe passfähiger methodischer Grundlage Vorrang.
- Quellen und Senken. Aus qualitativer Sicht sind vorrangig die ca. 40 potenziell sedimentrelevanten Altlastenverdachtsfälle (Tab. 7-2, T-A4-9, T-A4-10) zunächst einer detaillierten Prüfung (Schritt 2) und entsprechend der Ergebnisse einer weiteren Bearbeitung zuzuführen. Zum besseren Verständnis des Quellentyps „Sedimente/Altsedimente“ sind die Mengenabschätzungen und die Aussagen zur Remobilisierbarkeit weiter zu stützen. Die Rolle weiterer Quellen muss besser untersucht werden. Als erster Schritt ist eine Bilanzierung der Feinsedimenteinträge (und der damit verbundenen Frachten) aus dem urbanen Raum wünschenswert. Die Frachtbeiträge aus Stollen müssen auf eine besser gesicherte Aussage zu den abgeführten Wassermengen gestellt werden. Im Hinblick auf den Sediment- und Schadstoffrückhalt in den Auen sind Studien an repräsentativen Messpunkten der oberen Elbe, beim Eintritt in ihren mittleren Abschnitt, zwischen Mulde und Saale sowie unterstromig der Saale bis Havelberg und generell an repräsentativen Wald- und Sukzessionsstandorten erforderlich. Für die Nebenflüsse der Kategorie 1 fehlen belastbare Aussagen zum Sedimentrückhalt in den Auen generell. Die Rolle großer Gewässer als Schadstoffsenken ist zu analysieren. Innerhalb der Tideelbe ist die Senkenfunktion der Nebenelben zu erfassen und im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Schadstoffbilanz zu bewerten (vgl. Kap. 6.5). In Flussoberläufen sowie für kleine Fließgewässer der Mittelgebirgsregionen, z.B. im TEG der fränkischen Saale, stellen Feinsedimenteinträge aus der Fläche ein Haupthindernis für den guten Zustand dar. Dieser Prozess der Gewässerverschlammung muss untersucht werden. Im Ergebnis sind Handlungsempfehlungen zur Risikominimierung abzuleiten.
- Bilanzen. Jede nicht erfasste Quelle fehlt in der Bilanz. Das Sedimentmanagementkonzept zielt ab auf die Beurteilung von „großen“ Quellen (überregionale Wirkung). Aus der Gesamtbetrachtung kann sich jedoch eine überregional bedeutsame Summationswirkung von Quellen unterhalb der gewählten Signifikanzschwellen ergeben. Im Zuge einer Plausibilisierung der Bilanzen (Quantität und Qualität) sollte deshalb repräsentativ abgeschätzt werden, welche Anteile an der Gesamtbilanz kleine Quellen in der Summe beitragen. Die in ihrer Größenordnung abgeschätzten Einträge weiterer Zuflüsse

aus Sachsen und Sachsen-Anhalt in die Elbe erbrachten von den prüfbar Schadstoffen Cd, Pb, Cu, Ni, Zn und As nur für As einen Beitrag um ca. 10% bezogen auf die Bezugsmessstelle Schmilka. Aus quantitativer und qualitativer Sicht ist es erforderlich, Sedimentein- und -austräge aus der Fläche in den TEG von Mulde und Saale (Uferabbrüche, Erosionen) in der Bilanz zu berücksichtigen. Die Aufgabe, den Sedimenthaushalt für den Referenzzustand zu rekonstruieren, wird die Ableitung und Beurteilung der Wirksamkeit von Managementansätzen unterstützen.

- Auswirkungen des Juni-Hochwassers 2013. Zur Abschätzung der Folgen des Hochwassers sollte unter Koordination der FGG ein Sonderprogramm durchgeführt werden.

Die bessere Kenntnis der Systemzusammenhänge sollte im weiteren Arbeitsprozess (z.B. Prüfschritt 2 der potenziell relevanten ALVF), durch Sondermessprogramme und Pilotvorhaben der Länder und des Bundes sowie durch angewandte Forschungsvorhaben, gefördert durch die FGG, die Länder, den Bund (BMVBS, BMU, BMBF) und durch ELSA entwickelt werden.

Wirksamkeit von Maßnahmen

Bedingt durch die natürliche Variabilität des Sedimentations- / Remobilisierungssystems für den Bilanzierungsraum der Binnenelbe wird eine Erfolgskontrolle für die partikulär gebundenen Schadstoffe nur am jahresübergreifenden Trendverlauf innerhalb der insbesondere in Kapitel 6.2 aufgezeigten Schwankungsbreiten festzulegen sein und nicht so sehr von abgeleiteten Frachtreduzierungen auf der Basis von Bezugsjahren oder langjährigen Mittelwerten. Der Betrachtungszeitraum 2003 bis 2011 enthält sowohl Jahre mit hohen als auch niedrigen Abflüssen und Schwebstofftransporten und ist damit als Basis für eine Einschätzung der jährweisen Veränderung innerhalb der Schwankungsbereiche zugrunde zu legen.

Die Schwerpunkte der Handlungsempfehlungen bzgl. Qualität liegen (1) auf der Beseitigung rezenter äußerer Eintragsquellen und der Verbesserung der Datenlage in Bezug auf Verdachtsflächen und (2) auf der Sanierung von Altsedimentdepots und der Bewirtschaftung von temporären Senken für Feinsedimente möglichst nah an der (historischen) Quelle. Werden Maßnahmen der Kategorie (2) umgesetzt, sollten deren Wirksamkeit anhand eines gezielten Monitorings zum Status dieser Depots nach Beräumung kontrolliert sowie rezente äußere Quellen entweder bereits geschlossen sein oder schnellstmöglich geschlossen werden.

Aus quantitativer und hydromorphologischer Sicht erfolgt in den Handlungsempfehlungen eine Fokussierung auf die Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit und der Sedimentbilanz. Die Wirksamkeit entsprechender Maßnahmen im Hinblick auch auf die anderen Indikatoren wird sich kurz-, mittel- und langfristig einstellen. Die Erfolgsaussichten lokal verorteter Einzelmaßnahmen, z.B. zur Verbesserung der Habitatstruktur, sind in jedem Fall auch im Abgleich mit den beiden Schlüsselparametern, im Kontext streckenübergreifender Konzepte und möglicher Maßnahmenkombinationen zu prüfen. Hinsichtlich einer räumlichen Zuordnung der Handlungsempfehlungen für Laufstrecken mit ähnlichen Defiziten soll eine systematische Analyse der Auswirkungen und Wechselwirkungen untereinander erfolgen.

Die Wirksamkeit von Maßnahmen bzgl. der Verbesserung des Gewässerzustandes unter den Aspekten Qualität und Hydromorphologie sollte in jedem Fall auch im Abgleich mit den beiden Schlüsselparametern sowie im Kontext streckenübergreifender Konzepte und möglicher Maßnahmenkombinationen geprüft werden.

Andere Nutzungen und Regelungsbereiche

Unter den vom Sedimentmanagement betroffenen und das Sedimentmanagement beeinflussenden Nutzungen hat die Schifffahrt eine herausgehobene Rolle und wurde deshalb im Rahmen dieses Konzepts auch explizit behandelt. Andere Formen der Gewässernutzung und -gestaltung, wie der Hochwasserschutz, die Bewirtschaftung der Auen und landwirtschaftlicher Flächen generell (Feinsedimenteintrag, Gewässerverschlammung) sind durch das Thema Sediment ebenfalls berührt. Die Wechselwirkungen wurden hier nur partiell berücksichtigt, z.B. durch die Einbeziehung der Regelungsebenen menschliche Gesundheit und Bodenschutz bei der Ableitung von Schwellenwerten für Schadstoffe (Landwirtschaft) oder als Randbedingung für die Aspekte Quantität und Hydromorphologie (Hochwasserschutz). Eine systematische Analyse aus der Perspektive anderer Nutzungsformen bzw. Stressoren des Sedimentstatus steht noch aus.

Mit den Nutzungsformen bzw. Stressoren ist zugleich die Frage nach anderen relevanten Regelungsbereichen als der Wasserwirtschaft aufgeworfen. Es sind grundsätzliche Überlegungen zur Einbeziehung anderer Regelungsbereiche in die Lösung der aufgezeigten Probleme (Umweltmedien übergreifender Ansatz) erforderlich. Das Erfordernis besteht unter jedem der drei Hauptaspekte und betrifft die Altlastenthematik oder den Bodenschutz ebenso wie den Hochwasser- oder Naturschutz. Es sollte eine systematische Analyse der Wechselwirkung mit anderen Regelungsbereichen erfolgen.

Glossar

Erläuterungen im Kontext des Sedimentmanagementkonzeptes der FGG Elbe

Altlasten und Altlastenverdachtsflächen am Gewässer

Ein erheblicher Teil der anorganischen und organischen Schadstoffe, die vor 1990 und teilweise bis in die Gegenwart im Wasser und den Sedimenten des Elbesystems angetroffen werden, wurde ursprünglich auf Flächen, die heute als Altstandorte, Ablagerungen/Altdeponien oder Altbergbau bezeichnet werden, freigesetzt und in die Gewässer eingetragen. Auf vielen dieser Flächen (Altlasten am Gewässer) blieben nach der Stilllegung schadstoffkontaminierte Böden, Abfallablagerungen und kontaminiertes Grundwasser zurück. Bei Vorhandensein einer hinreichend großen und mobilisierbaren Schadstoffmenge können diese Flächen noch immer eine potenzielle Schadstoffquelle für die Oberflächengewässer darstellen (vgl. Kapitel 6.6 und Anlage A2-10).

Altlasten im Gewässer = Altsedimente

Aufgrund hydraulischer Gegebenheiten (z.B. Stillwasserbereiche in Bühnenfelder, Seitenarmen, Hafenbecken, Staustufen) am Gewässergrund ausgebildete, mit Schadstoffen angereicherte Sedimentdepots. Diese können als dauerhafte Senke ausgeprägt sein (z.B. Muldestausee) oder als temporäre, welche unter hydraulischen Extremsituationen (z.B. Hochwasser) remobilisiert und unkontrolliert stromab verfrachtet werden können.

Bezugsmessstellen

Bezugsmessstellen dienen der Charakterisierung eines für das überregionale Sedimentmanagement relevanten Teileinzugsgebietes aus qualitativer und/oder quantitativer Sicht. Bei den Bezugsmessstellen unter dem Aspekt Qualität handelt es sich um Messstellen der Länder, für die in der Regel langjährige Datenreihen qualitätsgesicherter Monitoringprogramme vorliegen. Bei den Bezugsmessstellen unter dem Aspekt Quantität handelt es sich um Messstellen des Bundes oder der Länder (vgl. Kapitel 2.1 und Anlage A2-1)

Bezugszeitraum

In der Regel die Jahre 2003 bis 2008 (bzw. 2011). Als „Bezugsjahr“ wird an verschiedenen Stellen dieses Konzepts das Jahr 2005 herangezogen, weil es einen mittleren Abfluss und eine mittlere Schwebstoffführung aufwies.

Formal schärfste Anforderung

Die „formal schärfste Anforderung“ ist jeweils der kleinste Gehalt in der Reihung der Qualitätsanforderungen an das Sediment über alle als gleichrangig betrachteten Schutz- und Nutzungsansprüche hinweg (s. „Schutzgüter“). Dieser Wert stellt eine schadstoffspezifische, formale Grenze dar, unterhalb derer nach gegenwärtigem Kenntnis- und Regelungsstand alle von einem guten Sedimentzustand abhängenden Bewirtschaftungsziele zeitlich uneingeschränkt und standortunabhängig erreicht werden können. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die „formal schärfsten Anforderungen“ in allen Oberflächenwasserkörpern der FGE Elbe unmittelbar einzuhalten sind oder gar Maßnahmen erzwingen. Zum einen sind geogen bedingt erhöhte Hintergrundgehalte bei der Aus- und Bewertung zu berücksichtigen. Zum anderen gelten nicht alle Handlungsziele überall; Meeresschutzziele per Definition für den Übergangs-, Küsten- und Meeresbereich. Es kann jedoch z.B. im Interesse des gemeinschaftlichen Meeresschutzanliegens erforderlich sein, bereits weit im Oberliegerbereich zu den Meeresschutzzielen hinführende Schadstoffreduzierungsmaßnahmen zu ergreifen. Deren Wirksamkeit ist dann an den marinen Schutzzielen zu messen. Es handelt sich bei den „formal schärfsten Anforderungen“ nicht um die Vorwegnahme eines konkreten Handlungsziels (vgl. Kapitel 3.3 und Anlage A2-3).

Handlungsziele, überregionale

Für die gesamte Flussgebietseinheit oder wesentliche Teile davon festgelegte Ziele, die sowohl aus sektoraler (Qualitativer Aspekt, Quantitativer Aspekt, Schifffahrtlicher Aspekt) als auch aus medienübergreifender (integraler) Sichtweise definiert sein können. Ihre Erreichung erfordert die Ableitung und Umsetzung von Handlungsweisen einer guten (nachhaltigen) Sedimentmanagementpraxis im Elbeinzugsgebiet.

Hydromorphologischer Aspekt - Hydromorphologische Indikatoren

Zur Beschreibung des Sedimenthaushaltes und der Hydromorphologie erfolgt eine Erfassung und Bewertung der folgenden Parameter (vgl. Kapitel 3.4 und Anlage A2-4):

- Breitenvarianz/Tiefenvarianz,
- Sedimentdurchgängigkeit,
- Korngrößenverteilung des Sohlsubstrates,
- Mittlere Sohlhöhenänderung / Sedimentbilanz,
- Uferstruktur,
- Aue/Marsch (Verhältnis der rezenten zur morphologischen Aue/Marsch).

Managementoptionen

Unter Managementoptionen für kohäsive, schadstoffbelastete Sedimente werden technische Verfahren verstanden, mit denen mit einer bestimmten Zielstellung Einfluss auf Sedimente genommen wird (vgl. Kapitel 7.7 und Anlage A5). Managementoptionen aus hydromorphologischer Sicht sind Maßnahmen zum Sedimenthaushalt unter dem Aspekt Quantität/Hydromorphologie insbesondere für nicht-kohäsive Sedimente verstanden (vgl. Kapitel 7.8).

Nebenflüsse, relevante

Relevante Nebenflüsse werden in zwei Kategorien unterschieden. Bei Nebenflüssen der **Kategorie 1** wird auf Grund ihrer quantitativen Charakteristika (Durchfluss, Schwebstofffracht) grundsätzlich ein signifikanter Einfluss auf die Situation im Hauptstrom unter allen drei Hauptaspekten angenommen. Signifikanzkriterium ist ein mindestens 10%iger Anteil an der Schwebstofffracht der jeweiligen Bezugsmessstelle unterhalb der Einmündung in die Elbe. Relevante Nebenflüsse der Kategorie 1 sind im deutschen Teil der Elbe die Schwarze Elster, die Mulde, die Saale und die Havel. Nebenflüsse der **Kategorie 2** werden ausschließlich unter dem Qualitätsaspekt betrachtet. Sie beeinflussen für sich genommen den Wasser- und Feststoffhaushalt der Elbe nicht signifikant, leisten jedoch auf Grund ihrer Belastung mit mindestens einem relevanten Schadstoff einen signifikanten Beitrag zur überregionalen Schadstoffbilanz. Als quantitatives Kriterium für eine entsprechende Auswahl wurde ein mindestens 10 %-iger Anteil an der Gesamtfracht eines Schadstoffes an der jeweiligen Bezugsmessstelle festgelegt. Je nach Lage zum Hauptstrom handelt es sich um direkte Nebenflüsse der Elbe (Kategorie 2a) oder um Zuflüsse zu einem Nebenfluss der Kategorie 1 (Kategorie 2b). Zur Kategorie 2a gehört die Triebisch, auf die Kategorie 2b entfallen Zwickauer und Freiburger Mulde, Spittelwasser, Weiße Elster, Schlenze, Bode und Spree (vgl. Kapitel 2.2 und Anlage A2-1).

Punktquellen

Als Punktquellen werden kommunale und industrielle Abwassereinleitungen sowie punktförmige Einträge des Altbergbaus bezeichnet (vgl. Kapitel 6.4).

Qualitativer Aspekt - Qualitative Indikatoren

Qualitative Indikatoren sind die im Kontext des Sedimentmanagements relevanten Schadstoffe (vgl. Kapitel 3.3 und Anlage A2-3).

Quantitativer Aspekt - Quantitative Indikatoren

Quantitative Indikatoren sind der Durchfluss (Q), die Schwebstoffkonzentration (C_S) und die Schwebstofffracht (S_S). Sie sind in der Binnenelbe ausschlaggebend für die Auswahl der relevanten Nebenflüsse der Kategorie 1 und stellen Basiskenngrößen im Zuge der Risikoanalyse unter den Aspekten Qualität (Abschätzung der Schadstofffracht), Hydromorphologie und Schifffahrt dar (vgl. Kapitel 3.2 und Anlage A2-2).

Quellentypen

Punktquellen, Sedimente/Altsedimente, Altlasten und Altlastenverdachtsflächen am Gewässer und weitere Quellen (vgl. Kapitel 6 und Anlage A2-6).

Schadstoffe und Schadstoffgruppen, relevante

Die Auswahl der 29 elberelevanten anorganischen und organischen Schadstoffe erfolgte in Übereinstimmung mit dem Ansatz des ersten Bewirtschaftungsplans, der den guten Zustand der aquatischen und der von ihnen abhängigen Landökosysteme, die menschliche Gesundheit und die nachhaltige Sedimentbewirtschaftung berücksichtigt. Folgende 29 Stoffe gelten als relevant: Quecksilber, Cadmium, Blei, Zink, Kupfer, Nickel, Arsen, Chrom, α -Hexachlorcyclohexan, β -Hexachlorcyclohexan, γ -Hexachlorcyclohexan, p,p'-Dichlordiphenyltrichlorethan, p,p'-Dichlordiphenyltrichlorethan, p,p'-Dichlordiphenyldichlorethan, Polychlorierte Biphenyle PCB-28, -52, -101, -118, -138, -180, Pentachlorbenzen, Hexachlorbenzol, Benzo(a)pyren, Anthracen, Fluoranthen, Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, TBT und Dioxine und Furane (vgl. Kapitel 3.3 und Anlage A2-3).

Schutzgüter, relevante

Für eine stichhaltige Beschreibung des qualitativen Gewässerzustandes bedarf es einer umfassenden Berücksichtigung der von partikulär gebundenen Schadstoffen ausgehenden Risiken. Folgende Schutzgüter wurden betrachtet: (1) Chemischer und ökologischer Zustand der Gewässer, (2) Integrität der aquatischen Lebensgemeinschaft in marinen und Küstengewässern, (3) Integrität der aquatischen Lebensgemeinschaft in Süßgewässern, (4) Bodenschutz (Aue / Marsch), (5) Menschliche Gesundheit (vgl. Kapitel 3.3 und Anlage A2-3).

Schwellenwert, oberer

Der obere Schwellenwert wird grundsätzlich durch die im Rahmen der nationalen Umsetzungen der EG-WRRL (OGewV - Anlage 5 bzw. 23/2011 Sb. - část B. Tab.2) gültigen UQN für Schadstoffe in Sedimenten definiert. Beide nationalen Regelungen werden im Kontext des Sedimentmanagementkonzepts als inhaltlich gleichrangig angesehen. Bezüglich der ausgewiesenen elberelevanten, dominant partikelassoziierten anorganischen und organischen Schadstoffe ergänzen sich die beiden Verordnungen in hohem Maße, aber auch in der Summe aus deutscher Oberflächengewässerverordnung und tschechischer Verordnung 23/20112 Sb. vom 22. Dezember 2010 werden nicht alle elberelevanten Schadstoffe geregelt. Für die nicht durch UQN geregelten Schadstoffe gelten in dieser Abstufung nachfolgende Ableitungskriterien: Der „obere Schwellenwert“ für Schadstoffe, für die zurzeit keine direkt verbindlichen gesetzlichen Regelungen bestehen, wird der Consensus 2-Wert „Probable Effect Level“ (concentrations above this level will certainly result in toxic effects), nach de Deckere et al. (2011). Hierbei handelt es sich um einen ökotoxikologisch abgeleiteten Wert zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaft. Wird ein entsprechender Stoff auch bei de Deckere et al. (2011) nicht geregelt, so wird auf den GÜBAK- Richtwert 2 zurückgegriffen (GÜBAK 2009). Eine Überschreitung dieses Richtwertes besagt, dass das zu bewertende Material im Vergleich zu rezenten Sedimenten des Küstenbereiches als deutlich höher belastet gilt. Für die Dioxine und Furane wird der „Safe-Sediment-Value“ (Evers et al. 1996) herangezogen (vgl. Kapitel 3.3 und Anlage A2-3).

Schwellenwert, unterer

Der untere Schwellenwert wird für jeden relevanten Schadstoff durch die „formal schärfste Anforderung“ (s. o.) gebildet (vgl. Kapitel 3.3 und Anlage A2-3).

Sedimente/Altsedimente

Sedimente sind keine Quelle für Schadstoffe im herkömmlichen Sinn. Sie haben jedoch das Potenzial Stoffe zu speichern, je nach Gewässersituation und hydrologischem Verlauf dauerhaft oder intermediär. Hier wird die durch hydrologische Ereignisse ausgelöste Quellenfunktion der Sedimente für stromab gelegene Flussabschnitte betrachtet (vgl. Kapitel 6.5).

Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe

Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele. Das Konzept stellt eine fachliche Grundlage für den zweiten Bewirtschaftungsplan gemäß EG-WRRL und zur Umsetzung der EG-MSRL dar.

Sedimentrelevante Schadstoffe

Diese Stoffe sind persistent, toxisch, bioakkumulierbar und adsorptiv. Quantitatives Kriterium ist ein hoher Verteilungskoeffizient Feststoff/Wasser ($\log K_{ow}$ -Wert $> 3,5$). In einem zweiten Schritt wurden aus diesem Kreis die Stoffe ausgewählt, die auf Grund ihres nachweislich erhöhten Vorkommens elberelevant sind. Dazu wurde auf der Basis der verfügbaren Daten der Jahre 2003 – 2008 der Bezugsmessstellen des internationalen Elbegebietes eine detaillierte Einschätzung der Schadstoffsituation vorgenommen. In der Regel handelt es sich um Stoffe, für die im ersten Bewirtschaftungsplan bereits Reduktionsanforderungen aufgestellt wurden.

Weitere Quellen

Über die Punktquellen hinaus werden für die Schwermetalle und die PAKs die Pfade atmosphärische Deposition, Erosion, Grundwasser, Oberflächenabfluss, Drainagen, Schifffahrt, Wassersport und Stahlwasserbau und urbane Systeme bilanziert (vgl. Kapitel 6.7).

Weitere Senken

Neben den Auen stellen natürliche und künstliche Flusseen, Talsperren und Hafenbecken Sediment- und damit ggf. auch Schadstoffsenken dar (vgl. Kapitel 6.3).

A1 Literatur

- Ackermann F., Schubert B. (2007):* Trace metals as indicators for the dynamics of (suspended) particulate matter in the tidal reach of the River Elbe. In: U. Förstner und B. Westrich (ed.): *Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Anonym (GÜBAK) (2009):* Gemeinsame Übergangsbestimmungen zwischen der Bundesrepublik Deutschland sowie den Bundesländern Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern. 39 S.
- ARGE Elbe - Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe (1996):* Umgang mit schadstoffbelastetem Baggergut an der Elbe – Zustand und Empfehlungen. 28 S. mit Anlagen.
- Baborowski M., v. Tümpling W., Friese K. (2004):* Behaviour of suspended particulate matter (SPM) and selected trace metals during the 2002 summer flood in the River Elbe (Germany) at Magdeburg monitoring station. *Hydrology and Earth System Sciences*, 8 (2), 135-150
- Barcelo D., Petrovic M. (2007):* Sustainable Management of Sediment Resources. Volume 1. Sediment Quality and Impact Assessment of Pollutants. Elsevier B.V.
- BCE & ConTerra GmbH (2010):* Integriertes Flussauenmodell INFORM (Version 3). Handbuch, Koblenz.
- BCE (2012):* ad-hoc AG SSeM Nebenflüsse Elbe -Erfassung und Bewertung hydromorphologischer Parameter von relevanten Nebengewässern der Elbe. Im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. [unveröff.]
- BfG (2000):* Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Binnenland (HABAB-WSV); 2. überarbeitete Fassung. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. Bericht BfG-1251. 35 S.
- BfG (2001):* Strukturgüte-Kartierverfahren für Wasserstraßen. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, Januar 2001.
- BfG (2008):* WSV-Sedimentmanagement Tideelbe- Strategien und Potenziale – eine Systemstudie. Ökologische Auswirkungen der Umlagerung von Wedeler Baggergut. Untersuchungen im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Cuxhaven. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. BfG-1584
- BfG (2011a):* Ökologische Modellierungen für die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung – Das integrierte Flussauenmodell INFORM in seiner neuesten Fassung (Version 3). BfG-Berichtsnr. 1667. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- BfG (2011b):* Verfahren zur Bewertung in der Umweltverträglichkeitsuntersuchung an Bundeswasserstraßen - Anlage 4 des Leitfadens zur Umweltverträglichkeitsprüfung an Bundeswasserstraßen des BMVBS (2007). BfG-Berichtsnr. 1559. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- BfG (2013a):* Neuausrichtung des WSV-Messstellennetzes Schwebstoffmonitoring. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. [in Vorbereitung]

- BfG (2013b):* Fachbeiträge zum Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. [in Vorbereitung]
- BfG (2013c):* Sedimenttransport und Flussbettentwicklung der Elbe. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. [in Vorbereitung]
- BSU (2013): Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Umweltschutz (2013):* Stoffeintrag in die Tideelbe. 8 S. (unveröffentlichtes Dokument der AG Schadstoffe, Hamburg)
- Claus, E., Pelzer, J. Heininger, P. (2010):* Trendmonitoring von Schadstoffen in Sedimenten und Schwebstoffen der Binnenelbe. *Mitt Umweltchem Ökotox* 16(4) 100-102
- de Deckere E., de Cooman W., Leloup V., Meire P., Schmitt C., von der Ohe P. (2011):* Development of sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Journal of Soils and Sediments* 11, 504-517
- DIN EN 14614 (2005):* Wasserbeschaffenheit – Anleitung zur Beurteilung hydromorphologischer Eigenschaften von Fließgewässern (M 40).
- DIN EN 15843 (2010):* Wasserbeschaffenheit – Anleitung zur Beurteilung von Veränderungen der hydromorphologischen Eigenschaften von Fließgewässern (M 43).
- Entelmann I., Gätje B. (2012):* Sedimentmanagement in der Tideelbe - Optimierung von Unterhaltungsstrategien. In: Die Elbe und ihre Sedimente. Magdeburger Gewässerschutzseminar 2012. 10. und 11. Oktober 2012; Hamburg. Tagungsband S. 64-68.
- Europäische Gemeinschaft (2000):* Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (EG-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG-WRRL) in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Oktober 2000 (ABl. L 327 vom 22. Dezember 2000, S. 1)
- Evers E.H.G., Laane R.W.P.M., Groenefeld G.J.J. (1996):* Levels, temporal trends and risks of dioxins and related compounds in the Dutch aquatic environment. *Organohalogen Compounds*. 28, 117 - 122
- Faulhaber, P. (2013):* Niedrigwasserereignisse an der Elbe und ihre Bedeutung für den Ausbau des Flusses. In: BfG - Wissen was war ... - Rückblick auf hydrologische Extremereignisse. Kolloquium 16./17. 10. 2012 in Koblenz.
- FGG Elbe (2009):* Bewirtschaftungsplan nach Artikel 13 der Richtlinie 2000/60/EG für den deutschen Teil der Flussgebietseinheit Elbe. Magdeburg (<http://www.fgg-elbe.de/interaktiver-bericht.133/berichte-nach-art-13.html>)
- FGG Elbe (2009):* Bewirtschaftungsplan nach Artikel 13 der Richtlinie 2000/60/EG für den deutschen Teil der Flussgebietseinheit Elbe. 245 S.
- FGG Elbe (2010a):* Mandat der Ad hoc-Arbeitsgruppe Schadstoffe/Sedimentmanagement der AG OW der FGG Elbe. 14. Elbe-Rat der FGG Elbe
- FGG Elbe (2010b):* Empfehlungen für Schwebstoffuntersuchungen an Überblicksmessstellen im Einzugsgebiet. Magdeburg (<http://www.fgg-elbe.de/hintergrundinformationen.html>)
- FGG Elbe (2011):* Koordiniertes Elbemessprogramm (KEMP) 2012. 24 S.

- FGG Elbe (2013): Flussgebietsgemeinschaft Elbe (Hrsg.) (2013):* Strategiepapier der FGG Elbe zur Koordinierung der Überwachung an ausgewählten Überblicksmessstellen für Oberflächenwasserkörper des deutschen Elbestroms und bedeutender Nebenflüsse. 31 S.
- Fuchs, S., Kiemle, L., Kittlaus, S. (2013): Modeling of fine solids at the river basin scale. Preliminary results for the Weser river basin. Karlsruher Flussgebietstage 2013. International conference on solids in river basins. 20.-21. Juni. Karlsruhe. 115-117*
- Gabriel T, Kühne E, Faulhaber P, Promny M, Horchler P (2011):* Sohlenstabilisierung und Erosionseindämmung am Beispiel der Elbe, in *WasserWirtschaft* (Heft 6), S. 27-32
- G.E.O.S (2013):* Bestandsaufnahme belasteter Altsedimente in relevanten Gewässern Sachsen-Anhalts. Erstellt im Auftrag des LHW Sachsen-Anhalt
- Habersack H, Liedermann M, Tritthart M, Hauer C, Klösch M, Klasz G, Hengl M (2012):* Maßnahmen für einen modernen Flussbau betreffend Sohlstabilisierung und Flussrückbau – Granulometrische Sohlverbesserung, Bühnenoptimierung, Uferrückbau und Gewässervernetzung, in *Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft* (64), S. 571-581, Wien
- Hamburg Port Authority und Wasser- und Schifffahrtsdirekt Nord (2008):* Strombau- und Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe. 39 Seiten. Hamburg
- Hamburg Port Authority und Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord (2008):* „Strombau- und Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe“. 33 S.
- Hamburg Port Authority und Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt. (2012):* Handlungskonzept Umlagerung von Baggergut aus dem Hamburger Hafen in der Stromelbe.
- Hauer, C.; Unfer, G.; Habersack H.; Pulg, U.; Schnell J. (2013):* Bedeutung von Flussmorphologie und Sedimenttransport in Bezug auf die Qualität und Nachhaltigkeit von Kieslaichplätzen. *Korrespondenz Wasserwirtschaft*, Nr. 4, 2013, S.189-197.
- Heininger P., Schild R., de Beer K., Planas C., Roose P. and Sortkjaer O. (2002):* International Pilot Study for the determination of Riverine Inputs of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) to the Maritime Area on the basis of a harmonised methodology. Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt), Dessau/Rosslau, <http://www.umweltbundesamt.de>
- Heininger P., Pelzer J., Claus E. und Pfitzner, S. (2003):* Results of long-term sediment quality studies on the River Elbe, *Acta hydrochim. hydrobiol.*, 31 (4-5) 356-367
- Heise S, Claus E, Heininger P, Krämer T, Krüger F, Schwartz R, Förstner U (2005)* Studie zur Schadstoffbelastung der Sedimente im Elbeeinzugsgebiet – Ursachen und Trends. Im Auftrag der Hamburg Port Authority, erstellt vom Beratungszentrum für integriertes Sedimentmanagement (BIS/TuTech) an der TU Hamburg-Harburg. 217 Seiten. Hamburg.
- Heise S., Krüger F., Baborowski M., Stachel B., Götz R., Förstner U. (2007):* Bewertung der Risiken durch feststoffgebundene Schadstoffe im Elbeeinzugsgebiet. Im Auftrag der Flussgebietsgemeinschaft Elbe und Hamburg Port Authority, erstellt vom Beratungszentrum für integriertes Sedimentmanagement (BIS/TuTech) an der TU Hamburg-Harburg. 349 S. Hamburg

- Heise, S. (2013):* Durchführung einer Sondierungsuntersuchung zum Risiko durch eine Schadstoffremobilisierung aus Seitenstrukturen der Elbe. HAW-Hamburg, TuTech Innovation GmbH. Hamburg. Erstellt im Auftrag der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Umweltschutz, Projekt ELSA der Freien und Hansestadt Hamburg. Downloadbar unter: <http://www.elsa-elbe.de/dokumente.html>
- IBP - Arbeitsgruppe Elbeästuar (2012):* Integrierter Bewirtschaftungsplan für das Elbeästuar. 256 S. (<http://www.natura2000-unterelbe.de/plan-Der-Gesamtplan.php>)
- IKSE (1995):* Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (Hrsg.). Aktionsprogramm Elbe. Magdeburg, 15.11.
- IKSE (2005):* Die Elbe und ihr Einzugsgebiet. Ein geographisch-hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Überblick. Internationale Kommission zum Schutz der Elbe. Schönebeck.
- IKSE (2009):* Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (Hrsg.): Internationaler Bewirtschaftungsplan für die Flussgebietseinheit Elbe nach Artikel 13 der Richtlinie 2000/60/EG. Magdeburg (<http://www.ikse-mkol.org/index.php?id=567&L=YtUqKSit>)
- IKSE (2012):* Internationales Messprogramm Elbe 2012 (<http://www.ikse-mkol.org/index.php?id=199&L=1%2527>)
- IKSE (2013a):* Sedimentmanagementkonzept der IKSE. Magdeburg (<http://www.ikse-mkol.org/>)
- IKSE (2013b):* Unterhaltung schiffahrtlich genutzter Oberflächengewässer im Einzugsgebiet der Elbe im Hinblick auf die Verbesserung des ökologischen Zustands/Potentials, Magdeburg
- Jährling, K.-H. (2012):* Die Bedeutung des Feststoffhaushaltes für die Gewässerstruktur und Morphodynamik der Elbe – Grundlagen, Maßnahmen, Kompromisse. In: Die Elbe und ihre Sedimente, Magdeburger Gewässerschutzseminar 2012, Tagungsband, Hamburg: S. 41-46.
- Kappenberg J., Schymura G., Kühn H. and Fanger H.-U. (1996):* Spring-neap variations of suspended sediment concentration and transport in the turbidity maximum of the Elbe estuary, in: Suspended Particulate Matter in Rivers and Estuaries, H. Kausch, W. Michaelis (eds), Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 47, 323.
- Kappenberg J; Fanger, H.-U. (2007):* Sedimenttransportgeschehen in der tidebeeinflussten Elbe, der Deutschen Bucht und in der Nordsee, GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, GKSS 2007/20. 123 S.
- König, F., Quick, I., Vollmer S. (2012):* Defining quantitative morphological changes in large rivers for a sustainable and effective sedimentmanagement applied to the River Elbe, Germany. Proceedings Tenth International Conference of Hydrosience and Engineering, November 2012, Orlando, USA.
- Krüger, F., Scholz, M., Baborowski, M. (2013):* Sedimentrückhalt in den Elbauen. Fa. ELANA. Arendsee. Erstellt im Auftrag der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Umweltschutz, Projekt ELSA der Freien und Hansestadt Hamburg. Downloadbar unter: <http://www.elsa-elbe.de/dokumente.html>
- LAWA (1999):* Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Übersichtsverfahren. Roth.

- LAWA (2000)*: Gewässerstrukturgütekartierung in der BRD. Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer. Empfehlung Oberirdische Gewässer. Schwerin.
- LAWA (2002)*: Empfehlung Gewässerstrukturgütekartierung in der BRD. Verfahren für mittelgroße bis große Fließgewässer. o.O.
- LAWA (2011)*: Überarbeitung der Verfahrensbeschreibung der Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahren für kleine bis mittelgroße Fließgewässer. Endbericht. AG: LANUV NRW. Düsseldorf, Essen, Velbert.
- MoRE (2013)*: Aktuelle Auswertung gemäß: Berechnung von Stoffeinträgen in die Fließgewässer Deutschlands mit dem Modell MONERIS. Nährstoffe, Schwermetalle und Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. Umweltbundesamt (Hrsg.) Bericht Nr. 45/2010.
- Netzband, A (2012)*: Sedimentmanagement für den Hamburger Hafen. In: Die Elbe und ihre Sedimente. Magdeburger Gewässerschutzseminar 2012. 10. und 11. Oktober 2012; Hamburg. Tagungsband S. 110-113.
- Noack, M.; Roberts, M.; Vollmer S. (2012)*: Numerische Modellierung von abiotischen Randbedingungen zur Unterstützung in ökologischen Bewertungen. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Hydro-ökologische Modellierungen und ihre Anwendungen. 1. Ökologisches Kolloquium am 14./15. Februar 2012 in Koblenz. – Veranstaltungen 6/2012, S. 19-36, Koblenz, Juli 2012.
- OGewV (2011)*: Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OgewV) vom 20. Juli 2011. Bundesgesetzblatt Nr. 37, S. 1429. Bonn.
- OSPAR Commission (2009)*: Background Document on CEMP Assessment Criteria for OSPAR 2010. 25 S.
- Owens, P.N. (2005)*: Conceptual models and budgets for sediment management at the river basin scale. *J. Soils and Sediments* 5 (201-212)
- Owens P.N., Sloob, A.F.L., Liska, I. and Brils, J. (2008)*: Towards sustainable sediment management at the river basin scale. In: P.N. Owens (Ed.): Sustainable management of sediment resources: Sediment management at the river basin scale. 217-260
- PLEJADES (2013)*: 4011 GVV: Frachtreduzierung Schlüsselstollen, Bericht zum Arbeitspaket B: Bewertung von technisch realisierbaren und verhältnismäßigen Maßnahmen. Magdeburg. Erstellt im Auftrag des LAF Sachsen-Anhalt
- Quick, I. (2012)*: Sediment management concept with special regard to hydromorphological aspects. In: Die Elbe und ihre Sedimente, Magdeburger Gewässerschutzseminar 2012, Tagungsband, Hamburg: S. 167-168.
- Quick, I., König, F., Svenson, C., Cron, N., Schriever, S., Vollmer, S. (2012)*: Hydromorphologische Bewertung und Praxisprojekte mit Schnittstelle zur Gewässerökologie. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Hydro-ökologische Modellierungen und ihre Anwendungen. 1. Ökologisches Kolloquium am 14./15. Februar 2012 in Koblenz. – Veranstaltungen 6/2012, S. 43-62, Koblenz, Juli 2012.
- Quick, I.; Cron, N.; Schriever, S.; König, F.; Vollmer, S. (2013)*: Die Bedeutung der Sedimente für die Ausprägung der Hydromorphologie großer Fließgewässer als unterstützende Komponente für die Zielerreichung nach Wasserrahmenrichtlinie. In:

Deutsche Gesellschaft für Limnologie – Erweiterte Zusammenfassungen 2012 (Koblenz). 370-375. Hamburg, Berlin.

RHmV - Rückstands-Höchstmengenverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. Oktober 1999 (BGBl. I S. 2082; 2002 I S. 1004), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 2. Oktober 2009 (BGBl. I S. 3230)

Rommel, J. (2000): Laufentwicklung der deutschen Elbe bis Geesthacht seit ca. 1600. AG: BfG, Koblenz. (<http://elise.bafg.de/?3167>)

Rosenzweig, S.; Quick, I.; Cron, N.; König, F.; Schriever, S.; Vollmer, S.; Svenson, C.; Grätz, D. (2012): Hydromorphologische Komponenten im Flussauenmodell INFORM – Entwicklung und Anwendung der morphologischen Systemkomponente MORPHO und des Bewertungsmoduls Valmorph zur quantitativen Erfassung und Bewertung hydromorphologischer Veränderungen in Fluss und Aue. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bericht BfG-1657, Koblenz.

Schubert, B. & Hummel, D. (2008): Sedimentation areas of the Elbe estuary as secondary sources of contamination. Magdeburger Gewässerschutzseminar 2008, 07.-10.10.2008, Magdeburg, S. 137-139.

Schubert, B., Pies, C. and Heil, C. (2009): Schadstoffmonitoring von Schwebstoffen und Sedimenten in Ästuaren, in: Aspekte des Schadstoffmonitorings an Schwebstoffen und Sedimenten in der aquatischen Umwelt, Report BfG 7/2009, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

Schwartz, R. (2006): Geochemical characterisation and erosion stability of fine-grained groyne field sediments of the Middle Elbe River. Acta hydrochim. hydrobiol. 34, pp. 223 – 233.

SedKat WSV (2013): SedKat WSV-Service, Sediment- und Bodenkataster der WSV, Benutzerhandbuch (<http://sedkat.bafg.de/>)

SedNet (2004): Contaminated Sediments in European River Basins. Abschlussbericht des European Sediment Research Network. Editors: Salomons W., Brils J. 47 S.

SedNet (2006): Sediment Management – an essential element of river basin management plans. Report of the SedNet Round Table Discussion. Venice, 22-23 November

SedNet (2009): Integration of sediment in river basin management. Report on the 2nd SedNet Round Table Discussion. Hamburg, 6-7 October 2009

SedNet (2010): Integration of Sediment in River Basin Management. Report on the 2nd SedNet Round Table Discussion, Hamburg, 6-7 October 2009. 44 S.; Utrecht, NL.

Tauw GmbH (2013): Endbericht zum Projekt Frachtreduzierung Spittelwasser. Erstellt im Auftrag des LAF Sachsen-Anhalt [in Vorbereitung]

Uni Stuttgart (2013): Remobilisierungspotenzial belasteter Altsedimente in relevanten Gewässern Sachsen-Anhalts. Erstellt im Auftrag des LHW Sachsen-Anhalt

Vollmer, S.; Quick, I., Moser, H. (2012): Sedimenthaushalt und Managementaspekte der Binnenwasserstraße Elbe. In: Die Elbe und ihre Sedimente. Magdeburger Gewässerschutzseminar 2012, Tagungsband. Hamburg: S. 34-37.

Vollmer, S.; Quick, I.; König, F. (2013): Hydromorphologische Entwicklung der Binnenelbe. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Geomorphologische Prozesse unserer

Flussgebiete. 15. Gewässermorphologisches Kolloquium am 13./14. November 2012 in Koblenz. – Veranstaltungen 3/2013, S. 75-87, Koblenz, April 2013.

Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost, Wasser und Schifffahrtsamt Dresden, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bundesanstalt für Wasserbau (2009): Sohlstabilisierungskonzept für die Elbe von Mühlberg bis zur Saalemündung. Magdeburg, Dresden, Koblenz, Karlsruhe
(http://www.wsdost.wsv.de/betrieb_unterhaltung/pdf/Sohlstabilisierung_textteil_.pdf)

WHG (2010): Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 08. April 2013 (BGBl. I S. 734) geändert worden ist.

23/2011 Sb. - Regierungsverordnung vom 22. Dezember 2010 zur Änderung der Regierungsverordnung 61/2003 Sb. über Parameter und Werte der zulässigen Belastung von Oberflächengewässern und Abwasser, Grundlagen der Genehmigung von Abwassereinleitungen in Oberflächengewässer und in die Kanalisationen sowie über empfindliche Gebiete, in der Fassung der Regierungsverordnung 229/2007 Sb.

A2 Methoden

A2-1 Betrachtetes System

Für die Ausarbeitung des Sedimentmanagementkonzepts war das zu betrachtende System in seinen relevanten Bestandteilen zu definieren. Dies hatte unter jedem der drei Hauptaspekte nach Maßgabe der zum Ziel gesetzten überregionalen, ursachen- bzw. quellenbezogenen Risikoanalyse zur Priorisierung von Defiziten und zur Ableitung von Handlungsempfehlungen für die künftige Maßnahmenplanung zu erfolgen. Bestandteile des Systems sind:

(1) Der Elbestrom. Der Elbestrom wird im Kontext des Sedimentmanagementkonzepts für den deutschen Teil der Flussgebietseinheit in die frei fließende Binnenelbe zwischen deutsch-tschechischer Grenze und dem Wehr Geesthacht (km 0 – km 585,9) und die Tideelbe zwischen dem Wehr Geesthacht und der Mündung in die Nordsee (km 585,9 – km 727,7) unterteilt. In die Risikoanalyse wird die Wechselwirkung von Fluss und Aue/Vorland als ein Faktor einbezogen.

(2) Nebenflüsse. Relevant sind solche Nebenflüsse, die unter mindestens einem der drei Hauptaspekte – Qualität, Quantität, Hydromorphologie - überregionale Wirkung haben.

(3) Bezugsmessstellen. Bezugsmessstellen dienen der Charakterisierung eines für das überregionale Sedimentmanagement relevanten Teileinzugsgebietes aus qualitativer und/oder quantitativer Sicht.

Festlegung der Bezugsmessstellen

Die Bezugsmessstellen unter den Aspekten Qualität und Quantität stellen die Orte dar, an denen die Charakterisierung eines für das überregionale Sedimentmanagement relevanten Teileinzugsgebietes auf der jeweils besten Datengrundlage möglich ist. Die verwendeten Daten können im Einzelnen den Tabellen T-A4-1 und T-A4-2 in Anlage 4 entnommen werden.

Bei den Bezugsmessstellen unter dem Aspekt *Qualität* handelt es sich um Messstellen der Länder, für die in der Regel langjährige Datenreihen qualitätsgesicherter Monitoringprogramme vorliegen (Tab. T-A2-1-1).

Bei den Bezugsmessstellen unter dem Aspekt *Quantität* handelt es sich um Messstellen des Bundes oder der Länder (Tab. T-A2-1-1). Sofern verfügbar, wurden unter dem Aspekt Quantität die Messstellen des Gewässerkundesollkonzepts der WSV ausgewählt. Das betrifft durchgängig den Elbestrom sowie die relevanten Nebenflüsse Saale und Havel (Bundeswasserstraßen). Ausschlaggebend dafür waren folgende Gründe:

- (1) Die zeitliche Auflösung der Messungen gemäß Sollkonzept der WSV ist deutlich besser, als die Auflösung der an den Bezugsmessstellen Qualität durchgeführten Messungen der Parameter Durchfluss und Schwebstoffkonzentration (abfiltrierbare Stoffe). 250 Bestimmungen der Schwebstoffkonzentration pro Jahr an den WSV-Messstellen (Quantität) stehen nur ca. 10 Bestimmungen pro Jahr an räumlich vergleichbaren Qualitätsmessstellen gegenüber.
- (2) Die räumliche Dichte und damit Auflösung der WSV-Messstellen ist deutlich größer. Das WSV-Messnetz weist Bezugsmessstellen in ausreichender räumlicher Auflösung im Elbeverlauf insbesondere jeweils auch ober- und unterstrom der Einmündungen aller relevanten Nebenflüsse der Kategorie 1 auf, so dass eine Frachtbilanzierung

entlang des Elbe-Flusslaufes möglich ist. Mit den Daten aus dem Qualitätsmessnetz wäre eine Bilanzierung in vergleichbarer Qualität nicht möglich.

- (3) Eine systembezogene Zusammenschau der in den beiden unterschiedlichen Messnetzen ermittelten Schwebstofffrachten im Elbelängsverlauf würde zu signifikanten, methodisch bedingten Widersprüchen in der Bilanz im Flussverlauf führen (Naumann et al. 2003, BfG 2013).
- (4) Die Kombination aus den jeweils bestmöglichen Abschätzungen unter Qualitäts- und Quantitätsaspekten ermöglicht auch die bestmögliche Abschätzung der Schadstofffrachten.

Auswahl der relevanten Nebenflüsse

Die Bestimmung der im Kontext des Sedimentmanagementkonzepts relevanten Nebenflüsse erfolgte in zwei Schritten:

- (1) Bei Nebenflüssen der Kategorie 1 wird auf Grund ihrer quantitativen Charakteristika (Durchfluss, Schwebstofffracht) grundsätzlich ein signifikanter Einfluss auf die Situation im Hauptstrom unter allen drei Hauptaspekten angenommen. Signifikanzkriterium ist ein mindestens 10%iger Anteil an der Schwebstofffracht der jeweiligen Bezugsmessstelle unterhalb der Einmündung in die Elbe. Relevante Nebenflüsse der Kategorie 1 sind im deutschen Teil der Elbe die Schwarze Elster, die Mulde, die Saale und die Havel. Die quantitativen Kennzahlen auf Grundlage der Daten der Jahre 2003 – 2008 sind Tabelle T-A4-1 zu entnehmen.
- (2) Nebenflüsse der Kategorie 2 beeinflussen für sich genommen den Wasser- und Feststoffhaushalt der Elbe nicht signifikant. Sie leisten jedoch auf Grund ihrer Belastung mit mindestens einem relevanten Schadstoff (vgl. 2.) einen signifikanten Beitrag zur überregionalen Schadstoffbilanz. Als quantitatives Kriterium für eine entsprechende Auswahl wurde ein mindestens 10%iger Anteil an der Gesamtfracht eines Schadstoffes an der jeweiligen Bezugsmessstelle (vgl. Tab. 3-1-1) festgelegt. Das Signifikanzkriterium muss im Zeitraum 2003 – 2008 mindestens einmal erfüllt sein. Die zu Grunde liegenden Daten können Tabelle T-A4-1 entnommen werden.
- (3) Nebenflüsse der Kategorie 2a münden direkt in die Elbe. Im deutschen Teil ist die Triebisch ein Nebenfluss der Kategorie 2a. Tabelle T-A2-1-2 gibt eine Übersicht über die Ergebnisse der Signifikanzprüfung für die Triebisch.
- (4) Nebenflüsse der Kategorie 2b münden in einen Nebenfluss der Kategorie 1. Im deutschen Teil der Elbe sind das die Zwickauer und die Freiburger Mulde, das Spittelwasser (Teileinzugsgebiet Mulde), die Weiße Elster, die Schlenze, die Bode (Teileinzugsgebiet Saale) sowie die Spree (Teileinzugsgebiet Havel). Tabelle T-A2-1-2 gibt eine Übersicht über die Ergebnisse der Signifikanzprüfung für die Nebenflüsse der Kategorie 2b.

Tabelle T-A2-1-1: Relevante Gewässer und Bezugsmessstellen

Kategorien: E = Elbe, N1 = Nebenflüsse der Kategorie 1, N2a = Nebenflüsse der Kategorie 2a, N2b = Nebenflüsse der Kategorie 2b, *Quantität = hochaufgelöste Schwebstoffmessungen

Kategorie	Gewässer	Aspekt	Bezugsmessstelle	Messprogramm	Betreiber	Datenführende Stelle	Pegel
E	Elbe	Qualität	Schmilka	Überblicksmessstelle, IKSE, FGG Elbe, EU	BfUL	LfULG	Schöna
		Quantität	Pirna	WSV			
N2a	Triebisch	Qualität	Mündung (in die Elbe)	Operative Landesmessstelle	BfUL	LfULG	Garsebach
		*Quantität	keine				
E	Elbe	Qualität	Zehren	Überblicksmessstelle, FGG Elbe	BfUL	LfULG	Dresden
		*Quantität	Torgau	WSV			
E	Elbe	Qualität	Dommitzsch	Überblicksmessstelle, FGG Elbe	BfUL	LfULG	Torgau
		*Quantität	Torgau	WSV			
N1	Schwarze Elster	Qualität	Gorsdorf	IKSE, FGG Elbe	LHW	LHW	Gorsdorf (Löben)
		Quantität	Gorsdorf	LHW			
E	Elbe	Qualität	Wittenberg	FGG Elbe	LHW	LHW	Wittenberg
		Quantität	Wittenberg	WSV			
N2b	Freiberger Mulde	Qualität	Mündung ErlIn	Überblicksmessstelle	BfUL	LfULG	ErlIn
		*Quantität	keine				
N2b	Zwickauer Mulde	Qualität	Mündung Sermuth	Überblicksmessstelle	BfUL	LfULG	Großsermuth bis 2006, Colditz ab 2007
		*Quantität	keine				
N2b	Spittelwasser	Qualität	Schachtgraben	LHW	LHW	LHW	
		Quantität	Schachtgraben				
N1	Mulde	Qualität	Dessau	IKSE, FGG Elbe	LHW	LHW	Bad Dübén
		Quantität	Dessau	LHW			
E	Elbe	Qualität	Breitenhagen				
		Quantität	Barby	WSV			
N2b	Weiße Elster	Qualität	Halle-Ammendorf	IKSE, FGG Elbe	LHW	LHW	Oberthau
		Quantität	Oberthau	LHW			
N2b	Schlenze	Qualität	oh Mdg. Saale	LHW	LHW	LHW	Friedeburg
		Quantität	Friedeburg	LHW			
N2b	Bode	Qualität	Neugattersleben	FGG Elbe	LHW	LHW	Neugattersleben (Straßfurt)
		Quantität	Neugattersleben	LHW			
N1	Saale	Qualität	Rosenburg	IKSE, FGG Elbe	LHW	LHW	Calbe-Grizehne
		Quantität	Calbe	WSV			
E	Elbe	Qualität	Magdeburg	IKSE, FGG Elbe, EU	LHW	LHW	Barby
		Quantität	Barby	WSV			
N2b	Spree	Qualität	Sophienwerder	Überblicksmessstelle, IKSE, FGG Elbe	SenStadtUm, Berlin	SenStadtUm, Berlin	Sophienwerder
		Quantität	Sophienwerder		SenStadtUm, Berlin	SenStadtUm, Berlin	Sophienwerder
N1	Havel	Qualität	Havelberg (Toppel)	IKSE, FGG Elbe	LHW	LHW	Rathenow
		Quantität	Rathenow	WSV			
E	Elbe	Qualität	Cumlosen	IKSE, FGG Elbe	LUGV	LUGV	Wittenberge
		Quantität	Wittenberge	WSV			
E	Elbe	Qualität	Schnackenburg	IKSE, FGG Elbe	NLWKN	NLWKN	Wittenberge
		Quantität	Hitzacker	WSV			
E	Elbe	Qualität	Seemannshöft	IKSE, FGG Elbe	HU	BSU/HU	Neu Darchau
		Quantität	keine				

Tabelle T-A2-1-2: Ergebnisse der Relevanzprüfung der Nebenflüsse der Kategorie 2

Nebenfluss	Bezugsmessstelle	relevanter Schadstoff	Jahre i.d. Frachtanteil >10
Triebisch	Zehren	Cd	2008
Freiberger Mulde	Dessau	As	2003 - 2008
		Cd	2003 - 2008
Zwickauer Mulde	Dessau	As	2003 - 2008
		Cd	2003 - 2008
		Zn	2003 - 2008
Spittelwasser	Dessau	a-HCH	2003 - 2008
		b-HCH	2003 - 2008
		g-HCH	2003 - 2008
		TBT	2003 - 2008
		Dioxine/Furane	2003 - 2008
Weiße Elster	Rosenburg	DDX	2003 - 2008
		PCB-28, -52, -101, -118, -138, -153, -180	2003 - 2008
		TBT	2003 - 2008
		PAK Σ 7	2003 - 2008
Schlenze	Rosenburg	Cd	2003 - 2008
		Zn	2003 - 2008
		Pb	2003 - 2008
		Cu	2003 - 2008
Bode	Rosenburg	a-HCH	2003 - 2008
		b-HCH	2003 - 2008
		g-HCH	2003 - 2008
		TBT	2003 - 2008
		Dioxine/Furane	2003 - 2008
		PCB-52, -101	2003 - 2008
		PAK Σ 7	2003 - 2008
Spree	Toppel	Cu	2003 - 2008
		Zn	2003 - 2008

Literatur

BfG (2013): Neuausrichtung des WSV-Messstellennetzes Schwebstoffmonitoring. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. [in Vorbereitung]

A2-2 Datengrundlagen zum Aspekt Quantität

Quantitative Indikatoren sind der Durchfluss (Q), die Schwebstoffkonzentration (C_s) und die Schwebstofffracht (S_s). Sie sind ausschlaggebend für die Auswahl der relevanten Nebenflüsse der Kategorie 1 und stellen Hilfsgrößen im Zuge der Risikoanalyse unter den Aspekten Qualität, Hydromorphologie und Schifffahrt dar. Die im Kontext des Sedimentmanagementkonzeptes abgeleiteten Kennwerte der quantitativen Indikatoren wurden jeweils auf der Grundlage der verfügbaren Daten der IKSE bzw. der nationalen Verwaltungen bestmöglich abgeschätzt. Grundsätzlich wurden die Jahre 2003 – 2008 (C_s , S_s) bzw. 1961 – 2005 (Q) als Bezugszeiträume festgelegt. Tabelle T-A4-1 enthält die entsprechend abgeleiteten Daten für die Bezugsmessstellen in Tschechien und Deutschland. Zur Frachtbilanzierung ausgewählter Schadstoffe war es erforderlich, den betrachteten Zeitraum bis 2011 zu erweitern. Entsprechend wurden hierfür auch quantitative Kenndaten bereitgestellt, die in die Frachtberechnungen eingeflossen sind (Tab. T-A4-2).

Beste verfügbare Datengrundlage

Von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) wird ein dichtes Pegelnetz betrieben. Insgesamt gibt es in der WSV 170 Pegel mit Durchflussermittlung. Davon liegen 13 Pegel an der Elbe. Den gemessenen Wasserständen werden über W-Q-Beziehungen (Abflusstafeln) Durchflüsse zugeordnet.

Daten zu Schwebstoffgehalten werden im Elbegebiet grundlegend seitens des Bundes und der Länder erhoben. Im Falle der Bundeswasserstraßen basieren die Kennwerte in Tabelle T-A4-1 auf den Daten des Pegelmessnetzes bzw. auf den Tageswerten des Schwebstoffdauerermessnetzes der WSV (zur Begründung vgl. Kapitel 2 und Anlage A2-1). Diese Messungen werden, soweit verfügbar, durch Daten aus Messprogrammen der Länder gestützt. Im Falle der Landesgewässer wird die beim jeweiligen Betreiber der Bezugsmessstelle verfügbare beste Datengrundlage verwendet. Eine vollständige Übersicht über die Pegel, die Bezugsmessstellen Quantität, die verantwortlichen Betreiber und die Daten führenden Stellen findet sich in Anlage A2-1.

Die Schwebstofffracht ist sehr dynamisch, d. h. sie weist eine hohe zeitliche Variabilität in Abhängigkeit von Abfluss- und Niederschlagsereignissen auf. Diese hohe zeitliche Variabilität wird in Deutschland nur im Rahmen des bundesweiten Schwebstoffdauerermessnetzes der WSV erfasst. Die Erfassung der abfiltrierbaren Stoffe im Rahmen der Gewässerüberwachung (KEMP 2013) hat keine vergleichbare zeitliche Auflösung. Die beste verfügbare Datengrundlage im Kontext der Erstellung des Sedimentmanagementkonzeptes Elbe basiert deshalb maßgeblich auf den Tageswerten des Schwebstoffdauerermessnetzes der WSV (BfG 2013) und wird, soweit verfügbar, durch Daten seitens der Bundesländer gestützt, z. B. durch den Abgleich mit den Ganglinien kontinuierlicher Trübungsmessungen im Rahmen des KEMP.

Das WSV-Schwebstoffmessstellennetz an den Bundeswasserstraßen im Binnenbereich wird von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) langjährig fachtechnisch betreut. An den Messstellen wird durch werktägliche Entnahme einer Schöpfprobe an der Wasseroberfläche der Gewässer (Einpunktmessung) durch die örtlichen Stellen der WSV die Schwebstoffkonzentration bestimmt, aus der anschließend der Schwebstofftransport berechnet werden kann. An einem durch die BfG vordefinierten Punkt des Gewässerquerschnittes findet eine Entnahme mit einem 5 l Schöpfgefäß statt. Beim Durchgang einer Hochwasserwelle sollen möglichst 2 bis 3 Proben täglich genommen werden. Jede Schöpfprobe wird direkt an der Messstelle mit einem zuvor an der BfG registrierten und gewogenen Filter mit Hilfe eines Keramiktrichters filtriert (Abb. B-A2-2-1). Die Filtertüten werden getrocknet und zusammen mit dem Messprotokoll monatlich an das Sedimentlabor der BfG zurückgesandt. Im Sedimentlabor der BfG werden die Filtertüten klimatisiert, und nach Erreichen der Gewichtskonstanz wird durch Bestimmung der Gewichts Differenz zwischen „vollem“ und „leerem“ Filter unter Berücksichtigung des Probenvolumens die

Schwebstoffkonzentration in mg/l bestimmt (gravimetrische Filtration). Die Messdaten werden als Tageswert der Schwebstoffkonzentration und der Schwebstofffracht sowie des Abflusses festgehalten.



Abbildung B-A2-2-1: Probenahmeverfahren. Probenahmeimer (5 l), Abfüllen der Probe in ein Plastikgefäß (Sonderproben) und der genormte Keramikfilter für die Filtration vor Ort (von links)

Sofern für die Ermittlung der quantitativen Kennwerte C_s bzw. S_s keine zeitlich hochaufgelösten Messwerte des WSV-Schwebstoffmessnetzes verfügbar waren, wurden Messwerte der „Abfiltrierbaren Stoffe“ der Ländermessprogramme verwendet. Diese werden nach DIN 38409 H2-2 bzw. H2-3 bestimmt. Ein Aliquot einer Schöpfprobe wird über einen Papier- oder Glasfaserfilter mittels Druck- oder Vakuumfiltration filtriert und die Schwebstoffkonzentration aus dem Trockenmassegewicht bezogen auf das Probenvolumen berechnet. Die methodische Verfahrensweise entspricht damit dem bei der WSV bzw. der BfG angewandten Verfahren.

Die Messfrequenz variiert je nach Jahr und Bezugsmessstelle. In der Regel wird einmal pro Monat beprobt. Aufgrund der deutlich geringeren zeitlichen Auflösung ist im Vergleich zu den Daten des WSV-Schwebstoffmessnetzes von einem höheren Fehlerpotenzial auszugehen.

Für die Abschätzung der Schwebstofffrachten wurden die Durchflusswerte des nächstgelegenen Pegels berücksichtigt.

Unsicherheiten

Grundlage der Abflusstafeln bilden die durchgeführten Messungen. Aus ihnen werden die Abflusstafeln erzeugt und mit ihnen dann immer wieder auf ihre weitere Anwendbarkeit untersucht. Die Genauigkeit der Messungen trägt damit entscheidend zur Genauigkeit der ermittelten Abflüsse bei. Hinsichtlich der Sensitivität von Abflussmessungen ist zu unterscheiden zwischen der Genauigkeit der Wasserstandserfassung während einer Messung und der Durchflussmessung selbst. Bei der Abschätzung der Genauigkeit von Abflussmessungen muss, analog zu den Wasserstandsablesungen, zwischen den Abflussmessungen bei Niedrig-, Mittel- und Hochwasserständen unterschieden werden. Die Genauigkeit der Abflussmessungen hängt sehr stark von den örtlichen Verhältnissen an dem jeweiligen Pegel ab, allgemeingültige Aussagen für alle Pegel sind nicht möglich. Tendenziell ist zu erwarten, dass die Abflussmessungen bei mittleren Verhältnissen besser erfassbar sind als bei extrem hohen Abflüssen. Bei sehr hohen Abflüssen sind die Abflussverhältnisse nicht immer klar definiert, die Turbulenzen nehmen zu und das Vorland wird überströmt. Ergänzend ändert sich der Abfluss während der Messung in einer Hochwasserwelle aufgrund der hydrologischen Geschehnisse. Gemäß den Erfahrungen einiger Pegelbetreiber unterliegen Abflussmessungen bei Niedrigwasser einer Unsicherheit von $\pm 5 \%$. Für Mittelwasserstände nimmt das Streumaß auf rund $\pm 3 \%$ ab und steigt bei Abflussmessungen während Hochwasserereignissen auf ± 5 bis $\pm 10 \%$. Im Falle extremer Ereignisse können die Unschärfen auch zwischen ± 10 bis $\pm 20 \%$ ansteigen. Im Rahmen der

Durchflussmessungen werden unterschiedliche Verfahren eingesetzt. Im Bereich der großen Profile kommen in den letzten Jahren bevorzugt ADCP-Messungen zum Einsatz.

Unsicherheiten in der Aussage bzgl. C_s , S_s bestehen hinsichtlich der Genauigkeit der angewendeten Messverfahren und der Repräsentativität der Daten. Das Ergebnis ist abhängig von der Lage der Einpunktentnahmestelle und seiner Repräsentativität für den gesamten Gewässerquerschnitt, der ausreichend genauen Messung bei Niedrig- und Hochwasserereignissen, der Ausführung der Probennahme in der Praxis und der Art des Filtrierverfahrens. Die Vernachlässigung von horizontalen Konzentrationsgradienten beispielsweise unterhalb von Zuflüssen kann, je nach Lage des Entnahmepunktes, zur Über- oder Unterschätzung der ermittelten Schwebstoffkonzentration und somit auch zur Über- und Unterschätzung der Schwebstofffrachten führen. Die Vernachlässigung des vertikalen Konzentrationsgradienten zur Flusssohle hin führt bei der Entnahme von Oberflächenproben zur Unterschätzung der ermittelten Schwebstofffracht.

Die Unsicherheiten der Messung mit Trübungssonden sind stark abhängig davon, ob eine begleitende Kalibrierung der optischen Signale und entsprechend sinnvolle Umrechnung in Schwebstoffkonzentrationen erfolgt. Trübung ist ein optisch subjektiver Eindruck. Er entsteht durch die Absorption und Streuung von Licht an ungelösten Feststoffen im Wasser. In Abhängigkeit der Partikelanzahl, -form, -größe und der Zusammensetzung der Partikel verändert sich der Trübungsgrad.

Ein standardmäßiger messtechnischer Ansatz zur Bestimmung der Trübung sind optische Sonden, die das Streulicht im 90°-Winkel messen (ISO 7027/DIN EN 27027). Da Trübung keine fest definierte Größe ist, müssen die optischen Sonden mit Vergleichsstandards kalibriert werden. Abbildung B-A2-2-2 zeigt den Einfluss der mittleren Korngröße auf den Trübungsgrad bei konstanter Schwebstoffkonzentration.

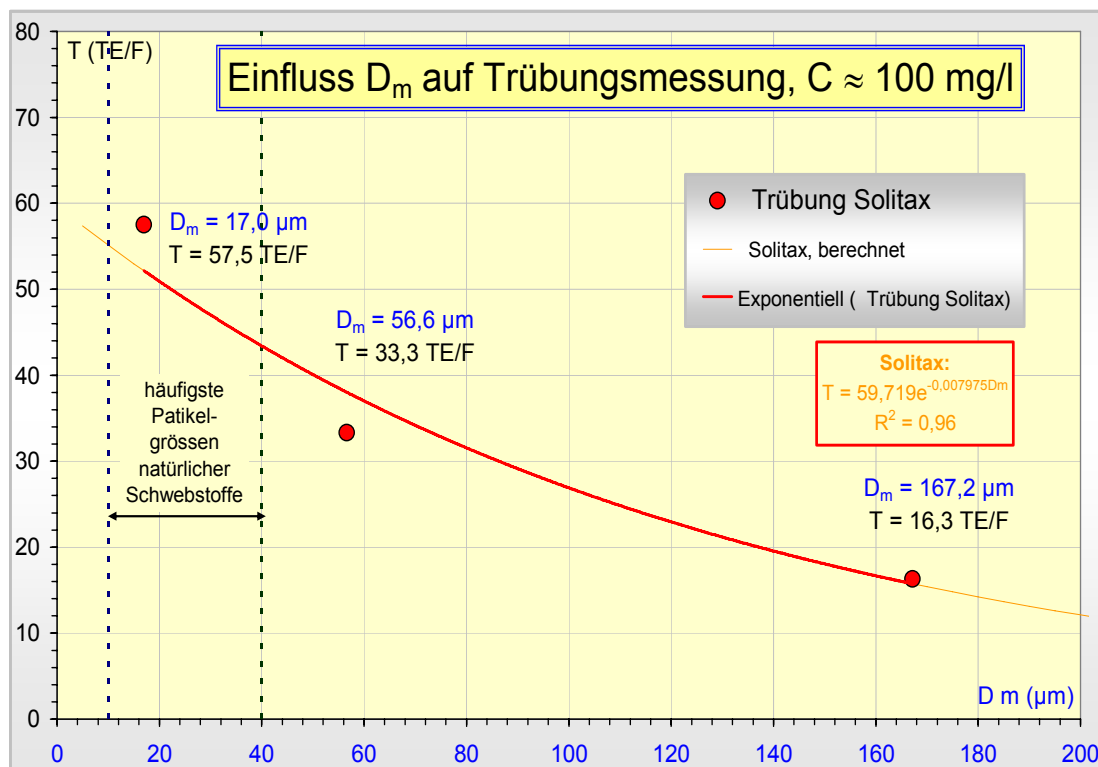


Abbildung B-A2-2-2: Einfluss der mittleren Korngröße (D_m) auf die Trübungsmessung.

Das Beispiel demonstriert, wie stark die Trübungswerte von Partikeleigenschaften beeinflusst sein können. Da in Fließgewässern die Zusammensetzung der Schwebstoffe (Partikelgröße, -form, Mineralogie etc.) natürlicherweise starken Schwankungen unterliegt,

ist offensichtlich, dass weder eine Kalibrierung der Sonden vorab noch eine ereignisunabhängige Kalibrierung möglich ist. Die Trübungsmessungen im Elbegebiet wurden bisher unkalibriert verwendet. Im Rahmen der Erstellung des Sedimentmanagementkonzeptes Elbe konnte die BfG einen Abgleich mit gemessenen Schwebstoffkonzentrationen (Daten des WSV-Schwebstoffmonitoring) vornehmen. Der Einsatz von Sonden bringt auch andere Einschränkungen mit sich. Sie werden häufig von Algen bewachsen, daher werden die optischen Sonden mit einer automatischen Wischerreinigung ausgestattet in ein Rohr eingebaut oder mit einem umweltfreundlichen Antifouling-Anstrich bestrichen. Ein Algenbewuchs ist in Abhängigkeit der Randbedingungen des Gewässers vollständig nicht zu vermeiden.

Literatur

BfG (2013): Fachbeiträge zum Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. [in Vorbereitung]

KEMP (2013): FGG Elbe (Hrsg.): Koordiniertes Elbemessprogramm (KEMP) 2012. 24 S. Magdeburg 2011

A2-3 Auswahl der elberelevanten Schadstoffe und Klassifizierung der Schwebstoffe und Sedimente an den Bezugsmessstellen

Partikelgebundene Schadstoffe stellen aufgrund ihrer Akkumulierbarkeit, Persistenz und ökotoxikologische Wirkung ein hohes Umweltrisiko dar. Für eine sinnvolle Beschreibung des chemischen Zustandes der Fließgewässersysteme mit ihren Auen und Marschen sowie der Übergangs-, Küsten- und Meeresregion bedarf es daher – insbesondere im Hinblick auf eine ganzheitliche Bewertung der Schadstoffsituation – einer umfassenden Berücksichtigung der Feststoffphase. Wird ausschließlich die wässrige Phase betrachtet, so bleibt der Stoffanteil, der sich in der partikulären Phase befindet, unberücksichtigt. Zur ganzheitlichen Bewertung der Qualität der Gewässer und zur Erreichung ihres guten Zustands ist es daher notwendig, neben den Qualitätsnormen für die Wasserphase auch Qualitätsziele für Sedimente und Schwebstoffe zu etablieren. Aufgrund der flussgebietstypischen Zusammensetzung des Schadstoffinventars, sollte dies auf Einzugsgebietsebene vollzogen werden. Das tatsächliche Ausmaß des Risikos wird durch die Höhe der Belastung (Schadstoffkonzentrationen), die Verfügbarkeit der Schadstoffe sowie durch die Sensitivität des Schutzgutes bestimmt. Bestehende Regelungen über maximal tolerierbare Schadstoffkonzentrationen tragen dem jeweils aus der Perspektive des Schutzziels Rechnung. Für ein- und desselben Schadstoff können folglich unterschiedlich strenge Anforderungen bestehen.

Schutzgüter

Für eine stichhaltige Beschreibung des qualitativen Gewässerzustandes bedarf es einer umfassenden Berücksichtigung der von partikulär gebundenen Schadstoffen ausgehenden Risiken. Die Auswahl der 29 elberelevanten Schadstoffe erfolgte in Übereinstimmung mit dem Ansatz des ersten Bewirtschaftungsplans (FGG Elbe 2009), der den guten Zustand der aquatischen und der von ihnen abhängigen Landökosysteme, die menschliche Gesundheit und die nachhaltige Sedimentbewirtschaftung berücksichtigt. Im Einzelnen wurden folgende Schutzgüter betrachtet:

- a. Chemischer und ökologischer Zustand der Gewässer
- b. Integrität der aquatischen Lebensgemeinschaft in marinen und Küstengewässern
- c. Integrität der aquatischen Lebensgemeinschaft in Süßgewässern
- d. Bodenschutz (Aue / Marsch)
- e. Menschliche Gesundheit

Auswahl der Stoffe

Angewendet wurde ein zweistufiges Verfahren, dessen erster Schritt in der Erfassung aller potenziell relevanten Stoffe besteht. Dazu wurden nationale Regelungen (Gesetze, Verordnungen, Handlungsanweisungen), deutsch-tschechische Vereinbarungen (IKSE), und internationale Übereinkommen (OSPAR) im Hinblick auf solche Stoffe ausgewertet, bei denen die Einhaltung der Qualitätsnormen von der Sedimentqualität direkt oder indirekt abhängt. Diese Stoffe sind persistent, toxisch, bioakkumulierbar und adsorptiv. Quantitatives Kriterium ist ein hoher Verteilungskoeffizient Feststoff/Wasser ($\log K_{ow} > 3,5$). Eine vollständige Übersicht der herangezogenen nationalen und internationalen Rechtsgrundlagen, Regelungen und Übereinkommen findet sich in Tabelle T-A2-3-1. In einem zweiten Schritt wurden aus diesem Kreis die Stoffe ausgewählt, die auf Grund ihres nachweislich erhöhten Vorkommens elberelevant sind. Dazu wurde auf der Basis der verfügbaren Daten der Jahre 2003 – 2008 der Bezugsmessstellen des internationalen Elbegebietes eine detaillierte Einschätzung der Schadstoffsituation vorgenommen. In der Regel handelt es sich um Stoffe, für die im ersten Bewirtschaftungsplan bereits Reduktionsanforderungen aufgestellt wurden. In der Tabelle T-A2-3-2 ist die gemeinsame deutsch-tschechische Auswahl der Stoffe im Ergebnis dieser zweistufigen Auswertung aufgeführt.

Klassifizierung

Aus dem Herangehen im Hinblick auf die Schutzgüter und Regelungsebenen leiten sich die generellen Maßgaben zur Ableitung des Klassifizierungsansatzes ab. Einbezogen wurden (vgl. Tabelle T-A2-3-1):

1. der geltende Regelungsstand: Umweltqualitätsnormen der EG-WRRL und deren nationale Umsetzungen in Deutschland und der Tschechischen Republik (OGewV 2011; 23/2011 Sb.), international vereinbarte Zielstellungen zum Schutz des Nordostatlantik (OSPAR) und in deren Folge die Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in Küstengewässern (GÜBAK 2009), Vorsorgewerte zur Sicher- und Wiederherstellung der Bodenfunktion (BBodSchV) und Normen Schutz der menschlichen Gesundheit (EU Normen über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung, über Speisefischbelastungen).
2. der Stand der wissenschaftlichen Diskussion zum Thema „Qualitätsstandards für Sedimente“ die Zielvorgaben für Sedimente nach dem Stand des Wissens (de Deckere et al. 2011, MacDonald et al. 2000)
3. umfangreiche statistische Auswertungen der vorliegenden Daten zur Schadstoffbelastung der Sedimente der Elbe.

Es werden drei Klassen gebildet (vgl. T-A2-3-2):

- Unterschreitung eines unteren Schwellenwertes (grün)
- zwischen einem unteren und einem oberen Schwellenwert (gelb)
- Überschreitung eines oberen Schwellenwertes (rot)

Der untere Schwellenwert wird für jeden relevanten Schadstoff durch die „formal schärfste Anforderung“ gebildet. Die „formal schärfste Anforderung“ ist jeweils der kleinste Gehalt in der Reihung der Qualitätsanforderungen an das Sediment über alle als gleichrangig betrachteten Schutz- und Nutzungsansprüche hinweg („Schutzgüter“ s.o.). Dieser Wert stellt eine schadstoffspezifische, formale Grenze dar, unterhalb derer nach gegenwärtigem Kenntnis- und Regelungsstand alle von einem guten Sedimentzustand abhängenden Bewirtschaftungsziele zeitlich uneingeschränkt und standortunabhängig erreicht werden können. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die „formal schärfsten Anforderungen“ in allen Oberflächenwasserkörpern der FGG-Elbe unmittelbar einzuhalten sind oder gar Maßnahmen erzwingen. Zum einen sind geogen bedingt erhöhte Hintergrundgehalte bei der Aus- und Bewertung zu berücksichtigen. Zum anderen gelten nicht alle Handlungsziele überall; Meeresschutzziele per Definition für den Übergangs-, Küsten- und Meeresbereich. Es kann jedoch z.B. im Interesse des gemeinschaftlichen Meeresschutzanliegens erforderlich sein, bereits weit im Oberliegerbereich zu den Meeresschutzziele hinreichende Schadstoffreduzierungsmaßnahmen zu ergreifen. Deren Wirksamkeit ist dann an den marinen Schutzziele zu messen. Es handelt sich bei den „formal schärfsten Anforderungen“ nicht um die Vorwegnahme eines konkreten Handlungsziels.

Der obere Schwellenwert wird grundsätzlich durch die im Rahmen der nationalen Umsetzungen der EG-WRRL (OGewV - Anlage 5 bzw. 23/2011 Sb. - část B. Tab.2) gültigen UQN für Schadstoffe in Sedimenten definiert. Beide nationalen Regelungen werden im Kontext des Sedimentmanagementkonzepts als inhaltlich gleichrangig angesehen. Bezüglich der ausgewiesenen elberelevanten, dominant partikelassoziierten anorganischen und organischen Schadstoffe ergänzen sich die beiden Verordnungen in hohem Maße, aber auch in der Summe aus deutscher Oberflächengewässerverordnung und tschechischer Verordnung 23/20112 Sb. vom 22. Dezember 2010 werden nicht alle elberelevanten Schadstoffe geregelt. Für die nicht durch UQN geregelten Schadstoffe gelten in dieser Abstufung nachfolgende Ableitungskriterien:

- Der „obere Schwellenwert“ für Schadstoffe, für die zurzeit keine direkt verbindlichen gesetzlichen Regelungen bestehen, wird der Consensus 2-Wert „Probable Effect Level“

(concentrations above this level will certainly result in toxic effects), nach de Deckere et al. (2011). Hierbei handelt es sich um einen ökotoxikologisch abgeleiteten Wert zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaft.

- Wird ein entsprechender Stoff auch bei de Deckere et al. (2011) nicht geregelt, so wird auf den GÜBAK- Richtwert 2 zurückgegriffen. Eine Überschreitung dieses Richtwertes besagt, dass das zu bewertende Material im Vergleich zu rezenten Sedimenten des Küstenbereiches als deutlich höher belastet gilt.
- Für die Dioxine und Furane wird der „Safe-Sediment-Value“ herangezogen.

Anwendung des Klassifizierungsansatzes und Aussagekraft

Die Klassifizierung der Schwebstoffe und Sedimente stellt *ein* Element der Zustandsbewertung und damit der Risikoanalyse dar und darf nicht mit dieser gleichgesetzt werden. Die Überschreitung des Oberen Schwellenwertes impliziert das Erfordernis einer quellenbezogenen Risikoanalyse gemäß Anlage A2-6. Die Klassifizierung gilt im Rahmen des nationalen und internationalen Sedimentmanagementkonzepts im Elbe-EZG und dient dessen Zielen. Sie wird an den Bezugsmessstellen der Elbe und der relevanten Nebenflüsse angewendet. Die Einstufung an einer Bezugsmessstelle soll anhand der einzelnen Jahresmittelwerte erfolgen. Die Klassifizierung schafft einen Überblick über die Schadstoffbelastung und macht räumliche und zeitliche Veränderung in der Sedimentqualität nachvollziehbar. Abbildung B-A2-3-1 macht das am Beispiel von Cd deutlich.

Die Klassifizierung wird anhand der verfügbaren normativen Vorgaben vorgenommen. Für deren Ableitung wurde in Bezug auf die Sedimentfraktion, auf die sich die Norm bezieht, nicht einheitlich verfahren. Die daraus resultierende Unsicherheit ist jedoch vertretbar, da der Klassifizierungsansatz auf Feinsedimente Anwendung findet. Die Tabelle T-A2-3-3 zeigt die 29 relevanten Schadstoffe für das Sedimentmanagement im Einzugsgebiet der Elbe. Ihnen zugeordnet werden die jeweiligen unteren und oberen Schwellenwerte gemäß dem Schadstoff/Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe / IKSE. Ebenfalls aufgelistet, ist die geltende Regelungsebene, die den jeweiligen unteren oder oberen Schwellenwert definiert. Die Spalten „Schwermetalle“ und „Organika“ beschreiben die in den Regelungen entsprechend genannten Normierungen der Korngrößen in den Fraktionen < 2 mm, < 20 µm und < 63 µm.

Formal schärfste Anforderung

Die Werte für die „formal schärfste Anforderung“ im Rahmen des FGG-Elbe / IKSE – Sedimentmanagementkonzepts wurden erfasst, indem die jeweils „strengste“ Anforderung unter Berücksichtigung aller relevanter Nutzungsansprüche (direkte und indirekte Verfahren) herangezogen wurde. Die Ermittlung von Werten der "formal schärfsten Anforderung" heißt nicht, dass diese Werte in allen Oberflächenwasserkörpern der FGG Elbe unmittelbar einzuhalten sind. Im Binnenbereich sind jedoch solche Schadstoffreduzierungsmaßnahmen zu treffen, die die Erreichung der marinen Schutzziele sichern können. Geogenbedingt erhöhte Hintergrundgehalte sind bei der Aus- und Bewertung zu berücksichtigen. Es handelt sich daher nicht um die Vorwegnahme eines konkreten Handlungsziels.

Tabelle T-A2-3-1: Relevante Schadstoffe für das Sedimentmanagement im Einzugsgebiet der Elbe

Nr.	Stoff	Maßeinheit	OGewV *	23/2011 Sb.**
1	Quecksilber (Hg)	mg/kg		Éást B. Tab.2
2	Cadmium (Cd)	mg/kg		Éást B. Tab.2
3	Blei (Pb)	mg/kg		Éást B. Tab.2
4	Zink (Zn)	mg/kg	Anlage 5	
5	Kupfer (Cu)	mg/kg	Anlage 5	
6	Nickel (Ni)	mg/kg		Éást B. Tab.2
7	Arsen (As)	mg/kg	Anlage 5	
8	Chrom (Cr)	mg/kg	Anlage 5	
9	á - Hexachlorcyclohexan (á-HCH)	µg/kg		
10	â - Hexachlorcyclohexan (â-HCH)	µg/kg		
11	ã - Hexachlorcyclohexan (ã-HCH)	µg/kg		Éást B. Tab.2
12	p,p´Dichlordiphenyltrichlorethan (p,p´DDT)	µg/kg		
13	p,p´Dichlordiphenyltrichlorethan (p,p´DDE)	µg/kg		
14	p,p´Dichlordiphenyldichlorethan (p,p´DDD)	µg/kg		
15	Polychlorierte Biphenyle PCB-28	µg/kg	Anlage 5	
16	Polychlorierte Biphenyle PCB-52	µg/kg	Anlage 5	
17	Polychlorierte Biphenyle PCB-101	µg/kg	Anlage 5	
18	Polychlorierte Biphenyle PCB-118	µg/kg	Anlage 5	
19	Polychlorierte Biphenyle PCB-138	µg/kg	Anlage 5	
20	Polychlorierte Biphenyle PCB-153	µg/kg	Anlage 5	
21	Polychlorierte Biphenyle PCB-180	µg/kg	Anlage 5	
22	Pentachlorbenzen	µg/kg		Éást B. Tab.2
23	Hexachlorbenzol (HCB)	µg/kg		Éást B. Tab.2
24	Benzo(a)pyren	mg/kg		
25	Anthracen	mg/kg		Éást B. Tab.2
26	Fluoranthen	mg/kg		Éást B. Tab.2
27	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (Σ PAK)	mg/kg		Éást B. Tab.2
28	TBT	µg/kg		Éást B. Tab.2
29	Dioxine und Furane	ng TEQ/kg		

* Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) vom 20. Juli 2011 (BGBl. I S. 1429): Anlage 5 zu § 2 Nummer 6, § 5 Absatz 4 Satz 2 und 3, § 9 Absatz 2 Satz 1

** Regierungsverordnung vom 22. Dezember 2010 zur Änderung der Regierungsverordnung 61/2003 Sb. über Parameter und Werte der zulässigen Belastung von Oberflächengewässern und Abwasser, Grundlagen der Genehmigung von Abwassereinleitungen in Oberflächengewässer und in die Kanalisationen sowie über empfindliche Gebiete, in der Fassung der Regierungsverordnung 229/2007 Sb., Tabelle 2 des Teil B, S. 255

Fortsetzung Tabelle T-A2-3-1:

Nr.	Stoff	Maß- einheit	formal schärfste Anforderung	formale Anforderung	Schutzgut /Ebene	Regelungsebene		
						Int.	CZ	D
1	Hg	mg/kg		0,47	a.		23/2011 Sb. ¹	
			0,15	0,15	b.	OSPAR ₂₀₁₀ ERL ²		
				0,23	c.	de Deckere (C1) ³		
				0,1-1,0	d.			BBodSchV _(Vorsorgewert Sand, Schluff/Lehm, Ton) ⁴
				0,5	e.	EU Norm über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung ⁵ , EU Norm über Speisefischbelastungen (abgeleitete Werte nach Heise et al. 2008) ⁵		SHmV ⁶
2	Cd	mg/kg		2,3	a.		23/2011 Sb. ¹	
				1,2	b.	OSPAR ₂₀₁₀ ERL ²		
				0,93	c.	de Deckere (C1) ³		
				0,4-1,5	d.			BBodSchV _(Vorsorgewert Sand, Schluff/Lehm, Ton) ⁴
			0,22	0,22	e.	EU Norm über Speisefischbelastungen (abgeleiteter Wert nach Heise et al. 2008) ⁵		
3	Pb	mg/kg		53	a.		23/2011 Sb. ¹	
				47	b.	OSPAR ₂₀₁₀ ERL ²		
			25	25	c.	de Deckere (C1) ³		
				40-100	d.			BBodSchV _(Vorsorgewert Sand, Schluff/Lehm, Ton) ⁴
				60	e.	EU Norm über Speisefischbelastungen (abgeleiteter Wert nach Heise et al. 2008) ⁵		

Fortsetzung Tabelle T-A2-3-1:

Nr.	Stoff	Maß- einheit	formal schärfste Anforderung	formale Anforderung	Schutzgut /Ebene	Regelungsebene		
						Int.	CZ	D
4	Zn	mg/kg		800	a.			OGewV'
				300	b.			GÜBAK (R1) ⁸
				146	c.	de Deckere (C1) ³		
			60-200	60-200	d.			BBodSchV ₄ (Vorsorgewert Sand, Schluff/Lehm, Ton)
					e.			
5	Cu	mg/kg		160	a.			OGewV'
				30	b.			GÜBAK (R1) ⁸
			14	14	c.	de Deckere (C1) ³		
				40-60	d.			BBodSchV ₄ (Vorsorgewert Schluff/Lehm, Ton)
					e.			
6	Ni	mg/kg	3	3	a.		23/2011 Sb. ¹	
				70	b.			GÜBAK (R1) ⁸
				11	c.	de Deckere (C1) ³		
				15-70	d.			BBodSchV ₄ (Vorsorgewert Sand, Schluff/Lehm, Ton)
					e.			
7	As	mg/kg		40	a.			OGewV'
				40	b.			GÜBAK (R1) ⁸
			7,9	7,9	c.	de Deckere (C1) ³		
					d.			
				10	e.	EU Norm über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung (abgeleiteter Wert nach Heise et al. 2008) ⁵		

Fortsetzung Tabelle T-A2-3-1:

Nr.	Stoff	Maßeinheit	formal schärfste Anforderung	formale Anforderung	Schutzgut /Ebene	Regelungsebene		
						Int.	CZ	D
8	Cr	mg/kg		640	a.			OGewV'
				120	b.			GÜBAK (R1) ⁹
			26	26	c.	de Deckere (C1) ³		
				30-100	d.			BBodSchV _{(Vorsorgewert} ⁴ Sand, Schluff/Lehm, Ton)
					e.			
9	â-HCH	µg/kg			a.			
			0,5	0,5	b.			GÜBAK (R1) ⁸
					c.			
					d.			
				100	e.	EU Norm über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung (abgeleiteter Wert nach Heise et al. 2008) ⁵		
			12				RHmV ⁹	
10	â-HCH	µg/kg			a.		-	
					b.			
					c.			
					d.			
				50	e.	EU Norm über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung (abgeleiteter Wert nach Heise et al. 2008) ⁵		
			5	5			RHmV ⁹	

Fortsetzung Tabelle T-A2-3-1:

Nr.	Stoff	Maß- einheit	formal schärfste Anforderung	formale Anforderung	Schutzgut /Ebene	Regelungsebene			
						Int.	CZ	D	
11	ä-HCH	µg/kg		10	a.		23/2011 Sb. ¹		
			0,5	0,5	b.			GÜBAK (R1) ⁸	
					c.				
					d.				
				1000	e.	EU Norm über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung (abgeleiteter Wert nach Heise et al. 2008) ⁵			
			75				RHmV ⁹		
12	p,p'DDT	µg/kg			a.				
			1	1	b.			GÜBAK (R1) ⁸	
				4,16 (Sum DDT)	c.	MacDonald ³			
					d.				
					e.				
13	p,p-DDE	µg/kg		1	a.				
			0,31	0,31	b.			GÜBAK (R1) ⁸	
					c.	de Deckere (C1) ³			
					d.				
					e.				
14	p,p'DDD	µg/kg		2	a.				
			0,06	0,06	b.			GÜBAK (R1) ⁸	
					c.	de Deckere (C1) ³			
					d.				
					e.				

Fortsetzung Tabelle T-A2-3-1:

Nr.	Stoff	Maß- einheit	formal schärfste Anforderung	formale Anforderung	Schutzgut /Ebene	Regelungsebene		
						Int.	CZ	D
15	PCB-28	µg/kg		20	a.			OGewV ¹
				1,7	b.	OSPAR _{2010 EAC} ²		
			0,04	0,04	c.	de Deckere (C1) ³		
					d.			
				250	e.			SHmV ⁶
16	PCB-52	µg/kg		20	a.			OGewV ¹
				2,7	b.	OSPAR _{2010 EAC} ²		
			0,1	0,1	c.	de Deckere (C1) ³		
					d.			
				250	e.			SHmV ⁶
17	PCB-101	µg/kg		20	a.			OGewV ¹
				3,0	b.	OSPAR _{2010 EAC} ²		
			0,54	0,54	c.	de Deckere (C1) ³		
					d.			
				250	e.			SHmV ⁶
18	PCB-118	µg/kg		20	a.			OGewV ¹
				0,6	b.	OSPAR _{2010 EAC} ²		
			0,43	0,43	c.	de Deckere (C1) ³		
					d.			
					e.			
19	PCB-138	µg/kg		20	a.			OGewV ¹
				7,9	b.	OSPAR _{2010 EAC} ²		
			1	1	c.	de Deckere (C1) ³		
					d.			
				400	e.			SHmV ⁶

Fortsetzung Tabelle T-A2-3-1:

Nr.	Stoff	Maß- einheit	formal schärfste Anforderung	formale Anforderung	Schutzgut / Ebene	Regelungsebene		
						Int.	CZ	D
20	PCB-153	µg/kg		20	a.			OGewV ⁷
				40	b.	OSPAR _{2010 EAC} ²		
			1,5	1,5	c.	de Deckere (C1) ³		
					d.			
				400	e.			SHmV ⁶
21	PCB-180	µg/kg		20	a.			OGewV ⁷
				12	b.	OSPAR _{2010 EAC} ²		
			0,44	0,44	c.	de Deckere (C1) ³		
					d.			
				250	e.			SHmV ⁶
22	Penta- chlor- benzen	µg/kg		400	a.		23/2011 Sb. ¹	
			1	1	b.			GÜBAK (R1) ⁸
					c.			
					d.			
					e.			
23	HCB	µg/kg		17	a.		23/2011 Sb. ¹	
				1,8	b.			GÜBAK (R1) ⁸
			0,0004	0,0004	c.	de Deckere (C1) ³		
					d.			
				50	e.	EU Norm über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung (abgeleiteter Wert nach Heise et al. 2008) ⁵		
			12,5				RHmV ⁹	

Fortsetzung Tabelle T-A2-3-1:

Nr.	Stoff	Maß- einheit	formal schärfste Anforderung	formale Anforderung	Schutzgut /Ebene	Regelungsebene		
						Int.	CZ	D
24	Benzo(a)- pyren	mg/kg		0,43	a.			
				0,14	b.	OSPAR _{2010 ERL} ²		
					c.	de Deckere (C1) ³		
					d.			
			0,01	0,01	e.	EU Norm über Speisefischbelastungen (abgeleiteter Wert nach Heise et al. 2008) ⁵		
25	Anthracen	mg/kg		0,31	a.		23/2011 Sb. ¹	
				0,78	b.	OSPAR _{2010 EAC} ²		
			0,03	0,03	c.	de Deckere (C1) ³		
					d.			
					e.			
26	Fluor- anthen	mg/kg	0,18	0,18	a.		23/2011 Sb. ¹	
				0,25	b.	OSPAR _{2010 EAC} ²		
				0,25	c.	de Deckere (C1) ³		
					d.			
					e.			
27	Σ PAK	mg/kg		2,5*	a.		23/2011 Sb. ¹	
			0,6*	0,6*	b.			GÜBAK (R1) ⁸
				0,62*	c.	de Deckere (C1) ³		
					d.			
					e.			

Fortsetzung Tabelle T-A2-3-1:

Nr.	Stoff	Maß- einheit	formal schärfste Anforderung	formale Anforderung	Schutzgut /Ebene	Regelungsebene		
						Int.	CZ	D
28	TBT	µg/kg	0,02	0,02	a.		23/2011 Sb. ¹	
				20	b.			GÜBAK (R1) ⁸
					c.			
					d.			
					e.			
29	Dioxine und Furane	ngTEQ /kg			a.			
					b.			
				20	c.			
					d.	„Safe sediment value“ ¹⁰		
			5	5	e.	2. Bericht der Bund Länder-AG Dioxine [1993] ¹¹		

*PAK = Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(g,h,i)perylen, Benzo(k)fluoranthen, Indeno(1,2,3)pyren

Tabelle T-A2-3-2: Elberelevante Schadstoffe und Schwellenwerte zur Sedimentklassifizierung

Nr.	Stoff	Maß- einheit	Unterer Schwellenwert USW		Oberer Schwellenwert OSW	Quelle OSW
1	Quecksilber	mg/kg	0,15	0,15 – 0,47	> 0,47	23/2011 Sb.
2	Cadmium	mg/kg	0,22	0,22 – 2,3	2,3	23/2011 Sb.
3	Blei	mg/kg	25	25 – 53	53	23/2011 Sb.
4	Zink	mg/kg	200	200 – 800	800	OGewV 2011
5	Kupfer	mg/kg	14	14 – 160	160	OGewV 2011
6	Nickel ¹	mg/kg	-		3	23/2011 Sb.
7	Arsen	mg/kg	7,9	7,9 - 40	40	OGewV 2011
8	Chrom	mg/kg	26	26 – 640	640	OGewV 2011
9	α-HCH	µg/kg	0,5	0,5 – 1,5	1,5	GÜBAK 2009
10	β-HCH ¹	µg/kg	-		5	RHmV 1999
11	γ-HCH	µg/kg	0,5	0,5 – 1,5	1,5	GÜBAK 2009
12	p,p' DDT	µg/kg	1	1 - 3	3	GÜBAK 2009
13	p,p' DDE	µg/kg	0,31	0,31 – 6,8	6,8	de Deckere 2011
14	p,p' DDD	µg/kg	0,06	0,06 – 3,2	3,2	de Deckere 2011
15	PCB-28	µg/kg	0,04	0,04 - 20	20	OGewV 2011
16	PCB-52	µg/kg	0,1	0,1 - 20	20	OGewV 2011
17	PCB-101	µg/kg	0,54	0,54 - 20	20	OGewV 2011
18	PCB-118	µg/kg	0,43	0,43 - 20	20	OGewV 2011
19	PCB-138	µg/kg	1	1 - 20	20	OGewV 2011
20	PCB-153	µg/kg	1,5	1,5 - 20	20	OGewV 2011
21	PCB-180	µg/kg	0,44	0,44 - 20	20	OGewV 2011
22	Pentachlorbenzen	µg/kg	1	1 - 400	400	23/2011 Sb.
23	Hexachlorbenzol	µg/kg	0,0004	0,0004 - 17	17	23/2011 Sb.
24	Benzo(a)pyren	mg/kg	0,01	0,01 – 0,6	0,6	de Deckere 2011
25	Anthracen	mg/kg	0,03	0,03 – 0,31	0,31	23/2011 Sb.
26	Fluoranthen ¹	mg/kg	-		0,18	23/2011 Sb.
27	Σ PAK 5	mg/kg	0,6	0,6 – 2,5	2,5	23/2011 Sb.
28	TBT ¹	µg/kg	-		0,02	23/2011 Sb.
29	Dioxine/Furane	ng TEQ/kg	5	5 - 20	20	Evers et al. 1996

¹ OSW ist zugleich formal schärfste Anforderung, keine Klassifizierung möglich

Tabelle T-A2-3-3: Kornfraktionen der normativen Vorgaben für elberelevante Schadstoffe

			Oberer Schwellenwert	Regelungsebene	Schwermetalle	Organika
1	Hg	mg/kg	>0,47	23/2011 Sb.	< 20 µm	
2	Cd	mg/kg	>2,3	23/2011 Sb.	< 20 µm	
3	Pb	mg/kg	>53	23/2011 Sb.	< 20 µm	
4	Zn	mg/kg	>800	OGewV	< 63 µm	
5	Cu	mg/kg	>160	OGewV	< 63 µm	
6	Ni	mg/kg	>3	23/2011 Sb.	< 20 µm	
7	As	mg/kg	>40	OGewV	< 63 µm	
8	Cr	mg/kg	>640	OGewV	< 63 µm	
9	a-HCH	µg/kg	>1,5	GÜBAK		<63 µm
10	b-HCH	µg/kg	>5	RHmV		<2 mm*
11	g-HCH	µg/kg	>1,5	GÜBAK		<63 µm
12	pp-DDT	µg/kg	>3	GÜBAK		<63 µm
13	pp-DDE	µg/kg	>6,8	DeDeckere		<2 mm**
14	pp-DDD	µg/kg	>3,2	DeDeckere		<2 mm**
15	PCB28	µg/kg	>20	OGewV		< 63 µm
16	PCB52	µg/kg	>20	OGewV		< 63 µm
17	PCB101	µg/kg	>20	OGewV		< 63 µm
18	PCB118	µg/kg	>20	OGewV		< 63 µm
19	PCB138	µg/kg	>20	OGewV		< 63 µm
20	PCB153	µg/kg	>20	OGewV		< 63 µm
21	PCB180	µg/kg	>20	OGewV		< 63 µm
22	PeCB	µg/kg	>400	23/2011 Sb.		<2 mm
23	HCB	µg/kg	>17	23/2011 Sb.		<2 mm
24	Benzo-a-pyren	mg/kg	>0,6	DeDeckere		<2 mm**
25	Anthracen	mg/kg	>0,31	23/2011 Sb.		<2 mm
26	Fluoranthen	mg/kg	>0,18	23/2011 Sb.		<2 mm
27	Summe 5 PAK	mg/kg	>2,5	23/2011 Sb.		<2 mm
28	TBT	µg/kg	>0,02	23/2011 Sb.		<2 mm
29	Dioxine/ Furane	ng TEQ/kg	> 20	Safe Sed Value		<2 mm

* abgeleitet nach Heise et al. (2008)

Gesamt** (Normierungen unter Material und Methoden und in den Tabellen von de Deckere et al. (2011) **nicht** erwähnt)

Undefiniert*** = Die EAC-Werte nach OSPAR orientieren sich an schllickigen Sedimenten, haben aber bewusst keine definierte Normierung (es werden wahlweise TOC-Normierungen und auch regressive Verfahren erwähnt, die aber nicht ohne weiteres vom Anwender umgesetzt werden können und sollen).

Gesamt n Kö**** Gesamtgehalte, in drei Klassen, aufgeteilt nach Körnungen

Fortsetzung Tabelle T-A2-3-3

			Unterer Schwellenwert	Regelungs-ebene	Schwermetalle	Organika
1	Hg	mg/kg	<0,15	OSPAR EAC	Undefiniert***	
2	Cd	mg/kg	<0,22	EU-Norm Fisch	<2 mm	
3	Pb	mg/kg	<25	DeDeckere	<2 mm**	
4	Zn	mg/kg	<(60)-200	BBodSchV	Gesamt n Kö****	
5	Cu	mg/kg	<14	DeDeckere	<2 mm**	
6	Ni	mg/kg	<3	23/2011 Sb.	< 20 µm	
7	As	mg/kg	<7,9	DeDeckere	<2 mm**	
8	Cr	mg/kg	<26	DeDeckere	<2 mm**	
9	a-HCH	µg/kg	<0,5	GÜBAK		<63 µm
10	b-HCH	µg/kg	<5	RHmV		<2 mm*
11	g-HCH	µg/kg	<0,5	GÜBAK		<63 µm
12	pp-DDT	µg/kg	<1	GÜBAK		<63 µm
13	pp-DDE	µg/kg	<0,31	DeDeckere		<2 mm**
14	pp-DDD	µg/kg	<0,06	DeDeckere		<2 mm**
15	PCB28	µg/kg	<0,04	DeDeckere		<2 mm**
16	PCB52	µg/kg	<0,1	DeDeckere		<2 mm**
17	PCB101	µg/kg	<0,54	DeDeckere		<2 mm**
18	PCB118	µg/kg	<0,43	DeDeckere		<2 mm**
19	PCB138	µg/kg	<1	DeDeckere		<2 mm**
20	PCB153	µg/kg	<1,5	DeDeckere		<2 mm**
21	PCB180	µg/kg	<0,44	DeDeckere		<2 mm**
22	PeCB	µg/kg	<1	GÜBAK		<63 µm
23	HCB	µg/kg	<0,0004	DeDeckere		<2 mm**
24	Benzo-a-pyren	mg/kg	<0,01	EU-Norm Fisch		<2 mm
25	Anthracen	mg/kg	<0,03	DeDeckere		<2 mm**
26	Fluoranthen	mg/kg	<0,18	23/2011 Sb.		<2 mm
27	Summe 5 PAK	mg/kg	<0,6	GÜBAK		<63 µm
28	TBT	µg/kg	<0,02	23/2011 Sb.		<2 mm
29	Dioxine/Furane	ng TEQ/kg	<5	2. Bericht der BLAG Dioxine 1993		<2 mm

* abgeleitet nach Heise et al. (2008)

Gesamt** (Normierungen unter Material und Methoden und in den Tabellen von de Deckere et al. (2011) **nicht** erwähnt)

Undefiniert*** = Die EAC-Werte nach OSPAR orientieren sich an schlackigen Sedimenten, haben aber bewusst keine definierte Normierung (es werden wahlweise TOC-Normierungen und auch regressive Verfahren erwähnt, die aber nicht ohne weiteres vom Anwender umgesetzt werden können und sollen).

Gesamt n Kö**** Gesamtgehalte, in drei Klassen, aufgeteilt nach Körnungen

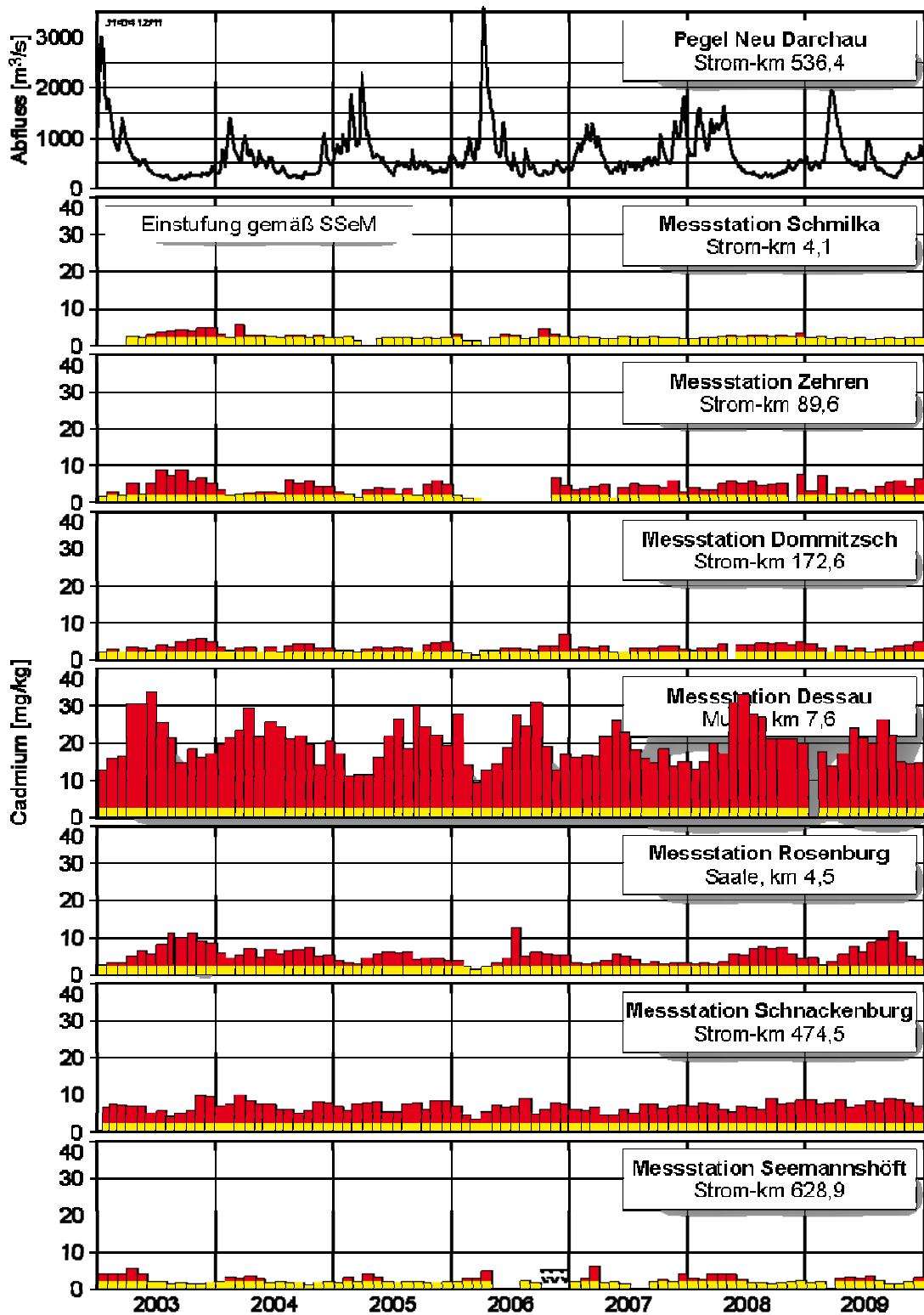


Abbildung B-A2-3-1: Cadmiumgehalte im Elbe-Längsprofil (Klassifizierung gemäß Sedimentmanagement-Konzept der FGG/IKSE)

Literatur

- ¹ Regierungsverordnung vom 22. Dezember 2010 zur Änderung der Regierungsverordnung 61/2003 Sb. über Parameter und Werte der zulässigen Belastung von Oberflächengewässern und Abwasser, Grundlagen der Genehmigung von Abwassereinleitungen in Oberflächengewässer und in die Kanalisationen sowie über empfindliche Gebiete, in der Fassung der Regierungsverordnung 229/2007 Sb.
- ² OSPAR₂₀₁₀ ERL/2010 EAC: OSPAR Commission (2009): Background Document on CEMP Assessment Criteria for OSPAR 2010. London
- ³ de Deckere E, De Cooman W, Leloup V, Meire P, Schmitt C, von der Ohe P (2011): Development of sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Journal of Soils and Sediments* 11, 504-517
- MacDonald DD, Ingersoll CG, Berger TA (2000): Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 39, 20-31
- ⁴ Bundes-Bodenschutzgesetz und Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchG / BBodSchV)
- Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), zuletzt geändert durch Artikel 16 des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585)
 - Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), zuletzt geändert durch Artikel 16 des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585)
- ⁵ Richtlinie 2002/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung in der Fassung der Bekanntmachung vom 30.05.2002 (ABl. L 140, S. 10). - Hierbei handelt es sich um eine Ableitung des Wertes nach Heise et al. 2008.
- Richtlinie 2004/24/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 31. März 2004 zur Änderung der Richtlinie 2001/83/EG zur Schaffung eines Gemeinschaftskodexes für Humanarzneimittel hinsichtlich traditioneller pflanzlicher Arzneimittel in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. April 2004 (ABl. L 136/85)
- Verordnung (EG) Nr. 208/2005 der Kommission vom 4. Februar 2005 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 466/2001 im Hinblick auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. Februar 2005 (ABl. L 34/3)
- Verordnungen 221/2002/EG, 242/2004/EG, 208/2005/EG und 199/2006 der Kommission zur Veränderung der Verordnung (EG) Nr. 466/2001 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Fischen, Muscheln und Krebstieren in der Fassung der Bekanntmachung vom 7. Februar 2002 (ABl. L 37/4)
- ⁶ Schadstoff-Höchstmengenverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Juli 2007 (BGBl. I S. 1473), zuletzt geändert durch die Verordnung vom 18. Juli 2007 (BGBl. I S. 1471) - Hierbei handelt es sich um eine Ableitung des Wertes nach Heise et al. 2008.
- ⁷ Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) vom 20. Juli 2011
- ⁸ Gemeinsame Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern (GÜBAK), BUND UND KÜSTENLÄNDER (2009): Gemeinsame Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern. O.O. Nach Absprache in der 3. Sitzung der Ad-hoc AG SSeM der FGG-Elbe am 14.10.2010 wird der Richtwert (RW) 1 der gemeinsamen Übergangsbestimmungen herangezogen.
- ⁹ Rückstands-Höchstmengenverordnung (RHmV). Rückstands-Höchstmengenverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. Oktober 1999 (BGBl. I S. 2082; 2002 I S. 1004), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 2. Oktober 2009 (BGBl. I S. 3230) - Hierbei handelt es sich um eine Ableitung des Wertes nach Heise et al. 2008.
- ¹⁰ Evers, E.H.G., Laane, R.W.P.M., Groenfeld, G.J.J. (1996): Levels, temporal trends and risks of dioxins and related compounds in the Dutch aquatic environment. *Organohalogen Compounds*. **28**, 117 - 122
- ¹¹ 2. Bericht der Bund Länder-Arbeitsgruppe Dioxine [1993], Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), Bonn.
- Heise S., Krüger F., Baborowski M., Stachel B., Götz R., Förstner U. (2008): Bewertung der Risiken durch Feststoffgebundene Schadstoffe im Elbeinzugsgebiet. Im Auftrag der Flussgebietsgemeinschaft Elbe und Hamburg Port Authority, erstellt vom Beratungszentrum für integriertes Sedimentmanagement (BIS/TuTech) an der TU Hamburg-Harburg. 349 Seiten. Hamburg. Anlage 3 – Detailinformationen zur Ableitung der Sedimentqualitätsrichtwerte.

A2-4 Hydromorphologische Risikoanalyse im deutschen Binnenbereich der Elbe im Kontext des Sedimentmanagementkonzepts

Einleitung

Die Erfassung und Bewertung des Sedimenthaushaltes als Teil des hydromorphologischen Zustandes der Elbe sowie der Unterläufe ihrer relevanten Nebenflüsse und die Ableitung von Handlungsempfehlungen erfolgen für die ausgewählten hydromorphologischen Indikator-Parameter

- **Breitenvarianz/Tiefenvarianz,**
- **Sedimentdurchgängigkeit,**
- **Korngrößenverteilung des Sohlssubstrates,**
- **Mittlere Sohlhöhenänderung – Sedimentbilanz,**
- **Uferstruktur und**
- **Aue (Verhältnis der rezenten zur morphologischen Aue)**

zur Beschreibung des Sedimenthaushaltes und der Hydromorphologie. Sämtliche, durch die Expertengruppe Hydromorphologie exemplarisch ausgewählte und durch die ad-hoc AG Schadstoffe/Sedimentmanagement (SSeM) der AG OW der FGG Elbe und den Koordinierungsrat Elbe bestätigte hydromorphologische Indikator-Parameter gelten als Zeiger für die vorherrschenden Sedimentverhältnisse und beeinflussen zugleich die Ausprägung des Sedimenthaushaltes (Quick et al. 2012). Die Indikatoren stehen stellvertretend für Habitateigenschaften, die viele einheimische Arten benötigen (z. B. Jährling 2012; Hauer et al. 2013; Noack et al. 2012, Jährling 2012; Quick et al. 2012; Quick 2012; Vollmer, Quick & Moser 2012). Die Indikatoren sind darüber hinaus sensitiv gegenüber anthropogenen Eingriffen in das Gewässersystem und gegenüber entsprechenden Beeinflussungen des Sedimenthaushaltes, dessen Auswirkungen sie direkt durch Veränderungen der gewässerstrukturellen Ausprägungen anzeigen. Der Sedimenthaushalt und die Hydromorphologie eines Gewässers stehen in engem Zusammenhang und beeinflussen sich gegenseitig.

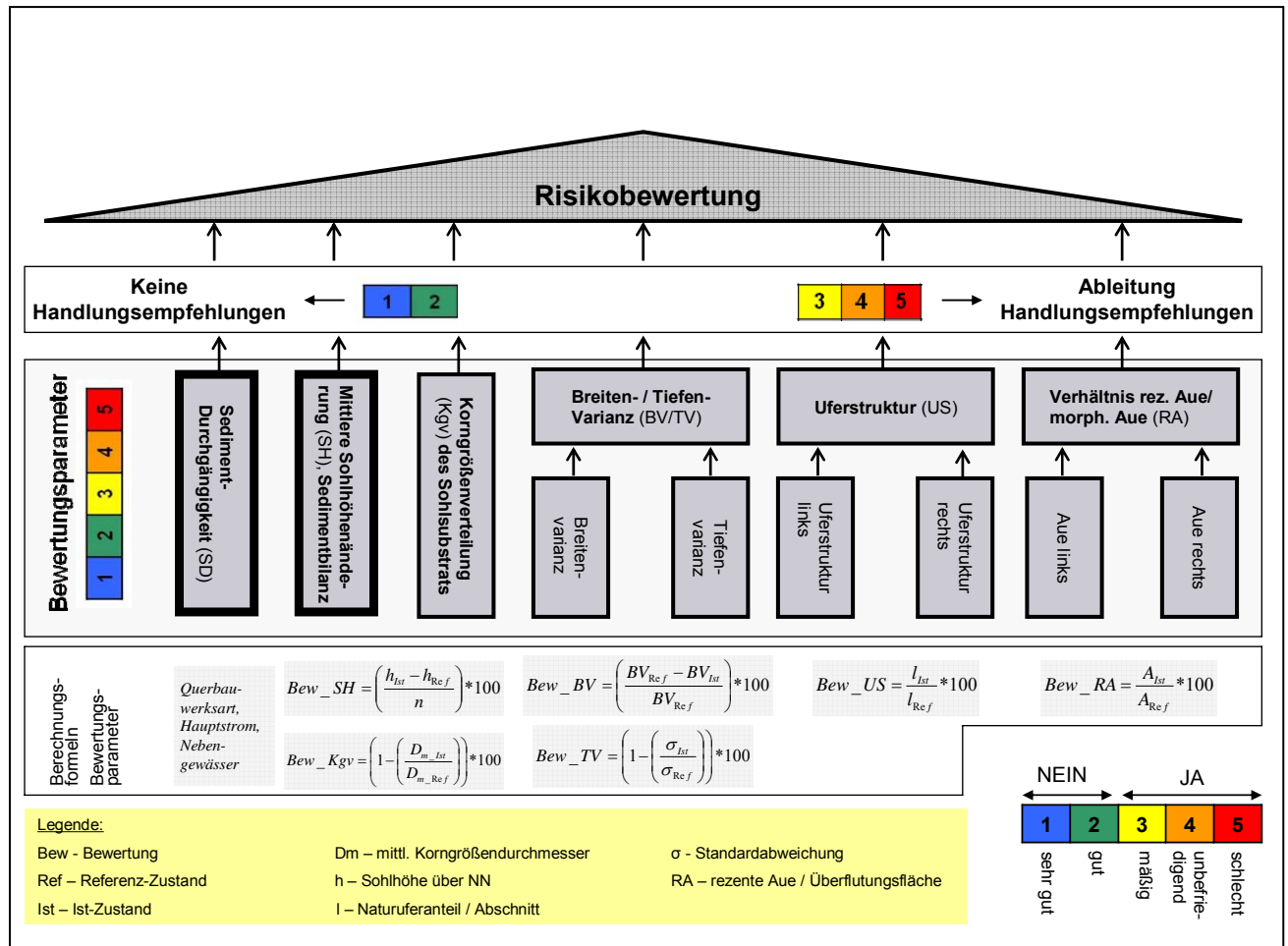
Hydromorphologische Risikoanalyse

Mit Hilfe der „**hydromorphologischen Risikoanalyse**“ wird die Kopplung zwischen (a) den Zielen Erfassung und Bewertung des Sedimenthaushaltes als Teil des hydromorphologischen Zustandes und (b) der abzuleitenden Handlungsempfehlungen zur Verbesserung des hydromorphologischen Zustandes, und somit zwischen den Mandatspunkten 4 und 5 erreicht. Gemäß der erzielten Bewertungsergebnisse wird zunächst beurteilt, ob eine Ableitung von Handlungsempfehlungen gemäß dem Mandat der FGG Elbe erforderlich ist. Durch die abgestufte Anwendung von fünf Bewertungsklassen zeigen die hydromorphologischen Indikator-Parameter mittels ihrer Bewertung das Erfordernis für die Aufstellung von Handlungsempfehlungen gemäß Mandatspunkt 5.

Klasse 1 und 2 bedeuten, dass keine Vorschläge zur Verbesserung des hydromorphologischen Zustands im Elbestrom oder den relevanten Nebenflüssen notwendig sind, da sehr gute bis gute hydromorphologische Verhältnisse sowie ein entsprechend sehr guter bis guter Sedimenthaushalt vorherrschen. Es besteht kein Risiko, die Ziele des hydromorphologischen und sedimentologischen Zustands im Kontext des Sedimentmanagementplans nicht zu erreichen. Die Klassen 3, 4 und 5 bedeuten schlechtere hydromorphologische Verhältnisse und somit einen schlechteren Sedimenthaushalt. Es müssen Handlungsempfehlungen zur Verbesserung des hydromorphologischen Zustands im Elbestrom oder den relevanten Nebenflüssen aufgestellt werden, um das Risiko der Zielverfehlung der Erreichung eines ausgeglichenen Sedimenthaushaltes und verbesserter hydromorphologischer Verhältnisse gemäß Mandat der FGG zu verhindern.

Jeder der hydromorphologischen Indikator-Parameter wird mittels des fünfstufigen Klassifizierungssystems evaluiert und fließt einzeln in die hydromorphologische

Risikoanalyse im Kontext des Sedimentmanagementkonzeptes für die Elbe für den Aspekt Hydromorphologie Binnen ein, s. Abbildung B-A2-4-1.



Quelle: Expertengruppe Hydromorphologie Binnen / hydromorphologische Aspekte des Sedimentmanagements deutsche Binnenelbe (2012); Methoden und Berechnungsformeln: Rosenzweig et al. (2012).

Abbildung B-A2-4-1: Risikoanalyse im Kontext des Sedimentmanagementkonzeptes für die Elbe für den Aspekt Hydromorphologie Binnen

Die **fünfstufige Klassifizierung** von 1 „sehr gut“ über 2 „gut“, 3 „mäßig“, 4 „unbefriedigend“ bis 5 „schlecht“ der jeweiligen hydromorphologischen Indikator-Parameter erfolgt angelehnt an die Bewertungsstufen nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL 2000). Die Methoden (Rosenzweig et al. 2012) erfolgen ebenfalls angelehnt an die Vorgaben gemäß EG-WRRL hinsichtlich der typspezifischen Referenzbedingungen (s. EG-WRRL 2000, Anh. II 1.3). D. h., dass die typspezifischen Referenzbedingungen für die zu betrachtenden Parameter der untersuchten Gewässer herangezogen werden. Klasse 1 entspricht den typspezifischen Referenzbedingungen, die Ableitung der weiteren Bewertungsstufen orientiert sich an diesem Bewertungsmaßstab als Bezugsgröße und klassifiziert anthropogen bedingte Abweichungen von dieser Referenz anhand struktureller Merkmale (vgl. auch Gewässerstrukturgütekartierungen, z. B. LAWA). Mit Hilfe der detaillierten gewässertypspezifischen und gewässerlaufabschnittsbezogenen Erfassung und Evaluation können Defizite aufgezeigt werden, die wiederum zur Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der hydromorphologischen Verhältnisse und zur Schaffung eines ausgeglichenen Sedimenthaushaltes gemäß Mandatspunkt 5 führen können. Die Merkmalsausprägungen der betrachteten Parameter sind jeweils innerhalb gewisser Spannweiten variabel. Diese Spannweiten werden mit adäquaten quantitativen Werten unterlegt, denen Bewertungsklassen zugeordnet werden.

Jeder einzelne der Indikator-Parameter wird mittels des fünfstufigen Klassifizierungssystems evaluiert und **fließt jeweils einzeln in die Risikoanalyse ein, es erfolgt keine Aggregation der Bewertungsergebnisse**. Bei Aggregationen der Bewertungsergebnisse würden sowohl gute als auch schlechte Bewertungsergebnisse i. d. R. weggemittelt werden. Auch weitere Ansätze wurden in der Expertengruppe thematisiert und als nicht geeignet angesehen wie z. B. der Ansatz „one-out-all-out“, da in diesem Fall häufig durch das schlechteste Ergebnis sämtliche Bewertungen mit der Klasse 5 erfolgen würden und den auch sehr guten bis guten sowie Klasse 3 und 4 entsprechenden Differenzierungen nicht gerecht werden würden (vgl. auch z. B. Fuhrmann 2013).

Die Parameter Breitenvarianz/Tiefenvarianz, Uferstruktur und Aue teilen sich jeweils in zwei Einzel-Parameter auf, die ebenfalls jeweils einzeln in die Ableitung der Handlungsempfehlungen eingehen. Begründet ist diese **Zweigliederung** bei der Breitenvarianz/Tiefenvarianz aufgrund der Bedeutung sowohl der Breitenvarianz als auch der Tiefenvarianz. Die **Breitenvarianz** als repräsentativer Parameter für das Querprofil / den Gerinnegrundriss drückt das Verhältnis der größten zur kleinsten Gerinnebettbreite aus und ist somit ein Maß für das Ausmaß sowie die Häufigkeit des räumlichen Wechsels der Gewässerbettbreite (LUA NRW 2001; LAWA 2000, 2002) und damit indirekt für die Vielfältigkeit des Habitatangebotes. Die **Tiefenvarianz** als repräsentativer Parameter für das Längsprofil eines Gewässers beschreibt die Häufigkeit und das Ausmaß des räumlichen Wechsels der Wassertiefen im Längsverlauf eines Flusses. Die Tiefenvarianz ist ein Maß für die Breite des Biotopspektrums und die Anzahl an Mesohabitaten wie z. B. Pool und Riffle (LAWA 2000) und ist daher ebenfalls als indirekter Indikator-Parameter für die Breite des Habitatangebotes sowie des potentiellen Artenspektrums geeignet (Quick et al. 2012). Aus den genannten Gründen der Bedeutung sowohl der Breiten- als auch der Tiefenvarianz für die Habitatverfügbarkeit wie auch –qualität finden diese beiden Ergebnisse separat Eingang in die weiteren Betrachtungen zur Risikoanalyse. Bei den beiden hydromorphologischen Indikator-Parametern **Uferstruktur und Aue** erfolgt eine Untergliederung in die jeweilige linke und rechte Gewässerseite. Da beide Indikator-Parameter je nach Ufer- und Auenseite divers bis hin zu vollständig konträr ausgebildet sein können, ist die differenzierte Darstellung beider Ufer- und Auenseiten unverzichtbar. Daher gehen auch diese getrennt nach Flussseiten erfolgten Bewertungen in die Aufstellung möglicher Handlungsvorschläge gemäß Mandatspunkt 5 ein.

Von besonderer Bedeutung vor dem Hintergrund des Mandats sind für die **Ableitung von Handlungsempfehlungen** insbesondere die beiden Indikator-Parameter **Sedimentdurchgängigkeit** und **Mittlere Sohlhöhenänderung – Sedimentbilanz**. Sowohl der hydromorphologische Indikator-Parameter Sedimentdurchgängigkeit als auch der hydromorphologische Indikator-Parameter Mittlere Sohlhöhenänderung - Sedimentbilanz besitzen für den Sedimenthaushalt im besonderen Maße eine Zeigerfunktion und damit eine Art Schlüsselfunktion. Durch die fehlende Sedimentdurchgängigkeit und das Sedimentdefizit werden auch die weiteren hydromorphologischen Indikator-Parameter negativ beeinflusst. Der Mittleren Sohlhöhenänderung – Sedimentbilanz kommt u. a. aufgrund der Relevanz hinsichtlich der Entkopplung zwischen Flussbett und Aue eine besondere Bedeutung zu. Aus diesem Grunde sollen diese beiden zentralen Indikator-Parameter in einem **ersten Schritt** in die Ableitung von Handlungsempfehlungen bei Bewertung mit den Klassen 3, 4 und 5 eingehen (daher Fettumrandung in Abbildung B-A2-4.1). In einem **zweiten Schritt** folgen dann auch die weiteren hydromorphologischen Indikator-Parameter: Für sie wird in einem weiteren Zug überprüft, ob es in Kombination mit den beiden erst genannten des ersten Schrittes Synergien gibt bei der Aufstellung und auch der ggf. späteren Umsetzung von möglichen Maßnahmen. Als **Beispiel** für eine solche synergetische Ableitung einer Handlungsempfehlung ist eine Kombination der hydromorphologischen Indikator-Parameter Mittlere Sohlhöhenänderung – Sedimentbilanz und Breitenvarianz exemplarisch zu nennen. Im Ist-Zustand wird der bordvolle Abfluss zur Herleitung der Breitenvarianz herangezogen. Hier ermöglichen Maßnahmen im Sinne der Gewässerbettaufweitung (z. B. durch Uferaufweigungen, Flutrinnenanbindungen oder –schaffungen, Altarmenbindungen) eine Verbesserung der heutigen Breitenvarianz-Bewertungen synergetisch mit Verbesserungen

für die Mittlere Sohlhöhenänderung – Sedimentbilanz: Eine Gewässerbettaufweitung in diesem Sinne würde auch zu reduzierten Strömungsangriffen auf die Sohle und damit verringerter Sohlerosion führen sowie zeitgleich die Sedimentzufuhr in das Gewässer erhöhen können durch angebundene, aufgeweitete Bereiche. Diese mögliche positive Wirkung auf die Sedimentbilanz kann als Beispiel für eine kombinierte Vorgehensweise bei der Ableitung von Handlungsempfehlungen fungieren (**Nutzung von Synergien durch Schritt I und II**). D. h., dass jeder einzelne Indikator-Parameter für die Ableitung von Handlungsempfehlungen betrachtet wird unter der Prämisse von Schritt I und II. Generell gehen die Bewertungen der 5-km Abschnitte (s. u.) in die Entscheidung ein, ob Handlungsvorschläge für den Abschnitt aufgestellt werden (ab Klasse 3). Für die Konkretisierung der Handlungsempfehlungen ist das Heranziehen der detaillierteren 1-km Bewertungen möglich. Dieser hier genannte exemplarische Handlungsvorschlag würde dann in die Risikobewertung eingehen aus Sicht der hydromorphologischen und sedimentologischen Aspekte. Die hydromorphologische Risikoanalyse stellt jedoch nur einen Baustein der Gesamtrisikobewertung des Sedimentmanagementplans für die Elbe und ihre Nebengewässer dar. In der nächst höheren Ebene ist der Abgleich mit der „Risikoanalyse Schadstoffe“ sowie der „Risikoanalyse Verkehr“ notwendig (vgl. Abbildung B-A2-4-2).

Sämtliche nach EG-WRRL (2000) und OGewV (2011) erforderlichen hydromorphologischen Parameter der **Qualitätskomponentengruppen Durchgängigkeit für Sedimente und Morphologie** mit den notwendigen Erfassungen und Bewertungen der für den Binnenbereich relevanten Einzel-Parameter für „Flüsse“ Tiefen- und Breitenvariation, Struktur und Substrat des Gewässerbodens sowie Struktur der Uferzone sind hier impliziert. Ergänzend wurden vor dem **Hintergrund der Erreichung eines ausgeglichenen Sedimenthaushaltes und verbesserter hydromorphologischer Verhältnisse gemäß Mandat der FGG Elbe** die beiden wichtigen hydromorphologischen Parameter zur Mittleren Sohlhöhenänderung – Sedimentbilanz sowie zur Aue ergänzt und durch die ad-hoc AG SSeM, die AG OW und den Koordinierungsrat Elbe bestätigt (vgl. Abbildung B-A2-4-1). Beide Parameter besitzen einen direkten Querbezug zum Wasserhaushalt, da sie wesentlich durch die Abfluss- und Wasserstandsdynamik sowie die Verbindung zu den Grundwasserkörpern geprägt werden: Die **Mittlere Sohlhöhenänderung – Sedimentbilanz** ist ein Maß für mögliche Auflandungs-/Sedimentationsprozesse bzw. Eintiefungs-/Erosionsprozesse in einem definierten Zeitraum. Dabei werden langfristige und räumlich ausgedehnte Sohlhöhenänderungen für den Zeitraum von 1898 bis 2004 betrachtet und keine im Rahmen der natürlichen Morphodynamik stattfindenden lokalen und temporären Sohlhöhenänderungen. Sedimentations- und Erosionsprozesse stehen in direkter Wechselwirkung mit dem Abflussverhalten (Reibung, Fließgeschwindigkeit etc.) eines Gewässers und können zu Problemen mit der Fahrwassertiefe für Schiffe (Querbezug zur Säule Quantität/Verkehr), Schäden an der baulichen Infrastruktur im und am Gewässer als auch zu ökologischen Beeinträchtigungen führen. Eintiefungsprozesse der Sohle sind mit Wasserspiegellagenänderungen im Gewässer und i. d. R. auch des Grundwassers verbunden. Dies führt langfristig zu einer Entkopplung von Gewässer und Aue mit einem Rückgang an autotypischen Lebensräumen, Tier- und Pflanzenarten. Der morphologische Prozess der Eintiefung ist sehr bedeutend für die Mittlere Elbe. Die Mittlere Sohlhöhenänderung – Sedimentbilanz liefert daher entscheidende Aussagen zum Sedimenthaushalt mit Erosions- und Akkumulationsbereichen sowie ggf. zu bereits vorherrschenden ausgeglichenen Verhältnissen und spiegelt die Entwicklungen des Sedimenthaushaltes über die Zeit wieder im Sinne eines durch Sedimentdefizit, -überschuss oder –gleichgewicht gekennzeichneten Gewässersystems. Die **Aue**, die durch das Verhältnis der rezenten und somit heute noch überflutbaren Aue zur morphologischen und damit ehemaligen, hinter den Winterdeichen liegenden Aue wesentliche Aussagen zu dem noch verfügbaren aquatisch-terrestrischen und terrestrischen Überflutungsbereich mit sich bringt, fungiert sowohl als Sedimentsenke als auch als –quelle. Daher liefert auch die Aue als einer der ausgewählten hydromorphologischen Indikator-Parameter vor dem Hintergrund der Unterstützung und Erreichung eines ausgeglichenen Sedimenthaushaltes an der Elbe wesentliche Aussagen zu dem Areal, das Beeinflussungen auf den Sedimenthaushalt ausüben kann oder konnte. Diese Beeinflussungen können z. B. durch Sedimentationen im

Auenbereich und/oder umgekehrt durch Sedimentausträge aus den Auen in das Gewässer bestehen. Die Auenflächenreduktionen können u. U. einen fehlenden Beitrag zum Sedimenthaushalt und somit eine weitere Förderung des Sedimentdefizits mitbedingen (z. B. BfN 2009; LHW 2012). Fehlende Überflutungsflächen können darüber hinaus zu einer Verstärkung des Angriffs auf die Sohle führen. Auch die verringerte Ausuferungshäufigkeit aufgrund des vertieften Gewässerbettes besitzt einen Einfluss auf die Sedimenterosionen und –akkumulationen in den Auenbereichen. In den meist schmalen verbliebenen rezenten Auenarealen findet häufiger eine Sedimentakkumulation statt, die in Form von z. B. Uferreihen oder kontinuierlichen Aufhöhungen der Aue die Entkopplung zwischen Gewässer und Aue lokal noch verstärken können. Dieses „Auseinanderwachsen“ von Flussbett und Aue kann die Verbindung zu den Seitenbereichen und die Ausuferungshäufigkeit noch weiter einschränken und bedingt infolgedessen eine weitere Verschärfung des Strömungsangriffs auf die Gewässersohle.

Die Erfassung und Bewertung der ausgewählten exemplarischen **hydromorphologischen Indikator-Parameter** Breitenvarianz/Tiefenvarianz, Sedimentdurchgängigkeit, Korngrößenverteilung des Sohlsubstrates, Mittlere Sohlhöhenänderung – Sedimentbilanz, Uferstruktur und Aue (Verhältnis der rezenten zur morphologischen Aue) erfolgt jeweils **unter Verwendung der best verfügbaren Datengrundlagen**. Die Bearbeitung erfolgt mit Hilfe des Moduls Valmorph des Integrierten Flussauenmodells INFORM (Integrated Floodplain Response Model) der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), das eine quantitative Erfassung und Bewertung der hydromorphologischen Parameter ermöglicht (Quick 2011; Rosenzweig et al. 2012). Die Bewertung erfolgt anhand von Berechnungsformeln je Parameter aus dem Modul Valmorph und anhand der hinterlegten **parameterspezifischen Methoden** (Rosenzweig et al. 2012; vgl. Abbildung B-A2-4-1).

Für die Klassifizierung wurden **quantitative Bewertungsklassenspannweiten** und klare quantitative „Schwellenwerte“, die die Grenzen zwischen den Klassen bilden, **je Parameter** gebildet. Diese parameterspezifische Vorgehensweise basiert zum einen auf der individuellen Ausprägung der jeweils einzelnen hydromorphologischen Indikator-Parameter (Kriterien), die eine Einzelbetrachtung notwendig machen, sowie zum anderen auf den jeweils relevanten, unterschiedlich vorliegenden, verwendeten Datengrundlagen je nach Betrachtungsmerkmal für die jeweiligen Referenz-Zustände. Hierzu wurden umfangreiche Auswertungen der vorliegenden Daten zur Hydromorphologie der Binnenelbe und der als relevant ausgewiesenen Nebengewässer der Kategorie 1 (BCE 2012) vorgenommen. Zudem erfolgte die Ausweisung der Bewertungsklassengrenzen in Anlehnung an nationale und internationale wissenschaftliche Vorgaben zur Ermittlung und Bewertung der hydromorphologischen Verhältnisse (z. B. DIN EN 14614; DIN EN 15843; BfG 2001, 2011; LAWA 2000, 2002, 2011; LANUV NRW 2012). Abschließend erfolgte eine parameterweise **Plausibilisierung** der Ergebnisse durch die Expertengruppe (vgl. Abb. B-A2-4-2).

Die Ergebnisse werden je Indikator-Parameter einzeln für **5-km Abschnitte aggregiert**, bedarfsweise können für die Ableitung von Handlungsempfehlungen oder bei Unklarheiten auch die höher aufgelösten 1-km Ergebnisse herangezogen werden. Die Einzelparameter-Bewertungen werden beibehalten, um möglichst detaillierte Aussagen zu vorherrschenden Defiziten hinsichtlich des Sedimenthaushaltes durch die hydromorphologischen Zeiger-Indikatoren vornehmen zu können und um für nötige Handlungsableitungen und –vorschläge verwendet werden zu können. Die 5-km Abschnitte wurden durch die Expertengruppe Hydromorphologie festgelegt und durch die entsprechenden Gremien bestätigt, da mit Hilfe der 5-km Abschnitte die jeweiligen Ergebnisse noch übersichtlich für die 586 Laufkilometer dargestellt werden können. Die 5-km Abschnitte **entsprechen jedoch nicht den jeweiligen Wasserkörpern**.

Die **hydromorphologische Risikoanalyse** erfolgt somit für jeden der **hydromorphologischen Indikator-Parameter** auf der Grundlage der jeweils festgelegten Methoden sowie der best verfügbaren Datengrundlagen. Abbildung B-A2-4-1 verdeutlicht, dass die Indikator-Parameter **in zwei Schritten in ihrer Bewertung und Bedeutung** zu behandeln sind (zentral Sedimentdurchgängigkeit und Mittlere Sohlhöhenänderung – Sedimentbilanz, begleitend die weiteren hydromorphologischen Indikator-Parameter, s. o.). Dies dient der Orientierung, wie die Ableitung von Handlungsempfehlungen erfolgen sollte zur Erreichung der Ziele des Sedimentmanagementplans: Prioritär sind die Bewertungen der beiden Indikator-Parameter Sedimentdurchgängigkeit und Mittlere Sohlhöhenänderung – Sedimentbilanz mit den Klassen 3, 4 und 5 heranzuziehen. Diese werden synergetisch mit den Bewertungen der anderen Indikator-Parameter mit den Bewertungsklassen 3, 4 und 5 betrachtet. Die Endergebnisse aus den Bewertungen nach der Bestandsaufnahme gehen in die hydromorphologische Risikoanalyse ein (vgl. Abb. B-A2-4-1 und B-A2-4-2).

Für die **Klassen 1 und 2** besteht **kein Erfordernis, Handlungsempfehlungen gemäß dem FGG Elbe-Mandat** zur Verbesserung des Sedimenthaushaltes und der hydromorphologischen Verhältnisse **aufzustellen**, da die entsprechend bewerteten Indikator-Parameter bereits dem Referenz-Zustand entsprechen. **Handlungsempfehlungen werden ab Klasse 3 aufgestellt. Für alle drei Klassen 3, 4 und 5 besteht ein gleichrangiges Erfordernis, mögliche Handlungsempfehlungen zu erstellen.** Alle drei Klassifizierungen entsprechen nicht den gewässertypspezifischen Rahmenbedingungen hinsichtlich der hydromorphologischen und sedimentologischen Situation. Die Klasse 3 ist zwar weniger schlecht als die Klassen 4 und 5, stellt aber auch bereits eine Abweichung von der Referenz und damit eine Degradation dar. Es gilt zu beachten, dass je näher die Abweichungen von der Referenz an der Klasse 2 sind, desto größer sind auch die Verbesserungsmöglichkeiten hinsichtlich der Erreichung der Klasse 2. Ergänzend kommt hinzu, dass durch vergleichsweise wenig Einsatz eine merkliche und ausreichende Verbesserung induziert werden kann. Neben der Ergreifung von Maßnahmen ab Klasse 3, die damit folglich nicht weniger wichtig ist als die beiden schlechteren Klassen, sind bei Erzielung der Klassen 4 und 5 auf der anderen Seite die hydromorphologischen Indikator-Parameter unbefriedigend und schlecht ausgebildet, so dass auch hier mit Handlungsempfehlungen angesetzt werden muss, um bessere hydromorphologische Verhältnisse zu erhalten und einen ausgeglichenen Sedimenthaushalt zu fördern und zu erlangen. Dies gilt insbesondere für die Sohlerosionsbereiche der Elbe und ihrer Nebengewässer.

Schlussendlich gilt es daher, **für alle drei Klassen 3, 4 und 5 Handlungsempfehlungen zu erarbeiten.** Entsprechende Wirkmechanismen sollten greifen, um hier **Verbesserungen des sedimentologischen / hydromorphologischen Zustands zu erzielen, ohne dass die Klassen 3, 4 und 5 eine Reihenfolge der Priorisierung vorgeben. Entscheidend ist die zu erwartende Wirkung auf den Sedimenthaushalt und die hydromorphologische Ausprägung**, und diese ergibt sich bereits ab Klasse 3, wenn diese auf Klasse 2 aufgewertet wird. Der Übergang zwischen Klasse 2 und 3 und somit die Grenze zwischen der referenztypischen oder referenznahen Ausprägung und Variabilität (Klasse 1 und Klasse 2) oder der Ausprägung außerhalb der gewässertypspezifischen oder –nahen Ausprägung und Variabilität stellt somit einen je nach Indikator-Parameter gewässertypspezifischen quantitativen Schwellenwert dar, ab dem somit Handlungsempfehlungen gemäß Mandatpunkt 5 induziert werden (ja/nein-Entscheidung). Dennoch müssen alle fünf Klassifizierungsstufen je Indikator-Parameter beibehalten werden und werden nicht durch die ja/nein-Entscheidung für Handlungsvorschläge obsolet, da sie die differenzierte Bewertung pro Indikator-Parameter beschreiben und dadurch auch der Umfang an Handlungsempfehlungen zur Verbesserung vorgegeben wird. Nur so kann auch evaluiert werden, in welchem Bewertungsstadium der betrachtete Parameter sich nach Realisierung von Maßnahmen befindet und wie viele Maßnahmen darüber hinaus u. U. noch notwendig sind, um zu Klasse 2 zu gelangen. Aus diesen genannten Gründen wird auch eine Mittelung der Ergebnisse ausgeschlossen (vgl. oben).

Neben dem Sedimentdefizit und der mangelnden Sedimentdurchgängigkeit durch Querbauwerke, Talsperren, Flächenversiegelungen etc. sind weitere **anthropogene Ursachen** hinsichtlich der vorherrschenden hydromorphologischen Verhältnisse als „Zeiger“ des Sedimenthaushaltes anzuführen wie z. B. Landnutzung, Eindeichung, Gewässerausbau (z. B. inklusive Begradigung/Laufverkürzung, Uferverbau) und -unterhaltung. Generell gilt es, eine Erhöhung der Sedimenteinträge und eine Erhöhung der Strukturvielfalt durch eine Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit und eine Verbesserung des in der deutschen Binneneibe vorherrschenden Sedimentdefizits zu unterstützen und herbeizuführen. Dies ist möglich z. B. durch vermehrte Geschiebezugaben, eine erhöhte Sedimentzufuhr aus den Nebengewässern, durch Erhöhung der Sedimenteinträge aus Ufer- und Auenbereichen, Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit an Querbauwerken etc. und eine entsprechende Kombination dieser verschiedenen Möglichkeiten (s. u.).

Zusammenfassung

Abbildung B-A2-4-2 fasst abschließend die generelle Vorgehensweise bei der Bearbeitung der hydromorphologischen Aspekte des Sedimentmanagements zusammen und verdeutlicht die Einordnung und Bedeutung der hydromorphologischen Risikoanalyse und ihrer Ergebnisse in der Bearbeitung. Die hydromorphologische Risikoanalyse stellt das zentrale Bindeglied dar zwischen der Bestandsaufnahme und den Bewertungen der hydromorphologischen Indikator-Parameter und den daraus zu schlussfolgernden Handlungsempfehlungen. Die hydromorphologische Risikoanalyse vermittelt somit zwischen den Mandatspunkten 4 und 5 (s. o.) und stellt darüber hinaus ergänzend den Baustein für die Gesamtrisikoanalyse des Sedimentmanagementplans für die Elbe mit den drei Aspekten Qualität, Quantität und Hydromorphologie zur Verfügung.

Bestandsaufnahme

- Zielformulierung*, Hintergrund Systemverständnis
- Auswahl und Festlegung hydromorphologischer Indikator-Parameter und jeweiliger Methoden
- Erfassung des Ist-Zustandes (Bestandsaufnahme) je Indikator-Parameter
- Erfassung des Referenz-Zustandes (Bestandsaufnahme) je Indikator-Parameter

Bewertung

- Bewertung durch Abgleich von Ist- und Referenz-Zustand je Indikator-Parameter inklusive der Ausweisung defizitärer Ausprägungen je Indikator-Parameter
- 5-stufiges Klassifizierungssystem je Indikator-Parameter, quantitativ
- Vorläufige Ergebnisse
- Plausibilisierung durch die Expertengruppe je Indikator-Parameter
- Endergebnisse je Indikator-Parameter

Risikoanalyse

- Hydromorphologische Risikoanalyse – Ableitung Handlungsempfehlungen (ja oder nein – ab Klasse 3)
 - *Schritt I:* Sedimentdurchgängigkeit und Mittlere Sohlhöhenänderung - Sedimentbilanz
 - *Schritt II:* Breitenvarianz, Tiefenvarianz, Korngrößenverteilung des Sohlsubstrates, Uferstruktur links, Uferstruktur rechts, Aue links, Aue rechts

Ergebnis

- Handlungsempfehlungen/Bewirtschaftungsvorschläge gemäß FGG - Mandatspunkt 5 auf Grundlage der hydromorphologischen Bewertungen und des Maßnahmenkataloges
 - entscheidend ist die zu erwartende Wirkung auf den Sedimenthaushalt und die hydromorphologischen Ausprägungen

Ausblick / nächste Schritte

- Abgleich mit dem Aspekt Schadstoffe und dem Aspekt Verkehr (höhere Ebene**)
- Priorisierung und Handlungsempfehlungen (höchste Ebene**)

* = Definition des Referenz- bzw. Zielsystems, d. h. welche Vergleichszustände gilt es heranzuziehen (unterschiedliche Zielformulierungen bei „natürlichen“ und als „erheblich verändert“ ausgewiesenen Gewässern); ** = vgl. Abbildung B-A2-4-1

Quelle: Expertengruppe Hydromorphologie Binnen / hydromorphologische Aspekte des Sedimentmanagements deutsche Binnenelbe (2012); Quick (2012); Rosenzweig et al. (2012); BfG (2011).

Abbildung B-A2-4-2: Vorgehensweise bei der Bearbeitung der hydromorphologischen Aspekte des Sedimentmanagements

Literatur

- BCE (2012):* ad-hoc AG SSeM Nebenflüsse Elbe -Erfassung und Bewertung hydromorphologischer Parameter von relevanten Nebengewässern der Elbe. Im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. [unveröff.]
- BfN (2009):* Auenzustandsbericht. Flussauen in Deutschland. Berlin, Bonn.
- BfG (2001):* Strukturgüte-Kartierverfahren für Wasserstraßen. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, Januar 2001.
- BfG (2011):* Verfahren zur Bewertung in der Umweltverträglichkeitsuntersuchung an Bundeswasserstraßen - Anlage 4 des Leitfadens zur Umweltverträglichkeitsprüfung an Bundeswasserstraßen des BMVBS (2007). BfG-Berichtsnr. 1559. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- DIN EN 14614 (2005):* Wasserbeschaffenheit – Anleitung zur Beurteilung hydromorphologischer Eigenschaften von Fließgewässern (M 40).
- DIN EN 15843 (2010):* Wasserbeschaffenheit – Anleitung zur Beurteilung von Veränderungen der hydromorphologischen Eigenschaften von Fließgewässern (M 43).
- Fuhrmann, P. (2013):* Umweltqualitätsnormen: one-out-all-out-Ansatz bedeutet „rot“ für alle Gewässer. Korrespondenz Wasserwirtschaft, Nr. 2, 2013, S. X.
- Hauer, C.; Unfer, G.; Habersack H.; Pulg, U.; Schnell J. (2013):* Bedeutung von Flussmorphologie und Sedimenttransport in Bezug auf die Qualität und Nachhaltigkeit von Kieslaichplätzen. Korrespondenz Wasserwirtschaft, Nr. 4, 2013, S.189-197.
- Jährling, K.-H. (2012):* Die Bedeutung des Feststoffhaushaltes für die Gewässerstruktur und Morphodynamik der Elbe – Grundlagen, Maßnahmen, Kompromisse. In: Die Elbe und ihre Sedimente, Magdeburger Gewässerschutzseminar 2012, Tagungsband, Hamburg: S. 41-46.
- LAWA (2000):* Gewässerstrukturgütekartierung in der BRD. Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer. Empfehlung Oberirdische Gewässer. Schwerin.
- LAWA (2002):* Empfehlung Gewässerstrukturgütekartierung in der BRD. Verfahren für mittelgroße bis große Fließgewässer. o.O.
- LAWA (2011):* Überarbeitung der Verfahrensbeschreibung der Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahren für kleine bis mittelgroße Fließgewässer. Endbericht. AG: LANUV NRW. Düsseldorf, Essen, Velbert.
- LHW (2012):* Typisierung potamaler Altgewässer in Sachsen-Anhalt – Endbericht. Auftraggeber: Landesamt für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Gewässerkundlicher Landesdienst, Sachgebiet Ökologie. Auftragnehmer: umweltbüro essen.
- LUA NRW (2001):* Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen. Anleitung für die Kartierung mittelgroßer bis großer Fließgewässer. Merkblatt Nr. 26. Essen.
- LANUV NRW (2012):* Gewässerstruktur in Nordrhein-Westfalen. Kartieranleitung für die kleinen bis großen Fließgewässer. LANUV-Arbeitsblatt 18. Recklinghausen.
- Noack, M.; Roberts, M.; Vollmer S. (2012):* Numerische Modellierung von abiotischen Randbedingungen zur Unterstützung in ökologischen Bewertungen. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Hydro-ökologische Modellierungen und ihre Anwendungen. 1. Ökologisches Kolloquium am 14./15. Februar 2012 in Koblenz. – Veranstaltungen 6/2012, S. 19-36, Koblenz, Juli 2012.

- Quick, I. (2011):* Kriterien zur Erfassung und Beurteilung des Sedimenthaushaltes als Teil des hydromorphologischen Gewässerzustandes. 13. WRRL-Forum des BUND – Ökologische Durchgängigkeit. Themenschwerpunkt: Geschiebehaushalt / Sedimentmanagement. 21.05.2011, Fulda.
(http://www.bund.net/themen_und_projekte/wasser/wasserrahmenrichtlinie)
- Quick, I. (2012):* Sediment management concept with special regard to hydromorphological aspects. In: Die Elbe und ihre Sedimente, Magdeburger Gewässerschutzseminar 2012, Tagungsband, Hamburg: S. 167-168.
- Quick, I., König, F., Svenson, C., Cron, N., Schriever, S., Vollmer, S. (2012):* Hydromorphologische Bewertung und Praxisprojekte mit Schnittstelle zur Gewässerökologie. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Hydro-ökologische Modellierungen und ihre Anwendungen. 1. Ökologisches Kolloquium am 14./15. Februar 2012 in Koblenz. – Veranstaltungen 6/2012, S. 43-62, Koblenz, Juli 2012.
- Rosenzweig, S.; Quick, I.; Cron, N.; König, F.; Schriever, S.; Vollmer, S.; Svenson, C.; Grätz, D. (2012):* Hydromorphologische Komponenten im Flussauenmodell INFORM – Entwicklung und Anwendung der morphologischen Systemkomponente MORPHO und des Bewertungsmoduls Valmorph zur quantitativen Erfassung und Bewertung hydromorphologischer Veränderungen in Fluss und Aue. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bericht BfG-1657, Koblenz.
- Vollmer, S.; Quick, I., Moser, H. (2012):* Sedimenthaushalt und Managementaspekte der Binnenwasserstraße Elbe. In: Die Elbe und ihre Sedimente. Magdeburger Gewässerschutzseminar 2012, Tagungsband. Hamburg: S. 34-37.

A 2-5 Hydromorphologische Erfassung und Bewertung des Tideästuars im Kontext des Sedimentmanagementkonzepts

Wesentliche Erkenntnisse zum Prozess- und Systemverständnis im Elbe-Ästuar sind im Strombau- und Sedimentmanagementkonzept von WSV und HPA¹, dem Tideelbekonzept² sowie in den Systemstudien I und zukünftig Systemstudie II³ festgehalten. Die Verschneidung der schiffahrtlichen Belange mit denen des Naturschutzes sowie weiterer Nutzer ist über den Integrierten Bewirtschaftungsplan Elbeästuar – IBP⁴ erfolgt. Die wesentlichen Erkenntnisse dieser Ausarbeitungen finden im Rahmen der Unterhaltung schiffahrtlich genutzter Oberflächengewässer im Einzugsgebiet der Elbe im Hinblick auf die Verbesserung des ökologischen Zustands/Potenzials Beachtung. Alles zusammen stellt die fachliche Grundlage für die nachfolgende Erfassung und Bewertung des hydromorphologischen Zustandes der Tideelbe im Sinne des FGG / IKSE Sedimentmanagementkonzeptes dar.

Als erheblich veränderter Gewässerkörper (HMWB) ist die Tideelbe signifikant belastet, neben der stofflichen Belastung auch hydromorphologisch durch die Vertiefung für die Seeschifffahrt sowie durch Hochwasserschutzbauwerke. Die Tideelbe verfügt aber auch über einige sehr bedeutende Biotope. Sie wird hier in sechs Funktionsräume unterteilt - jeweils mit Fahrrinne, Flachwasserzone, Wattbereich und Vorland. Der **Funktionsraum 1** erstreckt sich von der oberen Grenze des Tideeinflusses am Wehr Geesthacht bis zum Hamburger Hafen und entspricht dem Elbabschnitt, der als obere Tideelbe bezeichnet wird. Er erstreckt sich von Elbe-km 585,9 - 615,3 bzw. 614,5. Der **Funktionsraum 2** erstreckt sich vom Beginn der seeschiffstiefen Abschnitte der Norderelbe und der Süderelbe bis zum Mühlenberger Loch. Er erstreckt sich von Elbe-km 615,3 bzw. 614,5 - 633,0. Der **Funktionsraum 3** erstreckt sich über eine Stromstrecke von ca. 17 km vom Mühlenberger Loch bis zur Nordspitze von Lühesand. Er erstreckt sich von Elbe-km 633,0 - 650,0. Der **Funktionsraum 4** erstreckt sich über eine ca. 32 km lange Stromstrecke von der Nordspitze Lühesands (ca. Elbe-km 650) bis zur Linie Kernkraftwerk Brokdorf - Freiburg (Elbe-km 682). Er erstreckt sich von Elbe-km 650,0 - 682,0. Der **Funktionsraum 5** erstreckt sich über eine Stromstrecke von ca. 18 km (Nordufer) bzw. ca. 21 km (Südufer) von der Linie Kernkraftwerk Brokdorf - Freiburg (Elbe-km 682) bis zur Linie Zweidorf (Elbe-km 700) – Oste-Sperrwerk (Elbe-km 703). Er erstreckt sich von Elbe-km 682,0 - 703,0. Der **Funktionsraum 6** erstreckt sich in Schleswig-Holstein über eine Stromlänge von ca. 27 km ab Zweidorf (Elbe-km 700) bis zur Linie Friedrichskoogspitze - Kugelbake in Cuxhaven (Elbe-km 727). Er erstreckt sich von Elbe-km 700,0 - 727,0 (vgl. Abb. B-A2-5-1).

1 <http://www.portal-tideelbe.de/Projekte/StromundSediTideelbe/index.html>

2 <http://www.tideelbe.de/>
3 <http://www.tideelbe.de/72-0-Gutachten-Studien.htm>

http://www.bafg.de/cln_007/nn_230350/U1/DE/03_Arbeitsbereiche/03_Projekte/04_Sedimente/sedimente_kuestenbereich_node.html?_nn=true
http://www.bafg.de/cln_033/nn_230350/U1/DE/03_Arbeitsbereiche/03_Projekte/04_Sedimente/systemstudie_tideelbe_1584_web,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/systemstudie_tideelbe_1584_web.pdf

4 <http://www.natura2000-unterelbe.de/index.php>
http://www.natura2000-unterelbe.de/media/ibp_endfassung/A-Gesamtraum-Schirm-2011.pdf

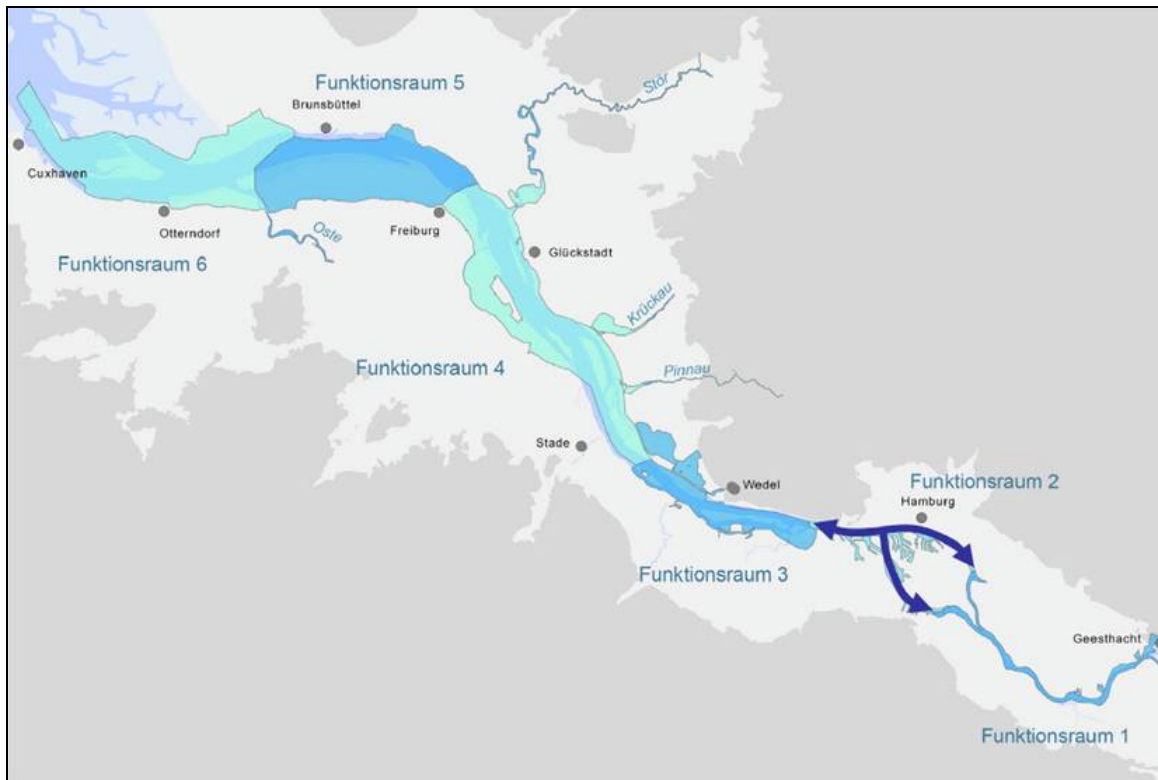


Abbildung B-A2-5-1: Lage und Ausdehnung der Funktionsräume 1 – 6

(Quelle: verändert nach IBP - Arbeitsgruppe Elbeästuar (2012): Integrierter Bewirtschaftungsplan für das Elbeästuar
(<http://www.natura2000-unterelbe.de/links-Gesamtplan.php>), S. 85)

Funktionsraum 1

Der Funktionsraum 1 (vgl. Abb. B-A2-5-2) erstreckt sich von der oberen Grenze des Tideinflusses am Wehr Geesthacht bis zum Hamburger Hafen und entspricht dem Elbabschnitt, der als obere Tideelbe bezeichnet wird. Er umfasst Flächen der Hamburger Bezirke Bergedorf, Harburg und Hamburg Mitte sowie des Landkreises Harburg (Niedersachsen) und des Kreises Herzogtum Lauenburg (Schleswig-Holstein). Der Funktionsraum wird stärker als die übrigen Funktionsräume vom Oberwasserabfluss geprägt. Die obere Tideelbe führt ganzjährig Süßwasser. Durch die Errichtung der Staustufe in Geesthacht (Fertigstellung im 1960) wurde die biologische Durchgängigkeit zwischen Unter- und Mittelbe gravierend eingeschränkt. Der Abschnitt von Geesthacht bis zur heute abgeschnittenen Abspaltung der Dove-Elbe (Elbe-km 592 auf der Höhe von Drage) gehört morphogenetisch zur Mittelbe und war bis vor ca. 100 Jahren so gut wie tidefrei. Heute beträgt der Tidehub bei Geesthacht 2,2 m. Kein anderer Abschnitt der Unterelbe hat infolge des Tidehubanstiegs in so kurzer Zeit eine derart drastische Veränderung seiner ökologischen Eigenschaften erfahren.

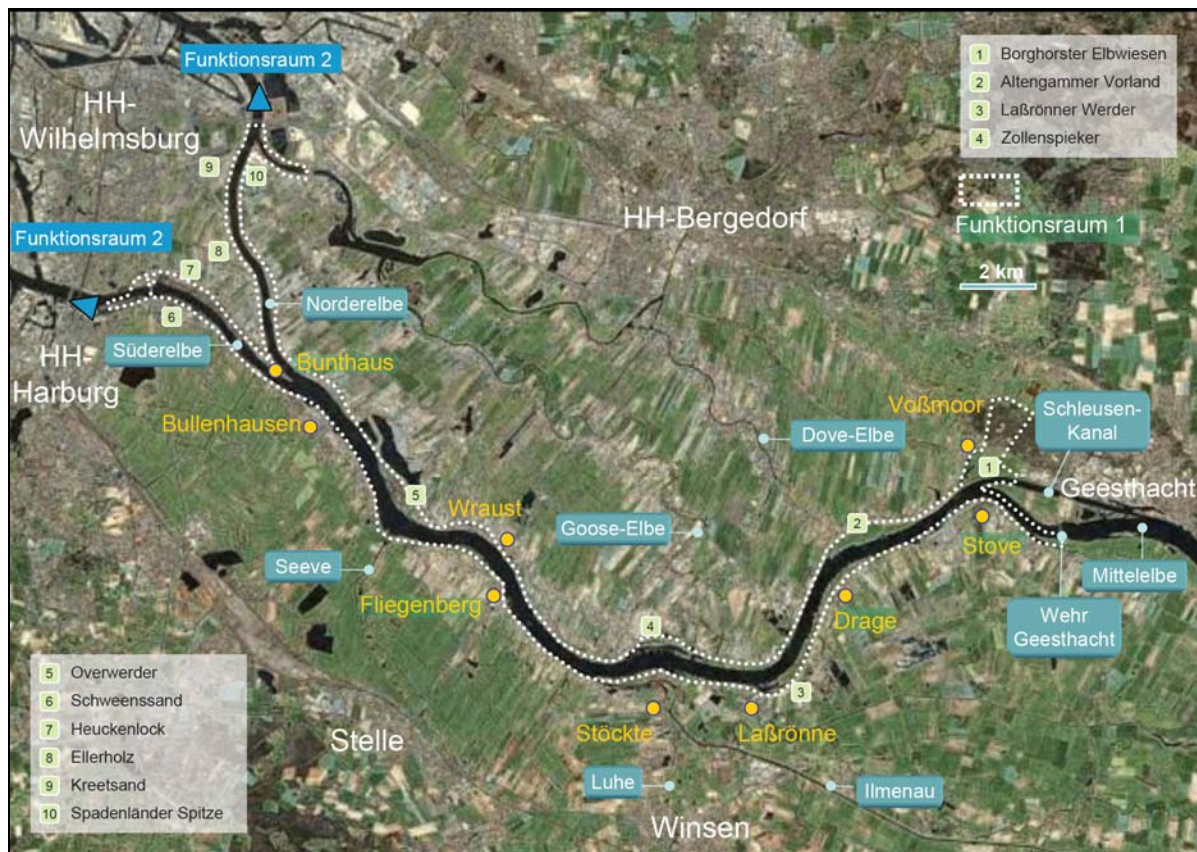


Abbildung B-A2-5-2: Darstellung des Funktionsraumes 1

(Quelle: IBP 2012, S. 89)

Stromabwärts von Drage beginnt das ursprüngliche Binnendelta der Unterelbe, das sich bis zum Mühlenberger Loch erstreckt(e) (Funktionsraum 3). Heute spaltet sich die Elbe erst 17 km stromabwärts bei Bunthaus auf. Die früheren zahlreichen Arme des Deltas sind kanalartig zur Norder- und Süderelbe zusammengeführt worden. Der Tidehub erreicht mit 3,9 m bei Bunthaus sein Maximum in der Tideelbe. In den letzten 50 Jahren ist er hier um ca. 1,0 m gestiegen. Die Strombreite schwankt zwischen 200 m und 300 m. Die Uferlinie ist zum größten Teil befestigt und durch Buhnen gegliedert. Die Flusswatten sind überwiegend schmal. Über längere Abschnitte verlaufen die Uferdeiche in Scharlage. Das Vorland ist selten breiter als 300 m und in erster Linie mit Röhrichten, Uferstaudenfluren und Auenwäldern bestanden (z.B. Heuckenlock, Vorland bei Laßrönne). Größere Grünlandgebiete kommen nur im Altengammer Vorland vor. Die übrigen Grünländer unter Tide- bzw. Hochwassereinfluss sind als schmale Streifen ausgebildet. Die Deiche werden mit Schafen beweidet. Mit Ausnahme der Borghorster Elbwiesen enthält der Funktionsraum keine terrestrischen Flächen außerhalb des Tideeinflusses.

Die binnendeichs gelegenen Bracks (z.B. Kiebitzbrack, Hamburg) und die Dünenlandschaft der Besenhorster Sandberge (Schleswig-Holstein) gehören nicht zum Funktionsraum. Die Ilmenau (mit der Luhe) und die Seeve sind die wichtigsten Elbnebenflüsse im Funktionsraum 1. An der Mündung der Ilmenau steht ein Sturmflutsperrwerk, die Seeve ist durch ein Siel von der Elbe abgeschnitten. Die obere Tideelbe wird von der Binnenschifffahrt genutzt. Die Schleuse bei Geesthacht verbindet den tidebeeinflussten Unterlauf mit der tidefreien Mittel-elbe. Eine Vertiefung für Zwecke der Seeschifffahrt hat in diesem Bereich nicht stattgefunden. Der Abfluss wird durch Buhnen auf das Fahrwasser gelenkt.

Unterhaltungsbaggerungen finden nur punktuell und in geringem Umfang statt. Im Unterschied zu den übrigen Funktionsräumen nehmen Wasserzonen tiefer als 10 m weniger als 1 % des Wasserbereichs ein. Während zwischen Geesthacht und Bunthaus die

Sauerstoffversorgung ganzjährig ausreichend ist, treten in der Norderelbe und in der Süderelbe Phasen mit Sauerstoffmangel auf. Dieses Phänomen ist auf die bei Flut stromaufwärts gerichtete Verlagerung von sauerstoffarmem Wasser aus dem Hamburg Hafen (Funktionsraum 2) zurückzuführen. Aufgrund der Großstadtnähe besitzt der Funktionsraum 1 für die Erholungsnutzung eine hohe Bedeutung.

Die Tabelle T-A2-5-1 beschreibt ausgewählte abiotische Kenngrößen des Funktionsraums 1.

Tabelle T-A2-5-1: Ausgewählte abiotische Kenngrößen des Funktionsraums 1
(Quelle: IBP 2012, S. 90)

Länge	Elbe-km 585,9 (Wehr Geesthacht) bis Elbe-km 615,3 (Norderelbe, Grenze des FFH-Gebiets "Hamburger Unterelbe") bzw. Elbe-km 614,5 (Süderelbe, Grenze des FFH-Gebiets „Hamburger Unterelbe“)
Gesamtfläche	1.748 ha (mit FFH-Erweiterung Georgswerder und Kreetsand: zusätzlich 32 ha)
Strombreite	200 m bis 300 m
Verteilung der Landschaftszonen	<ul style="list-style-type: none"> • Eingedeichte Gebiete: 206 ha (11,8 %) • Vorland: 534 ha (30,5 %) • Watten und Wasserflächen: 1018 ha (57,7 %)
Tidehub	2,2 m beim Wehr Geesthacht, 3,9 m bei Bunthaus
Chloridgehalt	unter 0,5 ‰ bzw. ca. 160 mg Cl /l im langjährigen Mittel (= Süßwasser)
WRRL	Koordinierungsraum Tideelbe: Wasserkörper Elbe-Ost Typ 20 Wasserkörper als erheblich verändert (HMWB) eingestuft

Funktionsraum 2

Der Funktionsraum 2 (vgl. Abb. B-A2-5-3) erstreckt sich vom Beginn der seeschiffstiefen Abschnitte der Norderelbe und der Süderelbe bis zum Mühlenberger Loch. Er umfasst die Norderelbe und die Süderelbe sowie ab Seemannshöft die sog. „Stromelbe“. Die Beschaffenheit der Elbe im Funktionsraum 2 ist das Ergebnis des Ausbaus des Hamburger Stromspaltungsgebiets zu einem Hafen von europaweiter Bedeutung und der Entstehung einer Millionenstadt. Der heutige Zustand geht auf einen Jahrhunderte langen Prozess zurück, bei dem die zahlreichen Arme des verzweigten Binnendeltas schrittweise vom Strom abgetrennt wurden. Parallel wurde die in mehreren Schritten Unterelbe vertieft, um immer größeren Schiffen den Zugang zum Hafen zu ermöglichen. Auch die Hochwasserschutzmaßnahmen, die nach der Sturmflutkatastrophe von 1962 umgesetzt wurden, haben die Elblandschaft in Hamburg dauerhaft verändert und die Kanalisierung des Stroms auf die Norder- und Süderelbe maßgeblich beeinflusst. Den Erfordernissen der Hafennutzung sowie des Erosions- und Hochwasserschutzes entsprechend sind die Ufer der Norder- und der Süderelbe sowie das Südufer der Stromelbe nahezu vollständig mit Deckwerken oder mit senkrechten Uferverbauungen (Spundwände, Mauern) versehen. Das Nordufer der Stromelbe ist von Othmarschen bis Mühlenberg ebenfalls auf weiten Strecken künstlich befestigt. Hier dominiert jedoch die Erholungsnutzung. Die Deckwerke sind teilweise überwachsen. Die wenigen sandigen Uferabschnitte werden als Strand genutzt. Einige Bereiche der Hafen- und Stadtlandschaft sind auch für den Naturschutz von Bedeutung. Neben kurzlebigen Standorten (sog. „Hafenbrachen“), die für Arten der Frühstadien der Besiedlung von offenen Böden sehr wichtig sein können, stehen einige Bereiche unter Naturschutz (NSG Westerweiden, NSG Finkenwerder Süderelbe, NSG Flottbektal).



Abbildung B-A2-5-3: Darstellung des Funktionsraumes 2
(Quelle: IBP 2012, S. 109)

Die Tabelle T-A2-5-2 beschreibt ausgewählte abiotische Kenngrößen des Funktionsraums 1.

Tabelle T-A2-5-2: Ausgewählte abiotische Kenngrößen des Funktionsraums 2
(Quelle: IBP 2012, S. 110)

Länge	Elbe-km 615,3 (Norderelbe) bzw. 614,5 (Süderelbe) bis Elbe-km 633 (Mühlenberger Loch)
Gesamtfläche	ca. 990 ha
Strombreite	Norder- und Süderelbe: 150 m bis 200 m, Stromelbe: 700 m
Uferbeschaffenheit	naturferne oder morphologisch stark veränderte Ufer > 98 %
Tiefe	mindestens Seeschiffstiefe: 15,30 m unter KN (= MTnw)
Tidehub	mittlerer Tidehub am Pegel Sankt Pauli 3,6 m
Chloridgehalt	unter 0,5 ‰ bzw. ca. 160 mg Cl / l im langjährigen Mittel (= Süßwasser)
WRRL	Koordinierungsraum Tideelbe: Wasserkörper Elbe-Hafen Wasserkörper als erheblich verändert (HMWB) eingestuft

Funktionsraum 3

Der Funktionsraum 3 (vgl. Abb. B-A2-5-4) erstreckt sich über eine Stromstrecke von ca. 17 km vom Mühlenberger Loch bis zur Nordspitze von Lühesand. Prägende Elemente der Stromlandschaft sind ausgedehnte Watten und lang gezogene Inseln (Hanskalbsand, Neßsand, Lühesand) und Nebeluben (Hahnöfer Nebelube, Lühesander Nebelube). Die verbliebenen Vorländer sind sehr schmal. Landseitig der Hauptdeichlinie umfasst der Funktionsraum die als Natura 2000-Gebiete gemeldeten Teile der Wedeler Marsch und der Haseldorfer Marsch (Schleswig-Holstein) sowie die Borsteler Binnenelbe und das Große Brack (Niedersachsen). Aufgrund ihrer Wechselbeziehungen mit der Natura 2000-Kulisse werden die Hamburger Naturschutzgebiete Westerweiden und Finkenwerder Süderelbe (Westabschnitt der Alten Süderelbe) in den IBP einbezogen. Der Funktionsraum umfasst Flächen der Hamburger Bezirke Altona und Harburg sowie der Landkreise Stade (Niedersachsen) und Pinneberg (Schleswig-Holstein).



Abbildung B-A2-5-4: Darstellung des Funktionsraumes 3
(Quelle: IBP 2012, S. 123)

Von Ost nach West lassen sich folgende Landschaftselemente unterscheiden:

- Die Strom-Elbe wird von ihrer Funktion als Schifffahrtsstraße geprägt. Die seeschifftiefe Fahrrinne wird intensiv unterhalten. Das Nordufer ist auf Hamburger Gebiet und bis Wedel aufgrund seiner starken Überprägung nicht Bestandteil der Natura 2000-Kulisse, die in diesem Bereich nur die Wasserflächen umfasst.
- Das Mühlenberger Loch wurde in den Jahren 1940-1941 als Landebahn für Wasserflugzeuge abgegraben. Seit der Abdämmung der Alten Süderelbe bleibt eine Durchströmung aus, was die Sedimentation fördert. In der künstlichen Seitenbucht dominieren heute ausgedehnte Watten. Trotz seiner Teilverfüllung zur Erweiterung der Airbus-Werke im Jahr 2001 ist das Mühlenberger Loch immer noch ein bedeutender Rastplatz für Wasservögel. Bei Flut können Fische in der flachen Bucht dem Sauerstoffmangel im Hauptstrom temporär entkommen.
- Die knapp 8 km lange Inselkette Schweinsand, Neßsand und Hanskalbsand ist durch Aufspülung in der Mitte des Stroms als Strömungsleitwerk entstanden. Das sandige Material, das bei der Abgrabung des Mühlenberger Lochs in den 1940er Jahren anfiel, wurde auf vorhandene Schlick- und Sandbänke deponiert. Mit Ausnahme weniger Anhöhen werden die sandigen Inseln bei stärkeren Fluten vollständig überflutet. Sie sind mit Weidenauenwäldern und trockenen Gras- und Staudenfluren bewachsen. Das stromzugewandte Nordufer ist als weitgehend vegetationsfreier Sandstrand ausgebildet. Die Watten sind überwiegend sandig.
- Die Hahnöfer Nebanelbe weist ein vielfältiges Strömungsmuster und einen hohen Anteil an Flachwasserzonen auf. Ihre Ufer werden von ausgedehnten Misch- und Schlickwatten gesäumt, die im Winterhalbjahr von rastenden Enten aufgesucht werden. Die Hahnöfer Nebanelbe besitzt für die Fischfauna und insbesondere für die Finte eine herausragende Bedeutung als Laich-, Aufwuchs- und Rückzugsgebiet. Seit

der Eindeichung des Hahnöfersands sind die Borsteler Binnenelbe und das Große Brack von der Tide abgeschnitten. Die im Zeitraum 2002-2005 als Kohärenzmaßnahme für die Teilverfüllung des Mühlenberger Lochs hergestellten Watten des Hahnöfersands beherbergen die größten Bestände des Schierlings-Wasserfenchels auf niedersächsischem Gebiet und westlich Hamburgs.

- Die kurzen tidebeeinflussten Unterläufe der Wedeler Au und der Lühe gehören zum Funktionsraum 3. Die Sturmflutsperrwerke an den Mündungen lassen die normalen Tiden passieren. Während die Wedeler Au eine weitgehend naturnahe Morphologie und Uferröhrichte behalten hat, sind die Ufer der Lühe durchgehend befestigt.
- Westlich der Wedeler Au schließt sich das Fährmannssander Watt an, das seit der Teilverfüllung des Mühlenberger Lochs das größte Süßwasserwatt Europas ist. Das bis zu 1 km breite Wattgebiet wird von vier Bühnen geschützt, die weit in den Strom hinein ragen. Nach Westen hin werden die Wattflächen schmäler und schrumpfen bis zum Hetlinger Hafen auf einen schmalen Sandstrand zurück. Im Deichvorland finden sich Grünlandflächen und kleine Auenwälder. Den größten Anteil nehmen breite Teichsimen-Röhrichte ein. Die Schlickwattflächen bieten Gastvögeln eine reichhaltige Nahrungsgrundlage. Die Sandwatten besitzen als Nahrungsquelle eine untergeordnete Bedeutung und werden in erster Linie von Möwen als Ruheplatz genutzt.
- Die Spülsandinsel Lühesand und die Lühesander Nebenelbe tragen zur Strukturvielfalt der Unterelbe bei. Der Komplex aus Insel und Nebenelbe erreicht jedoch nicht die Ausdehnung und den naturnahen Charakter des Abschnitts Neßsand / Hanskalbsand / Hahnöfer Nebenelbe. An der Südspitze von Lühesand liegt die sog. Pionierinsel, die eine national bedeutsame Brutkolonie von Sturm- und Schwarzkopfmöwen beherbergt.
- Die Wedeler und die Haseldorfer Marsch sind seit dem Jahr 1976 eingedeicht. In der Wedeler Marsch reicht der Tideeinfluss über die Hetlinger Binnenelbe und den Bullenfluss in abgeschwächter Form bis Hetlingen. Die Haseldorfer Marsch wurde hingegen vollständig vom Tideeinfluss abgekoppelt. Die Grünlandflächen hinter dem Deich sind durch eine zwischenzeitliche intensivere Nutzung häufig relativ artenarm. In den als Naturschutzgebiet ausgewiesenen Teilen der Haseldorfer Marsch wurden größeren Flächen der Sukzession überlassen. Die größten Attraktionen der Wedeler Marsch sind die Schachblumenwiesen, die im Frühling zahlreiche Gäste ins Gebiet locken, und die Vogelbeobachtungsmöglichkeiten an der Fährmannssander Kleientnahmestelle.

Die Tabelle T-A2-5-3 beschreibt ausgewählte abiotische Kenngrößen des Funktionsraums 3.

Tabelle T-A2-5-3: Ausgewählte abiotische Kenngrößen des Funktionsraums 3
(Quelle: IBP 2012, S. 125)

Länge	Elbe-km 633 (Mühlenberger Loch) bis Elbe-km 650 (Nordspitze von Lühesand)
Gesamtfläche	5.207 ha
Strombreite	Mühlenberger Loch bis Wedel: ca. 0,8 km, Wedel bis Lühesand: 1,8 km bis 2 km
Länge der Uferstrecke	ca. 71 km, darunter: <ul style="list-style-type: none"> • unverbaut: ca. 29,4 km • nur mit Buhnen: ca. 2,9 km • Vorspülung: ca. 1,3 km • mit Deckwerk, mit Deckwerk + Buhnen: ca. 37,4 km
Verteilung der Landschaftszonen	<ul style="list-style-type: none"> • Eingedeichte Gebiete: 1.618 ha (31,1 %) • Vorland: 554 ha (10,6 %) • Watten (MTnw bis MThw): 1.026 ha (19,7 %) • Flachwasserzonen von 2 m unter MTnw bis MTnw: 465 ha (8,9 %) • Wasserzonen von 10 m bis 2 m unter MTnw: 764 ha (14,7 %) • Wasserzonen tiefer als 10 m unter MTnw: 780 ha (15,0 %)
Tidehub	3,43 m bei Cranz, 3,09 m bei Schulau (Wedel), 3,09 m bei Hetlingen
Chloridgehalt	in der Regel unter 0,5 ‰ (= Süßwasser), stromab von Wedel vereinzelt darüber (= zeitweise sehr schwach brackig)
WRRL	Koordinierungsraum Tideelbe: Wasserkörper Elbe-West Typ 22.3 Wasserkörper als erheblich verändert (HMWB) eingestuft

Funktionsraum 4

Der Funktionsraum 4 (vgl. Abb. B-A2-5-5) erstreckt sich über eine ca. 32 km lange Stromstrecke von der Nordspitze Lühesands (ca. Elbe-km 650) bis zur Linie Kernkraftwerk Brokdorf - Freiburg (Elbe-km 682). Er umfasst Flächen der Landkreise Stade (Niedersachsen), Pinneberg (Schleswig-Holstein) und Steinburg (Schleswig-Holstein). Der Stromverlauf zeichnet sich durch lang gestreckte Kurven mit weiten Radien aus. Naturnähere und stärker durch Siedlungen geprägte Abschnitte wechseln sich räumlich versetzt entlang beider Ufer ab. Der Süden des Funktionsraums wird vom Kontrast zwischen den Hafen- und Industrieanlagen bei Stade-Bützfleth auf dem linken Ufer und den naturnahen Gebieten des Haseldorfer Vorlands und der Insel Pagensand auf dem rechten Ufer geprägt.



Abbildung B-A2-5-5: Darstellung des Funktionsraumes 4
(Quelle: IBP 2012, S. 149)

Weiter stromabwärts befinden sich die naturnäheren Bereiche in erster Linie auf niedersächsischer Seite. Vom Asselersand bis zum Allwörderer Außendeich erstrecken sich ausgedehnte Grünlandgebiete, die zum großen Teil unter Tideeinfluss stehen. Mit der Insel Schwarztonnensand, der Schwarztonnensander Nebenelbe und der Brammer Bank ist auch im aquatischen Bereich eine hohe Strukturdiversität ausgebildet. Auf dem gegenüberliegenden schleswig-holsteinischen Ufer herrschen hingegen zwischen Kollmar und Bielenberg Deiche in Scharlage sowie bei Glückstadt hoch gelegene Spülfelder und Hafenanlagen vor. Auf der aufgespülten Leitinsel Rhinplate haben sich Röhrichte und Auengebüsche angesiedelt. An der Glückstädter Nebenelbe und beiderseits der Stör-Mündung sind breite Watten ausgebildet. Der Funktionsraum 4 ist nicht nur der längste und größte Funktionsraum, er zeichnet sich auch durch eine besonders hohe Strukturvielfalt aus. Folgende Landschaftselemente lassen sich unterscheiden:

- **Hauptstrom mit Fahrwasser und Fahrrinne**
Die natürliche Tendenz des Stroms zur Mäanderbildung und Laufverlagerungen wurde durch Eindeichungen und durch die Aufspülung von Leitinseln zunehmend unterbunden. Die Fahrrinne wird entsprechend den Bedürfnissen der Seeschifffahrt unterhalten. Der Anteil der Watten und der Tiefwasserflächen hat zugenommen, während die für die aquatische Lebensgemeinschaft besonders wertvollen Flachwasserbereiche stark zurückgegangen sind. Wichtige Flachwasserzonen liegen im Umfeld der Brammer Bank und der Mündungen der Stör und der Wischhafener Süderelbe.
- **Inseln und Nebelben**
Haseldorfer Binnenelbe, Pagensander Nebelbe, Schwarztonnensander Nebelbe, Glückstädter Nebelbe, nicht landwirtschaftlich genutzte Inseln: Drommel, Auberg, Bishorster Sand, Pagensand, Schwarztonnensand, Rhinplate Die meisten Inseln gehen auf die Aufspülung von Sand auf natürliche Sandbänke, auf Watten und Kleimarschen zurück. Sie sind die Voraussetzung für das Bestehen der Nebelben. Diese Nebenarme bieten aquatische Habitate unterschiedlicher Tiefe, Strömung und Sedimentbeschaffenheit. Sie erfüllen für die Lebensgemeinschaft des Ästuars unverzichtbare Funktionen. Die Nebelben werden durch die Freizeit und Sportschifffahrt genutzt. Während die tiefer liegenden Teile der Inseln mit naturnahen Röhrichten und Tideauenwäldern bewachsen sind, herrschen auf den höher gelegenen Sandflächen Aufforstungen, trockene Gras- und Staudenfluren sowie Magerasen vor, die zwar für sich betrachtet einen Naturschutzwert besitzen, jedoch in diesem Umfang und in dieser Ausprägung für die Ästuarlandschaft untypisch sind.
- **Vorländer mit Röhrichten und Auenwäldern**
Pastorenberg, Eschschallen, Teile des Vorlands von Krautsand, Bielenberger Wäldchen, Vorland südlich von Glückstadt, Röhrichte an der Mündung der Stör. Die größten nicht genutzten Vorländer befinden sich im Haseldorfer und Seestermüher Vorland. Nach der Aufgabe der Nutzungen haben sich Landröhrichte ausgebreitet, in denen sich allmählich Auengebüsche ansiedeln.
- **Grünlandgebiete unter Tideeinfluss**
Vorland: Twielenflether Sand, Asselersand, Allwördener Außendeich tidebeeinflusste, eingedeichte Gebiete: Asselersand, Gauensiekersand, Teile des Krautsands, Mündungstrichter der Nebenflüsse Pinnau, Krückau und Stör. Die landseitig der Deiche liegenden Grünlandgebiete stehen außerhalb der Schließzeiten der Sturmflusperrwerke unter Tideeinfluss. Über die verzweigten Prielsysteme der Wischhafener Süderelbe, des Ruthenstroms und der Marschen der der Stör-, Krückau- und Pinnau-Mündung greift der Tideeinfluss weit landeinwärts hinein. Die eingedeichten Mündungsgebiete von Pinnau, Krückau und Stör werden überwiegend als Grünland genutzt. Während z.B. auf dem Twielenflether Sand und in Teilen des Asselersands die Bewirtschaftung im Einklang mit den Zielen des Naturschutzes steht, herrscht vielerorts wie z.B. im Allwördener Außendeich eine hohe Nutzungsintensität vor. An der Krückau kommen auch einige Ackerflächen vor.
- **Gebiete außerhalb des Tideeinflusses**
Teile des Krautsands sind vollständig vom Tideeinfluss abgekoppelt worden. Industriegebiete und dazu gehörige Elbhäfen befinden sich in Stade-Bützfleth und in Glückstadt. Sie grenzen unmittelbar an die Natura 2000-Gebiete an. Das ebenfalls angrenzende Glückstadt sowie die Ortschaften Krautsand und Kollmar stellen Schwerpunkte der Freizeitnutzung dar.

Die Tabelle T-A2-5-4 beschreibt ausgewählte abiotische Kenngrößen des Funktionsraums 4.

Tabelle T-A2-5-4: Ausgewählte abiotische Kenngrößen des Funktionsraums 4
(Quelle: IBP 2012, S. 152)

Länge	Elbe-km 650 (Nordspitze von Lühesand) bis Elbe-km 682 (Linie Kernkraftwerk Brokdorf - Freiburger Hafenpriel)
Gesamtfläche	14.048 ha
Strombreite	Querschnitt Julsand /Twielenfleth: 1,3 km; Querschnitt bei Pagensand einschl. der aufgespülten Insel: 3,3 km; Querschnitt Blomesche Wildnis / Brammer Bank: 3,7 km; Querschnitt KKW Brokdorf/ Freiburger Hafenpriel: 2,3 km
Länge der Uferstrecke	ca. 101,6 km, darunter: <ul style="list-style-type: none"> • unverbaut: ca. 67,3 km • nur mit Buhnen: ca. 7,2 km • Vorspülung: ca. 0,7 km • mit Deckwerk, mit Deckwerk + Buhnen: ca. 26,4 km
Verteilung der Landschaftszonen	<ul style="list-style-type: none"> • Eingedeichte Gebiete: 2.825 ha (18,5 %) • Vorland: 3.302,3 ha (21,6 %) • Watten (MTnw bis MThw): 2.189,8 ha (14,4 %) • Flachwasserzonen von 2 m unter MTnw bis MTnw: 977,2 ha (6,4 %) • Wasserzonen von 10 m bis 2 m unter MTnw: 2964,4 ha (19,4 %) • Wasserzonen tiefer als 10 m unter MTnw: 2.997,7 ha (19,7 %)
Tidehub	3,05 m (Pegel Stadersand), 2,81m (Pegel Glücksstadt), 2,74 m beim Störsperwerk (außen)
Chloridgehalt	0,5 ‰ bis 5 ‰ (oligohalin) Die Grenze zur mesohalinen Zone (Salzgehalte über 5 ‰) verlagert sich zeitweilig stromaufwärts etwa bis zur Linie Krautsand - Bielenberg
WRRL	Koordinierungsraum Tideelbe: FR 4-Abschnitt Elbe-km 650,0 bis Elbe-km 654,9 = Wasserkörper Elbe-West FR 4-Abschnitt Elbe-km 654,9 bis Elbe-km 682 = Übergangsgewässer Elbe beide Wasserkörper als erheblich verändert (HMWB) eingestuft

Funktionsraum 5

Der Funktionsraum 5 (vgl. Abb. B-A2-5-6) erstreckt sich über eine Stromstrecke von ca. 18 km (Nordufer) bzw. ca. 21 km (Südufer) von der Linie Kernkraftwerk Brokdorf - Freiburg (Elbe-km 682) bis zur Linie Zweidorf (Elbe-km 700) - Oste-Sperwerk (Elbe-km 703). Er umfasst Flächen der Landkreise Stade (Niedersachsen), Steinburg und Dithmarschen (Schleswig-Holstein). Der Funktionsraum 5 entspricht dem mesohalinen Abschnitt des Ästuars. Naturgemäß weist die Salzkonzentration des Wassers in der mesohalinen Zone des Ästuars die stärksten Schwankungen und Gradienten auf kurzer Strecke auf. Hier befindet sich der Kernbereich der natürlichen Trübungszone des Elbeästuars, die je nach Oberwasserabfluss und Tidestärke zwischen Brunsbüttel und der Störmündung pendelt. Im langjährigen Mittel liegt der Abschnitt mit der stärksten Trübung zwischen Freiburg und St. Margarethen (Elbe-km 680 - 690). Den starken Schwankungen der hydrologischen Parameter sind nur wenige Organismen gewachsen, was sich in der relativen Artenarmut von Benthos und Plankton widerspiegelt. Die regelmäßige Zufuhr von Meerwasser sorgt dafür, dass keine Sauerstoffengpässe auftreten. Die Sauerstoffkonzentration liegt in der Regel ganzjährig zwischen 7 und 13 mg O₂/l. Seit 1970 ist der Tidehub im Funktionsraum 5 um 10 cm bis 15 cm angestiegen.

Eine ähnlich starke Zunahme des Tidehubs wie im Inneren des Ästuars hat hier nicht stattgefunden. Der Stromverlauf entspricht einer lang gezogenen Kurve. Die Verteilung der

Landschaftsstrukturen wird durch den Kontrast zwischen Prall- und Gleitufer geprägt. Das schleswig-holsteinische Ufer befindet sich am Prallufer. Mit Ausnahme des Vorlands von St. Margarethen liegt der Landesschutzdeich dort meistens schar bzw. wird nur durch einen sehr schmalen Landstreifen von der Hochwasserlinie getrennt. Die insgesamt 18 km lange Uferlinie ist nahezu vollständig mit Buhnen und Deckwerken befestigt. Das Nordufer unterliegt in diesem Abschnitt von je her einer starken Erosionstendenz. Auf gesamter Länge lag die spätmittelalterliche Deichlinie weiter elbeinwärts als die heutige Deichlinie. Watten und Flachwasserzonen fehlen weitgehend. Das Vorland von St. Margarethen wird von Wiesen, Weiden und Röhrichten geprägt.



Abbildung B-A2-5-6: Darstellung des Funktionsraumes 5
(Quelle: IBP 2012, S. 181)

Der Tideeinfluss greift über ein verzweigtes Prielsystem weit in das Vorland hinein. Am gegenüberliegenden Gleitufer kehren sich die Verhältnisse um. Auf niedersächsischem Gebiet sind sehr breite Wattflächen und Flachwasserbereiche ausgebildet. Von der 22 km langen Uferlinie sind nur ca. 5 % befestigt. Die jüngste Geschichte wird durch die Eindeichungen geprägt, die vom Ende der 1960er bis Anfang der 1980er Jahre durchgeführt wurden. Dabei gingen knapp 4.500 ha Überflutungsraum verloren. Breitere Vorländer kommen nur noch im Hullen an der Mündung der Oste vor. Die übrigen verbleibenden Vorländer sind 200 bis 500 m breit. Die Vorlandflächen befinden sich etwa zur Hälfte in Grünlandnutzung und bestehen zur anderen Hälfte aus Röhrichten. Das Hinterland ist fast ausschließlich landwirtschaftlich genutzt. Während im Norden des ehemaligen Außendeichs bei einem hohen Anteil landeseigener Naturschutzflächen die Grünlandnutzung vorherrscht, dominiert im südlichen Teil inzwischen die Ackernutzung. Mit Ausnahme von Sielen und Wegen sind die ehemaligen Außendeichgebiete bis zur zweiten Deichlinie weitestgehend frei von baulichen Anlagen. Eine Erholungsnutzung findet vor allem in Form von Radwandern und Naturtourismus statt.

In Brunsbüttel befinden sich das wichtigste Industriegebiet und der Schwerpunkt der Energieerzeugung im schleswig-holsteinischen Teil des Elbeästuars (außerhalb des Planungsraums). Wie in den übrigen Funktionsräumen westlich von Hamburg ist die Unterelbe für die Bedürfnisse der Seeschifffahrt ausgebaut worden. Die Zufahrt zum Nord-Ostsee-Kanal erfolgt über die Brunsbütteler Schleusen, die für die Schifffahrt eine besonders hohe Bedeutung besitzen. Die Schleusenanlagen stellen zugleich einen wichtigen

Publikumsmagnet dar und werden jährlich von ca. 80.000 Personen besichtigt. In Brokdorf wird ein Sandstreifen am Deichfuß als Strand genutzt. Große Parkplätze und eine Wohnmobilstation führen zu einer Konzentration des motorisierten Tourismus in diesem Bereich.

Die Tabelle T-A2-5-5 beschreibt ausgewählte abiotische Kenngrößen des Funktionsraums 5.

Tabelle T-A2-5-5: Ausgewählte abiotische Kenngrößen des Funktionsraums 5
(Quelle: IBP 2012, S. 183)

Länge	Elbe-km 682 (Linie Kernkraftwerk Brokdorf – Freiburger Hafenpriel) bis Elbe-km 700 (Fähranleger Zweidorf westlich von Brunsbüttel) bzw. Elbe-km 703 (Oste-Mündung)
Gesamtfläche	11.357 ha
Strombreite	Querschnitt Brokdorf/ Freiburger Hafenpriel: 2,3 km Querschnitt Scheelenkuhlen/Schöneworth-Außendeich (Elbe-km 687): 1,9 km Fähranleger Zweidorf/Baljer Außendeich (Elbe-km 699): 2,8 km
Länge der Uferstrecke	ca. 40 km, darunter: • unverbaut: ca. 21,2 km • mit Deckwerk + Bühnen: ca. 18,8 km
Verteilung der Landschaftszonen	• Eingedeichte Gebiete: 5.432 ha (47,8 %) • Vorland: 937 ha (8,2 %) • Watten (MTnw bis MThw): 1.318 ha (11,6 %) • Flachwasserzonen von 2 m unter MTnw bis MTnw: 327 ha (2,9 %) • Wasserzonen von 10 m bis 2 m unter MTnw: 1.301 ha (11,5 %) • Wasserzonen tiefer als 10 m unter MTnw: 2.042 ha (18,0 %)
Tidehub	3,00 m in Brokdorf, 2,79 m in Brunsbüttel
Chloridgehalt	5 ‰ bis 18 ‰ (mesohalin)
WRRL	Koordinierungsraum Tideelbe, Übergangsgewässer Elbe Wasserkörper als erheblich verändert (HMWB) eingestuft

Funktionsraum 6

Der Funktionsraum 6 (vgl. Abb. B-A2-5-7) erstreckt sich in Schleswig-Holstein über eine Stromlänge von ca. 27 km ab Zweidorf (Elbe-km 700) bis zur Linie Friedrichskoogspitze - Kugelbake in Cuxhaven (Elbe-km 727). In Niedersachsen wird eine 24 km lange Stromstrecke von der Ostemündung (Elbe-km 703) bis Cuxhaven (Elbe-km 727) dem Funktionsraum 6 zugeordnet. Der Norden des Funktionsraumes gehört bereits zum Nationalpark Schleswig-holsteinisches Wattenmeer. Die Natura 2000-Gebiete umfassen Flächen der Landkreise Cuxhaven (Niedersachsen) und Dithmarschen (Schleswig-Holstein) sowie gemeindefreie Gebiete unterhalb der mittleren Tidehochwasserlinie.

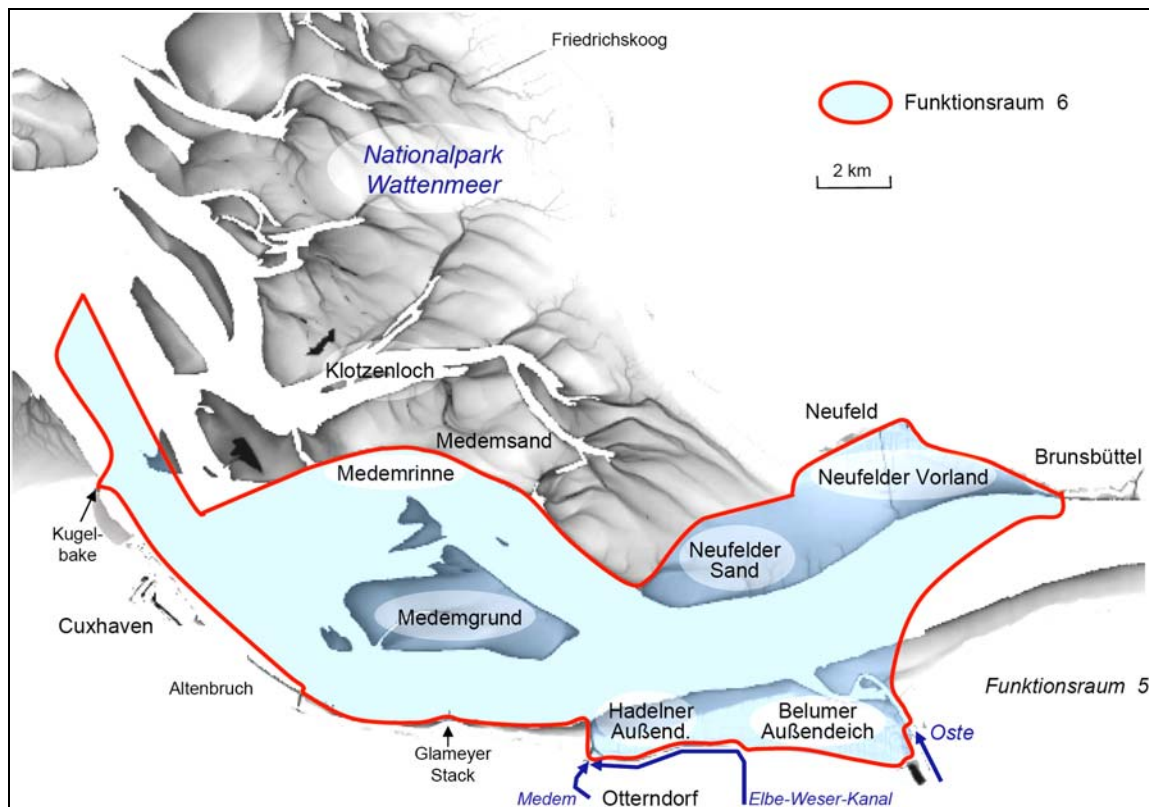


Abbildung B-A2-5-7: Darstellung des Funktionsraumes 6
(Quelle: IBP 2012, S. 209)

Seit dem Ende der Eiszeit steigen Meeresspiegel und Tidehub in der Deutschen Bucht an. Die damit verbundene Erhöhung des Energieeintrags in die Elbmündung führt zu einer anhaltenden Aufweitung des Mündungstrichters. Im vergangenen Jahrhundert hat sich der Querschnitt der Elbmündung in einigen Bereichen etwa verdoppelt. Die großen Sande und Rinnen der Elbmündung unterliegen einer intensiven Dynamik und verlagern sich natürlicherweise nach Zyklen von 100 bis mehreren 100 Jahren. Das ursprüngliche Drei-Rinnen-System der Elbmündung wurde zur Sicherung des Schifffahrtsweges durch den Bau des Leitdammes Kugelbake auf zwei Rinnen zusammengeführt. Das Fahrwasser nutzt die stabilisierte, südliche Hauptrinne, die dicht vor dem niedersächsischen Ufer verläuft.

Nördlich der Hauptrinne schließt der nach dem niedersächsischen Zufluss Medem benannte Medemgrund an. Nördlich dieser großen Wattfläche verläuft die Medemrinne, die zweite verbliebene Rinne der Elbmündung. Die Nordgrenze des Funktionsraums verläuft am Nordrand der Medemrinne. Der nördlich angrenzende Medemsand gehört zum Nationalpark „Schleswig-holsteinisches Wattenmeer“. An der Südflanke des Neufelder Sands wird die Verlagerung von Rinnen und Watten durch einen Leitdamm eingeschränkt. Trotz wasserbaubaulicher Eingriffe stellt der Westabschnitt des Funktionsraums 6 in morphodynamischer Hinsicht den naturnächsten Teil des Elbeästuars dar.

Der Funktionsraum 6 befindet sich am Übergang zwischen dem mesohalinen und dem polyhalinen Abschnitt des Ästuars. Das gesamte schleswig-holsteinische Vorland liegt mit Chloridgehalten unter 18 ‰ noch im mesohalinen Bereich, während die Vorländer auf niedersächsischer Seite unter polyhalinen Verhältnissen (18 ‰ bis 28 ‰) stehen. Der östliche, mesohaline Abschnitt des Funktionsraums umfasst das Neufelder Vorland und die vorgelagerten Wattflächen.

Das Vorland ist heute 500 m bis max. 900 m breit. Die Salzwiesen gehen in die sandigen bis schlickigen Flächen des Neufelder Watts über. Das Neufelder Vorland wird durch einen Priel zweigeteilt, der als Zufahrt zum Hafen und als Vorfluter für die Binnenentwässerung der landseitig gelegenen Köge dient. Westlich des Hafenpriel wird das Vorland intensiv

entwässert und mit Schafen beweidet. Östlich des Priels haben sich nach Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung auf Teilflächen Schilfröhrichte entwickelt. Im Osten des Vorlands wird vor dem schar liegenden Deich die Bildung von Vorland durch Lahnungsbau unterstützt.

Nördlich des Fahrwassers umfasst der westliche, polyhaline Abschnitt des Funktionsraums den Neufelder Sand, den Medemgrund und die Medemrinne. Der Medemgrund liegt als große Wattfläche zwischen den beiden verbliebenen Hauptrinnen der Elbmündung. Am Südufer erstrecken sind Watten und Vorländer, die von der Mündung der Oste bis zum Glameyer Stack (200 m langes Querbauwerk bei Elbe-km 716) zunehmend schmaler werden. Im Belumer Außendeich ist das Vorland 1.500 m breit, im westlich angrenzenden Haldelner Außendeich nur noch 500 m, beim Glameyer Stack liegt der Hauptdeich schar. Seit dem Bau eines Sommerdeiches im Jahr 1955 steht der größte Teil des Belumer Außendeichs nur noch unter stark eingeschränktem Tideeinfluss. Die Flächen des Belumer und des Haldelner Außendeichs werden als Grünland genutzt. Bis zur Mündung der Medem bei Otterndorf ist der Übergang zwischen Vorland und Watt durchgehend naturnah.

Von der Medem bis Cuxhaven ist das Ufer durch Steinschüttungen gesichert. An diesem Pralluferabschnitt (Altenbrucher Bogen) herrschen von je her Erosionsvorgänge vor. Das Glameyer Stack wurde bereits 1802 errichtet, um die Strömung vom Ufer abzulenken. Elbabwärts von Altenbruch verläuft die landseitige Grenze des FFH-Gebiets „Untere Elbe“ im Strom in einem Abstand von 200 m bis 500 m vom Ufer. Das Ufer und die angrenzenden Gebiete in Otterndorf, Altenbruch und Cuxhaven stellen Schwerpunkte einer intensiven Erholungsnutzung dar. Im Abschnitt zwischen Altenbruch und Cuxhaven herrschen Industriegebiete und Hafenanlagen vor.

Die Tabelle T-A2-5-6 beschreibt ausgewählte abiotische Kenngrößen des Funktionsraums 6.

Tabelle T-A2-5-6: Ausgewählte abiotische Kenngrößen des Funktionsraums 6
(Quelle: IBP 2012, S. 211)

Länge	Elbe-km 700 (Fähranleger Zweidorf westlich von Brunsbüttel) bzw. Elbe-km 703 (Oste-Mündung) bis ca. Elbe-km 727 (Linie Friedrichskoogspitze – Kugelbake in Cuxhaven)
Gesamtfläche	13.564 ha
Strombreite	Querschnitt Fähranleger Zweidorf / Baljer Außendeich (Elbe-km 699): 2,8 km Querschnitt Oste-Mündung - Spitze Neufelderkoog (Elbe-km 707): 5,8 km Querschnitt Friedrichskoogspitze - Kugelbake in Cuxhaven (Elbe-km 727): 16,5 km
Länge der Uferstrecke	ca. 34 km, darunter: <ul style="list-style-type: none"> • unverbaut: ca. 8 km • mit Deckwerk: 1 km • mit Deckwerk + Buhnen: ca. 11 km • mit Deckwerk + Vorspülung: ca. 6 km • mit Lahnungen: 8 km
Verteilung der Landschaftszonen	<ul style="list-style-type: none"> • Eingedeichte Gebiete: keine • Vorland: 1.208 ha (8,9 %) • Watten (MTnw bis MThw): 3.803 ha (28 %) • Flachwasserzonen von 2 m unter MTnw bis MTnw: 1.398 ha (10,4 %) • Wasserzonen von 10 m bis 2 m unter MTnw: 4.901 ha (36,1 %) • Wasserzonen tiefer als 10 m unter MTnw: 2.254ha (16,6 %)
Tidehub	2,8 m bei Brunsbüttel, 2,7 m bei Cuxhaven
Chloridgehalt	Zweidorf bis Spitze Neufelderkoog: 5 ‰ bis 18 ‰ (mesohalin) Spitze Neufelderkoog bis Ästuargrenze: 18 ‰ bis 28 ‰ (polyhalin)
WRRL	Wasserkörper Koordinierungsraum Tideelbe, Übergangsgewässer Elbe Wasserkörper als erheblich verändert (HMWB) eingestuft

A2-6 Risikoanalyse aus qualitativer Sicht

Grundsätze

Gegenstand der Risikoanalyse aus qualitativer Sicht sind die im Kontext Sedimentmanagement identifizierten relevanten Schutzgüter.

Die Analyse erfolgt schadstoffbezogen, d.h. für jeden der 29 im Kontext Sedimentmanagement relevanten Schadstoffe (Tab. 3-1).

Die Risikoanalyse wird in zwei Stufen durchgeführt, Abbildung B-A2-6-1 zeigt das Vorgehen im Überblick:

1. Evaluierung auf Flussgebietsebene zur Identifizierung der Herkunftsbereiche partikulär gebundener Schadstoffe - Priorisierung der Schadstoffströme nach Teileinzugsgebieten
2. Quellenbezogene Analyse innerhalb der in Stufe 1 identifizierten Herkunftsbereiche.

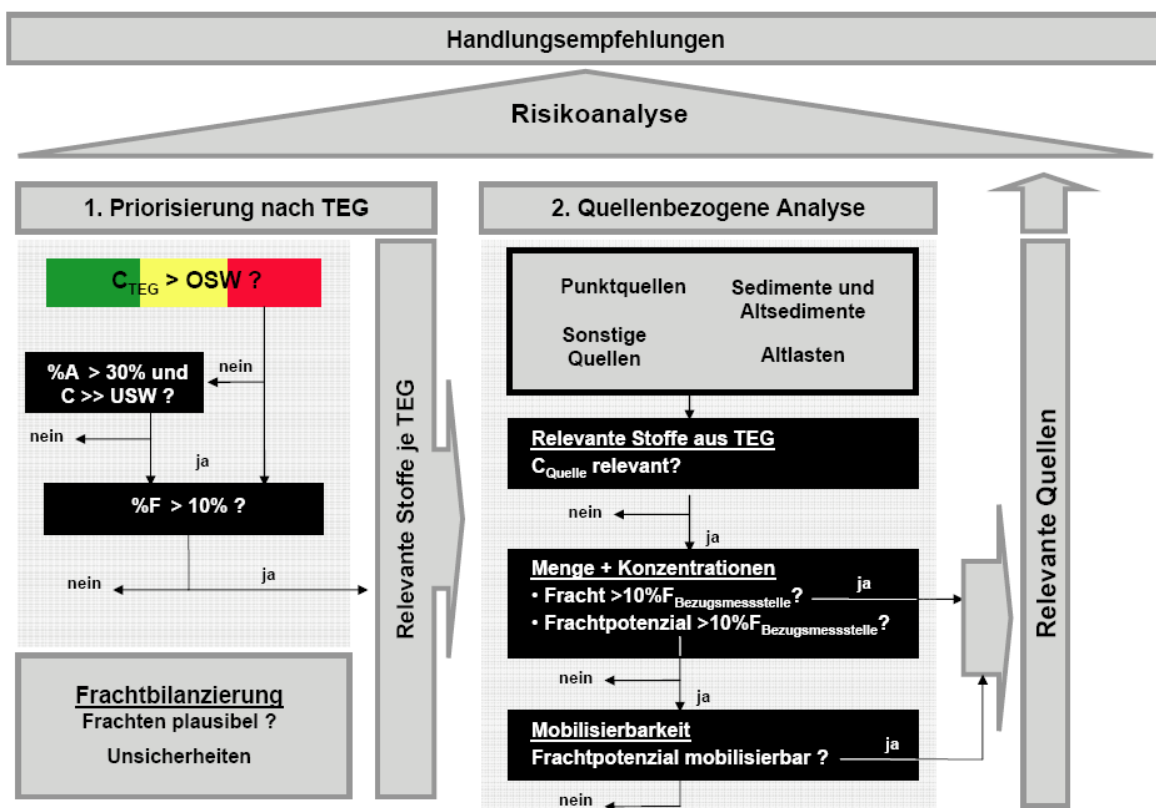


Abbildung B-A2-6-1: Risikoanalyse aus qualitativer Sicht

Stufe 1: Priorisierung der Schadstoffströme nach Teileinzugsgebieten

Stufe 1 wird in drei Teilschritten absolviert und beginnt mit der Klassifizierung (Anlage A2-3) der schwebstoffbürtigen Sedimente an den Bezugsmessstellen der Elbe und der Nebenflüsse der Kategorie 1. Im Ergebnis liegt für jeden Schadstoff eine großräumige Übersicht vor, die auch Rückschlüsse auf die Entwicklung im betrachteten Zeitraum zulässt.

Teilschritt 2 besteht in der Abschätzung der Frachtanteile (%F) eines Schadstoffes an der Fracht der relevanten Bezugsmessstelle (Anlage A2-1). Relevante Bezugsmessstelle für die internationale FGE Elbe ist Schnackenburg. Sie wird zur Beurteilung der Frachten der Nebenflüsse der Kategorie 1 und 2a (F_{NF1} , F_{NF2a}) und des tschechischen Teileinzugsgebietes (F_{CZ}) herangezogen. Dort wird die Fracht F_{FGE} gemessen. Die Relevanz von Nebenflüssen der Kategorie 2b (F_{NF2b}) wird durch Vergleich mit F_{NF1} ermittelt. Ein Teileinzugsgebiet (TEG) ist im Hinblick auf jeweiligen Schadstoff überregional bedeutsam, wenn $\%F_{TEG}$ im

betrachteten Zeitraum, der ein breites Spektrum unterschiedlicher Abflussbedingungen abdecken muss, 10% mindestens einmal überschreitet. Die Frachten werden auf der besten, jeweils verfügbaren Datengrundlage nach einer in der IKSE abgestimmten Methodik ermittelt (Anlage A2-11).

Teilschritt 3 besteht in der überregionalen, immissionsbezogenen Frachtbilanzierung (Anlage A2-12). Die Frachtbilanz besteht in der Differenz zwischen einer im Flussverlauf oberen (F_O) und einer unteren (F_U) Bilanzmessstelle. Bilanzmessstellen hierfür sind- jeweils in Verbindung mit den dazugehörigen Bezugsmessstellen Quantität (Anlage A2-1) - die Bezugsmessstellen Obrstvi (F_O für den tschechischen Elbeabschnitt), Schmilka (F_U für den tschechischen und F_O für den deutschen Elbeabschnitt) und Schnackenburg (F_O für den deutschen Elbeabschnitt und für die internationale FGE). Die Frachtbilanzierung dient insbesondere der Plausibilisierung der abgeschätzten Frachtanteile sowie der Abschätzung ihrer Unsicherheiten sowie der Ableitung eines aussagekräftigen Ansatzes der Erfolgskontrolle ergriffener Maßnahmen.

Für die Tideelbe ist eine frachtbezogene Abschätzung Richtung Nordsee aus methodischen Gründen noch nicht möglich (Fanger und Kappenberg 2007). Die Bezugsmessstelle Seemannshöft stellt durch Konvention (FGG Elbe; IKSE) und auch im Hinblick auf die Oberflächenwasserkörpereinteilung der EG-WRRL das Bilanzprofil der limnischen Elbe zum Übergangsgewässer bzw. der Nordsee dar. Die Priorisierung der Schadstoffströme in der Tideelbe erfolgt deshalb qualitativ (Klassifizierung) sowie anhand des binnenseitigen Eintrages im Vergleich zu Emissionsabschätzungen und unter Berücksichtigung tatsächlich auftretender Nutzungseinschränkungen, z.B. im Baggergutmanagement.

Im Ergebnis von Stufe 1 liegt je TEG eine spezifische Auswahl relevanter Schadstoffe vor, für die Stufe 2 eine quellenbezogene Risikoanalyse vorzunehmen ist.

Stufe 2: Quellenbezogene Analyse in den Teileinzugsgebieten

Betrachtet werden im Kontext dieses Sedimentmanagementkonzepts folgende Quellentypen:

- Punktquellen (Abwasser und punktförmige Einträge des Altbergbaus). Die Methodik zur Abschätzung der Relevanz von Punktquellen findet sich in Anlage A2-9.
- Sedimente/Altsedimente. Sedimente sind keine Quelle für Schadstoffe im herkömmlichen Sinn. Sie haben jedoch das Potenzial Stoffe zu speichern, je nach Gewässersituation und hydrologischem Verlauf dauerhaft oder intermediär. Hier wird die durch hydrologische Ereignisse ausgelöste Quellenfunktion der Sedimente für stromab gelegene Flussabschnitte betrachtet.
- Altlasten und Altlastenverdachtsfläche am Gewässer (nachfolgend einheitlich Altlasten am Gewässer). Die Methodik zur Abschätzung der Relevanz von Altlasten am Gewässer ist in Anlage A2-10 beschrieben.
- Sonstige Quellen (z.B. urbane Systeme). Hier wird in erster Linie auf die Auswertungen im Auftrag des Umweltbundesamtes (MoRE 2013; Fuchs et al. 2010) zurückgegriffen.

In jedem Fall werden **drei Kriterien zur Abschätzung der Relevanz einer Quelle** herangezogen. Im Falle der Altlasten am Gewässer bilden diese drei Kriterien den Prüfschritt 1, an den sich zwei weitere anschließen (2-Ermittlung des aktuellen Zustands der als relevant erkannten Verdachtsflächen und 3-Weiterführende Altlastenbearbeitung, vgl. Anlage A2-10). Eine Quelle ist relevant, wenn sie jedes der drei folgenden Kriterien erfüllt:

1. Mindestkonzentration. Die Konzentration mindestens eines relevanten Schadstoffs überschreitet den **Oberen Schwellenwert**.
2. Mindestmenge. Die Relevanzprüfung erfolgt als **ja/nein-Entscheidung** mit dem Prüfkriterium $\text{Fracht/Frachtpotenzial} > 10\%F_{\text{Bezugsmessstelle}}$. Zur Prüfung wird

entweder eine Emissionsfracht (Punktquellen) oder ein Frachtpotenzial (Sedimente/Altsedimente; Altlasten) ermittelt. Als Frachtpotenzial wird die Gesamtmenge eines Schadstoffs (in kg oder t) pro Quelle bezeichnet. Im Falle der Sedimente/Altsedimente kann es erforderlich sein, zur Ermittlung des Frachtpotenzials räumliche Einheiten zu bilden, z.B. Bühnenfelder oder Gruppen von Seitenstrukturen in definierten Streckenabschnitten. Die Methodik zur Abschätzung der Sedimentmengen ist in Anlage A2-7 dargelegt.

3. Mobilisierbarkeit. Die Relevanzprüfung erfolgt als **ja/nein-Entscheidung** im Zuge einer Experteneinschätzung auf der Grundlage von Pilotmessungen der Erosionsschubspannung und weiterer, die Kohäsivität bestimmender Parameter im Freiland und Labor sowie der Abschätzung der hochwasserinduzierten Remobilisierung anhand von Monitoringdaten (Sedimente/Altsedimente) bzw. anhand von Mobilisierungsszenarien und Dokumentationen (Altlasten). Die Methodik zur Bestimmung der Mobilisierbarkeit von Sedimenten wird in Anlage A2-8 beschrieben.

Literatur

A2-7 Abschätzung der Mengen an Sedimenten und Altsedimenten in strömungsberuhigten Zonen und Abschätzung des Frachtpotenzials

Sedimente und Altsedimente stellen im Kontext des Sedimentmanagementkonzepts einen relevanten Quellentyp dar, der im Zuge der quellenbezogenen Risikoanalyse zu betrachten ist (Anlage A2-6). Die Abschätzung des Frachtpotenzials im Rahmen der Stufe 2 dieser Analyse (vgl. Abb. B-A2-6-1 in Anlage A2-6) ist dabei ein entscheidender Schritt, für den eine Ermittlung der Sedimentmenge in einem zu betrachtenden Depot vorgenommen werden muss. Deshalb wurden im Rahmen dieses Konzepts Methoden zur Abschätzung der Sedimentmengen entwickelt und situationsbezogen angewendet. Die Abschätzung der Mengen an Altsedimenten erfolgte im Rahmen der folgenden vier Teilprojekte:

Teilprojekt 1: Bühnenfelder Elbe – BfG

Teilprojekt 2: Seitenstrukturen Elbe – HAW

Teilprojekt 3: Staustufen Saale – BfG

Teilprojekt 4: Seitenstrukturen Saale – LHW

Teilprojekt 1: Bühnenfelder der Elbe

Die Bühnenfelder der Binnenelbe stellen neben Häfen, verschiedensten Seitenstrukturen (z.B. Altarmen) und Auen große Sedimentationsräume, aber auch mögliche Sedimentquellen dar (Schwartz 2003, 2006). Die Bühnenfelder der Elbe sind ausgesprochen vielfältig in Größe, Form und baulichem Zustand. In Abhängigkeit der Bühnenfeldcharakteristik sind auch die Qualität und Quantität der darin lagernden Sedimente sehr unterschiedlich (Hackl, 2008). Zwischen Schmilka und Geesthacht existieren 6651 Bühnenfelder, beginnend bei ca. km 120. Eine Mengenermittlung der Sedimente in allen Bühnenfeldern vor Ort ist nicht leistbar. Daher ist die Klassifikation, d. h. die Zusammenfassung einzelner Bühnenfelder zu Gruppen mit gleicher Charakteristik, eine erste wichtige Voraussetzung für die Ermittlung von Sedimentmengen über den Gesamtverlauf der Binnenelbe. Die Mengenermittlung erfolgte unter Berücksichtigung folgender Aspekte (Hillebrand et al. in BfG 2013):

1. Aus einer umfangreichen Literaturrecherche wurden typische Klassifikationsmerkmale für Bühnenfelder ermittelt (Frey, 2005; Wirtz, 2004; Rommel, 2010; Prohaska, 2009) und frühere Untersuchungen in Bühnenfeldern der Elbe ausgewertet. Aus der Vielzahl der möglichen Klassifikationsmerkmale wurden zunächst die folgenden Kriterien betrachtet (BfG, 2012): Seitenverhältnis (Länge/Breite), Lage (Elbe-km, links/rechts) und Laufform (Prallhang/Gleithang). Der 2. Teil der Erhebung der Klassifikationsmerkmale erfolgte im Rahmen des ELSA-Projektes „Auswertung von Luftbilddaufnahmen der Elbe zur Ermittlung von Bühnenfeldparametern“. Hier wurden Verlandungsgrad (benetzte Fläche bei verschiedenen Wasserständen, Wallbildung), die Anbindung an eine im Hinterland befindliche Seitenstruktur und die Existenz eines Durchrisses zur stromaufwärts gelegenen Bühne ausgewertet. Die Klassifikationsmerkmale wurden z.T. vor Ort erfasst bzw. durch Auswertung von Satellitenbildern unter Verwendung der Niedrigwasserlinie ermittelt. Von den 6651 Bühnenfeldern konnten 6260 klassifiziert werden.
2. Auf der Grundlage der Daten des Bühnenkatasters der WSV wurde die Größe aller Bühnenfeldflächen errechnet. Dazu wurden die vorliegenden Koordinaten zu Bühnenfuß, -kopf und -wurzel verwendet. Die Berechnung der Bühnenfeldflächen erfolgte für Niedrig- und Mittelwasserabflüsse. Unter Niedrigwasserbedingungen wurden dazu abgeleitete GIS-Daten einer Befliegung von 2003 verwendet, bei mittleren Abflüssen erfolgte eine Berechnung mit Hilfe der in der BfG entwickelten Software FLYS und einer Verschneidung mit einem digitalen Geländemodell (BfG, 2012).
3. Eine Auswahl von Bühnenfeldern wurde in den Jahren 2010 und 2011 in Zusammenarbeit mit den WSÄ Dresden, Magdeburg und Lauenburg untersucht. In

fünf Kampagnen (je 1 Woche) wurden jeweils ca. 80 bis 100 km Fließstrecke der Elbe betrachtet. Ca. 270 der 6651 Buhnenfelder der Binnelbe wurden vor Ort besichtigt, beprobt und charakterisiert. Aus der Literatur bekannte Buhnenfelder („Pflichtbuhnenfelder“) wurden auf jeden Fall untersucht. Die Untersuchungen zur Ermittlung der Sedimentmächtigkeit erfolgten mit Peilstangen (Abb. B-A2-7-1), die zur Ermittlung der Qualität der Sedimente bzgl. ihres Alters (frische oder alte Ablagerungen) mit durchsichtigen Stechrohren (Abb. B-A2-7-2). Der Gesamteindruck zur Beschaffenheit der Sedimente wurde zunächst mit „schlammig“, „kiesig“ und „sandig“ charakterisiert. Die Schlammmenge wurde anschließend mit „viel“ „wenig“ oder „kein“ Schlamm beschrieben. Erfasst wurden auch Schichtungen und Auflagen.

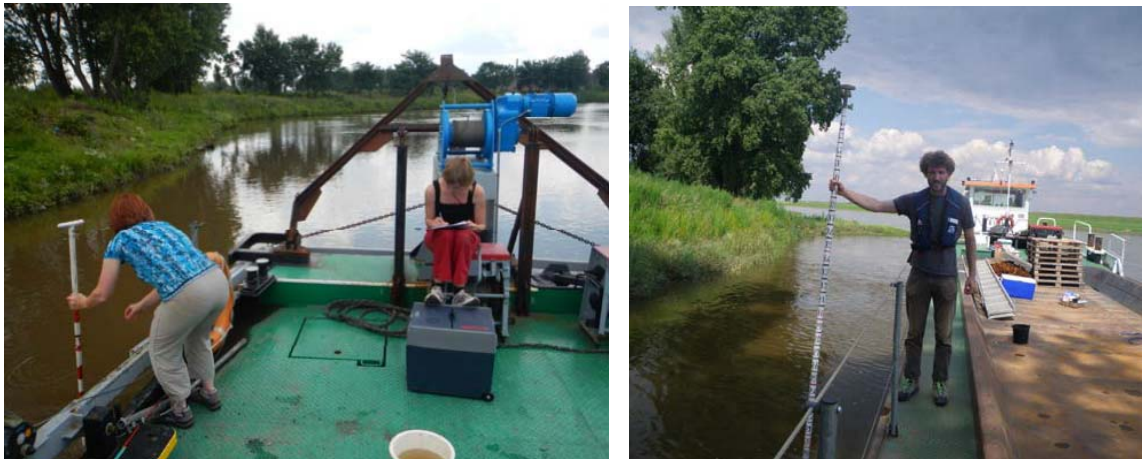


Abbildung B-A2-7-1: Peilungsuntersuchungen

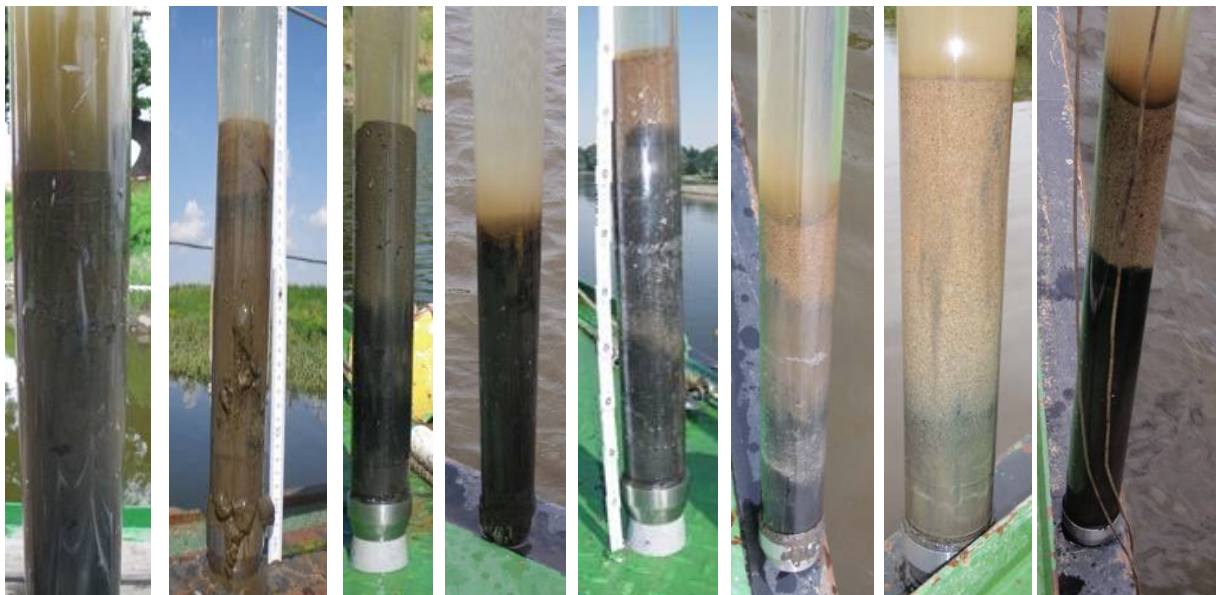


Abbildung B-A2-7-2: Stechrohrproben - Schichtungen

Während der Untersuchungen vor Ort wurden teilweise auch deren Klassifikationsmerkmale erfasst. Die Tabelle T-A2-7-1 zeigt exemplarisch Form und Umfang für die Gesamtheit aller erhobenen Daten.

Tabelle T-A2-7-1: Beschreibung der Bühnenfelder (Auszug)

Elbe-km	Lage	Lfd. Nr. des Bühnenfeldes lt. Bühnenkatalog der WSV	Station		Feldbreite Bühnenköpfe [m]	Feldbreite Kilometrierung [m]	Lage Auswahl: Gerade; Gleithang; Prallhang	Fläche max. Bühnenköpfe [m²]	Fläche max. Kilometrierung [m²]	Seitenverhältnis	Fläche NW [m²]	Fläche MQ_1m [m²]	Protokoll		Foto(s)	
			Wurzel Oberstrom [km]	Wurzel Unterstrom [km]									vorhanden	Protokoll Nr.	vorhanden	Foto-Nummer(n)
133,590	rechts	87	133,544	133,635	89,90	91,00	Gerade	1214	1229	0,150	238	617	ja	I/2	ja	IMGP2230
146,177	rechts	115	146,118	146,236	91,00	118,00	Gleithang	5811	7535	0,702	2219	3854	ja	I/3	ja	IMGP2234
370,030	rechts	1451	369,988	370,071	97,29	83,00	Prallhang	15062	12850	1,591	2061	3844	ja	III/15 ja D81	ja	P8100186-190
521,810	rechts	2658	521,74	521,879	122,06	139,00	Gerade	13676	15574	0,918	3044	5944	ja	6	ja	P8040097/98
526,615	links	2781	526,543	526,686	143,64	143,00	Gleithang	14555	14490	0,705	1931	7518	ja	13	ja	DSCN1550
528,907	links	2800	528,836	528,977	139,60	141,00	Gerade	17502	17675	0,898	6320	8682			nein	-

Elbe-km	Lage	Lfd. Nr. des Bühnenfeldes lt. Bühnenkatalog der WSV	Sedimentinventar				Durchriss oder Absenkung der stromaufgelegenen Bühne	Wallbildung im Bühnenfeld/Bühnenfeldrücken	Bau-/Unterhaltungsmaßnahmen	Anbindung an Seitenstruktur	Bemerkungen z.B. Bewuchs der verlandeten Bereiche, Informationen zu Baggermaßnahmen etc.
			Gesamteindruck	vorhanden	Auflage Ausbildung	Abschätzung der Schlammmenge					
133,590	rechts	87	kiesig	Ja, frisch	Schlamm auf Kies	kein	nein	nein	nein	einzelne Schlammlinse	
146,177	rechts	115	schlammig	ja, frisch	Schlamm auf Schlamm	viel	nein	nein	unbekannt	ja	
370,030	rechts	1451	schlammig	ja, frisch	Kies auf Schlamm	wenig	nein	nein	unbekannt	ja	
521,810	rechts	2658	schlammig			viel	nein	ja	unbekannt	ja	
526,615	links	2781	sandig	nein		kein	nein	nein	unbekannt	nein	
528,907	links	2800	schlammig	nein		viel	nein	nein	unbekannt	nein	

- Buhnenfelder, die Schlamm enthalten, weisen bestimmte Klassifikationsmerkmale auf. So korreliert die Schlammmenge u. a. auch mit dem Seitenverhältnis eines Buhnenfeldes (Abb. B-A2-7-3). Zunächst wurden unter Verwendung univariater und multivariater statistischer Methoden die ca. 270 untersuchten Buhnenfelder in die Korrelationsrechnungen einbezogen. In einem nächsten Schritt erfolgte die Übertragung der ermittelten Zusammenhänge auf alle 6260 betrachteten Buhnenfelder.

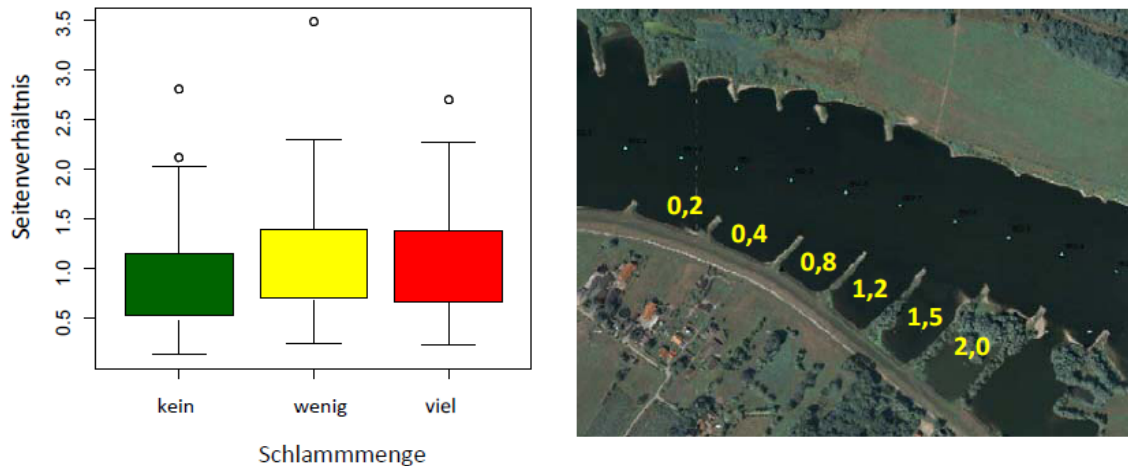


Abbildung B-A2-7-3: Korrelation der Schlammmenge mit dem Seitenverhältnis eines Buhnenfeldes

- Nachdem über die Klassifikationsmerkmale die Buhnenfelder mit Schlamm über den Gesamtverlauf der Binnenelbe identifiziert und die Buhnenfeldflächen bekannt waren, konnte eine Abschätzung der Gesamtmenge an Schlamm vorgenommen werden.

Teilprojekt 2: Seitenstrukturen der Elbe

Als Seitenstrukturen werden in diesem Teilprojekt alle Gewässer bezeichnet, die in der Talau liegen und entweder gar keine oder eine gering ausgeprägte Verbindung zur Elbe haben, jedoch bei bestimmten Hochwassersituationen (2MQ, 3MQ, MHQ, HQ5) überflutet werden können. Dabei können Sedimente nach einem Hochwasser abgelagert oder aber mit der Elbe ausgetauscht werden. Bei Seitenstrukturen handelt es sich um Vorlandseen, die durch Deichbrüche entstanden sind, um Altwässer oder Altarme der Elbe. Zwischen Schmilka und Geesthacht liegen ca. 1000 Seitenstrukturen, von denen ein Drittel eine Länge von mehr als 500 m aufweist. Allein diese Seitenstrukturen von bedeutender Größe ergeben eine Fläche von 31 km². Zur Abschätzung der in den Seitenstrukturen lagernden Sedimentmengen wurde wie folgt vorgegangen (Heise 2013):

- Mit Hilfe der hydrologischen Software der BfG „FLYS“ wurde eine Datenbank erstellt, in der für alle Seitenstrukturen die jeweilige Lage in der Talau festgehalten wurde (Fluss-Kilometer, Flussseite, Hochwassersituation, bei der ein Anschluss bzw. eine Überschwemmung erfolgt). Für die ca. 300 Seitenstrukturen mit mehr als 500 m Länge wurden außerdem folgende Informationen ermittelt: Fläche, Entfernung zum Fluss, Lage zum Fluss, Anschlussart (Anschluss über eine weitere Seitenstruktur bzw. über bewachsene Gebiete).
- Auf der Grundlage dieser Datenbank wurden 15 Seitenstrukturen ausgewählt, die sich an unterschiedlichen Flussabschnitten befinden (zwischen Fluss-km 340 und 569) und sich in ihrer Lage und Entfernung zum Fluss und in ihrer Anschlusssituation unterscheiden (1 Bucht, 4 Altarme mit Anschluss bei MQ, 8 Altwässer mit Anschluss bei 2 MQ, 2 Altwässer mit Anschluss bei 3 MQ), siehe Tabelle T-A2-7-2.

Tabelle T-A2-7-2 : Beschreibung der für die Untersuchung selektierten Seitenstrukturen

Datum	Ort	Anzahl Seitenstrukturen	Zuordnung Seitenstruktur	angeschlossen bei	Überströmt bei
11.4.13	Bleckede	1	Altwasser	3MQ	3MQ
2.5.13	Sassendorf	2	Bucht	MQ	2MQ
			Altwasser	2MQ	2MQ
16.5.13	Grippel	2	Altarm	MQ	3MQ
			Altwasser	2MQ	3MQ
23.5.13	Brandleben (gegenüber Dömitz)	2	Altarm	MQ	2MQ
			Altwasser	2MQ	2MQ
24.5.13	Damnatz	3	Bucht/Altarm	MQ	2MQ
			Altwasser	2MQ	2MQ
			Altwasser	3MQ	3MQ
28.5.13	Losenrade (gegenüber Wittenberge)	2	Altarm	MQ	2MQ
			Altwasser	2MQ	2MQ
29.5.13	Gegenüber Tangermünde	2	Altwasser	2MQ	3MQ
			Altwasser	2MQ	3MQ
30.5.13	Bei Gerwisch	1	Altwasser	2MQ	HQ5

3. Über die Länge der Seitenstrukturen wurden je nach Größe und Beschaffenheit an einer bis drei Stellen Sedimentkerne zur Ermittlung der Sedimenteigenschaften (Korngröße, TOC, Wassergehalt), der Erosionsstabilität und des Schadstoffgehalts genommen. An den Positionen, an denen die Sedimentkerne genommen wurden, wurde jeweils ein Querschnittsprofil der Sedimenttiefe mit einer Peilstange, wie im Teilprojekt 1 beschrieben, erhoben. Dabei wurden je nach Breite der Seitenstruktur 3 bis 5 Sondierungen durchgeführt, wie beispielhaft in Abbildung B-A2-7-4 gezeigt.



Abbildung B-A2-7-4:
Aufnahme der Sedimentauflagen in Querprofilen in den Seitenstrukturen bei Losenrade

4. Die Sedimenttiefen, Schadstoffgehalte und Erodierbarkeiten wurden in Beziehung zu den Seitenstruktur-Charakteristika gesetzt und auf dieser Basis eine Abschätzung der Sedimentvolumina vorgenommen.

Teilprojekt 3: Staustufen der Saale

Das Flussbett der frei fließenden Saale ist durch kieshaltige Sedimente gekennzeichnet. Die Staustufen der Bundeswasserstraße, insbesondere ihre Vorhäfen, sind hingegen strömungsberuhigte Sedimentationsräume für große Mengen an feinkörnigen, sowohl frischen als auch alten Sedimenten. Aus diesem Grund fand eine Mengenermittlung ausschließlich in den Staustufen der Saale statt. Die Untersuchungen (Claus et al. in BfG 2013) zur Ermittlung der Mengen an Altsedimenten in der Bundeswasserstraße Saale wurden gemeinsam mit dem WSA Magdeburg durchgeführt.

Die Grundlage für die Mengenermittlung bilden verschiedene Arten und Zeiträume von Peilungsuntersuchungen. Es wurden sowohl aktuelle Daten erhoben, als auch auf Daten aus früheren Sohlhöhenpeilungen (Peilungen der Fahrrinne im 3D-Archiv der WSV) zurückgegriffen. Aktuelle Peilungen der Staustufen (über die Fahrrinne hinaus) wurden 2011 in Absprache mit der BfG vom WSA Magdeburg durchgeführt. Für die Peilungen der Sedimentmächtigkeiten durch die BfG zur Mengenermittlung wurden beispielhaft die Staustufen Calbe, Rothenburg und Rischmühle (WSA Magdeburg, ABZ Bernburg und Merseburg) ausgewählt. Diese Untersuchungen fanden im Mai/Juli 2012 und im April 2013, als Wiederholungsuntersuchung zur Absicherung der 2012 erhobenen Daten, statt. Bekannt sind darüber hinaus die Baggergutmengen der Jahre 1994 bis 2012 (Weise 2011).

Querprofilpeilungen der WSV

2011 fanden Querprofilpeilungen des WSA Magdeburg mit dem Boot „Profil“ (Echolot) in den Vorhäfen der Saale und ihren Wehrsaalen statt. Aus den Sohlhöhenpeilungen wurden die Gesamtmengen an Ablagerungen bis zur Solltiefe ermittelt (Abb. B-A2-7-5, Beispiel Unterhafen Rothenburg). Diese Daten wurden später zur Validierung der durch die BfG erhobenen Daten verwendet.

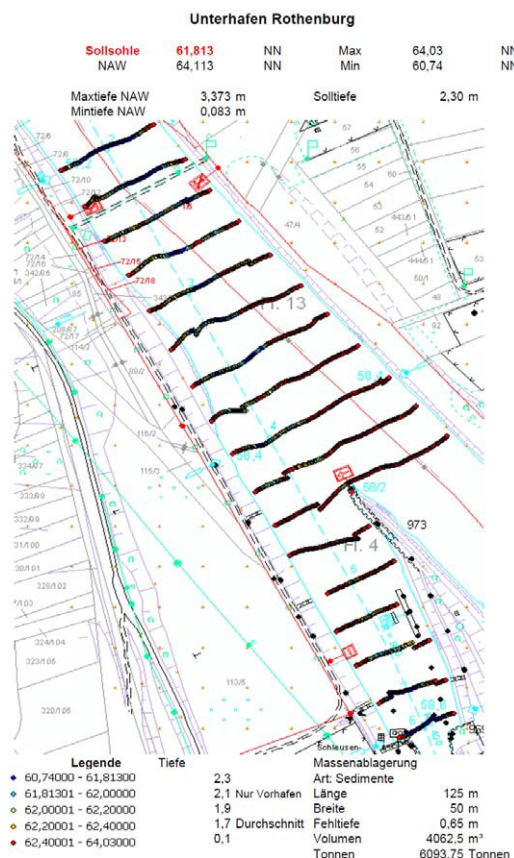


Abbildung B-A2-7-5:
Querprofilpeilung (WSV) zur Ermittlung
der Sedimentablagerung im Unterhafen
Rothenburg

Peilungsuntersuchungen der BfG – Beispielhafte Untersuchungen

In den Staustufen (Ober- und Unterhäfen, Schleusenammern, Wehrsaalen) Calbe (Abb. B-A2-7-6), Rothenburg und Rischmühle wurden an 50, 22 bzw. 21 Messpunkten Peilungen mit einer Peilstange zur Ermittlung der Sedimentmächtigkeiten durchgeführt (Abb. B-A2-7-1).

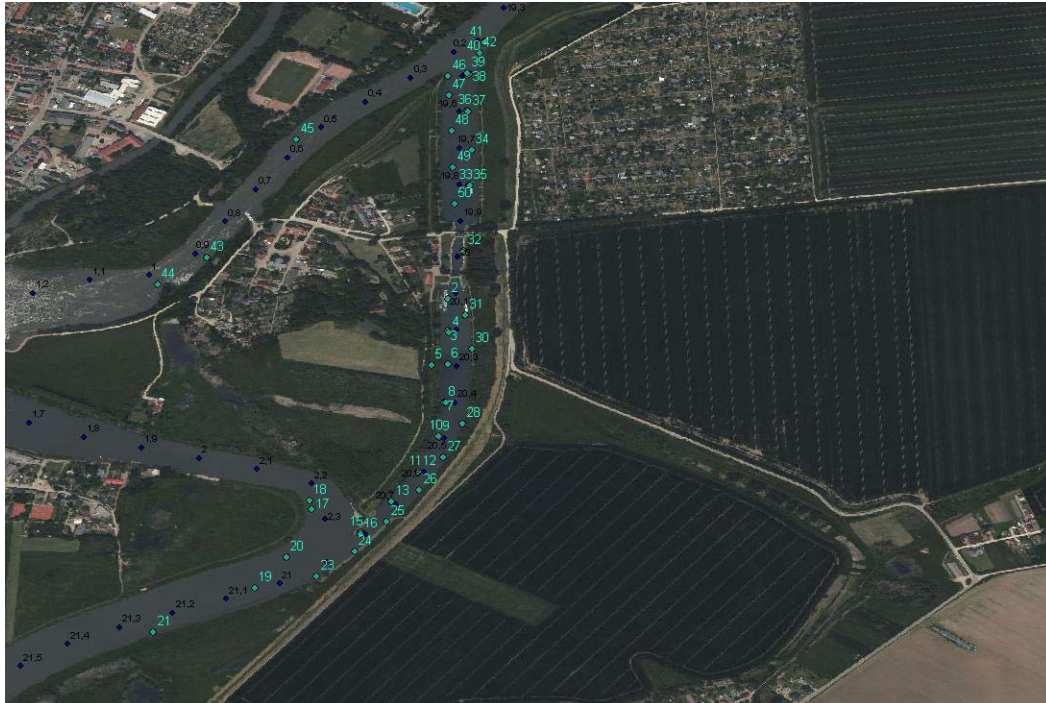


Abbildung B-A2-7-6: Messpunkte in der Staustufe Calbe 2012

Parallel dazu wurde die Qualität der Sedimente bzgl. ihres Alters (frische oder alte Ablagerungen) durch Beprobung vom Schiff aus (WSA Magdeburg) mit durchsichtigen Stechrohren erfasst (Abb. B-A2-7-2). Die Wehrsaalen enthielten keine bzw. vernachlässigbar geringe Mengen an Feinsediment. Sie werden daher für die weitere Mengenermittlung nicht berücksichtigt. Alle Daten wurden in Tabellen zusammengefasst. Einzelne Proben wurden für chemische Untersuchungen und zur Ermittlung von Strukturparametern (Korngrößenanalyse, TOC) verwendet.

Berechnung der Sedimentmengen

Aus der flächenmäßigen Größe der Staustufen (aus Orthofotos abgeschätzte Wasserflächen) und der Kenntnis der Sedimentmengen aus den modellhaften Peilungsuntersuchungen in den Staustufen Calbe, Rothenburg und Rischmühle konnten Sedimentvolumina berechnet werden. Dazu wurden die Daten zum Ablagerungsverhalten dieser 3 Staustufen zunächst im Vergleich mit den Ergebnissen der Profilpeilungen der WSV validiert. Berechnet wurden sowohl die Volumina der Gesamtschlammengen als auch ausschließlich deren frisch abgelagerter Anteil (Frachtpotenzial) sowohl per Hand als auch unter Verwendung einer GIS-Methode. Eine Extrapolation der Daten auf alle anderen Staustufen der Saale fand anschließend ausschließlich für die frisch abgelagerten, potenziell remobilisierbaren Sedimente statt.

- BfG-Methode 1: Gesamtschlammmenge (frisch + alt), lineare Interpolation zwischen den Messpunkten, Volumenberechnung "von Hand"
- BfG-Methode 2a: Gesamtschlammmenge (frisch + alt), Inverse Distance Weighting zwischen den Messpunkten, Volumenberechnung GIS
- BfG-Methode 2b: Schlammmenge frisch, Inverse Distance Weighting zwischen den Messpunkten, Volumenberechnung GIS

Teilprojekt 4: Seitenstrukturen der Saale

Schadstoffbelastete Sedimentablagerungen in Nebengewässern und Seitenstrukturen stellen eine latente Schadstoffquelle für das betrachtete Fließgewässer dar. Zur Charakterisierung der Frachtpotenziale wurde eine Bestandsanalyse bzgl. der Altsedimente mit Aussagen zur Lage schadstoffbelasteter Sedimente in den Gewässern, zu den Sedimentvolumen (ortskonkret), zur Höhe der Schadstoffbelastung und zur Remobilisierbarkeit und der daraus resultierenden Schadstofffrachten für die Saale (nicht schiffbarer Bereich) einschließlich relevanter Nebengewässer und Seitenstrukturen ausgeführt. Hierfür war es notwendig, technische Untersuchungen zur Erkundung der Sedimentverteilung / Sedimentmenge und der Schadstoffbelastung vorzunehmen und zu bewerten. Die Abschätzung der Mengen an Altsedimenten und die Bestimmung des darin enthaltenen Schadstoffpotenzials erfolgten in fünf Bearbeitungsschritten

Recherchen, Befragungen und Gewässerbegehungen zur Erfassung und Erstbewertung von Sedimentablagerungen

Zur Ermittlung des aktuellen Bestandes an Altsedimentablagerungen wurden im Rahmen des Projektes „Bestandsaufnahme von belasteten Altsedimenten in den Gewässern von Sachsen-Anhalt“ umfangreiche Aktenrecherchen ausgeführt und Befragungen bei den zuständigen Flussbereichen vorgenommen. Die recherchierten und ausgewerteten Unterlagen sind in (G.E.O.S. 2012) aufgeführt. Parallel dazu erfolgten Befahrungen an den recherchierten Gewässerabschnitten einschließlich einer Abschätzung der im Gewässerabschnitt ausgebildeten Sedimentmächtigkeiten (Abb. B-A2-7-7). Insgesamt wurden 83 Anfahrten an den Gewässern Saale, Bode, Schlenze und Weiße Elster vorgenommen und in Form von Protokollen zur Vorort-Begehung dokumentiert. Eine Vorauswahl von relevanten Sedimentablagerungen für weitere Untersuchungen erfolgte auf der Grundlage der abgeschätzten Sedimentmächtigkeiten und der Lage im Gewässer.



**Abbildung B-A2-7-7:
Begehung/Abschätzung
Sedimentvolumen**

Peilstangensondierungen an ausgewählten Sedimentablagerungen zur Abschätzung der Sedimentvolumina

Zur konkreten Bestimmung der Mächtigkeitsverteilung im Ablagerungsbereich und zur Abschätzung der Ausdehnung sowie der Konsistenzen bzw. Lagerungsdichten wurden Peilstangensondierungen im Bereich der ausgewählten Sedimentablagerungen ausgeführt. Die entsprechenden Untersuchungen erfolgten in 2 Arbeitsschritten:

- Die Schlammoberkante bzw. die Wassertiefe wurde mit einer Konstruktion ähnlich einer Secchischeibe bestimmt (Abb. B-A2-7-8). Die Hilfskonstruktion bestand aus einem leichten Rammgestänge, an dem zwischen der unteren Rammspitze und dem metrigen Gestänge eine 30 cm große Plasticscheibe zwischengesetzt wurde. Zur besseren Sichtbarkeit in tieferen oder trüberen Gewässern wurde diese Plasticscheibe in einem leuchtgelben Farbton gewählt.

- Im direkten Anschluss erfolgte die Schlammdeckenmessung mit einer metrigen 22 mm Schlitzsonde an einem leichten Rammgestänge mit Dezimetereinteilung als Peilstange. Die Schlitzsonde wurde bis zum Erreichen der Gewässersohle (hoher Eindringwiderstand) in die Sedimentablagerung gedrückt und der Abstand bis zur Wasseroberfläche ermittelt. Der Einsatz der Schlitzsonde als Sondierspitze diente dem Zweck einer ersten Sedimentansprache.



**Abbildung B-A2-7-8:
Bestimmung der
Sedimentmächtigkeit**

Aus der Differenz zwischen der Lage der Sedimentoberkante und der Lage der Gewässersohle bezogen auf den Wasserspiegel des Gewässers wurde die Mächtigkeit der Sedimentablagerung standortkonkret ermittelt. Pro Sedimentablagerung wurden in der Regel an 10 Einzelstandorten die beschriebenen Messungen ausgeführt und dokumentiert.

Bestimmung / Abschätzung von Sedimentvolumina und Sedimenttrockenmasse

Für eine differenzierte Bewertung von Sedimentablagerungen und des fixierten Schadstoffpotenzials ist eine teufenorientierte Mengenabschätzung in Volumina und Trockenmasse (Tab. T-A2-7-3) notwendig.

Tabelle T-A2-7-3: Teufenorientiertes Sedimentvolumen Altarm Calbe / Tippelskirchen

Gewässer	Bezeichnung				Sedimentvolumen					
					gemessen, gemittelt,			gesamt	Teufe	teufenor.
					Länge	Breite	Tiefe			
m	m	m								
Saale	Saale Nebenstrukturen	2a-b	Sa02	Calbe/ Tippelskirchen, Altarm	300	50	2,80	41.975	0 - 10, frisch	1.500
									10 - 50, alt	6.000
									> 50, alt	34.500
									gesamt	42.000

Hierfür wurden die im Rahmen der Untersuchungen der Sedimentablagerungen erhobenen und gewonnenen Ergebnisse Abschätzung des Sedimentvolumens und der Sedimenttrockenmasse wie folgt verwendet:

- Sedimentablagerung nach Länge, Breite und Teufe bestimmen (messen, mitteln, extrapolieren).
- Durch Multiplikation Länge x Breite x gemittelte Endteufen das Gesamtvolumen berechnen.
- Durch Multiplikation Länge x Breite x Teufenbereiche das teufenorientierte Volumen berechnen.
- Bestimmung des Trockenvolumens durch Multiplikation des Volumens mit dem Trockenrückstand TR.

- Bestimmung des Trockenvolumens <math><63\mu\text{m}</math> durch Multiplikation des Trockenvolumens mit den Prozentanteilen der Sedimentfraktion <math><63\mu\text{m}</math>.
- Bestimmung der Trockenmasse durch Multiplikation des Trockenvolumens mit der Dichte der entsprechenden Teufenlage (Tab. T-A2-7-4).

Falls keine Messwerte für den Trockenrückstand, die Sedimentanteile <math><63\mu\text{m}</math> und die Dichte vorliegen, sind Literaturangaben bzw. Erfahrungswerte zu verwenden und in der Dokumentation zu vermerken.

Tabelle T-A2-7-4: Teufenorientierte Sedimenttrockenmassen Altarm Calbe / Tippelskirchen

Volumen teufenor. m ³	trock. Volumen		Volumen <math><63\mu\text{m}</math>		TR- Masse <math><63\mu\text{m}</math>	
	TR %	m ³	Anteil <math><63\mu\text{m}</math> %	m ³	Dichte t/m ³	t
1.500	34,2	513	75	386	1,4	540
6.000	37		78	1.740	1,4	2.437
34.500	42,7	2.220	80	11.844	1,4	16.582
42.000		17.465		13.970		19.559

Abschätzung des Schadstoffpotenzials (gesamt und teufenorientiert)

Zur Abschätzung des Frachtpotenzials wurde wie folgt vorgegangen:

- Multiplikation der teufenorientierten Sedimenttrockenmasse mit der analysierten teufenorientierten Schadstoffkonzentrationen (Bestimmt in der Trockensubstanz der Probe),
- Addition der teufenorientierten Schadstoffpotenziale zum Gesamtschadstoffpotenzial für die standortkonkret untersuchte Sedimentablagerung (Tab. T-A2-7-5, Beispiel Zink).

Tabelle T-A2-7-5: Zinkpotenzial Altarm Calbe / Tippelskirchen

TR- Masse <math><63\mu\text{m}</math>		Zn	
	t	Analysenwert mg/kg	Fracht Kg
	540	1500	810
	2.437	1500	3.655
	16.582	1200	19.898
	19.559		24.363

Extrapolation der standortkonkret ermittelten sedimentgebundenen Schadstoffpotenziale

Die Abschätzung und Zuordnung von sedimentgebundenen Schadstoffpotenzialen für chemisch nicht untersuchte Sedimentablagerungen erfolgt durch Extrapolation von standortkonkret ermittelten sedimentgebundenen Schadstoffpotenzialen. Hierzu werden die für die Sedimenttrockenmasse bestimmten standortkonkreten Schadstoffpotenziale den entsprechenden Sedimentvolumina zugeordnet. Unter der Annahme, dass in den nicht chemisch untersuchten Sedimentablagerungen vergleichbare Verhältnisse bzgl.

Schadstofffixierung, Feinkornanteile und Lagerungsdichten vorliegen, werden die sedimentvolumenbezogenen Schadstoffpotenziale der untersuchten Standorte auf die nicht untersuchten Standorte extrapoliert.

Unsicherheiten

In allen vier Teilprojekten resultierten die größten Unsicherheiten in der Bestimmung der Sedimentgesamtmengen aus der Extrapolation der Daten von ausgewählten, untersuchten Standorten auf das gesamte Untersuchungsgebiet. Mit verschiedenen Hilfsmitteln, wie z.B. der vorherigen Klassifikation von Bühnenfeldern, wurde versucht, diese Unsicherheiten so gering wie möglich zu halten.

Die Teiluntersuchungsgebiete (1) Bühnenfelder der Elbe, (2) Staustufen der Saale sowie (3) Seitenstrukturen von Elbe und (4) Saale umfassen jeweils sehr große Flächen. Diese Flächen sind mit Hilfe von Luftbildaufnahmen oder GIS gut bestimmbar.

Die hohe Heterogenität der Verteilung von Sedimenten und der Sedimentschichtungen in der Fläche macht die Ermittlung von Sedimentmächtigkeiten durch Peilung schwierig. Die Berechnung des Gesamtsedimentvolumens kann daher nur eine vertrauenswürdige Schätzung sein.

Die Annahme einer einheitlichen Dichte zur Berechnung der Sedimentmenge aus den ermittelten Volumina ist ebenfalls eine starke Vereinfachung.

Literatur

- BfG* (2012): Bühnenfeldklassifizierung unter Verwendung des Bühnenkatasters der WSV und abgeleiteter GIS-Daten.
- Claus, E. et al.* (2013): In Fachbeiträge zum Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. [in Vorbereitung]
- ELSA-Projekt* (2013): „Auswertung von Luftbildaufnahmen der Elbe zur Ermittlung von Bühnenfeldparametern“
- Frey, M.* (2005): Analyse der potenziellen faunistischen Habitate in Bühnenfeldern der Elbe in Abhängigkeit von deren Gestalt, Lage und Verlandungsgrad. Diplomarbeit an der Fachhochschule Bingen, Fachbereich 1, Studiengang Umweltschutz.
- G.E.O.S.* (2012): Bestandsaufnahme belasteter Altsedimente in relevanten Gewässern Sachsen-Anhalts, 09.01.2012
- Hackl, R.* (2008): Glasgerinne–Grundlagenversuche über die Funktionsweise von Bühnen. Diplomarbeit am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU Graz.
- Heise, S.* (2013): Durchführung einer Sondierungsuntersuchung zum Risiko durch eine Schadstoffremobilisierung aus Seitenstrukturen der Elbe. TuTech Innovation GmbH. Hamburg. Erstellt im Auftrag der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Umweltschutz, Projekt ELSA der Freien und Hansestadt Hamburg
Downloadbar unter: <http://www.elsa-elbe.de/dokumente.html>
- Hillebrand, G. et al.* (2013): In Fachbeiträge zum Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. [in Vorbereitung]
- Prohaska, S.* (2009): Development and Application of a 1D Multi-Strip Fine Sediment Transport Model for Regulated Rivers. Heft Nr. 181 in: Mitteilungen des Instituts für Wasserbau der Universität Stuttgart.
- Rommel, J.* (2010): Aspekte der Ufer- und Vorlandhöhenänderung entlang der freifließenden deutschen Elbe – Ufernahe Sedimentation und Maßnahmenbeeinflussung seit 1850/1960 an 5 Musterstrecken zwischen Elbe-km 196 und 586. Bericht zur Untersuchung im Auftrag der Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.
- Schwartz, R., Kozerski, H.-P.* (2003): Die Bedeutung von Bühnenfeldern für die Retentionsleistung der Elbe. Deutsche Gesellschaft für Limnologie - Tagungsbericht 2002 (Braunschweig), Werder 2003, S. 460 – 465.
- Schwartz, R.* (2006): Geochemical characterisation and erosion stability of fine-grained groyne field sediments of the Middle Elbe River. Acta hydrochim. hydrobiol. 34, pp. 223 – 233.
- Weise, J.* (2011): Baggergutverbringung Elbe – Saale. Informationsveranstaltung im Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt, Magdeburg 05.05.2011
- Wirtz, C.* (2004): Hydromorphologische und morphodynamische Analyse von Bühnenfeldern der unteren Mittel-Elbe im Hinblick auf eine ökologische Gewässerunterhaltung. Dissertation FU Berlin.

A2-8 Remobilisierbarkeit von Sedimenten

Sedimente und Altsedimente stellen im Kontext des Sedimentmanagementkonzepts einen relevanten Quellentyp dar, der im Zuge der quellenbezogenen Risikoanalyse zu betrachten ist (Anlage A2-6). Die Abschätzung der Remobilisierbarkeit im Rahmen der Stufe 2 dieser Analyse (vgl. Abb. B-A2-6-1 in Anlage A2-6) ist dabei ein entscheidender Schritt. Deshalb wurden im Rahmen dieses Konzepts Methoden zur Abschätzung der Remobilisierbarkeit entwickelt und situationsbezogen angewendet. Die Remobilisierbarkeit von Sedimenten kann durch gezieltes künstliches Herbeiführen einer Mobilisierung unter kontrollierten Bedingungen (Faktor Substrat) oder durch Beobachtung einer natürlich aufgetretenen Mobilisierung beispielweise bei Hochwasser (Faktor Standort) untersucht werden. Vorteile der erstgenannten Herangehensweise sind die Möglichkeit der messtechnischen Erfassung von Schwellenwerten für die Mobilisierung unter kontrollierten Randbedingungen, weitgehend unabhängig von der hydrologischen Situation. Andererseits ist die gezielte Beprobung einer Ablagerung aufgrund des hohen messtechnischen Aufwands auf einzelne Standorte beschränkt, so dass sich wegen der bekannten hohen Variabilität der Erosionsstabilität nur kleinräumig Aussagen ableiten lassen. Eine Mobilisierung bei Hochwasser zu beobachten setzt hingegen das Auftreten eines entsprechenden Ereignisses bei gleichzeitig hohem Messeinsatz unter meist widrigen Bedingungen voraus. Die beiden Methodiken sind sinnvoll komplementär einzusetzen.

1. Faktor Substrat

Der Bearbeitungsschwerpunkt zur Mobilisierbarkeit Faktor Substrat umfasst:

- die Benennung von geeigneten Parametern zur substratgebundenen Abschätzung von mobilisierbaren Sedimentanteilen,
- die Darstellung und Bewertung von ausgeführten und vorliegenden Untersuchungen
- die Ableitung einer Methodik zur Abschätzung der Erosionsstabilität kohäsiver Sedimente

Parameter und Bestimmungsstrategien

Die Erosionsstabilität von Sohlsedimenten bzw. Ablagerungen wird in der Regel über einen Schwellenwert definiert. Als Schwellenwert dient üblicherweise eine kritische Sohlschubspannung für Erosion, d. h. ein Wert einer Sohlschubspannung, bei dessen Überschreitung Sohlsedimente remobilisiert werden. Bei grobkörnigen Sohlsedimenten ist vor allem die Korngrößenverteilung entscheidend für den Wert dieser kritischen Erosionsschubspannung. Bei kohäsiven Ablagerungen spielen darüber hinaus weitere Faktoren wie die Lagerungsdichte der Sedimente, die Ablagerungshistorie oder biogene Stabilisierungseffekte eine Rolle (z. B. Aberle et al. 2004, Bale et al. 2007, Gerbersdorf et al. 2005, Krone 1999, Lau und Droppo 2000, Mostafa 2008, Widdows et al. 2006). Aus diesem Grund stehen keine allgemein gültigen Berechnungsansätze zur Bestimmung der Erosionsstabilität von Feinsedimentablagerungen zur Verfügung. Vorhandene Naturmessungen zur Erosionsstabilität sind außerdem nicht ohne weiteres von einem Gebiet auf ein anderes übertragbar. Eine messtechnische Erfassung des Erosionsbeginns ist also eine Voraussetzung für die Abschätzung der Erosionsstabilität bzw. Mobilisierbarkeit.

Die Erfassung der kritischen Erosionsschubspannung kann grundsätzlich direkt vor Ort an der ungestörten Sedimentablagerung („in situ“) oder an im Feld entnommenen Proben vor Ort direkt nach der Entnahme („ex situ, on site“) oder später im Labor („ex situ, off site“) durchgeführt werden. In der Literatur sind diverse unterschiedliche Bauformen von Erosionsmessgeräten dokumentiert (z. B. Längsgerinne, Erosionskammern und Wasserstrahlapplikatoren). Die einzelnen Gerätebauarten unterscheiden sich sehr stark in der Art und Weise, wie Erosion provoziert wird. Scherströmungen, Unter- oder Überdruck oder Turbulenz sind dabei in unterschiedlichem Maße die hauptverantwortlichen Antriebskräfte für die Erosion. Das Maß an ungewollter Beeinflussung der zu untersuchenden Probe nimmt dabei mit der Entnahme und durch Transport und

Verzögerung bis zur Messung zu. Um die Beeinflussung möglichst gering zu halten, sind deshalb „in situ“-Methoden oder zumindest Methoden, bei denen die Messung vor Ort und direkt nach der Entnahme erfolgt, zu bevorzugen. Ihre Einsatzbereiche sind abhängig vom Ziel der Studie, der Art der zu messenden Sedimente sowie von der Machbarkeit des Einsatzes vor Ort (Anzahl der Operateure, Mobilität des Systems, Erreichbarkeit der Probennahmestellen) (Aberle 2008). Vergleiche der unterschiedlichen Methoden zur Bestimmung der kritischen Erosionsschubspannung deuten darauf hin, dass grundsätzlich kein Gerät gegenüber den anderen dominiert (Wiberg et al. 2013). Um Daten verschiedener Instrumente miteinander zu vergleichen, können volumen- und flächennormierte Konzentrationen von resuspendiertem Material herangezogen werden (Tolhurst et al. 2000).

Wichtig für die Qualität der Daten ist neben der Einhaltung etablierter Protokolle eine geringstmögliche Störung der Sedimente vor der Messung.

Zur Bestimmung der Erosionsschubspannungen wurden im Elbeinzugsgebiet zwei Meßmethoden angewendet worden: Ein Längsgerinne zur in situ-Messung in Bühnenfeldern der Elbe und den Seitenstrukturen im Bereich Sachsen-Anhalt sowie ein mobiles Erosionskammersystem zur vor-Ort-Messung an verschiedenen Seitenstrukturen der Elbe ohne oder mit eingeschränkter Verbindung zum Fluss.

Da der Erosionswiderstand einer Ablagerung bekanntermaßen stark variiert und mit der genannten Methodik außerdem ausschließlich die obere Sedimentschicht beprobt wird, ist es empfehlenswert, neben der direkten Bestimmung der kritischen Sohlschubspannungen für Erosion an ausgewählten Standorten, Korrelationen mit bestimmten Eigenschaften der Sedimentablagerungen zu prüfen, die eine Abschätzung der Erosionsstabilität weiterer Sedimentdepots im selben Gebiet erlauben. Relevante Parameter sind dabei beispielsweise die Korngrößenverteilung, der Tongehalt (Anteil Kornfraktion $< 2 \mu\text{m}$), die Lagerungsdichte oder der Gehalt an organischer Substanz.

Messungen mit dem Erosionslängsgerinne (Elbe-Bühnenfelder und Nebengewässer in Sachsen-Anhalt)

In der Natur herrschen meist gerichtete Scherströmungen vor, die am ehesten von Erosionsmessgeräten mit Längsgerinnen nachgebildet werden. Das Prinzip der Erosionslängsgerinne ist es, eine definierte Scherströmung auf einen zu beprobenden Sohlabchnitt aufzubringen. Dazu wird ein kastenartiges abgeschlossenes Gerinne plan auf die Sohle aufgesetzt. Eine rechteckige Aussparung in einem Teil des Gerinnebodens definiert das Messfeld. Das Umgebungswasser wird durch eine regelbare Pumpe am Auslauf des Kanals am Messfeld vorbei durch das Gerät hindurch abgesaugt. Die Pumpe wird dabei so geregelt, dass über dem Messbereich vorab bestimmte, definierte Scherströmungen generiert werden. Im Auslaufbereich des Gerätes wird die Trübung kontinuierlich überwacht, so dass von einem detektierten, signifikanten Trübungsanstieg auf einen Erosionsbeginn und damit auf die Erosionsstabilität der Sedimente im Bereich des Messfeldes geschlossen werden kann. Abbildung B-A2-8-1 zeigt eine schematische Darstellung eines Erosionslängsgerinnes. Die Erosionsuntersuchungen werden so ausgeführt, dass die aufgebrachten Sohlschubspannungen stufenweise erhöht werden. Die Schwebstoffkonzentration im abgesaugten Wasser wird dabei kontinuierlich überwacht. Es wird dokumentiert, ob und bei welcher Sohlschubspannung eine Flockenerosion und wann eine Massenerosion auftritt. Eine Flockenerosion äußert sich in einem eher kurzzeitigen, nicht allzu großen Anstieg der Schwebstoffkonzentration, der recht schnell wieder abklingt. Auch Randeffekte können solche Konzentrationsverläufe verursachen. Bei der Massenerosion hingegen steigt die Schwebstoffkonzentration stark an und fällt nur langsam wieder ab. Für die Beurteilung des Remobilisierungsrisikos schadstoffbelasteter Sedimente ist dieser letztere Mechanismus der maßgebende, da nur hier signifikante Mengen mobilisiert werden.

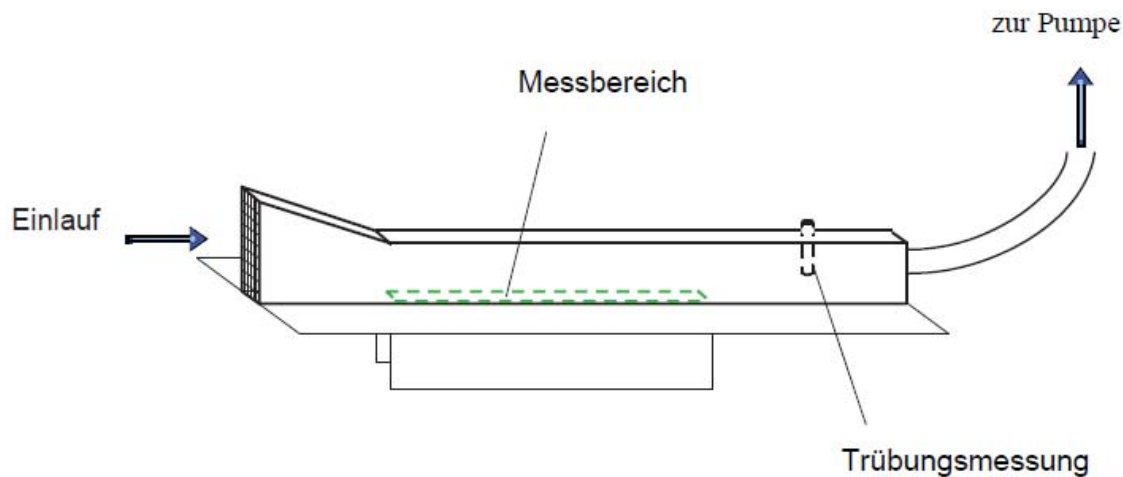


Abbildung B-A2-8-1: Schemaskizze eines Längsgerinnes zur in-situ-Erfassung der kritischen Sohlschubspannung für Erosion

Im Elbegebiet wurden an ausgewählten Standorten entsprechende Untersuchungen durchgeführt. Im Rahmen des Projektes „Remobilisierungspotenzial von belasteten Altsedimenten in Gewässern Sachsen-Anhalts“ (G.E.O.S. 2012) wurden Untersuchungen an 15 ausgewählten Standort in den Gewässern Saale (nicht schiffbar), Bode, Schwarze und Weiße Elster sowie der Schlenze ausgeführt. Zur Charakterisierung von häufig anzutreffenden Gewässerabschnitten wurden die Untersuchungen zur Bestimmung des Remobilisierungspotenzials an den nachfolgend aufgeführten gewässertypischen Standorten ausgeführt:

- Staubereiche mit durchströmten Anlagenteilen (Staßfurt, Wehr Oebnitz, Bad Dürrenberg)
- Stillwasserzonen (Altarme Calbe und Plötzkau)
- Fließbereiche der Bode (Hohenerxleben, Staßfurt) sowie Schlenze (Friedeburg)
- Fließbereiche der Weißen Elster (Osendorf, Hubschütz Döllnitz)
- durchströmte Saale-Nebenstrukturen (Steinmühle, Schwanenbrücke, Rabeninsel, Wettin).

Analoge Untersuchungen wurden in 6 ausgewählten Bühnenfeldern der Elbe zwischen km 430 und km 510 beauftragt.

Die Untersuchungen wurden jeweils durch das Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung (IWS) am Lehrstuhl für Wasserbau und Wassermengenwirtschaft der Universität Stuttgart umgesetzt. Abbildung B-A2-8-2 zeigt das eingesetzte in-situ-Messgerät.



Abbildung B-A2-8-2: Längsgerinne der Universität Stuttgart zur in-situ-Erfassung der kritischen Sohlschubspannung für Erosion (IWS 2013a)

Neben den in-situ-Messungen am Gewässer selbst wurden Sedimentkerne entnommen, an denen weitere Untersuchungen im Wasserbaulabor des IWS vorgenommen wurden. Abbildung B-A2-8-3 illustriert die Kernentnahme und zeigt beispielhaft einen Sedimentkern aus einem Bühnenfeld der Elbe. Es wurden Tiefenprofile des Erosionswiderstands und der Erosionsrate sowie Tiefenprofile von Korngrößenverteilung, Lagerungsdichte und weiteren sedimentologischen und chemischen Parametern ermittelt. Die untersuchten Parameter und die gewonnenen Ergebnisse sind in den entsprechenden Fachberichten dokumentiert (IWS 2013a, IWS 2013b).



Abbildung B-A2-8-3: Entnahme von Sedimentkernen für die Ermittlung der Erosionsstabilität im Tiefenprofil sowie für die Ermittlung von Zusatzparametern wie Korngrößenverteilung und Lagerungsdichte im Tiefenprofil (IWS 2013a).

Generell ist festzuhalten, dass die Werte der Erosionsstabilität stark streuten. Es konnten jedoch verschiedene grundsätzliche Abhängigkeiten beobachtet werden. Proben mit einem hohen Sandanteil im Bereich von ≥ 60 Massen-% wiesen meist eine hohe Feuchtdichte um 2 t/m^3 und gleichzeitig eine niedrige kritische Sohlschubspannung für Erosion im Bereich < 1

N/m² auf. Ablagerungen hingegen mit einem signifikanten Anteil an kohäsivem Sediment (maßgebend hier Tongehalte im Bereich $\geq 10\%$) wiesen geringere Dichten auf (1,2 bis 1,6 t/m³), besaßen aber gleichzeitig meist einen deutlich höheren Erosionswiderstand, allerdings mit großen Schwankungen im Wertebereich (1 bis 10 N/m²). Der Einfluss von Dichteänderungen bei gleichzeitig konstanter Korngrößenverteilung spielte bei den beprobten Ablagerungen eine im Vergleich eher untergeordnete Rolle. Die Zunahme der Erosionsstabilität mit der Tiefe aufgrund von Konsolidierungseffekten lag im Bereich von 0,5 bis 1 N/m². Signifikante Abhängigkeiten vom Gehalt an organischer Substanz konnten nicht festgestellt werden. Als pragmatischer Ansatz auf Grundlage der bisherigen eingeschränkten Erfahrungen im Elbegebiet bietet sich deshalb die Einordnung der Ablagerungen nach ihrer Korngrößenverteilung an.

Messung über das mobile Erosionskammersystem (Elbe-Seitenstrukturen)

Für die Messung vor Ort wurde die runde Erosionsapparatur „Mikrokosmos“ genutzt, bei der aus zwei sich überlagernden Strömungsregimes eine räumlich homogene Schubspannungsgeschwindigkeit über der Sedimentoberfläche erzielt wird. Hierzu wird eine Apparatur in definiertem Abstand über der Oberfläche eines Sedimentkerns (Durchmesser 10 cm) positioniert. Sie besteht u. a. aus einer rotierenden Scheibe, die eine von außen nach innen abnehmende Strömungsgeschwindigkeit über der Sedimentoberfläche hervorruft. In der Mitte der Apparatur wird während der Messung in definierter Weise Flüssigkeitsvolumen abgepumpt und am Rand der Sedimentkerns wieder zugegeben. Durch die somit zentripetale Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit wird der durch die rotierende Strömung induzierte Geschwindigkeitsgradient ausgeglichen. Eine schrittweise Erhöhung der Erosionsschubspannung erfolgt durch eine gleichzeitige Änderung von Durchfluss und Scheibenrotation in definierten Schritten, für die der Mikrokosmos „ab Werk“ kalibriert wurde. Die Dauer der einzelnen Schritte wurde auf 5 Minuten festgelegt. Die Resuspendierung der Sedimentoberfläche wurde über einen optischen Backscatter verfolgt, dessen Trübungsangaben über Einzelproben kalibriert wurden. Der Mikrokosmos ist besonders für feine Sedimente einsetzbar, da sandiges Material, das rasch wieder sedimentiert, nicht am Trübungssensor vorbeigeführt und damit nicht detektiert wird. Eine Unterscheidung der Sedimente erfolgte nach visueller Inspektion der Resuspendierungsprofile und der Identifizierung von Erosionsschwellen.

Methodik zur Abschätzung des Erosionsrisikos

Die Erosionswahrscheinlichkeit eines Sedimentkörpers setzt sich zusammen aus der kritischen Sohlschubspannung für Erosion und der Überschreitungswahrscheinlichkeit dieses kritischen Wertes durch den tatsächlichen Strömungsangriff. Die kritische Sohlschubspannung für Erosion ist wie oben beschrieben im Wesentlichen eine Eigenschaft der Sedimentablagerung, nämlich der Wert einer Sohlschubspannung, bei dessen Überschreitung eine Mobilisierung von Sedimenten auftritt. Der tatsächliche Strömungsangriff in Form einer Sohlschubspannung ist hingegen eine Eigenschaft der Strömung. Beide Parameter, die kritische Sohlschubspannung für Erosion sowie ihre Überschreitungswahrscheinlichkeit, sind schwierig und nur lokal mit einiger Verlässlichkeit zu bestimmen. Solange verlässliche Informationen zur Überschreitungswahrscheinlichkeit eines kritischen Strömungsangriffs fehlen, sollte nach dem Vorsorgeprinzip davon ausgegangen werden, dass bei erhöhten Abflüssen und entsprechender Überströmung der Ablagerungen ein kritischer Wert überschritten werden kann. Als letztendliches Unterscheidungsmerkmal einer Sedimentablagerung in tendenziell eher erosionsstabil oder erosionsgefährdet bleibt dann noch der Betrag der kritischen Sohlschubspannung. Wie oben beschrieben konnte in den beprobten Ablagerungen in den Bühnenfeldern der Elbe und den sachsen-anhaltischen Nebengewässern der höchste Erklärungswert der kritischen Sohlschubspannung der Korngrößenverteilung bzw. dem Sand-, Schluff- und Tongehalt der Ablagerung zugeschrieben werden. Die Ergebnisse sind konsistent und widerspruchsfrei zu Literaturangaben (vgl. z. B. Amos und Mosher 1985, Kamphuis und Hall 1983, Lick et al. 2007, van Ledden et al. 2004, Whitehouse et al. 2000). Auf Basis der bisherigen eingeschränkten Erkenntnisse sind Sedimente im Elbegebiet mit einem Tongehalt $\geq 10\%$ aufgrund ihrer signifikanten kohäsiven Eigenschaften als eher erosionsstabil einzustufen.

Andere feinkörnige Ablagerungen werden als eher leicht erodierbar eingestuft. Bei den Untersuchungen im Längsgerinne zeigten sich besonders Ablagerungen mit hohem Sandanteil als leicht mobilisierbar. Andererseits ist wegen ihres eher geringen Schadstoffgehaltes durch die höheren Korndurchmesser das Risiko, das durch ihre Mobilisierung ausgeht, im Vergleich zu feineren, aber ebenfalls weniger kohäsiven Ablagerungen als geringer einzustufen.

Die hier getroffene Einteilung von Ablagerungen feinkörniger Sedimente in zwei Gruppen (leicht bzw. schwer erodierbar) stellt eine starke Vereinfachung der tatsächlichen Situation dar, die jedoch notwendig ist, um auf Flussgebietsskala Abschätzungen zu treffen und Maßnahmen zu priorisieren. Detailliertere Einteilungen und Abschätzungen zur Mobilisierbarkeit sind grundsätzlich anzustreben, derzeit aufgrund des aktuellen Kenntnisstands und der begrenzten Datenlage allerdings nur lokal möglich.

Unsicherheiten

Um eine Übertragbarkeit der ermittelten Ergebnisse von den wenigen ausgewählten Standorten auf andere Standorte zu ermöglichen, wurde die Korrelation der ermittelten Erosionsstabilität mit diversen weiteren, leichter zu erhebenden Parametern analysiert. Als relevanter Parameter wurde vor allem die Kohäsivität der Sedimentablagerung, hier ausgedrückt durch den Anteil an Partikeln der Tonfraktion $\leq 2\mu\text{m}$, identifiziert. Allerdings ist die Datenlage bezüglich des Tongehalts für die Gesamtheit der schadstoffbelasteten Ablagerungen sehr schwach, was eine flächendeckende Übertragung derzeit nicht erlaubt. Hinzu kommt die Unsicherheit in der Bestimmung des Anteils kohäsiver Fraktionen, der je nach Messmethodik und Probenaufbereitung starken Schwankungen unterliegen kann. Im Einzelfall ist zu prüfen, welche Kornfraktionen bzw. welche Schwellenwerte von Anteilen bestimmter Fraktionen als die maßgebenden für die Erosionsstabilität anzusehen sind.

Aus praktischen Gesichtspunkten heraus wurden zwei verschiedene Methodiken zur Messung der Erosionsstabilität angewandt (Längsgerinne, Erosionskammersystem). Qualitativ zeigen beide Methoden vergleichbare Ergebnisse, bezüglich der absoluten Zahlenwerte bestehen jedoch Unsicherheiten, da bisher keine direkten Vergleichsmessungen durchgeführt wurden.

In den durchgeführten Untersuchungen mit dem Längsgerinne wurde die Bestimmung des Erosionsbeginns durch eine Kameraüberwachung des Messfeldes von einem Bearbeiter visuell bestimmt. Eine gewisse Subjektivität führt hier zu Unsicherheiten, im Hinblick auf die natürliche Streubreite der Werte wird dieser Effekt jedoch als von eher untergeordneter Bedeutung betrachtet.

Bei hoher Heterogenität der Sedimentablagerung sind lokal erfasste Werte unter Umständen nicht repräsentativ für größere Flächen.

Daneben bleibt die bereits thematisierte Unsicherheit der Bestimmung, ob bzw. wann bei einem bestimmten hydrologischen Ereignis ermittelte kritische Sohlschubspannungen überschritten werden. Je nach Topographie im Nahfeld der Sedimentablagerung kann die Überschreitungswahrscheinlichkeit lokal sehr unterschiedlich ausgeprägt sein. Aufgrund der Schwierigkeit diese Überschreitungswahrscheinlichkeit einigermaßen verlässlich zu bestimmen, wird hier nach dem dem Vorsorgeprinzip davon ausgegangen, dass bei erhöhten Abflüssen und entsprechender Überströmung der Ablagerungen ein kritischer Wert auch überschritten werden kann. Zur Bestimmung des Remobilisierungsrisikos wird deshalb nur die Erosionsstabilität herangezogen.

2. Faktor Standort - Methodik zur Abschätzung der hochwasserinduzierten Remobilisierung von Altsedimenten

Hochwasserereignisse haben, bezogen auf ihre zeitliche Dauer, einen überproportional hohen Anteil am Stofftransport (Schwebstofffracht und Schadstofffracht). Auf der Erosionsstabilität von Sedimenten beruhende Schätzungen zur Remobilisierung von Altsedimenten in Teilabschnitten des Flusssystemes können durch Beobachtungen

abgelaufener Hochwasserereignisse einer Realitätsprüfung unterzogen werden. Bei der Erarbeitung des Sedimentmanagementkonzepts wurden folgende Grundlagen verwendet:

- Zusammenstellung exemplarischer Hochwassersituationen der Elbe bezogen auf den Pegel Wittenberge bei $Q > 1080 \text{ m}^3/\text{s}$ (Zeitraum 1994 – 2011). Enthalten sind u.a. Zeitpunkt des Scheitels in Wittenberge, Abstand zum Vorereignis, die Ereignisdauer, der Beitrag der großen Nebenflüsse sowie der Entstehungs- und der Regionaltyp.
- Ergebnisse aus dem regulären Elbemessprogramm für die exemplarischen Hochwasserzeiträume.
- Ergebnisse der Sondermessprogramme und des regulären Messprogramms beim Frühjahrshochwasser 2006
- Schwebstoffkonzentrationen (2003 – 2008) an den Messstellen Torgau, Wittenberg, Aken, Barby, Tangermünde, Wittenberge (WSV-Schwebstoffmessnetz)
- Messprogramm für hydrologische Extremereignisse an der Elbe, Juni 2013.

Ergebnisse

Eine durch Hochwasserereignisse bewirkte Sedimentremobilisierung kann auf direktem oder indirektem Wege nachgewiesen werden. Indirekte Methoden nutzen die Schwebstoffkonzentration, die Belastung der Schwebstoffe oder die Belastung der Gesamt-Wasserprobe, um eine Beziehung zwischen dem transportierten Schwebstoff und oberhalb einer Messstelle befindlichen Sedimentablagerungen herzustellen. Während der Nachweis, ob eine Sedimentremobilisierung erfolgt oder nicht erfolgt, vergleichsweise einfach zu erbringen ist, erfordert die Quantifizierung der Menge des remobilisierten Sediments umfangreiche Feldmessungen und ist mit sehr großen Unsicherheiten verbunden. Aus dem direkten Vergleich des Volumens der z.B. in einem Bühnenfeld abgelagerten Feinsedimente vor und nach einem Hochwasserereignis (Schwartz, 2006), kann das Volumen remobilisierter Sedimente abgeschätzt werden. Bei Vorliegen entsprechender Analysedaten lassen sich auch remobilisierte Schadstoffmengen ermitteln. Eine räumliche Übertragbarkeit der Ergebnisse ist nur unter der Annahme ähnlicher Verhältnisse in benachbarten (typgleichen) Bühnenfeldern möglich.

Die Schwebstoffkonzentration an einer Messstelle spiegelt neben der oberstromigen Bilanz von Sedimentremobilisierung und Sedimentablagerung auch die Bilanz von Feststoffeintrag und -austrag und die Planktonproduktion vor dem Hintergrund einer variablen Wasserführung mit verdünnenden und aufkonzentrierenden Effekten wider. Im Anstieg einer Hochwasserwelle sind die Prozesse Sedimentremobilisierung und Feststoffeintrag dominierend. Eine grobe Abschätzung der relativen Bedeutung des Feststoffeintrags kann über die Betrachtung der hydrometeorologischen Hochwassergenese (z.B. Starkniederschlag, Schneeschmelze) und der jahreszeitlichen Vegetationsbedeckung erfolgen. Die um den Anteil des Feststoffeintrags bereinigte Schwebstoffkonzentration bzw. -fracht entspricht dann dem Anteil der remobilisierten Sedimente [im Anstieg einer Hochwasserwelle].

Die Schwebstoff- / Wasserbeschaffenheit an einer Messstelle ergibt sich aus der Summe der oberhalb wirkenden Einflussfaktoren. Bei Hochwasserereignissen weisen die meisten gemessenen Schadstoffkonzentrationen im Schwebstoff bzw. in der Gesamt-Wasserprobe eine ausgeprägte Dynamik auf. Je nach zeitlicher Auflösung der Untersuchungen (Tageswerte, Monatsmischproben) können Laufzeiten (und vorrangige Ursprungsgebiete einzelner Schadstoffe) oder aber hochwasserbedingte Konzentrationserhöhungen abgeschätzt werden, die u.a. auf die Remobilisierung entsprechend belasteter Altsedimente zurückgeführt werden können. Sofern die transportierte Fracht für das Hochwasserereignis, die Belastung der Sedimente im Einzugsgebiet und weitere Ein- und Austräge bekannt sind, kann eine Abschätzung der Menge der remobilisierten Altsedimente erfolgen. Diese Abschätzung erfordert zur Minimierung der Unsicherheiten ein angepasstes Messprogramm mit hoher zeitlicher Auflösung. Das Messprogramm Extreme (FGG 2012) wurde dafür konzipiert, die Daten des Junihochwassers 2013 sollten einen wesentlichen Erkenntnisfortschritt bringen.

Ein prägendes Element der mittleren und unteren Elbe sind Bühnenfelder, in denen teils erhebliche Sedimentmengen liegen. Sofern bei steigender Wasserführung die Bühnenköpfe überspült werden, beginnt die Erosion nichtkonsolidierter Sedimente in den Bühnenfeldern und die Schwebstoffkonzentration steigt sprunghaft an (Baborowski et al., 2004). Für Magdeburg wird für diesen Vorgang ein Schwellenwert von 800 m³/s angegeben (Spott & Guhr, 1996 [zit. in Baborowski et al., 2004]), für Wittenberge ein Schwellenwert von 1080 m³/s (Baborowski et al., 2007). Aus den Schwebstoffkonzentrationen (2003 - 2008) des WSV-Schwebstoffmessnetzes und den Durchflüssen an den Bezugspegeln wurden pegelspezifische Durchflussschwellenwerte für Torgau (500 m³/s), Wittenberg (500 m³/s) und Aken (700 m³/s) abgeschätzt. Wie Abbildung B-A2-8-4 zeigt, ist jedoch auch unterhalb dieses Schwellenwertes z.B. bei den kleineren Wellen im Februar und März 2006 die Schwebstoffführung sprunghaft höher.

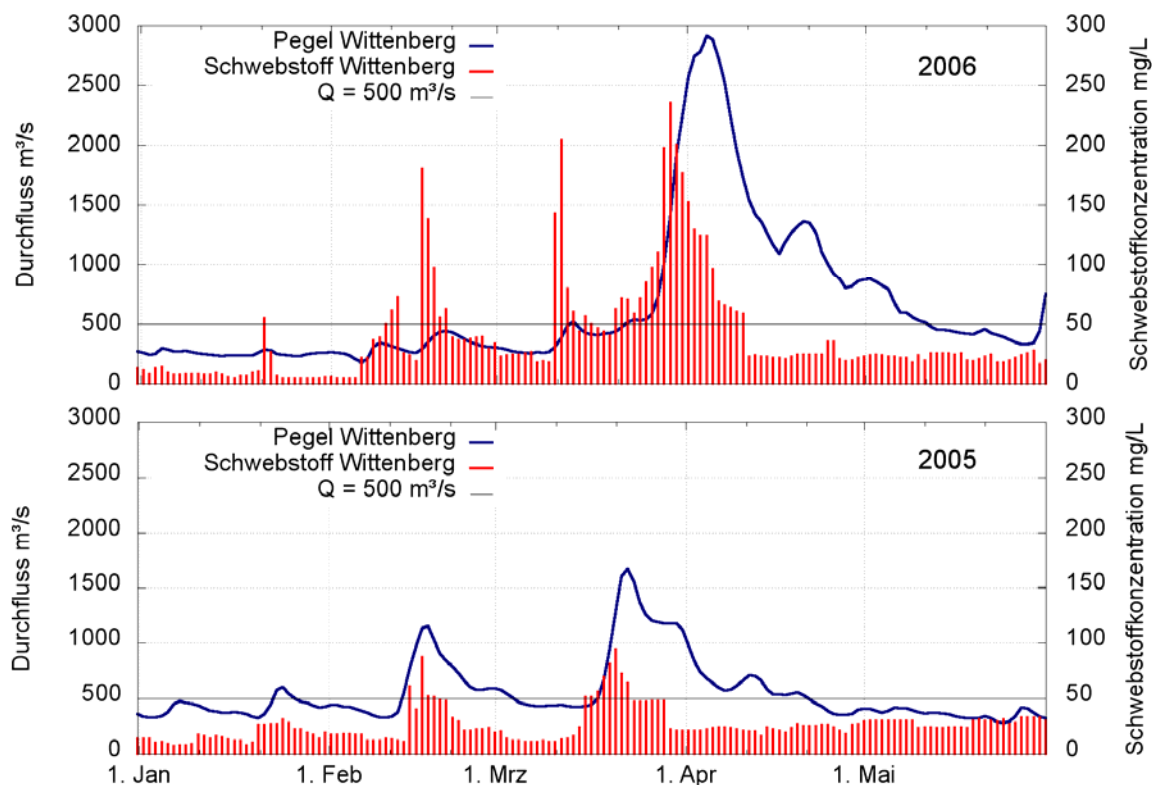


Abbildung B-A2-8-4: Schwebstoffkonzentration an der Schwebstoffmessstelle Wittenberg (Elbe-km 216,3) und Durchfluss am Pegel Wittenberg jeweils Januar bis Mai für die Jahre 2005 und 2006.

Für den Zeitraum 1994 bis 2011 wurden exemplarische Hochwasserereignisse der Elbe bezogen auf einen Durchfluss > 1080 m³/s am Pegel Wittenberge zusammengestellt. Extremhochwasser wurden nach der Methode von Schwandt & Hübner (2009) ausgewählt und gesondert hervorgehoben. Für die Hochwasserzeiträume wurde eine Recherche nach Ergebnissen von Schwebstoffproben (Sammelbecken oder Zentrifuge) und Wasserproben durchgeführt.

Zeitintegrierte Proben wie die Monatsmischproben aus den Schwebstoffsammelbecken können bei guter zeitlicher Überschneidung von Hochwasserereignis und Probenahmezeitraum eine Gesamtbetrachtung des Ereignisses insbesondere im Vergleich zu mittleren Verhältnissen unterstützen. Die für die Messstation Seemannshöft in Abbildung B-A2-8-5 dargestellte überwiegend höhere Cadmiumkonzentration der Hochwasserzeiträume im Vergleich zu den Jahresmittelwerten kann als Nachweis der Remobilisierung cadmium-belasteter Altsedimente interpretiert werden.

Unsicherheiten

Hochwassersituationen werden in ihrer Dynamik durch das reguläre Messprogramm nicht gut erfasst. Bei Extremhochwasser kommt es zudem zum Ausfall von Messstationen und Probenahmen müssen entfallen. Das Frühjahrshochwasser 2006 wurde durch Sondermessprogramme von Landesbehörden und Forschungsinstitutionen begleitet. Oberflächenwasser wurde bei diesen Sondermessprogrammen weitaus intensiver beprobt als Schwebstoffe / schwebstoffbürtige frische Sedimente. Für das Hochwasser 2013 liegen erste, nicht abschließend geprüfte Ergebnisse des Messprogramms Extremereignisse vor. Sowohl Oberflächenwasser als auch Schwebstoffe wurden in einer hohen räumlichen und zeitlichen Auflösung untersucht.

Zur Ermittlung der Schwebstoffkonzentration erfolgt gewöhnlich eine Beprobung an einem Punkt unter der Annahme einer repräsentativen Probenahme. Dafür müsste eine vollständige Durchmischung im Wasserkörper ohne Konzentrationsunterschiede im Fließquerschnitt vorliegen. Diese Annahme wird durch Vielpunktmessungen der Schwebstoffkonzentration über das gesamte Querprofil (Naumann et al., 2003, S. 41) nicht bestätigt.

Bei der Verwendung von Ergebnissen der regulären Elbemessprogramme und der Sondermessprogramme muss man sich der Unsicherheiten bei der Laboranalyse bewusst sein, z.B. unterschiedliche Verfahren / Bestimmungsgrenzen im Laufe der Zeit und zwischen verschiedenen Laboren.

Die Abschätzung der durch einen Flussquerschnitt transportierten Fracht ist mit großen Unsicherheiten verbunden. Im Hochwasserfall kommen zusätzliche, die Bestimmung des Durchflusses betreffende Unsicherheiten hinzu, wie Hystereseeffekte, Ausuferungen über den bekannten Querschnitt hinaus, Schwächen der Abflusstafel bei extremen Durchflüssen (wenig Belegmessungen, Wertebereich der Abflusstafel wird überschritten).

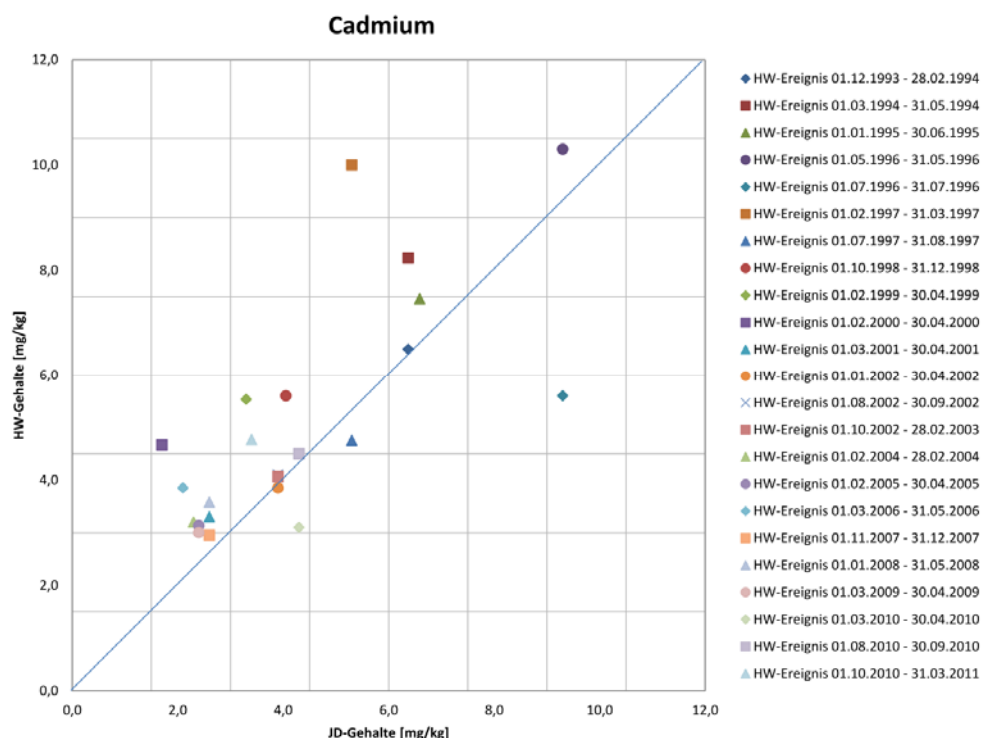


Abbildung B-A2-8-5: Cadmium in frischem schwebstoffbürtigem Sediment aus dem Schwebstoffsammelbecken (Monatsmischproben) der Messstation Seemannshöft (Hamburg). Vergleich mittlerer Gehalte exemplarischer Hochwasserzeiträume mit entsprechenden Jahresmittelwerten.

Literatur

- Aberle, J., Nikora, V., Walters, R. (2004): Effects of bed material properties on cohesive sediment erosion. *Marine Geology*, **207**, 83-93
- Aberle J., Nikora V., Walters, R. (2006): Data interpretation for in situ measurements of cohesive sediment erosion. *J. Hydraul. Eng.* **132(6)**, 581-588
- Aberle, J. (2008): Measurement techniques for the estimation of cohesive sediment erosion. In: "Hydraulic Methods for Catastrophes: Floods, Droughts, Environmental Disasters", P. Rowinski (ed.), *Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.*, **E-10 (406)**, 5 -20
- Amos, C. L., Mosher, D. C. (1985): Erosion and deposition of fine-grained sediments from the Bay of Fundy. *Sedimentology*, **32**, 815-832
- Baborowski M. (2013): Schwermetallkonzentrationen der Elbe in Magdeburg bei Extremereignissen. In: „Wissen was war ... - Rückblick auf hydrologische Extremereignisse“ Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.), BfG-Veranstaltungen 1/2013, 77-86
- Baborowski M., Büttner O., Morgenstern P., Krüger F., Lobe I., Rupp H., v. Tümpling W. (2007): Spatial and temporal variability of sediment deposition on artificial-lawn traps in a floodplain of the River Elbe. *Environmental Pollution*, **148**, 770-778
- Baborowski M., v. Tümpling W., Friese K. (2004): Behaviour of suspended particulate matter (SPM) and selected trace metals during the 2002 summer flood in the River Elbe (Germany) at Magdeburg monitoring station. *Hydrology and Earth System Sciences*, **8 (2)**, 135-150
- Bale, A. J., Stephens, J. A., Harris, C. B. (2007): Critical erosion profiles in macro-tidal estuary sediments: Implications for the stability of intertidal mud and the slope of mud banks. *Continental Shelf Research*, **27**, 2303-2312
- Gerbersdorf, S. U., Jancke, T., Westrich, B. (2005): Physico-chemical and biological sediment properties determining erosion resistance of contaminated riverine sediments: Temporal and vertical pattern at the Lauffen reservoir/River Neckar, Germany. *Limnologica*, **35**, 132-144
- Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung (IWS) der Universität Stuttgart (2013a): Erosionsmessung Elbe-Buhnenfelder, Technischer Bericht Nr. 04/2013 im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde
- Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung (IWS) der Universität Stuttgart (2013b): Ermittlung des Remobilisierungspotentials belasteter Altsedimente in ausgewählten Gewässern Sachsen-Anhalts, Technischer Bericht Nr. 05/2013 im Auftrag des Landesbetriebs für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt
- Kamphuis, J. W. Hall, K. R. (1983): Cohesive Material Erosion by Unidirectional Current. *Journal of Hydraulic Engineering*, **109(1)**, 49-61
- Krone, R. B. (1999): Effects of Bed Structure on Erosion of Cohesive Sediments. *Journal of Hydraulic Engineering*, **125(12)**, 1297-1301
- Lau, Y. L., Droppo, I. G. (2000): Influence of antecedent conditions on critical shear stress of bed sediments. *Water Research*, **34(2)**, 663-667
- Naumann S., Schriever S., Möhling M., Hansen O., Schmidt A., Götz E. (2003): Bedeutung der Nebenflüsse für den Feststoffhaushalt der Elbe. Abschlussbericht, Bd. 1, BfG-1382
- van Ledden, M., van Kesteren, W. G. M., Winterwerp, J. C. (2004): A conceptual framework for the erosion behaviour of sand-mud mixtures. *Continental Shelf Research*, **24**, 1-11
- Lick, W., Lick, J., Jin, L., Gailani, J. (2007): Approximate equations for sediment erosion rates. In: J. P. Y. Maa, L. P. Sanford, D. H. Schoellhamer (Hrsg.), *Estuarine and Coastal Fine Sediment Dynamics: Proceedings of INTERCOH 2003 held at the Virginia*
- Institute of Marine Science, U.S.A., during October 1-4, 2003, Band 8 der Reihe Proceedings in Marine Science, 109-127

- Mostafa, T. S., Imran, J., Chaudhry, M. H. (2008):* Erosion resistance of cohesive soils. *Journal of Hydraulic Research*, **46(6)**, 777-787
- Schwandt D., Hübner G. (2009):* Hydrologische Extreme im Wandel der Jahrhunderte – Auswahl und Dokumentation für die Informationsplattform Undine. *Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 26.09, Hennef, 19-24
- Schwartz R. (2006):* Geochemical characterisation and erosion stability of fine-grained groyne field sediments of the Middle Elbe River. *Acta hydrochimia hydrobiologia*, 34, 223-233
- Tolhurst, T. J., Black, K. S., Paterson, D. M., Mitchener, H. J., Termaat, G. R., Shayler, S. A. (2000):* A comparison and measurement standardisation of four in situ devices for determining the erosion shear stress of intertidal sediments. *Continental Shelf Research*, **20(10-11)**, 1397-1418
- Whitehouse, R., Soulsby, R. L., Roberts, W. (2000):* Dynamics of estuarine muds: A manual for practical applications. Telford, London.
- Wiberg, P. L., Law, B. A., Wheatcroft, R. A., Milligan, T. G., Hill, P. S. (2013):* Seasonal variations in erodibility and sediment transport potential in a mesotidal channel-flat complex, Willapa Bay, WA, *Continental Shelf Research*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2012.07.021>.
- Widdows, J., Brinsley, M. D., Pope, N. D., Staff, F. J., Bolam, S. G., Somerfield, P. J. (2006):* Changes in biota and sediment erodability following the placement of fine dredged material on upper intertidal shores of estuaries. *Marine Ecology Progress Series*, **319**, 27-41

A2-9 Abschätzung von Einträgen aus Punktquellen

Betrachtet wurden kommunale und industriell-gewerbliche Abwassereinleitungen und punktförmige Einträge des Altbergbaus (Stollenwassereinleitungen) in die Elbe und in die relevanten Nebenflüsse (Anlage A2-1).

Abwassereinleitungen

Für die Ermittlung der relevanten Abwassereinleitungen wurde für das Bezugsjahr 2008 eine Zusammenstellung der Frachtangaben aus dem PRTR-Registerⁱ vorgenommen. Berücksichtigt werden darin Kläranlagen mit mehr als 10.000 Einwohnerwerten (ab Größenklasse 4) und große industriell-gewerbliche Direkteinleitungen mit elberelevanten Stoffen, sofern sie direkt in die Elbe und die im Kontext Sedimentmanagement als relevant eingestuften Gewässer (Anlage A2-1) einleiten. Darüber hinaus wurden weitere bedeutende Frachteinleitungen in diese Gewässer nach Facheinschätzung der Länder berücksichtigt. Abwasserfrachten wurden, sofern keine Frachtangaben vorlagen, aus der Jahres-schmutzwassermenge und dem Jahresmittelwert der Konzentration abgeschätzt. Konzentrationsangaben stammten aus der Eigenkontrolle oder der behördlichen Überwachung. Die Bescheidwerte der Abwassereinleitungen können für Fracht-betrachtungen nicht genutzt werden, da sie in der Regel einen Sicherheitszuschlag enthalten und damit zu hohe Frachten ermittelt würden.

Punktförmige Einträge des Altbergbaus

Für die Berechnung der Frachten der punktuellen Einträge aus dem Altbergbau wurden vorliegende Konzentrations- und Abflussmengenmessungen genutzt (Ermittlungs-programme der Länder).

Prüfung der Relevanz

Zur Prüfung der Relevanz erfolgte der Vergleich der abgeschätzten Emissionsfrachten mit den Gewässerfrachten. Die Gewässerfrachten wurden nach Methode 1.1.a (Anlage A2-11) ermittelt. Zur Quantifizierung des Beitrages der Punktquellen an der Gewässerbelastung wurde der prozentuale Anteil der Emissionsfrachten an der Fracht der jeweiligen Bezugsmessstelle errechnet. Die Ergebnisse sind bei den jeweiligen datenführenden Stellen (Anlage A2-1) dokumentiert.

A2-10 Bestandsaufnahme der für die Sedimentbeschaffenheit relevanten Altlasten am Gewässer

Hintergrund

Die Ufer der Elbe und ihrer Nebenflüsse werden seit langem als Standorte für Industrie- und Gewerbebetriebe intensiv genutzt. Die Gewässer dienten dabei häufig der Gewinnung der Brauchwässer und zur Entsorgung der Abwässer. Vielfach wurden zudem die anfallenden Abfälle an oder in den Gewässern entsorgt. Ein erheblicher Teil der Schadstoffe, die teilweise bis in die Gegenwart im Wasser und den Sedimenten des Elbesystems angetroffen werden, wurde auf diesen Flächen freigesetzt. Nicht selten wechselten im Laufe der Zeit die Nutzungsarten, viele Standorte wurden vor allem nach 1990 dauerhaft stillgelegt. In Abhängigkeit von der vormaligen Nutzung blieben auf diesen Flächen, die heute als Altstandorte (AS), Altablagerungen/Altdeponien (AA) oder Altbergbau (Bergbau) bezeichnet werden, kontaminierte Böden und Abfallablagerungen zurück. Diese Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen (nachfolgend einheitlich als Altlasten am Gewässer bezeichnet) sind elbweit in den Altlastenkatastern der Länder erfasst worden. In Abhängigkeit ihrer Schadstoffbelastung können diese Flächen insbesondere dann, wenn sie sich im Nahbereich der Fließgewässer befinden, ein möglicher Quellort für sedimentrelevante Schadstoffe im Elbesystem sein. Seit 1990 wurden erhebliche Anstrengungen unternommen, die ökologischen Altlasten zu beseitigen. Schutzgut- und nutzungsorientiert konzentrierten sich die Maßnahmen schwerpunktmäßig auf die Beseitigung von Bodenkontaminationen und den Schutz des Grundwassers. Bund und Länder stellten in großem Umfang Mittel für die Erkundung und Beseitigung der ökologischen Altlasten zur Verfügung. Beispielhaft ist hier die Altlastenfreistellung nach Artikel 1 § 4 Abs. 3 UmwRG (Umweltrahmengesetz)ⁱⁱ zu nennen. Mit diesem Finanzierungsinstrument zur Altlastenbeseitigung wurde die wirtschaftliche Entwicklung zahlreicher Altstandorte wesentlich unterstützt. Standorte von herausragender ökologischer und wirtschaftlicher Bedeutung wurden dabei als sogenannte Großprojekte besonders gefördert und entwickelt. Darüber hinaus finanzierten die Bundesländer aus eigenen Fördertöpfen zahlreiche weitere Projekte der Altlastenbearbeitung. Die altlastenbedingten Schadstoffbelastungen der in den Oberflächengewässern befindlichen Sedimente wurden im Rahmen der bisherigen Altlastenbearbeitung nicht oder nur teilweise betrachtet. Mit der Bestandsaufnahme der für die Sedimentbeschaffenheit relevanten Altlasten am Gewässer soll nun für die Elbe und ihre relevanten Nebengewässer eine Übersicht über die vorhandenen Altlasten am Gewässer und das von diesen für die Gewässer (noch) ausgehende Gefährdungspotenzial gewonnen werden. Es sollen bestehende Handlungserfordernisse identifiziert werden.

Das **methodische Vorgehen** wird bestimmt durch die große Anzahl an Verdachtsflächen sowie die fachliche Komplexität des Themas. Deshalb erfolgt die Bearbeitung in einem formalisierten Verfahren auf Basis von Expertenwissen. Anzuwendende Rechtsvorschriften sind das Bundesbodenschutzgesetzⁱⁱⁱ und die Bundesbodenschutzverordnung^{iv} sowie die Bodenschutzgesetze der Bundesländer. Als Datengrundlagen werden genutzt:

- Altlasteninformationssysteme der Länder
- Bodeninformationssysteme der Länder
- Archive der Landesbergämter.

Rahmenanforderungen für die Prüfung der Relevanz von Altlasten am Gewässer für das Sedimentmanagement in der FGG Elbe

Altlastenflächen bzw. Altlastenverdachtsflächen sind im Kontext des Sedimentmanagements in der FGG Elbe und gemäß Mandat der Ad-hoc-AG SSedM für das Sedimentmanagement in der FGG Elbe relevant, wenn:

- auf dieser Fläche mindestens ein sedimentrelevanter Schadstoff in einer elberelevanten Menge vorliegt

und

- von dieser Schadstoffbelastung eine direkte oder mittelbare Gefährdung von Oberflächengewässern ausgehen kann, z.B. durch
 - direkten Eintrag von eluierbaren Schadstoffen mit Niederschlagswässern,
 - Schadstoffverlagerung über den Grundwasserpfad und
 - Abschwemmung erodierbarer kontaminierter Materialien, insbesondere bei Hochwasserereignissen

oder

- von dieser Fläche ausgehende Schadstoffemissionen zur Entstehung kontaminierter Sedimentdepots im Gewässer geführt haben, die ihrerseits aktuell als potenzielle Schadstoffquellen für das Elbesystem wirken können.

Prüfschritte

Die Auswahl der für das Sedimentmanagement in der FGG Elbe relevanten Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen erfolgt in einem 3-stufigen Prüf- und Bewertungsverfahren.

1. Identifizierung der für das Sedimentmanagement in der FGG Elbe relevanten Verdachtsflächen anhand festgelegter Auswahlkriterien (Prüfschritt 1)
2. Feststellung des aktuellen Zustands der relevanten Verdachtsflächen sowie des Kenntnisstandes zur Altlastensituation (Prüfschritt 2)
3. Erarbeitung von Vorschlägen für notwendige Untersuchungsmaßnahmen zur Bestimmung des tatsächlichen Gefährdungspotenzials oder von Maßnahmeempfehlungen zu deren Beseitigung (Prüfschritt 3)

Prüfschritt 1: Auswahl der sedimentrelevanten Altlasten am Gewässer

Die Relevanzprüfung (Prüfschritt 1) erfolgt mittels Expertenwissen. Altablagerungen bzw. Altdeponien (Verdachtsflächentyp „AA“) sind zu berücksichtigen, wenn sie im Altlastenkataster des jeweiligen Bundeslandes geführt werden. Auf Grund der zu erwartenden großen Anzahl sind Altstandorte „AS“ nur einzubeziehen, wenn diese, oder Teilflächen davon, im Altlastenkataster als aktiv registriert sind. Nicht als Altlastenflächen registrierte Betriebsstandorte sollen zunächst unberücksichtigt bleiben. Verdachtsflächen des Typs „Bergbau“ sind bei erwartbarer Relevanz unabhängig vom derzeitigen Zustand/ Nutzung (stillgelegt oder in Betrieb) zu berücksichtigen.

Kriterien zur Identifizierung der sedimentrelevanten Altlasten am Gewässer:

- a) Betroffenheit eines relevanten Gewässers
- b) Vorhandensein sedimentrelevanter Schadstoffe
- c) Vorliegen einer elberelevanten Schadstoffmenge
- d) Mobilisierbarkeit der Schadstoffe
 - Möglichkeiten des Schadstofftransports zum Gewässer
 - d1) *Migration in das Gewässer unter dem Einfluss der Schwerkraft oder mit Sickerwasser/Grundwasser*
 - d2) *Materialerosion bei Extremereignissen*
 - d3) *Standortbürtige Schadstoffdepots in den Gewässersedimenten*

Zu a) Betroffenheit eines relevanten Gewässers (Hauptkriterium)

- Betrachtet werden nur die relevanten Gewässer (Elbehauptstrom sowie die Nebenflüsse Kat. 1, 2a, 2b)
- Prüfkriterium ist die Entfernung der Altlastenfläche zum Gewässer
- Festlegung von Korridoren (3 Varianten)
 - Variante 1: Fläche liegt im Überschwemmungsgebiet (Vorzugsvariante)

Variante 2: Fläche liegt innerhalb eines definierten Entfernungskorridors⁵ zwischen Gewässerufer (Mittelwasserlinie) + (100/200/300) m

Variante 3: Fläche befindet sich in einem Korridor entsprechend Isohypse (Grundlage topografische Karte 1:10.000, Bereich vom Gewässerufer (Mittelwasserlinie = Höhenstufe n) bis Höhenlinie n+ 5 m)

Ergebnis von Prüfschritt 1a sind Kartendarstellungen aller im Wechselwirkungsbereich der relevanten Gewässer befindlichen Altlastenflächen.

Zu b) Vorhandensein sedimentrelevanter Schadstoffe

Für alle in Schritt 1a ermittelten Flächen ist zu prüfen, ob sedimentrelevante Schadstoffe vorhanden sein können.

Zur Vereinheitlichung der Bewertung und Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus den Ländern erfolgt die Recherche nach einer harmonisierten Branchen- und Schadstoffmatrix gemäß Tabelle T-A2-10-1. Die Prüfung der stofflichen Relevanz von **Altablagerungen** unterscheidet zwei Fälle:

- a) Schadstoffdeponien sind per se zu berücksichtigen.
- b) Siedlungsabfalldeponien mit heterogenem, in der Regel nach Art und Menge nicht vollständig beschreibbarem Ablagerungsinventar werden ab einem Ablagerungsvolumen >100.000 m³ betrachtet.

Die Schadstoffpalette von **Altstandorten** wird gemäß der genannten Branchen- und Schadstoffmatrix bewertet.

Ergebnis von Prüfschritt 1b: Bewertungsergebnisse werden nicht explizit dargestellt, sondern fließen in Prüfschritt 1d ein.

Zu c) Vorliegen einer elberelevanten Schadstoffmenge

Konvention zur Mengenrelevanz: Eine Quelle ist relevant, wenn das vorhandene Schadstofffrachtpotenzial mindestens 10 % (3% am Elbehauptstrom) der in 2005 an der zugehörigen Bezugsmessstelle gemessenen Schadstoffjahresfracht beträgt.

- Ablagerungen
 - Boden- / Bauschuttdeponien werden im Regelfall als nicht relevant betrachtet.
 - Siedlungsabfalldeponien sind bei einem Ablagerungsvolumen ≥ 100.000 m³ relevant.
 - Schadstoffdeponien / Rückstandshalden sind immer (Einzelfall) zu betrachten.
- Bergbauhalden

Volumina von Bergbauhalden sind meist bekannt oder abschätzbar. Als relevante Schadstoffe sollten im Elbegebiet nur die Schwermetalle infrage kommen. Informationen über typische Schwermetallkonzentrationen in den Haldenkörpern sollten bei den Bergbehörden, Bergbauunternehmen oder den Sanierungsgesellschaften einzuholen sein.
- Altstandorte
 - Ohne Bedeutung sind in der Regel Standorte, auf denen erkennbar nur in sehr geringem Umfang mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen worden ist (z.B. Tischlerei, Druckerei, Kfz-Werkstatt).
 - Bedeutende Schadstoffmengen sind bspw. zu erwarten bei ehemaligen Tanklagern, Chemiebetrieben, Gaswerken/Kokereien, Erzbergbaubetrieben, Metallhütten, Galvanikbetrieben, Holzimprägnierwerken.

⁵ Der relevante Korridor ist von den Ländern individuell anhand der spezifischen Gegebenheiten (z.B. Porengrundwasserleiter, Tideeinfluss...) zu bestimmen und anzugeben.

- Nutzung von Ergebnissen aus Sanierungs- oder Detailuntersuchungen zur Berechnung vorhandener Frachtpotenziale.
- Analogiebetrachtungen auf Basis von an anderen Standorten gewonnenen Erkenntnissen für die Abschätzung von Schadstoffmengen (z.B. für Gaswerke).

Ergebnis von Prüfschritt 1c: Bewertungsergebnisse werden nicht explizit dargestellt, sondern fließen in Prüfschritt 1d ein.

Zu d) Mobilisierbarkeit der Schadstoffe

Es werden drei Szenarien betrachtet:

- d1) **Elution** (Schadstofffreisetzung und -transport z. B. durch Sickerwässer oder Grundwasser)
 - i. Die Schadstoffe selbst oder die Schadstoff tragenden Materialien sind ungesichert Niederschlagsereignissen ausgesetzt.
 - ii. Die Kontamination betrifft die gesättigte Bodenzone.
- d2) **Erosion** (Materialabtrag durch Hochwasserereignisse)
 - i. Areal wird bei Hochwasserereignissen überströmt.
 - ii. Fehlende Standsicherheit von Böschungen.
- d3) **Altsedimente im Fließgewässer**
Infolge von früheren Schadstoffemissionen (z. B. Abwassereinleitungen während der Betriebszeit) können kontaminierte Flusssedimente im Unterstrom der Altlast vorliegen und mobilisiert werden.

Ergebnis von Prüfschritt 1d: Kartendarstellung der an den relevanten Gewässern befindlichen Altlastenflächen auf denen wahrscheinlich mobilisierbare sedimentrelevante Schadstoffe in relevanter Menge vorhanden sind.

Arbeitsergebnisse von Prüfschritt 1:

Darstellung der potenziell sedimentrelevanten Altlastenflächen möglichst mit Aussagen zu folgenden Aspekten:

- Aktuelle Situation
Wo sind mobilisierbare Schadstoffe (Elution / Erosion) in elberelevanter Menge vorhanden?
- Historische Situation
Können während der Betriebszeit eines Altstandortes mit dem Abwasser, durch unsachgemäße Abfallbeseitigung oder bei Havarien Schadstoffe in das Gewässer gelangt sein und dort bis heute an Sedimente gebunden im Gewässerbett, den Uferbereichen oder in den Auen lagern?
Welche Erkenntnisse liegen dazu vor?

Arbeitsprodukte:

- Kartendarstellungen zu Prüfschritt 1a und Prüfschritt 1d
- Tabellarische Beschreibung von vormaliger Nutzung, Schadstoffbelastung (Stoffe und Mengen), durchgeführten Sicherungs-/Sanierungsmaßnahmen und aktuellem Zustand für ausgewählte Objekte mit herausgehobener Relevanz für das Sedimentmanagement gemäß Tabelle T-A2-10-2.
- Steckbriefartige Beschreibung ausgewählter Altlastengroßprojekte und anderer bedeutender Altlastensanierungsvorhaben, siehe Formular „Steckbrief ÖGP“
- Auswertung der Rechercheergebnisse mit:
 - Erläuterung der Bedeutung der „Altlasten am Gewässer“ für das Sedimentmanagement als Schadstoffquelle

- Beschreibung des Ist-Standes
- Einschätzung des Handlungsbedarfs
- Erarbeitung von Handlungsempfehlungen
- Einschätzung der Unsicherheiten

Prüfschritt 2: Ermittlung des aktuellen Zustands der relevanten Verdachtsflächen

Prüfschritt 2 erfolgt mittels Expertenwissen durch bzw. unter Mitwirkung der zuständigen Bodenschutzbehörde/Wasserbehörde.

Maßnahmen in Prüfschritt 2:⁶

- Feststellung des Bearbeitungs- und behördlichen Kenntnisstandes zur Altlast am Gewässer.
- Einschätzung des tatsächlichen Gefährdungspotenzials für das Sediment auf Basis der Aktenlage.
- Darstellung von Kenntnisdefiziten und Handlungserfordernisse.
- Vorschlag für priorisierte Maßnahmeempfehlungen.

Ergebnis von Prüfschritt 2:

Liste der sedimentrelevanten Verdachtsflächen

Prüfschritt 3: Weiterführende Altlastenbearbeitung

- Einzelfallbezogene Durchführung notwendiger Untersuchungen und gegebenenfalls Konzipierung und Veranlassung von Gefahrenabwehrmaßnahmen
- Veranlassung z.B. durch die zuständige Bodenschutz- und/oder Wasserbehörde.

⁶ Können im Einzelfall schon im Prüfschritt 1 notwendig und zweckmäßig sein. Ein gesonderter Prüfschritt 2 wäre dann ggf. entbehrlich.

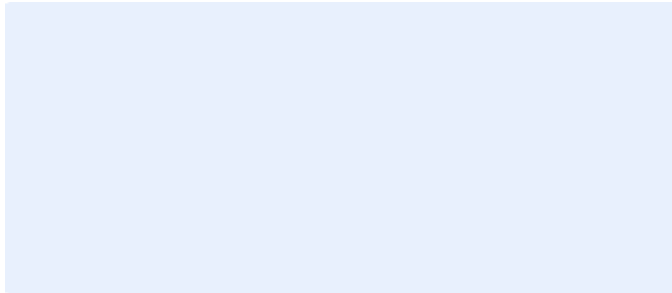
Altlasten am Gewässer

Ökologische Großprojekte und weitere bedeutende Altlastenfälle im Überblick

Projekt

GP Magdeburg - Rothensee

Lageplan



ggf. Karte oder Luftbild

Daten und Zahlen

Lage: Ortsteil Magdeburg -Rothensee

Größe: ca. 1.000 ha

Laufzeit des Großprojektes : 199x. - 2010,

Geschätzte Kosten : ca. 50 Mio. EUR

Historische Nutzung des Standortes

- *Gaswerk (1852 – 1940)*
- *Hydrierwerk der Braunkohlen -Benzin AG zur Treibstoffherstellung (19xx – 1945)*
- *Tanklager für Benzin, Diesel und Sch weröle (1930 - 1990)*
- *Großgaserei zur Produktion von Steinkohlenkoks und Stadtgas (1930 – 1993)*
- *Imprägn ierwerk zur Behandlung von Holz m it Salzen, Chromsalzen und Teerölen (1923 – 1991)*
- *Zinkhütte zur Verhüttung sulfi discher Erze (1930 – 1945)*
- *Kriegszerstörungen*

Schadstoffbelastung

Hauptschadstoffe :

- *aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe (AKW und MKW)*
- *Phenole*
- *PAK*

- *Schwermetalle (Zn; Cd; Cr; As ; Hg)*

kontaminierte Medien :

- *Boden*
- *Grundwasser (mit Produktphasen Linsen)*
- *Bausubstanz*
- *7 Teerseen (ca. 75.000 t)*

Stand der Altlastenbearbeitung: (2012)

Untersuchungen / Kenntnisstand

Medium	Untersuchungsstufe	Vollständigkeit
<i>Boden</i>	<i>Erstbewertung</i>	<i>gesamter Standort</i>
	<i>orientierende Untersuchung</i>	<i>alle relevanten Teilbereiche</i>
	<i>Detailuntersuchung</i>	<i>einzelne Teilbereiche</i>
<i>Grundwasser</i>	<i>Sanierungsuntersuchung</i>	<i>punktueller Untersuchung</i>
<i>Abfallablagerung (Teerseen)</i>		
<i>Bausubstanz</i>		
<i>Oberflächengewässer</i>		

Durchgeführte Sanierungsmaßnahmen

Medium	Sanierungsmaßnahmen	Sanierungszielwert / Restbelastung nach der Sanierung
<i>Boden</i>	<i>Sicherung</i>	<i>Kinderspielflächen</i>
<i>Grundwasser</i>	<i>Immobilisierung</i>	<i>Wohngebiete,</i>
<i>Abfallablagerungen (Teerseen)</i>	<i>Dekontamination</i>	<i>Park- und Freizeitanlagen</i>
<i>Bausubstanz</i>		<i>Industrie-/Gewerbegrundstück</i>
<i>Oberflächengewässer</i>		<i>Ackerbau/Grünland</i>
		<i>Grundwasserschutz</i>

Gegenwärtige Standortnutzung

verbleibender Handlungsbedarf

Aspekte des Sedimentmanagements

Gewässer: *Elbe*

historisch	Nutzung des Gewässers während der Betriebszeit des Standortes (bis 1990)		
	<ul style="list-style-type: none"> - Kühl- / Brauchwasserentnahme - Abwassereinleitung - Anlieferung von Rohstoffen - Abtransport von Produkten - - 		
	nein	unbekannt	Ja
	War der Standort bis 1990 Hochwasser gefährdet ?		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gab es Überflutungsereignisse?			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
unbekannt		Ja nein	
Sind Havarien bekannt, die zu einem bedeutenden Schadstoffeintrag in das Gewässer führten?			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Welche sedimentrelevanten Schadstoffe waren in welcher Menge (geschätzt) nach der Stilllegung am Standort vorhanden?			
aktuell	Welcher Schadstoffanteil ist bisher saniert worden (Dekontamination / Sicherung)?		
	nein	unbekannt	Ja
	Besteht aktuell eine mögliche Gefährdung des Gewässers durch Elutionsvorgänge auf dem Areal?		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	unbekannt		≥HQ ₁₀₀ < HQ ₁₀₀
Wie ist der Standort gegenwärtig vor Hochwasser geschützt?			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
unbekannt		Ja nein	
Können Schadstoffeinträge in das Gewässer über den GW-Pfad ausgeschlossen werden?			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	ja	nein	unbekannt
Liegen Informationen über die Schadstoffbelastung der Gewässersedimente (Gewässerbett, Ufer, ggf. Aue) im Unterstrom des Areals vor?			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Tabelle T-A2-10-1: Branchen und Schadstoffmatrix

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Stoff	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	As	Cr	α -HCH	β -HCH	γ -HCH	p,p'-DDT	p,p'-DDE	p,p'-DDD	PCB-28	PCB-52
Maßeinheit	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	μ g/kg	μ g/kg	μ g/kg	μ g/kg	μ g/kg	μ g/kg	μ g/kg	μ g/kg
Untere Schwellenwert	<0,15	<0,22	<25	<(60)-200	<14	<(3)	<7,9	<26	<0,5	<5	<0,5	<1	<0,31	<0,06	<0,04	<0,1
Mittel	0,15-0,47	0,22-2,3	25-53	(60)-200-800	14-160	>(3)	7,9-40	26-640	0,5-1,5	>5	0,5-1,5	1-3	0,31-6,8	0,06-3,2	0,04-20	0,1-20
Oberer Schwellenwert	>0,47	>2,3	>53	>800	>160	>(3)	>40	>640	>1,5	>5	>1,5	>3	>6,8	>3,2	>20	>20
Chemieindustrie																
Herstellung von Farben und Lacken																
Erzbergbaubetriebe																
Metallhütten, Gießereibetriebe																
Galvanikbetriebe																
Maschinenbau																
Schiffbau																
Energieerzeugung																
Gaswerke/Kokereien																
Tanklager																
Holzimprägnierwerken																
Ledererzeugung, Gerberei																
Abfallverwertung (Schrottplätze, Schrottaufbereitung)																
Rüstungsaltern																
Textilverarbeitung																
Papier- und Zellstoffherstellung																
Bauschuttdeponien																
Siedlungsabfalldeponien																
Schadstoffdeponien, Rückstandshalden																

- typischer Schadstoff, Hauptkontaminant
- typischer Schadstoff, nicht überall anzutreffen
- typischer Schadstoff, in der Regel von nachrangiger Relevanz

Fortsetzung Tabelle T-A2-10-1

Nr.	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	28	27	29	
Stoff	PCB-101	PCB-118	PCB-138	PCB-153	PCB-180	Pentachlorbenzenen	HCB	Benzo(a)pyren	Anthracen	Fluoranthen	Σ PAK 5	TBT	Dioxine und Furane	Andere branchentypische Schadstoffe (Auswahl)
Maßeinheit	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg	ng TEQ/kg	
Untere Schwellenwert	<0,54	<0,43	<1	<1,5	<0,44	<1	<0,0004	<0,01	<0,03	<0,18	<0,6	<0,02	<4	
mittel	0,54 -20	0,43 -20	1 - 20	1,5 -20	0,44 -20	1 -400	0,0004 -17	0,01 -0,6	0,03 -0,31	0,44 -20	0,6 -2,5		4 - 20	
Oberer Schwellenwert	>20	>20	>20	>20	>20	>400	>17	>0,6	>0,31	>0,18	>2,5	>0,02	>20	
Chemieindustrie														
Herstellung von Farben und Lacken														
Erzbergbaubetriebe														LHKW, BTEX, Phenole
Metallhütten, Gießereibetriebe														
Galvanikbetriebe														Cyanide, LHKW
Maschinenbau														LHKW, BTEX, MKW
Schiffbau														
Energieerzeugung														
Gaswerke/Kokereien														BTEX, PAK, Phenole, Cyanide, Sulfide
Tanklager														BTEX, MKW, MTBE
Holzimprägnierwerken														Phenole, F,
Ledererzeugung, Gerberei														LHKW, Phenole
Abfallverwertung (Schrottplätze, Schrottaufbereitung)														MKW, BTEX
Rüstungsaltslasten														
Textilverarbeitung														
Papier- und Zellstoffherstellung														
Bauschuttdeponien														
Siedlungsabfalldeponien														
Schadstoffdeponien, Rückstandshalden														

- typischer Schadstoff, Hauptkontaminant
- typischer Schadstoff, nicht überall anzutreffen
- typischer Schadstoff, in der Regel von nachrangiger Relevanz

Tabelle T-A2-10-2: Ergebnisübersicht zu PS1

Kennziffer	Gewässer	Land	Ort/ Gemeinde	Name der Verdachtsfläche	Nutzung	Typ	Hochwert (Mittelpunkt)	Rechtswert (Mittelpunkt)	Koordinatensystem
	#####	#####	#####	#####	Ablagerung von Braunkohlenaschen durch einen Chemiebetrieb und von kleineren Mengen anderer betrieblicher Abfälle	AA	56xxxx	45xxxx	Gauß-Krüger (Bessel)
	#####	#####	#####	#####	Siedlungsabfalldeponie, Abfallablagerungen durch umliegende Industriebetriebe kann nicht ausgeschlossen werden.	AA	56xxxx	45xxxx	Gauß-Krüger (Bessel)

Muster

Fortsetzung Tabelle T-A2-10-2

Mobilisierbarkeit / Emissionspfade			Prüfergebnis	Erfordernisse
Erosion	Elution	Altsedimente	Sedimentrelevanz für das Elbesystem	
Erosionsgefährdung kann ausgeschlossen werden. Die Ablagerung ist nicht überschwemmungs- und nicht standsicherheitsgefährdet.	Schadstoffelution durch Sickerwässer findet statt. Grundwasseruntersuchungen zeigen nur moderate Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser an. Eluierbare Schadstoffmengen können bisher nicht abgeschätzt werden. Möglicherweise ist der Grundwasserabstrom mit den bisherigen Untersuchungen noch nicht vollständig erfasst worden.	TBT- und schwermetallbelastete Altsedimente wurden unterstrom im Uferbereich nachgewiesen. Diese stammen jedoch vorrangig sehr wahrscheinlich aus anderen Eintragsquellen.	Wahrscheinlich nicht gegeben. Abschließend erst nach Untersuchung des Grundwasser-Hauptabstroms bewertbar.	Grundwasseruntersuchung im Abstrombereich
Erosionsgefährdung kann ausgeschlossen werden. Die Deponie ist nicht überschwemmungsgefährdet. Standsicherheit ist nicht beurteilbar, eine daraus resultierende Gefährdung des Gewässers ist nicht erkennbar.	Schadstoffelution durch Sickerwässer kann nicht ausgeschlossen werden. Zuordenbare Ergebnisse von Sickerwasser-/Grundwasseruntersuchungen stehen nicht zur Verfügung. Eluierbare Schadstoffmengen können derzeit nicht abgeschätzt werden.	TBT- und schwermetallbelastete Altsedimente wurden unterstrom im Uferbereich nachgewiesen. Diese stammen jedoch vorrangig sehr wahrscheinlich aus anderen Eintragsquellen.	Wahrscheinlich nicht gegeben. Abschließend erst nach Untersuchung des Grundwasser-Hauptabstroms bewertbar.	Grundwasseruntersuchung im Abstrombereich

A2-11 Frachtermittlung und Darstellung der Frachten im Elbelängsschnitt

Messstellen

Zur Darstellung der Frachten im Elbelängsschnitt werden die in der Anlage A2-1 aufgeführten Bezugsmessstellen verwendet.

Datengrundlage / Berechnungsmethodik / Berechnungsprogramm

- Datengrundlage bilden die berechneten Schadstofffrachten für die Wasserphase gesamt (Schwermetalle und Arsen) und für partikulär gebundene organische Schadstoffe gemäß Tabelle T-A4-2.
- Die Frachten im Elbelängsschnitt werden für alle im Kontext des Sedimentmanagementkonzepts relevanten Schadstoffe unter Nutzung der jeweils besten verfügbaren Datengrundlage des Zeitraum 2003 - 2011 dargestellt.
- Für die Schwermetalle und Arsen werden die Frachten in der Wasserphase gesamt zur Darstellung von Elbelängsschnitten verwendet. Die Berechnung erfolgte nach der **Methode 1.1a**.
- Die Elbelängsschnitte bzgl. der organischen Schadstoffe basieren auf den berechneten Frachten der entsprechenden partikulär gebundenen Schadstoffe nach der **Methode 2.1.1b**.
- In der Übersicht „**Methodik der Berechnung von Schadstoff-Jahresfrachten an den Bezugsmessstellen im Rahmen des Sedimentmanagements**“ sind alle Berechnungsmethoden einschließlich der angewandten Methoden nach Schlüsselnummern aufgelistet und beschrieben.
- Die Frachtberechnungen erfolgen mit einem Berechnungsprogramm auf Excelbasis. Das Berechnungsprogramm wurde durch die BfG in Abstimmung mit dem LHW entwickelt und fortgeschrieben. Die Berechnungen wurden mit der Programmversion 16 ausgeführt (BfG und LHW 2013).

Ergebnisdarstellung

- Die Darstellung der frachtbezogenen Elbelängsschnitte in der internationalen FGE erfolgt in Form von Säulendiagrammen. Auf der x-Achse sind die Bezugsmessstellen der Elbe und der Nebenflüsse der Kategorie 1 beginnend im tschechischen Teil des Einzugsgebietes in Richtung Elbemündung aufgetragen. Die Abstände zwischen den Bezugsmessstellen entsprechen der Flusskilometrierung. Die Hauptabschnitte (1) staugeregelte Elbe, (2) frei fließende Elbe und (3) Tideelbe sind gekennzeichnet. Über den Messstellenpositionen sind die Frachten des mittleren Abflussjahres 2005 als Säulen abgebildet. Frachten aus Nebenflüssen werden farbig abgegrenzt. Zu jedem Balken wird die Spannweite der Fracht im Zeitraum 2003 – 2011 angegeben.
- Bei einzelnen Messstellen liegen nicht für alle betrachteten Schadstoffe Untersuchungsergebnisse vor bzw. sie sind kleiner als die entsprechenden frachtbezogenen Bestimmungsgrenzen. In diesen Fällen fehlen die entsprechenden Säulendarstellungen in den Grafiken zu den Elbelängsschnitten.

Methodik der Berechnung von Schadstoff-Jahresfrachten an den Bezugsmessstellen im Rahmen des Sedimentmanagements

1.1 für alle Bezugsmessstellen auf der Grundlage der Gesamtgehalte in der Wasserphase

1.1a) Schadstoff-Jahresfracht (gesamt) für Plausibilisierung/Auswahl Nebenflüsse

$$F = \frac{MQ_{Jahr} \sum_{i=1}^n (C_i \cdot Q_i)}{\sum_{i=1}^n (Q_i)} \cdot 0,0864 \cdot 365,25$$

1.1a)_EP Bei Verwendung von Einzelproben

1.1a)_WMP Bei Verwendung von Wochenmischproben –

1.1b) Schadstoff-Jahresfracht (gesamt) für Tendenzen/ Bewertung Wirksamkeit von Maßnahmen (normiert)

$$F_t = \frac{MQ \sum_{i=1}^n (C_i \cdot Q_i)}{\sum_{i=1}^n (Q_i)} \cdot 0,0864 \cdot 365,25$$

1.1b)_EP Bei Verwendung von Einzelproben

1.1b)_WMP Bei Verwendung von Wochenmischproben –

1.2 Für die Bilanzmessstellen der Elbe und die Mündungsmessstellen der Hauptzuflüsse Schmilka, Schnackenburg, Seemannshöft, Mulde/Dessau, Saale/Rosenburg) wird zur Plausibilisierung der Berechnungen entsprechend Ziffer 1.1. zusätzlich die Summe von gelöster und partikulär gebundener Stofffracht ermittelt:

1.2a) Schadstoff-Jahresfracht (gelöst) für Plausibilisierung/Auswahl Nebenflüsse

$$F = \frac{MQ_{Jahr} \sum_{i=1}^n (C_{i(g)} \cdot Q_i)}{\sum_{i=1}^n (Q_i)} \cdot 0,0864 \cdot 365,25$$

1.2b) Schadstoff-Jahresfracht (gelöst) für Tendenz/ Bewertung Wirksamkeit von Maßnahmen (normiert)

$$F_t = \frac{MQ \sum_{i=1}^n (C_{i(g)} \cdot Q_i)}{\sum_{i=1}^n (Q_i)} \cdot 0,0864 \cdot 365,25$$

1.2c) Schadstoff-Jahresfracht (partikulär) für Plausibilisierung/Auswahl Nebenflüsse
Siehe 2.1a) bzw. 2.1b)

1.2d) Schadstoff-Jahresfracht (partikulär) für Tendenz/ Bewertung Wirksamkeit von Maßnahmen (normiert)
Siehe 2.2a) bzw. 2.2b)

- 1.2e)** Schadstoff-Jahresfrachten (Summe von gelöster und partikulär gebundener Stofffracht) für Plausibilisierung/Auswahl Nebenflüsse
- 1.2.1e)** Summe Frachten nach 1.2a) und 2.1.1.a) gelöst + partikulär (Schwebstoffsammler, mit abfilt. Stoffe)
- 1.2.2e)** Summe Frachten nach 1.2a) und 2.1.2.a) gelöst + partikulär (Schwebstoffsammler, mit SBZR)
- 1.2.3e)** Summe Frachten nach 1.2a) und 2.1.1.b) gelöst + partikulär (Zentrifuge, mit abfilt. Stoffe)
- 1.2.4e)** Summe Frachten nach 1.2a) und 2.1.2.b) gelöst + partikulär (Zentrifuge, mit SBZR)
- 1.2f)** Tendenz/ Bewertung Wirksamkeit von Maßnahmen (normiert), (Summe von gelöster und partikulär gebundener Stofffracht)
- 1.2.1.f)** Summe Frachten nach 1.2b) und 2.2a) gelöst (Trend) + partikulär (Trend/Schwebstoffsammler)
- 1.2.2.f)** Summe Frachten nach 1.2b) und 2.2b) gelöst (Trend) + partikulär (Trend/Zentrifuge)

2. für alle Bezugsmessstellen auf der Grundlage der **Schwebstoff-/ Sedimentgehalte**

- 2.1** Schadstoff-Jahresfracht (partikulär) für Plausibilisierung/Auswahl Nebenflüsse
- 2.1.1** Probennahme mit Schwebstoffbecken/Sedimentkästen über Monatszeitraum gesammelt
- 2.1.1a)** für die Ermittlung der Schwebstofffracht liegt nur ein Wert pro Monat für die abfiltrierbaren Stoffe aus der Einzelprobe Wasser vor

$$F = \frac{MQ_{Jahr} \sum_{i=1}^n (C_{i(S)} \cdot S_i \cdot t_{Monat_i})}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (MQ_{Monat})}$$

mit $S_i =$ Schwebstofffracht pro Tag

(Produkt aus der Konzentration der abfiltrierbaren Stoffe am Tag der Probenahme für die Einzelprobe Wasser und dem mittleren Monatsabfluss, multipliziert mit der Anzahl der Sekunden pro Tag)

$$S_i = MQ_{Monat} * C_{i(afS)} * 0,08640$$

Liegen keine Werte für alle Monate vor, so sollte aus den zur Verfügung stehenden Monatszeiträumen, für die Frachten berechnet wurden, der Mittelwert gebildet werden, der dann mit dem Faktor 12 multipliziert die abgeschätzte Schadstoff-Jahresfracht ergibt.

- 2.1.1b)** für die Ermittlung der Schwebstofffracht liegen zeitlich hochaufgelöste Messungen der Schwebstoffkonzentration vor (z.B. werktägliche Messungen der WSV/BfG mit Filtration und/oder Trübungsmessungen)
- Für die Beprobungszeiträume der Gütemessstationen (in Deutschland etwa monatliche und in Tschechien etwa quartalsweise Beprobung) sollte die partikuläre Schadstofffracht ermittelt werden nach folgender Berechnung:

$$F = \sum_{i=1}^n C_{i(S)} \cdot SBZR_i$$

2.1.2 Probennahme mittels Zentrifuge

2.1.2a) für die Ermittlung der Schwebstofffracht liegt nur ein Wert pro Monat für die abfiltrierbaren Stoffe aus der Einzelprobe Wasser vor

$$F = \frac{MQ_{\text{Jahr}} \sum_{i=1}^n (C_{i(Z)} \cdot S_i)}{\sum_{i=1}^n (MQ_{\text{Tag}})} \cdot 365,25$$

MQ_{Tag} = mittlerer Abfluss am/(an) Beprobungstag/(en)

S_i = Schwebstofffracht pro Tag

(Produkt aus der Konzentration der abfiltrierbaren Stoffe am Tag der Probenahme für die Einzelprobe Wasser und dem mittleren Abfluss am Beprobungstag, multipliziert mit der Anzahl der Sekunden pro Tag)

$$S_i = MQ_{\text{Tag}} * C_{i(\text{afS})} * 0,08640$$

$C_{i(\text{afS})}$ = mittlere Schwebstoffkonzentration im Beprobungszeitraum

Liegen keine Werte für jeden Monat vor, so sollte aus den zur Verfügung stehenden Monatszeiträumen, für die Frachten berechnet wurden, der Mittelwert gebildet werden, der dann mit dem Faktor 12 multipliziert die abgeschätzte Schadstoff-Jahresfracht ergibt.

2.1.2b) für die Ermittlung der Schwebstofffracht liegen zeitlich hochaufgelöste Messungen der Schwebstoffkonzentration vor (z.B. werktägliche Messungen der WSV/BfG mit Filtration und/oder Trübungsmessungen)

Für die Beprobungszyklen (monatliche bzw. quartalsweise Beprobung) sollte die partikuläre Schadstofffracht ermittelt werden nach folgender Berechnung:

$$F = \sum_{i=1}^n C_{i(Z)} \cdot SBZR_i$$

$SBZR_i$ = ist Summ der Schwebstofffrachten über einen Zeitraum, dieser wird konstruiert:

Anfangsdatum: mittleres Datum zwischen Probe davor und eigentlicher Probe

Enddatum: mittleres Datum zwischen eigentlicher Probe und der Probe danach;

Ausnahme 1: kreuzt ein Jahreswechsel diesen Zeitraum, so ist Anfang oder Ende des Beprobungszeitraumes der Jahreswechsel,

Ausnahme 2: bei der ersten Probe der Kampagne liegt das Anfangsdatum gleich viele Tage zurück wie die Anzahl der Tage zwischen dem eigentlichen Probenahmedatum und dem Enddatum (mittleres Datum zwischen eigentlicher Probe und der Probe danach), bei der letzten Probe der Kampagne wird das Enddatum ähnlich konstruiert, nur mit dem Zeitraum davor

2.2 Schadstoff-Jahresfracht (partikulär) für Tendenz/ Bewertung Wirksamkeit von Maßnahmen (normiert)

2.2.1 Probennahme mit Schwebstoffbecken/Sedimentkästen über Monatszeitraum gesammelt

2.2.1 a) für die Ermittlung der Schwebstofffracht liegt nur ein Wert pro Monat für die abfiltrierbaren Stoffe aus der Einzelprobe Wasser vor

$$Ft = \frac{MQ \sum_{i=1}^n (C_{i(S)} \cdot S_i \cdot t_{Monat_i})}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (MQ_{Monat_i})}$$

2.2.1 b) für die Ermittlung der Schwebstofffracht liegen zeitlich hochaufgelöste Messungen der Schwebstoffkonzentration vor (z.B. werktägliche Messungen der WSV/BfG mit Filtration und/oder Trübungsmessungen)

Für die Beprobungszeiträume der Gütemessstationen (in Deutschland etwa monatliche und in Tschechien etwa quartalsweise Beprobung) sollte die partikuläre Schadstofffracht ermittelt werden nach folgender Berechnung:

$$F = MQ / MQ_{Jahr} \sum_{i=1}^n C_{i(S)} \cdot SBZR_i$$

2.2.2 Probennahme mittels Zentrifuge

2.2.2 a) für die Ermittlung der Schwebstofffracht liegt nur ein Wert pro Monat für die abfiltrierbaren Stoffe aus der Einzelprobe Wasser vor

$$Ft = \frac{MQ \cdot \sum_{i=1}^n (C_{i(Z)} \cdot S_i)}{\sum_{i=1}^n (MQ_{Tag_i})} \cdot 365,25$$

2.2.2 b) für die Ermittlung der Schwebstofffracht liegen zeitlich hochaufgelöste Messungen der Schwebstoffkonzentration vor (z.B. werktägliche Messungen der WSV/BfG mit Filtration und/oder Trübungsmessungen)

Für die Beprobungszeiträume der Gütemessstationen (in Deutschland etwa monatliche und in Tschechien etwa quartalsweise Beprobung) sollte die partikuläre Schadstofffracht ermittelt werden nach folgender Berechnung:

$$F = MQ / MQ_{Jahr} \sum_{i=1}^n C_{i(Z)} \cdot SBZR_i$$

Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze gehen in die Berechnung der Schadstoff-Jahresfracht mit dem halben Wert dieser Bestimmungsgrenze ein. Für die Berechnung der Schadstoff-Jahresfracht (F) wird das Ergebnis mit der Stofffracht an der Bestimmungsgrenze (F_{BG}) verglichen.

$$F_{BG} = BG \cdot MQ_{\text{Jahr}} \cdot 0,0864 \cdot 365,25$$

Wird eine Stofffracht berechnet, die kleiner als die Stofffracht an der Bestimmungsgrenze ist, dann ist es notwendig, anstelle des Wertes der Stofffracht nur eine Kennzeichnung vorzunehmen – kleiner als Stofffracht an der Bestimmungsgrenze. Falls $F < F_{BG}$ gilt, wird das Ergebnis mit „ $< F_{BG}$ “ angegeben.

FBG Formel bezieht sich nur auf Bestimmungsgrenzen die in mg/l vorliegen, liegen die Konzentrationen in mg/kg bzw. µg/kg vor, muss das mittlere $C_{i(atS)}$ pro Jahr mit in die Berechnung einbezogen werden.

Im Allgemeinen gelten alle Formeln nur für bestimmte Konzentrationsangaben (mg/kg), insofern ist der Faktor 0,0864 auch nur für diese bestimmten Konzentrationen richtig.

F	Schadstoff-Jahresfracht	[t/a]
F _t	Schadstoff-Jahresfracht für die Betrachtung der Tendenz	[t/a]
n	Anzahl der Messungen	
C _i	Schadstoffkonzentration (Gesamtgehalte Wasserphase)	[mg/l]
C _{i(g)}	Schadstoffkonzentration (gelöste Gehalte Wasserphase)	[mg/l]
C _{i(atS)}	Konzentration der abfiltrierbaren Stoffe	[mg/l]
C _{i(s)}	Schadstoffkonzentration aus den Schwebstoff-/Sedimentkästen (über Monatszeitraum gesammelt)	[mg/kg]
C _{i(z)}	Schadstoffkonzentration aus der Durchlasszentrifugenbestimmung	[mg/kg]
Q _i	Abfluss (mittlerer Tagesabfluss am Tag der Probenahme oder Mittelwert für die der Probenahme entsprechende Zeit)	[m ³ /s]
Q _M	Summe der Durchflüsse an den Beprobungstagen (Summe des mittlerer Tagesabflusses am Tag der Probenahme oder Mittelwert für die der Probenahme entsprechende Zeit)	[m ³ /s]
MQ _{Jahr}	Mittlerer Jahresabfluss für das Kalenderjahr	[m ³ /s]
MQ _{Monat}	Mittlerer Monatsabfluss	[m ³ /s]
MQ _{Tag}	Mittlerer Jahresabfluss für den Tag, berechnet auf der Grundlage aller Messungen im Laufe des Tages	[m ³ /s]
MQ	langjähriger mittlerer Jahresabfluss	[m ³ /s]
S _i	Schwebstofffracht pro Tag	[t/d]
SBZR _i	Schwebstofffracht pro Beprobungszeitraum (BZR - Anzahl der Tage variiert)	[t/Zeitraum]
t _{Monat_i}	Tage pro Monat	
F _{BG}	Schadstoff-Jahresfracht an der Bestimmungsgrenze	[t/a]
BG	Bestimmungsgrenze	[mg/l]

A2-12 Frachtbilanzierung

Die Frachtbilanzierung für die Binnemelbe ist flussgebietsweit und überregional für alle im Kontext des Sedimentmanagements und der Bilanzierung zugänglichen elberelevanten Schadstoffe im Sinne einer Systembeschreibung angelegt. Sie wird auf der Grundlage der gemessenen Frachten an den Bezugsmessstellen sowie der punktförmigen Einträge (Abwasser und Stollenwasser aus dem Altbergbau) mit dem Ziel, der Ableitung von Bilanzgrößen für das tschechische und deutsche Teileinzugsgebiet (Verhältnis Sedimentation / Remobilisierung) durchgeführt. Zugleich werden die Bilanzierungsergebnisse dafür genutzt, um die Belastbarkeit von Ergebnissen und Schlussfolgerungen aus den quellenbezogenen Risikoanalysen abzuschätzen, Anforderungen an Überwachungsprogramme für die Erfolgskontrolle zu spezifizieren oder Unsicherheiten abzuschätzen.

Ausgehend vom zunächst festgelegten Bezugsjahr 2005 für die Erstellung der Bilanzierungsergebnisse, wurde während der Bearbeitung eine Erweiterung auf den Zeitraum 2003 bis 2008 bzw. ergänzend dazu 2009 bis 2011 zur Erfassung des Schwankungsverhalten der Frachtprozesse in der Elbe für zwingend erforderlich erachtet. Es stehen somit neun Jahre zur Verfügung, um methodisch robust die Variabilität der Bilanzaussagen beschreiben zu können.

Das Frachtbilanzierungsgebiet umfasst die Binnemelbe vom Zusammenfluss mit der Moldau (Kategorie 1) unter weiterer Einbeziehung der tschechischen Nebenflüsse Eger (Kategorie 1) und Bilina (Kategorie 2a) bis zur Bezugsmessstelle Schmilka als das eine Bilanzeingangprofil (F_{oberhalb} ; entspricht F_{Ende} für CZ) mit 110 Km Fließstrecke und den Nebenflüssen auf deutscher Seite Triebisch (Kategorie 2a), Schwarze Elster, Mulde, Saale und Havel (alle Kategorie 1) bis zur Bezugsmessstelle Schnackenburg als das andere Bilanzeingangprofil ($F_{\text{unterhalb}}$; entspricht F_{Ende} für Deutschland und Elbe gesamt - F_{FGE}) mit 490 Km Fließstrecke, also insgesamt 600 Km Fließstrecke.

An der Bezugsmessstelle Schmilka (Grenzprofil) hat das tschechische Einzugsgebiet einen Anteil Einzugsgebiet / Niederschlagsgebiet $\text{FNCZ} = 41\%$ (d.h. CZ : DE = 2:3 !) bezogen auf das Einzugsgebiet an der Bezugsmessstelle Schnackenburg (FN Schnackenburg - immer 100%), wobei durch das Teileinzugsgebiet der Elbe bis zur Moldau und der Nebenflüsse der Kategorie 1 bereits ein Einzugsgebiet von 37,8% mit einem zu vernachlässigen Zwischengebietsanteil von 3,2% abgebildet wird. Diffuse Belastungen in Tschechien aus der Fläche sind damit vernachlässigbar.

Für Deutschland wird unter Berücksichtigung der vier Nebenflüsse der Kategorie 1 für den deutschen Teil der Elbe bis Schnackenburg ein Anteil von 89,6% mit einem Zwischengebietsanteil von 10,4% abgebildet. Für das gesamte deutsche Elbegebiet bleiben in dieser Bilanz folglich der Abschnitt Schnackenburg – Geesthacht (Binnemelbe) mit einem Anteil von 7,6 % am gesamten Elbeeinzugsgebiet und die Tideelbe bis zur Mündung in die Nordsee mit 10,6% Einzugsgebietsanteil unberücksichtigt. Das entspricht, bezogen auf den bilanzierten Anteil bis Schnackenburg mehr als einem Viertel und ist bei der quellenbezogenen Risikoanalyse in der Tideelbe zu beachten.

Die Bilanzierungsergebnisse sind jeweils die Differenz aus der Fracht eines Schadstoffs am Ende der Bilanzierungsstrecke (F_{Ende}). und aus der Summe der Einträge bis dahin. Das Ende der Bilanzierungsstrecke liegt für Tschechien in Schmilka und für Deutschland bzw. für die gesamte Binnemelbe ohne den noch folgenden Abschnitt bis Geesthacht in Schnackenburg (F_{FGE}). Dabei wird vorausgesetzt, dass alle relevanten Einträge berücksichtigt sind. Weichen die Ergebnisse um mehr als 10 Prozent von Null ab, so wird dies als überwiegende Sedimentation oder als überwiegende Remobilisierung innerhalb der Bilanzierungsstrecke der Elbe verstanden.

Allgemeine Bilanzgleichungen

(1) $\Delta F (t/a) = F_{\text{Ende}} - \Sigma F_{\text{Einträge}}$

(2) $\Delta F (\%FGE) = (F_{\text{Ende}} - \Sigma F_{\text{Einträge}}) / F_{\text{Schnackenburg}}$

Bilanzergebnisse

- $\Delta F < 0$ Sedimentation überwiegt
- $\Delta F = 0$ Indifferenz (+- 10%)
- $\Delta F > 0$ Remobilisierung überwiegt

ⁱ Pollutant Release and Transfer Register

ⁱⁱ "Umweltrahmengesetz vom 29. Juni 1990 (GBl. DDR 1990 I S. 649), geändert durch Artikel 12 des Gesetzes vom 22. März 1991 (BGBl. I S. 766, 1928)

ⁱⁱⁱ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG) vom 17.03.1998

^{iv} Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999

A3 Verzeichnis der Fachberichte

A3.1 Fachbeiträge im Rahmen des Sedimentmanagementkonzepts

- BCE (2012)*: ad-hoc AG SSeM Nebenflüsse Elbe -Erfassung und Bewertung hydromorphologischer Parameter von relevanten Nebengewässern der Elbe. Im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. [unveröff.]
- BfG (2013)*: Fachbeiträge zum Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. [in Vorbereitung]
- G.E.O.S (2013)*: Bestandsaufnahme belasteter Altsedimente in relevanten Gewässern Sachsen-Anhalts. Erstellt im Auftrag des LHW Sachsen-Anhalt
- Greif, A. (2013)*: Studie zur Charakterisierung der Schadstoffeinträge aus den Erzbergbaurevieren der Mulde in die Elbe. TU Bergakademie Freiberg. Erstellt im Auftrag der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Umweltschutz, Projekt ELSA der Freien und Hansestadt Hamburg
Downloadbar unter: <http://www.elsa-elbe.de/dokumente.html>
- Heise, S. (2013)*: Durchführung einer Sondierungsuntersuchung zum Risiko durch eine Schadstoffremobilisierung aus Seitenstrukturen der Elbe. TuTech Innovation GmbH. Hamburg. Erstellt im Auftrag der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Umweltschutz, Projekt ELSA der Freien und Hansestadt Hamburg
Downloadbar unter: <http://www.elsa-elbe.de/dokumente.html>
- Helmholtz Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ (2013)*: Umsetzung Sedimentmanagementkonzept Schwermetalleinträge Schlüsselstollen in die Saale. Erstellt im Auftrag des LHW Sachsen-Anhalt
- IFUA GmbH (2012)*: Bestimmung der Sedimentmächtigkeiten in der Mulde. Erstellt im Auftrag des LAF Sachsen-Anhalt
- Junge, F. W. (2013)*: Zwischenbericht zum Projekt "Schadstoffsенke Muldestausee – Aktuelles Potenzial und jüngste Entwicklung seit 2002". Büro Erdwissen. Taucha. Erstellt im Auftrag der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Umweltschutz, Projekt ELSA der Freien und Hansestadt Hamburg
Downloadbar unter: <http://www.elsa-elbe.de/dokumente.html>
- Krüger, F., Scholz, M., Baborowski, M. (2013)*: Sedimentrückhalt in den Elbauen. Fa. ELANA. Arendsee. Erstellt im Auftrag der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Umweltschutz, Projekt ELSA der Freien und Hansestadt Hamburg
Downloadbar unter: <http://www.elsa-elbe.de/dokumente.html>
- Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft (LHW) Sachsen-Anhalt (2013)*: Synthese für das Teilsystem Mulde. Halle
- Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft (LHW) Sachsen-Anhalt (2013)*: Synthese für das Teilsystem Saale. Halle

PLEJADES (2012): 4011 GVV: Frachtreduzierung Schlüsselstollen, Bericht zum Arbeitspaket A: Ermittlung der Auswirkungen des Schlüsselstollens auf den partikelgebundenen Schadstofftransport in der Saale/Elbe. Magdeburg. Erstellt im Auftrag des LAF Sachsen-Anhalt

PLEJADES (2013): 4011 GVV: Frachtreduzierung Schlüsselstollen, Bericht zum Arbeitspaket B: Bewertung von technisch realisierbaren und verhältnismäßigen Maßnahmen. Magdeburg. Erstellt im Auftrag des LAF Sachsen-Anhalt

Tauw GmbH (2012): Frachtreduktion Spittelwasser – Bewertung der Sedimentmächtigkeitsuntersuchungen September 2012. Erstellt im Auftrag des LAF Sachsen-Anhalt

Tauw GmbH (2013): Endbericht zum Projekt Frachtreduzierung Spittelwasser. Bisher noch nicht fertiggestellt. Erstellt im Auftrag des LAF Sachsen-Anhalt

Uni Stuttgart (2013): Remobilisierungspotenzial belasteter Altsedimente in relevanten Gewässern Sachsen-Anhalts. Erstellt im Auftrag des LHW Sachsen-Anhalt

A3.2 Weitere Fachbeiträge mit besonderer Bedeutung für das Sedimentmanagementkonzept

BfG (2008): WSV-Sedimentmanagement Tideelbe- Strategien und Potenziale – eine Systemstudie. Ökologische Auswirkungen der Umlagerung von Wedeler Baggergut. Untersuchungen im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Cuxhaven. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. BfG-1584

Gabriel T, Kühne E, Faulhaber P, Promny M, Horchler P (2011): Sohlenstabilisierung und Erosionseindämmung am Beispiel der Elbe, in *WasserWirtschaft* (Heft 6), S. 27-32

Habersack H, Liedermann M, Tritthart M, Hauer C, Klösch M, Klasz G, Hengl M (2012): Maßnahmen für einen modernen Flussbau betreffend Sohlstabilisierung und Flussrückbau – Granulometrische Sohlverbesserung, Bühnenoptimierung, Uferrückbau und Gewässervernetzung, in *Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft* (64), S. 571-581, Wien

Heise S, Krüger F, Baborowski M, Stachel B, Götz R, Förstner U (2007) Bewertung der Risiken durch Feststoffgebundene Schadstoffe im Elbeeinzugsgebiet. Im Auftrag der Flussgebietsgemeinschaft Elbe und Hamburg Port Authority, erstellt vom Beratungszentrum für integriertes Sedimentmanagement (BIS/TuTech) an der TU Hamburg-Harburg. 349 Seiten. Hamburg.

Heise S, Claus E, Heiningen P, Krämer T, Krüger F, Schwartz R, Förstner U (2005) Studie zur Schadstoffbelastung der Sedimente im Elbeeinzugsgebiet – Ursachen und Trends. Im Auftrag der Hamburg Port Authority, erstellt vom Beratungszentrum für integriertes Sedimentmanagement (BIS/TuTech) an der TU Hamburg-Harburg. 217 Seiten. Hamburg.

Hamburg Port Authority und Wasser- und Schifffahrtsdirekt Nord (2008): Strombau- und Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe. 39 Seiten. Hamburg

Naumann S, Schriever S, Möhling M, Hansen O, Götz E, Schmidt A (2003): Bedeutung der Nebenflüsse für den Feststoffhaushalt der Elbe, Abschlussbericht, Band 1. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. BfG-1382.

Rosenzweig S, Quick I, Cron N, König F, Schriever S, Vollmer S, Svenson C, Grätz D (2012): Hydromorphologische Komponenten im Flussauenmodell INFORM – Entwicklung und Anwendung der morphologischen Systemkomponente MORPHO und des Bewertungsmoduls Valmorph zur quantitativen Erfassung und Bewertung hydromorphologischer Veränderungen in Fluss und Aue. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bericht BfG-1657, Koblenz.

Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost, Wasser und Schifffahrtsamt Dresden, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bundesanstalt für Wasserbau (2009): Sohlstabilisierungskonzept für die Elbe von Mühlberg bis zur Saalemündung. Magdeburg, Dresden, Koblenz, Karlsruhe. Downloadbar unter: http://www.wsd-ost.wsv.de/betrieb_unterhaltung/pdf/Sohlstabilisierung_textteil_.pdf

Bezugsmessstelle	Gewässer	2003			2004			2005		
		Mittelwert			Mittelwert			Mittelwert		
		Fracht	Konzent.	Durchfluss	Fracht	Konzentr.	Durchfluss	Fracht	Konzentr.	Durchfluss
		[t]	[mg/l]	[m ³ .s ⁻¹]	[t]	[mg/l]	[m ³ .s ⁻¹]	[t]	[mg/l]	[m ³ .s ⁻¹]
Debrné, Vestřev (seit 2007)	Labe (Elbe)	5.551	13,5	5,00	8.576	18,9	6,79	6.050	17,5	6,71
Němčice		73.554	47,1	35,90	62.078	37,9	35,50	48.097	29,7	43,20
Valy		31.227	14,7	45,45	56.465	16,5	46,35	42.537	17,1	56,65
Lysá nad Labem		69.722	18,2	57,22	67.783	16,1	59,13	46.830	15,5	68,15
Obříství		40.474	9,1	75,43	72.621	11,7	81,24	111.407	16,8	92,19
Dolní Beřkovice		173.312	12,8	212,86	153.787	15,8	210,36	151.473	11,0	265,82
Děčín - Dolní Žleb		122.996	11,9	259,53	193.595	16,1	254,30	229.710	15,2	325,66
Týniště nad Orlicí	Orlice	19.803	23,8	13,43	15.393	14,0	14,40	21.425	19,9	16,82
Tuřice	Jizera	20.263	14,4	18,20	30.617	15,5	22,78	23.310	13,1	24,23
Vraňany	Vltava (Moldau)	61.998	12,7	129,97	53.259	11,3	132,98	131.775	14,8	172,31
Srbsko	Berounka	73.752	23,7	38,21	30.768	26,5	28,22	61.716	21,5	37,51
Nespeky	Sázava	26.939	24,2	17,62	36.581	33,3	15,73	41.541	29,5	21,97
Louny	Ohře (Eger)	12.639	7,5	30,29	9.785	9,5	27,55	22.436	8,5	39,74
Ústí nad Labem (Trmice)	Bílina	5.432	18,1	6,49	6.283	24,1	5,62	7.240	24,0	6,82
Benešov nad Ploučnicí	Ploučnice	3.420	12,2	7,35	6.593	17	7,39	7.428	15,0	7,79
Pirna	Elbe	233.599	24,0	275,24	199.307	18,0	262,34	314.758	17,5	338,07
Torgau		361.475	34,0	302,40	311.455	31,1	267,87	410.839	26,2	350,41
Wittenberg		282.538	32,2	323,70	302.556	30,1	282,67	310.932	21,7	376,21
Aken		409.758	37,4	366,33	315.719	28,3	339,70	295.273	20,5	444,95
Barby		486.651	37,1	474,12	470.509	33,8	407,06	486.656	25,9	533,13
Tangermünde		474.302	36,9	499,11	465.626	36,5	428,28	453.554	26,5	551,84
Wittenberge		707.508	47,7	620,46	591.776	40,6	511,27	590.869	30,0	656,97
Hitzacker		680.131	46,9	628,08	632.375	43,7	511,21	614.617	31,3	669,73
Gorsdorf		Schw. Elster	4.282	8,8	9,09	3.824	10,4	10,05	3.037	5,5
Dessau	Mulde	17.777	11,9	48,65	32.937	11,2	57,91	63.963	13,6	75,44
Calbe	Saale	113.243	32,4	117,21	83.078	25,1	82,72	98.727	25,6	101,27
Rathenow	Havel	25.691	15,1	64,11	20.019	12,9	55,74	26.285	13,2	67,59
Mdg. in die Elbe	Triebisch	463	13,5	1,09	235	7,75	0,96	602	14,9	1,28
Mdg. In ErlIn	Freiberger Mulde	6.365	8,77	23	41.129	41,4	31,5	18.563	13,8	42,60
Mdg. Sermuth	Zwickauer Mulde	13.506	15,2	28,1	10.180	16,3	19,8	11.598	11,3	32,5
Schachtgraben	Spittelwasser	75,3	9,5	0,25	74	9,4	0,25	34	6,0	0,27
Halle-Ammendorf	Weißer Elster	11745,1	14,6	25,38	8958	13,4	20,48	11676	13,9	27,08
Zusammenfluss mit Saale	Schlenze	n.b.	n.b.	0,148	1859	78,4	0,137	547	30,6	0,141
Neugattersleben	Bode	9118,5	13,0	14,79	5006	9,0	10,05	5134	12,3	9,74
Sophienwerder	Spree	9077	13,0	25,02	7529	13,2	19,66	9965	11,7	26,03

Anmerkung: In dieser Tabelle sind bei allen Parametern (mit Ausnahme des MQ für den Zeitraum 1961-2005, für den es aufgrund des langen 45-Jahre-Zeitraums nahezu irrelevant ist) Kalenderjahre zugrundegelegt und nicht hydrologische Jahre, da dies auch die Basis für die Parameter der Gewässergüte ist.

Bezugsmessstelle	Gewässer	2006			2007			2008		
		Mittelwert			Mittelwert			Mittelwert		
		Fracht	Konzentr.	Durch-fluss	Fracht	Konzentr.	Durch-fluss	Fracht	Konzentr.	Durch-fluss
		[t]	[mg/l]	[m ³ .s ⁻¹]	[t]	[mg/l]	[m ³ .s ⁻¹]	[t]	[mg/l]	[m ³ .s ⁻¹]
Debrné, Vestřev (seit 2007)	Labe (Elbe)	23.960	24,2	6,98	8.500	15,3	7,82	6.805	8,9	6,96
Němčice		83.168	23,4	47,30	48.558	33,0	48,10	23.117	17,9	36,40
Valy		105.719	20,4	63,46	45.641	15,6	62,20	27.896	13,3	47,67
Lysá nad Labem		124.591	20,7	79,72	50.778	15,3	76,01	35.760	12,2	59,54
Obříství		227.301	31,2	106,54	90.301	17,7	102,47	33.236	9,1	81,35
Dolní Beřkovice		599.349	21,2	324,69	106.616	12,4	224,03	62.543	8,0	194,79
Děčín - Dolní Žleb		549.491	23,0	388,61	186.464	19,5	281,93	126.173	13,4	245,23
Týniště nad Orlicí	Orlice	26.026	18,8	22,95	12.310	19,9	18,64	6.965	11,7	13,03
Tuřice	Jizera	47.088	17,5	27,44	18.966	11,7	25,92	12.153	9,7	21,60
Vraňany	Vltava (Moldau)	214.085	13,2	217,11	41.988	9,0	121,29	26.423	6,4	113,15
Srbsko	Berounka	72.790	21,9	44,05	18.458	15,7	29,24	13.000	10,5	27,97
Nespeky	Sázava	47.560	22,7	30,22	14.313	26,6	17,18	5.125	12,4	13,33
Louny	Ohře (Eger)	30.011	10,8	38,72	10.184	7,8	40,38	** 10.500	** 10	33,18
Ústí nad Labem (Trmice)	Bílina	5.591	21,7	6,22	7.111	27,6	6,78	3.234	16,8	5,65
Benešov nad Ploučnicí	Ploučnice	5.598	12,9	7,85	5.104	17,5	7,12	4.941	19,5	6,26
Pirna	Elbe	636.900	21,7	406,71	188.867	15,9	301,81	121.827	12,5	263,06
Torgau		721.929	31,4	412,36	282.282	27,9	307,22	197.028	19,9	275,00
Wittenberg		612.110	27,0	441,80	223.084	23,9	321,34	185.282	19,4	299,60
Aken		630.692	29,3	502,47	276.713	24,8	397,22	254.112	22,5	360,93
Barby		663.709	29,5	589,55	423.843	27,1	521,27	382.257	25,2	465,19
Tangermünde		546.215	28,7	599,20	405.448	27,5	532,49	351.800	24,7	481,67
Wittenberge		663.286	31,8	689,64	564.685	31,6	668,98	459.118	28,9	629,97
Hitzacker		745.176	36,2	707,01	608.199	34,0	697,41	475.444	31,3	643,46
Gorsdorf		Schw. Elster	3.543	6,1	12,08	2.294	6,6	10,60	3.167	5,5
Dessau	Mulde	35.690	8,3	65,93	15.871	5,3	72,27	19.032	5,4	59,49
Calbe	Saale	228.348	40,0	95,89	152.299	29,8	128,33	89.438	19,8	110,18
Rathenow	Havel	23.589	12,5	61,70	33.689	13,4	81,98	27.079	11,1	78,13
Mdg. in die Elbe	Triebisch	98	2,9	1,07	117	2,9	1,28	413	8,5	1,54
Mdg. In ErlIn	Freiberger Mulde	18.812	16,8	35,50	22.203	16,8	41,90	7.231	6,88	33,30
Mdg. Sermuth	Zwickauer Mulde	22.143	26,2	26,8	20.160	26,2	24,40	9.533	11,6	26,00
Schachtgraben	Spittelwasser	35	11,2	0,24	45	5,8	0,25	70	8,9	0,25
Halle-Ammendorf	Weißer Elster	12674	14,3	24,68	17427	21,2	28,68	12076	16,9	24,58
Zusammenfluss mit Saale	Schlenze	448	27,0	0,147	890	25,0	0,132	535	27,7	0,129
Neugattersleben	Bode	7855	17,3	7,99	17243	25,2	15,71	9330	20,0	13,26
Sophienwerder	Spree	8248	10,6	23,03	7238	10,1	24,39	10086	10,1	28,36

Bezugsmessstelle	Gewässer	2003 - 2008							1961-2005	
		Min.		Max.		Mittelwert			MW	
		Fracht	Konzentr.	Fracht	Konzentr.	Fracht	Konzentr.	Abfluss	Durchfluss	
		[t]	[mg/l]	[t]	[mg/l]	[t]	[mg/l]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	
Debrné, Vestřev (seit 2007)	Labe (Elbe)	5.551	8,9	23.960	24,2	9.907	16,4	6,71	* 8,23	
Němčice		23.117	17,9	83.168	47,1	56.429	31,5	41,07	47,20	
Valy		27.896	13,3	105.719	20,4	51.581	16,3	53,63	59,2	
Lysá nad Labem		35.760	12,2	124.591	20,7	65.911	16,3	66,63	77,2	
Obříství		33.236	9,1	227.301	31,2	95.890	15,9	89,87	104,96	
Dolní Beřkovice		62.543	8,0	599.349	21,2	207.847	13,5	238,76	256,60	
Děčín - Dolní Žleb		122.996	11,9	549.491	23,0	234.738	16,5	292,54	315,40	
Týniště nad Orlicí		Orlice	6.965	11,7	26.026	23,8	16.987	18,0	16,54	19,30
Tuřice	Jizera	12.153	9,7	47.088	17,5	25.400	13,7	23,36	26,80	
Vraňany	Vltava (Moldau)	26.423	6,4	214.085	14,8	88.255	11,2	147,80	144,77	
Srbsko	Berounka	13.000	10,5	73.752	26,5	45.081	20,0	34,20	38,10	
Nespeky	Sázava	5.125	12,4	47.560	33,3	28.677	24,8	19,34	23,00	
Louny	Ohře (Eger)	9.785	7,5	30.011	10,8	15.926	9,0	34,98	37,10	
Ústí nad Labem (Trmice)	Bílina	3.234	16,8	7.240	27,6	5.815	22,1	6,26	7,09	
Benešov nad Ploučnicí	Ploučnice	3.420	12,2	7.428	19,5	5.514	15,7	7,29	9,25	
Pirna	Elbe	121.827	12,5	636.900	24,0	282.543	18,3	308	*** 331	
Torgau		197.028	19,9	721.929	34,0	380.835	28,4	319	340	
Wittenberg		185.282	19,4	612.110	32,2	319.417	25,7	341	367	
Aken		254.112	20,5	630.692	37,4	363.711	27,1	402	444	
Barby		382.257	25,2	663.709	37,1	485.604	29,8	498	562	
Tangermünde		351.800	24,7	546.215	36,9	449.491	30,1	515	572	
Wittenberge		459.118	28,9	707.508	47,7	596.207	35,1	630	708	
Hitzacker		475.444	31,3	745.176	46,9	625.990	37,2	643	716	
Gorsdorf		Schw. Elster	2.294	5,5	4.282	10,4	3.358	7,2	11,5	**** 18,6
Dessau		Mulde	15.871	5,3	63.963	13,6	30.878	9,3	63,3	64,1
Calbe	Saale	83.078	19,8	228.348	40,0	127.522	30,6	105,9	121	
Rathenow	Havel	20.019	11,1	33.689	15,1	26.059	13,0	68,2	86,2	
Mdg. in die Elbe	Triebisch	98	2,9	602	14,9	321	8,4	1,2	#1,54	
Mdg. in Erlin	Freiberger Mulde	6.365	6,88	41.129	41,4	19.051	17,4	34,6	35,30	
Mdg. Sermuth	Zwickauer Mulde	9.533	11,3	22.143	26,2	14.520	17,8	26,3	##28,8/ ###25,6	
Schachtgraben	Spittelwasser	34	5,8	75	11,2	56	8,5	0,25	0,25	
Halle-Ammendorf	Weißer Elster	8958	13,4	17427	21,2	12426	15,7	25,1	***** 25,48	
Zusammenfluss mit Saale	Schlenze	448	25,0	1859	78,4	856	37,7	0,139	***** 0,174	
Neugattersleben	Bode	5006	9,0	17243	25,2	8948	16,1	11,92	**** 13,26	
Sophienwerder	Spree	7238	10,1	10086	13,2	8690	11,5	24,42	36,35	

ohne 1995 - 1997

Pegel Großsermuth 1996 - 2005

Pegel Colditz 2006 - 2008

* für Debrné

** nicht gemessen, fachliche Schätzung

*** alternativ: Pegel Schöna/Staatsgrenze (Einschränkung in IKSE Zahientafeln wg. EZGgr.):318

**** hier nur 1974 - 2005

***** hier nur 1989 - 2004

***** hier nur 1973 - 2007

***** hier nur 1967 - 2003

Tabelle T-A4-2: Frachten an den Bezugsmessstellen

Gewässer	Elbe	Treibisch	Elbe	Elbe	Schwarze Elster	Elbe	Freiburger Mulde	Zwickauer Mulde	Sprei- wasser	Mulde	Elbe	Saale	Weiße Elster	Schlenze	Bode	Saale	Elbe	Spree	Havel	Elbe	Elbe	Elbe		
Messstelle	Schmilka	Zusammenfluss mit der Elbe	Zehren	Dornitzsch	Gonsdorf	Wittenberg	Mündung bei Erlin	Mündung bei Sermuth	Schachtgraben	Dessau	Breitenhagen	Bad Dürrenberg	Halle- Ammerdorf	Mündung Saale	Neugattersleben	Rosenburg	Magdeburg	Sophienwerder	Havelberg	Cumbsen	Schnackenberg	Siermannshöft		
Parameter	Jahr	Methode	Fracht in t/a																					
Hg	2003	1.1a)_EP	0,18	0,00	0,18	0,24	0,00	0,37	<0,009	0,02	<0,001	0,03	0,34	<0,047	0,56	1,52	<0,197	<0,022	1,20	0,74	1,21			
Hg	2004	1.1a)_EP	1,21	<0,0004	0,22	<0,136	0,00	0,20	0,07	0,02	0,00	0,09	0,36	<0,019	0,47	0,74	<0,155	<0,018	0,93	0,74	1,38			
Hg	2005	1.1a)_EP	0,22	<0,001	0,28	<0,187	<0,002	0,22	<0,014	<0,013	0,00	0,03		0,29	0,72	<0,205	0,02	1,05	1,02	1,54				
Hg	2006	1.1a)_EP	0,99		0,99	1,22	<0,003	0,39	<0,011	0,09	0,00	0,10		0,17	1,42	0,17	0,008	<0,015	0,92	0,91	1,07			
Hg	2007	1.1a)_EP	0,23	<0,001	0,20	<0,145	<0,002	0,18	<0,013	0,05	0,00	0,02		0,22	0,63	<0,008	<0,015	0,92	0,70	1,13				
Hg	2008	1.1a)_EP	0,21	<0,001	0,21	0,22	<0,002	0,14	<0,015	0,04	0,00	0,03		0,04	0,01	<0,009	0,04	0,57	0,70	1,13				
Hg	2009	1.1a)_EP	0,30		<0,17	0,22	<0,002	0,23	0,14	0,06	0,00	0,05		<0,025	0,02	<0,007		0,99	0,80	0,99				
Hg	2010	1.1a)_EP	0,57		0,25	0,28	<0,005	0,23	<0,019	0,05	0,00	<0,022		<0,041	0,01	0,16	0,52	0,02	0,70	1,89	1,17			
Hg	2011	1.1a)_EP	0,20		0,21	<0,179	<0,005	0,21	<0,02	0,02	0,00	0,06				0,28	0,67	<0,013	<0,02	0,69	<0,131	1,69		
Hg	2003	1.1a)_WMP			0,43	0,38	<0,012								0,56	1,14					1,32			
Hg	2004	1.1a)_WMP			0,43	0,24	<0,007								0,46	1,39					1,02			
Hg	2005	1.1a)_WMP			0,31	0,27	<0,009								0,40	1,51					1,42			
Hg	2006	1.1a)_WMP			0,76	0,82	0,25								0,45	0,96					1,70			
Hg	2007	1.1a)_WMP			0,24	0,20	<0,165								<0,019	0,23	1,07				1,21			
Hg	2008	1.1a)_WMP			0,67	0,20	<0,122								0,03	0,19	0,74				1,41			
Hg	2009	1.1a)_WMP			0,41	0,20	0,26								0,02	0,18	0,72				0,77			
Hg	2010	1.1a)_WMP			0,60	0,39	0,46								0,03	0,26	0,65				0,79			
Hg	2011	1.1a)_WMP			0,29	0,21	0,28								0,03	0,16	0,52				0,79			
Cd	2003	1.1a)_EP	0,89	0,42	2,48	1,76	0,03	2,06	0,96	0,53	0,00	1,61	3,14	<0,235	0,16	0,04	0,75	3,23	<0,197	<0,051	4,80	5,10	2,85	
Cd	2004	1.1a)_EP	0,93	0,31	1,86	1,16	0,02	0,92	5,62	0,43	0,00	1,23	2,37	0,20	0,12	0,12	0,13	0,03	0,90	2,70	2,68	2,95	2,69	
Cd	2005	1.1a)_EP	0,89	0,40	1,98	0,94	0,02	1,20	1,70	0,39	0,00	1,43	2,72	0,12	0,12	0,02	0,53	3,30	<0,205	<0,067	3,27	5,37	3,38	
Cd	2006	1.1a)_EP	2,53	0,31	4,28	3,02	0,02	1,76	0,91	1,33	0,00	1,39	2,73	0,18	0,09	0,02	0,65	3,30	<0,182	<0,067	2,58	2,47	2,87	
Cd	2007	1.1a)_EP	1,51	0,39	1,62	0,88	<0,01	0,96	0,96	0,52	0,00	0,79	1,81	0,14	0,13	0,04	0,67	2,32	<0,192	<0,071	3,06	1,75	1,98	
Cd	2008	1.1a)_EP	<0,208	0,46	1,34	0,65	<0,015	0,98	0,99	0,30	0,00	0,83	2,24	0,18	0,10	0,19	0,02	0,86	2,70	<0,224	2,24	1,90	1,77	
Cd	2009	1.1a)_EP	0,77	0,54	1,95	1,13	<0,018	1,33	2,63	0,40	0,00	0,93	2,17	0,14	0,15	0,16	0,01	0,87	2,76	<0,185	2,19	2,11	1,76	
Cd	2010	1.1a)_EP	1,40	0,37	2,28	1,17	0,05	1,85	1,06	0,57	0,00	1,09	2,73	0,16	0,21	0,25	0,17	3,90	0,18	3,08	1,95	4,15	4,15	
Cd	2011	1.1a)_EP	1,10	0,48	2,84	3,11	0,06	1,71	1,12	0,41	0,00	1,27	2,64			0,58	0,03	1,76	4,78	<0,082	<0,066	3,36	4,92	
Cd	2003	1.1a)_WMP			3,18	1,61	0,03					1,29				0,98	3,58				5,96			
Cd	2004	1.1a)_WMP			1,81	1,23	<0,01					0,75				0,81	3,51				5,19			
Cd	2005	1.1a)_WMP			0,63	2,28	1,33	<0,018				1,34				0,72	4,26				6,31			
Cd	2006	1.1a)_WMP			2,16	4,52	1,43				0,96				0,76	3,78					4,10			
Cd	2007	1.1a)_WMP			0,60	1,76	0,88				0,67				0,82	2,83					2,74			
Cd	2008	1.1a)_WMP			0,38	1,75	1,07				0,74				1,00	2,98					2,43			
Cd	2009	1.1a)_WMP			0,81	1,99	1,80				0,62				0,91	3,29					2,44			
Cd	2010	1.1a)_WMP			1,06	2,81	6,47				1,11				1,46	4,23					2,61			
Cd	2011	1.1a)_WMP			0,83	2,27	1,27				1,08				2,53	5,19					3,38			
Pb	2003	1.1a)_EP	22	0,28	37	101	0,22	62	5,02	3,54	<0,013	10	34	<3,856	1,91	2,94	1,02	16	55	<2,235	<1,392	69	59	66
Pb	2004	1.1a)_EP	26	0,11	36	26	0,26	17	140	5,65	<0,007	14	29	6,50	1,66	2,94	1,29	27	57	<1,5	1,63	45	40	76
Pb	2005	1.1a)_EP	29	0,45	25	25	<0,272	23	24	1,38	<0,004	6,93	28	2,82	1,47	2,51	1,04	14	42	<2,471	2,30	49	40	85
Pb	2006	1.1a)_EP	98	0,11	114	137	0,47	<6,971	7,18	22	0	19	36	<0,96	1,31	2,00	26	80	<2,412		45	33	77	
Pb	2007	1.1a)_EP	48	0,74	30	24	<0,167	20	6,50	4,21	<0,004	5,70	22	2,15	1,51	3,33	21	49	<1,539	2,71	50	44	75	
Pb	2008	1.1a)_EP	151	0,29	265	248	<0,267	16	5,96	1,54	<0,005	3,58	19	6,02	1,68	3,07	1,34	19	42	<1,79	<1,505	28	37	60
Pb	2009	1.1a)_EP	29	1,84	30	25	<0,226	26	45	3,02	<0,004	9,10	28	5,62	2,28	2,37	0,68	20	46	5,57	28	45	54	
Pb	2010	1.1a)_EP	60	1,44	27	25	<0,485	30	3,38	3,96	<0,006	5,38	25	4,75	2,26	4,11	0,68	23	58	<2,318	32	46	72	
Pb	2011	1.1a)_EP	28	0,56	37	38	0,56	24	8,26	1,96	<0,003	10	22			7,53	1,08	30	69	1,67	2,51	41	64	
Pb	2003	1.1a)_WMP			47	39	0				5					22	61				67			
Pb	2004	1.1a)_WMP			35	27	<0,108				5					24	75				60			
Pb	2005	1.1a)_WMP			42	32	<0,209				10					26	85				65			
Pb	2006	1.1a)_WMP			97	37					9					33	103				63			
Pb	2007	1.1a)_WMP			24	25	26				5					24	72				42			
Pb	2008	1.1a)_WMP			13	21	15				4					23	56				49			
Pb	2009	1.1a)_WMP			29	43	5				5					22	69				22			
Pb	2010	1.1a)_WMP			49	48	127				6					32	75				59			
Pb	2011	1.1a)_WMP			28	36	27				7					34	71				59			
Zn	2003	1.1a)_EP	257	49	420	396	10	388	76	52	0,39	142	436	31	32	4,95	262	736	8,02	<10,732	774	543	705	
Zn	2004	1.1a)_EP	286	51	429	306	8,66	395	360	62	0,26	139	376	37	30	54	6,40	314	723	7,53	22	501	487	
Zn	2005	1.1a)_EP	205	64	394	269	10	401	145	47	0,34	176	410	39	36	61	6,83							

Fortsetzung Tabelle T-A4-2

Gewässer	Ebe															Saale	Saale	Weisse Elster	Saale	Saale	Saale	Saale	Saale	Saale	Saale	Saale	Saale	Saale	Saale	Saale
	Elbe	Triebisch	Elbe	Elbe	Schwarze Elster	Elbe	Freiburger Mulde	Zwickauer Mulde	Sprei- wasser	Mulde	Elbe	Bad Dürrenberg	Halle- Ammerdorf	Mündung Saale	Neugattersleben															
Messstelle	Schmika	Zusammenfluss mit der Elbe	Zehren	Domnitzsch	Gonsdorf	Wittenberg	Mündung bei Eifln	Mündung bei Sermuth	Schachtgraben	Dessau	Breitenhagen	Bad Dürrenberg	Halle- Ammerdorf	Mündung Saale	Neugattersleben	Rosenburg	Magdeburg	Sophienwender	Havel	Cumbsen	Schnackenburg	Seemannshöft								
Parameter	Jahr	Methode	Fracht in t/a																											
Cu	2003	1.1a)_EP	42,195	0,378	51,105	62,226	0,761	55,217	4,144	6,387	<0,039	10,195	49,888	8,797	3,273	1,142	20,007	74,228	10,819	3,48	124,267	73,67	116,482							
Cu	2004	1.1a)_EP	49,938	0,182	59,065	50,244	0,457	36,111	36,192	11,434	0,015	8,358	44,872	8,134	2,988	1,322	18,617	66,603	5,746	2,969	97,589	56,427	113,743							
Cu	2005	1.1a)_EP	46,888	0,475	52,047	50,791	0,53	43,158	11,091	5,913	0,016	9,625	51,516	6,377	3,423	1,167	16,166	62,791	5,351	4,977	127,382	68,53	156,38							
Cu	2006	1.1a)_EP	115,378	0,244	130,26	133,678	0,707	62,929	6,831	23,652	0,018	12,099	62,323	8,874	3,239	1,164	23,238	95,264	5,773	5,733	179,733	81,497	153,431							
Cu	2007	1.1a)_EP	71,565	0,612	63,537	53,453	0,326	37,498	6,83	9,52	<0,009	7,757	45,214	9,308	4,086	1,05	2,827	21,787	72,732	<3,188	5,21	109,172	80,889	139,927						
Cu	2008	1.1a)_EP	41,253	0,39	50,077	50,303	0,526	33,369	5,652	4,439	0,015	6,034	39,466	9,226	2,745	1,5	1,048	19,453	62,388	4,314	<4,269	73,553	69,861	131,845						
Cu	2009	1.1a)_EP	56,986	2,068	57,061	54,388	0,641	47,028	24,651	7,186	<0,009	9,457	56,221	7,492	4,096	1,046	0,53	18,673	68,542	<2,378	4,656	64,222	77,97	111,478						
Cu	2010	1.1a)_EP	116,535	1,142	66,029	64,604	1,776	61,926	5,536	9,451	0,015	12,35	67,638	9,169	5,38	1,784	25,039	94,453	<5,399	6,979	93,968	126,406	145,641							
Cu	2011	1.1a)_EP	48,074	0,702	49,588	59,923	1,492	45,711	7,802	5,446	0,015	11,164	52,59				3,453	1,449	26,097	87,786	5,796	7,793	80,023	100,738	117,582					
Cu	2003	1.1a)_WMP			74,833	1942,424	0,94					7,415					26,827	92,817					77,272							
Cu	2004	1.1a)_WMP	55,702		69,333	835,857	0,256					6,647					42,996	129,509					70,933							
Cu	2005	1.1a)_WMP	76,907		101,299	875,83	0,486					10,335					57,961	120,791					81,902							
Cu	2006	1.1a)_WMP	113,322		250,151	86,038						8,805					36,17	151,544					89,021							
Cu	2007	1.1a)_WMP	53,581		172,887	72,502						7,669					25,854	106,283					104,696							
Cu	2008	1.1a)_WMP	37,798		132,729	50,573						5,92					21,811	92,1					81,814							
Cu	2009	1.1a)_WMP	69,441		100,159	75,42						7,763					21,931	95,744					82,875							
Cu	2010	1.1a)_WMP	79,599		100,676	110,215						11,639					34,525	136,716					118,331							
Cu	2011	1.1a)_WMP	66,919		71,566	67,294						9,684					29,721	173,286					99,598							
Ni	2003	1.1a)_EP	35,775	0,579	41,887	52,082	2,824	48,911	3,21	6,68	<0,079	10,584	47,903	5,712	6,309	<0,598	16,409	61,106	<4,651	<2,53	68,807	68,027	97,758							
Ni	2004	1.1a)_EP	34,365	0,552	40,656	35,07	1,871	30,442	13,997	8,076	0,035	10,267	39,049	4,098	5,82	0,207	0,554	12,335	48,925	5,634	<1,867	59,584	44,284	74,24						
Ni	2005	1.1a)_EP	44,208	0,688	42,831	42,813	1,846	36,008	6,956	7,94	0,047	13,39	48,816	4,838	6,916	0,192	<0,386	13,587	58,027	28,103	<2,133	59,711	53,422	83,363						
Ni	2007	1.1a)_EP	82,372	0,594	88,632	131,873	1,675	34,81	5,379	18,786	0,05	11,401	55,682	<1,92	6,011	0,459	0,904	72,293	<6,172	<1,92	71,255	54,122	101,019							
Ni	2008	1.1a)_EP	35,585	0,715	32,424	21,749	1,293	30,287	4,763	10,552	0,034	11,253	39,794		6,241		15,893	57,167	<5,233	<2,651	60,334	57,786	83,275							
Ni	2007	1.1a)_EP	25,785	0,726	32,822	32,162	1,958	27,482	3,633	5,194	0,046	9,268	35,559	7,891	5,892	0,225	<0,409	14,13	49,188	<2,466	51,09	52,536	72,025							
Ni	2009	1.1a)_EP	31,882	0,94	34,35	31,867	1,734	31,619	11,268	8,959	0,029	9,94	41,43	5,539	5,741	0,169	<0,335	13,656	50,946	<3,7	<2,105	52,385	56,064	72,993						
Ni	2010	1.1a)_EP	65,227	0,942	45,821	69,883	4,807	49,197	2,226	7,128	0,032	13,293	59,043	8,305	9,496	0,3	20,549	79,28	<5,228	<3,433	85,487	90,992	116,525							
Ni	2011	1.1a)_EP	37,76	0,772	44,315	34,396	4,044	38,027	4,143	6,424	0,034	11,606	51,888				0,524	0,862	20,194	70,736	3,723	5,755	76,385	90,42	110,229					
Ni	2003	1.1a)_WMP			54,706	143,781	2,806					10,285					18,387	65,999					68,447							
Ni	2004	1.1a)_WMP	181,812		104,373	140,328	1,646					8,818					14,244	60,84					53,7							
Ni	2005	1.1a)_WMP	37,135		39,74	38,609	1,833					12,723					15,831	71,847					65,085							
Ni	2006	1.1a)_WMP	84,221		96,627	53,94						10,6					19,147	77,04					70,217							
Ni	2007	1.1a)_WMP	29,623		33,491	29,926						10,719					19,848	65,743					67,112							
Ni	2008	1.1a)_WMP	21,668		25,985	29,902						9,211					18,24	53,659					60,042							
Ni	2009	1.1a)_WMP	34,146		36,33	40,55						8,998					13,861	57,234					64,288							
Ni	2010	1.1a)_WMP	47,214		55,915	63,61						13,695					24,547	80,95					97,68							
Ni	2011	1.1a)_WMP	39,236		44,319	36,762						11,755					22,925	117,399					83,217							
As	2003	1.1a)_EP	26,487	0,209	32,334	38,792	0,26	31,37	7,131	4,995	0,022	12,131	44,679	0,89			4,799	39,754	<1,579	1,232	57,977	45,406	50,214							
As	2004	1.1a)_EP	26,906	0,173	38,432	31,31	0,172	22,403	56,527	6,995	0,01	17,779	44,07				0,718	0,022					53,049							
As	2005	1.1a)_EP	28,844	0,43	34,743	32,948	<0,162	26,703	20,359	5,716	0,012	15,659		1,767	0,807	0,016	3,255	42,288	<1,643	1,562	47,332	49,131	69,298							
As	2006	1.1a)_EP	55,775	0,196	69,65	83,866		40,409	11,893	15,222	0,014	18,807	2,639	0,764	0,017	4,84	51,334	<1,51	1,149	39,469	51,317	80,421								
As	2007	1.1a)_EP	31,052	0,527	28,591	26,372	<0,084	23,124	10,858	7,762	0,01	14,564	2,6	1,062	0,019	4,089	40,891		1,876	43,794	59,666	63,022								
As	2008	1.1a)_EP	20,402	0,24	24,665	24,123	<0,167	19,1	7,815	4,429	0,011	10,044		2,317	0,777	0,014	3,903	31,646		1,431	33,455	55,586	51,801							
As	2009	1.1a)_EP	29,393	1,772	30,766	29,107	0,248	29,643	32,684	6,956	0,013	16,585	48,217	2,497	1,296	<0,012	0,389	4,404	44,876		1,942	46,962	60,168	51,764						
As	2010	1.1a)_EP	43,385	1,162	34,052	33,468	0,91	40,533	9,57	8,019	0,017	17,799	60,061				7,229	58,353		3,22	67,608	81,288	86,584							
As	2011	1.1a)_EP	28,036	0,473	34,883	29,753	0,852	29,666	10,518	5,024	0,015	18,316	49,693				7,115	53,213	1,235	3,691	62,05	53,817	86,73							
As	2003	1.1a)_WMP			38,074	34,851	0,255					11,577					4,841	38,101					45,498							
As	2004	1.1a)_WMP	29,984		32,613	30,669	<0,077					14,516					3,232	43,146					45,22							
As	2005	1.1a)_WMP	31,175		40,568	36,294	<0,162					17,744					3,85	51,749					35,78							
As	2006	1.1a)_WMP	58,351		77,715	42,524						15,358					4,636													

Fortsetzung Tabelle T-A4-2

Gewässer	Elbe											Saale												
Messstelle	Schmika	Zusammenfluss mit der Elbe	Zehren	Domnitzsch	Gorsdorf	Wittenberg	Mündung bei Erlin	Mündung bei Sernmuth	Schachtgraben	Dessau	Breitenhagen	Bad Dürrenberg Saale	Halle-Annendorf	Mündung Saale Schlenze	Neugattersleben Bode	Rosenburg	Magdeburg	Sophienwerder	Havelberg	Cumlosen	Schnackenburg	Seemannshöh		
Parameter	Jahr	Methode	Fracht in t/a																					
PCB-28	2003	2.1.1 b	0,001	0,002	0,002	0,00002				0,0001						0,0003	0,002				0,003	0,001		
PCB-28	2004	2.1.1 b	0,001	0,002	0,002	0,000004				0,0001						0,0003	0,001				0,003	0,002		
PCB-28	2005	2.1.1 b	0,001	0,002	0,002	0,000002				0,0001						0,0003	0,002				0,002	0,002		
PCB-28	2006	2.1.1 b	0,001	<0,0003	0,002					0,00002						0,0001	0,003				0,001	0,002		
PCB-28	2007	2.1.1 b	0,002	0,002	0,002					0,00003						0,0002	0,001				0,001	0,002		
PCB-28	2008	2.1.1 b	0,001	0,001	0,001					0,00001						0,0002	0,001				0,001	0,002		
PCB-28	2009	2.1.1 b	0,002													0,0001						<0,001		
PCB-28	2010	2.1.1 b	0,002													0,0001						0,001		
PCB-28	2011	2.1.1 b	0,001													0,0001						0,001		
PCB-52	2003	2.1.1 b	0,0004	0,002	0,002	0,00002				0,0001						0,001	0,003				0,002	0,001		
PCB-52	2004	2.1.1 b	0,001	0,002	0,002	0,000003				0,0001						0,001	0,002				0,002	0,004		
PCB-52	2005	2.1.1 b	0,001	0,001	0,002	0,00001				0,0001						0,0004	0,002				0,002	0,006		
PCB-52	2006	2.1.1 b	0,001	0,001	0,002					0,0001						0,0001	0,003				0,002	0,009		
PCB-52	2007	2.1.1 b	0,002	0,002	0,002					0,00002						0,0002	0,001				0,002	0,007		
PCB-52	2008	2.1.1 b	0,001	0,001	0,001					0,00002						0,0002	0,001				0,001	0,006		
PCB-52	2009	2.1.1 b	0,003													0,0003						<0,001		
PCB-52	2010	2.1.1 b	0,002													0,0002						<0,001		
PCB-52	2011	2.1.1 b	0,001													0						0,001		
PCB-101	2003	2.1.1 b	0,001	0,003	0,003	0,00002				0,0001						0,001	0,004				0,002	0,003		
PCB-101	2004	2.1.1 b	0,003	0,004	0,004	0,00001				0,0001						0,001	0,005				0,004	0,004		
PCB-101	2005	2.1.1 b	0,003	0,003	0,003	0,000003				0,0001						0,001	0,004				0,004	0,008		
PCB-101	2006	2.1.1 b	0,002	0,001	0,003					0,0001						0,0003	0,005				0,002	0,008		
PCB-101	2007	2.1.1 b	0,003	0,003	0,002					0,00003						0,0002	0,001				0,002	0,008		
PCB-101	2008	2.1.1 b	0,001	0,001	0,001					0,00004						0,0003	0,002				0,002	0,01		
PCB-101	2009	2.1.1 b	0,004													0,0005						0,002		
PCB-101	2010	2.1.1 b	0,003													0,0003						0,002		
PCB-101	2011	2.1.1 b	0,002													0,000001						0,001		
PCB-118	2003	2.1.1 b																					0,003	
PCB-118	2004	2.1.1 b																					0,001	
PCB-118	2005	2.1.1 b																					0,001	
PCB-118	2006	2.1.1 b	0,001	<0,0003	0,002																		0,001	
PCB-118	2007	2.1.1 b	0,001	0,001	0,001																		0,001	
PCB-118	2008	2.1.1 b	0,001	0,0005	0,0005					0,00002						0,0003	0,001				0,001	0,001		
PCB-118	2009	2.1.1 b	0,002													0,0002	0,001					0,002		
PCB-118	2010	2.1.1 b	0,001													0,0004						<0,001		
PCB-118	2011	2.1.1 b	0,001													0,0002						0,001		
PCB-138	2003	2.1.1 b	0,003	0,007	0,008	0,00001				0,0001						0,001	0,008				0,006	0,003		
PCB-138	2004	2.1.1 b	0,01	0,012	0,012	0,00001				0,0002						0,001	0,007				0,007	0,005		
PCB-138	2005	2.1.1 b	0,008	0,008	0,008	0,00001				0,0002						0,001	0,004				0,008	0,005		
PCB-138	2006	2.1.1 b	0,005	0,002	0,011					0,0001						0,001	0,007				0,004	0,004		
PCB-138	2007	2.1.1 b	0,008	0,008	0,007					0,00003						0,001	0,003				0,004	0,004		
PCB-138	2008	2.1.1 b	0,005	0,004	0,006					0,0001						0,001	0,004				0,004	0,004		
PCB-138	2009	2.1.1 b	0,013													0,001						0,003		
PCB-138	2010	2.1.1 b	0,009													0,0004						0,006		
PCB-138	2011	2.1.1 b	0,006													0,000001						0,003		
PCB-153	2003	2.1.1 b	0,003	0,007	0,007	0,00002				0,0001						0,001	0,009				0,005	0,003		
PCB-153	2004	2.1.1 b	0,01	0,012	0,012	0,00001				0,0002						0,001	0,01				0,006	0,005		
PCB-153	2005	2.1.1 b	0,008	0,008	0,008	0,00001				0,0002						0,001	0,009				0,01	0,008		
PCB-153	2006	2.1.1 b	0,005	0,002	0,01					0,0001						0,0004	0,01				0,005	0,008		
PCB-153	2007	2.1.1 b	0,009	0,01	0,007					0,00003						0,001	0,004				0,004	0,007		
PCB-153	2008	2.1.1 b	0,005	0,004	0,005					0,0001						0,0003	0,003				0,004	0,007		
PCB-153	2009	2.1.1 b	0,013													0,001						0,003		
PCB-153	2010	2.1.1 b	0,01													0,0003						0,006		
PCB-153	2011	2.1.1 b	0,005													0,000001						0,003		
PCB-180	2003	2.1.1 b	0,002	0,006	0,006	0,00001				0,00005						0,001	0,006				0,004	0,001		
PCB-180	2004	2.1.1 b	0,01	0,011	0,011	0,00001				0,0001						0,001	0,009				0,005	0,002		
PCB-180	2005	2.1.1 b	0,008	0,008	0,008	0,000002				0,0001						0,001	0,007				0,006	0,004		
PCB-180	2006	2.1.1 b	0,005	0,001	0,008					0,00004						0,001	0,011				0,003	0,003		
PCB-180	2007	2.1.1 b	0,007	0,007	0,006					0,00002						0,0003	0,002				0,003	0,002		
PCB-180	2008	2.1.1 b	0,004	0,003	0,005					0,00004						0,0002	0,002				0,003	0,003		
PCB-180	2009	2.1.1 b	0,01													0,0003						0,002		
PCB-180	2010	2.1.1 b	0,008													0,0001						0,005		
PCB-180	2011	2.1.1 b	0,004													<0						0,002		

(!): <BG bei gelöst
(s): <BG bei partikulär
(t): <BG bei gelöst und partikulär

Fortsetzung Tabelle T-A4-2

Gewässer	Elbe	Triebisch	Elbe	Elbe	Schwarze Elster	Elbe	Friedberger Mulde	Zwickauer Mulde	Spittelwasser	Mulde	Elbe	Saale	Weißer Elster	Schlenze	Bode	Saale	Elbe	Spree	Havel	Elbe	Elbe	Elbe	
Messstelle	Schmilka	Zusammenfluss mit der Elbe	Zehren	Domnitzsch	Gersdorf	Wittenberg	Mündung bei Ein	Mündung bei Sternuth	Schachtgraben	Dessau	Breitenhagen	Bad Dürrenberg	Halle-Arnstedt	Mündung Saale	Neugattersleben	Rosenburg	Magdeburg	Sepfenwerder	Havelberg	Cumlosen	Schnackenburg	Seemannshöft	
Parameter	Jahr	Methoden	Fracht in t/a																				
PeCB	2003	2.1.1 b	0,001		0,002	0,002																0,005	0,002
PeCB	2004	2.1.1 b	0,001		0,001	0,001																0,003	0,001
PeCB	2005	2.1.1 b	0,001		0,001	0,001										0,0003	0,003					0,004	0,002
PeCB	2006	2.1.1 b	<0,0004		<0,0003	0,002										0,0001	0,003					0,001	0,001
PeCB	2007	2.1.1 b	0,001		0,001	0,001				0,0001						0,0001	0,002					0,002	0,001
PeCB	2008	2.1.1 b	0,0005		0,001	0,001				0,0002						0,0002	0,001					0,001	0,002
PeCB	2009	2.1.1 b	0,001													0,0002						0,001	0,001
PeCB	2010	2.1.1 b	0,001													0,0002						0,001	0,001
PeCB	2011	2.1.1 b	0,001													0,000001						0,001	0,001
HCB	2003	2.1.1 b	0,022		0,05	0,075	0,00002			0,002						0,002	0,035					0,038	0,033
HCB	2004	2.1.1 b	0,054		0,039	0,045	0,00002			0,004						0,002	0,028					0,039	0,034
HCB	2005	2.1.1 b	0,027		0,037	0,052	0,00001			0,012						0,002	0,076					0,055	0,048
HCB	2006	2.1.1 b	0,014		0,005	0,068				0,004						0,001	0,051					0,026	0,027
HCB	2007	2.1.1 b	0,024		0,03	0,032				0,001						0,001	0,013					0,02	0,023
HCB	2008	2.1.1 b	0,013		0,019	0,026				0,002						0,001	0,019					0,014	0,031
HCB	2009	2.1.1 b	0,023													0,001							0,018
HCB	2010	2.1.1 b	0,029													0,001							0,021
HCB	2011	2.1.1 b	0,051													0,000002							0,016
Benzo(a)pyren	2003	2.1.1 b	0,054		0,232	0,247	0,001			0,005						0,088	0,318					0,15	0,206
Benzo(a)pyren	2004	2.1.1 b	0,105		0,221	0,212	0,001			0,015						0,041	0,191					0,151	0,285
Benzo(a)pyren	2005	2.1.1 b	0,17		0,259	0,264	0,001			0,019						0,046	0,251					0,174	0,287
Benzo(a)pyren	2006	2.1.1 b	0,098		0,05	0,288				0,01						0,064	0,195					0,15	0,28
Benzo(a)pyren	2007	2.1.1 b	0,123		0,16	0,142				0,004						0,063	0,186					0,358	0,271
Benzo(a)pyren	2008	2.1.1 b	0,084		0,11	0,12				0,005						0,039	0,146					0,168	0,169
Benzo(a)pyren	2009	2.1.1 b	0,211													0,06							0,138
Benzo(a)pyren	2010	2.1.1 b	0,392													0,041							0,178
Benzo(a)pyren	2011	2.1.1 b	0,194													0,0001							0,141
Anthracen	2003	2.1.1 b	0,02		0,083	0,093	0,001			0,002						0,059	0,176					0,063	0,062
Anthracen	2004	2.1.1 b	0,046		0,091	0,093	0,001			0,005						0,022	0,082					0,066	0,092
Anthracen	2005	2.1.1 b	0,056		0,09	0,087	0,0005			0,005						0,022	0,099					0,116	0,088
Anthracen	2006	2.1.1 b	0,036		0,02	0,151				0,003						0,025	0,068					0,06	0,124
Anthracen	2007	2.1.1 b	0,045		0,052	0,042				0,001						0,024	0,072					0,178	0,09
Anthracen	2008	2.1.1 b	0,026		0,034	0,039				0,001						0,018	0,056					0,071	0,069
Anthracen	2009	2.1.1 b	0,075													0,03							0,049
Anthracen	2010	2.1.1 b	0,154													0,019							0,054
Anthracen	2011	2.1.1 b	0,098													0,00003							0,038
Fluoranthen	2003	2.1.1 b	0,113		0,615	0,64	0,004			0,013						0,213	0,702					0,448	0,403
Fluoranthen	2004	2.1.1 b	0,228		0,51	0,501	0,003			0,042						0,124	0,52					0,464	0,579
Fluoranthen	2005	2.1.1 b	0,303		0,493	0,471	0,002			0,053						0,133	0,64					0,838	0,618
Fluoranthen	2006	2.1.1 b	0,226		0,155	0,839				0,023						0,172	0,499					0,443	0,56
Fluoranthen	2007	2.1.1 b	0,292		0,41	0,348				0,012						0,174	0,521					0,891	0,6
Fluoranthen	2008	2.1.1 b	0,172		0,208	0,24				0,016						0,127	0,434					0,473	0,479
Fluoranthen	2009	2.1.1 b	0,485													0,189							0,451
Fluoranthen	2010	2.1.1 b	0,689													0,127							0,547
Fluoranthen	2011	2.1.1 b	0,267													0,0002							0,325
Σ PAK 5	2003	2.1.1 b	0,257		1,051	1,129	0,005			0,022						0,313	1,154					0,641	0,838
Σ PAK 5	2004	2.1.1 b	0,443		0,869	0,852	0,0044			0,067						0,173	0,802					0,621	1,284
Σ PAK 5	2005	2.1.1 b	0,712		1,065	1,091	0,0044			0,081						0,196	1,072					0,664	1,224
Σ PAK 5	2006	2.1.1 b	0,474		0,225	1,303				0,043						0,264	0,812					0,593	1,131
Σ PAK 5	2007	2.1.1 b	0,63		0,833	0,757				0,017						0,264	0,759					1,273	1,115
Σ PAK 5	2008	2.1.1 b	0,412		0,517	0,559				0,026						0,172	0,655					0,731	0,753
Σ PAK 5	2009	2.1.1 b	0,976													0,258							0,726
Σ PAK 5	2010	2.1.1 b	1,637													0,18							0,897
Σ PAK 5	2011	2.1.1 b	0,737													0,00044							0,585
TBT	2003	2.1.1 b	0,001		0,004	0,004				0,001						0,002	0,006						0,008
TBT	2004	2.1.1 b	0,003		0,01	0,005				0,001						0,001	0,003						0,001
TBT	2005	2.1.1 b	0,003		0,005	0,006				0,001						0,001	0,003						0,017
TBT	2006	2.1.1 b	0,001		0,001	0,005				0,001						0,002	0,005						0,041
TBT	2007	2.1.1 b	0,001		0,001	0,001				0,001						0,003	0,002					<0,003	0,024
TBT	2008	2.1.1 b	0,001		0,001	0,001				0,001						0,002	0,008					<0,005	0,01
TBT	2009	2.1.1 b	0,002													0,003							0,009
TBT	2010	2.1.1 b	0,002													0,002							0,012
TBT	2011	2.1.1 b	0,001													<0,000001							0,011
Dioxine/Furane	2003	2.1.1 b								0													
Dioxine/Furane	2004	2.1.1 b								0,000001						0	0,00001						
Dioxine/Furane	2005	2.1.1 b																					

Tabelle T-A4-3:

Ergebnisse der hydromorphologischen Bewertung der Tideelbe

Funktionsräume				Hydromorphologische Indikatoren --- Bewertungsstufen Klasse 1 = im stark veränderten Wasserkörper Tideelbe nicht vorhanden, Klasse 2 = gut und besser (bedingt naturnah), Klasse 3 = mäßig (überprägt), Klasse 4 = unbefriedigend (stark überprägt), Klasse 5 = schlecht (künstlich/naturfremd)						
Nr.	Bezeichnung	Stromkm von bis	Einteilung	Breitenvarianz/ Tiefenvarianz	Uferstruktur	Verhältnis rezente Aue/ Marsch zu morphologischer Aue/ Marsch	Korngrößenzusammensetzung des Sohlsubstrates inkl. des mittleren Korndurchmessers und dessen Varianz	Sedimentdurchgängigkeit	Sedimentbilanz inkl. Geländeaufhöhung	
1	Der Funktionsraum 1 erstreckt sich von der oberen Grenze des Tideeinflusses am Wehr Geesthacht bis zum Hamburger Hafen und entspricht dem Elbabschnitt, der als obere Tideelbe bezeichnet wird.	585,9 - 615,3 bzw. 614,5	Fahrrinne	3 - Breitenvarianz: Fahrinne gleichförmig ausgebildet, oberwassergeprägt, Breitenvarianz ist naturgemäß gering ausgeprägt; Tiefenvarianz: stark ausgeprägt, wegen starker Strömung, Ufer verbaut (Buhnen)	entfällt	entfällt	4 - stark überprägt durch Erosion der Rinne	4 - verminderte Durchgängigkeit durch das Wehr in Geesthacht	4 - Sohlerosion, erheblich veränderte Gewässermorphologie	
			Flachwasserzone	4 - kaum vorhanden	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	
			Wattbereiche	4 - Flusswatten sind kaum vorhanden	4 - überwiegend durch Buhnen und Deckwerke geprägt, ufernahe Deichlinie	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt
			Vorländer	4 - sehr schmal, die Uferlinie ist zum größten Teil befestigt und durch Buhnen gegliedert	4 - überwiegend durch Buhnen und Deckwerke geprägt, ufernahe Deichlinie	4 - stark eingedeicht, die Uferlinie ist zum größten Teil befestigt und durch Buhnen gegliedert	wird geprüft	entfällt	wird geprüft	
2	Der Funktionsraum 2 erstreckt sich vom Beginn der seeschiffstiefen Abschnitte der Norderelbe und der Süderelbe bis zum Mühlenberger Loch.	615,3 bzw. 614,5 -633	Fahrrinne	5 - Fahrinne ist künstlich erzeugt, Ausbau des Hamburger Stromspaltungsgebietes zu einem Hafen, Kanalisierung des Stroms	entfällt	entfällt	4 - stark überprägt, Einfüsse von Kanalisierung, Schlicksedimentation, Rinnenvertiefungen	4 - durch Hydrodynamik eingeschränkt, Senke, anthropogen verändertes Tide- und Sedimentationsregime	4 - Überschuss von Feinsediment, anthropogen verändertes Tide- und Sedimentationsregime	
			Flachwasserzone	5 - Ausbau des Hamburger Stromspaltungsgebiet zu einem Hafen, Kanalisierung des Stroms	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	
			Wattbereiche	5 - Ausbau des Hamburger Stromspaltungsgebiet zu einem Hafen, Kanalisierung des Stroms	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	
			Vorländer	5 - Ausbau des Hamburger Stromspaltungsgebiet zu einem Hafen, Kanalisierung des Stroms	5 - Ufer der Norder- und Süderelbe fast vollständig mit Deckwerken oder senkrechten Uferverbauungen (Spundwände, Mauern) versehen.	5 - stark verbaut/ Hafenbereich	wird geprüft	entfällt	entfällt	
3	Der Funktionsraum 3 erstreckt sich über eine Stromstrecke von ca. 17 km vom Mühlenberger Loch bis zur Nordspitze von Lühesand.	633 - 650	Fahrrinne	5 - Fahrinne ist künstlich erzeugt, sie wird in ihrer Funktion als Schifffahrtsstraße intensiv unterhalten	entfällt	entfällt	4 - durch Strombau verändertes Sohlsubstrat. Das historische Sediment und die Kleischichten wurden bei den Vertiefungen abgebaggert. Dadurch sind glaziale Sedimente (meist Sande) freigelegt worden.	3 - Tidal pumping	4 - Überschuss von Feinsediment, gestörter Sedimenthaushalt, Kreislaufbaggerungen	
			Flachwasserzone	3 - Flachwasser vorhanden, aber in Ausdehnung verändert, starke Abnahme zu Gunsten von Fahrrinne und Watt. Mühlenberger Loch: Abgrenzungen naturfern, Hahnöfer Nebelbe: relativ naturnah, Lühesander Nebelbe: durch die beiderseitigen Ufersicherungen naturfern.	entfällt	entfällt	3 - Verändert durch Verlandungstendenzen; Überprägung durch erhöhte Sedimentmobilität durch Unterhaltungstätigkeit und erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten.	entfällt	4 - gestörter Sedimenthaushalt, verlandet stark	
			Wattbereiche	3 - oft fehlende Struktur durch schiffserzeugten Wellenschlag und fehlende Prielsysteme. Mühlenberger Loch: Abgrenzungen naturfern, Hahnöfer Nebelbe: naturnahe Watt, Lühesander Nebelbe: Watt fehlen als Folge der Ufersicherungen.	2 - ausgedehnte Wattbereiche vorhanden, morphologisch z.T. durch Wellenschlag oder verstärkte Sedimentation überprägt	entfällt	3 - Teilweise verändert durch Verlandungstendenz. Ablagerung von extrem weichem Fließschlick im strömungsberuhigten MÜLo, Sedimentwechsel zu Sand im exponierten Fährmannssander Watt.	entfällt	4 - gestörter Sedimenthaushalt, verlandet stark	
			Vorländer	4 - Vorlandflächen durch Vordeichungen verändert, nur noch sehr kleinräumig vorhanden und durch ältere Aufspülungen verändert.	3 - Vorländer in Teilbereichen vorhanden	4 - Überflutungsraum durch die Inselkette (Schweinsand, Neßsand und Hanskalbsand) in der Mitte des Stroms gegeben	wird geprüft	entfällt	3 - Sedimenthaushalt mäßig ausgeglichen	

Fortsetzung Tabelle T-A4-3

Funktionsräume				Hydromorphologische Indikatoren --- Bewertungsstufen Klasse 1 = im stark veränderten Wasserkörper Tideelbe nicht vorhanden, Klasse 2 = gut und besser (bedingt naturnah), Klasse 3 = mäßig (überprägt), Klasse 4 = unbefriedigend (stark überprägt), Klasse 5 = schlecht (künstlich/naturfremd)					
Nr.	Bezeichnung	Stromkm von bis	Einteilung	Breitenvarianz/ Tiefenvarianz	Uferstruktur	Verhältnis rezente Aue/ Marsch zu morphologischer Aue/ Marsch	Korngrößenzusammensetzung des Sohlsubstrates inkl. des mittleren Korndurchmessers und dessen Varianz	Sedimentdurchgängigkeit	Sedimentbilanz inkl. Geländeaufhöhung
4	Der Funktionsraum 4 erstreckt sich über eine ca. 32 km lange Stromstrecke von der Nordspitze Lühesands (ca. Strom-km 650) bis zur Linie Kernkraftwerk Brokdorf – Freiburg (Strom-km 682).	650 - 682	Fahrrinne	4 - Fahrrinne durch Unterhaltung geprägt	entfällt	entfällt	4 - durch Strombau verändertes Sohlsubstrat (historisches Sediment abgebaggert, Kleischichten durchstoßen).	2 - bedingt naturnah, keine Beeinflussung der Durchgängigkeit	3 - mäßig ausgeglichen
			Flachwasserzone	2 - Flachwasserzonen vorhanden, insbesondere in Nebenebenen auch mit naturnaher Charakteristik	entfällt	entfällt	2 - bedingt naturnah, im System Pagensand-Haseldorf naturnahe Verhältnisse	entfällt	3 - mäßig ausgeglichen
			Wattbereiche	2 - große Wattbereiche vorhanden, strombaulich geprägte Abgrenzung	2 - große Wattbereiche vorhanden, morphologisch z.T. durch Wellenschlag oder verstärkte Sedimentation überprägt	entfällt	2 - bedingt naturnah, im System Pagensand-Haseldorf naturnahe Verhältnisse	entfällt	3 - mäßig ausgeglichen
			Vorländer	3 - Abgrenzungen durch Deichbau stark verändert. Vorland nur noch relativ kleinräumig, z. T. durch Aufspülungen überprägt.	2 - relativ große Vorländer vorhanden, Uferstruktur bedingt naturnah	3 - Vorlandflächen durch Vordeichungen nach 1962 erheblich reduziert Überflutungsraum in Teilen noch vorhanden.	entfällt	entfällt	3 - mäßig ausgeglichen
5	Der Funktionsraum 5 erstreckt sich über eine Stromstrecke von ca. 18 km (Nordufer) bzw. ca. 21 km (Südufer) von der Linie Kernkraftwerk Brokdorf – Freiburg (Strom-km 682) bis zur Linie Zweidorf (Strom-km 700) – Oste-Sperwerk (Strom-km 703).	682 - 703	Fahrrinne	4 - Fahrrinne durch Unterhaltung geprägt	entfällt	entfällt	4 - durch Strombau verändertes Sohlsubstrat (historisches Sediment abgebaggert, Kleischichten durchstoßen).	2 - bedingt naturnah, keine Beeinflussung der Durchgängigkeit	2 - Fahrrinne wenig beeinträchtigt
			Flachwasserzone	2 - Flachwasserzonen vorhanden	entfällt	entfällt	3 - überprägt, durch Strömungsänderungen überprägt	entfällt	3 - historisch wenig vorhanden
			Wattbereiche	2 - große Wattbereiche vorhanden, natürliche Dynamik teilweise gegeben	4 - rechtes Ufer (Nord): die Watten fehlen fast vollständig. 2 - linkes Ufer (Süd): Wattbereiche großflächig ausgebildet	entfällt	3 - überprägt, durch Strömungsänderungen überprägt	entfällt	3 - überprägt, Verlandungstendenz
			Vorländer	3 - Vorländer in Teilbereichen vorhanden	4 - rechtes Ufer (Nord): Vorländer in Teilbereichen vorhanden. 3 - linkes Ufer (Süd): Vorländer fehlen fast vollständig	4 - Vorländer wurden in den 60/70er Jahren stark überprägt	wird geprüft	entfällt	3 - überprägt, durch Deichbau reduziertes Vorland zeigt erhöhte Sedimentationsraten
6	Der Funktionsraum 6 erstreckt sich in Schleswig-Holstein über eine Stromlänge von ca. 27 km ab Zweidorf (Strom-km 700) bis zur Linie Friedrichskoogspitze - Kugelbake in Cuxhaven (Stromkm 727).	700 - 727	Fahrrinne	4 - Fahrrinne durch Unterhaltung geprägt	entfällt	entfällt	4 - stark überprägt, Freilegung glazialer Sande durch Fahrrinnenvertiefungen	2 - bedingt naturnah, keine Beeinflussung der Durchgängigkeit	2 - bedingt naturnah, Tideentwicklung führt zu Querschnittsaufweitung der Hauptrinne
			Flachwasserzone	2 - größere Flachwasserzonen vorhanden	entfällt	entfällt	2 - Flachwasserdynamik ohne direkte strombauliche Beeinflussung. Substrat durch Unterhaltungstätigkeiten relativ wenig verändert. Die Flachwasserdynamik wurde bisher durch den Strombau nicht direkt beeinflusst, allerdings wird sich das Sohlsubstrat wahrscheinlich durch den veränderten Sedimenthaushalt, die veränderte Tidedynamik und veränderte Strömungsgeschwindigkeiten gegenüber dem Ausgangszustand etwas verändert haben.	entfällt	2 - bedingt naturnah, keine unmittelbare anthropogene Veränderung
			Wattbereiche	2 - große Wattflächen vorhanden, starke natürliche Dynamik	3 - rechtes (Nord) und linkes Ufer (Süd): Wattflächen vorhanden	entfällt	2 - naturnahe Strömungs- und Sedimentverhältnisse, möglicherweise beeinflusster organischer Anteil durch Eutrophierung. Substrat der Watten durch Unterhaltungstätigkeit relativ wenig verändert, hohe natürliche Varianz.	entfällt	3 - überprägt, verstärkte Verlandung
			Vorländer	2 - große Vorländer in Teilbereichen vorhanden, natürliche Dynamik teilweise gegeben	3 - rechtes (Nord) und linkes Ufer (Süd): Vorländer mäßig vorhanden, hoher Anteil an naturfernen Ufern	3 - um das Jahr 1000 gab es auf dem Südufer größere Vorländer, auf dem Nordufer dagegen waren die heutigen Marschgebiete weitgehend Watt. Zwar wurden seither die damals vorhandenen Vorländer und die sich neu bildenden Vorlandflächen in Dithmarschen sukzessive eingedeicht, dennoch ist vom damaligen Stromquerschnitt durch die trichterförmige Aufweitung noch relativ mehr vorhanden als in den anderen Abschnitten.	2 - durch Deichbau erhöhte Sedimentationsraten verändern die Zusammensetzung, Marschenbildung hält auf der Nordseite an, neue Sedimente entsprechen weitgehend den natürlichen Gegebenheiten.	entfällt	4 - erhöhte Vorlandsedimentation

Tabelle T-A4-4: Schadstoffgehalte in Schwebstoffen/Sedimenten an den Bezugsmessstellen Elbe, Kat. 1 und Kat. 2a (29 relevante Schadstoffe)

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	Quecksilber - Hg [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	2,30	2,20	3,80	1,00	1,60	4,60	5,80	1,20	1,10
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	1,60	1,30	1,70	0,89	0,97	1,50	1,60	0,77	0,68
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	1,00	0,75	0,59	0,71	0,63	0,73	0,53	0,48	0,39
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum	0,60	6,70	0,50	0,19	0,32				0,23
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel	0,58	3,56	0,34	0,16	0,24				0,16
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum	0,50	0,41	0,25	0,13	0,11				<0,05
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	1,50	1,70	2,30	2,60	0,88	2,50	3,30	1,00	0,81
Zehren	Elbe	Jahresmittel	0,86	0,82	0,99	0,92	0,65	0,93	1,00	0,59	0,55
Zehren	Elbe	Jahresminimum	0,19	0,40	0,32	0,11	0,19	0,53	0,50	0,35	0,30
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	1,50	1,50	2,60	1,00	1,10	2,00	3,60	1,20	0,76
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	0,98	0,94	1,20	0,74	0,83	1,00	1,30	0,77	0,57
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	0,60	0,44	0,47	0,33	0,58	0,29	0,52	0,55	0,32
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	0,90	0,90	0,70						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	0,77	0,74	0,55						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	0,60	0,60	0,50						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum			1,00	0,90		2,40			1,50
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel			0,85	0,80		1,13			0,65
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum			0,70	0,70		0,70			0,40
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	3,60	3,10	3,20	2,10	2,20	2,30	2,70	2,40	2,40
Dessau	Mulde	Jahresmittel	2,70	2,40	1,80	1,60	1,80	1,70	2,00	2,00	1,80
Dessau	Mulde	Jahresminimum	1,90	1,70	0,90	1,10	1,30	1,40	1,60	1,30	1,30
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	11,00	8,20	6,80	4,50	3,40	4,30	4,60	3,00	
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	6,60	5,60	4,60	3,20	2,20	3,00	2,90	2,30	
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	3,70	3,20	2,70	0,80	1,60	1,40	1,10	1,30	
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						1,90	3,10		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						1,38	1,65		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						0,90	0,80		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	6,20	5,50	4,90	3,60	3,20	4,30	3,50	1,70	2,40
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	3,50	3,60	3,20	2,50	2,30	2,80	2,30	1,60	1,90
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	2,10	2,10	2,00	1,40	1,20	1,70	1,20	1,40	1,30
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			0,90	0,80			0,70	0,60	
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			0,83	0,55			0,53	0,55	
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			0,80	<0,4			0,30	0,40	
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	2,40	3,30	3,60	3,00	2,30	2,50	2,50	1,60	2,00
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	2,00	2,40	2,90	2,20	1,80	1,50	1,70	1,20	1,20
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	1,30	1,60	1,90	1,60	1,30	0,57	1,10	0,82	0,74
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	3,40	3,90	5,10	6,80	3,40	3,50	4,60	2,30	3,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	2,50	2,80	3,50	3,50	2,10	2,60	3,20	1,80	1,80
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	1,70	2,10	1,90	2,20	0,91	0,90	1,60	1,20	1,10
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	3,90	3,20	2,00	1,90	1,90	2,30	1,70	2,10	6,40
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	1,70	1,40	1,20	1,10	1,20	1,40	1,10	1,70	1,90
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	0,97	0,81	0,36	0,11	0,16	0,52	0,73	1,00	0,82

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

>Osw

Osw - Usw

<Usw

<BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	Cadmium - Cd [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	4,70	5,70	2,40	4,40	2,50	3,30	2,40	2,60	2,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	3,53	2,80	2,05	2,46	2,21	2,46	2,01	1,93	1,69
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	2,30	2,20	1,30	1,20	1,90	1,80	1,50	1,50	1,10
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum	58,00	78,00	120,00	50,00	130,00				46,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel	49,00	60,50	77,00	33,50	59,90				22,27
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum	40,00	43,00	56,00	17,00	9,60				0,18
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	8,80	6,20	5,80	6,90	5,90	7,70	7,30	5,70	4,40
Zehren	Elbe	Jahresmittel	5,13	3,76	3,44	3,18	4,03	4,96	4,31	3,48	3,20
Zehren	Elbe	Jahresminimum	1,70	2,10	1,40	1,10	1,20	3,40	2,40	2,10	1,80
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	5,70	4,30	4,70	6,80	3,70	4,80	4,70	4,10	3,40
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	3,70	3,28	3,23	3,04	3,08	3,89	3,30	3,28	2,64
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	1,90	2,20	1,90	1,10	2,00	2,60	2,10	2,40	1,90
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	5,20	3,80	3,80						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	3,82	2,99	3,37						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	3,00	2,20	2,90						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum			4,00	2,70		5,20			4,30
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel			3,50	2,60		4,03			2,67
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum			3,10	2,50		3,30			1,80
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	33,70	29,20	30,00	31,20	26,10	33,00	26,30	22,50	25,70
Dessau	Mulde	Jahresmittel	21,00	21,80	19,20	19,10	18,00	22,30	18,80	16,80	19,60
Dessau	Mulde	Jahresminimum	12,70	14,20	11,20	9,40	13,90	13,00	13,70	12,00	10,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	11,00	7,20	6,00	12,50	5,40	7,40	11,60	7,00	
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	6,90	5,82	4,43	4,68	3,48	5,07	6,37	4,90	
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	2,50	4,30	2,80	1,30	2,70	2,70	2,40	3,00	
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						7,20	9,40		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						6,90	6,23		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						6,20	4,30		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	8,10	7,10	6,10	5,90	5,50	8,30	7,90	6,10	8,40
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	5,33	5,93	4,90	4,44	4,36	6,13	5,82	4,96	6,55
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	3,00	4,20	3,90	2,30	3,40	3,80	3,10	4,00	5,20
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			2,80	2,90			2,50	2,40	
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			2,03	2,18			2,08	2,10	
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			1,50	0,80			1,10	1,50	
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	5,90	5,70	5,80		4,60	5,60	5,30	4,80	4,60
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	4,65	4,74	5,10		3,76	3,86	4,06	3,69	3,98
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	2,60	2,40	4,40		3,00	1,90	2,90	2,60	3,40
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	9,60	9,80	8,30	8,80	7,50	8,90	8,80	6,10	7,50
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	6,59	7,10	7,05	6,26	6,10	7,15	7,77	5,34	6,08
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	4,00	4,80	5,50	3,30	4,30	5,60	6,50	4,20	4,80
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	5,50	3,40	4,10	4,70	6,00	4,20	3,40	7,50	5,70
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	2,78	2,25	2,36	2,06	2,65	2,62	2,42	4,28	3,38
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	1,30	1,10	1,60	<1,0	1,30	1,40	1,20	2,00	2,00

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

 >Osw

 Osw - Usw

 <Usw

 <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	Blei - Pb [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	140,00	150,00	110,00	160,00	100,00	100,00	110,00	87,00	73,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	96,00	102,50	89,20	97,50	84,60	85,20	84,10	74,70	63,40
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	76,00	81,00	69,00	51,00	58,00	72,00	71,00	61,00	36,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum	350,00	370,00	1500,00	420,00	1300,00				480,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel	345,00	355,00	950,00	315,00	604,75				223,50
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum	340,00	340,00	620,00	210,00	99,00				27,00
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	160,00	100,00	96,00	160,00	93,00	100,00	87,00	84,00	85,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	78,70	82,50	78,70	78,20	79,70	78,30	74,20	71,30	62,90
Zehren	Elbe	Jahresminimum	56,00	66,00	59,00	36,00	53,00	63,00	51,00	58,00	37,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	110,00	110,00	110,00	140,00	110,00	100,00	95,00	93,00	86,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	75,90	89,80	91,40	86,20	85,30	85,10	81,80	80,20	65,50
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	48,00	70,00	77,00	48,00	65,00	66,00	67,00	71,00	38,00
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	62,00	50,90	60,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	48,80	45,10	45,80						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	38,00	38,40	37,00						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum			108,00	120,00		126,00			195,00
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel			96,75	109,50		95,50			93,20
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum			77,00	99,00		73,00			30,00
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	348,00	393,00	320,00	290,00	289,00	258,00	272,00	277,00	275,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	290,00	290,30	272,10	245,20	242,40	224,00	241,00	258,30	242,40
Dessau	Mulde	Jahresminimum	196,00	208,00	231,00	181,00	172,00	165,00	190,00	228,00	213,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	270,00	220,00	234,00	245,00	149,00	278,00	260,00	247,00	266,00
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	175,00	185,00	151,80	148,40	120,20	181,20	174,30	171,90	195,00
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	110,00	150,00	115,00	59,00	94,00	113,00	114,00	118,00	156,00
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						129,00	131,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						110,00	114,75		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						73,00	100,00		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	180,00	170,00	166,00	131,00	131,00	194,00	176,00	134,00	228,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	104,30	131,00	120,00	105,10	109,00	140,20	133,30	122,90	158,20
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	62,00	100,00	76,00	72,00	72,00	108,00	111,00	111,00	97,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			148,00	193,00			156,00	157,00	
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			114,80	129,75			129,75	126,75	
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			85,40	53,00			82,00	97,00	
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	100,00	120,00	130,00	89,00	130,00	120,00	140,00	130,00	150,00
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	69,00	87,10	103,80	65,00	96,60	90,40	85,40	87,50	88,20
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	36,00	43,00	66,00	42,00	70,00	41,00	43,00	45,00	37,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	130,00	140,00	160,00	170,00	170,00	200,00	200,00	140,00	170,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	88,80	103,90	122,00	122,40	127,90	134,20	150,70	116,50	113,30
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	53,00	60,00	68,00	81,00	79,00	79,00	98,00	78,00	55,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	90,00	63,00	67,00	64,00	73,00	79,00	67,00	170,00	90,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	60,80	48,80	49,20	46,20	57,20	59,90	55,00	81,70	64,10
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	35,00	30,00	31,00	25,00	39,00	44,00	39,00	36,00	38,00

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

 >Osw

 Osw - Usw

 <Usw

 <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	Zink - Zn [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	1900,00	1300,00	570,00	720,00	610,00	720,00	640,00	560,00	640,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	1271,70	867,50	504,50	522,70	508,30	535,80	472,50	430,80	507,50
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	730,00	600,00	330,00	320,00	340,00	380,00	330,00	340,00	330,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum	8700,00	11000,00	22000,00	8600,00	11000,00				9100,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel	6450,00	8000,00	13075,00	5750,00	7300,00				4542,50
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum	4200,00	5000,00	8600,00	2900,00	1600,00				150,00
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	1800,00	1600,00	1100,00	1100,00	1100,00	1100,00	1000,00	800,00	1000,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	973,30	818,30	649,20	544,00	731,70	816,40	699,20	570,00	672,50
Zehren	Elbe	Jahresminimum	270,00	480,00	260,00	200,00	290,00	510,00	410,00	370,00	300,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	1400,00	1200,00	840,00	870,00	740,00	970,00	820,00	680,00	740,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	803,30	783,30	636,70	556,70	604,20	698,20	607,50	564,20	560,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	310,00	550,00	380,00	230,00	430,00	450,00	410,00	470,00	330,00
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	963,00	948,00	831,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	816,50	831,30	757,70						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	642,00	759,00	612,00						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum			764,00	573,00		1010,00			771,00
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel			713,00	527,50		865,08			575,53
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum			653,00	482,00		658,00			422,00
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	2770,00	3200,00	2370,00	2500,00	2270,00	2640,00	2120,00	2060,00	2640,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	1904,20	1951,70	1642,50	1662,60	1614,20	1942,50	1709,10	1582,50	1711,90
Dessau	Mulde	Jahresminimum	1080,00	1420,00	1080,00	991,00	1280,00	1160,00	1240,00	1150,00	946,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	2850,00	2070,00	1850,00	2360,00	1530,00	2190,00	2730,00	1860,00	1400,00
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	1755,80	1535,80	1242,30	1307,30	937,40	1366,90	1516,70	1206,20	1143,00
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	700,00	999,00	711,00	357,00	668,00	710,00	617,00	692,00	859,00
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						1100,00	1270,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						1010,75	966,50		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						923,00	699,00		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	1970,00	1560,00	1270,00	1240,00	1180,00	1760,00	1600,00	1200,00	1620,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	1167,50	1227,00	980,40	900,90	875,10	1218,80	1183,10	960,30	1314,10
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	550,00	860,00	698,00	477,00	712,00	665,00	734,00	723,00	991,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			833,00	987,00			828,00	901,00	
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			696,00	797,75			733,50	751,50	
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			603,00	500,00			552,00	559,00	
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	1200,00	1300,00	1100,00	800,00	790,00	1100,00	1000,00	800,00	870,00
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	773,60	964,20	936,70	653,30	720,80	756,70	791,70	681,80	686,70
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	410,00	610,00	730,00	510,00	650,00	520,00	480,00	540,00	530,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	1500,00	1500,00	1500,00	1300,00	1300,00	1600,00	1700,00	1200,00	1400,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	985,00	1234,20	1177,50	1015,00	1142,50	1266,70	1341,70	965,00	1035,80
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	700,00	820,00	910,00	510,00	870,00	999,00	999,00	840,00	730,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	890,00	590,00	730,00	670,00	640,00	700,00	570,00	1000,00	860,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	493,30	408,30	440,00	403,30	449,00	480,80	444,50	672,50	591,70
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	270,00	240,00	320,00	170,00	300,00	290,00	270,00	400,00	360,00

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

 >Osw

 Osw - Usw

 <Usw

 <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	Kupfer - Cu [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	160,00	150,00	110,00	120,00	100,00	120,00	130,00	96,00	84,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	95,90	93,30	77,20	77,80	83,90	87,70	83,40	73,60	68,70
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	65,00	69,00	47,00	50,00	60,00	66,00	58,00	62,00	42,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum	230,00	220,00	1200,00	400,00	1000,00				400,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel	215,00	200,00	725,00	275,00	458,00				176,75
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum	200,00	180,00	450,00	150,00	62,00				15,00
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	91,00	110,00	85,00	94,00	88,00	100,00	110,00	91,00	82,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	61,90	65,60	61,90	57,20	70,30	67,70	69,80	61,30	59,80
Zehren	Elbe	Jahresminimum	40,00	44,00	36,00	24,00	31,00	55,00	44,00	44,00	35,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	110,00	93,00	110,00	110,00	94,00	97,00	110,00	92,00	77,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	66,90	73,10	71,80	64,90	75,30	77,70	77,80	71,80	61,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	39,00	48,00	52,00	33,00	52,00	62,00	56,00	59,00	34,00
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	59,60	45,70	50,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	41,70	38,00	39,20						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	28,40	31,10	31,00						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum			100,00	72,00		150,00			105,00
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel			81,75	71,00		97,00			68,73
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum			63,00	70,00		63,00			32,00
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	142,00	138,00	120,00	111,00	113,00	104,00	112,00	117,00	117,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	108,40	108,60	98,40	92,60	98,40	92,80	99,30	100,20	95,60
Dessau	Mulde	Jahresminimum	79,50	84,20	70,00	77,00	78,00	74,00	83,00	80,00	82,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	190,00	160,00	162,00	144,00	119,00	120,00	128,00	127,00	99,00
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	134,00	135,00	119,70	93,60	92,80	101,50	99,40	103,10	87,00
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	98,00	120,00	94,00	63,00	58,00	80,00	79,00	88,00	81,00
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						117,00	128,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						96,75	93,75		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						62,00	74,00		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	150,00	150,00	121,00	109,00	115,00	124,00	111,00	105,00	100,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	90,30	112,10	102,50	89,10	99,50	106,70	91,70	89,60	83,50
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	52,00	91,00	76,00	70,00	75,00	86,00	81,00	77,00	54,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			100,00	140,00			114,00	130,00	
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			82,00	87,00			87,25	99,25	
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			55,00	45,00			52,00	69,00	
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	94,00	110,00	110,00	110,00	95,00	140,00	92,00	190,00	99,00
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	69,80	81,90	91,30	80,00	85,00	79,70	72,00	79,50	62,70
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	45,00	49,00	60,00	52,00	65,00	40,00	44,00	41,00	33,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	110,00	110,00	120,00	120,00	140,00	160,00	130,00	99,00	91,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	78,00	87,30	91,90	83,90	100,10	103,00	106,60	81,60	74,70
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	48,00	47,00	64,00	55,00	60,00	58,00	72,00	67,00	46,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	110,00	77,00	89,00	81,00	87,00	96,00	78,00	97,00	100,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	70,90	57,70	56,40	56,10	60,20	63,80	57,50	81,30	70,30
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	44,00	32,00	38,00	29,00	44,00	40,00	37,00	45,00	43,00

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

>Osw Osw - Usw <Usw <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	Nickel - Ni [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	58,00	61,00	53,00	58,00	62,00	60,00	59,00	72,00	120,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	49,60	51,60	48,90	49,60	51,80	52,30	49,80	50,10	53,00
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	43,00	39,00	39,00	40,00	41,00	39,00	43,00	41,00	27,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum	150,00	130,00	110,00	80,00	170,00				81,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel	107,00	109,50	95,75	62,5	85,50				51,75
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum	64,00	89,00	86,00	45,00	31,00				14,00
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	49,00	53,00	49,00	55,00	55,00	56,00	52,00	82,00	100,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	42,20	43,20	41,50	37,20	47,80	45,20	44,80	48,60	46,60
Zehren	Elbe	Jahresminimum	35,00	35,00	30,00	23,00	31,00	38,00	30,00	31,00	25,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	54,00	58,00	60,00	68,00	61,00	58,00	55,00	76,00	93,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	44,70	48,50	49,50	47,80	50,60	51,50	49,50	51,50	47,30
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	30,00	35,00	41,00	29,00	43,00	38,00	42,00	40,00	23,00
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	136,00	121,00	185,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	103,30	101,50	110,90						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	65,30	83,50	79,00						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum			64,00	71,00		88,00			61,00
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel			57,75	68,00		67,00			49,53
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum			48,00	65,00		47,00			26,00
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	150,00	167,00	179,00	254,00	169,00	200,00	178,00	140,00	154,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	112,20	115,10	112,30	132,60	118,10	140,80	126,50	100,20	106,40
Dessau	Mulde	Jahresminimum	80,30	89,20	64,00	69,00	87,00	75,00	81,00	76,00	64,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	60,00	56,00	62,00	63,00	53,00	50,00	58,00	56,00	45,00
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	46,80	49,60	51,30	44,30	42,30	47,00	46,70	48,40	39,00
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	37,00	44,00	42,00	36,00	26,00	43,00	37,00	37,00	35,00
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						83,00	76,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						67,75	64,75		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						45,00	56,00		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	59,00	58,00	59,00	58,00	55,00	58,00	59,00	54,00	55,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	41,90	50,60	52,40	48,50	47,00	52,50	53,90	52,70	45,20
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	22,00	40,00	36,00	39,00	32,00	47,00	45,00	51,00	30,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			29,00	36,00			27,00	42,00	
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			23,00	25,25			23,25	25,50	
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			14,00	13,00			14,00	17,00	
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	49,00	57,00	62,00	46,00	51,00	56,00	59,00	45,00	51,00
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	30,50	38,10	47,40	35,00	42,30	36,50	39,30	36,50	31,00
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	14,00	24,00	30,00	24,00	32,00	19,00	20,00	22,00	14,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	67,00	85,00	67,00	93,00	74,00	100,00	81,00	66,00	60,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	40,10	54,70	57,40	62,50	54,90	62,00	65,40	51,30	45,30
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	23,00	29,00	39,00	37,00	28,00	40,00	44,00	33,00	21,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	46,00	36,00	38,00	48,00	41,00	42,00	40,00	49,00	43,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	36,30	29,50	29,60	32,70	35,90	35,10	33,50	36,60	32,80
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	26,00	19,00	21,00	23,00	30,00	29,00	26,00	22,00	20,00

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

>Osw
 Osw - Usw
 <Usw
 <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	Arsen - As [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	70,00	65,00	36,00	65,00	35,00	39,00	46,00	55,00	26,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	32,80	32,50	26,80	33,00	30,20	29,30	28,70	30,00	22,30
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	21,00	24,00	19,00	17,00	25,00	23,00	18,00	23,00	13,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum	150,00	180,00	1300,00	300,00	830,00				250,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel	140,00	150,00	760,00	210,00	425,00				129,50
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum	130,00	120,00	460,00	120,00	50,00				17,00
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	59,00	51,00	46,00	55,00	47,00	50,00	47,00	39,00	30,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	29,30	31,40	31,20	26,20	33,30	28,50	29,50	28,70	22,80
Zehren	Elbe	Jahresminimum	17,00	20,00	21,00	13,00	19,00	21,00	19,00	22,00	15,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	43,00	48,00	60,00	68,00	45,00	43,00	47,00	40,00	31,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	28,90	33,10	34,40	33,80	33,80	32,10	32,30	32,50	23,90
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	17,00	24,00	25,00	20,00	22,00	25,00	21,00	26,00	16,00
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	43,00	39,50	36,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	36,30	34,10	33,10						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	28,00	29,30	28,00						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum			42,00	42,00		54,00			43,00
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel			35,75	36,50		36,92			30,00
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum			27,00	31,00		26,00			16,00
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	343,00	282,00	212,00	198,00	165,00	220,00	186,00	191,00	227,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	255,20	208,70	170,30	174,50	146,00	172,50	162,80	169,80	179,90
Dessau	Mulde	Jahresminimum	190,00	159,00	129,00	148,00	114,00	140,00	145,00	137,00	137,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	18,00	15,00	15,00	13,00	16,00	16,00	14,00	14,00	28,00
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	12,30	13,10	13,40	11,10	12,00	12,80	11,90	13,70	16,70
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	8,00	11,00	11,00	9,00	8,00	10,00	10,00	12,00	11,00
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						67,00	101,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						55,00	61,75		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						34,00	40,00		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	45,00	35,00	39,00	42,00	30,00	36,00	37,00	29,00	36,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	29,00	29,40	30,40	28,80	24,20	28,60	29,20	27,30	28,10
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	18,00	12,00	22,00	18,00	20,00	22,00	19,00	26,00	11,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			14,00				16,00		
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			10,73				13,75		
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			6,20				9,00		
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	36,00	48,00	45,00	33,00	35,00	31,00	32,00	35,00	39,00
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	26,60	32,80	34,30	26,30	28,80	24,50	24,80	24,50	21,80
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	17,00	20,00	21,00	19,00	22,00	8,70	14,00	9,00	9,30
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	42,00	51,00	55,00	61,00	53,00	58,00	67,00	46,00	49,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	29,30	36,80	39,50	33,30	41,10	34,80	52,20	35,40	33,10
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	19,00	13,00	26,00	14,00	26,00	22,00	31,00	23,00	13,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	40,00	33,00	32,00	34,00	28,00	25,00	27,00	32,00	36,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	27,40	23,90	23,30	22,00	21,50	21,30	20,70	24,60	22,80
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	20,00	15,00	18,00	12,00	13,00	18,00	17,00	13,00	14,00

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]



>Osw



Osw - Usw



<Usw



<BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	Chrom - Cr [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	100,00	120,00	96,00	86,00	81,00	81,00	77,00	98,00	170,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	88,90	85,40	79,40	72,80	72,80	71,60	69,40	65,60	70,10
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	75,00	60,00	62,00	57,00	57,00	52,00	59,00	52,00	42,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum	69,00	66,00	60,00	50,00	76,00				47,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel	60,00	63,00	51,00	47,50	49,50				36,50
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum	51,00	60,00	44,00	45,00	34,00				19,00
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	77,00	84,00	79,00	78,00	76,00	73,00	70,00	120,00	150,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	67,30	65,80	64,00	49,40	68,70	61,30	61,10	63,50	61,30
Zehren	Elbe	Jahresminimum	51,00	50,00	45,00	35,00	53,00	53,00	38,00	43,00	36,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	91,00	88,00	91,00	92,00	81,00	78,00	78,00	100,00	130,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	72,80	74,90	77,50	71,20	72,60	71,70	67,80	64,80	61,90
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	45,00	55,00	64,00	46,00	59,00	55,00	56,00	52,00	32,00
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	193,00	142,00	320,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	116,40	107,30	142,30						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	75,60	80,80	83,00						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum			110,00	150,00		156,00			121,00
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel			101,25	140,00		105,42			82,27
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum			75,00	130,00		69,00			33,00
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	138,00	117,00	127,00	105,00	99,00	96,00	100,00	108,00	95,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	110,00	101,60	94,40	85,30	85,50	80,90	85,70	95,20	83,50
Dessau	Mulde	Jahresminimum	86,60	79,80	73,00	59,00	64,00	63,00	63,00	81,00	70,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	110,00	100,00	102,00	101,00	84,00	83,00	91,00	90,00	74,00
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	84,80	86,30	82,40	70,50	70,10	77,70	78,70	79,70	65,00
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	67,00	78,00	67,00	57,00	43,00	69,00	61,00	64,00	59,00
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						126,00	105,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						101,25	98,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						63,00	84,00		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	100,00	100,00	100,00	98,00	92,00	97,00	97,00	94,00	101,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	75,10	90,10	87,10	81,60	79,00	86,80	89,30	86,90	75,50
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	38,00	72,00	61,00	69,00	56,00	75,00	74,00	82,00	48,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			51,00	74,00			60,00	94,00	
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			43,33	53,25			48,00	56,00	
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			29,00	27,00			31,00	36,00	
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	95,00	99,00	110,00	91,00	93,00	81,00	99,00	70,00	77,00
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	58,00	71,00	83,40	65,70	73,70	61,80	71,10	56,50	47,80
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	25,00	41,00	49,00	43,00	51,00	26,00	38,00	31,00	19,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	97,00	140,00	130,00	130,00	150,00	130,00	110,00	90,00	91,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	70,90	97,40	105,30	93,20	96,90	97,20	98,10	76,30	64,50
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	40,00	56,00	76,00	61,00	60,00	60,00	72,00	55,00	26,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	94,00	78,00	76,00	90,00	82,00	88,00	85,00	120,00	93,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	74,80	66,70	61,90	71,70	68,60	75,70	70,50	83,10	70,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	55,00	45,00	45,00	53,00	45,00	68,00	42,00	52,00	48,00

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

>Osw

Osw - Usw

<Usw

<BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	a-HCH [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	3,00	5,00	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	1,69	1,85	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	3,00	<3	5,00	7,00	4,00	<3	<3	<3	<3
Zehren	Elbe	Jahresmittel	1,73	<3	1,82	2,60	1,71	<3	<3	<3	<3
Zehren	Elbe	Jahresminimum	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	5,00	<3	<3	<3	4,00	<3	<3	4,20	<3
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	2,54	<3	<3	<3	1,50	<3	<3	1,50	<3
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	23,00	48,00	64,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	3,68	20,20	14,21						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	<0,50	<0,50	<0,50						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						3,00			<3
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						1,63			<3
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						<3			<3
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	860,00	500,00	350,00	97,00	47,00	100,00	70,00	78,00	50,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	240,55	167,58	96,75	43,44	21,83	47,08	46,67	42,00	31,67
Dessau	Mulde	Jahresminimum	41,00	50,00	44,00	<0,5	9,00	16,00	32,00	16,00	9,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	40,00	120,00	51,00	73,00	2,50	<3	<3	3,00	<3
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	6,05	18,58	21,13	25,74	0,92	<3	<3	3,00	<3
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	<0,5	<0,5	1,70	<0,5	0,50	<3	<3	<3	<3
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						19,00	4,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						12,38	2,50		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						<3	<3		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	77,00	58,00	65,00	43,00	10,00	34,00	7,00	<3	<3
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	20,28	32,90	33,58	14,17	2,38	19,58	3,40	<3	<3
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	4,30	10,00	20,00	<0,5	<1	7,00	<3	<3	<3
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum							<3	<3	
Havelberg*	Havel	Jahresmittel							<3	<3	
Havelberg*	Havel	Jahresminimum							<3	<3	
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	19,90	19,80	15,10	<0,3	<0,3	<0,3	12,80	29,90	17,50
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	9,31	9,52	8,50	<0,3	<0,3	<0,3	1,23	8,17	10,10
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	2,85	2,54	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	1,61	2,50
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	18,00	15,30	14,00	39,00	29,00	9,40	7,90	28,00	5,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	4,54	7,48	7,71	7,79	5,15	4,63	2,39	3,68	1,81
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	0,90	2,40	3,10	<0,04	<0,04	0,40	<2,5	<2,5	<2,5
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	3,40	3,10	1,50	1,50	0,87	1,99	1,68	7,00	6,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	1,32	1,24	0,77	0,62	0,50	0,87	0,92	3,38	1,94
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	0,50	0,61	0,52	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<2	<1

* Zentrifuge [Fraktion 63 μm]

 >Osw

 Osw - Usw

 <Usw

 <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	b-HCH [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	<3	24,00	<3	<3	<3	<3	<3	<3	3,70
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	<3	3,80	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	6,00	<3	5,00	5,00	6,00	<3	<3	7,20	<3
Zehren	Elbe	Jahresmittel	1,85	<3	1,82	2,20	1,88	<3	<3	1,98	<3
Zehren	Elbe	Jahresminimum	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	1,50	<3
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	10,00	15,00	6,00	40,00	<3	<3	<3	5,20	<3
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	2,92	2,63	2,13	6,42	<3	<3	<3	1,50	<3
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	53,00	17,00	<0,5						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	8,62	2,19	<0,5						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	<0,5	<0,5	<0,5						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						5,00			<3
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						1,79			<3
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						<3			<3
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	3300,00	3300,00	350,00	1400,00	480,00	1500,00	580,00	750,00	530,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	1094,55	866,67	618,25	306,50	158,96	452,42	294,58	335,45	267,50
Dessau	Mulde	Jahresminimum	230,00	210,00	6,00	61,00	<1	34,00	35,00	130,00	160,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	13,00	69,00	45,00	12,00	2,50	<3	9,00	<3	<3
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	4,44	16,29	16,91	5,06	0,81	<3	2,60	<3	<3
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	<0,5	2,10	3,30	<0,5	0,25	<3	<3	<3	<3
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						27,00	48,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						18,50	22,50		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						14,00	13,00		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	47,00	180,00	100,00	92,00	24,00	270,00	37,00	9,00	14,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	20,60	56,18	43,33	23,89	5,79	49,46	17,10	7,43	8,00
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	<0,5	3,80	23,00	10,00	<1	<3	7,00	5,00	6,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum							<3	<3	<3
Havelberg*	Havel	Jahresmittel							<3	<3	<3
Havelberg*	Havel	Jahresminimum							<3	<3	<3
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	31,90	120,00	109,00	<0,8	<0,8	<0,8	4,95	18,30	81,90
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	16,45	31,36	34,96	<0,8	<0,8	<0,8	0,86	6,40	37,85
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	5,28	8,73	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	1,77	10,50
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	26,00	0,40	0,40	1,00	0,80	1,70	29,00	<2,5	15,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	9,66	0,10	0,08	0,13	0,15	0,55	7,70	<2,5	6,85
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	1,00	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<2,6	<2,5	<2,5
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	11,00	7,00	7,60	5,80	6,70	7,77	4,88	8,50	8,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	3,49	3,58	3,35	2,63	2,52	2,60	2,24	4,00	3,92
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	1,60	1,60	1,50	1,60	1,40	1,55	1,31	<2,1	1,30

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

 >Osw Osw - Usw <Usw <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	g-HCH [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	3,00	<3	<3	<3	4,00	<3	<3	<3	<3
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	1,69	<3	<3	<3	1,71	<3	<3	<3	<3
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	<3	<3	1,50	1,50	<3	4,00	<3	<3	<3
Zehren	Elbe	Jahresmittel	<3	<3	<3	1,50	<3	1,71	<3	<3	<3
Zehren	Elbe	Jahresminimum	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	5,00	<3	<3	<3	7,00	<3	<3	<3	<3
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	1,96	<3	<3	<3	1,50	<3	<3	<3	<3
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	20,00	9,00	<0,5						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	4,65	2,90	<0,5						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	<0,5	<0,5	<0,5						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						<3	<3		
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						<3	<3		
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						<3	<3		
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	240,00	49,00	350,00	51,00	2,00	7,00	4,00	8,00	4,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	71,09	21,75	11,79	18,98	1,00	3,38	1,83	3,41	1,96
Dessau	Mulde	Jahresminimum	5,00	5,00	<0,5	<0,5	0,50	<3	<3	<3	<3
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	17,00	22,00	97,00	56,00	2,50	<3	<3	<3	<3
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	7,66	5,63	10,78	18,77	0,83	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	<0,5	<0,5	1,40	<0,5	<1,0	<3	<3	<3	<3
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						<3	<3		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						<3,0	<3,0		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						<3	<3		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	41,00	60,00	72,00	34,00	<0,5	10,00	<3	<3	<3
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	11,94	12,98	8,34	6,63	<0,5	3,83	<3	<3	<3
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	3,00	1,90	0,89	<0,5	<0,5	<3	<3	<3	<3
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum							<3	<3	
Havelberg*	Havel	Jahresmittel							<3	<3	
Havelberg*	Havel	Jahresminimum							<3	<3	
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	6,92	9,21	2,05	<0,3	0,52	<0,3	1,06	2,69	5,31
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	1,29	1,82	1,03	<0,3	0,18	<0,3	0,26	0,83	2,49
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	<1	<1	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,64
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	2,40	1,80	2,60	17,00	2,90	1,30	2,50	<2,5	<2,5
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	0,65	0,83	1,22	2,66	0,78	0,70	1,38	<2,5	<2,5
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	0,10	<0,05	0,30	<0,05	<0,05	0,30	<2,7	<2,5	<2,5
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	0,74	<0,50	1,50	<0,50	<0,50	0,41	0,86	2,00	<1,0
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	0,35	<0,50	0,38	<0,50	<0,50	0,29	0,29	1,08	<1,0
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,5	<0,2	<2,2	<1,0

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

 >Osw

 Osw - Usw

 <Usw

 <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	p,p'DDT [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	360,00	380,00	320,00	260,00	1100,00	830,00	2000,00	560,00	290,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	130,00	190,00	140,00	89,40	220,00	260,00	390,00	86,00	77,00
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	25,00	55,00	48,00	23,00	5,00	36,00	55,00	7,80	32,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	240,00	580,00	260,00	150,00	630,00	360,00	630,00	300,00	480,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	85,77	275,00	116,27	85,80	201,83	186,33	218,08	116,08	132,17
Zehren	Elbe	Jahresminimum	10,00	110,00	62,00	18,00	11,00	31,00	34,00	19,00	39,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	260,00	1100,00	510,00	720,00	370,00	580,00	540,00	380,00	510,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	93,31	326,67	207,92	261,42	186,45	294,25	272,58	165,36	210,42
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	8,00	120,00	55,00	68,00	6,00	51,00	81,00	82,00	50,00
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	21,00	23,00	33,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	8,39	6,50	10,94						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	<0,5	<0,5	<0,5						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						210,00			470,00
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						144,25			133,67
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						42,00			42,00
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	480,00	230,00	350,00	140,00	43,00	240,00	110,00	190,00	150,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	158,00	116,58	115,67	48,88	22,33	99,70	71,00	84,27	62,00
Dessau	Mulde	Jahresminimum	18,00	52,00	8,00	<0,5	8,00	27,00	38,00	28,00	37,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	61,00	61,00	25,00	26,00	18,00	85,00	39,00	27,00	42,00
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	14,93	22,73	8,65	7,52	2,75	27,91	12,82	19,78	14,83
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	<0,5	3,00	<0,5	<0,5	<1	9,00	<2	12,00	<2
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						300,00	110,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						186,67	80,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						120,00	50,00		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	190,00	770,00	200,00	240,00	540,00	390,00	140,00	180,00	250,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	79,52	217,30	87,92	125,56	113,13	124,09	96,50	86,43	95,50
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	9,20	82,00	36,00	28,00	<1	41,00	69,00	46,00	42,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum							26,00		
Havelberg*	Havel	Jahresmittel							13,05		
Havelberg*	Havel	Jahresminimum							<2		
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	106,00	125,00	327,00	1,50	157,04	533,43	305,64	75,80	280,00
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	56,70	46,57	98,95	0,36	57,86	59,68	86,17	31,22	126,76
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	13,80	8,62	<0,5	<0,5	<0,5	1,12	23,44	12,40	26,90
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	22,00	25,00	3,30	19,00	9,80	21,00	160,00	130,00	200,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	4,23	2,57	0,86	1,80	3,60	6,94	68,22	53,45	82,35
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	7,30	15,00	<2,5
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	29,00	5,60	7,90	8,70	13,00	63,80	19,30	59,20	50,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	6,69	2,79	3,48	3,82	4,66	8,98	7,15	12,62	15,78
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	<1,0	0,78	0,76	0,61	1,60	2,00	1,82	1,60	2,80

* Zentrifuge [Fraktion 63 μm]

>Osw

Osw - Usw

<Usw

<BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	p,p'DDE [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	39,00	59,00	63,00	30,00	150,00	100,00	250,00	90,00	61
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	22,00	35,00	34,00	23,4	67,00	38,00	49,00	19,00	21,5
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	15,00	15,00	18,00	14,00	15,00	14,00	16,00	6,30	11
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	38,00	96,00	49,00	27,00	1100,00	51,00	95,00	38,00	70,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	21,38	34,58	30,45	21,00	150,50	31,08	33,00	20,24	25,33
Zehren	Elbe	Jahresminimum	9,00	15,00	19,00	13,00	28,00	13,00	12,00	9,90	13,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	74,00	66,00	80,00	76,00	470,00	200,00	63,00	58,00	86,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	27,31	35,67	40,42	38,67	96,27	57,42	36,42	28,73	34,67
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	10,00	19,00	26,00	19,00	23,00	27,00	22,00	15,00	13,00
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	22,00	19,00	22,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	13,89	11,10	14,85						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	<0,5	<0,5	<0,5						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						37,00			31,00
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						22,42			18,40
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						13,00			9,00
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	69,00	72,00	350,00	49,00	32,00	39,00	45,00	55,00	37,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	40,73	49,50	43,25	22,50	14,83	27,08	29,25	28,73	27,33
Dessau	Mulde	Jahresminimum	28,00	21,00	26,00	13,00	<1	17,00	22,00	15,00	21,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	23,00	34,00	31,00	33,00	13,00	21,00	15,00	11,00	24,00
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	13,05	11,43	18,18	15,97	5,92	12,25	10,67	8,44	20,33
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	4,00	<0,50	8,10	0,70	<1	9,00	8,00	6,00	18,00
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						41,00	38,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						26,00	24,25		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						16,00	15,00		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	42,00	210,00	30,00	130,00	18,00	25,00	32,00	19,00	30,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	23,01	67,23	19,00	75,89	8,81	15,67	20,30	13,86	20,30
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	3,70	9,30	11,00	15,00	<1	9,00	14,00	9,00	11,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum							12,00		
Havelberg*	Havel	Jahresmittel							6,13		
Havelberg*	Havel	Jahresminimum							<1		
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	35,20	67,90	49,20	11,30	25,50	23,70	60,00	18,30	21,60
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	18,05	20,14	19,85	1,68	12,75	8,42	18,38	8,17	13,59
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	5,71	9,08	1,44	<0,3	4,73	< 0,3	10,07	4,66	5,69
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	17,00	13,00	14,00	14,00	9,30	18,00	24,00	30,00	15,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	8,90	7,33	10,84	7,07	4,62	9,63	10,63	18,32	10,35
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	4,20	<0,06	7,50	<0,06	<0,06	3,70	4,70	7,50	4,40
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	9,40	5,10	4,90	9,10	4,70	12,10	6,71	12,80	11,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	4,81	3,70	3,63	5,33	2,95	4,68	4,81	6,46	5,53
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	1,90	2,20	2,40	<1	1,90	2,46	3,35	2,90	2,60

* Zentrifuge [Fraktion 63 μm]

 >Osw

 Osw - Usw

 <Usw

 <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	p,p'DDD [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	400,00	110,00	200,00	65,00	570,00	170,00	430,00	79,00	120,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	170,00	70,00	50,00	34,00	88,00	52,00	77,00	25,00	27,83
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	44,00	35,00	<3	16,00	5,00	14,00	15,00	8,20	13,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	340,00	210,00	85,00	70,00	110,00	100,00	240,00	42,00	100,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	150,92	94,00	41,91	31,60	44,50	39,25	54,08	19,80	27,83
Zehren	Elbe	Jahresminimum	22,00	30,00	12,00	5,00	10,00	12,00	11,00	8,50	10,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	310,00	310,00	130,00	180,00	73,00	91,00	150,00	65,00	58,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	162,08	103,92	65,08	69,83	49,36	56,75	59,25	33,82	37,25
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	23,00	41,00	21,00	18,00	11,00	29,00	23,00	26,00	15,00
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	32,00	22,00	20,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	12,10	10,92	9,47						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	<0,5	5,00	<0,5						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						91,00			48,00
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						43,17			20,47
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						16,00			6,00
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	230,00	270,00	350,00	230,00	78,00	190,00	110,00	190,00	90,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	130,45	137,42	146,67	84,67	36,25	77,58	79,17	87,45	63,42
Dessau	Mulde	Jahresminimum	63,00	12,00	71,00	27,00	3,00	19,00	46,00	32,00	43,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	43,00	57,00	31,00	22,00	9,00	27,00	12,00	10,00	6,00
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	16,93	26,88	18,42	14,95	3,29	11,83	8,67	7,44	3,67
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	1,50	5,50	11,00	4,50	<1	6,00	5,00	4,00	2,00
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum							100,00	48,00	
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel							65,25	39,25	
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum							30,00	28,00	
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	150,00	180,00	83,00	240,00	160,00	140,00	60,00	43,00	57,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	75,42	100,00	56,42	101,97	35,71	63,42	40,50	22,86	38,70
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	20,00	3,00	35,00	7,70	<1	15,00	18,00	14,00	13,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum							5,00		
Havelberg*	Havel	Jahresmittel							3,50		
Havelberg*	Havel	Jahresminimum							<1		
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	45,00	103,00	108,00	1,61	11,65	22,59	24,10	25,00	87,40
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	17,43	52,98	67,30	0,37	5,44	5,30	13,35	16,57	47,14
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	1,47	14,80	< 0,52	<0,5	<0,5	<0,5	4,95	10,80	12,80
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	100,00	170,00	230,00	190,00	200,00	740,00	190,00	86,00	76,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	41,15	72,85	148,00	94,25	78,91	163,67	62,40	45,18	26,13
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	8,10	9,20	80,00	<0,06	23,00	33,00	27,00	13,00	<2,5
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	31,00	12,00	14,00	18,00	14,00	34,00	15,60	36,00	32,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	12,42	9,50	9,43	12,21	9,28	10,95	10,06	15,51	17,37
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	6,80	7,30	6,40	6,90	7,30	6,68	7,19	<4,0	8,40

* Zentrifuge [Fraktion 63 μm] >Osw Osw - Usw <Usw <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	PCB-28 [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	11,00	9,40	7,90	10,00	14,00	8,50	7,60	6,90	7,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	6,00	6,50	5,20	6,60	9,60	6,30	5,00	4,90	5,40
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	4,00	4,10	2,70	4,30	5,90	3,00	<2	<2	3,30
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	7,00	8,10	5,60	7,40	11,00	7,60	7,60	4,30	5,30
Zehren	Elbe	Jahresmittel	4,08	5,05	3,54	3,34	6,11	4,28	3,88	3,00	3,73
Zehren	Elbe	Jahresminimum	2,00	3,00	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	7,00	9,30	4,70	7,90	11,00	8,20	5,30	5,10	5,20
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	4,23	4,73	3,60	3,82	5,30	4,68	3,13	3,45	3,52
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	2,00	2,10	2,10	<2	2,40	2,50	<2	<2	<2
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	15,00	5,00	4,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	5,37	1,82	0,77						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	<0,5	<0,5	<0,5						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						3,50			5,10
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						2,41			1,93
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						1,10			<1
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	14,00	7,00	350,00	0,80	4,00	<1	2,50	<1	4,50
Dessau	Mulde	Jahresmittel	5,85	2,42	1,04	0,33	1,32	<1	0,67	<1	0,83
Dessau	Mulde	Jahresminimum	1,00	0,90	<0,5	<0,5	<1	<1	<3,0	<1	<1
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	6,90	9,00	8,60	2,00	5,00	2,80	1,70	4,50	1,00
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	3,13	3,49	2,34	0,89	2,40	1,73	1,08	1,19	0,67
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	<0,5	1,70	<0,5	<0,5	<0,5	1,00	<1	<1	<1
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						3,00	2,70		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						1,80	2,03		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						<1	1,60		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	8,70	8,60	7,30	27,00	5,30	3,10	2,60	2,80	3,60
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	4,65	3,94	2,86	8,63	1,66	2,04	2,09	1,31	1,94
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	1,90	2,00	<0,5	0,65	<0,5	1,30	<1	<1	1,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			15,00		2,90	1,40			
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			6,50		1,83	0,93			
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			<0,5		<1	<1			
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	15,00	14,50	5,26	2,87	4,71	3,44	4,20	1,81	9,45
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	4,51	4,10	4,13	1,27	2,46	2,10	1,87	1,37	4,11
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	<1	<1	2,48	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	1,14
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	5,10	4,80	5,80	5,90	4,00	5,70	5,90	5,60	<2,5
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	1,77	2,88	3,39	3,32	2,67	3,15	2,30	2,29	<2,5
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	<0,2	1,70	1,60	1,20	1,70	0,90	<2,5	<2,5	<2,5
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	2,40	<0,5	0,74	0,87	1,60	2,14	1,41	1,00	<2
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	0,82	<0,5	0,48	0,61	0,93	1,09	0,77	0,81	<2
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,51	0,53	<0,5	<0,5	<2

* Zentrifuge [Fraktion 63 μm]

■ >Osw

■ Osw - Usw

■ <Usw

■ <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	PCB-52 [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	8,00	13,00	6,70	13,00	16,00	46,00	47,00	10,00	5,20
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	5,00	8,70	4,40	6,60	8,50	12,00	9,00	4,20	3,40
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	4,00	5,80	2,10	3,50	4,40	4,40	3,10	<2	<2
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	9,00	9,50	5,00	9,40	14,00	44,00	23,00	5,70	4,30
Zehren	Elbe	Jahresmittel	4,75	5,86	3,15	4,62	6,13	8,44	5,43	2,71	2,12
Zehren	Elbe	Jahresminimum	2,00	3,00	<2	<2	<2	2,60	<2	<2	<2
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	9,00	10,00	4,60	9,90	15,00	13,00	5,60	7,00	4,40
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	4,54	7,14	3,22	4,13	5,93	6,48	3,32	3,24	2,53
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	2,00	5,00	2,00	<2	2,20	<2	<2	2,00	<2
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	30,00	5,00	9,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	5,02	1,98	2,23						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	<0,5	<0,5	<0,5						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						3,80			4,00
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						2,95			2,02
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						1,70			1,10
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	14,00	12,00	350,00	4,00	3,00	2,90	1,70	1,30	5,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	5,08	3,93	2,18	1,18	0,98	1,02	0,73	0,57	0,93
Dessau	Mulde	Jahresminimum	<0,5	1,00	0,70	<0,5	<1	<1	<1	<1	<1
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	9,70	14,00	7,80	3,00	4,00	3,20	4,00	2,40	1,50
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	6,04	7,22	4,36	1,54	1,02	2,44	2,12	1,76	1,20
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	2,10	2,00	2,90	<0,5	<0,5	1,60	<1	1,30	1,00
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						3,00	2,90		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						2,53	2,40		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						2,00	1,70		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	9,20	13,00	7,80	25,00	5,00	5,50	3,60	3,20	3,80
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	5,38	6,77	5,23	9,24	1,70	3,18	2,74	2,04	2,25
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	2,00	3,20	3,30	1,30	<0,5	1,90	1,20	1,30	1,10
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			<0,5		2,00	1,20			
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			<0,5		0,88	0,85			
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			<0,5		<1	<1			
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	9,47	12,30	4,85	5,14	5,84	6,59	6,00	5,00	6,88
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	2,41	3,58	3,83	2,85	3,66	2,96	2,61	1,42	2,48
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	<1	1,06	2,83	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	0,36	<0,3
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	6,10	15,00	20,00	38,00	41,00	32,00	6,00	4,60	<2,5
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	1,37	4,93	8,38	11,87	11,95	11,15	2,20	1,84	<2,5
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	<0,3	<0,3	<0,3	2,70	1,00	3,60	<2,5	<2,5	<2,5
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	3,30	1,30	1,90	1,90	1,20	2,45	1,21	1,20	<2
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	1,69	0,84	1,17	0,98	0,83	1,46	0,83	0,90	<2
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	0,88	<0,5	0,51	<0,5	0,54	0,54	<0,5	<0,5	<2

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

>Osw

Osw - Usw

<Usw

<BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	PCB-101 [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	18,00	23,00	14,00	24,00	34,00	25,00	19,00	12,00	9,40
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	11,00	20,00	11,00	13,00	18,00	12,00	11,00	6,60	5,68
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	8,00	17,00	7,30	5,80	8,80	4,30	6,70	2,20	3,80
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	16,00	24,00	12,00	10,00	20,00	11,00	11,00	9,20	8,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	7,92	13,08	6,84	5,10	12,24	6,48	6,83	4,51	4,68
Zehren	Elbe	Jahresminimum	3,00	6,50	3,40	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	14,00	19,00	8,60	16,00	14,00	13,00	10,00	13,00	9,50
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	7,69	13,83	6,89	7,29	8,82	7,76	7,53	6,55	4,83
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	3,00	7,90	4,50	2,20	3,10	4,70	5,90	3,60	2,50
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	20,00	5,00	3,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	4,38	2,35	1,12						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	1,00	<0,5	<0,5						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						7,00			4,00
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						3,95			2,73
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						<1			2,00
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	20,00	10,00	350,00	3,00	3,50	3,00	3,60	3,20	11,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	6,45	4,33	1,81	1,02	1,39	1,92	1,80	1,42	2,35
Dessau	Mulde	Jahresminimum	2,00	2,00	0,80	<0,5	<1	1,00	<1	<1	1,10
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	10,00	20,00	8,00	4,00	4,00	6,00	7,00	3,00	4,20
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	7,25	11,00	6,83	2,23	1,33	3,75	3,75	2,44	2,80
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	3,00	3,00	6,00	<0,5	<0,5	3,00	1,00	2,00	1,90
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						4,00	4,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						2,88	3,25		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						<1	3,00		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	10,00	20,00	10,00	30,00	6,00	9,00	7,00	5,00	8,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	7,58	15,90	9,00	11,78	2,69	4,75	5,60	2,86	4,20
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	3,00	9,00	6,00	2,00	<0,5	2,00	3,00	2,00	2,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			10,00		4,00	2,00			
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			5,00		2,00	1,63			
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			<0,50		1,00	<1			
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	14,50	15,10	9,73	4,93	5,90	10,50	10,10	53,00	21,60
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	3,42	6,20	6,09	3,75	3,83	3,97	4,55	9,54	5,94
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	<1	3,82	3,27	<1	2,25	1,30	2,26	2,49	0,99
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	12,00	16,00	22,00	27,00	19,00	40,00	13,00	12,00	3,30
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	4,50	7,14	13,38	12,55	12,06	16,74	4,79	2,98	1,89
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	0,60	2,20	6,80	2,10	3,70	5,40	<2,5	<2,5	<2,5
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	5,80	3,20	4,60	3,60	3,20	4,12	2,52	2,40	<4
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	3,46	2,08	2,58	2,41	2,08	2,50	1,93	2,02	<4
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	1,90	0,69	1,40	1,20	1,40	1,20	0,74	1,30	<4

* Zentrifuge [Fraktion 63 μm]

>Osw

Osw - Usw

<Usw

<BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	PCB-118 [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum				11,00	15,00	9,50	7,10	7,10	5,70
Schmilka	Elbe	Jahresmittel				5,50	7,90	5,10	4,80	3,10	2,80
Schmilka	Elbe	Jahresminimum				2,00	2,80	2,80	3,00	<2	<2
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum				5,90	8,20	5,90	5,00	4,80	4,20
Zehren	Elbe	Jahresmittel				2,76	5,16	2,83	3,13	2,08	2,23
Zehren	Elbe	Jahresminimum				<2	<2	<2	<2	<2	<2
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum				6,50	8,10	5,50	5,30	6,30	8,70
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel				3,45	4,24	2,98	3,62	3,05	2,30
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum				<2	<2	<2	3,00	<2	<2
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum									
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel									
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum									
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						2,50			2,30
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel					1,59				0,89
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						<1			<1
Dessau	Mulde	Jahresmaximum					3,00	1,80	2,80	2,20	8,50
Dessau	Mulde	Jahresmittel					0,93	1,15	1,38	1,16	1,60
Dessau	Mulde	Jahresminimum					<1	<1	1,00	<1	<1
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum					4,00	3,40	4,50	2,40	2,70
Rosenburg	Saale	Jahresmittel					1,34	2,79	2,78	1,74	1,97
Rosenburg	Saale	Jahresminimum					<0,5	2,20	1,30	1,10	1,60
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						1,40	1,70		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						1,30	1,43		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						1,20	1,30		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum					5,00	3,70	3,70	3,10	4,60
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel					1,50	2,24	2,81	1,80	2,46
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum					<0,5	1,10	2,00	1,10	1,30
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			6,00		3,60	2,20			
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			3,67		1,93	1,30			
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			<0,5		<1	<1			
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum					3,42	8,23	4,40	2,91	24,90
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel					2,45	2,43	2,11	1,21	4,65
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum					1,10	<0,8	<0,8	<0,3	0,48
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	39,00	3,40	2,70	3,50	12,00	7,90	5,60	5,60	3,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	3,36	1,97	1,84	1,88	2,43	3,07	2,11	1,88	1,40
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	<0,1	0,40	1,20	0,80	0,80	1,60	<2,5	<2,5	<2,5
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	2,70	1,20	<0,5			1,94	<0,5	1,80	1,70
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	1,72	0,42	<0,5			0,95	<0,5	0,97	1,16
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	1,00	<0,50	<0,5			<0,5	<0,5	<1	0,80

* Zentrifuge [Fraktion 63 μm]

>Osw

Osw - Usw

<Usw

<BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	PCB-138 [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	52,00	74,00	45,00	60,00	120,00	90,00	65,00	36,00	48,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	30,00	57,00	32,00	36,00	53,00	48,00	40,00	21,00	24,00
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	20,00	39,00	22,00	16,00	23,00	31,00	24,00	6,70	11,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	42,00	62,00	40,00	35,00	74,00	34,00	43,00	32,00	46,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	19,85	34,42	20,28	16,82	32,61	23,41	24,17	14,12	16,43
Zehren	Elbe	Jahresminimum	4,00	18,00	8,10	3,10	5,30	6,90	6,00	5,00	6,30
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	41,00	71,00	28,00	44,00	43,00	48,00	33,00	46,00	26,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	21,23	39,00	21,17	21,05	25,55	29,25	25,83	20,64	15,48
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	8,00	21,00	12,00	5,60	10,00	18,00	18,00	11,00	7,20
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	24,00	6,00	4,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	5,98	3,44	1,99						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	1,00	1,00	0,90						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						20,00			13,00
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						12,92			7,72
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						3,90			4,10
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	42,00	13,00	350,00	12,00	3,40	5,90	6,60	7,20	10,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	7,96	6,59	3,63	2,94	1,80	3,59	3,63	3,02	3,60
Dessau	Mulde	Jahresminimum	<0,5	0,70	0,50	1,00	<1	2,40	2,10	1,40	2,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	17,00	15,00	17,00	7,00	7,00	7,50	8,00	4,10	8,70
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	10,12	8,97	8,23	3,95	3,19	6,10	5,13	3,18	4,87
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	3,10	4,60	2,50	2,80	<3	4,20	2,10	2,40	2,90
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						15,00	11,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						10,55	8,55		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						6,60	7,20		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	29,00	28,00	30,00	39,00	13,00	20,00	17,00	9,80	15,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	14,47	19,40	13,15	16,74	6,70	12,30	12,05	6,07	8,77
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	5,00	12,00	3,50	1,60	<5	4,70	4,50	4,20	4,30
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			14,00		11,00	5,60			
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			6,33		5,63	3,00			
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			<0,5		2,60	<1			
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	18,10	23,50	19,10	9,04	13,60	24,03	13,30	16,80	10,10
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	7,55	12,14	13,66	6,47	7,52	8,50	9,30	5,55	6,84
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	2,54	4,74	6,51	4,22	5,11	2,10	6,51	1,68	3,24
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	7,90	11,00	14,00	15,00	10,00	16,00	19,00	21,00	6,90
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	4,81	7,65	8,91	7,94	5,95	7,72	7,87	10,64	5,13
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	1,40	1,90	5,40	1,90	1,40	2,30	3,80	5,10	2,80
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	8,70	4,60	5,50	13,00	4,90	6,54	3,92	8,20	7,90
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	5,46	3,66	3,59	5,40	3,49	4,16	3,33	5,09	5,81
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	3,60	2,90	2,70	3,00	2,40	2,34	1,81	1,80	3,90

* Zentrifuge [Fraktion 63 μm]

 >Osw

 Osw - Usw

 <Usw

 <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	PCB-153 [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	46,00	74,00	51,00	72,00	150,00	89,00	64,00	48,00	58,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	30,00	61,00	32,00	41,00	62,00	45,00	40,00	23,00	22,00
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	21,00	45,00	21,00	18,00	30,00	23,00	25,00	6,40	11,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	42,00	63,00	47,00	40,00	68,00	36,00	40,00	33,00	42,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	19,38	36,33	19,91	17,28	39,13	22,20	24,12	15,49	16,01
Zehren	Elbe	Jahresminimum	4,00	20,00	10,00	2,80	3,60	6,40	5,40	5,50	6,20
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	42,00	67,00	26,00	54,00	44,00	47,00	33,00	44,00	26,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	20,85	40,42	20,50	23,19	31,54	27,08	25,33	22,36	15,03
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	8,00	25,00	14,00	6,30	8,90	17,00	20,00	12,00	8,30
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	13,00	6,00	3,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	4,87	3,43	1,91						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	0,80	0,80	0,90						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						18,00			13,00
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						11,95			7,30
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						3,90			3,90
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	29,00	12,00	350,00	6,00	3,00	4,40	5,50	5,80	7,20
Dessau	Mulde	Jahresmittel	7,60	6,25	2,88	1,63	1,53	3,02	3,36	2,47	2,93
Dessau	Mulde	Jahresminimum	<0,5	3,00	0,60	<0,5	<1	2,10	2,30	1,30	1,60
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	17,00	17,00	12,00	4,00	9,80	5,70	6,50	3,50	7,40
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	9,10	8,09	6,95	2,23	3,52	3,99	4,67	2,70	4,07
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	1,70	1,60	4,10	<0,5	<3	<1	2,80	1,80	2,40
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						13,00	12,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						9,35	8,83		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						6,40	6,90		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	29,00	39,00	31,00	73,00	18,00	18,00	18,00	10,00	14,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	17,48	27,00	20,34	28,94	9,17	10,61	12,03	5,64	8,15
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	1,90	20,00	9,10	3,90	<5	4,60	4,30	3,90	4,10
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			26,00		10,00	5,30			
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			10,33		5,43	3,05			
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			<0,5		3,10	<1			
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	14,80	21,90	23,80	10,83	14,20	22,19	13,30	14,70	8,63
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	6,16	9,82	15,53	7,78	7,50	8,66	8,30	5,53	6,83
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	1,64	3,58	6,14	3,98	4,90	2,10	3,62	2,43	3,97
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	8,90	14,00	28,00	21,00	14,00	23,00	23,00	23,00	7,30
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	3,43	8,01	15,03	13,58	10,12	12,98	8,87	11,95	5,48
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	<0,2	1,40	2,60	5,40	5,40	7,60	4,20	6,30	3,30
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	12,00	6,70	6,70	7,30	5,90	7,43	4,71	10,60	6,10
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	7,24	5,03	4,48	4,90	4,26	5,29	4,11	6,14	4,26
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	4,40	3,80	3,10	2,90	2,90	2,48	2,58	3,50	2,80

* Zentrifuge [Fraktion 63 μm]

 >Osw

 Osw - Usw

 <Usw

 <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	PCB-180 [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	33,00	76,00	59,00	35,00	120,00	74,00	52,00	32,00	44,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	25,00	62,00	30,00	65,00	45,00	38,00	30,00	17,00	19,00
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	17,00	49,00	18,00	13,00	21,00	21,00	18,00	5,00	7,60
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	34,00	60,00	54,00	29,00	56,00	27,00	31,00	22,00	31,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	15,54	35,25	19,28	13,44	29,70	17,82	17,59	10,88	11,27
Zehren	Elbe	Jahresminimum	3,00	19,00	9,10	2,10	2,40	4,80	4,10	4,00	5,60
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	31,00	72,00	28,00	40,00	40,00	39,00	22,00	35,00	18,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	16,77	39,33	17,67	18,28	23,02	23,08	18,00	16,29	10,76
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	6,00	25,00	11,00	3,80	4,80	12,00	12,00	8,50	5,10
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	8,00	6,00	1,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	2,49	1,71	0,49						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	<0,5	<0,5	<0,5						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						13,00			9,30
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						8,71			4,97
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						2,70			2,10
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	12,00	7,00	350,00	2,00	3,00	2,60	2,60	3,30	2,70
Dessau	Mulde	Jahresmittel	3,45	3,23	1,06	0,80	1,01	1,47	1,63	1,26	0,98
Dessau	Mulde	Jahresminimum	<0,5	0,70	<0,5	<0,5	<1	<1	1,20	<1	<1
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	21,00	24,00	8,90	4,90	5,40	2,90	3,20	1,50	3,90
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	6,04	8,42	5,65	1,55	1,63	1,93	2,04	1,04	1,80
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	0,84	1,30	2,40	0,25	<3	1,20	<1	<1	<1
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						9,00	11,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						6,45	6,95		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						4,20	4,30		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	26,00	37,00	31,00	75,00	12,00	14,00	16,00	7,10	9,80
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	11,73	23,10	16,13	32,87	5,50	7,90	9,23	3,91	5,12
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	1,20	13,00	6,50	5,80	<5	2,70	2,60	2,50	2,30
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			<0,5		4,80	2,50			
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			<0,5		2,43	1,43			
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			<0,5		1,20	<1			
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	16,50	22,40	16,80	7,31	11,58	12,45	12,20	14,30	6,50
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	5,84	9,06	10,71	4,95	5,29	5,83	5,83	4,21	4,42
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	1,43	2,89	4,15	2,65	3,17	1,81	1,01	1,53	2,59
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	4,00	7,70	11,00	10,00	7,70	12,00	14,00	17,00	5,20
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	1,87	3,97	6,88	4,82	3,83	5,73	5,70	8,61	3,76
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	<0,08	1,10	4,30	1,20	1,30	1,80	<2,5	3,90	<2,5
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	6,80	3,30	4,80	4,10	4,50	5,13	3,14	9,80	4,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	3,63	2,78	3,01	3,01	2,90	3,11	2,49	4,12	2,48
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	2,30	2,10	2,00	2,10	2,10	1,92	1,11	2,00	1,70

* Zentrifuge [Fraktion 63 μm]

 >Osw

 Osw - Usw

 <Usw

 <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	Pentachlorbenzen [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	22,00	30,00	9,00	10,00	19,00	11,00	7,80	3,30	17,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	8,00	9,00	5,00	3,00	5,60	4,80	3,50	1,55	3,40
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	2,00	<2	<2	<2	<2	2,00	<2	<2	<2
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	17,00	8,00	6,00	4,00	8,00	7,00	5,60	3,70	4,70
Zehren	Elbe	Jahresmittel	6,00	4,25	3,89	2,40	3,58	3,67	2,06	1,47	1,86
Zehren	Elbe	Jahresminimum	2,00	2,00	2,00	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	15,00	8,00	11,00	5,00	5,00	6,00	4,30	3,30	3,60
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	6,23	5,08	4,42	3,50	3,73	4,08	2,13	1,86	1,88
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	2,00	3,00	<2	<2	<2	3,00	<2	<2	<2
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum									
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel									
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum									
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						4,00			
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						2,58			
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						1,00			
Dessau	Mulde	Jahresmaximum					34,00	17,00	22,00	15,00	12,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel					5,17	8,00	11,17	8,73	8,00
Dessau	Mulde	Jahresminimum					1,00	3,00	7,00	4,00	3,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum			4,00	2,00	2,50	4,00	2,00	2,00	3,00
Rosenburg	Saale	Jahresmittel			2,83	1,25	0,79	2,17	1,46	1,33	2,00
Rosenburg	Saale	Jahresminimum			1,00	<1	<1	1,00	<1	<1	1,00
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						6,00	5,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						3,50	3,25		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						2,00	2,00		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum			8,00	26,00	23,00	6,00	5,00	3,00	6,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel			5,25	8,78	3,29	3,17	3,60	2,14	4,10
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum			2,00	1,00	<1	2,00	2,00	1,00	2,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum							<1	<1	
Havelberg*	Havel	Jahresmittel							<1	<1	
Havelberg*	Havel	Jahresminimum							<1	<1	
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	17,80	14,30	9,60	4,40	8,31	5,78	9,71	2,68	8,49
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	7,08	6,21	6,04	2,55	2,76	2,00	5,37	1,78	4,21
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	1,63	1,59	0,83	1,10	< 0,6	< 0,6	2,56	1,10	<0,3
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	3,30	4,40	5,40	4,30	3,50	6,50	7,30	4,80	<2,5
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	2,20	2,39	3,74	2,35	2,09	3,71	3,13	2,43	<2,5
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	0,60	0,30	<0,09	0,80	0,60	1,90	<2,5	<2,5	<2,5
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	5,10	1,40				6,47	2,19	3,80	4,10
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	2,10	1,19				1,71	1,38	1,97	1,53
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	1,00	1,10				0,71	0,86	<2	<1

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

>Osw

Osw - Usw

<Usw

<BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	HCB [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	620,00	1700,00	630,00	340,00	550,00	460,00	460,00	200,00	240,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	270,00	340,00	240,00	110,00	170,00	170,00	150,00	78,00	147,00
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	85,00	72,00	32,00	46,00	49,00	23,00	36,00	<3	43,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	600,00	330,00	220,00	120,00	170,00	260,00	280,00	240,00	180,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	186,92	148,58	129,64	64,80	109,17	124,75	126,58	78,17	96,25
Zehren	Elbe	Jahresminimum	75,00	62,00	40,00	6,00	41,00	35,00	25,00	20,00	36,00
Domnitzsch	Elbe	Jahresmaximum	360,00	280,00	470,00	270,00	200,00	250,00	210,00	180,00	210,00
Domnitzsch	Elbe	Jahresmittel	221,92	159,50	200,17	131,67	125,55	154,25	134,08	91,64	125,33
Domnitzsch	Elbe	Jahresminimum	85,00	87,00	74,00	42,00	37,00	92,00	61,00	62,00	60,00
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	45,00	11,00	20,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	7,92	4,50	5,42						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	1,00	1,00	2,00						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						140,00			
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						84,83			
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						33,00			
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	200,00	170,00	350,00	120,00	62,00	150,00	110,00	130,00	87,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	125,64	104,67	104,08	50,08	28,25	64,00	73,67	55,36	62,33
Dessau	Mulde	Jahresminimum	61,00	43,00	48,00	22,00	6,00	26,00	52,00	10,00	28,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	21,00	100,00	34,00	20,00	10,00	13,00	14,00	22,00	12,00
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	13,58	21,33	16,75	10,30	4,71	9,17	8,92	9,89	8,67
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	7,00	10,00	5,00	2,00	<1	5,00	4,00	6,00	6,00
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						170,00	99,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						90,00	71,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						35,00	54,00		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	220,00	130,00	280,00	270,00	130,00	120,00	120,00	58,00	120,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	89,00	82,60	108,25	145,00	37,64	51,08	76,30	37,86	62,70
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	36,00	51,00	43,00	12,00	2,00	31,00	26,00	23,00	26,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			4,00		4,00	<1			
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			1,67		1,50	<1			
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			<1		0,50	<1			
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	106,00	150,00	179,00	96,93	62,00	85,14	388,68	46,10	65,80
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	51,91	73,15	95,59	44,28	35,13	36,22	106,95	26,33	50,35
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	12,70	19,40	44,20	24,60	14,10	1,62	36,30	12,50	18,80
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	110,00	140,00	100,00	72,00	50,00	200,00	71,00	64,00	48,70
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	40,50	57,58	80,58	44,08	35,36	65,33	42,40	42,22	27,72
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	<0,05	18,00	49,00	16,00	14,00	17,00	17,00	9,20	13,86
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	45,00	17,00	20,00	22,00	16,00	121,00	16,40	24,00	24,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	18,97	9,87	10,30	11,06	10,53	18,19	9,27	14,71	12,85
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	8,70	7,50	6,60	7,30	6,50	6,14	6,67	8,80	4,70

* Zentrifuge [Fraktion 63 μm]

 >Osw

 Osw - Usw

 <Usw

 <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	Benzo(a)pyren [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	620,00	880,00	820,00	900,00	790,00	790,00	860,00	130,00	870,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	690,00	670,00	690,00	650,00	620,00	610,00	660,00	780,00	700,00
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	490,00	490,00	580,00	450,00	440,00	500,00	520,00	390,00	480,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	1000,00	980,00	910,00	1000,00	760,00	740,00	810,00	980,00	860,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	676,15	710,83	667,27	480,80	550,83	539,17	595,00	644,17	610,83
Zehren	Elbe	Jahresminimum	270,00	390,00	430,00	94,00	110,00	310,00	240,00	320,00	270,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	1000,00	930,00	790,00	830,00	700,00	710,00	760,00	830,00	830,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	681,54	680,00	647,50	521,67	491,82	588,33	558,33	630,00	603,33
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	390,00	410,00	520,00	180,00	200,00	420,00	290,00	430,00	240,00
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	290,00	190,00	230,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	186,15	138,33	134,17						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	70,00	100,00	90,00						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						570,00			
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						355,83			
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						210,00			
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	630,00	600,00	350,00	310,00	350,00	320,00	410,00	260,00	270,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	370,83	382,50	218,33	185,83	248,33	206,67	222,50	211,82	219,17
Dessau	Mulde	Jahresminimum	190,00	220,00	150,00	100,00	150,00	150,00	110,00	150,00	180,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	1190,00	600,00	550,00	420,00	470,00	470,00	410,00	410,00	280,00
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	828,33	490,00	441,67	304,17	370,83	392,50	350,83	333,33	243,33
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	630,00	380,00	360,00	200,00	200,00	270,00	280,00	270,00	220,00
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						420,00	440,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						272,50	385,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						70,00	340,00		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	960,00	670,00	620,00	520,00	520,00	530,00	480,00	430,00	470,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	698,33	592,22	525,00	373,33	422,50	398,33	417,00	374,29	358,00
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	460,00	490,00	390,00	260,00	270,00	300,00	320,00	330,00	240,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			200,00					200,00	
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			160,00					157,50	
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			120,00					110,00	
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	312,00	373,00	390,00	800,00	860,00	710,00	570,00	690,00	520,00
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	206,83	256,54	280,91	269,17	601,54	406,15	460,83	434,17	346,36
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	111,00	163,00	130,00	120,00	320,00	160,00	210,00	210,00	180,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	600,00	590,00	684,00	600,00	833,00	911,00	498,00	470,00	450,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	353,08	429,67	503,67	427,67	440,55	390,75	296,18	331,82	314,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	100,00	280,00	329,00	220,00	274,00	201,00	147,00	220,00	140,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	450,00	180,00	180,00	170,00	160,00	162,00	130,00	290,00	340,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	190,00	130,00	140,00	130,00	120,00	111,00	100,00	150,00	210,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	100,00	100,00	110,00	100,00	91,00	71,00	68,00	50,00	100,00

* Zentrifuge [Fraktion 63 μm]

 >Osw

 Osw - Usw

 <Usw

 <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	Anthracen [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	200,00	800,00	400,00	390,00	340,00	300,00	300,00	410,00	370,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	190,00	330,00	250,00	250,00	210,00	200,00	220,00	290,00	280,00
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	200,00	210,00	180,00	150,00	90,00	120,00	150,00	200,00	160,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	460,00	420,00	360,00	450,00	320,00	310,00	310,00	330,00	390,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	246,77	299,17	241,82	206,60	186,50	178,58	204,00	229,92	258,08
Zehren	Elbe	Jahresminimum	88,00	190,00	130,00	24,00	17,00	71,00	98,00	89,00	97,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	480,00	430,00	340,00	390,00	240,00	290,00	350,00	290,00	360,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	263,08	301,67	226,67	219,92	157,36	196,67	190,00	225,45	256,67
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	130,00	220,00	170,00	64,00	45,00	120,00	110,00	170,00	120,00
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	250,00	220,00	200,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	170,62	167,50	113,75						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	63,00	130,00	85,00						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						140,00			
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						85,50			
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						48,00			
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	290,00	200,00	350,00	85,00	94,00	84,00	110,00	68,00	73,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	130,00	127,25	60,50	48,17	66,92	59,42	61,92	58,09	52,25
Dessau	Mulde	Jahresminimum	42,00	68,00	34,00	22,00	40,00	35,00	42,00	40,00	39,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	630,00	420,00	280,00	210,00	200,00	290,00	220,00	200,00	100,00
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	532,50	278,33	215,00	142,58	154,83	199,17	186,67	155,44	99,67
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	370,00	130,00	150,00	80,00	52,00	150,00	130,00	99,00	99,00
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						110,00	120,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						67,50	102,50		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						18,00	80,00		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	610,00	320,00	270,00	230,00	210,00	230,00	220,00	150,00	170,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	375,83	263,33	203,33	143,56	166,67	154,75	174,00	125,71	117,00
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	200,00	190,00	130,00	92,00	100,00	17,00	120,00	100,00	82,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			34,00					42,00	
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			29,00					36,67	
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			24,00					29,00	
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	142,00	181,00	720,00	470,00	470,00	370,00	200,00	240,00	160,00
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	84,10	117,85	172,73	122,50	301,54	163,08	155,00	133,33	105,45
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	<0,05	60,20	<0,05	<0,05	110,00	50,00	60,00	60,00	60,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	170,00	400,00	232,00	580,00	368,00	335,00	202,00	140,00	130,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	101,77	138,00	151,33	168,00	151,18	156,25	115,27	100,45	83,60
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	46,00	61,00	91,00	63,00	68,00	65,00	70,00	60,00	35,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	110,00	33,00	110,00	740,00	51,00	59,00	49,00	110,00	90,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	49,00	25,00	30,00	100,00	32,00	31,00	28,00	52,00	52,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	20,00	17,00	17,00	14,00	19,00	18,00	19,00	16,00	28,00

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

>Osw

Osw - Usw

<Usw

<BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	Fluoranthen [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	1400,00	2200,00	2100,00	2200,00	2200,00	1800,00	2100,00	2200,00	2100,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	1100,00	1400,00	1300,00	1500,00	1500,00	1200,00	1600,00	1400,00	1100,00
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	1100,00	900,00	1000,00	1000,00	1100,00	950,00	1100,00	640,00	380,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	2200,00	2400,00	2100,00	3000,00	2100,00	1400,00	1800,00	2100,00	2000,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	1527,69	1585,00	1361,82	1300,00	1417,50	1020,00	1354,17	1123,33	1025,83
Zehren	Elbe	Jahresminimum	760,00	900,00	820,00	220,00	310,00	550,00	490,00	600,00	430,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	2500,00	2200,00	1600,00	2300,00	2100,00	1500,00	1800,00	1700,00	2100,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	1581,54	1519,17	1240,00	1235,83	1228,18	1140,00	1273,33	1161,82	1046,67
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	790,00	730,00	920,00	440,00	410,00	760,00	700,00	560,00	410,00
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	1100,00	840,00	860,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	786,92	670,00	595,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	370,00	470,00	390,00						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						1400,00			
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						901,67			
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						580,00			
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	1700,00	1600,00	350,00	760,00	960,00	960,00	1100,00	860,00	710,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	980,00	1055,83	574,17	465,83	656,67	609,17	627,50	619,09	534,17
Dessau	Mulde	Jahresminimum	510,00	690,00	320,00	220,00	430,00	440,00	380,00	410,00	440,00
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	2300,00	1900,00	1600,00	1300,00	1400,00	1600,00	1300,00	1300,00	700,00
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	1804,17	1497,50	1283,33	916,67	1054,17	1283,33	1099,17	1033,33	643,33
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	1370,00	550,00	1100,00	540,00	510,00	1000,00	860,00	840,00	570,00
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						1100,00	1100,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						742,50	972,50		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						230,00	870,00		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	2120,00	1800,00	1700,00	1400,00	1500,00	1600,00	1300,00	1100,00	1300,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	1438,33	1600,00	1357,50	998,89	1184,17	1198,33	1168,00	1018,57	897,00
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	660,00	1400,00	990,00	650,00	780,00	860,00	880,00	900,00	600,00
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			380,00					440,00	
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			315,00					367,50	
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			250,00					290,00	
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum	1020,00	1170,00	5100,00	2390,00	2390,00	1930,00	1450,00	1840,00	1120,00
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel	644,17	798,85	1346,36	799,17	1505,38	1085,38	1220,00	1077,50	788,18
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum	323,00	448,00	560,00	320,00	720,00	380,00	570,00	500,00	440,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	1200,00	1200,00	1349,00	1300,00	1561,00	2186,00	1240,00	1300,00	980,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	686,15	885,00	1062,83	874,67	985,45	1040,83	961,27	1014,55	715,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	240,00	524,00	681,00	480,00	575,00	565,00	655,00	710,00	340,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	110,00	330,00	330,00	140,00	340,00	416,00	530,00	690,00	560,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	450,00	280,00	270,00	180,00	260,00	288,00	320,00	360,00	350,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	230,00	250,00	230,00	230,00	210,00	176,00	220,00	200,00	220,00

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

 >Osw

 Osw - Usw

 <Usw

 <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	Σ PAK 5 [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	3850,00	3550,00	3700,00	4480,00	5660,00	4010,00	4410,00	4670,00	5760,00
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	3166,67	2832,00	3010,00	3111,00	3240,00	2959,17	3150,91	3284,17	4706,67
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	2440,00	2160,00	2220,00	2250,00	2310,00	2260,00	2490,00	2060,00	2870,00
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	4510,00	3910,00	4370,00	4460,00	4060,00	3300,00	4010,00	4370,00	3670,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	3109,23	2856,67	2846,36	2079,80	2745,83	2491,67	2813,33	2655,00	2230,83
Zehren	Elbe	Jahresminimum	1190,00	1620,00	1840,00	359,00	640,00	1310,00	1100,00	1370,00	1060,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum	4780,00	3740,00	3420,00	3690,00	3180,00	3270,00	3860,00	3360,00	2690,00
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel	3140,77	2757,50	2801,67	2412,50	2498,18	2715,83	2651,67	2643,64	2069,17
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum	1880,00	1730,00	2090,00	700,00	1660,00	2050,00	1430,00	1920,00	930,00
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum	1240,00	870,00	1060,00						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel	858,38	705,08	690,33						
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum	474,00	535,00	468,00						
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						2610,00			
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						1677,50			
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						1000,00			
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	2580,00	2420,00	350,00	1270,00	1390,00	1670,00			
Dessau	Mulde	Jahresmittel	1644,17	1745,83	985,92	849,67	1033,75	1017,50			
Dessau	Mulde	Jahresminimum	1130,00	1130,00	558,00	490,00	675,00	680,00			
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	3340,00	2520,00	2310,00	1950,00	1980,00	2030,00	1790,00	1750,00	
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	2817,50	2080,83	1901,82	1309,17	1542,50	1755,00	1537,50	1462,22	
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	2130,00	1570,00	1490,00	900,00	830,00	1230,00	1220,00	1260,00	
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum						2000,00	2080,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel						1333,75	1802,50		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum						405,00	1540,00		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	3630,00	2750,00	2650,00	2270,00	2120,00	2340,00			
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	2490,00	2504,44	2248,33	1586,67	1724,17	1785,83			
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	1400,00	2100,00	1510,00	1090,00	1120,00	1370,00			
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum			920,00					1150,00	
Havelberg*	Havel	Jahresmittel			764,50					890,00	
Havelberg*	Havel	Jahresminimum			609,00					660,00	
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum									
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel									
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum									
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum									
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel									
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum									
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	1950,00	690,00	810,00	800,00	740,00	700,00	580,00	1240,00	1540,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	940,00	580,00	640,00	650,00	580,00	500,00	460,00	680,00	930,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	500,00	480,00	500,00	530,00	420,00	320,00	290,00	230,00	430,00

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

 >Osw

 Osw - Usw

 <Usw

 <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:


Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	TBT [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum	32,00	49,00	35,00	14,00	12,00	17,00	41,00	10,00	8,90
Schmilka	Elbe	Jahresmittel	21,33	21,14	13,42	8,99	5,31	6,99	8,38	4,27	3,97
Schmilka	Elbe	Jahresminimum	15,00	7,40	6,90	2,10	<1	2,70	<1	<1	2,20
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum	37,00	91,00	28,00	10,00	12,00	11,00	50,00	6,80	5,00
Zehren	Elbe	Jahresmittel	25,75	20,00	9,71	5,44	4,51	4,97	9,72	2,98	2,54
Zehren	Elbe	Jahresminimum	14,00	3,00	3,20	1,90	<1	<1	0,50	<1	1,60
Domnitzsch	Elbe	Jahresmaximum	39,00	49,00	32,00	15,00	15,00	7,90	53,00	8,10	4,90
Domnitzsch	Elbe	Jahresmittel	27,50	20,66	12,66	7,44	3,90	4,10	8,93	4,01	2,69
Domnitzsch	Elbe	Jahresminimum	17,00	5,20	5,90	1,20	<1	<1	<1	<1	<1
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum									
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel									
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum									
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						180,00			19,00
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						41,17			19,00
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						<10			<10
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	76,00	70,00	350,00	50,00	83,00	330,00	61,00	78,00	71,00
Dessau	Mulde	Jahresmittel	41,00	15,25	12,50	40,80	62,67	75,25	30,25	31,09	31,58
Dessau	Mulde	Jahresminimum	11,00	<10	<10	31,00	38,00	19,00	18,00	<10	<10
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum	94,00	50,00	40,00	34,00	63,00	91,00	26,00	25,00	5,00
Rosenburg	Saale	Jahresmittel	29,50	9,58	9,17	22,17	42,33	26,17	18,58	15,56	5,00
Rosenburg	Saale	Jahresminimum	11,00	<10	<10	16,00	24,00	11,00	14,00	11,00	<10
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum							38,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel							22,00		
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum							<10		
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum	61,00	50,00	20,00	34,00	28,00	73,00	17,00	14,00	14,00
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel	17,27	10,56	6,67	19,75	23,33	24,83	9,10	10,14	9,00
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum	9,00	<10	<10	14,00	16,00	<10	<10	<10	<10
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum								33,00	290,00
Havelberg*	Havel	Jahresmittel								23,00	89,75
Havelberg*	Havel	Jahresminimum								18,00	17,00
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum									
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel									
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum									
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum	35,00	49,00	52,00	<4	127,00	4,00	6,00	35,00	34,00
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel	17,40	38,50	29,50	38,50	41,27	22,40	19,40	22,09	19,18
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum	<4	28,00	11,00	107,00	18,00	65,00	37,00	15,00	4,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum	206,00	120,00	146,00	110,00	79,20	100,50	224,00	167,00	87,00
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel	96,35	76,54	77,37	69,33	54,13	59,18	130,89	89,28	65,25
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum	68,60	56,00	31,40	38,00	33,10	29,20	75,00	47,10	47,00

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

 >Osw

 Osw - Usw

 <Usw

 <BG, daher nicht bewertet

Fortsetzung Tabelle T-A4-4:

Bezugsmessstelle	Fluss [1] [2a]	Dioxine/Furane [ngTEQ/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Schmilka	Elbe	Jahresmaximum				413,00	529,00				
Schmilka	Elbe	Jahresmittel				323,00	467,00				
Schmilka	Elbe	Jahresminimum				232,00	405,00				
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmaximum									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresmittel									
Mdg. Triebisch*	Triebisch	Jahresminimum									
Zehren	Elbe	Jahresmaximum									
Zehren	Elbe	Jahresmittel									
Zehren	Elbe	Jahresminimum									
Dommitzsch	Elbe	Jahresmaximum									
Dommitzsch	Elbe	Jahresmittel									
Dommitzsch	Elbe	Jahresminimum									
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmaximum									
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresmittel									
Gorsdorf	Schwarze Elster	Jahresminimum									
Wittenberg*	Elbe	Jahresmaximum						17,50			17,20
Wittenberg*	Elbe	Jahresmittel						14,78			13,64
Wittenberg*	Elbe	Jahresminimum						11,00			10,80
Dessau	Mulde	Jahresmaximum	116,00	111,00	350,00	193,00	167,00	96,10	162,00	141,00	97,70
Dessau	Mulde	Jahresmittel	95,45	91,58	78,14	77,28	126,60	79,38	118,43	102,58	91,30
Dessau	Mulde	Jahresminimum	42,30	69,00	58,30	17,60	96,40	70,50	99,70	82,00	78,60
Rosenburg	Saale	Jahresmaximum		61,00	65,60	181,00	219,00	60,00	59,40	39,40	
Rosenburg	Saale	Jahresmittel		61,00	35,95	59,95	94,43	44,74	41,55	37,87	
Rosenburg	Saale	Jahresminimum		61,00	19,10	11,70	34,00	25,50	19,00	36,10	
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmaximum									
Breitenhagen*	Elbe	Jahresmittel									
Breitenhagen*	Elbe	Jahresminimum									
Magdeburg	Elbe	Jahresmaximum		303,00	168,00	148,00	59,60	81,00	94,70	37,80	72,70
Magdeburg	Elbe	Jahresmittel		110,98	89,68	90,83	53,00	51,95	57,33	32,43	49,88
Magdeburg	Elbe	Jahresminimum		38,90	26,10	33,90	48,40	33,80	22,50	28,70	34,40
Havelberg*	Havel	Jahresmaximum									20,20
Havelberg*	Havel	Jahresmittel									18,83
Havelberg*	Havel	Jahresminimum									18,00
Cumlosen	Elbe	Jahresmaximum									
Cumlosen	Elbe	Jahresmittel									
Cumlosen	Elbe	Jahresminimum									
Schnackenburg	Elbe	Jahresmaximum									
Schnackenburg	Elbe	Jahresmittel									
Schnackenburg	Elbe	Jahresminimum									
Seemannshöft	Elbe	Jahresmaximum									
Seemannshöft	Elbe	Jahresmittel									
Seemannshöft	Elbe	Jahresminimum									

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

>Osw

Osw - Usw

<Usw

<BG, daher nicht bewertet

Tabelle T-A4-5:

Schadstoffgehalte in Sedimenten an den Bezugsmessstellen Kat. 2b (29 relevante Schadstoffe)

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	Quecksilber - Hg [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum	1,30	1,20	0,99	0,72	0,38	0,81	0,58	0,72	0,44
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel	0,81	0,82	0,75	0,61	0,38	0,63	0,49	0,63	0,39
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum	0,43	0,55	0,58	0,47	0,37	0,48	0,42	0,56	0,33
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum	0,97	1,20	0,99	1,10	2,40	0,99	1,80	1,40	1,70
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel	0,80	0,87	0,77	1,02	1,48	0,76	1,32	1,17	1,32
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum	0,73	0,56	0,64	0,86	1,00	0,62	0,77	0,96	0,89
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	16,00	21,00	17,00	9,80	8,60	12,00	10,00	6,90	17,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	12,89	13,00	13,50	8,01	7,35	9,65	7,36	5,45	7,02
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	11,00	11,00	11,00	6,10	5,10	5,00	5,40	4,00	4,50
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			1,50	1,40	1,40	1,30	1,30	1,20	1,20
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			1,33	0,98	1,13	1,03	1,03	0,93	0,90
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			0,80	0,50	0,90	0,70	0,80	0,70	0,60
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum							0,70	0,60	0,70
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel							0,48	0,45	0,38
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum							0,20	0,30	0,30
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmaximum				0,70	1,10	0,60	1,20	1,40	2,00
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmittel				0,63	0,70	0,52	1,00	0,63	1,37
Neuquattersleben*	Bode	Jahresminimum				0,50	0,40	0,50	0,80	<0,2	0,60
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum									1,17
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel									1,23
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum									1,30

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	Cadmium - Cd [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum	34,00	45,00	29,00	25,00	16,00	28,00	26,00	36,00	27,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel	27,50	24,25	25,00	21,00	11,20	27,25	21,50	31,25	24,33
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum	16,00	14,00	23,00	16,00	6,40	26,00	19,00	26,00	22,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum	18,00	16,00	18,00	1300,00	15,00	14,00	14,00	17,00	16,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel	14,50	11,18	14,25	441,03	11,75	11,75	10,68	14,00	10,70
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum	11,00	7,50	12,00	9,10	7,00	10,00	8,20	11,00	7,70
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	9,90	7,10	7,80	5,70	4,70	3,10	5,50	4,90	4,20
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	7,54	6,08	6,60	4,26	3,74	2,90	3,10	4,08	3,05
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	6,80	5,00	5,60	2,80	2,80	2,70	1,80	3,20	1,80
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			9,80	7,10	9,60	7,50	7,50	6,90	7,10
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			8,25	5,33	7,08	6,05	6,18	6,03	5,73
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			5,60	3,20	5,30	4,80	5,40	5,20	4,50
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum							3,40	3,00	3,40
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel							2,83	2,53	1,60
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum							2,30	2,10	1,40
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmaximum				1,90	2,80	2,40	1,80	3,20	2,70
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmittel				1,73	1,95	1,78	1,65	2,08	1,93
Neuquattersleben*	Bode	Jahresminimum				1,60	1,20	1,20	1,50	0,70	1,40
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum	5,90	9,20	9,10	6,80	4,60	4,50	3,90	3,20	3,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel	3,09	4,47	5,00	4,41	3,95	3,18	2,70	2,43	2,47
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum	0,70	2,20	1,60	2,50	2,20	1,70	1,90	1,80	1,70

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	Blei - Pb [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum	1100,00	1100,00	800,00	720,00	280,00	560,00	460,00	600,00	400,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel	830,00	640,00	562,50	562,50	215,00	477,50	402,50	497,50	350,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum	470,00	400,00	410,00	380,00	150,00	430,00	330,00	400,00	290,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum	160,00	140,00	170,00	170,00	200,00	120,00	130,00	130,00	110,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel	140,00	119,75	132,50	143,33	145,00	112,00	115,00	122,50	96,75
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum	120,00	99,00	100,00	110,00	100,00	98,00	100,00	120,00	88,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	213,00	191,00	356,00	174,00	141,00	140,00	137,00	145,00	125,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	180,44	156,27	228,13	139,67	123,18	118,83	114,88	121,75	89,50
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	157,00	136,00	173,00	104,00	90,00	91,00	99,00	98,00	62,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			208,00	167,00	163,00	146,00	152,00	153,00	429,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			170,75	122,75	140,50	127,50	123,00	135,25	219,25
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			115,00	89,00	123,00	96,00	105,00	121,00	102,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum							35100,00	20600,00	35100,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel							22965,00	17350,00	16950,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum							5360,00	11900,00	15100,00
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmaximum				139,00	178,00	211,00	133,00	190,00	223,00
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmittel				125,25	153,50	134,00	130,50	154,75	174,00
Neuquattersleben*	Bode	Jahresminimum				107,00	92,00	87,00	128,00	98,00	112,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum	387,50	495,90	385,70	348,10	312,60	253,20	284,60	209,30	220,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel	241,58	271,22	265,50	247,56	227,24	212,35	217,48	176,06	155,08
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum	85,00	181,30	81,90	136,90	154,70	140,00	163,60	130,90	100,20

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	Zink - Zn [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum	2000,00	2700,00	2000,00	1800,00	1100,00	1700,00	2200,00	2200,00	2300,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel	1525,00	1700,00	1750,00	1475,00	895,00	1675,00	1700,00	2000,00	1967,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum	1000,00	1100,00	1400,00	1200,00	690,00	1600,00	1500,00	1600,00	1700,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum	1100,00	1400,00	1400,00	1200,00	1500,00	1200,00	1600,00	1400,00	1600,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel	1005,00	1012,50	1300,00	1020,00	1325,00	1020,00	1157,50	1225,00	1195,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum	880,00	710,00	1200,00	930,00	1200,00	930,00	840,00	1000,00	980,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	1720,00	1530,00	1520,00	1490,00	1530,00	1370,00	1300,00	1300,00	1270,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	1574,44	1390,91	1423,75	1327,78	1380,00	1209,67	1092,13	1129,13	916,80
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	1370,00	1200,00	1310,00	1220,00	1090,00	958,00	881,00	871,00	663,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			1770,00	1510,00	1600,00	1500,00	1430,00	1350,00	1560,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			1605,00	1112,50	1392,50	1315,00	1250,00	1113,00	1186,50
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			1230,00	730,00	1230,00	1040,00	1140,00	905,00	856,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum							5340,00	2990,00	5340,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel							4182,50	2780,00	1915,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum							2260,00	2320,00	1400,00
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmaximum				526,00	706,00	579,00	483,00	518,00	545,00
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmittel				494,75	535,00	457,40	432,00	396,25	405,67
Neuquattersleben*	Bode	Jahresminimum				460,00	416,00	290,00	381,00	179,00	327,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum	1343,70	1046,20	1240,80	1434,60	1468,00	1370,90	1272,60	966,90	856,70
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel	757,30	715,74	868,19	1039,94	1042,32	956,93	1003,22	788,71	646,75
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum	289,40	473,70	388,00	540,80	610,40	234,70	829,20	604,20	444,20

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

■ >Osw ■ Osw - Usw ■ <Usw ■ <BG, daher nicht bewertet

** Bei der Berechnung der deskriptiven Statistik erfolgte die Berücksichtigung von Werten kleiner Bestimmungsgrenze jeweils mit ihrer halben numerischen Wertigkeit

Fortsetzung Tabelle TA4-5

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	Kupfer - Cu [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum	250,00	200,00	150,00	150,00	100,00	140,00	140,00	140,00	110,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel	177,50	125,50	125,00	117,25	96,50	129,00	122,50	137,50	93,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum	100,00	85,00	110,00	89,00	93,00	110,00	110,00	130,00	83,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum	160,00	150,00	170,00	190,00	200,00	140,00	130,00	150,00	110,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel	130,00	121,00	137,50	160,00	147,50	122,50	122,50	137,50	96,75
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum	110,00	94,00	110,00	140,00	100,00	110,00	110,00	130,00	82,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	190,00	170,00	180,00	150,00	143,00	158,00	137,00	125,00	122,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	161,11	148,18	150,00	130,00	128,91	134,67	114,00	109,25	93,50
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	150,00	130,00	140,00	120,00	94,00	110,00	87,00	94,00	59,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			200,00	170,00	181,00	164,00	164,00	148,00	225,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			182,50	124,50	159,25	146,25	141,25	137,00	145,25
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			140,00	88,00	132,00	106,00		122,00	107,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum							2410,00	1590,00	2410,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel							1731,75	1302,50	876,25
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum							877,00	1100,00	578,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmaximum				230,00	140,00	121,00	89,00	97,00	113,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmittel				151,00	115,00	97,80	88,50	79,50	93,33
Neugattersleben*	Bode	Jahresminimum				74,00	98,00	66,00	88,00	40,00	69,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum	549,30	675,70	590,10	593,00	491,30	559,20	472,90	373,70	409,30
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel	372,68	392,90	420,66	403,28	418,45	447,58	400,66	316,46	282,91
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum	40,20	223,60	123,60	199,60	223,50	273,40	318,30	267,20	215,60

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	Nickel - Ni [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum	63,00	72,00	63,00	63,00	66,00	61,00	68,00	66,00	52,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel	57,75	55,00	58,50	57,50	58,50	59,25	59,25	60,50	50,33
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum	44,00	46,00	54,00	51,00	51,00	58,00	54,00	56,00	48,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum	110,00	120,00	120,00	120,00	140,00	100,00	100,00	120,00	100,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel	98,25	93,00	106,00	105,00	115,00	90,50	93,75	108,75	90,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum	83,00	76,00	94,00	95,00	100,00	79,00	87,00	95,00	82,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	59,00	54,00	72,00	65,00	57,00	56,00	53,00	60,00	55,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	47,22	42,27	57,25	50,44	49,82	49,33	44,63	44,50	41,30
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	41,00	36,00	47,00	40,00	42,00	41,00	35,00	35,00	32,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			170,00	140,00	150,00	141,00	127,00	127,00	135,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			150,00	113,75	139,75	120,50	112,00	114,75	123,75
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			110,00	95,00	124,00	98,00	102,00	103,00	108,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum							54,00	38,00	54,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel							43,00	36,00	26,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum							33,00	33,00	22,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmaximum				91,00	92,00	237,00	39,00	39,00	45,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmittel				53,75	58,75	112,40	34,00	30,00	36,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresminimum				30,00	37,00	24,00	29,00	12,00	27,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum	49,10	38,10	43,30	54,20	47,30	30,40	101,00	39,90	34,70
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel	32,40	26,16	26,30	31,07	33,73	24,70	41,61	29,47	27,12
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum	23,20	15,50	14,40	17,40	26,40	16,40	27,90	20,10	20,60

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	Arsen - As [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum	520,00	350,00	280,00	260,00	130,00	200,00	180,00	200,00	150,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel	310,00	217,50	212,50	192,50	120,00	175,00	150,00	175,00	120,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum	180,00	140,00	180,00	120,00	110,00	160,00	120,00	160,00	90,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum	99,00	110,00	110,00	120,00	93,00	73,00	79,00	94,00	63,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel	81,25	86,25	83,00	102,00	67,75	59,50	71,50	87,50	51,75
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum	69,00	65,00	68,00	76,00	34,00	44,00	65,00	76,00	42,50
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	173,00	136,00	151,00	125,00	120,00	110,00	105,00	121,00	96,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	153,89	119,45	130,25	105,56	106,73	95,33	96,75	99,38	85,80
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	131,00	105,00	105,00	91,00	101,00	83,00	89,00	92,00	73,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			38,00		37,00	34,00	37,00	36,00	41,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			36,75		33,25	30,75	33,25	34,25	33,50
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			36,00		30,00	27,00	30,00	31,00	27,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum							202,00	99,00	202,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel							108,00	73,00	69,50
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum							23,00	55,00	49,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmaximum					36,00		24,00	24,00	27,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmittel					26,00		22,50	19,70	24,33
Neugattersleben*	Bode	Jahresminimum					16,00		21,00	9,80	21,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum	30,00	26,60	23,20	23,50	24,50	22,40	22,40	23,20	28,60
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel	20,91	13,14	15,54	18,07	16,42	15,23	16,36	15,26	17,66
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum	12,20	2,20	6,40	13,00	7,60	8,60	14,10	11,80	13,20

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	Chrom - Cr [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum	120,00	88,00	78,00	79,00	68,00	84,00	78,00	73,00	58,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel	95,75	69,00	72,75	70,50	66,00	71,50	70,00	66,75	53,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum	67,00	56,00	68,00	63,00	64,00	66,00	65,00	58,00	50,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum	110,00	80,00	87,00	94,00	220,00	82,00	79,00	72,00	66,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel	93,50	76,50	80,25	86,00	111,25	73,75	72,00	67,75	62,25
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum	85,00	72,00	67,00	78,00	59,00	62,00	67,00	61,00	58,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	150,00	170,00	210,00	130,00	100,00	131,00	124,00	113,00	119,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	136,67	127,27	140,00	98,89	89,00	108,00	99,00	91,00	85,30
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	110,00	110,00	110,00	72,00	66,00	68,00	79,00	69,00	63,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			320,00	270,00	295,00	261,00	239,00	235,00	212,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			287,50	207,50	263,25	210,25	201,75	208,75	194,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			250,00	150,00	237,00	153,00	183,00	184,00	173,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum							88,00	58,00	88,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel							69,00	54,75	43,25
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum							52,00	50,00	38,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmaximum				180,00	184,00	578,00	93,00	67,00	77,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmittel				132,50	132,50	246,60	82,50	55,25	66,33
Neugattersleben*	Bode	Jahresminimum				80,00	93,00	72,00	72,00	23,00	53,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum	72,30	82,20	73,40	91,00	71,40	58,00	81,60	65,20	64,70
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel	46,18	47,54	46,20	62,00	56,10	47,24	57,91	47,53	50,43
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum	21,50	29,30	19,80	27,40	34,40	27,00	48,50	30,20	35,90

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

>Osw Osw - Usw <Usw <BG, daher nicht bewertet

** Bei der Berechnung der deskriptiven Statistik erfolgte die Berücksichtigung von Werten kleiner Bestimmungsgrenze jeweils mit ihrer halben numerischen Wertigkeit

Fortsetzung Tabelle TA4-5

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	a-HCH [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		<3	4,00	5,00	4,00	11,00	9,90	9,20	<3
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		<3	2,33	2,75	2,75	8,73	5,05	5,48	<3
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		<3	<3	<3	<3	7,60	<3	3,50	<3
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		6,00	11,00	31,00	30,00	13,00	20,00	9,60	13,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		4,38	6,75	11,25	10,88	10,03	11,00	6,68	7,35
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		<3	4,00	4,00	<3	8,00	3,40	4,90	4,50
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	23000,00	250000,00	4500,00	2100,00	1400,00	1200,00	810,00	510,00	480,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	2672,00	27993,00	2257,50	1282,22	404,20	655,71	508,57	328,75	293,50
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	250,00	830,00	960,00	450,00	39,00	330,00	280,00	150,00	85,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum					9,00		<3	<3	<3
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel					2,63		<3	<3	<3
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum					<1		<3	<3	<3
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum								<3	<3
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel								<3	<3
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum								<3	<3
Neugattersleben*	Bode	Jahresmaximum							<3	<3	8,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmittel							<3	<3	3,67
Neugattersleben*	Bode	Jahresminimum							<3	<3	<3
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum						3,60	3,60	4,90	<2
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel						1,93	2,58	2,37	<2
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum						<2	<2	<2	<2

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	b-HCH [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		<3	7,00	5,00	3,00	5,20	6,20	13,00	11,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		<3	5,67	3,63	2,25	4,48	3,05	7,53	4,67
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		<3	4,00	<3	<3	3,80	<3	<3	<3
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		5,00	13,00	43,00	9,00	8,00	79,00	6,30	8,70
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		3,63	10,25	13,75	7,25	6,78	23,88	4,25	5,43
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		<3	<3	<3	6,00	5,20	3,30	<3	3,30
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	160000,00	800000,00	260000,00	36000,00	8300,00	5300,00	6300,00	2800,00	2700,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	17700,00	123469,40	46750,00	9188,89	2180,82	3185,71	3528,57	1938,75	1376,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	1000,00	94,00	2000,00	2200,00	7,20	2100,00	1500,00	810,00	410,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum					0,50		<3	<3	<3
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel					0,50		<3	<3	<3
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum					<1		<3	<3	<3
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum								<3	<3
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel								<3	<3
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum								<3	<3
Neugattersleben*	Bode	Jahresmaximum							<3	<3	<3
Neugattersleben*	Bode	Jahresmittel							<3	<3	<3
Neugattersleben*	Bode	Jahresminimum							<3	<3	<3
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum						<2	3,20	4,30	<2
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel						<2	1,50	2,23	<2
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum						<2	<2	<2	<2

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	g-HCH [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		<3	7,00	7,00	11,00	5,50	3,30	<3	5,40
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		<3	<3	<3	<3	3,35	2,38	<3	2,93
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	700,00	3300,00	450,00	240,00	120,00	50,00	41,00	32,00	42,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	162,20	499,63	248,25	117,39	26,58	27,00	21,64	20,75	15,90
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	28,00	<0,50	76,00	<0,5	0,80	<3	<3	12,00	4,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum					0,50		<3	<3	<3
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel					0,50		<3	<3	<3
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum					<1		<3	<3	<3
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum								<3	<3
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel								<3	<3
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum								<3	<3
Neugattersleben*	Bode	Jahresmaximum							<3	<3	<3
Neugattersleben*	Bode	Jahresmittel							<3	<3	<3
Neugattersleben*	Bode	Jahresminimum							<3	<3	<3
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum						3,70	3,70	5,50	<2
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel						1,51	2,04	2,15	<2
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum						<2	<2	<2	<2

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	p,p'-DDT [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		11,00	12,00	9,00	7,00	9,20	6,80	7,30	12,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		8,00	8,00	7,50	6,50	7,25	4,55	4,83	5,73
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		5,00	5,00	5,00	6,00	5,50	3,30	<3	<3
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		320,00	160,00	390,00	240,00	390,00	860,00	110,00	270,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		151,75	126,75	144,75	127,25	176,00	267,75	79,25	143,75
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		54,00	67,00	24,00	40,00	62,00	45,00	58,00	26,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	1700,00	360,00	3000,00	1100,00	370,00	420,00	790,00	950,00	440,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	502,00	232,93	1033,75	215,28	80,77	231,50	477,14	578,75	198,20
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	30,00	<0,5	180,00	<0,5	4,00	59,00	260,00	290,00	31,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum					5,00		14,00		18,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel					2,25		5,33		18,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum					<1		<2		<2
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum									29,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel									20,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum									14,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmaximum							120,00		64,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmittel							74,00		24,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresminimum							28,00		<2
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum					46,80	110,90	123,50	50,20	
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel					32,37	39,72	77,85	34,59	
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum					15,90	18,80	39,30	18,90	

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

>Osw Osw - Usw <Usw <BG, daher nicht bewertet

** Bei der Berechnung der deskriptiven Statistik erfolgte die Berücksichtigung von Werten kleiner Bestimmungsgrenze jeweils mit ihrer halben numerischen Wertigkeit

Fortsetzung Tabelle TA4-5

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	p,p'DDE [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		14,00	11,00	15,00	18,00	10,00	7,40	7,10	11,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		11,00	9,87	12,75	16,00	8,90	8,78	6,08	8,77
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		8,00	9,00	9,00	14,00	7,00	5,10	5,10	6,20
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		61,00	44,00	80,00	56,00	43,00	69,00	28,00	43,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		40,75	39,00	47,75	34,00	36,50	35,00	22,75	30,25
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		33,00	28,00	24,00	21,00	30,00	21,00	19,00	18,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	600,00	600,00	680,00	380,00	170,00	230,00	210,00	150,00	310,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	360,00	333,50	427,50	171,67	92,90	163,29	124,86	88,50	110,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	200,00	85,00	300,00	85,00	42,00	24,00	83,00	56,00	50,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum					16,00		18,00		25,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel					7,75		15,75		17,75
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum					<1		13,00		10,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum									24,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel									17,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum									12,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmaximum							20,00		21,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmittel							13,50		13,33
Neugattersleben*	Bode	Jahresminimum							7,00		8,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum				32,60	70,00	24,40	77,00	47,40	41,90
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel				18,67	49,32	17,33	44,24	25,78	17,53
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum				7,20	28,00	9,10	32,00	11,30	2,70

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	p,p'DDD [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		4,00	5,00	9,00	7,00	6,60	6,80	5,00	7,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		4,00	4,67	6,75	6,50	6,10	5,03	3,85	4,03
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		4,00	4,00	5,00	6,00	5,40	3,60	<3	<3
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		100,00	73,00	200,00	160,00	120,00	130,00	66,00	130,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		80,75	53,50	99,75	83,75	92,00	77,00	56,25	71,25
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		50,00	29,00	18,00	47,00	68,00	55,00	52,00	41,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	2800,00	2500,00	3000,00	3200,00	1100,00	780,00	980,00	590,00	490,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	1446,00	1149,03	1925,00	1301,11	396,66	661,43	610,00	453,75	354,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	130,00	<0,5	1100,00	610,00	7,60	480,00	420,00	370,00	230,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum					15,00		26,00		25,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel					5,00		20,25		17,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum					<1		12,00		7,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum									3,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel									2,75
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum									2,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmaximum							5,00		4,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmittel							4,50		4,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresminimum							4,00		4,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum				90,70	78,00	58,50	197,80	121,80	125,10
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel				52,22	52,42	32,66	144,34	91,96	35,79
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum				24,80	36,00	11,10	110,00	58,40	6,50

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	PCB-28 [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		2,20	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	74,00	39,00	51,00	15,00	8,00	10,00	6,30	4,20	5,10
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	18,13	13,28	16,53	5,47	2,87	5,87	4,56	2,86	2,80
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	<0,5	<0,5	<0,5	2,00	<0,5	2,60	3,00	1,60	1,70
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			9,00		2,20	4,30	3,70	2,10	2,20
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			4,06		0,74	2,65	2,58	1,57	1,73
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			<0,5		<0,5	1,30	2,00	<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum								<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel								<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum								<1	<1
Neugattersleben*	Bode	Jahresmaximum						2,70	6,30	5,00	9,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmittel						1,60	4,05	3,90	6,13
Neugattersleben*	Bode	Jahresminimum						<1	1,80	2,90	4,20
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum				13,40	13,60	30,90	20,80	21,90	14,50
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel				8,87	8,65	16,93	15,32	16,05	8,53
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum				5,90	3,70	6,20	12,20	7,20	3,70

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	PCB-52 [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		3,20	<2	2,10	<2	6,90	<2	<2	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		2,70	<2	<2	<2	2,83	<2	<2	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		2,20	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	84,00	38,00	24,00	43,00	10,00	7,50	6,20	3,50	3,80
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	18,50	13,85	13,78	7,33	2,40	4,53	3,82	2,39	2,46
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	4,00	<0,5	<0,5	1,00	<0,5	2,10	2,60	1,40	1,70
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			38,00		3,60	8,80	9,60	4,60	6,90
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			17,75		1,88	5,25	7,20	3,83	4,58
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			7,00		<0,5	2,30	5,20	3,30	3,60
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum								<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel								<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum								<1	<1
Neugattersleben*	Bode	Jahresmaximum						4,40	10,00	6,10	11,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmittel						3,33	7,55	5,13	8,13
Neugattersleben*	Bode	Jahresminimum						2,00	5,10	3,60	6,20
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum				34,90	39,00	31,10	26,30	26,00	21,90
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel				26,93	22,95	25,40	18,19	17,96	11,83
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum				17,30	9,00	21,10	13,00	7,70	6,50

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

>Osw Osw - Usw <Usw <BG, daher nicht bewertet
 ** Bei der Berechnung der deskriptiven Statistik erfolgte die Berücksichtigung von Werten kleiner Bestimmungsgrenze jeweils mit ihrer halben numerischen Wertigkeit

Fortsetzung Tabelle TA4-5

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	PCB-101 [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		<2	<2	<2	<2	<2	<2	6,40	<2
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		<2	<2	<2	<2	<2	<2	2,35	<2
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		5,50	2,90	4,90	3,40	7,10	2,10	4,10	2,20
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		4,25	1,73	2,60	2,53	3,25	<2	<2	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		3,40	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	90,00	40,00	30,00	30,00	6,00	9,00	10,00	7,00	10,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	25,80	19,90	15,03	9,83	2,45	7,29	7,14	4,50	5,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	8,00	9,00	<0,5	<0,5	<0,5	4,00	5,00	2,00	2,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			30,00		10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			20,00		7,56	8,00	9,50	8,00	8,75
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			10,00		<0,5	4,00	8,00	7,00	5,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum								<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel								<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum								<1	<1
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmaximum						4,00	10,00	5,00	9,00
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmittel						3,75	7,50	4,33	7,67
Neuquattersleben*	Bode	Jahresminimum						3,00	5,00	4,00	6,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum				49,90	37,00	62,40	25,80	25,70	27,90
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel				31,80	26,84	32,12	19,73	19,04	16,54
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum				20,00	17,00	24,30	12,70	9,20	9,50

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	PCB-118 [mg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum				<2	<2	<2	<2	2,10	<2
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel				<2	<2	<2	<2	1,28	<2
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum				<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum				3,20	3,90	6,90	<2	2,80	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel				1,90	2,53	2,80	<2	2,80	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum				<2	<2	<2	<2	<2	<2
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum					4,00	5,80	6,70	3,80	6,30
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel					1,24	4,85	4,71	2,63	3,34
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum					<0,5	2,90	3,10	1,50	2,10
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			24,00		10,00	7,00	9,50	6,20	11,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			15,25		5,80	4,83	7,65	5,30	8,40
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			8,00		0,60	2,30	5,60	4,20	5,80
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum								<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel								<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum								<1	<1
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmaximum						2,30	6,10	3,70	4,90
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmittel						2,03	4,75	3,10	3,90
Neuquattersleben*	Bode	Jahresminimum						1,70	3,40	2,40	2,90
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum				36,00	41,60	34,10	21,30	19,90	19,90
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel				24,30	21,29	20,48	14,26	15,60	14,10
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum				14,80	10,20	14,70	8,40	11,10	8,90

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	PCB-138 [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum									
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel									
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum									
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		5,90	5,40	6,80	6,90	10,00	4,80	6,30	3,80
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		5,45	3,83	4,60	4,93	5,93	4,23	4,60	3,13
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		4,80	2,90	3,20	3,00	4,00	3,30	3,40	2,40
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	180,00	62,00	57,00	61,00	10,00	20,00	19,00	15,00	19,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	52,30	34,00	31,43	24,78	5,28	15,91	12,50	8,00	8,54
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	11,00	15,00	6,40	9,00	<0,50	9,40	7,90	4,10	4,70
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			38,00		20,00	21,00	15,00	9,10	17,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			26,25		14,75	12,28	13,50	8,07	13,68
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			18,00		10,00	4,10	12,00	7,40	9,70
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum								<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel								<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum								<1	<1
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmaximum						6,00	11,00	5,50	7,70
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmittel						4,83	8,10	3,83	6,47
Neuquattersleben*	Bode	Jahresminimum						4,10	5,20	2,40	4,50
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum				73,60	85,00	71,40	56,20	56,90	79,20
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel				61,17	53,11	58,39	36,70	34,50	47,47
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum				43,50	24,00	50,00	22,90	12,10	22,50

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	PCB-153 [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		<2	3,10	<2	2,90	<2	4,90	8,70	<2
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		<2	1,70	<2	2,60	<2	2,28	2,93	<2
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		5,50	3,90	6,00	6,00	6,80	4,10	6,30	3,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		4,68	2,68	4,85	4,70	4,18	3,25	4,05	2,55
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		4,30	<2	3,20	3,30	3,00	2,50	3,00	2,30
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	160,00	53,00	45,00	47,00	11,00	16,00	15,00	13,00	15,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	42,70	28,30	25,30	16,61	5,52	12,29	11,20	6,90	6,86
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	12,00	13,00	5,40	<0,5	<0,5	7,20	7,50	3,50	4,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			31,00		19,00	15,00	13,00	7,80	14,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			20,50		15,50	8,85	9,95	7,03	10,38
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			14,00		12,00	3,00	7,80	6,10	6,80
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum								<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel								<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum								<1	<1
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmaximum						4,30	8,70	4,60	6,30
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmittel						3,65	6,60	3,80	5,23
Neuquattersleben*	Bode	Jahresminimum						3,00	4,50	3,30	3,60
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum				45,90	52,00	64,80	46,60	55,20	63,30
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel				35,72	31,47	43,42	34,36	31,68	42,09
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum				26,50	14,00	29,00	18,30	11,00	19,80

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

>Osw Osw - Usw <Usw <BG, daher nicht bewertet

** Bei der Berechnung der deskriptiven Statistik erfolgte die Berücksichtigung von Werten kleiner Bestimmungsgrenze jeweils mit ihrer halben numerischen Wertigkeit

Fortsetzung Tabelle TA4-5

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	PCB-180 [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		<2	2,10	2,40	<2	<2	2,40	4,00	<2
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		<2	1,37	1,68	<2	<2	1,35	1,75	<2
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		4,10	2,20	3,80	3,80	2,50	2,40	2,90	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		3,43	<2	2,53	2,45	<2	<2	2,60	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		2,30	<2	2,00	<2	<2	<2	<2	<2
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	92,00	30,00	26,00	53,00	14,00	10,00	10,00	7,60	8,60
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	26,60	13,33	13,45	13,00	4,89	7,71	6,01	4,14	3,73
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	5,00	<0,50	2,60	4,00	<0,5	4,20	<1,0	2,40	1,80
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			11,00		4,90	6,00	3,80	2,70	5,10
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			6,75		3,43	3,20	3,25	2,13	3,23
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			3,00		0,90	1,00	2,90	1,30	1,60
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum								<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel								<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum								<1	<1
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmaximum						2,00	3,00	1,80	1,90
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmittel						1,28	2,30	1,33	1,53
Neuquattersleben*	Bode	Jahresminimum						<1	1,60	<1	1,10
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum				32,90	31,00	54,30	40,40	48,60	40,30
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel				20,95	19,47	34,02	27,50	28,77	26,02
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum				10,60	8,00	16,20	17,20	9,90	11,30

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	Pentachlorbenzen [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum					26,00	140,00	770,00	78,00	120,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel					18,20	69,57	156,71	46,25	44,40
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum					8,00	29,00	35,00	25,00	20,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum							1,00	<1	<1
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel							0,75	<1	<1
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum							<1	<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum								<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel								<1	<1
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum								<1	<1
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmaximum							19,00	18,00	4,00
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmittel							11,50	6,67	3,33
Neuquattersleben*	Bode	Jahresminimum							4,00	1,00	3,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum									<2
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel									<2
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum									<2

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	HCB [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		<3	<3	<3	<3	3,40	<3	<3	<3
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		<3	<3	<3	<3	1,98	<3	<3	<3
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		3,50	4,00	4,00	7,00	<3	3,10	<3	<3
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		2,38	<3	<3	4,38	<3	<3	<3	<3
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	550,00	720,00	930,00	540,00	220,00	750,00	630,00	410,00	540,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	452,00	340,00	565,00	322,22	152,00	412,86	407,14	306,25	270,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	350,00	80,00	450,00	140,00	100,00	150,00	220,00	150,00	130,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum							6,00	4,00	6,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel							5,50	3,33	4,25
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum							4,00	3,00	3,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum								1,00	1,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel								0,75	0,75
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum								<1	<1
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmaximum							28,00	43,00	17,00
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmittel							20,00	18,33	12,00
Neuquattersleben*	Bode	Jahresminimum							12,00	5,00	9,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum				54,60	39,00	97,60	21,10	26,60	2,60
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel				7,06	11,58	16,13	10,40	7,74	1,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum				<2	3,00	2,60	4,20	2,10	<2

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	Benzo(a)pyren [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		280,00	370,00	360,00	450,00	420,00	540,00	350,00	750,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		230,00	320,00	275,00	435,00	375,00	382,50	305,00	346,67
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		180,00	260,00	200,00	420,00	320,00	280,00	270,00	110,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		810,00	820,00	1200,00	920,00	740,00	770,00	790,00	770,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		687,50	655,00	715,00	720,00	615,00	605,00	632,50	477,50
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		570,00	560,00	470,00	510,00	500,00	480,00	450,00	200,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	930,00	670,00	740,00	690,00	740,00	460,00	470,00	680,00	480,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	665,56	527,00	597,14	456,67	514,00	394,29	352,86	350,00	319,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	340,00	320,00	340,00	310,00	380,00	300,00	250,00	220,00	210,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			1100,00	810,00	830,00	660,00	740,00	670,00	650,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			830,00	640,00	725,00	625,00	610,00	566,67	575,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			540,00	320,00	590,00	600,00	480,00	460,00	500,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum									
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel									
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum									
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmaximum				380,00	480,00	470,00	260,00	400,00	460,00
Neuquattersleben*	Bode	Jahresmittel				260,00	377,50	344,00	245,00	302,50	306,67
Neuquattersleben*	Bode	Jahresminimum				80,00	210,00	200,00	230,00	130,00	200,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum				1466,80	2300,00	3173,20	2800,00	2384,50	2564,60
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel				836,27	1391,58	2076,63	1694,18	1924,81	1202,01
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum				347,10	340,00	767,30	690,00	1580,80	737,90

* Zentrifuge [Fraktion 63 µm]

>Osw Osw - Usw <Usw <BG, daher nicht bewertet

** Bei der Berechnung der deskriptiven Statistik erfolgte die Berücksichtigung von Werten kleiner Bestimmungsgrenze jeweils mit ihrer halben numerischen Wertigkeit

Fortsetzung Tabelle TA4-5

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	Anthracen [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		74,00	400,00	140,00	160,00	210,00	220,00	200,00	200,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		58,50	184,00	98,75	160,00	150,00	147,00	143,00	84,33
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		43,00	57,00	77,00	160,00	110,00	88,00	72,00	3,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		410,00	300,00	710,00	530,00	420,00	350,00	380,00	320,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		307,50	287,50	315,00	330,00	342,50	247,50	360,00	188,75
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		210,00	280,00	120,00	210,00	180,00	160,00	340,00	55,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	190,00	890,00	140,00	720,00	140,00	190,00	110,00	180,00	110,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	122,22	211,60	110,57	165,44	95,80	96,86	84,71	94,63	75,10
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	55,00	79,00	81,00	55,00	54,00	53,00	57,00	64,00	49,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			790,00	750,00	750,00	640,00	710,00	660,00	540,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			592,50	435,00	600,00	522,50	540,00	480,00	447,50
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			300,00	160,00	450,00	460,00	400,00	310,00	340,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum									
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel									
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum									
Neugattersleben*	Bode	Jahresmaximum			180,00	130,00	210,00		56,00	87,00	130,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmittel			73,50	79,00	95,20		49,00	51,50	65,67
Neugattersleben*	Bode	Jahresminimum				13,00	33,00	32,00	42,00	19,00	27,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum			994,70	310,00	648,00		1700,00	1594,80	627,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel			284,61	167,05	440,23		903,70	868,69	372,08
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum			85,10	38,00	193,60		296,70	255,30	275,60

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	Fluoranthren [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		640,00	740,00	660,00	1100,00	880,00	1500,00	680,00	660,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		550,00	660,00	565,00	935,00	777,50	985,00	575,00	336,33
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		460,00	530,00	500,00	770,00	640,00	720,00	480,00	39,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		2400,00	1900,00	3000,00	2700,00	2100,00	2400,00	2300,00	1300,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		1750,00	1625,00	1750,00	1775,00	1625,00	1550,00	1432,50	745,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		1400,00	1400,00	1200,00	1300,00	1200,00	1000,00	830,00	410,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	2300,00	2000,00	2100,00	2100,00	1800,00	1400,00	1500,00	2000,00	1400,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	1717,50	1540,00	1614,29	1488,89	1460,00	1257,14	1211,43	1225,00	966,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	940,00	1300,00	1100,00	1100,00	1000,00	1000,00	980,00	900,00	670,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			3400,00	2900,00	3300,00	2500,00	2800,00	2600,00	2100,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			2625,00	2070,00	2675,00	2375,00	2225,00	2133,33	1850,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			1600,00	880,00	2200,00	2000,00	1800,00	1500,00	1500,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum									
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel									
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum									
Neugattersleben*	Bode	Jahresmaximum			1100,00	1200,00	1300,00		600,00	1100,00	1100,00
Neugattersleben*	Bode	Jahresmittel			676,67	917,50	902,00		565,00	880,00	716,67
Neugattersleben*	Bode	Jahresminimum			210,00	660,00	500,00		530,00	510,00	490,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum			7221,10	4300,00	4190,00		5343,80	5318,00	4270,00
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel			3905,98	2731,58	3271,16		3230,32	3798,30	2798,01
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum			1400,80	850,00	2135,70		1300,00	2776,60	2158,00

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	Σ PAK 5 [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		1090,00	1490,00	1480,00	2100,00	1600,00	2260,00	1470,00	2410,00
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		1030,00	1296,67	1330,00	1915,00	1515,00	1635,00	1312,50	1119,67
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		970,00	1050,00	1180,00	1730,00	1450,00	1140,00	830,00	258,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		3660,00	3180,00	5560,00	3970,00	3860,00	3650,00	3550,00	2740,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		2970,00	2852,50	3385,00	3637,50	2642,50	2767,50	2900,00	1880,00
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		2490,00	2550,00	2390,00	3270,00	1870,00	2150,00	2340,00	700,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	4180,00	4330,00	3550,00	3290,00	3030,00	2600,00	2360,00	3490,00	
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	3266,67	2744,00	2605,71	2176,67	2368,00	2128,57	1860,00	1880,00	
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	2320,00	1620,00	1330,00	1330,00	1680,00	1680,00	1490,00	1330,00	
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			4490,00	3350,00	3730,00	2920,00	2980,00	2960,00	
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			3522,50	2657,50	2960,00	2755,00	2612,50	2805,00	
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			2350,00	1330,00	2230,00	2490,00	2150,00	2650,00	
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum									
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel									
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum									
Neugattersleben*	Bode	Jahresmaximum				1700,00	2180,00	2250,00	1320,00	2500,00	
Neugattersleben*	Bode	Jahresmittel				1237,00	1765,00	1658,00	1225,00	1935,00	
Neugattersleben*	Bode	Jahresminimum				418,00	1070,00	1030,00	1130,00	1510,00	
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum									
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel									
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum									

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	TBT [µg/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum		5,80	4,30	3,80	6,00	2,00	2,60	5,60	3,40
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel		3,15	3,03	2,95	3,25	1,13	1,98	2,35	2,50
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum		<1	2,30	1,70	<1	<1	<1	<1	1,90
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum		12,00	22,00	12,00	17,00	17,00	5,50	6,30	5,80
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel		8,53	12,78	8,93	11,00	8,03	3,53	4,73	4,58
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum		4,10	8,20	5,40	2,20	3,10	<1	<1	3,10
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	2000,00	4900,00	5400,00	4500,00	3000,00	3500,00	2600,00	1200,00	1100,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	1238,44	2930,00	3700,00	3288,89	3000,00	2177,14	1268,57	856,25	603,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	36,00	1800,00	1800,00	2000,00	3000,00	140,00	770,00	530,00	410,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum			70,00	110,00	110,00	97,00	61,00	56,00	66,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel			35,00	77,25	110,00	60,25	50,75	48,00	36,75
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresminimum			<10	30,00	110,00	25,00	35,00	41,00	13,00
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmaximum							27,00	27,00	<10
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresmittel							<10	14,50	<10
oh. Mdg. Saale*	Schlenze	Jahresminimum							<10	<10	<10
Neugattersleben*	Bode	Jahresmaximum							<10	<10	<10
Neugattersleben*	Bode	Jahresmittel							<10	<10	<10
Neugattersleben*	Bode	Jahresminimum							<10	<10	<10
Sophienwerder*	Spree	Jahresmaximum							<10	<10	<10
Sophienwerder*	Spree	Jahresmittel									
Sophienwerder*	Spree	Jahresminimum									

Bezugsmessstelle	Fluss [2b]	Dioxine/Furane [ngTEQ/kg]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmaximum									
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresmittel									
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	Jahresminimum									
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmaximum									
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresmittel									
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	Jahresminimum									
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmaximum	4280,00	1950,00	1740,00	2930,00	1370,00	2330,00	1220,00	1000,00	661,00
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresmittel	2592,00	1424,25	1367,50	1422,00	976,50	1608,00	1069,67	832,00	521,25
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	Jahresminimum	1560,00	347,00	1240,00	728,00	583,00	1070,00	889,00	737,00	253,00
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmaximum						25,00	75,40	29,70	26,40
Halle-Ammendorf*	Weißer Elster	Jahresmittel						22,98			

Tabelle T-A4-6: Stammdatenbeschreibung

Datensatzbeschreibung

Nr.	Datenspalte	Inhalt	Format
0	Projektname	Kurzbezeichnung des Themas	Text
1	Gewässername	Erhebungsraum der vorliegenden Daten (Elbe bzw. relevantes Nebengewässer)	Text
2	Matrix	Untersuchte Matrix: Sediment, Schwebstoff, Wasser, Boden	Text
3	Koordinatensystem	möglichst vollständige Bezeichnung des Koordinatensystems, in dem die Daten vorliegen Spalte enthält Metainformationen, z.B. über genutzte Rohdaten, ggf. Art der Datenaggregation (zeitlich, räumlich), verwendete Berechnungsroutinen z.B. bei Frachtberechnung	Text
4	Datenbearbeitungsschritte	Institution, die verantwortlich über die genutzten Daten verfügt	Text
5	Datenführende Stelle	Zeitraum der Datenerhebung	Text
6	Zeitraum	Name des Bearbeiters / Federführers	Text
7	Bearbeiter	Stand vom Tag.Monat.Jahr	Datum
8	Aktualität		

Messortbeschreibung

Nr.	Datenspalte	Inhalt	Format
0	Mess- oder Probenahmeort	Name des Bezugs-, Mess- oder Probenahmeortes: eindeutige Bezeichnung, möglichst Ortsnamen, keine Allerweltsnamen wie "Alte Elbe"	Text
1	Messstellencode	ggf. landesinterner / LAWA / ? -Messstellencode	Text
2	Koordinaten: x-Komponente	Koordinatenangabe z.B. Rechtswert / geogr. Länge	Zahl
3	Koordinaten: y-Komponente	Koordinatenangabe z.B. Hochwert / geogr. Breite	Zahl
4	Gewässer	Erhebungsraum der vorliegenden Daten (Elbe bzw. relevantes Nebengewässer)	Text
5	Gewässerabschnitt	Name, z.B. der Stauhaltung oder der Seitenstruktur Angabe des Flusskilometers (auf Hektometer genau) sofern das Gewässer eine Kilometrierung aufweist	Text
6	Fluss-km	Seitens der AG Daten der FGG/IKSE besteht der Wunsch, sedimentbezogene Daten/Informationen soweit möglich auch den jeweiligen Oberflächenwasserkörpern zuzuordnen	Zahl
7	OWK		Text

Messdatenbeschreibung

Nr.	Datenspalte	Inhalt	Format
0	Mess- oder Probenahmeort	Name des Bezugs-, Mess- oder Probenahmeortes: eindeutige Bezeichnung, möglichst Ortsnamen, keine Allerweltsnamen wie "Alte Elbe"	Text
1	Matrix	Untersuchte Matrix: Sediment, Schwebstoff, Wasser, Boden	Text
2	Probenahmeverfahren	Angabe zum Probenahmeverfahren, z.B. Schöpfprobe, Zentrifugenprobe, Sedimentationsbecken, van Veen - Greifer, ...	Text
3	Probenaufbereitung	Angabe zur Probenaufbereitung, z.B. Filtration, Naßsiebung, Trockensiebung ggf. Angabe der untersuchten Kornfraktion:	Text
4	Fraktion der Feststoffprobe	Gesamtfraktion, Fraktion < 2 mm, Fraktion < 20 µm, Fraktion < 63 µm	Text
5	Aufschlussverfahren	ggf. verwendetes Aufschlussverfahren (Schwermetallanalytik)	Text

Tabelle T-A4-7: Reihung der Frachtrelationen $F_{\text{Schmilka}}/F_{\text{Schnackenburg}}$

Ranking der Prozentverteilung F_o/F_u - Relation der Schwermetallverteilung

Jahr	1. Rang	2. Rang	3. Rang	4. Rang	5. Rang	6. Rang
2003	As	Cu	Ni	Zn	Pb	Cd
2004	Cu	As	Ni	Zn	Pb	Cd
2005	Cu	As	Ni	Pb	Zn	Cd
2006	Pb	Cu	As	Ni	Cd	Zn
2007	Cu	Ni	Pb	As	Zn	Cd
2008	Cu	Ni	Pb	As	Zn	Cd
2009	Cu	Pb	Ni	As	Cd	Zn
2010	Pb	Cu	Ni	As	Cd	Zn
2011	Cu	Pb	Ni	As	Zn	Cd

2005 Bezugsjahr

Tabelle T-A2-8: Frachtbilanzierungsergebnisse

Hg (Methode 1.1.a WMP+EP)	2003	F Eintrag	FGE	2004	F Eintrag	FGE	2005	F Eintrag	FGE	2006	F Eintrag	FGE	2007	F Eintrag	FGE	2008	F Eintrag	FGE	2009	F Eintrag	FGE	2010	F Eintrag	FGE	2011	F Eintrag	FGE
Δ F CZ	#WERT!	#WERT!		0,408	40%	0,306	22%	-1,324	-78%	0,242	20%	0,619	44%	0,262	34%	0,591	75%	0,242	31%								
Δ F DE	#WERT!	#WERT!	0,132	13%	0,687	48%	0,453	27%	0,734	61%	0,485	34%	0,168	22%	-0,135	-17%	0,315	40%									
Δ F FGE																											
Cd (Methode 1.1.a WMP+EP)	2003	F Eintrag	FGE	2004	F Eintrag	FGE	2005	F Eintrag	FGE	2006	F Eintrag	FGE	2007	F Eintrag	FGE	2008	F Eintrag	FGE	2009	F Eintrag	FGE	2010	F Eintrag	FGE	2011	F Eintrag	FGE
Δ F CZ	-1,06	-18%	-0,538	-10%	-0,517	-8%	-0,116	-4%	-0,038	-1%	-0,125	-5%	-0,061	-3%	0,737	28%	0,512	15%									
Δ F DE	2,317	39%	2,613	50%	3,157	50%	-1,524	-56%	0,226	8%	-0,197	-8%	-0,472	-19%	-1,473	-56%	-1,634	-48%									
Δ F FGE	1,257	21%	2,075	40%	2,64	42%	-1,64	-60%	0,188	7%	-0,322	-13%	-0,533	-22%	-0,736	-28%	-1,122	-33%									
Pb (Methode 1.1.a WMP+EP)	2003	F Eintrag	FGE	2004	F Eintrag	FGE	2005	F Eintrag	FGE	2006	F Eintrag	FGE	2007	F Eintrag	FGE	2008	F Eintrag	FGE	2009	F Eintrag	FGE	2010	F Eintrag	FGE	2011	F Eintrag	FGE
Δ F CZ	-7,334	-11%	-2,493	-4%	-5,024	-8%	25,654	64%	4,11	7%	1,32	3%	10,362	21%	37,007	63%	16,566	28%									
Δ F DE	17,036	26%	5,116	9%	-0,147	0%	-100,498	-250%	2,91	5%	1,655	4%	-14,065	-28%	-28,595	-48%	-14,385	-25%									
Δ F FGE	9,702	15%	2,623	4%	-5,171	-8%	-74,844	-186%	7,02	12%	2,975	7%	-3,703	-8%	8,412	14%	2,181	4%									
Zn (Methode 1.1.a WMP+EP)	2003	F Eintrag	FGE	2004	F Eintrag	FGE	2005	F Eintrag	FGE	2006	F Eintrag	FGE	2007	F Eintrag	FGE	2008	F Eintrag	FGE	2009	F Eintrag	FGE	2010	F Eintrag	FGE	2011	F Eintrag	FGE
Δ F CZ	83,099	11%	141,157	20%	-6,55	-1%	223,218	34%	42,721	5%	25,097	3%	66,77	8%	153,77	15%	53,833	6%									
Δ F DE	-98,587	-13%	-211,01	-30%	-378,22	-56%	-508,546	-76%	119,35	14%	51,267	7%	90,42	11%	82,713	8%	-317,63	-37%									
Δ F FGE	-15,488	-2%	-69,849	-10%	-384,77	-57%	-285,328	-43%	162,07	20%	76,364	10%	157,19	19%	236,49	23%	-263,8	-31%									
Cu (Methode 1.1.a WMP+EP)	2003	F Eintrag	FGE	2004	F Eintrag	FGE	2005	F Eintrag	FGE	2006	F Eintrag	FGE	2007	F Eintrag	FGE	2008	F Eintrag	FGE	2009	F Eintrag	FGE	2010	F Eintrag	FGE	2011	F Eintrag	FGE
Δ F CZ	2,46	3%	11,765	17%	26,118	32%	48,452	73%	11,523	11%	5,952	7%	24,896	30%	35,149	30%	27,659	28%									
Δ F DE	-5,014	-6%	-39,25	-55%	-70,503	-86%	-99,78	-150%	10,214	10%	14,139	17%	-24,855	-30%	-18,559	-16%	-17,943	-18%									
Δ F FGE	-2,554	-3%	-27,485	-39%	-44,385	-54%	-51,328	-77%	21,737	21%	20,091	25%	0,041	0%	16,59	14%	9,716	10%									
Ni (Methode 1.1.a WMP+EP)	2003	F Eintrag	FGE	2004	F Eintrag	FGE	2005	F Eintrag	FGE	2006	F Eintrag	FGE	2007	F Eintrag	FGE	2008	F Eintrag	FGE	2009	F Eintrag	FGE	2010	F Eintrag	FGE	2011	F Eintrag	FGE
Δ F CZ	-0,346	-1%	139,556	260%	-5,295	-8%	35,552	50%	6,602	10%	-4,148	-7%	7,438	12%	18,763	19%	11,922	14%									
Δ F DE	-0,096	0%	-154,29	-287%	-3,831	-6%	-45,84	-64%	4,229	6%	7,546	13%	3,916	6%	5,782	6%	-1,963	-2%									
Δ F FGE	-0,442	-1%	-14,734	-27%	-9,126	-14%	-10,288	-14%	10,831	16%	3,398	6%	11,354	18%	24,545	25%	9,959	12%									
As (Methode 1.1.a EP)	2003	F Eintrag	FGE	2004	F Eintrag	FGE	2005	F Eintrag	FGE	2006	F Eintrag	FGE	2007	F Eintrag	FGE	2008	F Eintrag	FGE	2009	F Eintrag	FGE	2010	F Eintrag	FGE	2011	F Eintrag	FGE
Δ F CZ	-1,052	-2%	3,758	8%	1,817	5%	13,987	38%	3,138	5%	2,256	4%	4,184	6%	15,23	18%	6,574	9%									
Δ F DE	0,715	2%	-4,302	-10%	-19,158	-54%	-42,705	-115%	19,811	29%	23,311	41%	18,955	27%	10,65	13%	20,726	27%									
Δ F FGE	-0,337	-1%	-0,544	-1%	-17,341	-48%	-28,718	-77%	22,949	34%	25,567	45%	23,139	33%	25,88	31%	27,3	36%									

überwiegend Mobilisierung

indifferent (+/- 10%)

überwiegend Sedimentation

indifferent (+/- 10%)

überwiegend Sedimentation

indifferent (+/- 10%)

überwiegend Sedimentation

überwiegend Mobilisierung

überwiegend Sedimentation

indifferent (+/- 10%)

überwiegend Mobilisierung

Tabelle T-A4-9:

Altlasten mit potenzieller Sedimentrelevanz - Übersicht und Kenntnisstand

Nutzung	Typ	Lage zum Gewässer	Altlastenbearbeitung Stand	Sedimentrelevante Stoffe	Schadstoffmengen
		Variante 1			
		innerhalb des Überschwemmungsgebietes			
Mineralölverarbeitung (kann auch Lagerung mit einschließen, z.B. Raffinerien)	AS	<100 m	Detailuntersuchung Laufender Betrieb einer Stauwasserdrainage. Im Rahmen dieser Sanierungsmaßnahme wird das Grundwasser überwacht. Weitere Sanierungsmaßnahmen geplant.	PAK, As	Schadstoffmenge derzeit nicht quantifizierbar, vermutlich jedoch nicht elberelevant
Gaswerk, Kokerei	AS	<100 m	Überwachung Die Fläche wurde teilweise dekontaminiert. Aufgrund der Versiegelung geht aktuell keine Gefahr aus.	As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn, PAK	Schadstoffmenge derzeit nicht quantifizierbar, vermutlich jedoch nicht elberelevant
Herstellung und Lagerung von Pflanzenschutzmitteln, Schädlingsbekämpfungsmitteln usw.	AS	<100 m	Überwachung Die industrielle Grundstücksnutzung hat nachweislich eine z. T. massive Kontamination insbesondere der etwa 2 m mächtigen Auffüllungsschicht mit Schwermetallen (u. a. As, Pb, Cu) sowie mit Bromid und Jodid verursacht. Auch konnte im Grundwasser eine kontinuierlich ansteigende Arsenbelastung nachgewiesen werden, obwohl das Grundwasser lokal im allgemeinen durch eine dichtende Kleinschicht vor einem Schadstoffeintrag aus der Auffüllungsschicht gut geschützt ist.	As, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, PAK	Schadstoffmenge derzeit nicht quantifizierbar, vermutlich jedoch nicht elberelevant
Schadstoffdeponie, Rückstandshalde	AA	Ufer Entfernungskorridor <300m	Sanierung Die Altablagerung wurde 1998 saniert mittels einer Oberflächenabdichtung.	Cr-VI	92.500 t Produktionsrückstände aus der Herstellung von Natriumdichromat und Chromoxihydrat.
Deponie: Haus- und Gewerbemüll	AA	Überschwemmungsgebiet ist nicht ausgewiesen, Lage hinter Landesschutzdeich	Detailuntersuchung Sanierung erforderlich, Überwachung hat begonnen.	B, Zn, BTXE, PAK, Phenole, AOX, Schwermetalle	Ablagerungsvolumen bis 500.000 m³, wahrscheinlich elberelevant
Deponie: Industiemüll	AA	Überschwemmungsgebiet ist nicht ausgewiesen, Lage hinter Landesschutzdeich	Detailuntersuchung Sanierung erforderlich, Überwachung hat begonnen.	As, Tl, Cd, Cr, Pb, Hg, Cu, PAK, PCB, EOX	Ablagerungsvolumen < 100.000 m³, wahrscheinlich elberelevant
Chemische Fabrik	AS	nein	Detailuntersuchung abgeschlossen	As, Pb, Cd, Cr ges., Cu, Ni, Hg, Zn, MKW, PAK, Phenole (gesamt),	
Siedlungsabfalldeponie mit Abfallablagerungen durch umliegende Industriebetriebe	AA	Überschwemmungsgebiet ist nicht ausgewiesen, Ablagerung ist durch einen Bahndamm vor Hochwasser geschützt (>HQ100),	Historische Erkundung bisher keine Sicherungs-/Sanierungsmaßnahmen, Deponieplateau mit Bauschutt/Erdaushub abgedeckt	Zn, Cu, Pb, Cd, PAK, TBT und weitere sedimentrelevante Stoffe möglich	Ablagerungsvolumen ca. 430.000 m³, Schwermetall- und PAK - Frachtpotenziale deshalb möglicherweise elberelevant, Frachtpotenziale anderer Schadstoffe nicht quantifizierbar

Fortsetzung Tabelle T-A4-9

Kenntnisstand Aspekte des Sedimentmanagements				Mobilisierbarkeit / Emissionspfade			Prüfergebnis	Erfordernisse
Untersuchungsergebnisse				Erosion	Elution	Altsedimente	Sedimentrelevanz für das Elbesystem	
Wasserphase	Sediment	Schwebstoffe	Grund-/Sickerwasser					
liegen nicht vor	liegen vor	liegen nicht vor	liegen vor		Eine massive Belastung des Bodens mit verschiedenen Ölphasen sowie des Stau- und des Grundwassers ist bereits eingetreten, daher laufender Betrieb einer Stauwasserdrainage.		Die Schadstoffmerkmale der Altlast werden im Sediment angetroffen. Es ist daher davon auszugehen, dass ein Austrag aus der Altlast in das Gewässer stattfindet. Sedimentrelevanz für das Elbesystem wahrscheinlich nicht gegeben.	
liegen vor	liegen vor	liegen nicht vor	liegen vor		Im Grundwasser wird eine mäßige und, im Vergleich zu den Vorbeobachtungen, stagnierende bis leicht rückläufige Belastung konstatiert. Es ist weiterhin eine Beeinträchtigung durch einen Schadstoffaustrag aus der Verdachtsfläche bzw. dem Stauwasserkörper		Ein Teil der Schadstoffmerkmale der Altlast finden sich im Wasser und Sediment des angrenzenden Oberflächengewässers wieder. Einfluss der Fläche auf das Gewässer ist somit wahrscheinlich. Sedimentrelevanz für das Elbesystem wahrscheinlich nicht gegeben.	
liegen vor	liegen vor	liegen nicht vor	liegen vor		Die Stauwasserproben weisen stark erhöhte Schwermetallkonzentrationen auf. Im Grundwasser weisen die Schwermetallkonzentrationen generell niedrige Konzentrationen auf oder sind nicht nachweisbar.		Die Schadstoffmerkmale der Altlast werden im Sediment angetroffen. Es ist daher davon auszugehen, dass ein Austrag aus der Altlast in das Gewässer stattfindet. Sedimentrelevanz für das Elbesystem wahrscheinlich nicht gegeben.	
liegen vor		liegen vor	liegen vor	nicht relevant			Die Altablagerung wurde 1998 saniert mittels einer Oberflächenabdichtung. Im Grundwasser wurden noch z.T. hohe Gehalte an Cr-VI nachgewiesen. Die Schadstoffgehalte zeigen eine abnehmende Tendenz. Nicht Elbe-relevant.	Monitoring im OW und GW findet weiter statt
ja	nein	nein	nein	Erosionsgefährdung kann ausgeschlossen werden. Die Deponiehalde ist nicht überschwemmungs- und nicht standsicherheitsgefährdet.	Schadstoffelution durch Sickerwässer findet statt. Oberflächenwasseruntersuchungen im Randgraben zeigen nur moderate Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser an. Eluierbare Schadstoffmengen können bisher nicht abgeschätzt werden.	keine Untersuchungen	Wahrscheinlich nicht gegeben, Grundwasserfließ-richtung tideabhängig. Abschließend erst nach Untersuchung des Grundwasser-Hauptabstroms bewertbar.	Untersuchung des Grundwasser-Hauptabstroms
ja	nein	nein	GW: ja	Erosionsgefährdung kann ausgeschlossen werden. Die Deponiehalde ist nicht überschwemmungs- und nicht standsicherheitsgefährdet.	Schadstoffelution durch Sickerwässer findet statt. Grundwasseruntersuchungen zeigen nur moderate Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser an. Eluierbare Schadstoffmengen können bisher nicht abgeschätzt werden.	keine Untersuchungen	Wahrscheinlich nicht gegeben, Grundwasserfließ-richtung tideabhängig. Abschließend erst nach Untersuchung des Grundwasser-Hauptabstroms bewertbar.	Untersuchung des Grundwasser-Hauptabstroms
liegen vor	liegen vor	liegen vor	keine aktuellen Daten	Erosionsgefährdung kann ausgeschlossen werden. Die Deponie ist nicht überschwemmungsgefährdet. Standsicherheit ist nicht beurteilbar,	Schadstoffelution durch Sickerwässer kann nicht ausgeschlossen werden. Aktuelle Ergebnisse von Sickerwasser-/Grundwasseruntersuchungen stehen nicht zur Verfügung. Eluierbare Schadstoffmengen können derzeit nicht abgeschätzt werden.	TBT- und schwermetallbelastete Altsedimente wurden unterstrom im Uferbereich des Gewässers nachgewiesen. Diese stammen jedoch vorrangig sehr wahrscheinlich aus anderen Eintragsquellen.	Wahrscheinlich nicht gegeben. Abschließend erst nach Untersuchung des Grundwasser-Hauptabstroms bewertbar.	Grundwasseruntersuchung im Abstrombereich

Tabelle T-A4-10: Sedimentrelevanz von Großprojekten

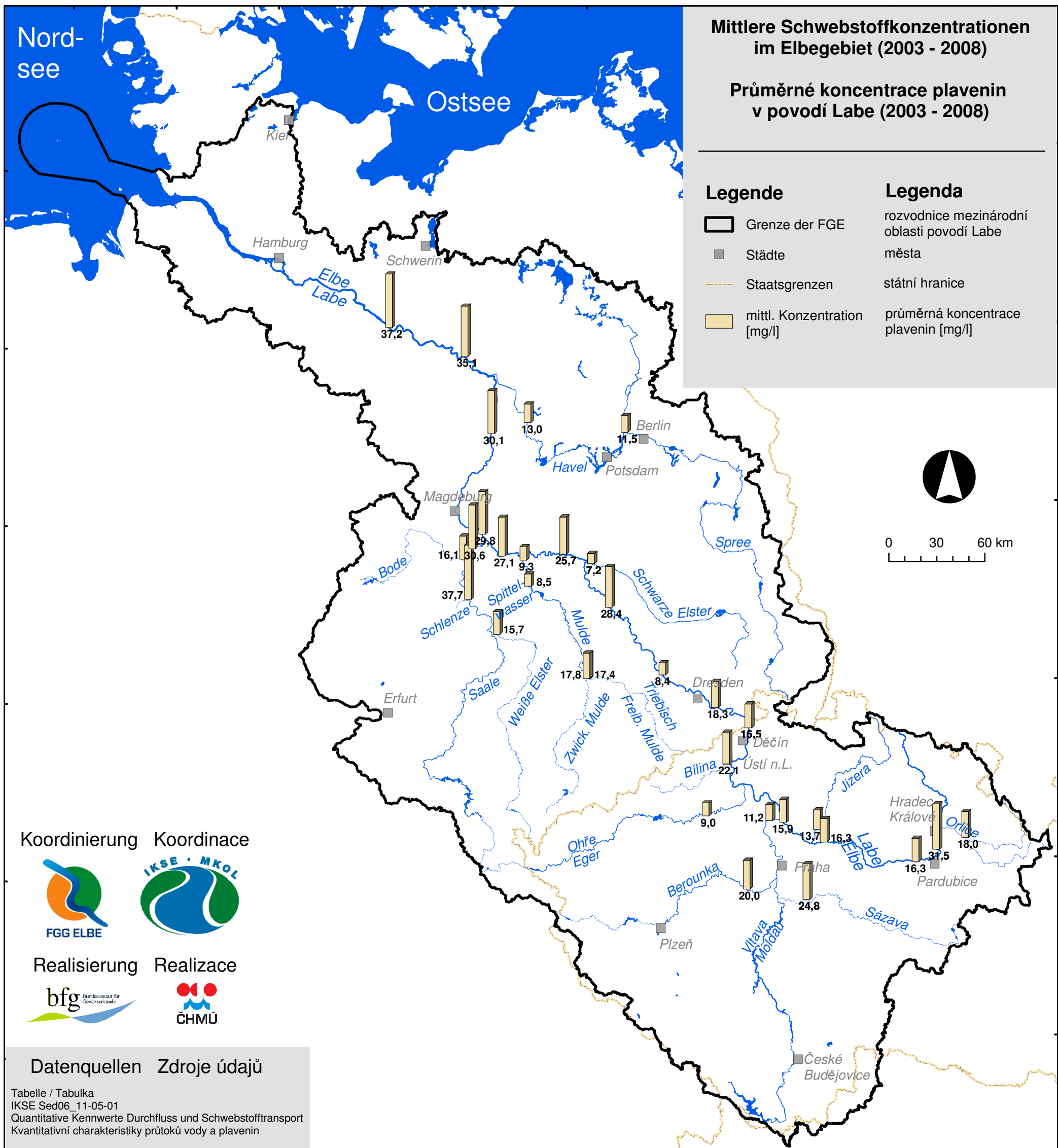
Projekt	Gewässer	Land	Landkreis	Ort/ Gemeinde	ehemalige Nutzung	Typ
ÖGP MD-Rothensee	Elbe	Sachsen-Anhalt	Magdeburg, Landeshauptstadt	Magdeburg, Landeshauptstadt	Industriestandort(u.a. Gaswerk, Imprägnierwerk)	AS +AA
ÖGP Buna	Saale (über die Laucha)	Sachsen-Anhalt	Saalekreis	Schkopau	Chemiestandort, Deponie (Hochhalde Schkopau)	AA
ÖGP Bitterfeld-Wolfen	Mulde	Sachsen-Anhalt	Anhalt-Bitterfeld	Bitterfeld-Wolfen	Chemiestandort	AS +AA
Fahlberg List / Hauptwerk	Elbe	Sachsen-Anhalt	Magdeburg, Landeshauptstadt	Magdeburg, Landeshauptstadt	Ehem. Chemiestandort	AS
Großprojekt Berlin		Berlin	Berlin	Treptow/ Köpenick	Ehem. Chemiefabrik	AS
Wismut Komplex Crossen	Zwickauer Mulde	Sachsen	Zwickau	Crossen	mech. und chem. Umsetzung von Uran	AS+AA
Wismut Komplex Schlema	Zwickauer Mulde	Sachsen		Schlema-Alberoda	Altbergbau Ag, Co,Cu, Ni,Bi Bergbau U	AS+AA
Saxonia Teilfläche Davidschacht	Freiberger Mulde	Sachsen	Freiberg		Hauptförderschacht im Freiburger Revier,	AS+AA
Saxonia Teilfläche Hütte Freiberg	Freiberger Mulde	Sachsen	Freiberg	Freiberg	Zinkgewinnung, Schwefelsäurefabrik, Hüttenwerk, Zinnengewinnung	AS+AA
Saxonia Teilfläche Hütte Halsbrücke	Freiberger Mulde	Sachsen	Freiberg	Halsbrücke	Herstellung von Ag,Pb,Edelmetallen und Cu	AS+AA
Saxonia Teilfläche Hütte Muldenhütten	Freiberger Mulde	Sachsen	Freiberg		Ag- gewinnung, dann Pb und Zn	AS+AA

Fortsetzung Tabelle T-A4-10

Projekt	Lage zum Gewässer	Altlastenbearbeitung Stand	Sedimentrelevante Stoffe	Schadstoffmengen	Kenntnisstand Aspekte des Sedimentmanagements			
					Untersuchungsergebnisse			
					Wasserphase	Sediment	Schwebstoffe	Grund-/Sickerwasser
ÖGP MD-Rothensee	Ufer-Entfernungskorridor bis 100 m	Sanierungsuntersuchung, Sanierung (Boden, Grundwasser) Monitoring	SM, As, PAK	Prüfung Relevanz für Elbe auf Basis vorliegender GW- und Sedimentdaten in Prüfschritt 2	liegen stichprobenhaft vor	liegen stichprobenhaft vor	keine Daten	liegen vor
ÖGP Buna	Tlw. Ufer-Entfernungskorridor bis 100 m	Sanierungsuntersuchung, Sanierung (Boden, Grundwasser) Monitoring	Schwermetalle (Hg)	Prüfung Relevanz für Elbe auf Basis vorliegender GW- und Sedimentdaten in Prüfschritt 2	liegen vor	liegen stichprobenhaft vor	keine Daten	liegen vor
ÖGP Bitterfeld-Wolfen	innerhalb des Überschwemmungsgebietes (Nur Außenflächen in Muldeau)	Sanierungsuntersuchung, Sanierung (Boden, Grundwasser) Monitoring	HCH	Prüfung Relevanz für Elbe auf Basis vorliegender GW- und Sedimentdaten in Prüfschritt 2	liegen vor	umfangreiche Datenerhebung (Projekt Frachtreduzierung Spittelwasser) laufend	umfangreiche Datenerhebung (Projekt Frachtreduzierung Spittelwasser) laufend	liegen vor
Fahlberg List / Hauptwerk	Ufer-Entfernungskorridor bis 100 m	Sanierungsuntersuchung, Monitoring	SM, HCH	Prüfung Relevanz für Elbe auf Basis vorliegender GW- und Sedimentdaten in Prüfschritt 2	liegen stichprobenhaft vor	liegen stichprobenhaft vor	keine Daten	liegen vor
Großprojekt Berlin	nicht Hochwassergefährdet, kein Überschwemmungsgebiet	Sanierungsuntersuchung,	As,BTEX, LCKW, LBrKW,Chlorbenzol,Orga nochlorpestizid			liegen vor		
Wismut Komplex Crossen		Sanierungsuntersuchung	U,As		liegen vor	liegen vor	liegen vor	liegen vor
Wismut Komplex Schlema		Sanierungsuntersuchung	U,Ra, As		liegen vor	liegen vor	liegen vor	liegen vor
Saxonia Teilfläche Davidschacht		Sanierungsuntersuchung	SM, As		liegen vor	liegen vor		liegen vor
Saxonia Teilfläche Hütte Freiberg		Sanierungsuntersuchung, Sanierung (Boden, Grundwasser) Monitoring	SM, As		liegen vor	liegen vor		liegen vor
Saxonia Teilfläche Hütte Halsbrücke	Ufer-Entfernungskorridor bis 100 m	Sanierungsuntersuchung, Sanierung (Boden, Grundwasser) Monitoring	SM, As,Hg		liegen vor	liegen vor		liegen vor
Saxonia Teilfläche Hütte Muldenhütten	Ufer-Entfernungskorridor bis 100 m	Sanierungsuntersuchung, Sanierung (Boden, Grundwasser) Monitoring	SM,radioaktive Stoffe, As, Dioxine und Furane		liegen vor	liegen vor		liegen vor

Fortsetzung Tabelle T-A4-10

Projekt	Mobilisierbarkeit / Emissionspfade			Prüfergebnis	Erfordernisse
	Erosion	Elution	Altsedimente		
ÖGP MD-Rothensee	Erosionsgefährdung kann ausgeschlossen werden (Lage > HW 100)	Grundwasserschaden vorhanden	Belastete Altsedimente in den Hafengebieten	Potentiell gegeben. Prüfschritt 2 erforderlich.	Bewertung gelöster und partikulärer Schadstofffracht von der vorgelagerten Vorflut (Hafengebieten) in die Elbe
ÖGP Buna	Erosionsgefährdung besteht. Fließgewässer Laucha im Hochwasserfall in Kontakt mit kontaminierten Uferbereichen.	Keine Schadstoffelution (metallische Hg-Verbindungen)	Hg-belastete Altsedimente wurden in der Laucha und in der Saale nachgewiesen.	Potentiell gegeben. Prüfschritt 2 erforderlich.	Fortführung der Maßnahme "Umverlegung Laucha" gemäß BWP
ÖGP Bitterfeld-Wolfen	Erosionsgefährdung für Flächen des ÖGP kann ausgeschlossen werden. Auenbereiche im Abstrom des ÖGP werden aktuell untersucht (Projekt Frachtreduzierung Spittelwasser)	Grundwasserschaden vorhanden	Historische Hinweise auf schadstoffbelastete Sedimente im Spittelwasser vorhanden, Auenbereiche im Abstrom des ÖGP werden aktuell untersucht (Projekt Frachtreduzierung Spittelwasser)	Potentiell gegeben. Prüfschritt 2 erforderlich.	Maßnahmeableitung vorgesehen auf der Basis der Untersuchungsergebnisse (Systemverständnis) des Projektes Frachtreduzierung Spittelwasser
Fahlberg List / Hauptwerk	Erosionsgefährdung kann nicht ausgeschlossen werden.	Grundwasserschaden vorhanden	HCH- und schwermetallbelastete Altsedimente wurden in der Elbe nachgewiesen.	Potentiell gegeben. Prüfschritt 2 erforderlich.	Maßnahmen zur Standortsanierung in Planung
Großprojekt Berlin	Erosionsgefährdung kann ausgeschlossen werden.	Keine Schadstoffelution			weitere Bodensanierung in einzelnen Teilbereichen
Wismut Komplex Crossen					
Wismut Komplex Schlema					
Saxonia Teilfläche Davidschacht		Schadstoffelution möglich			Sanierung Spülhalde in Vorbereitung, Monitoring GW und Sickerwasser
Saxonia Teilfläche Hütte Freiberg		Keine Schadstoffelution			Standortsanierung abgeschlossen, Monitoring GW und Sickerwasser
Saxonia Teilfläche Hütte Halsbrücke		Keine Schadstoffelution			Standortsanierung abgeschlossen, Monitoring GW und Sickerwasser
Saxonia Teilfläche Hütte Muldenhütten		Keine Schadstoffelution			Standortsanierung abgeschlossen, Monitoring GW und Sickerwasser



Mittlere Schwebstoffkonzentrationen im Elbegebiet (2003 - 2008)

Průměrné koncentrace pavenin v povodí Labe (2003 - 2008)

Legende

- Grenze der FGE
- Städte
- Staatsgrenzen
- mittl. Konzentration [mg/l]

Legenda

- rozvodnice mezinárodní oblasti povodí Labe
- města
- státní hranice
- průměrná koncentrace pavenin [mg/l]

Koordinierung Koordinace



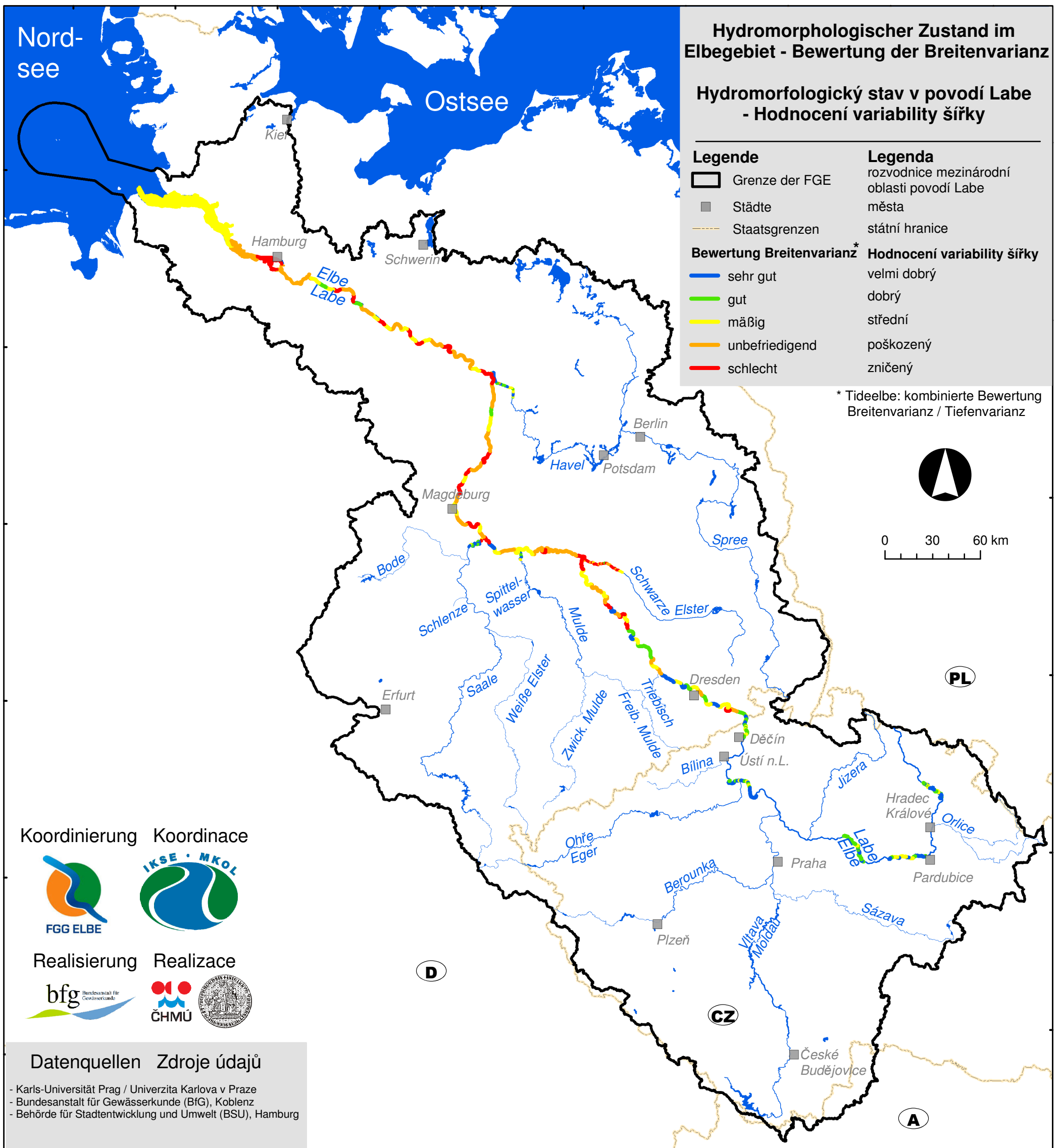
Realisierung Realizace



Datenquellen Zdroje údajů

Tabelle / Tabulka
 IKSE Sed06_11-05-01
 Quantitative Kennwerte Durchfluss und Schwebstofftransport
 Kvantitativní charakteristiky průtoků vody a pavenin

Bezugsmessstelle Referenční profil	Fluss / Nebenfluss Řeka / Přítok	Schwebstoffkonzentration / Koncentrace pavenin [mg/l]		Durchfluss / Průtok [m³/s] MQ / Qa [2003-2008]
		Minimum - Maximum / minimum - maximum [2003 - 2008]	Mittelwert / Průměrná hodnota [2003 - 2008]	
Němčice	Labe (Elbe)	17,9	47,1	31,5
Valy	Labe (Elbe)	13,3	20,4	16,3
Lysá n.L.	Labe (Elbe)	12,2	20,7	16,3
Obríství	Labe (Elbe)	9,1	31,2	15,9
Dolní Žleb	Labe (Elbe)	11,9	23,0	16,5
Týniště n.O.	Orlice	11,7	23,8	18,0
Tuřice	Jizera	9,7	17,5	13,7
Vraňany	Vltava (Moldau)	6,4	14,8	11,2
Srbsko	Berounka	10,5	26,5	20,0
Nespeky	Sázava	12,4	33,3	24,8
Louny	Ohře (Eger)	7,5	10,8	9,0
Ústí n.L. (Trmice)	Bílina	16,8	27,6	22,1
Pirna	Elbe (Labe)	12,5	24,0	18,3
Torgau	Elbe (Labe)	19,9	34,0	28,4
Wittenberg	Elbe (Labe)	19,4	32,2	25,7
Aken	Elbe (Labe)	20,5	37,4	27,1
Barby	Elbe (Labe)	25,2	37,1	29,8
Tangermünde	Elbe (Labe)	24,7	36,9	30,1
Wittenberge	Elbe (Labe)	28,9	47,7	35,1
Hitzacker	Elbe (Labe)	31,3	46,9	37,2
Gorsdorf	Schwarze Elster	5,5	10,4	7,2
Dessau	Mulde	5,3	13,6	9,3
Calbe	Saale	19,8	40,0	30,6
Rathenow	Havel	11,1	15,1	13,0
Mdg. Triebisch	Triebisch	2,9	14,9	8,4
Mdg. Freib. Mulde, Erlin	Freiberger Mulde	6,9	41,4	17,4
Mdg. Zwick. Mulde, Sermuth	Zwickauer Mulde	11,3	26,2	17,8
Jeßnitz, Schachtgraben	Spittelwasser	5,8	11,2	8,5
Halle-Ammendorf	Weißer Elster	13,4	21,2	15,7
oh. Mdg. Saale	Schlenze	25,0	78,4	37,7
Neugattersleben	Bode	9,0	25,2	16,1
Sophienwerder	Spree	10,1	13,2	11,5



Koordinierung Koordinace

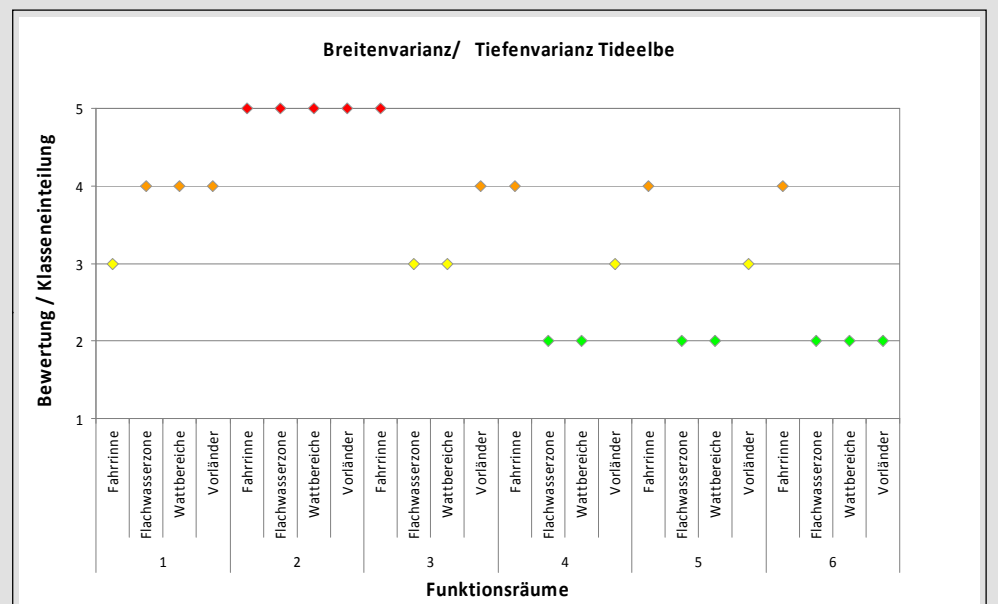
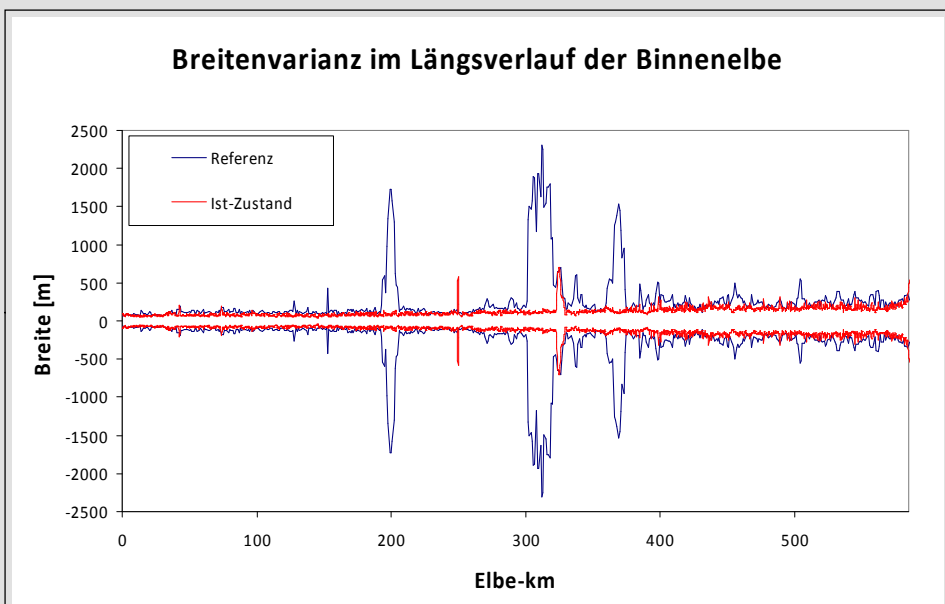


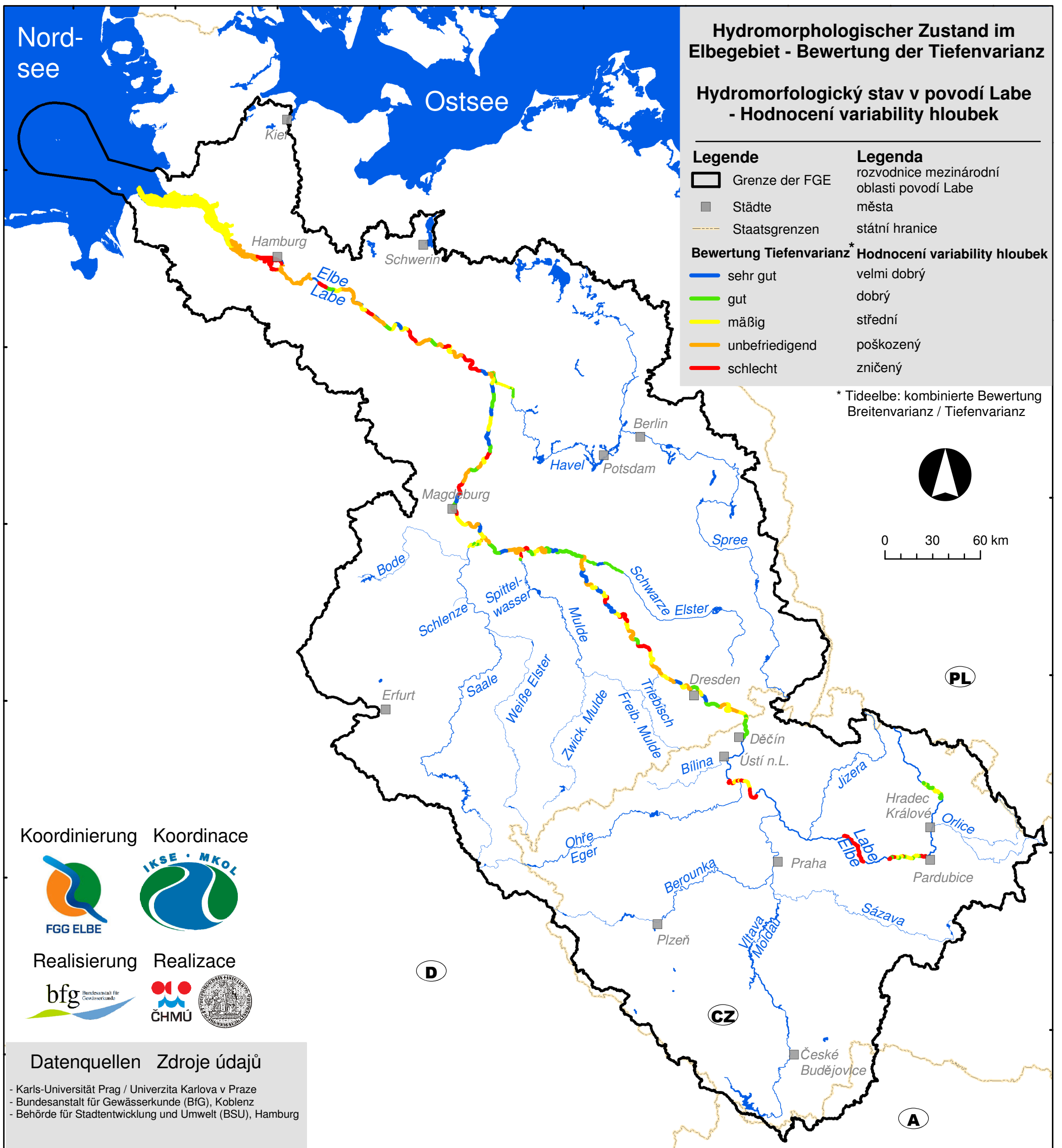
Realisierung Realizace



Datenquellen Zdroje údajů

- Karls-Universität Prag / Univerzita Karlova v Praze
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz
- Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU), Hamburg





Hydromorphologischer Zustand im Elbegebiet - Bewertung der Tiefenvarianz

Hydromorfologický stav v povodí Labe - Hodnocení variability hloubek

Legende

- ▭ Grenze der FGE
- Städte
- Staatsgrenzen

Bewertung Tiefenvarianz*

- sehr gut
- gut
- mäßig
- unbefriedigend
- schlecht

Legenda

- rozvodnice mezinárodní oblasti povodí Labe
- města
- státní hranice

*** Hodnocení variability hloubek**

- velmi dobrý
- dobrý
- střední
- poškozený
- zničený

* Tidelbe: kombinierte Bewertung Breitenvarianz / Tiefenvarianz

Koordinierung Koordinace

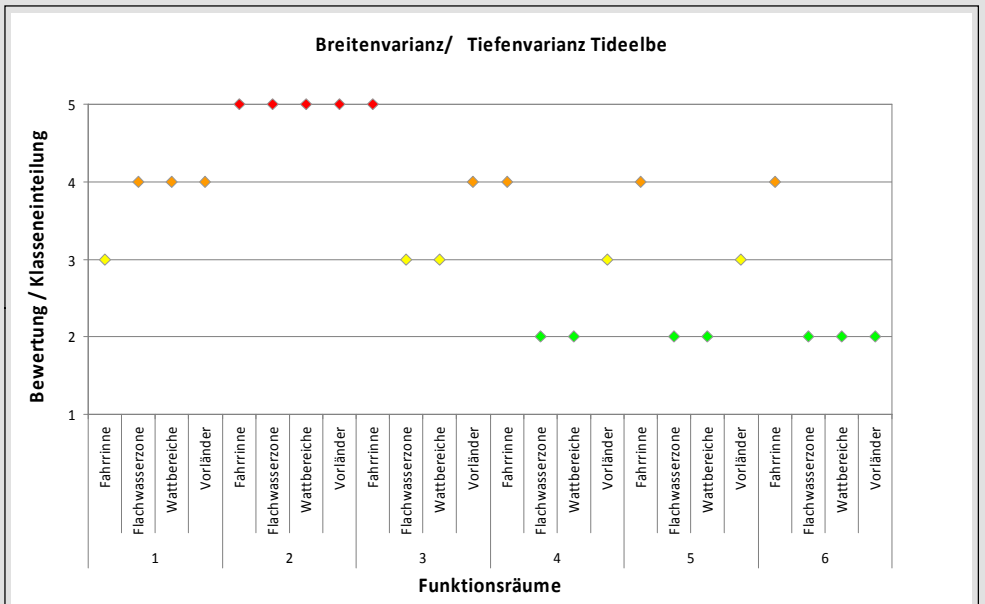
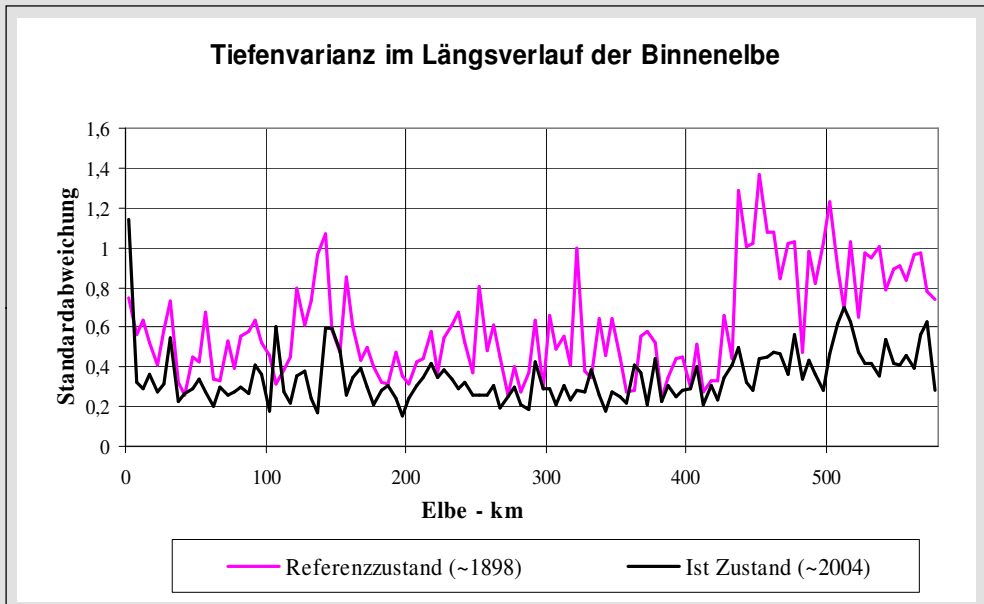


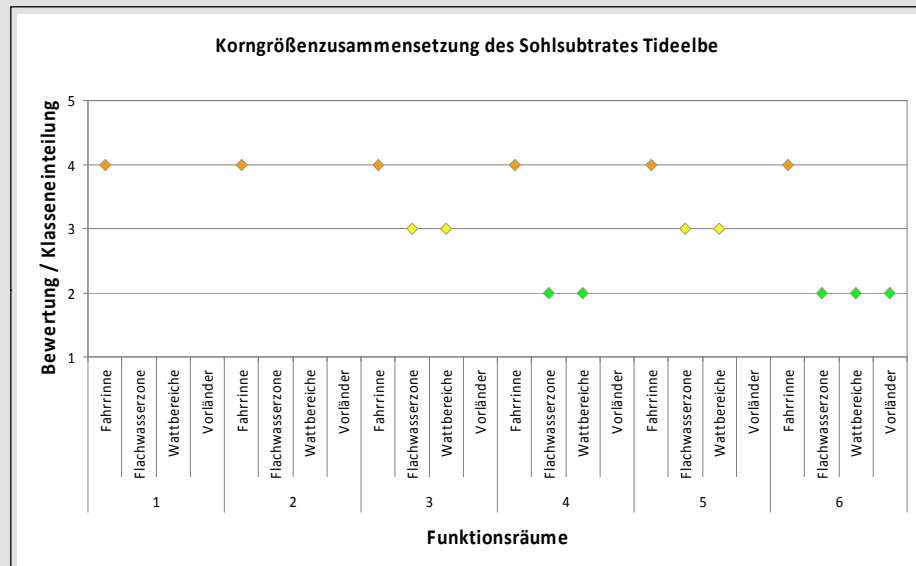
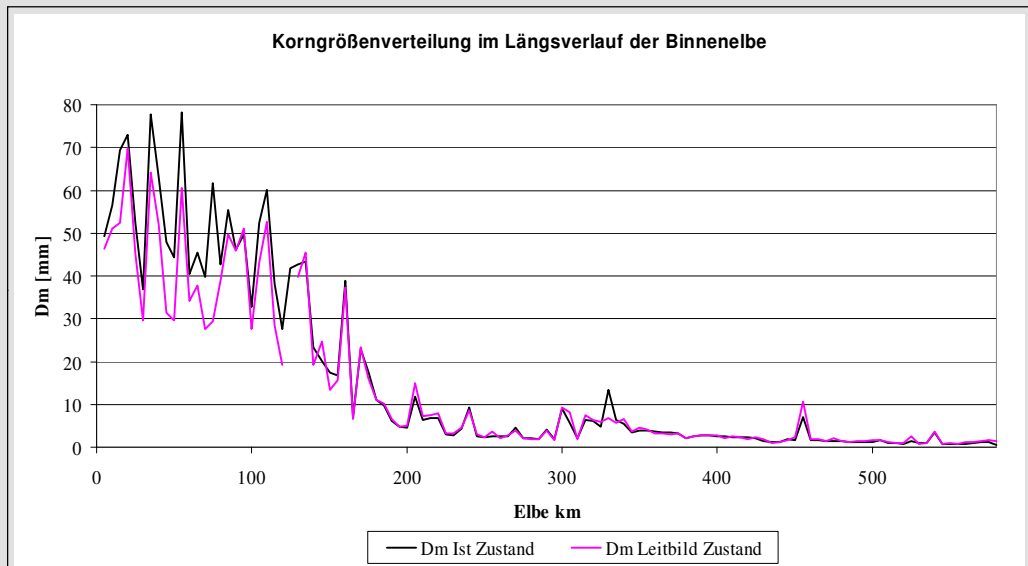
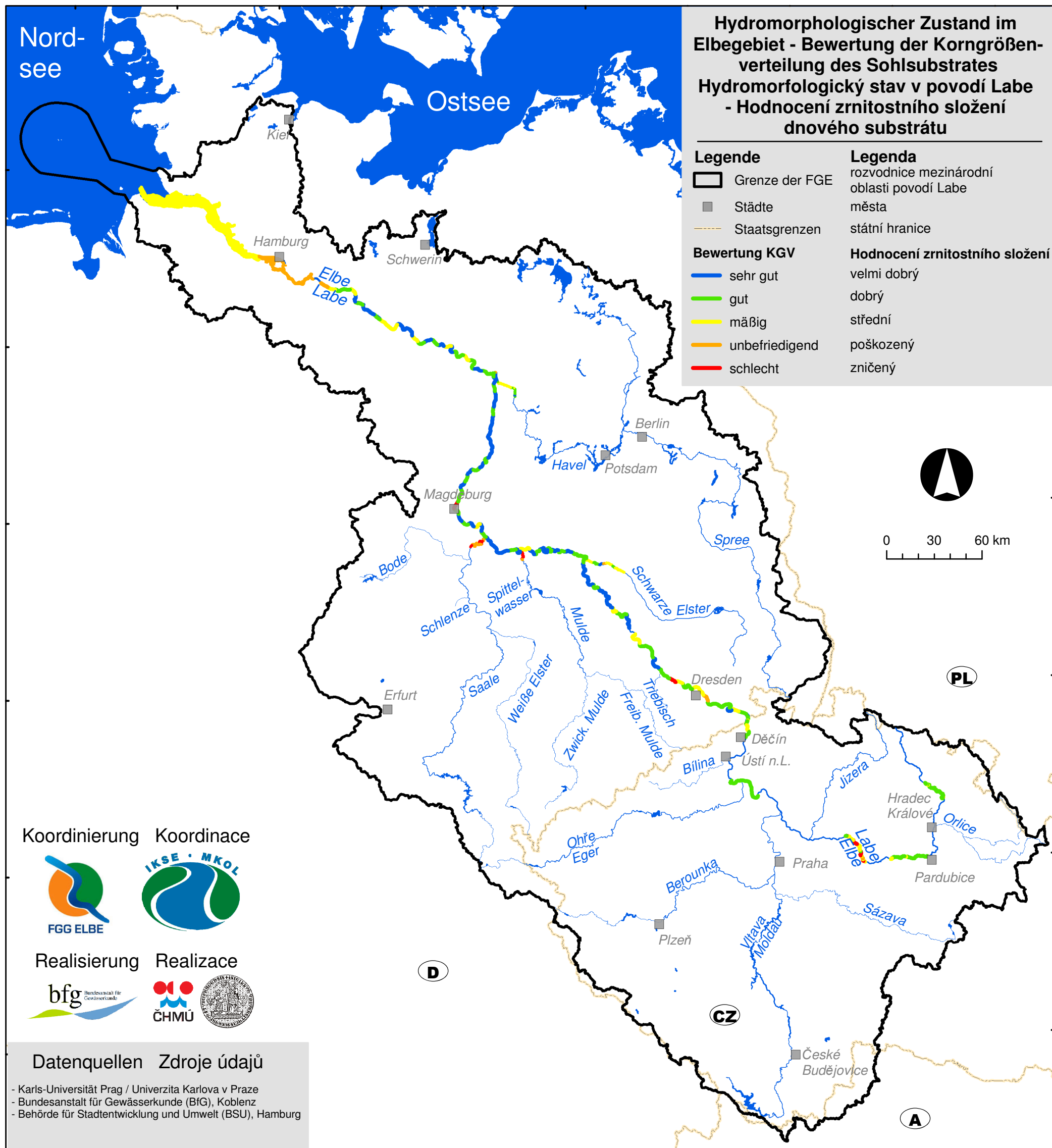
Realisierung Realizace

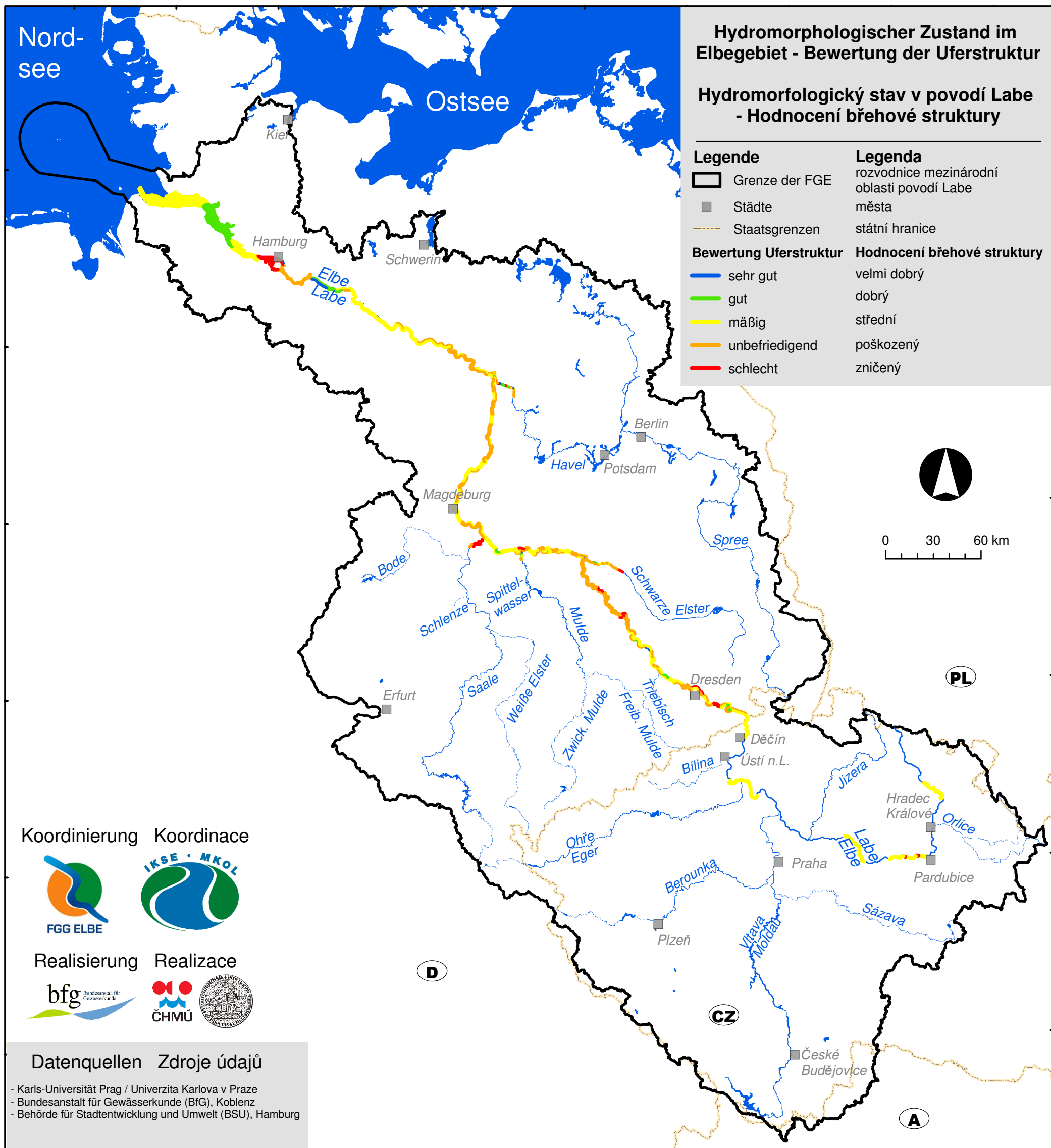


Datenquellen Zdroje údajů

- Karls-Universität Prag / Univerzita Karlova v Praze
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz
- Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU), Hamburg







Hydromorphologischer Zustand im Elbegebiet - Bewertung der Uferstruktur

Hydromorfologický stav v povodí Labe - Hodnocení břehové struktury

Legende

▭ Grenze der FGE

■ Städte

--- Staatsgrenzen

Bewertung Uferstruktur

— sehr gut

— gut

— mäßig

— unbefriedigend

— schlecht

Legenda

— rozvodnice mezinárodní oblasti povodí Labe

— města

— státní hranice

Hodnocení břehové struktury

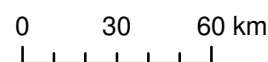
— velmi dobrý

— dobrý

— střední

— poškozený

— zničený



Koordinierung Koordinace

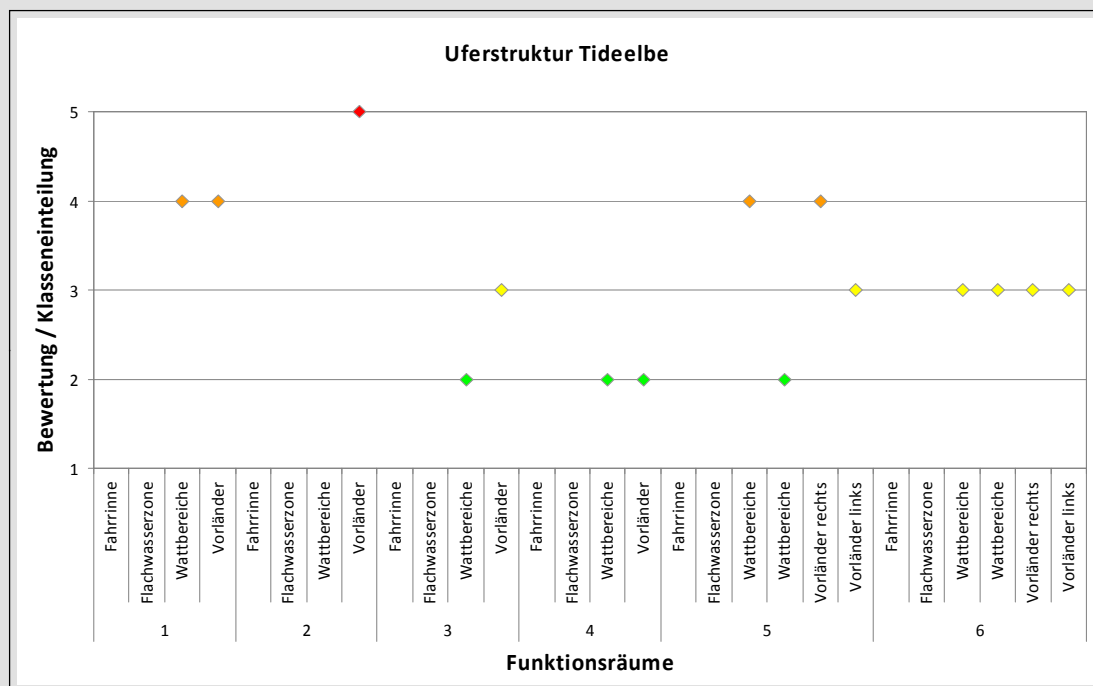
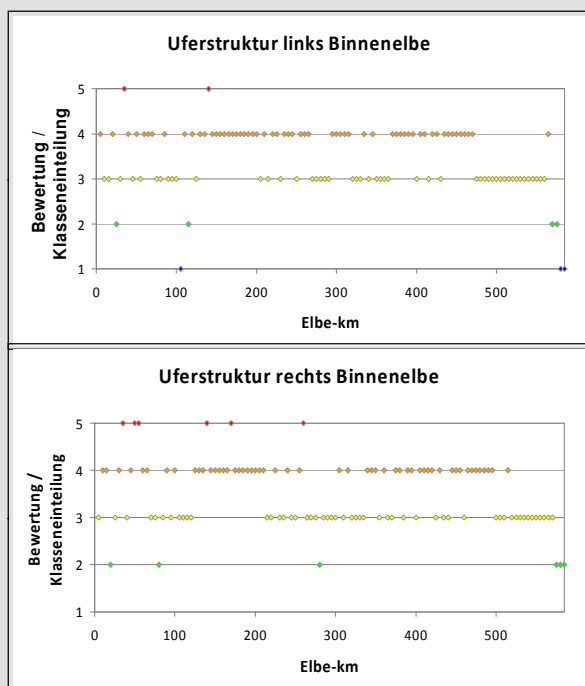


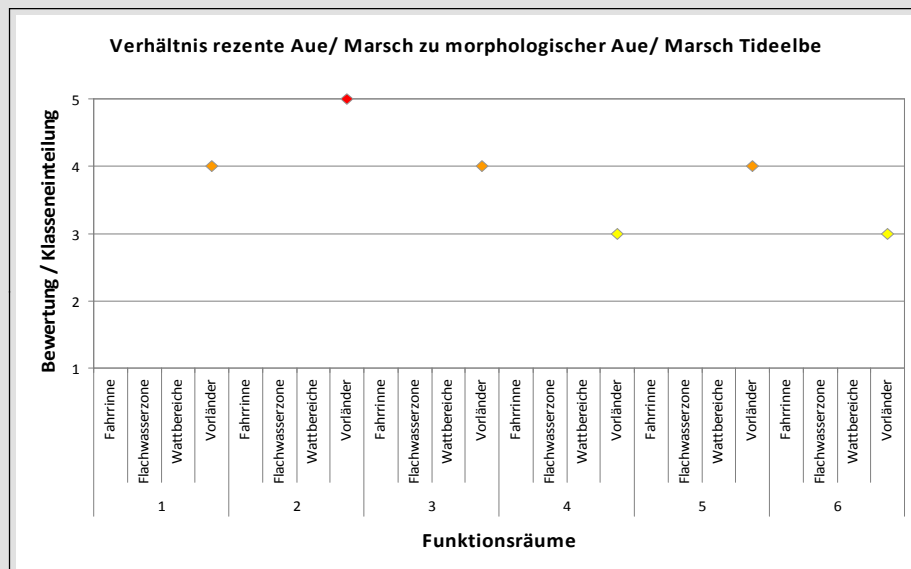
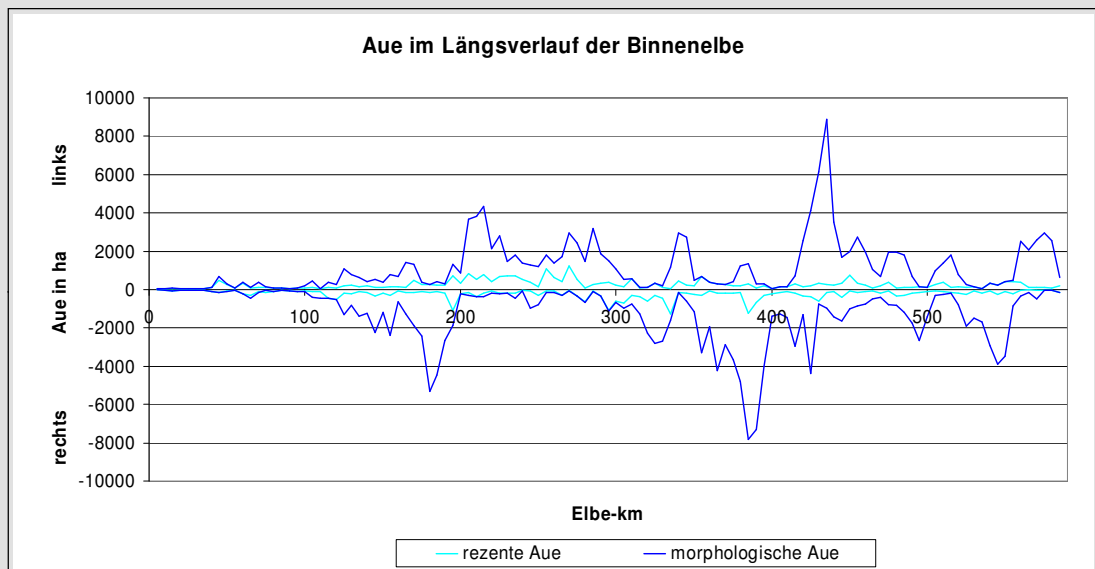
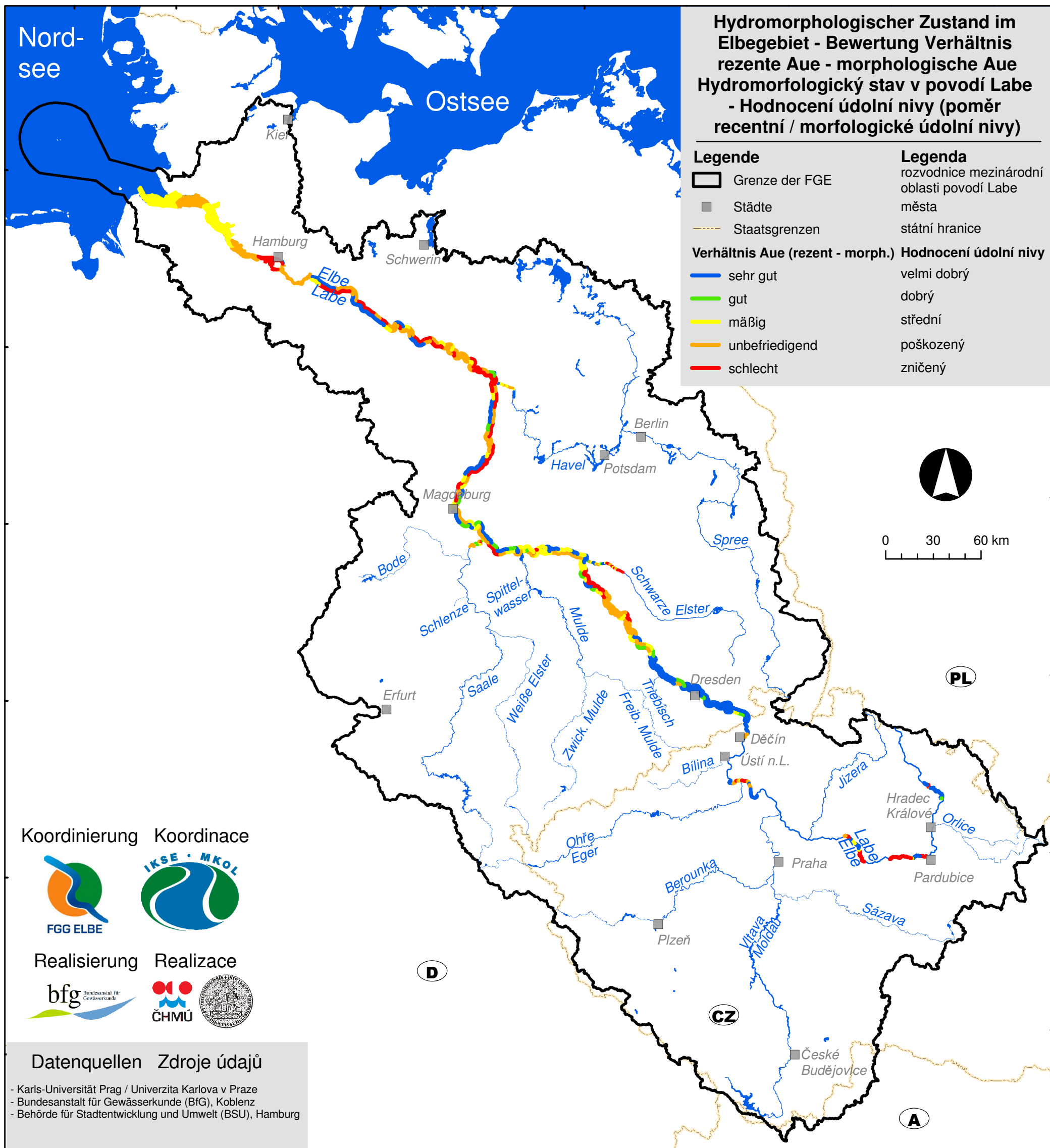
Realisierung Realizace



Datenquellen Zdroje údajů

- Karls-Universität Prag / Univerzita Karlova v Praze
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz
- Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU), Hamburg





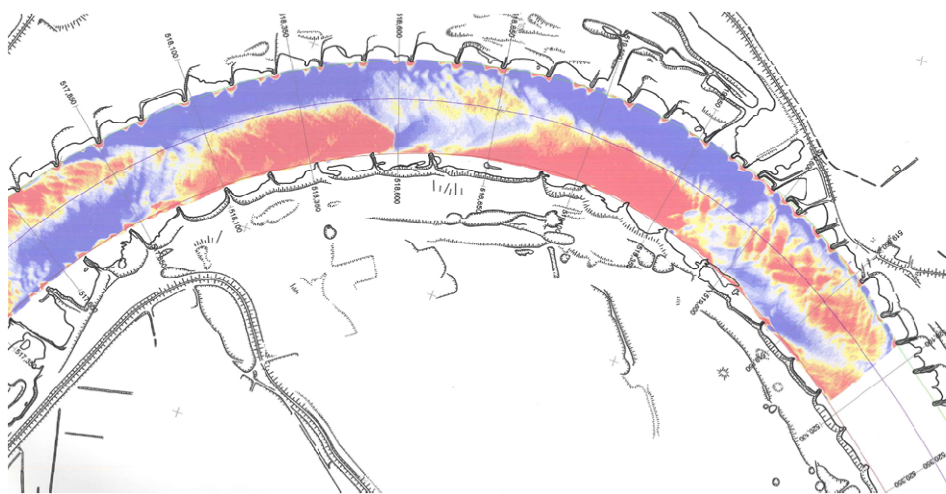
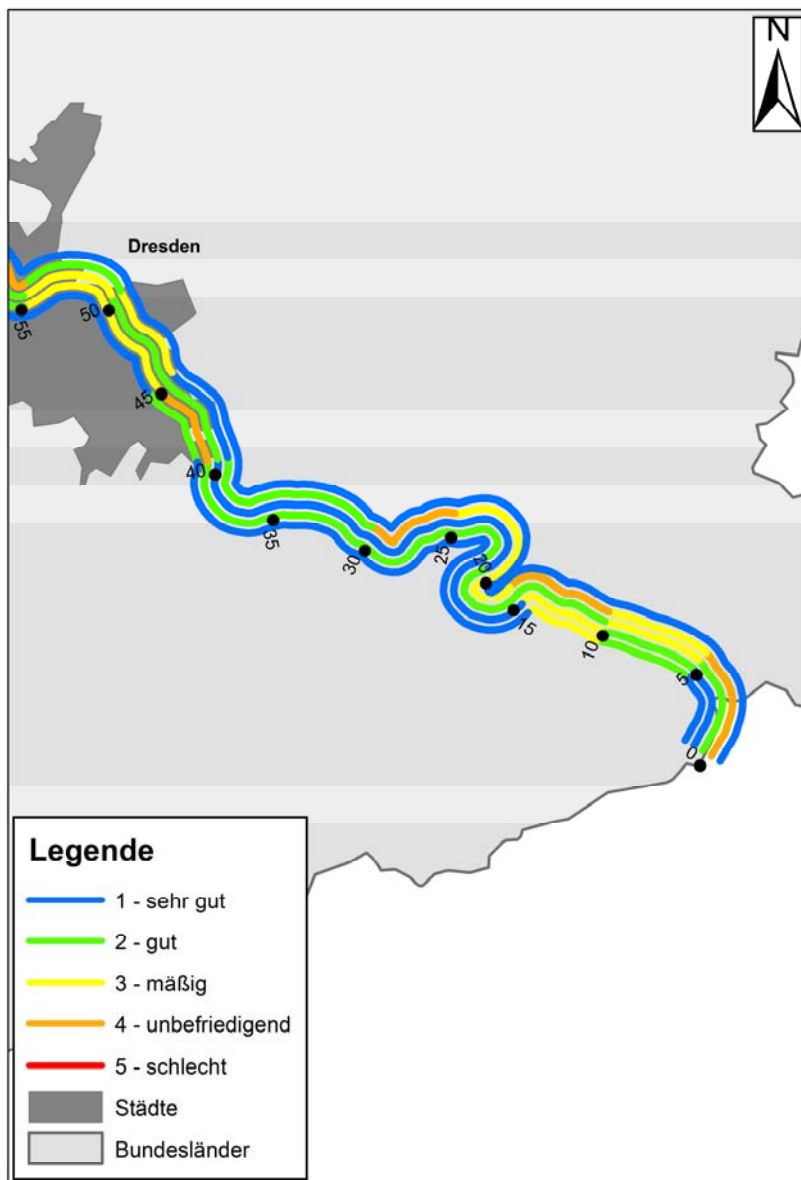


Abbildung B-A4-1: In Fahrrinntiefe und Fahrrinnenbreite beeinträchtigte Gewässersohle (Bereich Elbe-Reststrecke km 516 – km 520)



Band links außen = Aue links
 Band links = Korngrößenverteilung
 Band Mitte = Mittlere Sohlhöhenänderung – Sedimentbilanz
 Band rechts = Tiefenvarianz
 Band rechst außen = Aue rechts

Abbildung B-A4-2: Beispiel einiger Bewertungsergebnisse mit Hilfe der Methoden des Moduls Valmorph für den Oberlauf der Binnenelbe zwischen der deutsch-tschechischen Grenze (Elbe-km 0) und Dresden (Elbe-km 50)

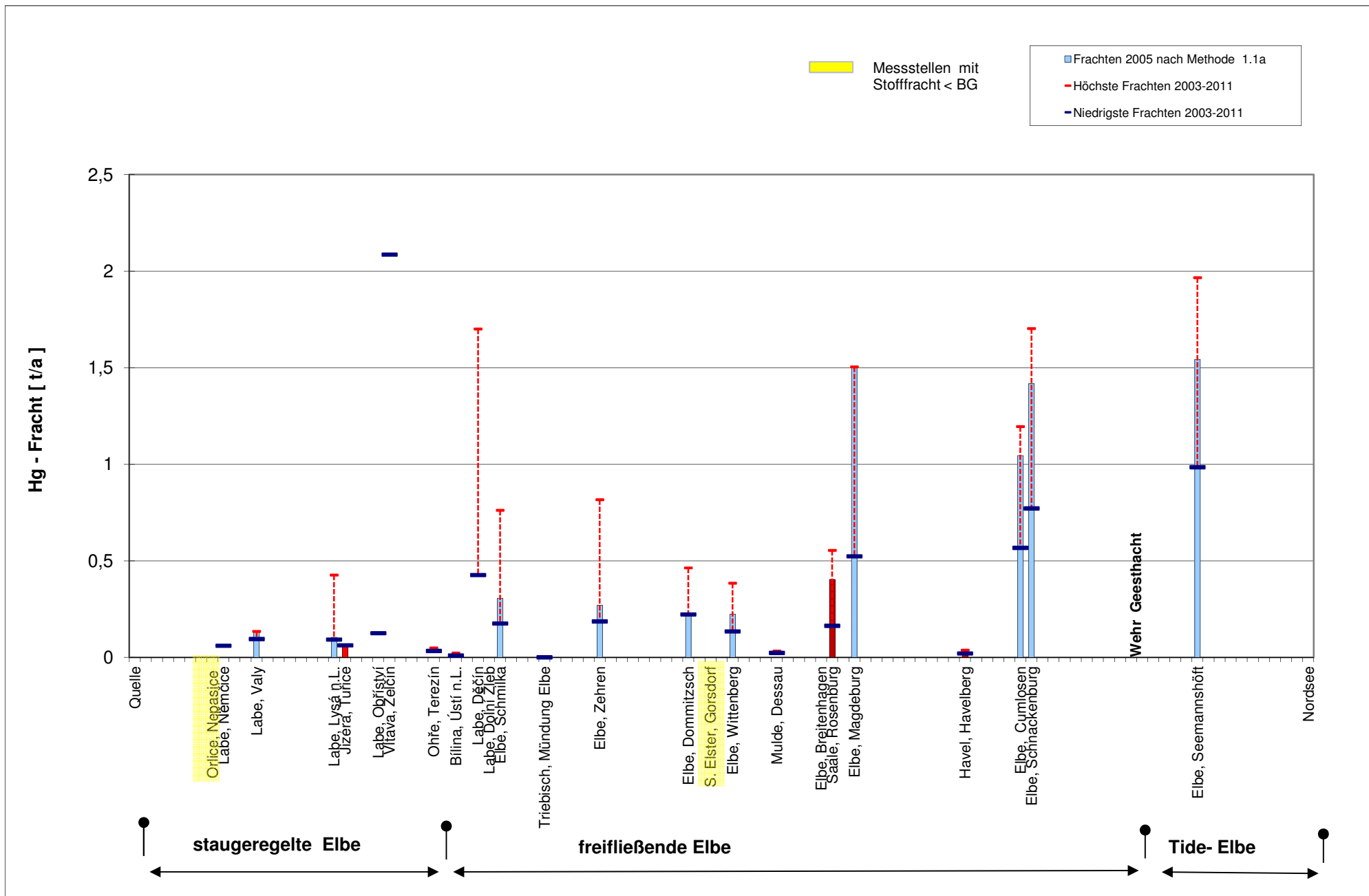
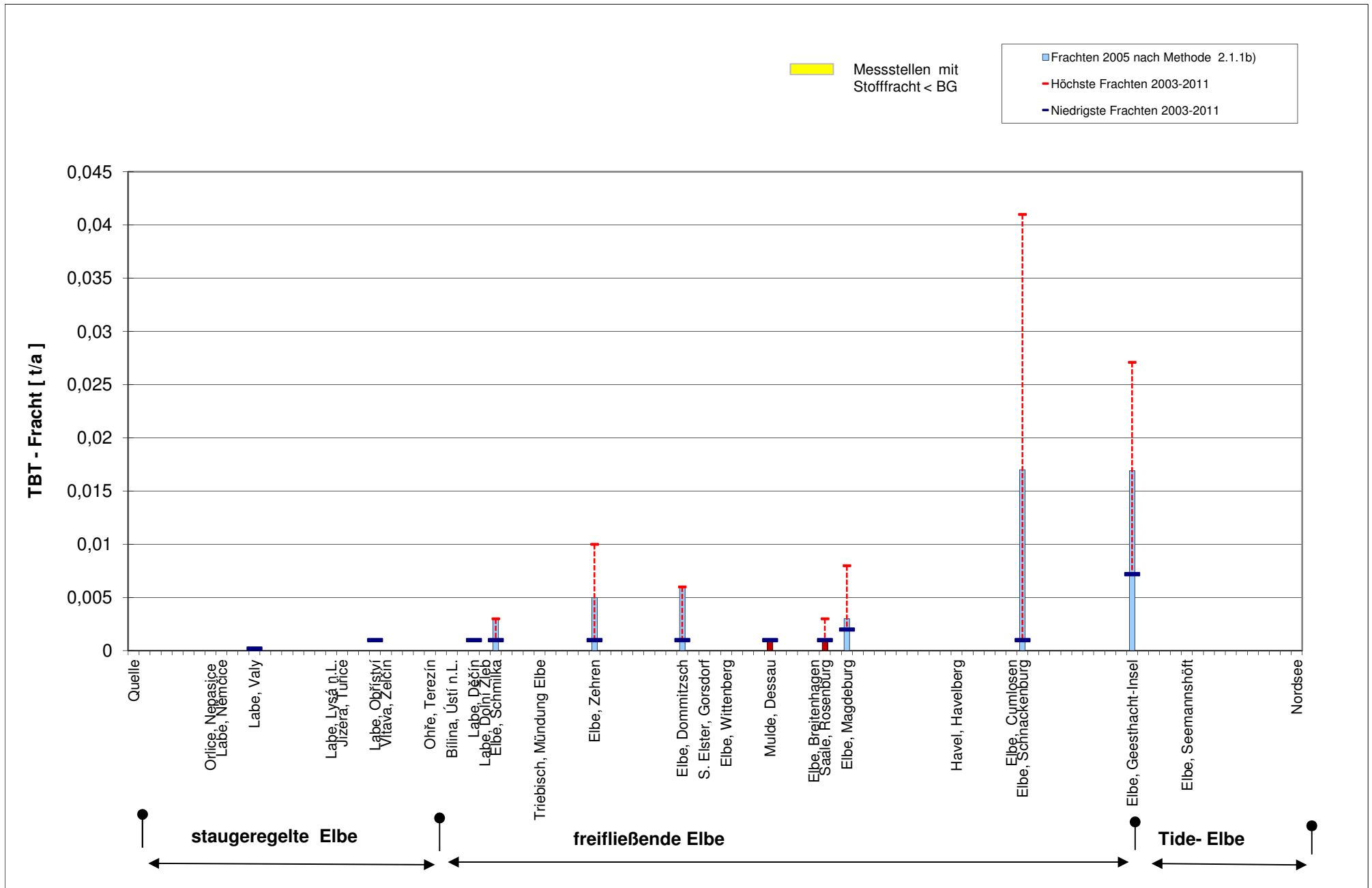
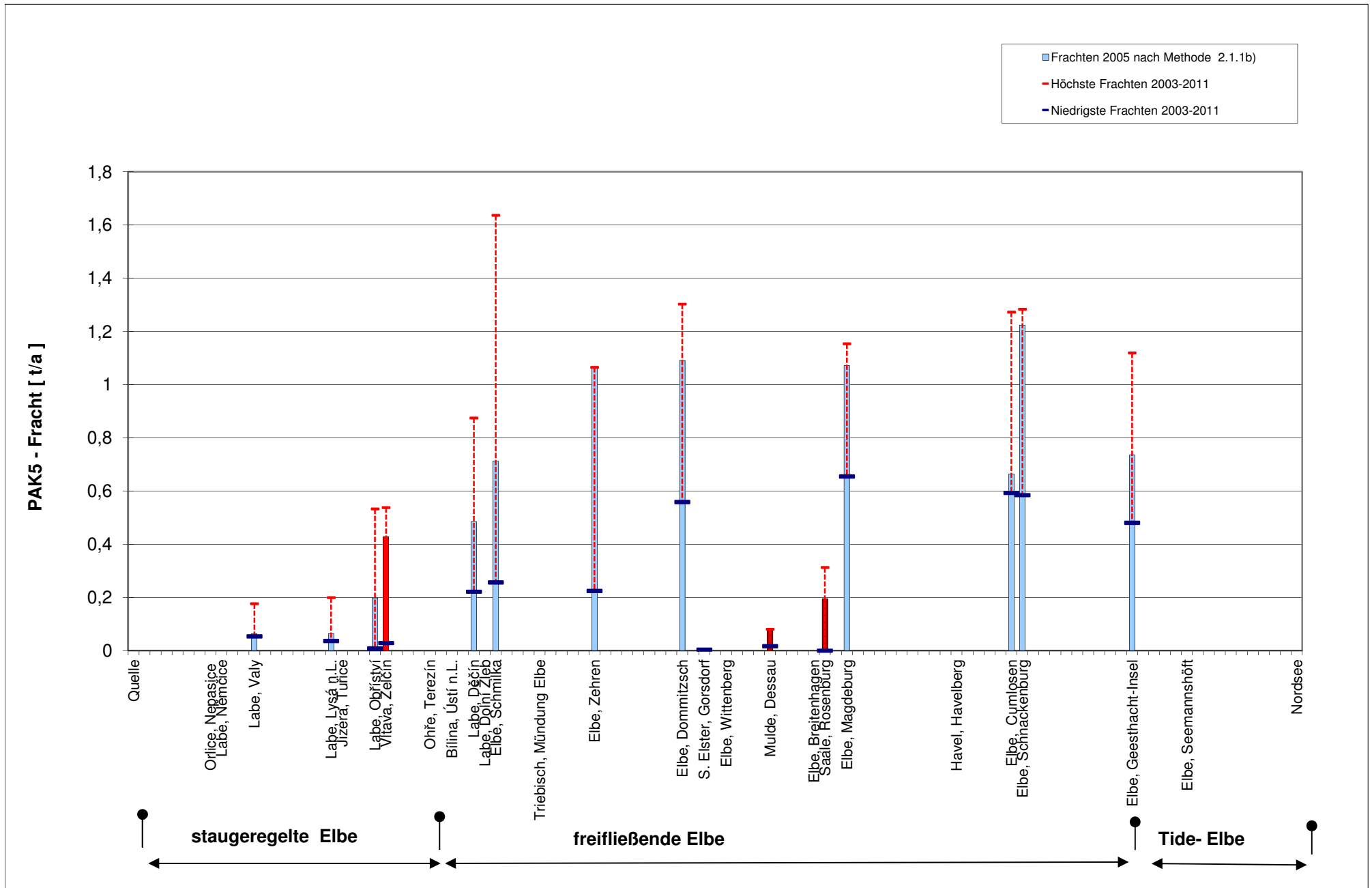


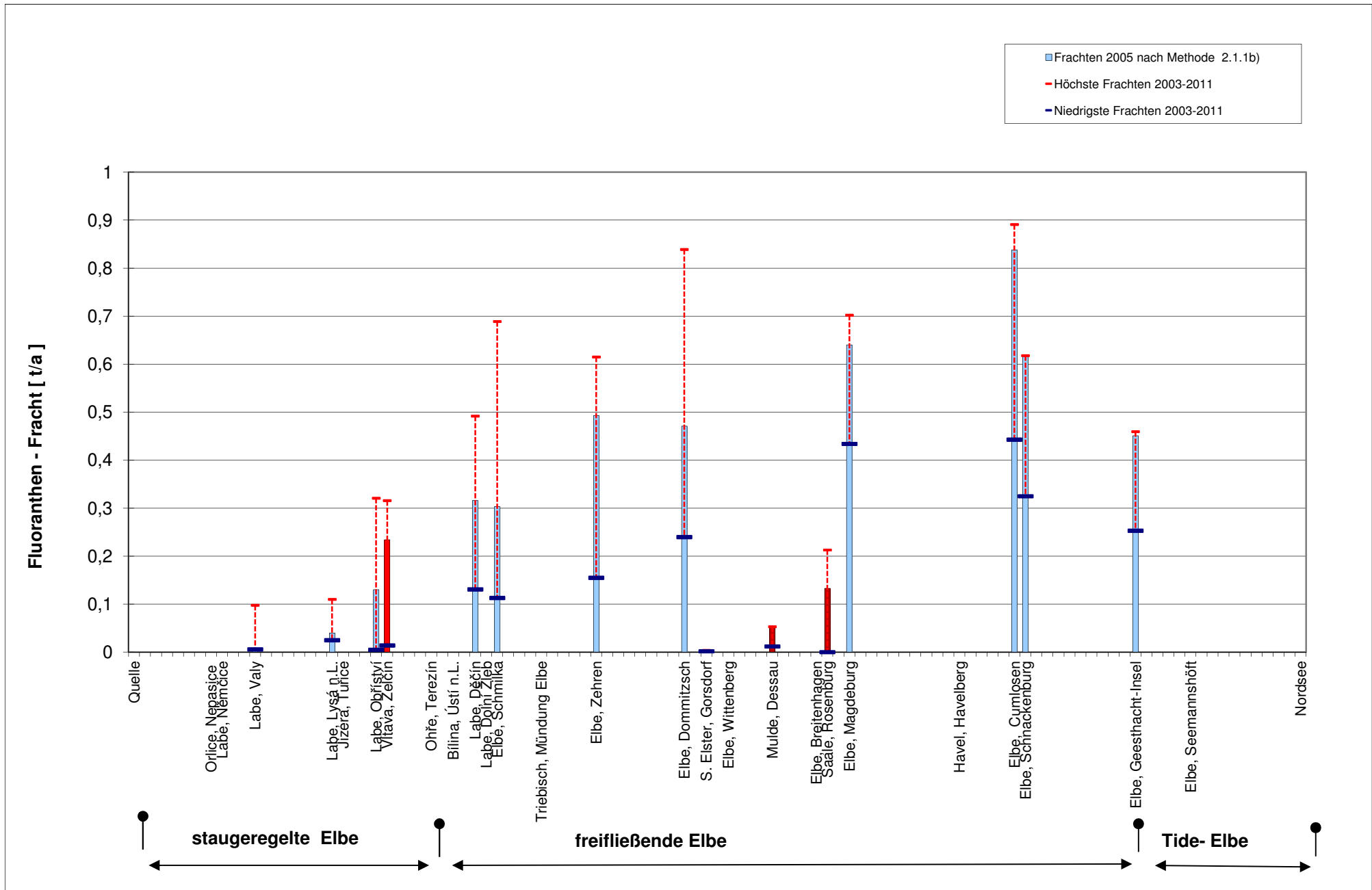
Abbildung B-A4-3: Frachten im Elbelängsschnitt



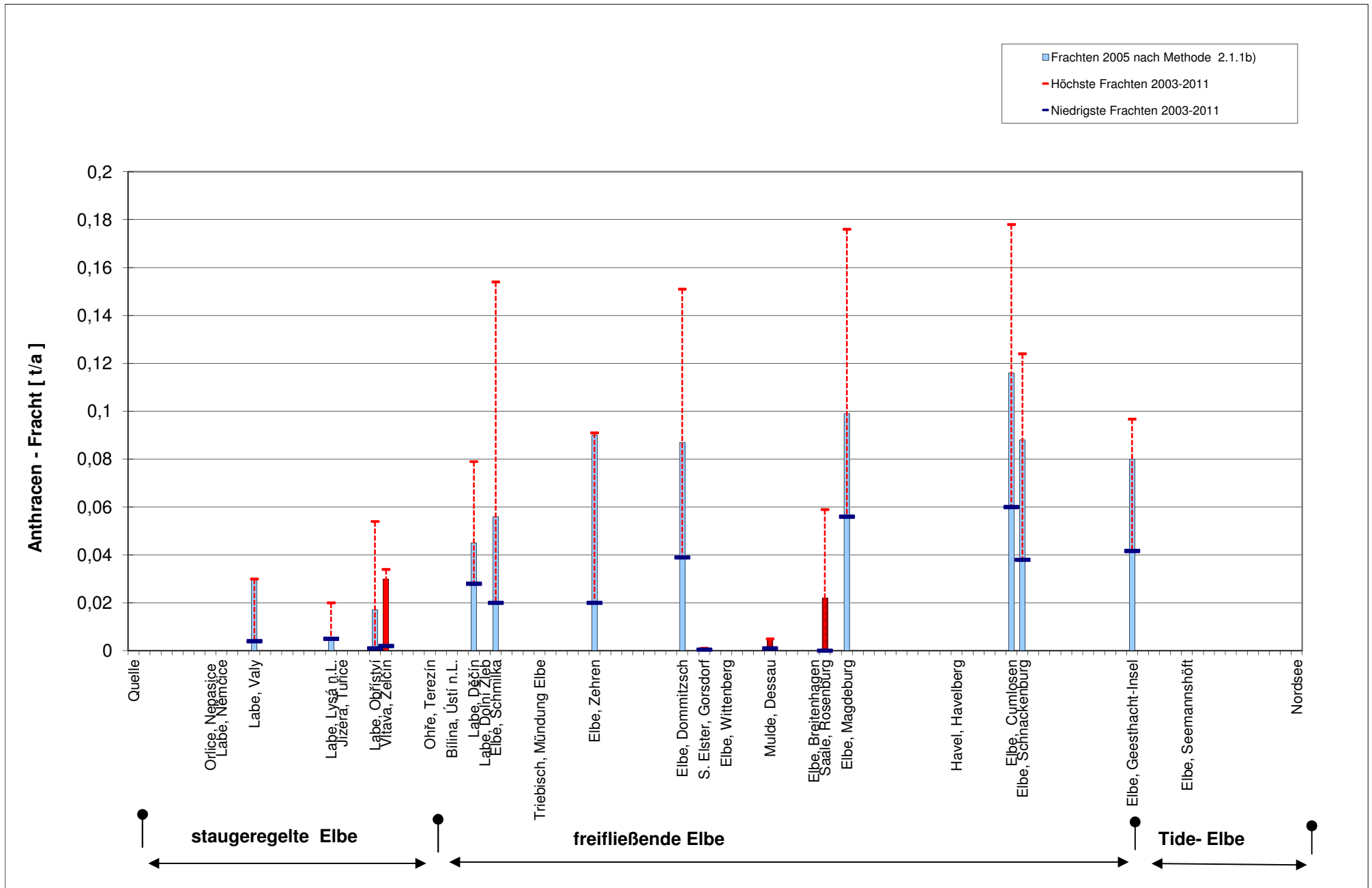
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



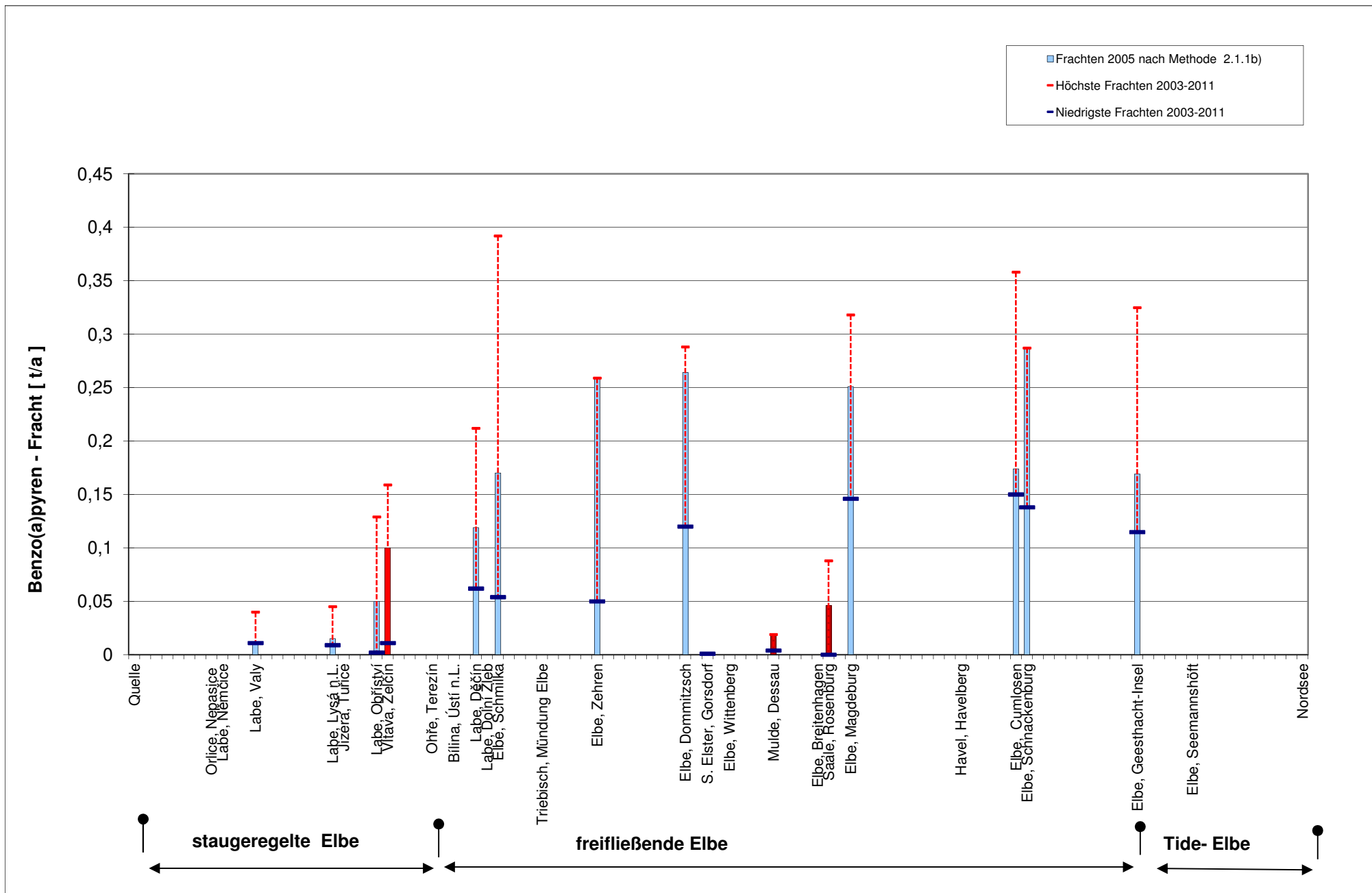
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



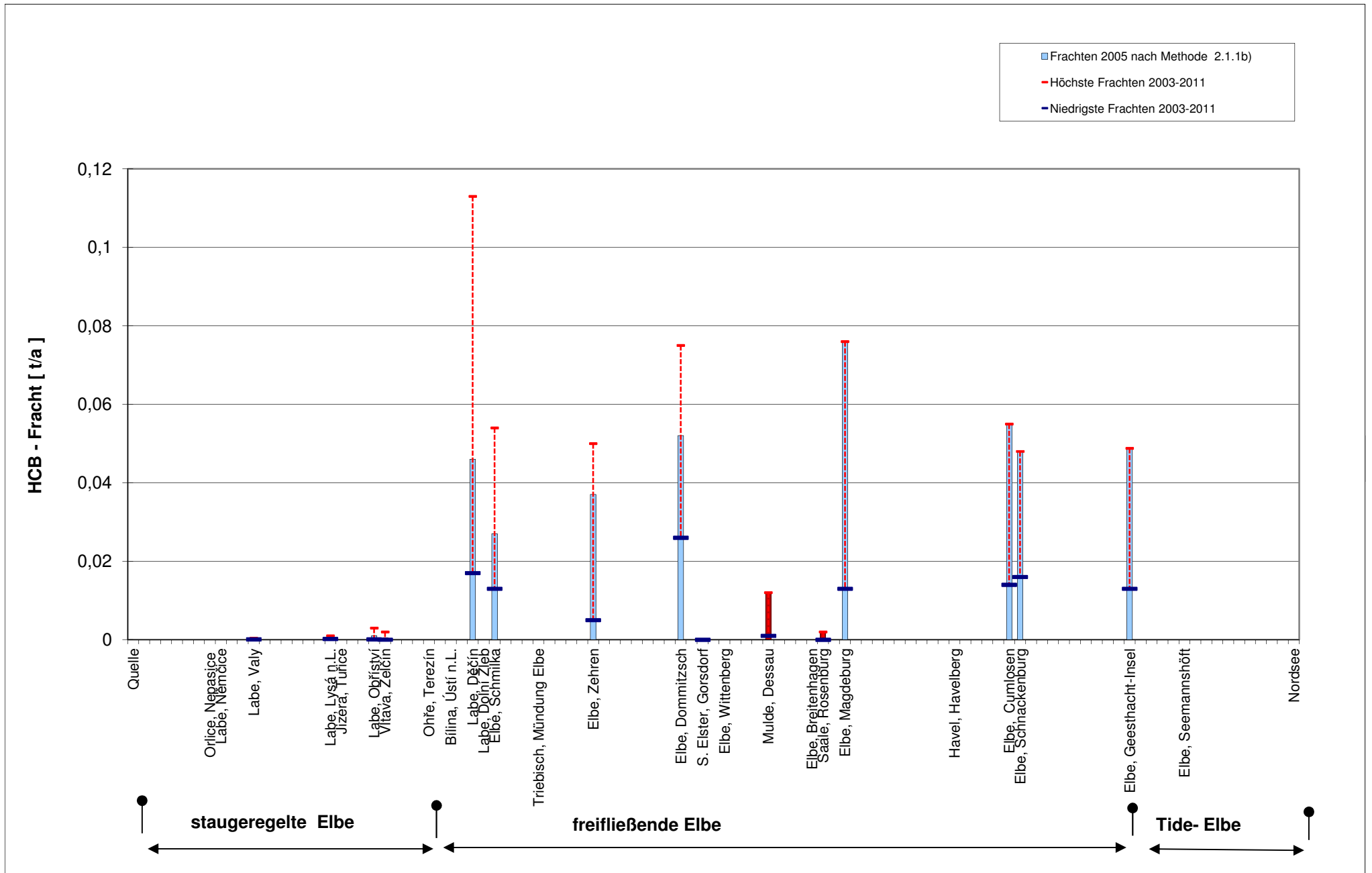
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



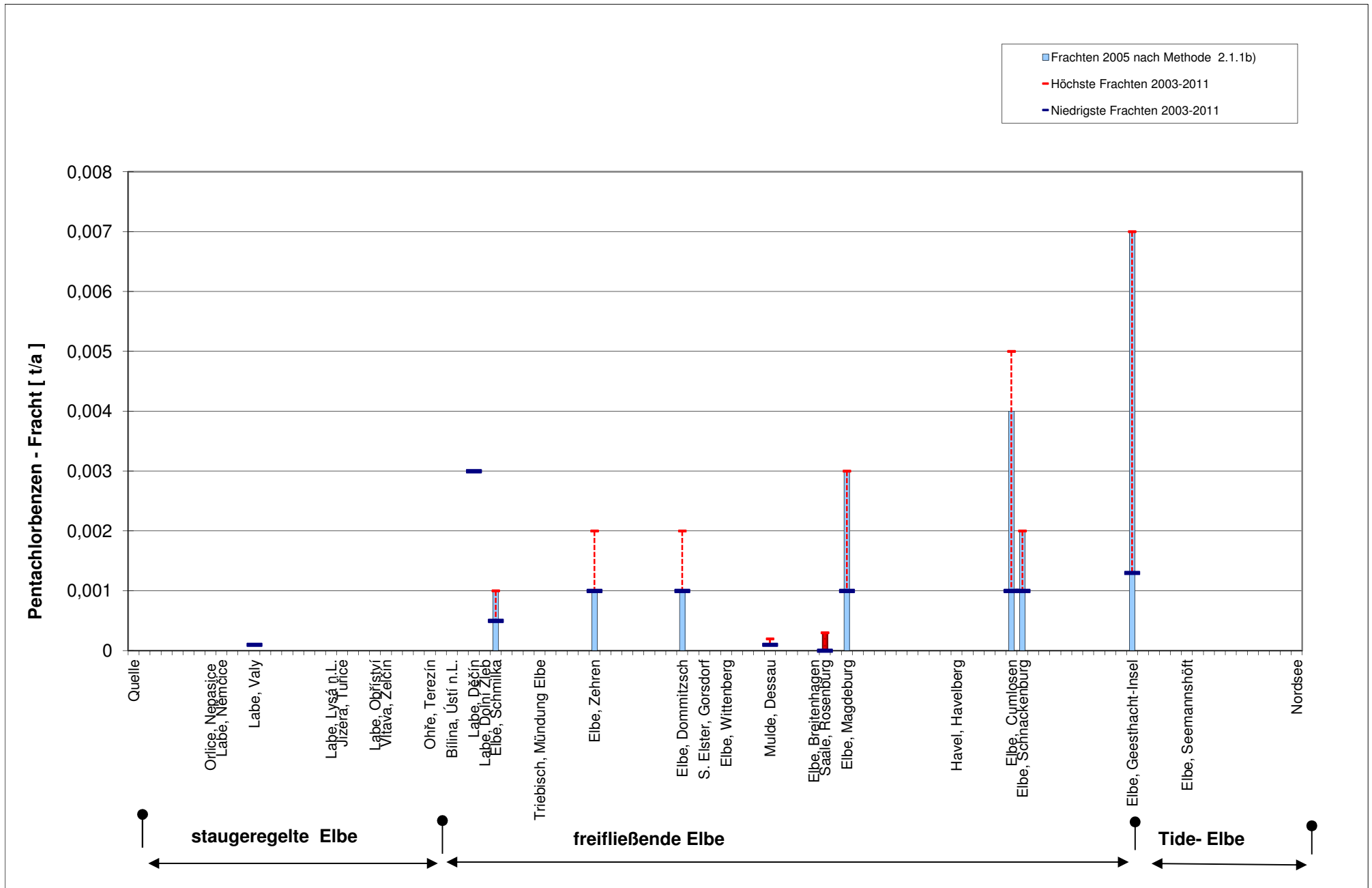
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



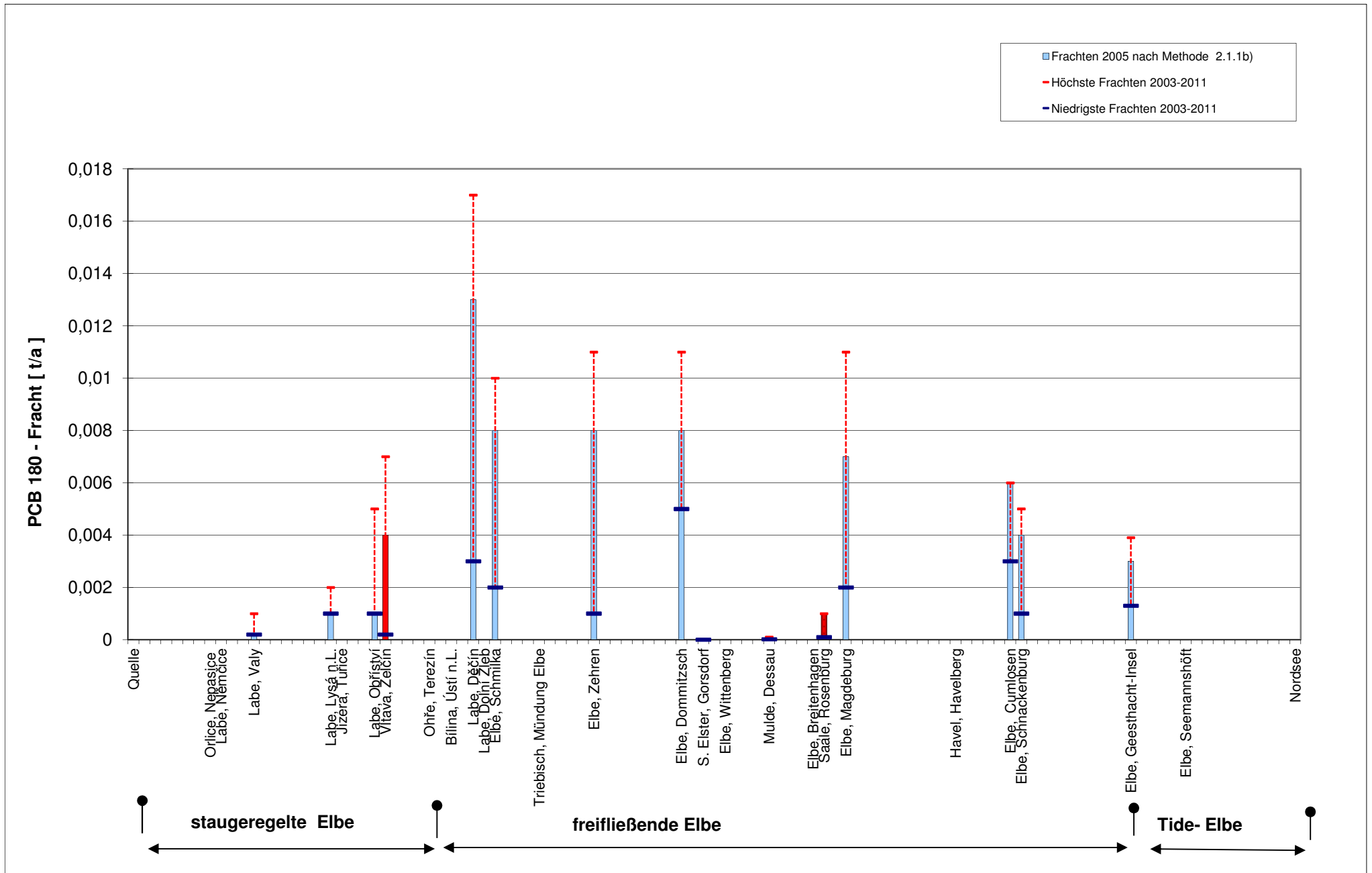
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



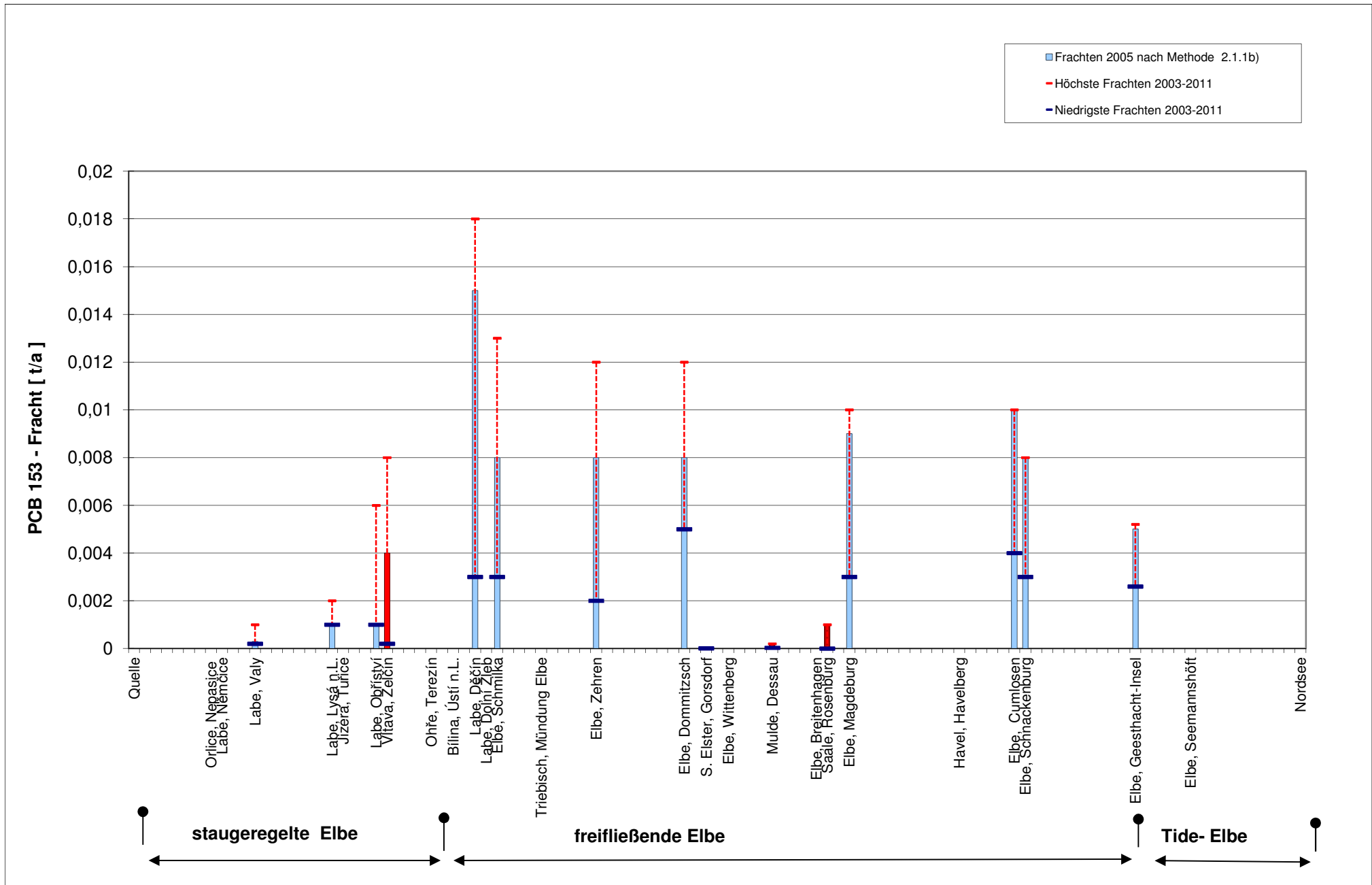
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



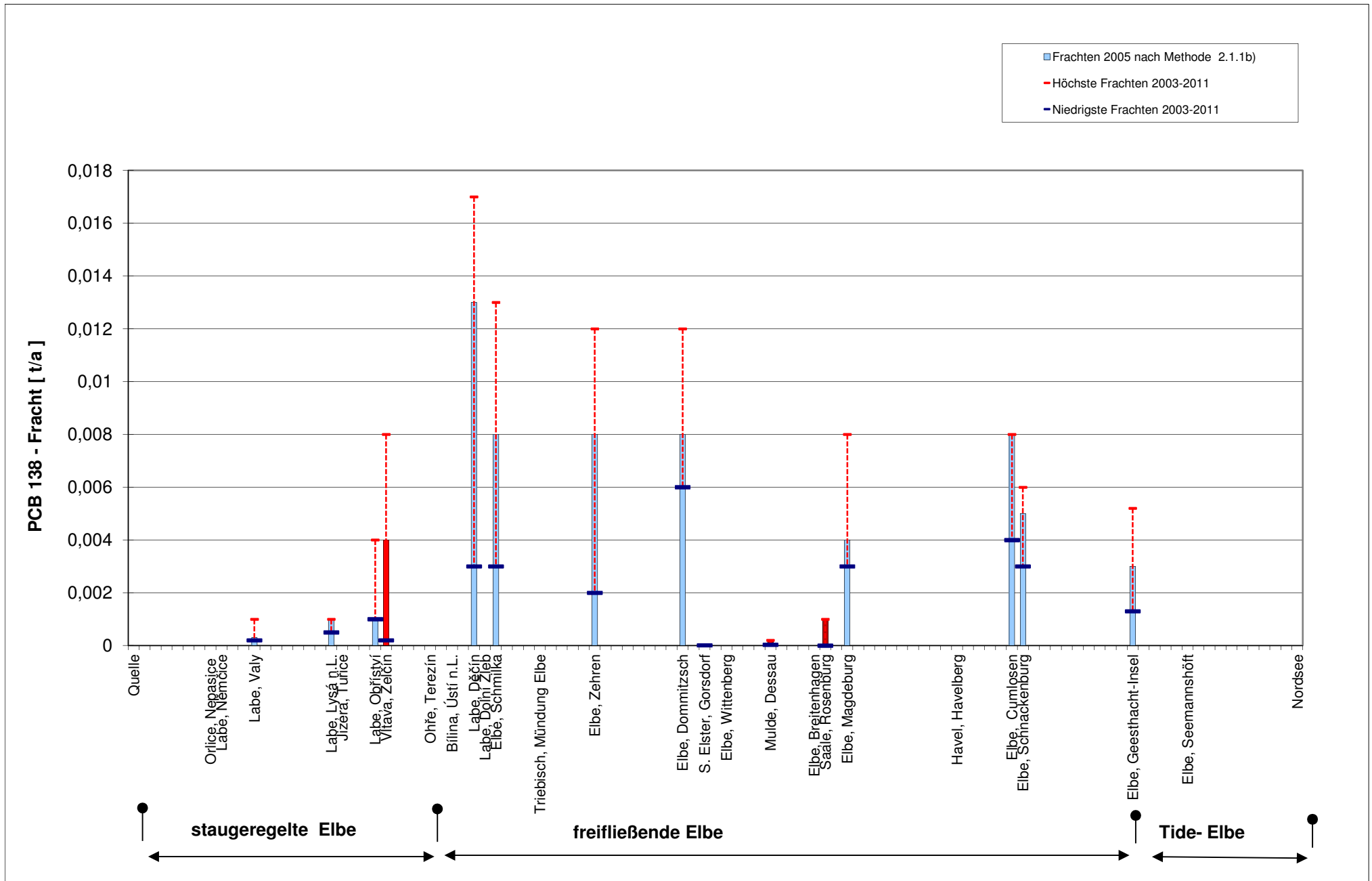
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



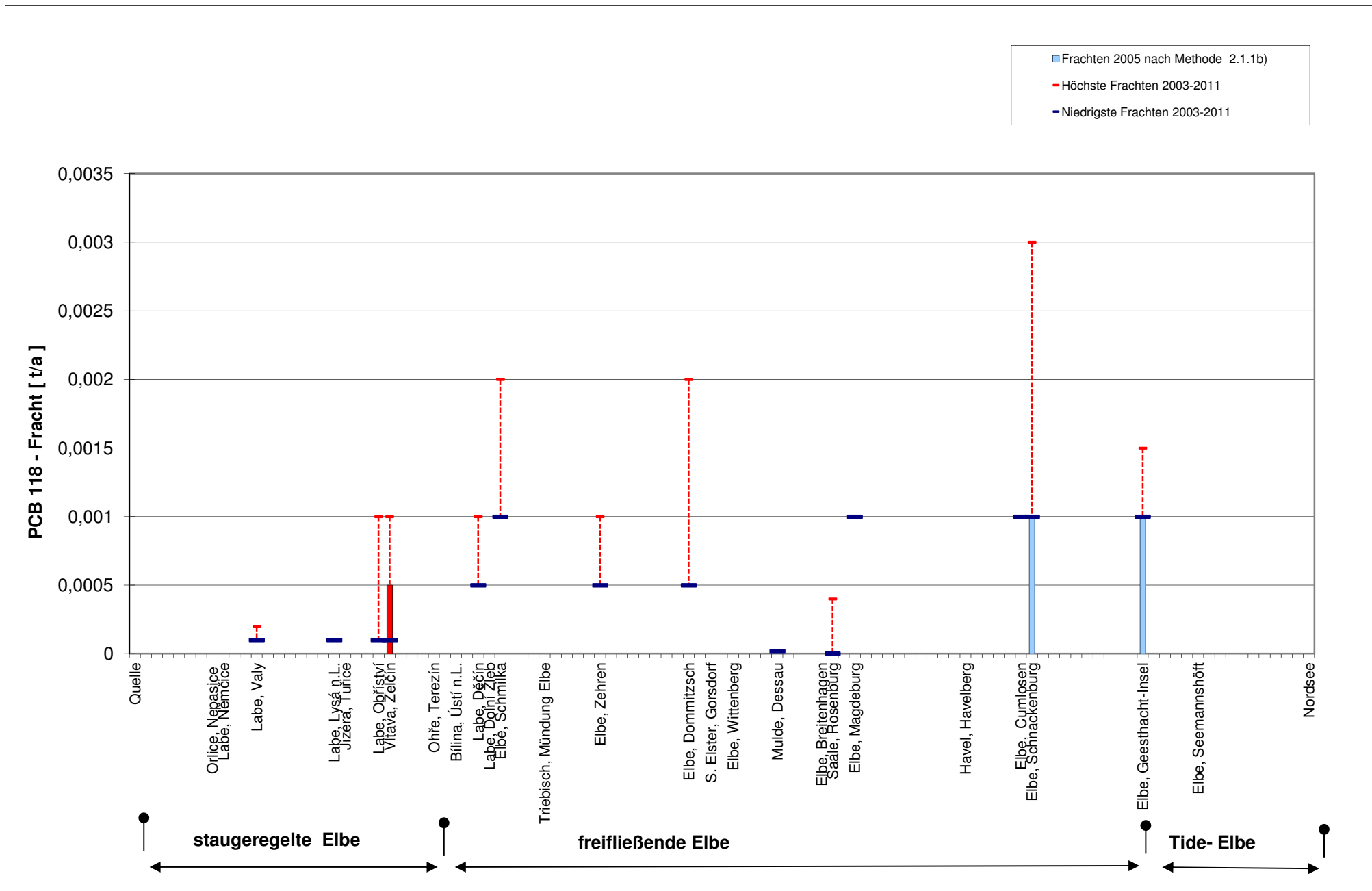
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



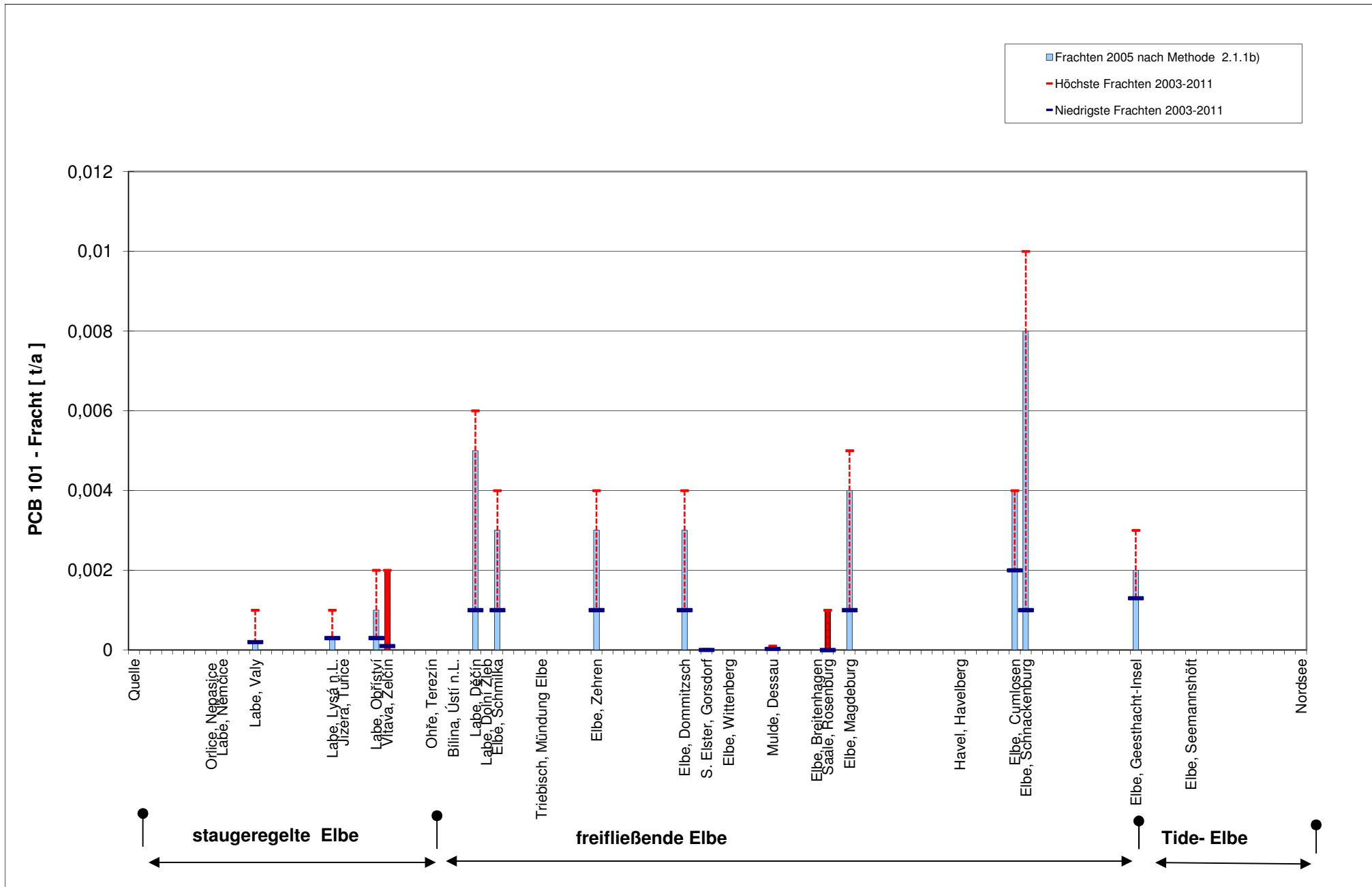
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



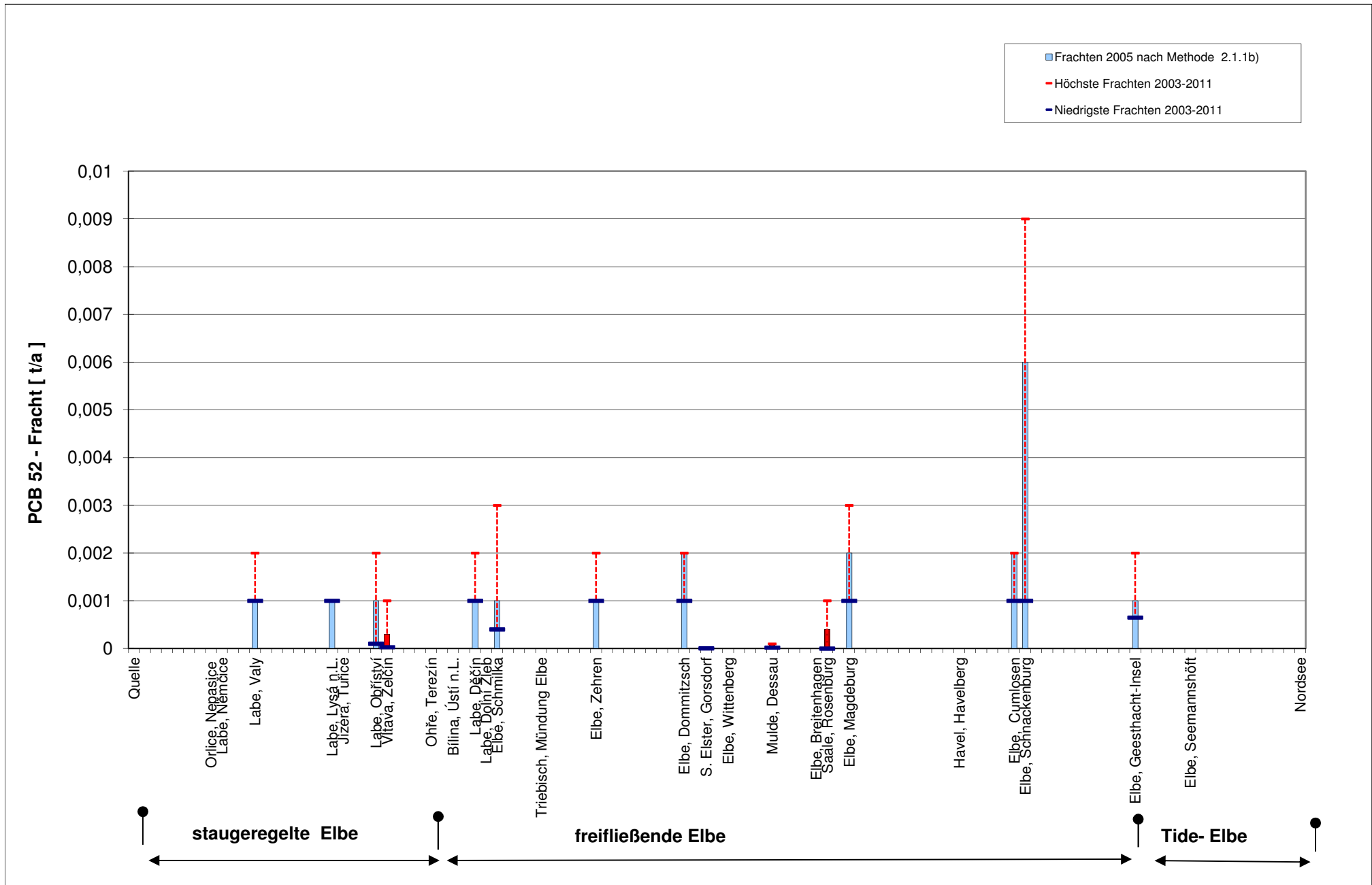
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



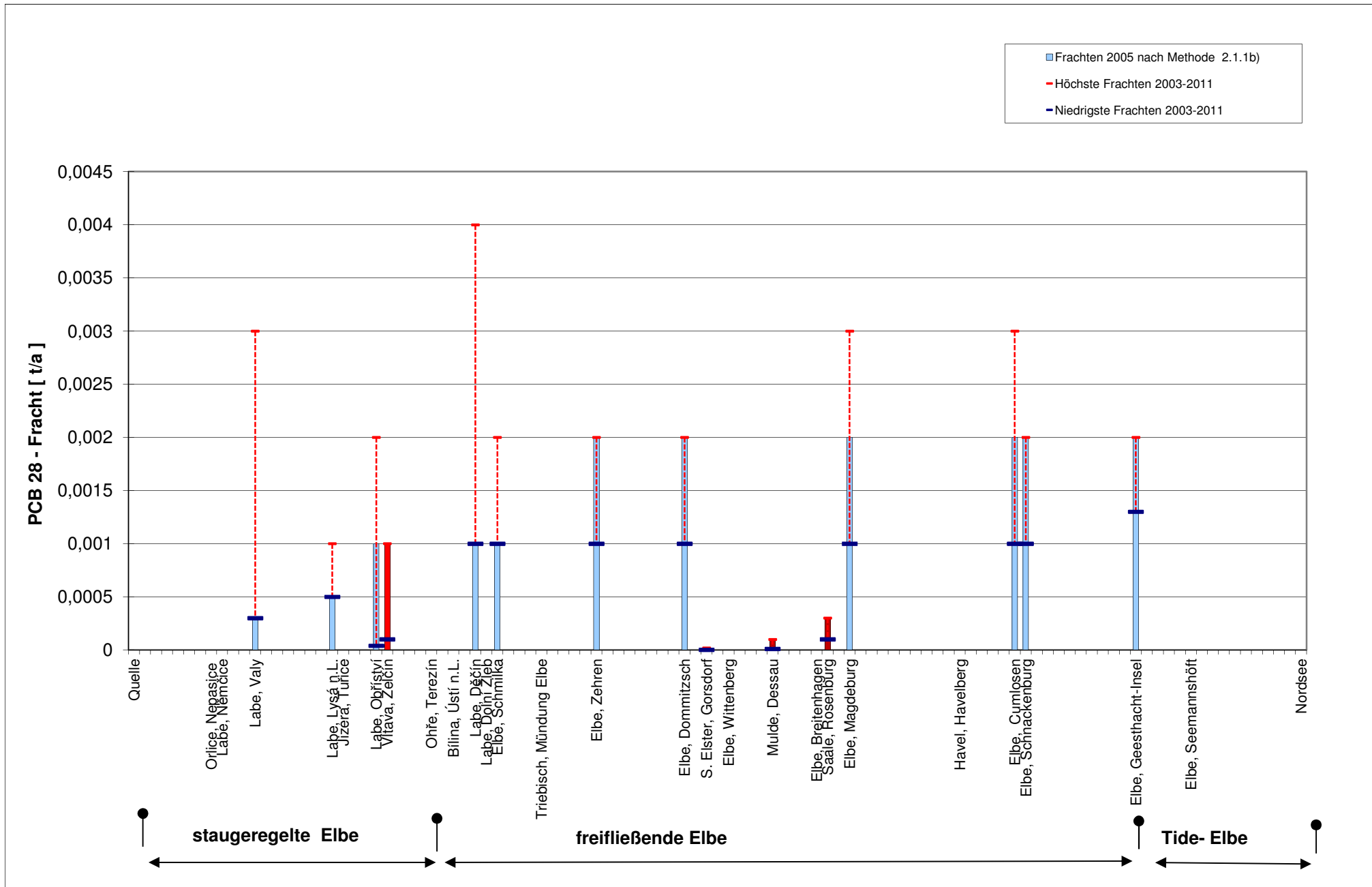
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



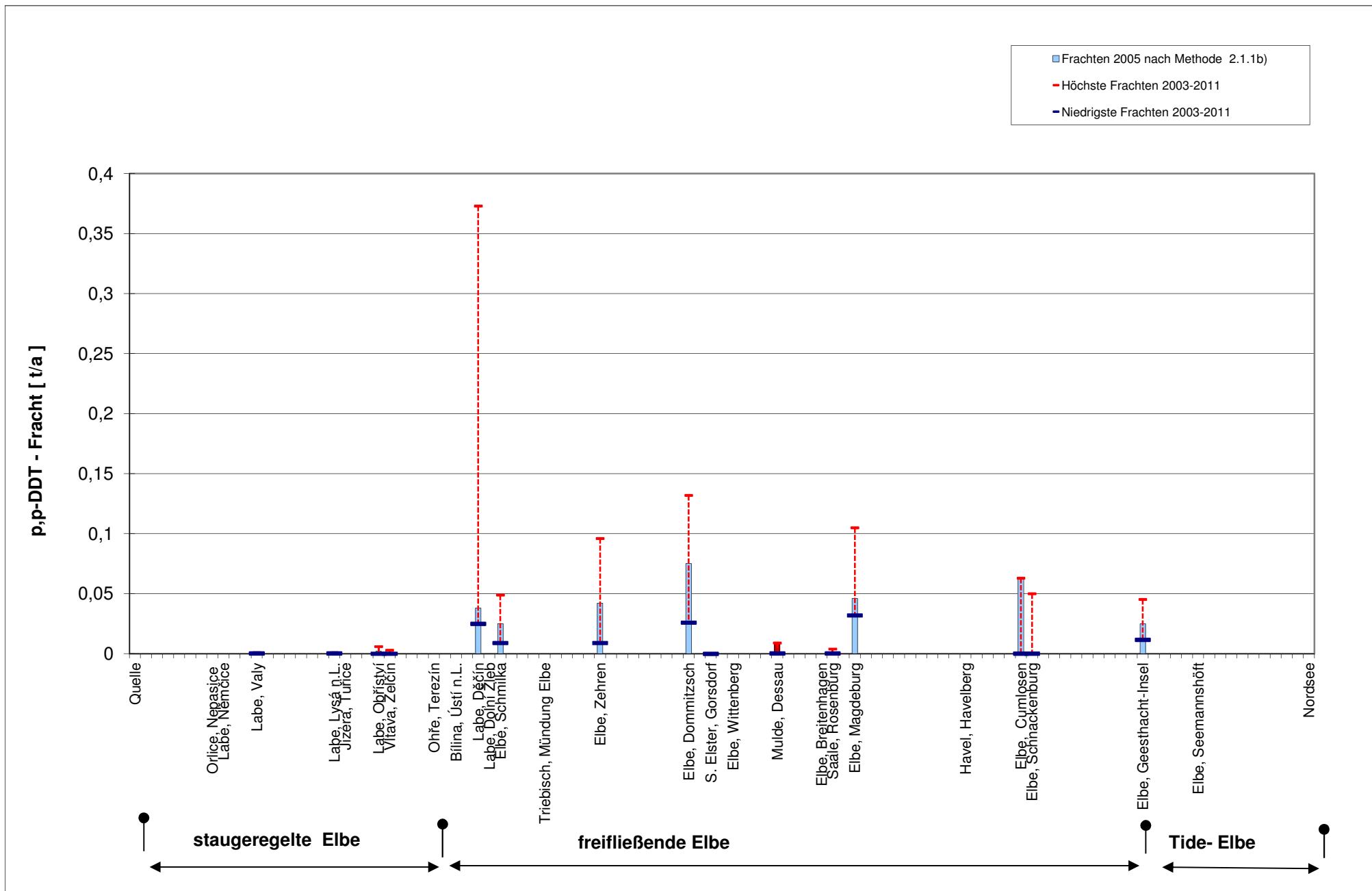
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



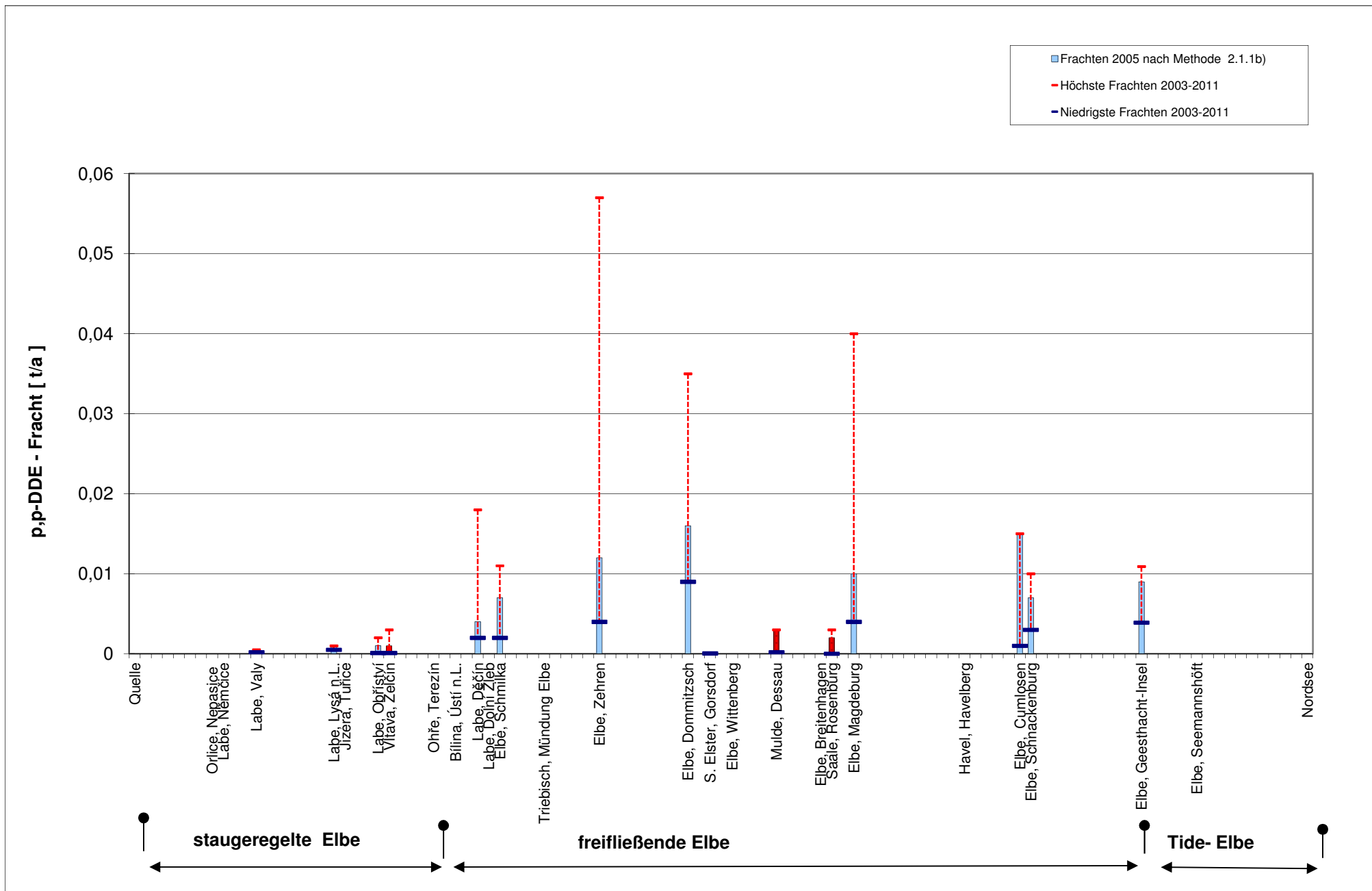
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



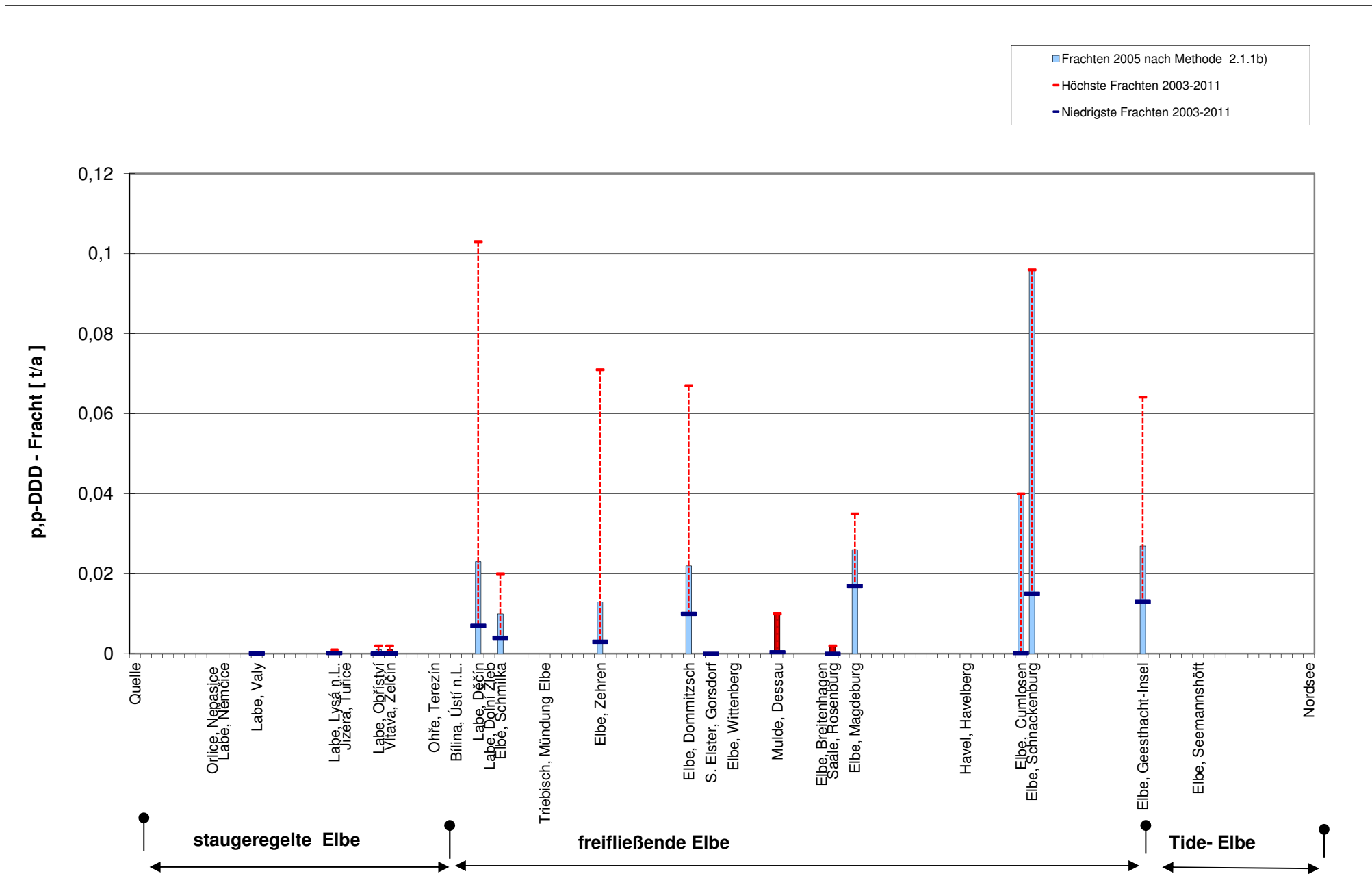
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



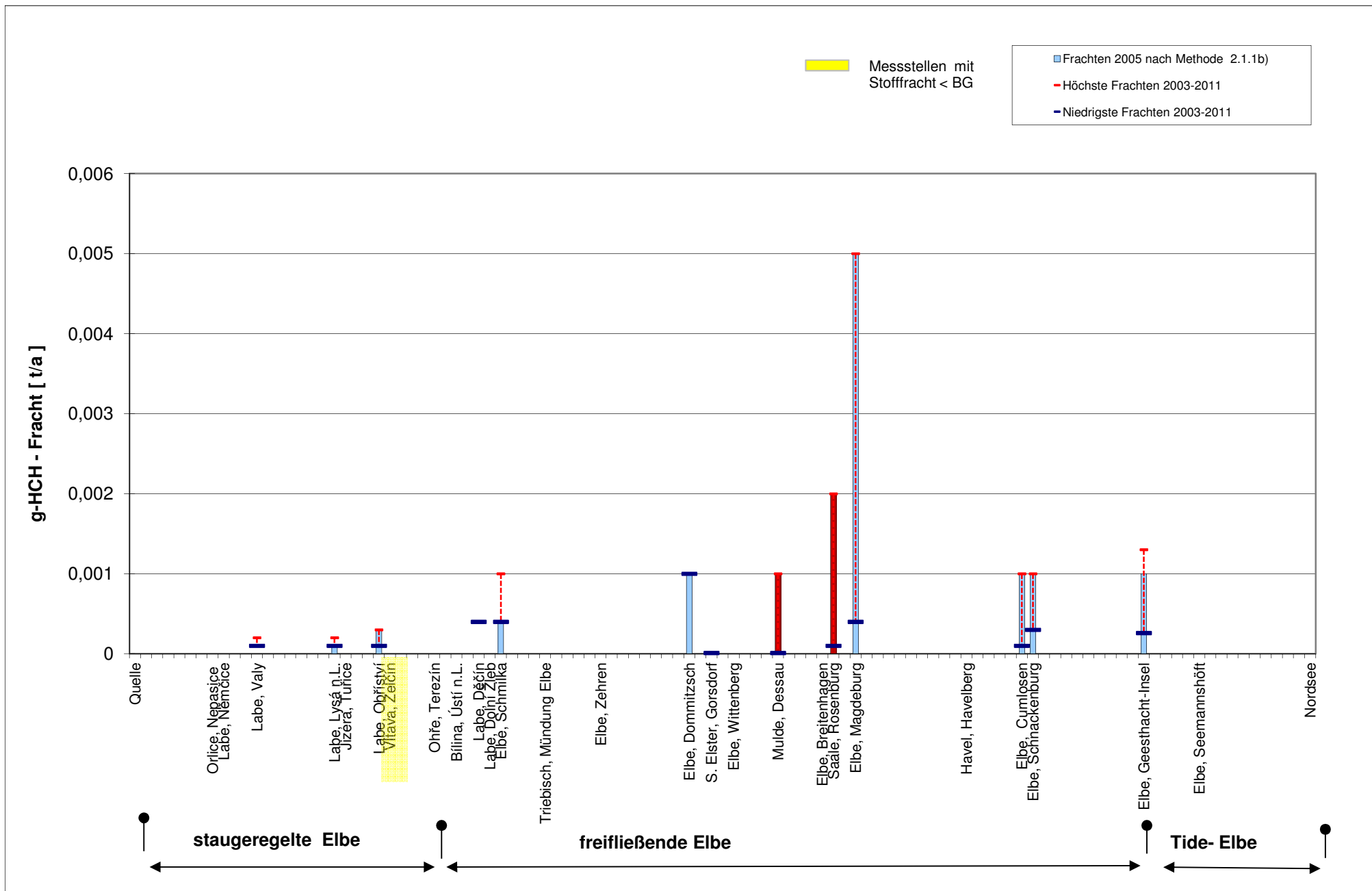
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



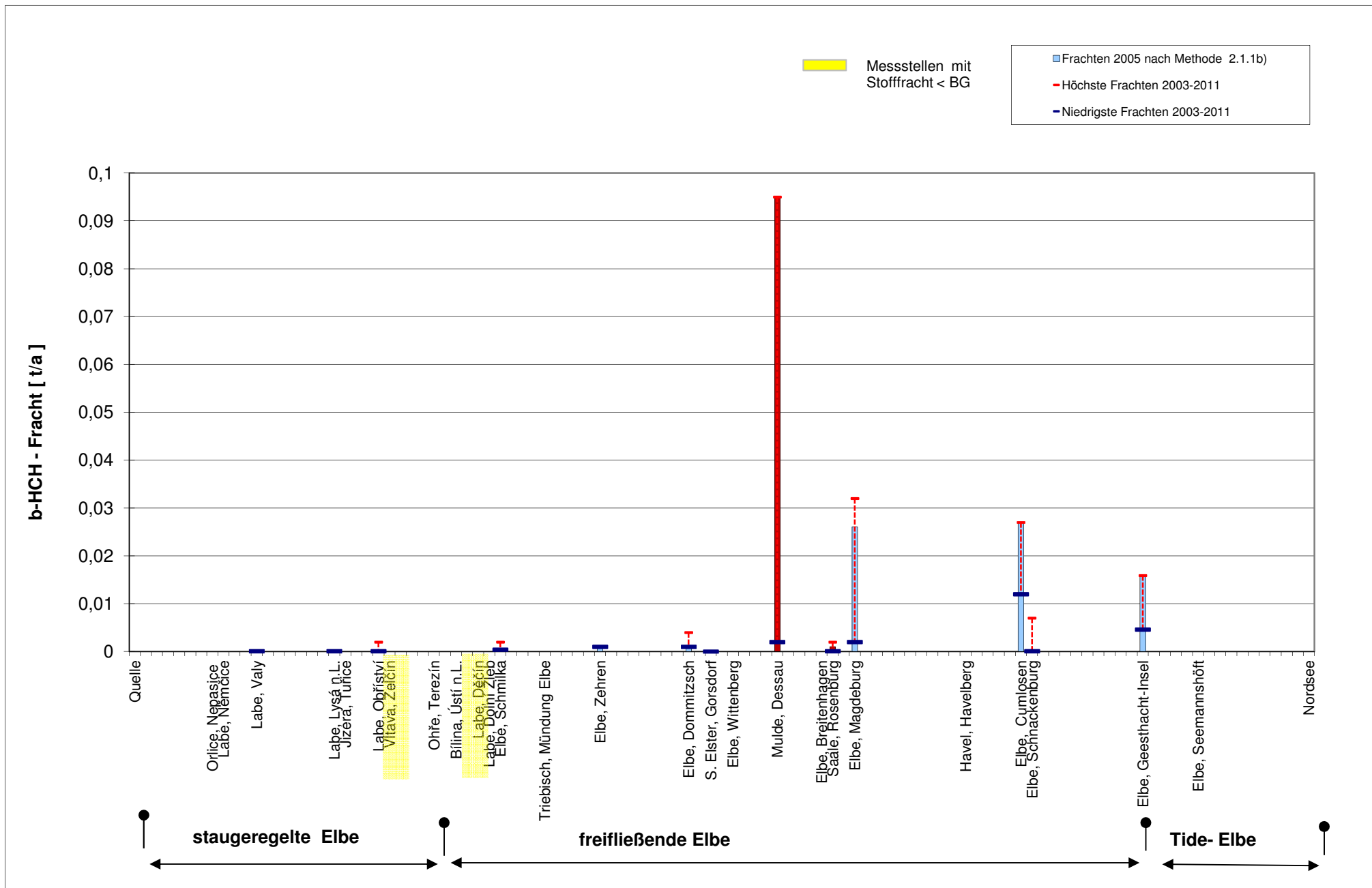
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



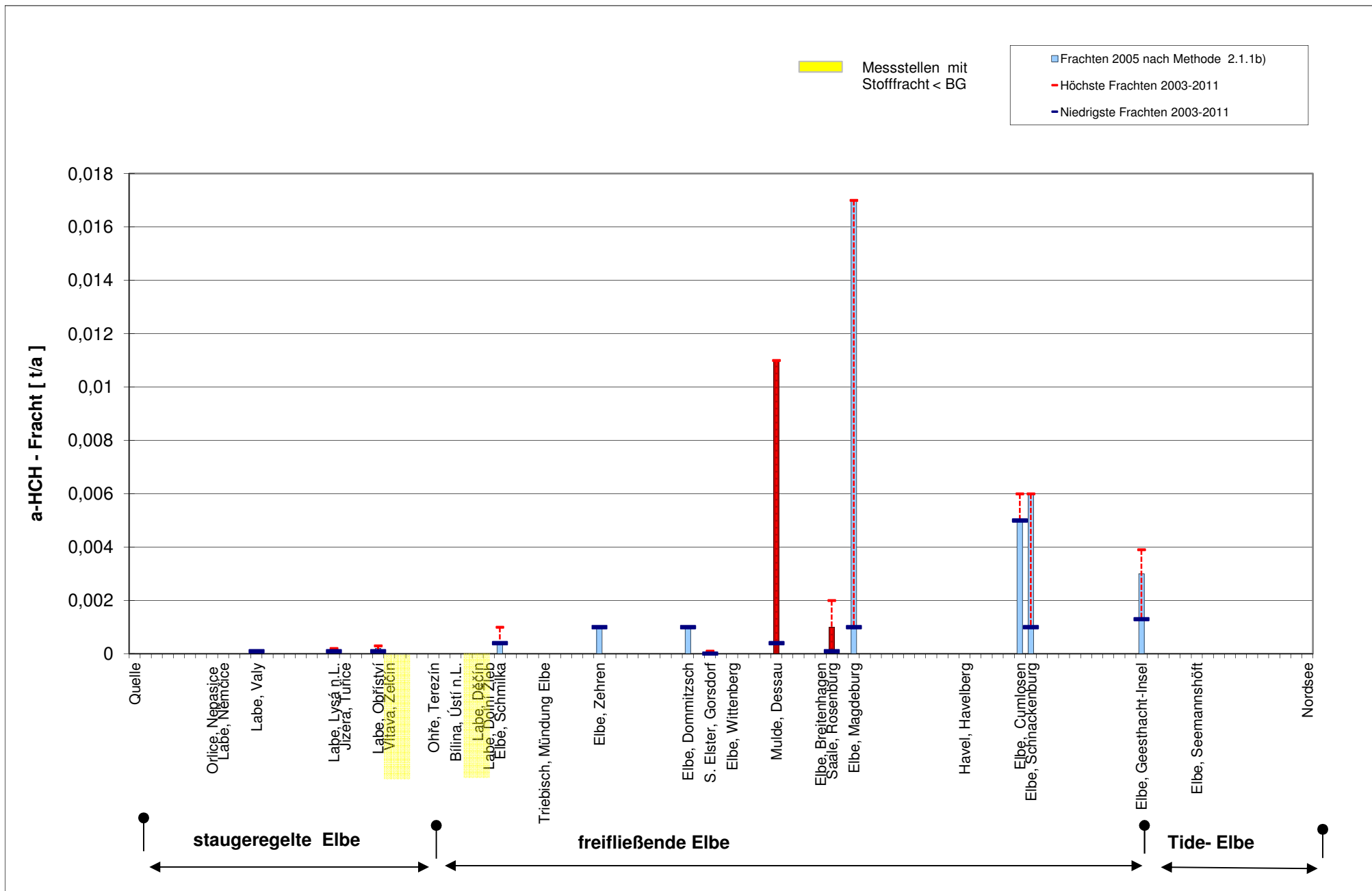
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



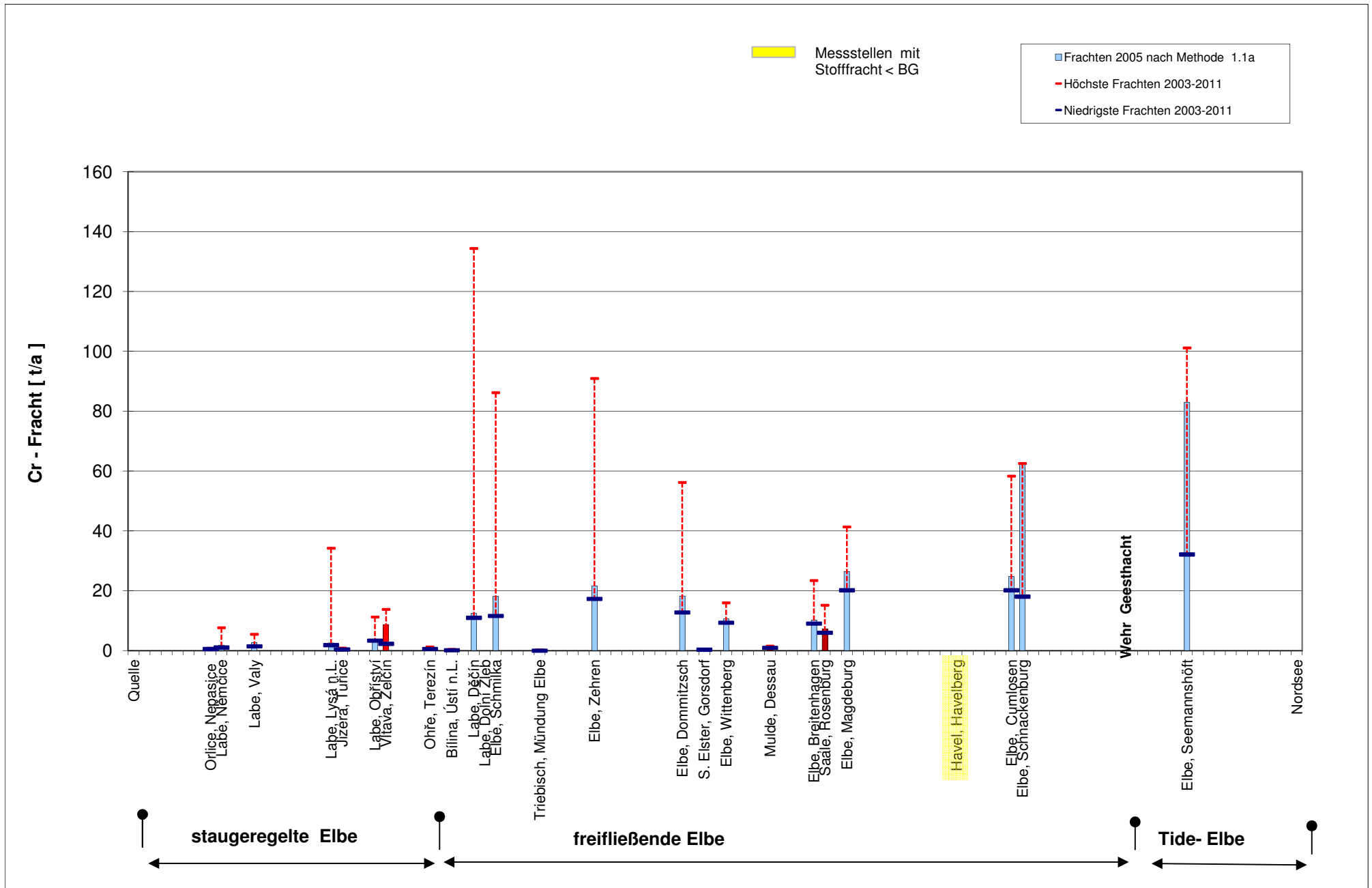
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



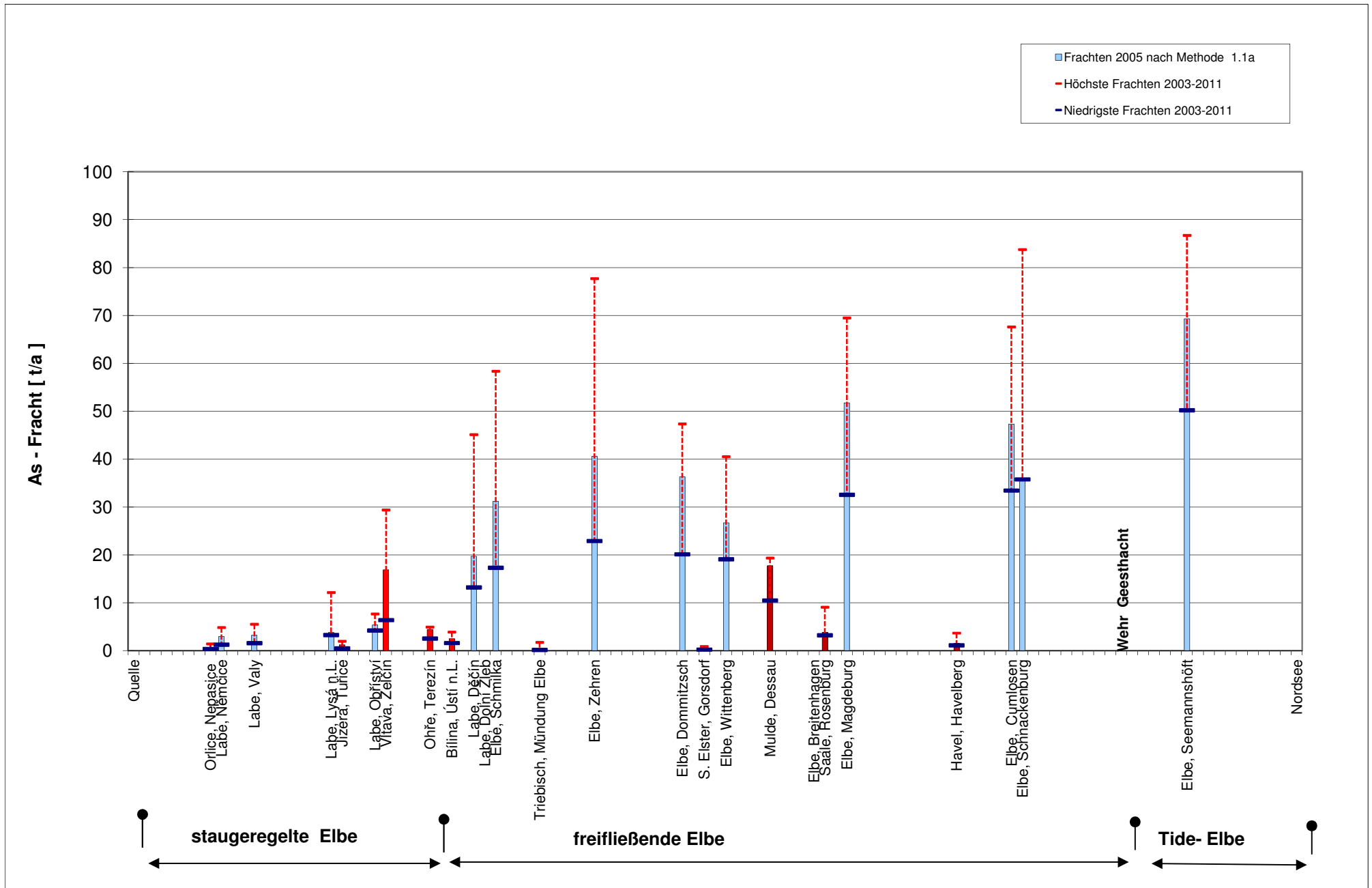
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



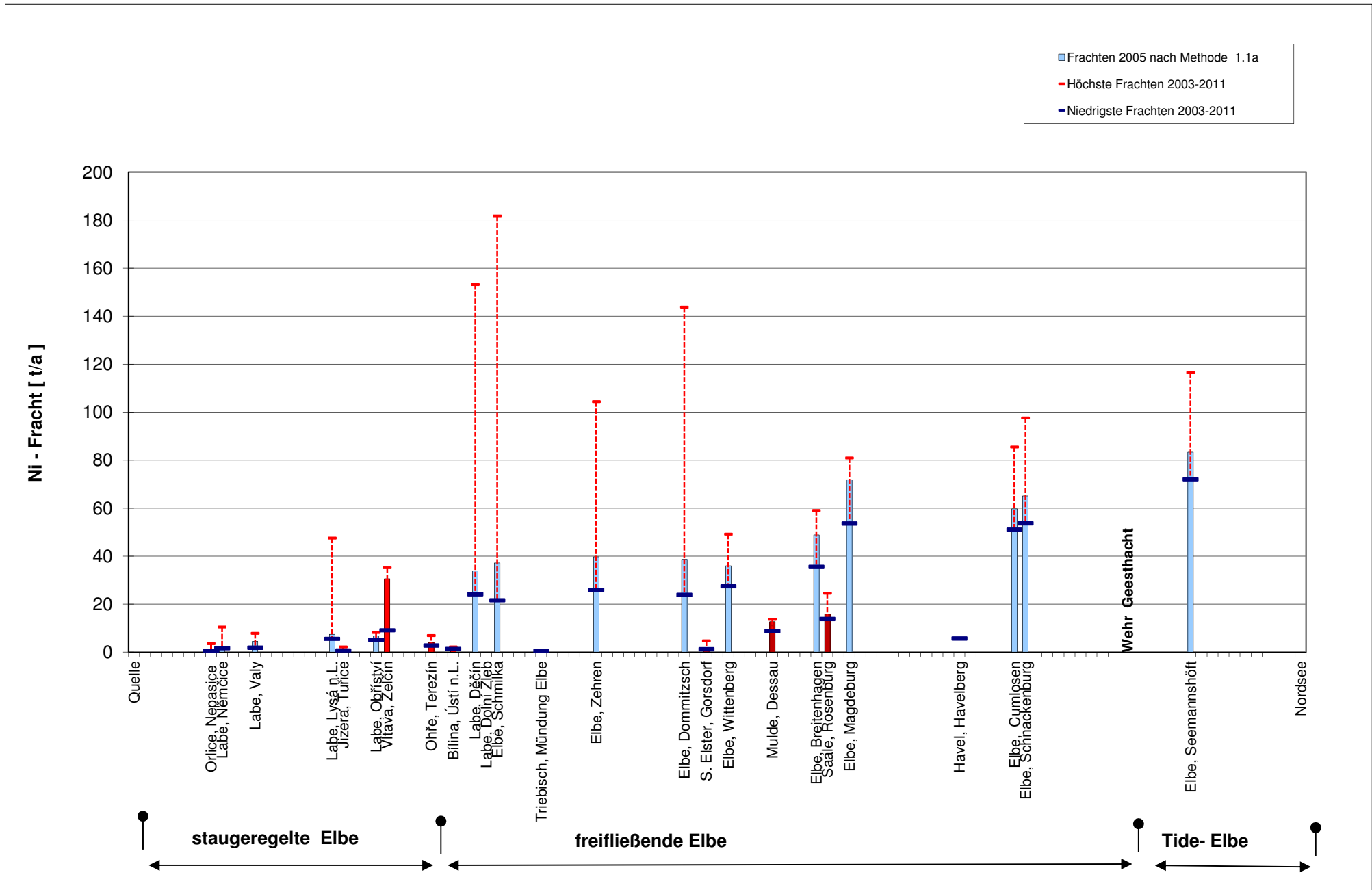
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



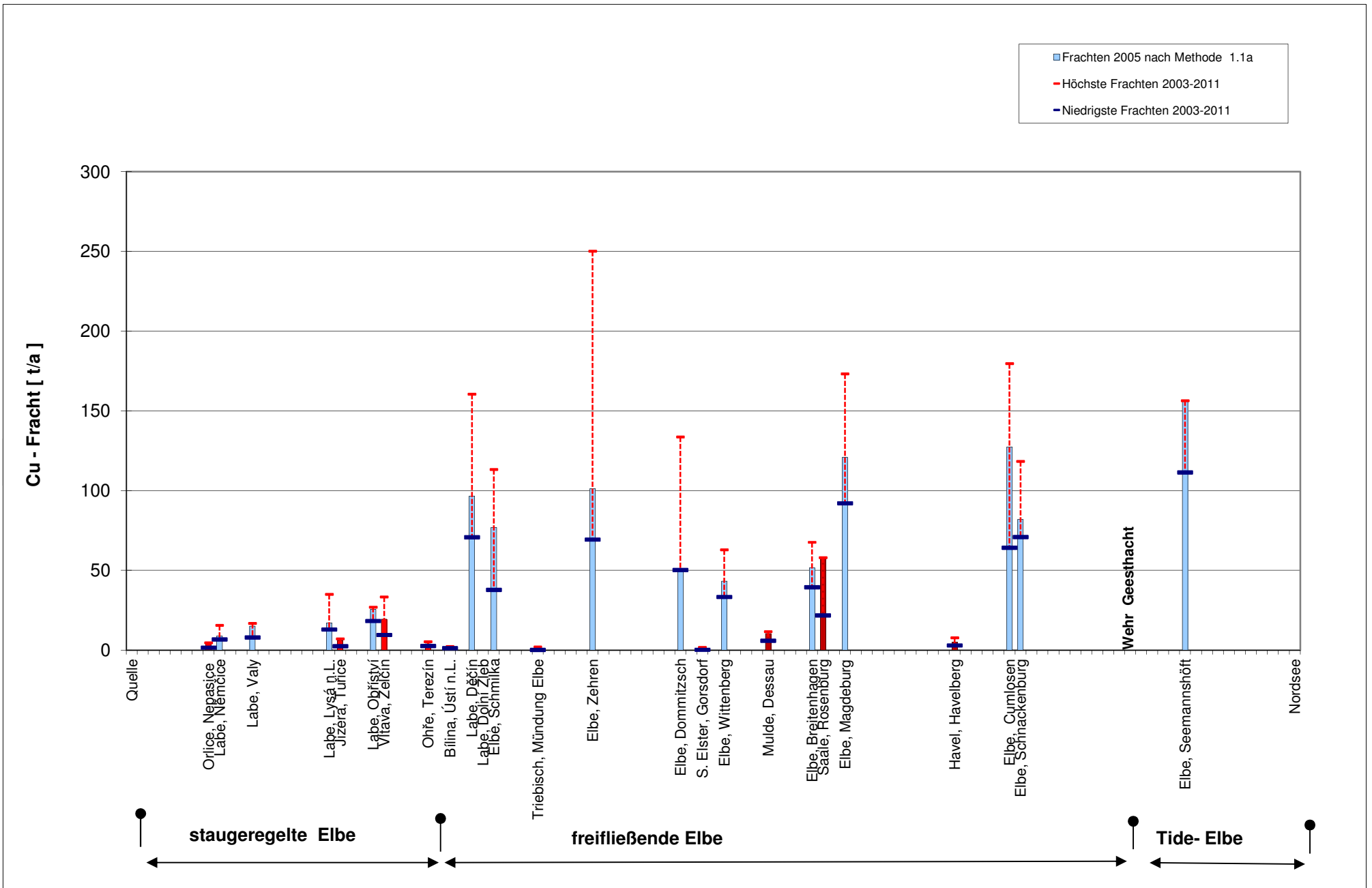
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



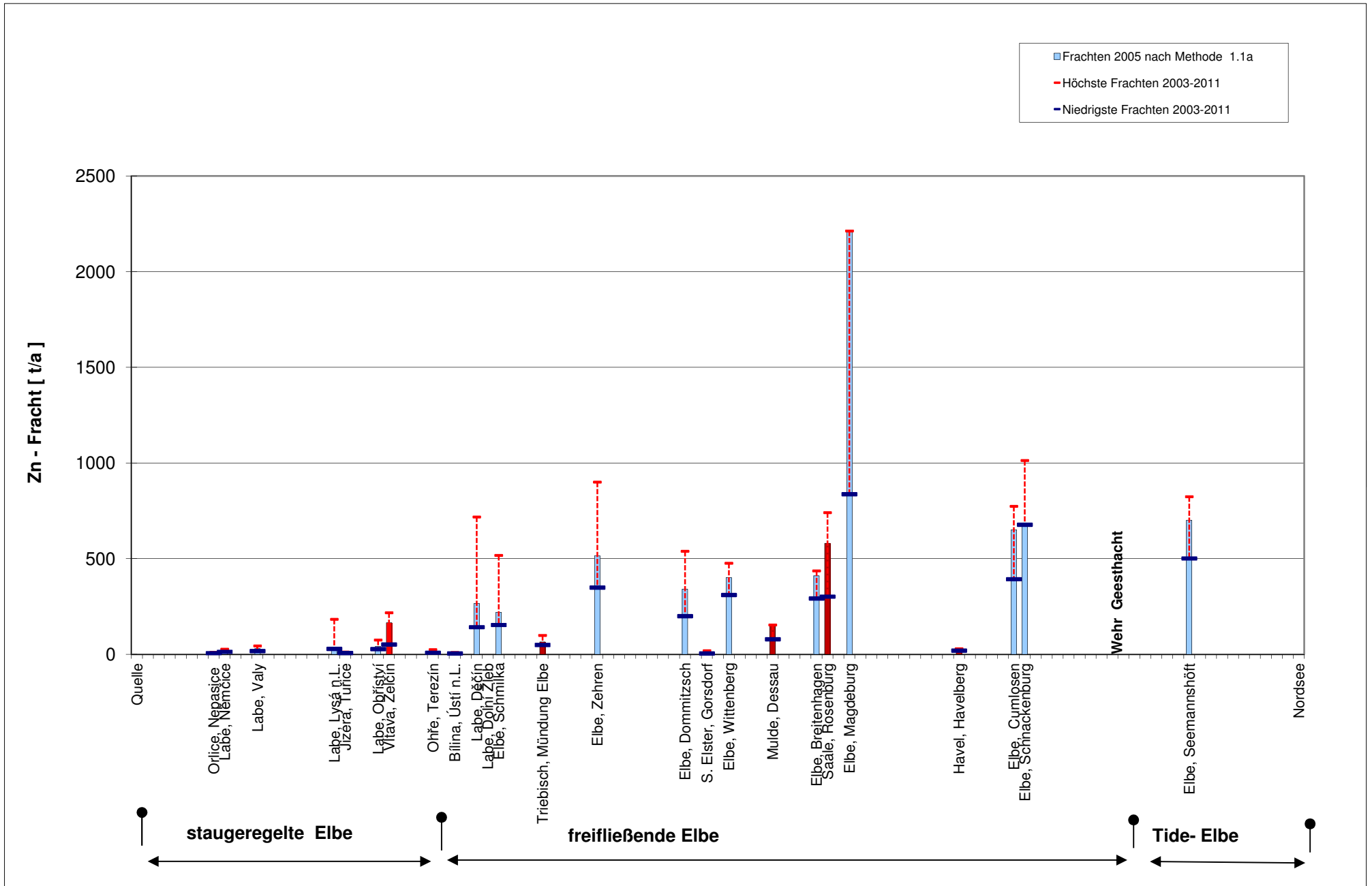
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



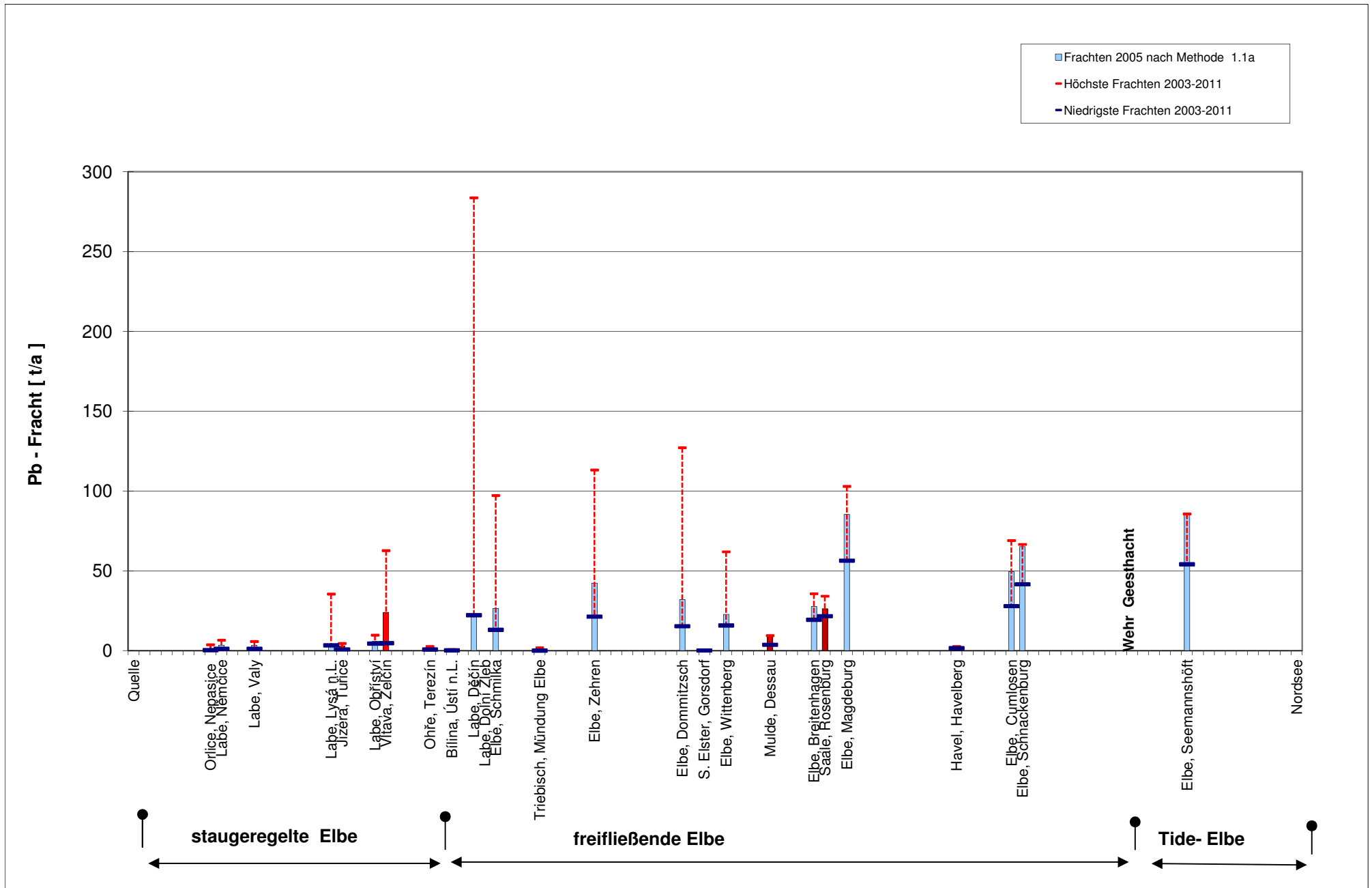
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



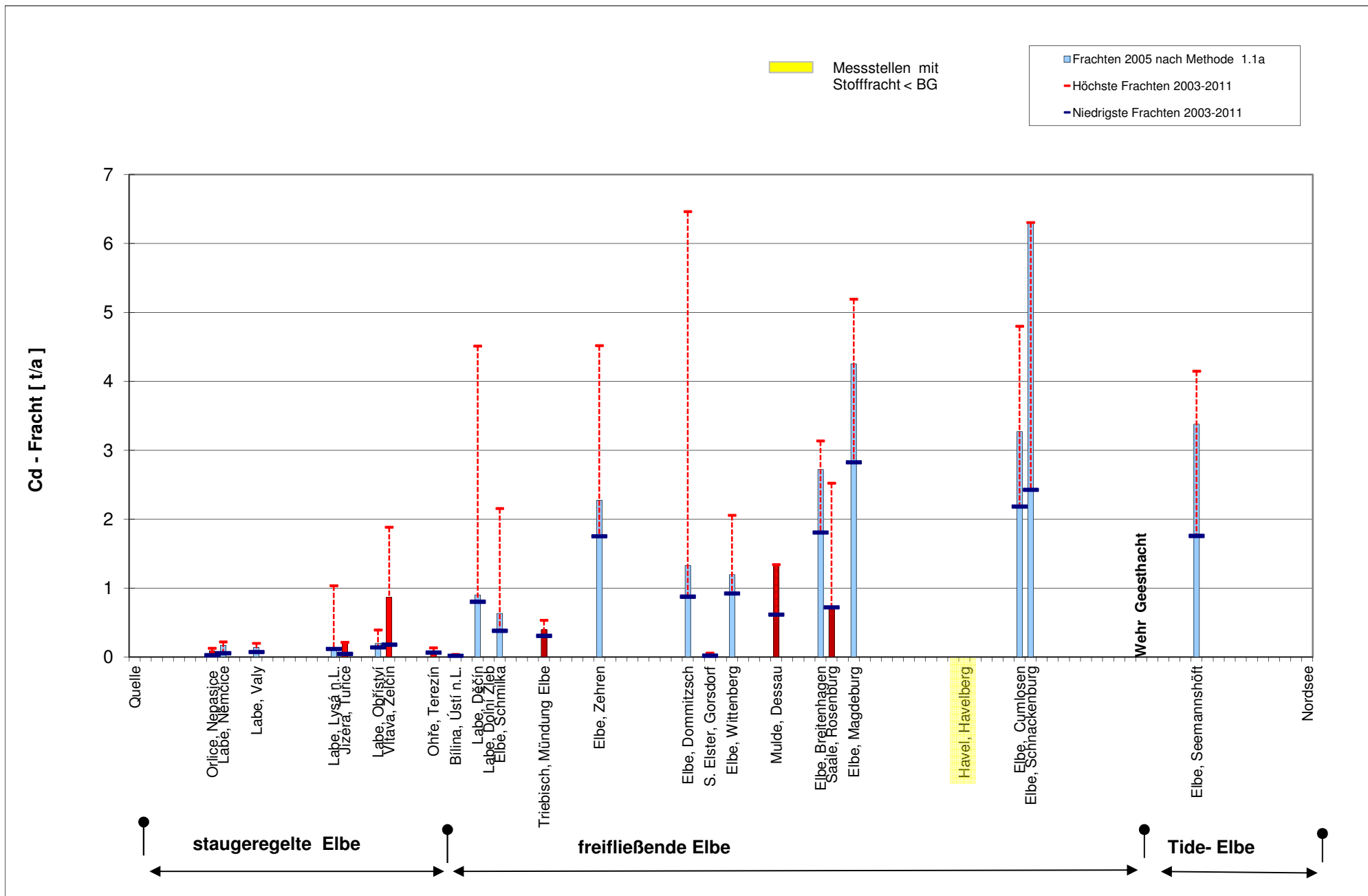
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



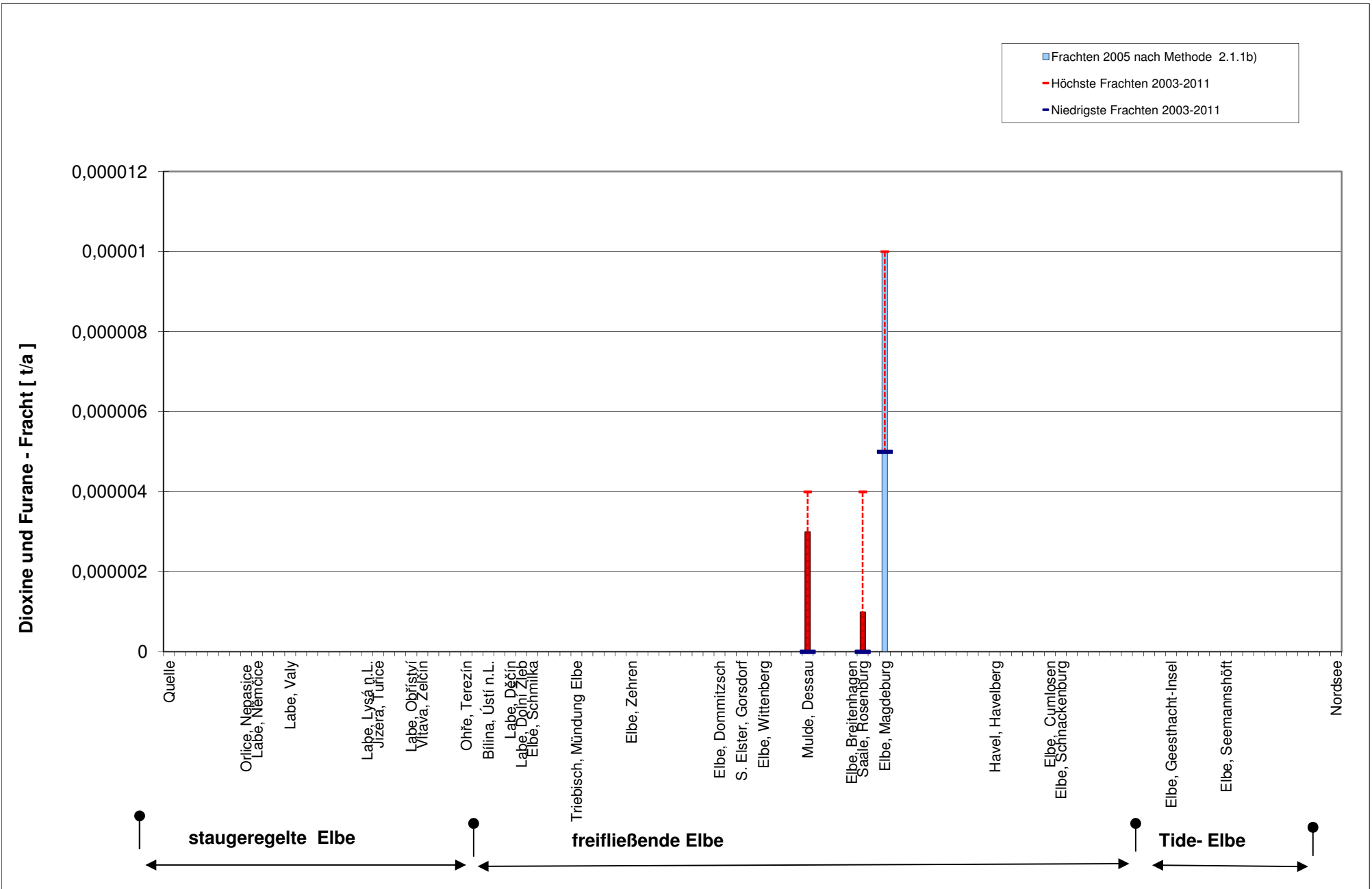
Fortsetzung Abbildung B-A4-3



Fortsetzung Abbildung B-A4-3



Fortsetzung Abbildung B-A4-3



Fortsetzung Abbildung B-A4-3



a – Sassendorf



b – Grippel



c – Gerwisch

© Wasser- & Schifffahrtsverwaltung des Bundes (www.wsv.de)

© Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (geodatenzentrum.de)

Abbildung B-A4-4: Luftbilder von Elbeseitenstrukturen, für die erodierbare Feinsedimente in relevanten Mengen ermittelt wurden

a – Sassendorf (Bucht, km 568 – angeschlossen bei MQ),

b – Grippel (Altarm, km 497,8 – angeschlossen bei MQ),

c – Gerwisch (Altwasser, km 333,2 – angeschlossen bei 2MQ)



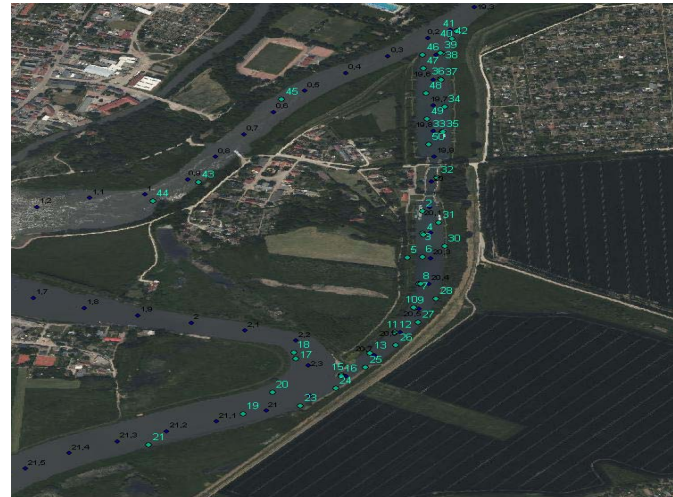
a - Aisleben



b - Rothenburg



c - Wettin



d - Calbe

© Wasser- & Schifffahrtsverwaltung des Bundes (www.wsv.de)
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (geodatenzentrum.de)

**Abbildung B-A4-5 Luftbilder der vier großen Saale-Staustufen:
 a - Aisleben, b - Rothenburg, c - Wettin und d - Calbe.
 In Rothenburg und Calbe sind zusätzlich die Messpunkte der Untersuchungen für dieses Konzept angegeben**



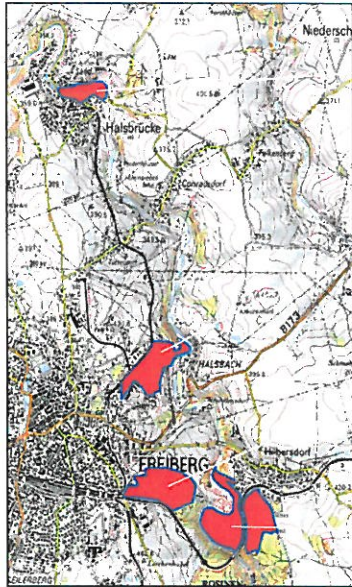
Abbildung B-A4-6: Luftbilder des Muhlgrabens Wettin (oben) und des Wehrs Staßfurt im Unterlauf der Bode

Altlasten am Gewässer

Ökologische Großprojekte und weitere bedeutende freistellungsfinanzierte Sanierungsvorhaben im Überblick

Projekt: Ökologisches Großprojekt SAXONIA – Teilfläche Davidschacht

Lageplan



Hütte Halsbrücke

- Edelmetallproduktion / Verarbeitung
- Lötzinn, Blei-Zinn-Legierungen
- Bis 1969 Bergbaubetrieb

Davidschacht

- Bergbaubetrieb bis 1969,
danach Rationalisierungsbetrieb

Hütte Freiberg

- 25.000 t/a Zink
- 60 t/a Cadmium
- 4.000 t/a Feinzinn
- 180.000 t/a Schwefelsäure

Hütte Muldenhütten

- 60.000 t/a Blei
- 1.200 t/a Arsentrioxid

Abb. 1: Lage der Standorte des Großprojektes SAXONIA



Abb. 2: Davidschacht, 1989



Abb. 3: Davidschacht, 2012

Daten und Zahlen

- Laufzeit des Großprojektes 1993 – 2013
- Grundlage: Rahmensanierungskonzept von 1994 (RSK)
- Gliederung des Standortes Hütte Freiberg in 6 Teilflächen auf 41 Flurstücken (siehe Abb. 4)
- Größe: ca. 30 ha (Haldenbereiche)
- Erste geschätzte Kosten nach RSK: ca. 4,2 Mio. €

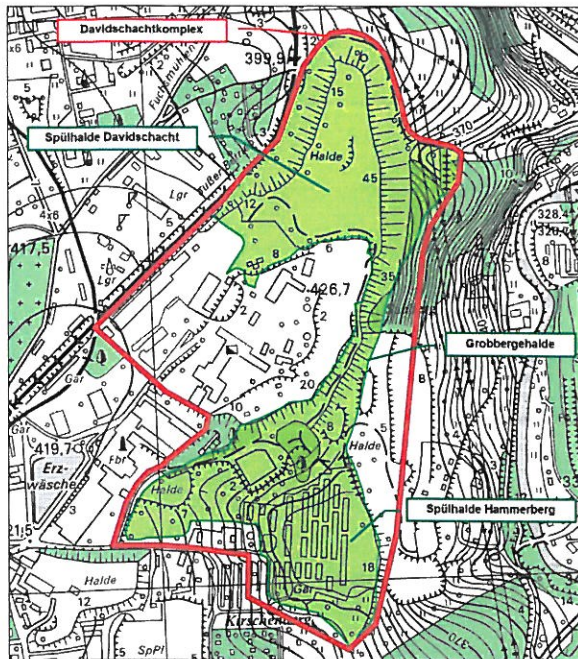


Abb. 4: wesentliche Teilflächen Davidschacht



- LEGENDE
- 4.1 Spül- und Grobbergehalde Davidschacht Firma PD
 - 4.2 Spülhalde Hammerberg und Flächen GELSENROT
 - 4.3 EVA Fachmarkt
 - 4.4 D+P Industrietechnik Orcom
 - 4.5 Zufahrtsstraße (Stadt Freiberg)
 - 4.6 Spülhalde (Plateau) Garagenstandort

UTECON Umweltschutz & Technologie Service GmbH

Abb. 5: wesentliche Teilflächen Davidschacht (RSK)

Historische Nutzung des Standortes

- Mitte 19. Jh. mit Abteufen des Davidschachtes entstanden
- Im 20. Jh. Hauptförderschacht des Freiburger Reviers (bis 1969)
- Nach 1969: Rationalisierungsbau und verschiedene Gewerke des Bergbau- und Hüttenkombinates
- Altlastenseitig relevant sind die Haldenbereich (Grobbergehalde, Spülhalde Davidschacht, Spülhalde Hammerberg)
- In 70er Jahre des 20. Jh. fand an Spülhalde Hammerberg (Grobbergedamm) eine Haldenrückgewinnung von Gneismaterialien für den Straßenbau statt

Schadstoffbelastung

nachgewiesene Hauptschadstoffe

- Schwermetalle (v.a. Blei, Cadmium, Kupfer, Zink, Nickel, Chrom) und Arsen aus verarbeiteten Erzen
- Sulfat, Versauerung

kontaminierte Medien:

- Boden
- Sicker- und Grundwasser

Stand der Altlastenbearbeitung: 2012 – Sanierung z.T. abgeschlossen, Spülhalden: Stand Sanierungsuntersuchung

Untersuchungen / Kenntnisstand

Medium	Untersuchungsstufe	Vollständigkeit
<ul style="list-style-type: none"> - Boden - Grund- und Sickerwasser - Oberflächengewässer - Abfallablagerungen (Halden) 	abgeschlossen wurden: <ul style="list-style-type: none"> - Erstbewertung - orientierende Untersuchung - Detailuntersuchung - Sanierungsuntersuchung - z.T. Sanierungsplanung, Sanierung 	für die in Abbildung 4 genannten Teilflächen z.T. separat sowie z.T. flächenübergreifend in ca. 17 Einzelmaßnahmen erfolgt

Durchgeführte Sanierungsmaßnahmen		
Medium	Sanierungsmaßnahmen	Sanierungszielwert / Restbelastung nach der Sanierung
- Boden, Sickerwasser	- Abdeckung, Abdichtung durch Nachnutzung	Generelle Ziele: - Reduktion des Schadstoffaustrages - Nachnutzung als Industrie- und Gewerbegrundstück - Halden: Begrünung
- Abfallablagerungen (Halden)	- Abdeckung, Abdichtung	
Gegenwärtige Standortnutzung - Industriegebiet mit verschiedenen Firmen - Abgedichtetes Plateau der Grobbergehalde: Photovoltaik-Anlage - Spülhalden: nach geplanter Sanierung durch Abdeckung - Begrünung		
verbleibender Handlungsbedarf - Sanierung der Spülhalden - Nachsorge auf den Halden (Rasenmäh, Kontrolle der technischen Einrichtungen) - Überwachung durch Wassermonitoring (Grund- und Sickerwasser)		

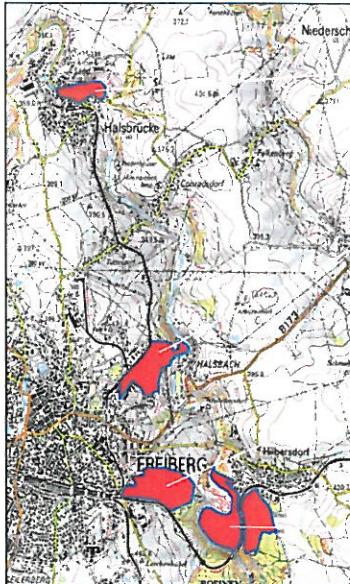
Aspekte des Sedimentmanagements	
Gewässer: Freiburger Mulde	
Historie	Nutzung des Gewässers während der Betriebszeit des Standortes (bis 1990) - Abwassereinleitung
	War der Standort bis 1990 Hochwasser gefährdet? Ja nein unbekannt
	Gab es Überflutungsereignisse? <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Sind Havarien bekannt, die zu einem bedeutenden Schadstoffeintrag in das Gewässer führten? Ja nein unbekannt
	Welche sedimentrelevanten Schadstoffe waren in welcher Menge (geschätzt) nach der Stilllegung am Standort vorhanden? - Aufgrund der Größe und Aufgliederung der Altlast können hier nur Beispiele gegeben werden. - Bsp. Spülhalde Davidschacht (Spülsandproben): o 1993 - Feststoff: Arsen bis 4400 mg/kg, Blei bis 3000 mg/kg, Cadmium bis 62 mg/kg; o 1993 - Eluat: Arsen bis 0,1 mg/l, Blei bis 0,28 mg/l, Cadmium bis 0,32 mg/l - Bsp. GWM Spülhalde Davidschacht (vor Sanierung) o 2009: Arsen 0,1 mg/l, Blei 0,19 mg/l, Cadmium 0,005 mg/l
aktuell	Welcher Schadstoffanteil ist bisher saniert worden (Dekontamination / Sicherung)? - Wesentliches Sanierungsziel: Reduzierung des Schadstoffaustrages über Sicker-, Grund- und Oberflächenwasser in die Freiburger Mulde - Bisher wurde nur das Plateau der Grobbergehalde abgedeckt - Sanierung der Spülhalden wird aktuell vorbereitet
	Besteht aktuell eine mögliche Gefährdung des Gewässers durch Elutionsvorgänge auf dem Standort? Ja nein unbekannt
	Wie ist der Standort gegenwärtig vor Hochwasser geschützt? ≥HQ₁₀₀ < HQ₁₀₀ unbekannt
	Können Schadstoffeinträge in das Gewässer über den GW-Pfad ausgeschlossen werden? Ja nein unbekannt
	Liegen Informationen über die Schadstoffbelastung der Gewässersedimente (Gewässerbett, Ufer, ggf. Aue) im Unterstrom des Areals vor? ja nein unbekannt

Altlasten am Gewässer

Ökologische Großprojekte und weitere bedeutende freistellungsfinanzierte Sanierungsvorhaben im Überblick

Projekt: Ökologisches Großprojekt SAXONIA – Teilfläche Hütte Freiberg

Lageplan



Hütte Halsbrücke

- Edelmetallproduktion / Verarbeitung
- Lötzinn, Blei-Zinn-Legierungen
- Bis 1969 Bergbaubetrieb

Davidschacht

- Bergbaubetrieb bis 1969,
danach Rationalisierungsbetrieb

Hütte Freiberg

- 25.000 t/a Zink
- 60 t/a Cadmium
- 4.000 t/a Feinzinn
- 180.000 t/a Schwefelsäure

Hütte Muldenhütten

- 60.000 t/a Blei
- 1.200 t/a Arsentrioxid

Abb. 1: Lage der Standorte des Großprojektes SAXONIA



Abb. 2: Hütte Freiberg, 1989



Abb. 3: eh. Hütte Freiberg, 2012 (SAXONIA-Areal)

Daten und Zahlen

- Laufzeit des Großprojektes 1993 – 2013
- Grundlage: Rahmensanierungskonzept von 1994 (RSK)
- Gliederung des Standortes Hütte Freiberg in 18 Teilflächen auf 9 Flurstücken (siehe Abb. 4)
- Größe: 535.780 m²
- Erste geschätzte Kosten nach RSK 1994: ca. 21,9 Mio. €

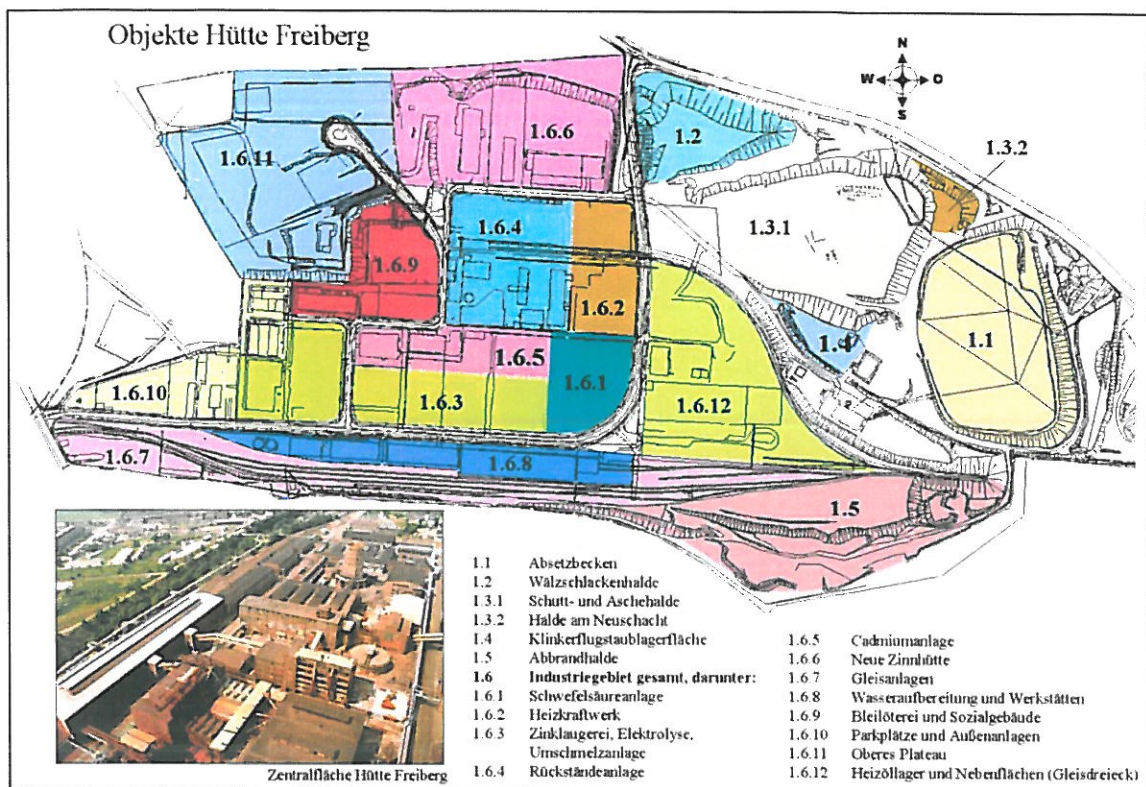


Abb. 4: Teilflächen der Hütte Freiberg nach RSK

Historische Nutzung des Standortes

- 1950 auf einer ehemaligen landwirtschaftlichen Nutzfläche erbaut
- Herstellung von Zink, Blei, Cadmium, Zinn, Schwefelsäure
- Produktionsanlagen:
 - o Anlagen zur nassmetallurgischen Zinkgewinnung
 - o Schwefelsäurefabrik
 - o ab 1959 Hüttenwerk (Zinkerze) mit Erzröstung, Laugung, Zinkelektrolyse, Zinkumschmelze
 - o ab 1964 Rückständigeanlage für zinkhaltige Rückstände
 - o ab 1978 Produktionsanlage zur Zinngewinnung
- Halden:
 - o Haldenkomplex bestehend aus Wälzschlackenhalde, Schutt- und Aschehalde und Halde am Neuschacht
 - o Abbrandhalde
- Absetzbecken
- Abfälle:
 - o Abbrände des Röstprozesses (z.T. verwertet in Zementindustrie), Schlacken (z.T. wiederverwertet als Baustoff), Flugstäube, Asche (aus Heizkraftwerk)
 - o Im Absetzbecken: Neutralisationsschlämme und Schlämme aus Nassgasreinigung der Zinnhütte

Schadstoffbelastung		
nachgewiesene Hauptschadstoffe	<ul style="list-style-type: none"> - Schwermetalle (v.a. Blei, Cadmium, Kupfer, Zink, Nickel, Chrom) und Arsen aus verarbeiteten Erzen - Chlorid, Sulfat, Versauerung 	
kontaminierte Medien:	<ul style="list-style-type: none"> - Boden - Sicker- und Grundwasser - Bausubstanz 	
Stand der Altlastenbearbeitung: 2012 – Sanierung abgeschlossen, Nachsorgephase		
Untersuchungen / Kenntnisstand		
Medium	Untersuchungsstufe	Vollständigkeit
<ul style="list-style-type: none"> - Boden - Grund- und Sickerwasser - Oberflächengewässer - Abfallablagerungen (Halden, Absetzbecken) - Bausubstanz 	Kompletzt durchgeführt und abgeschlossen wurden: <ul style="list-style-type: none"> - Erstbewertung - orientierende Untersuchung - Detailuntersuchung - Sanierungsuntersuchung - Sanierungsplanung - Sanierungsausführung (Maßnahmen) 	für die in Abbildung 4 genannten Teilflächen z.T. separat sowie z.T. flächenübergreifend in ca. 66 Einzelmaßnahmen erfolgt
Durchgeführte Sanierungsmaßnahmen		
Medium	Sanierungsmaßnahmen	Sanierungszielwert / Restbelastung nach der Sanierung
<ul style="list-style-type: none"> - Boden, Sickerwasser - Abfallablagerungen (Absetzbecken, Halden) - Bausubstanz 	<ul style="list-style-type: none"> - Bodenaushub, Abdeckung, Abdichtung durch Nachnutzung - Abdeckung, Abdichtung, z.T. vorab Behandlung von Schlämmen - Abriss und Verbringung in Absetzbecken vor dessen Sanierung 	Generelle Ziele: <ul style="list-style-type: none"> - Reduktion des Schadstoffaustrages - Nachnutzung als Industrie- und Gewerbegrundstück - Halden Begrünung
Gegenwärtige Standortnutzung		
<ul style="list-style-type: none"> - Industriegebiet mit verschiedenen Firmen - Halden: Photovoltaik-Anlagen 		
verbleibender Handlungsbedarf		
<ul style="list-style-type: none"> - Nachsorge auf den Halden (Rasenmähd, Kontrolle der technischen Einrichtungen) - Überwachung durch Wassermonitoring (Grund- und Sickerwasser) 		

Aspekte des Sedimentmanagements

Gewässer: Freiburger Mulde

Historie	Nutzung des Gewässers während der Betriebszeit des Standortes (bis 1990)			
	<ul style="list-style-type: none"> - Brauchwasserentnahme - Abwassereinleitung 			
	War der Standort bis 1990 Hochwasser gefährdet?	Ja <input type="checkbox"/>	nein <input checked="" type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
	Gab es Überflutungsereignisse?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sind Havarien bekannt, die zu einem bedeutenden Schadstoffeintrag in das Gewässer führten?	Ja <input type="checkbox"/>	nein <input checked="" type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
	Welche sedimentrelevanten Schadstoffe waren in welcher Menge (geschätzt) nach der Stilllegung am Standort vorhanden?			
	<ul style="list-style-type: none"> - Aufgrund der Größe und Aufgliederung der Altlast können hier nur Beispiele gegeben werden. - Bsp. Haldenkomplex: <ul style="list-style-type: none"> o 564 t Arsen, 3915 t Blei, 49 t Cadmium im Feststoff - Bsp. Frachtaustrag im Abstrom des Haldenkomplex: <ul style="list-style-type: none"> o 1995, Sickerwassermessstelle SWM 2402: Arsen 110,4 kg/a, Cadmium 78,8 kg/a, Blei 0,12 kg/a, Zink 6543,7 kg/a, Nickel 11,4 kg/a, Chlorid 8672,4 kg/a, Sulfat 14979,6 kg/a - Bsp. Konzentration im Abstrom des Haldenkomplex: <ul style="list-style-type: none"> o 1995, Grundwassermessstelle GWM 2220 / 2216: Arsen bis 0,11 mg/l, Cadmium bis 7,2 mg/l, Blei bis 0,19 mg/l, Zink bis 480 mg/l, Nickel bis 1,5 mg/l, Chlorid bis 410 mg/l, Sulfat bis 2496 mg/l 			
aktuell	Welcher Schadstoffanteil ist bisher saniert worden (Dekontamination / Sicherung)?			
	<ul style="list-style-type: none"> - Wesentliches Sanierungsziel: Reduzierung des Schadstoffaustrages über Sicker-, Grund- und Oberflächenwasser in die Freiburger Mulde - Bsp. Frachtaustrag im Abstrom des Haldenkomplex: <ul style="list-style-type: none"> o 2012, Sickerwassermessstelle SWM 2402: Arsen 0,01 kg/a, Cadmium 0 kg/a, Blei 0,0 kg/a, Zink 2,5 kg/a, Nickel 0 kg/a, Chlorid 0,9 kg/a, Sulfat 10,9 kg/a - Bsp. Konzentration im Abstrom des Haldenkomplex: <ul style="list-style-type: none"> o 2012, Grundwassermessstelle GWM 2220 / 2216: Arsen bis 0,013 mg/l, Cadmium bis 4,6 mg/l, Blei bis 0,02 mg/l, Zink bis 300 mg/l, Nickel bis 0,6 mg/l, Chlorid bis 180 mg/l, Sulfat bis 1590 mg/l 			
	Besteht aktuell eine mögliche Gefährdung des Gewässers durch Elutionsvorgänge auf dem Standort?	Ja <input type="checkbox"/>	nein <input checked="" type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
	<ul style="list-style-type: none"> - Unter Beachtung des erreichten Sanierungszieles: nein 			
	Wie ist der Standort gegenwärtig vor Hochwasser geschützt?	\geq HQ ₁₀₀ <input type="checkbox"/>	$<$ HQ ₁₀₀ <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>

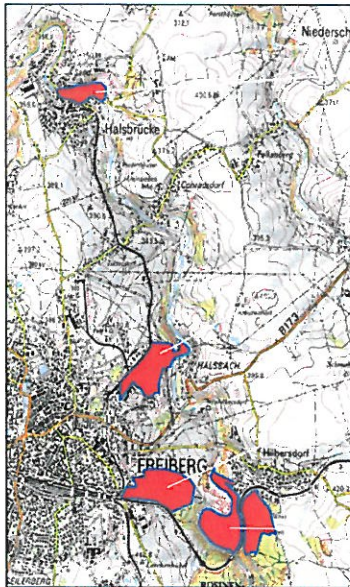
- Nicht notwendig, außerhalb Überschwemmungsbereich			
Können Schadstoffeinträge in das Gewässer über den GW-Pfad ausgeschlossen werden?	Ja <input type="checkbox"/>	nein <input checked="" type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
- Eine Nullsanierung ist nicht möglich / nicht verhältnismäßig			
Liegen Informationen über die Schadstoffbelastung der Gewässersedimente (Gewässerbett, Ufer, ggf. Aue) im Unterstrom des Areals vor?	ja <input checked="" type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>

Altlasten am Gewässer

Ökologische Großprojekte und weitere bedeutende freistellungsfinanzierte Sanierungsvorhaben im Überblick

Projekt: Ökologisches Großprojekt SAXONIA – Teilfläche Hütte Halsbrücke

Lageplan



Hütte Halsbrücke

- Edelmetallproduktion / Verarbeitung
- Lötzinn, Blei-Zinn-Legierungen
- Bis 1969 Bergbaubetrieb

Daidschacht

- Bergbaubetrieb bis 1969,
danach Rationalisierungsbetrieb

Hütte Freiberg

- 25.000 t/a Zink
- 60 t/a Cadmium
- 4.000 t/a Feinzinn
- 180.000 t/a Schwefelsäure

Hütte Muldenhütten

- 60.000 t/a Blei
- 1.200 t/a Arsen trioxid

Abb. 1: Lage der Standorte des Großprojektes SAXONIA



Abb. 2: Hütte Halsbrücke, 1989



Abb. 3: eh. Hütte Halsbrücke, 2012

Daten und Zahlen

- Laufzeit des Großprojektes 1993 – 2013
- Grundlage: Rahmensanierungskonzept von 1994 (RSK)
- Gliederung des Standortes Hütte Freiberg in 15 Teilflächen auf 47 Flurstücken (siehe Abb. 4)
- Größe: 618.044 m²
- Erste geschätzte Kosten nach RSK 1994: ca. 7,5 Mio. €

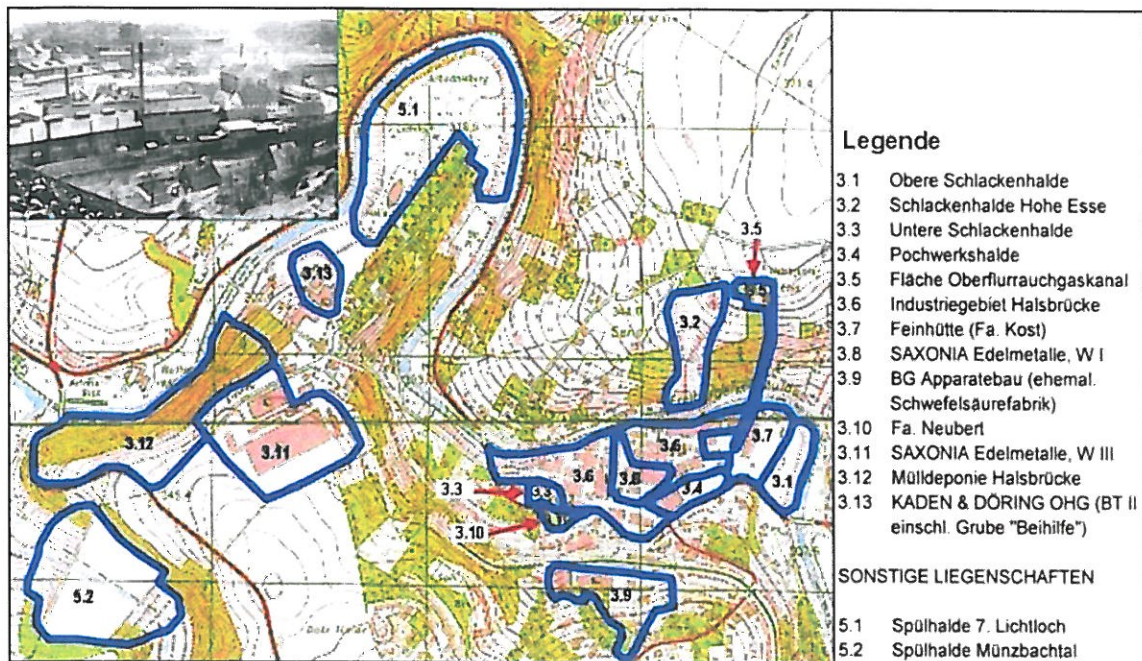


Abb. 4: Teilflächen Hütte Halsbrücke nach RSK

Historische Nutzung des Standortes

- 1612 gegründet
- Herstellung von Silber, Blei, später vor allem Edelmetallen und Kupfer, Kupfervitriol
- Produktionsanlagen:
 - o Zunächst Silber- und Bleigewinnung
 - o Ab 1913 auch Verhüttung von Importerzen und Abfällen früherer Produktionen
 - o Schwarzkupferhütte
 - o Amalgamierverfahren von 1790 bis 1856 (Quecksilber)
 - o Schachtöfen zur Bleigewinnung bis 1961
 - o Schwefelsäurefabrik bis in 50er Jahre des 20. Jh.
 - o Anlagen der Edelmetallverarbeitung (Betriebsteil III) Ende der 70er Jahre des 20. Jh.
- Halden:
 - o Grobbergehalde der Grube Beihilfe am Muldetal
 - o Spülhalden „7. Lichtloch“ und „Münzbachtal“
 - o 3 Schlackehalden im Bereich des Betriebsteiles I (Schlackehalde Hohe Esse, Obere und Untere Schlackehalde, Pochwerkshalde), z.T. zurückgebaut und verwertet
- Abfälle:
 - o Abbrände, Schlacken (z.T. wiederverwertet als Baustoff), Flugstäube, Asche (aus Heizkraftwerk)
 - o Aufbereitungsschlämme aus Erzaufbereitung

Schadstoffbelastung		
nachgewiesene Hauptschadstoffe	<ul style="list-style-type: none"> - Schwermetalle (v.a. Blei, Cadmium, Kupfer, Zink, Nickel, Chrom), Arsen und Quecksilber aus verarbeiteten Erzen - Dioxin 	
kontaminierte Medien:	<ul style="list-style-type: none"> - Boden - Sicker- und Grundwasser - Bausubstanz 	
Stand der Altlastenbearbeitung: 2012 – Sanierung abgeschlossen, Nachsorgephase		
Untersuchungen / Kenntnisstand		
Medium	Untersuchungsstufe	Vollständigkeit
<ul style="list-style-type: none"> - Boden - Grund- und Sickerwasser - Oberflächengewässer - Abfallablagerungen (Halden) - Bausubstanz 	Komplett durchgeführt und abgeschlossen wurden: <ul style="list-style-type: none"> - Erstbewertung - orientierende Untersuchung - Detailuntersuchung - Sanierungsuntersuchung - Sanierungsplanung - Sanierungsausführung (Maßnahmen) 	für die in Abbildung 4 genannten Teilflächen z.T. separat sowie z.T. flächenübergreifend in ca. 39 Einzelmaßnahmen erfolgt
Durchgeführte Sanierungsmaßnahmen		
Medium	Sanierungsmaßnahmen	Sanierungszielwert / Restbelastung nach der Sanierung
- Boden, Sickerwasser	- Bodenaushub, Abdeckung, Abdichtung (z.T. durch Nachnutzung)	Generelle Ziele: <ul style="list-style-type: none"> - Reduktion des Schadstoffaustrages - Nachnutzung als Industrie- und Gewerbegrundstück (Halden: Grünflächen)
- Abfallablagerungen (Halden)	- Abdeckung, Abdichtung	
- Bausubstanz	- Abriss und Entsorgung im Rahmen der Sanierung oder auf Deponien	
Gegenwärtige Standortnutzung		
<ul style="list-style-type: none"> - Industriegebiet mit verschiedenen Firmen - Halden: keine 		
verbleibender Handlungsbedarf		
<ul style="list-style-type: none"> - Nachsorge auf den Halden (Rasenmähd, Kontrolle der technischen Einrichtungen) - Überwachung durch Wassermonitoring (Grund- und Sickerwasser) 		

Aspekte des Sedimentmanagements

Gewässer: Freiburger Mulde

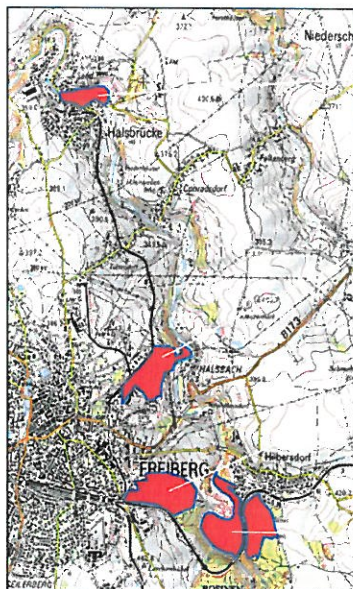
Historie	Nutzung des Gewässers während der Betriebszeit des Standortes (bis 1990) - Brauchwasserentnahme - Abwassereinleitung			
	War der Standort bis 1990 Hochwasser gefährdet?	Ja	nein	unbekannt
	Gab es Überflutungsereignisse?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sind Havarien bekannt, die zu einem bedeutenden Schadstoffeintrag in das Gewässer führten?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
aktuell	Welche sedimentrelevanten Schadstoffe waren in welcher Menge (geschätzt) nach der Stilllegung am Standort vorhanden? - Aufgrund der Größe und Aufgliederung der Altlast können hier nur Beispiele gegeben werden. - Bsp. Pochwerkshalde o 16 - 21900 mg/kg Arsen, 180 – 72000 mg/kg Blei, 4 – 410 mg/kg Cadmium im Feststoff - Bsp. Obere Schlackenhalde: o Mittlere Eluatgehalte: Arsen 0,024 mg/l, Blei 7,82 mg/l, Cadmium 0,65 mg/l - Bsp. Bereich Rauchgaskanal: o In 0 bis 10 cm Bodenschicht: Dioxin 21415 ng TE/kg TS			
	Welcher Schadstoffanteil ist bisher saniert worden (Dekontamination / Sicherung)? - Wesentliches Sanierungsziel: Reduzierung des Schadstoffaustrages über Sicker-, Grund- und Oberflächenwasser in die Freiburger Mulde Beräumung Kanäle, Abtrag von Boden/Ablagerungen o Abdeckung und Abdichtung kontaminierter Flächen, Gräben und Halden o Bepflanzung von Halden (Schlackehalde Hohe Esse) unter Beachtung FFH-Vorgaben			
	Besteht aktuell eine mögliche Gefährdung des Gewässers durch Elutionsvorgänge auf dem Standort? - Unter Beachtung des erreichten Sanierungszieles: nein	Ja	nein	unbekannt
	Wie ist der Standort gegenwärtig vor Hochwasser geschützt? - Betrifft wesentliche Anlagen	$\geq HQ_{100}$	$< HQ_{100}$	unbekannt
aktuell	Können Schadstoffeinträge in das Gewässer über den GW-Pfad ausgeschlossen werden? - Eine Nullsanierung ist nicht möglich / nicht verhältnismäßig	Ja	nein	unbekannt
	Liegen Informationen über die Schadstoffbelastung der Gewässersedimente (Gewässerbett, Ufer, ggf. Aue) im Unterstrom des Areal vor?	ja	nein	unbekannt

Altlasten am Gewässer

Ökologische Großprojekte und weitere bedeutende freistellungsfinanzierte Sanierungsvorhaben im Überblick

Projekt: Ökologisches Großprojekt SAXONIA – Teilfläche Muldenhütten

Lageplan



Hütte Halsbrücke

- Edelmetallproduktion / Verarbeitung
- Lötzinn, Blei-Zinn-Legierungen
- Bis 1969 Bergbaubetrieb

Davidsschacht

- Bergbaubetrieb bis 1969,
danach Rationalisierungsbetrieb

Hütte Freiberg

- 25.000 t/a Zink
- 60 t/a Cadmium
- 4.000 t/a Feinzinn
- 180.000 t/a Schwefelsäure

Hütte Muldenhütten

- 60.000 t/a Blei
- 1.200 t/a Arsen trioxid

Abb. 1: Lage der Standorte des Großprojektes SAXONIA



Abb. 2: Muldenhütten, 1989

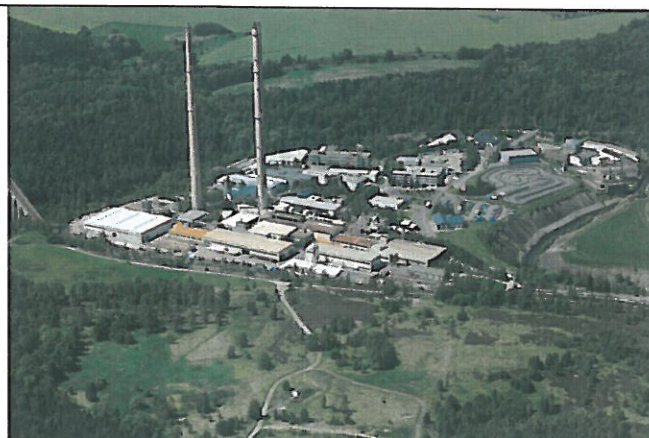


Abb. 3: Muldenhütten, 2012

Daten und Zahlen

- Laufzeit des Großprojektes 1993 – 2013
- Grundlage: Rahmensanierungskonzept von 1994 (RSK)
- Gliederung des Standortes Hütte Freiberg in 16 Teilflächen auf 21 Flurstücken (siehe Abb. 4)
- Größe: 814.011 m²
- geschätzte Kosten nach RSK 1994: ca. 14 Mio. €

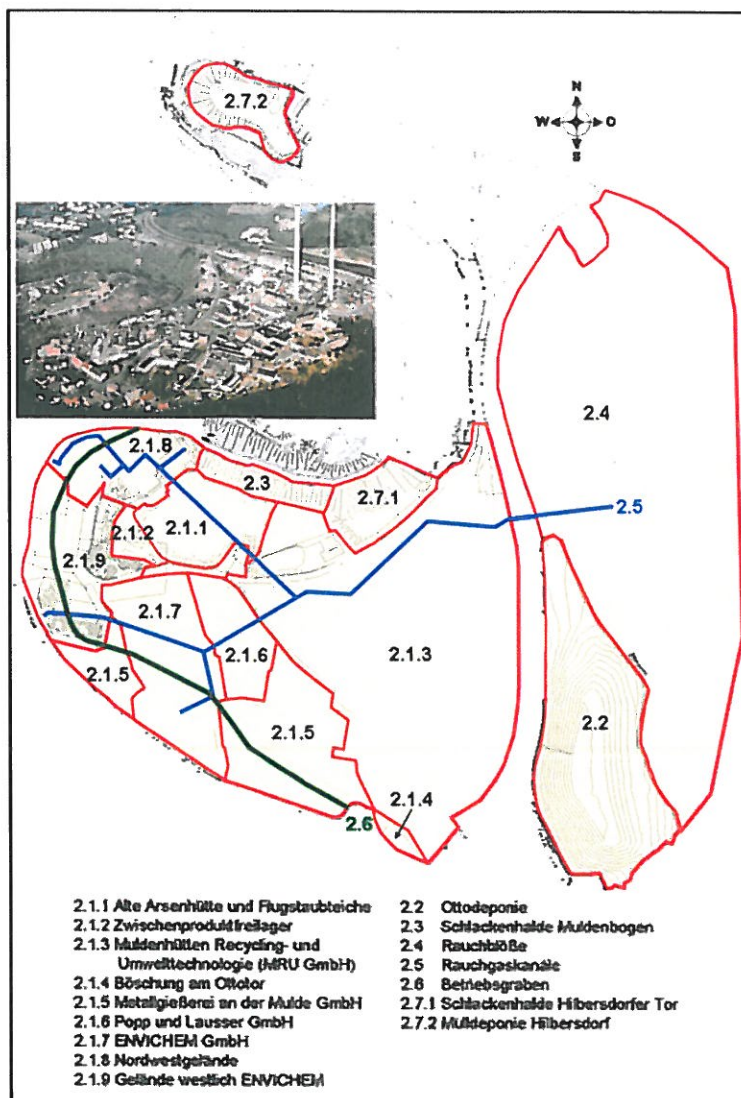


Abb. 4: Teilflächen Muldenhütten nach RSK

Historische Nutzung des Standortes

- Älteste Hütte im Freiburger Revier, bereits 1218 urkundlich erwähnt
- Zuerst Silbergewinnung, später vor allem Blei und daneben auch Zink als Hauptprodukte
- Verhüttung von Erzen aus Freiburger Revier, ab 19. Jh. auch aus Joachimsthal, Dreiwerden, Mansfelder Revier, Rückstände aus anderen Industrien (edelmetallhaltige Schrotte)
- Ab 1969 nach Einstellung Bergbau Verhüttung von Sekundärrohstoffen (z.B. Akkumulatoren)
- Herstellung von Blei, Zink, Schwefelsäure

- Produktionsanlagen:
 - o Bleihütte, Zinkhütte
 - o 1863 bis 1991 Arsenhütte
 - o 1856 Schwefelsäurefabrik
 - o Zeitweilig Tonwarenfabrik

- Halden:
 - o Ottodeponie
 - o Schlackenhalde an der Mulde (Muldebogen, Hilbersdorfer Tor)

<ul style="list-style-type: none"> - Abfälle: <ul style="list-style-type: none"> o Abbrände, Schlacken, Flugstäube, Asche o Bleischlacken als Schlackesteine im Bausektor verwertet o Schlackegranulate in Strahlsandanlage verwertet 		
<p>Schadstoffbelastung</p> <p>nachgewiesene Hauptschadstoffe</p> <p>kontaminierte Medien:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Schwermetalle (v.a. Blei, Cadmium, Kupfer, Zink, Nickel, Chrom) und Arsen aus verarbeiteten Erzen - Radioaktive Stoffe aus Erzen der Region und von importierten Erzen aus Altenberg, Zinnwald, Ehrenfriedersdorf - Dioxine und Furane - Boden - Sicker- und Grundwasser - Bausubstanz 	
<p>Stand der Altlastenbearbeitung: 2013 – Sanierung abgeschlossen, Nachsorgephase</p>		
<p>Untersuchungen / Kenntnisstand</p>		
<p>Medium</p>	<p>Untersuchungsstufe</p>	<p>Vollständigkeit</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Boden - Grund- und Sickerwasser - Oberflächengewässer - Abfallablagerungen (Halden, Deponie) - Bausubstanz 	<p>Komplett durchgeführt und abgeschlossen wurden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erstbewertung - orientierende Untersuchung - Detailuntersuchung - Sanierungsuntersuchung - Sanierungsplanung - Sanierungsausführung (Maßnahmen) 	<p>für die in Abbildung 4 genannten Teilflächen z.T. separat sowie z.T. flächenübergreifend in ca. 63 Einzelmaßnahmen erfolgt</p>
<p>Durchgeführte Sanierungsmaßnahmen</p>		
<p>Medium</p>	<p>Sanierungsmaßnahmen</p>	<p>Sanierungszielwert / Restbelastung nach der Sanierung</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Boden, Sickerwasser - Abfallablagerungen (Halden, Deponie) - Bausubstanz 	<ul style="list-style-type: none"> - Bodenaushub, Abdeckung, Abdichtung (z.T. durch Nachnutzung) - Abdeckung, Abdichtung - Abriss und Verbringung vor Ort im Rahmen der Sanierung oder Beseitigung auf Deponien 	<p>Generelle Ziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduktion des Schadstoffaustrags - Nachnutzung als Industrie- und Gewerbegrundstück - Ottodeponie: Begrünung
<p>Gegenwärtige Standortnutzung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Industriegebiet mit verschiedenen Firmen 		
<p>verbleibender Handlungsbedarf</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nachsorge auf den Halden (Rasenmähd, Kontrolle der technischen Einrichtungen) - Überwachung durch Wassermonitoring - Sanierung Asphaltdecke der Arsenhütte (alle 15-20 Jahre notwendig) 		

Aspekte des Sedimentmanagements	
Gewässer: Freiburger Mulde	
Historie	Nutzung des Gewässers während der Betriebszeit des Standortes (bis 1990) - Brauchwasserentnahme - Abwassereinleitung
	War der Standort bis 1990 Hochwasser gefährdet? Ja <input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/>
	Gab es Überflutungsereignisse? Ja <input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/>
	Sind Havarien bekannt, die zu einem bedeutenden Schadstoffeintrag in das Gewässer führten? Ja <input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/>
	Welche sedimentrelevanten Schadstoffe waren in welcher Menge (geschätzt) nach der Stilllegung am Standort vorhanden? - Aufgrund der Größe und Aufgliederung der Altlast können hier nur Beispiele gegeben werden. - Bsp. Arsenhütte vor Sanierung: o 1995, Grundwassermessstelle 4088: Arsen bis 241 mg/l, Blei bis 6,75 mg/l, Cadmium bis 4,3 mg/l, Kupfer bis 19 mg/l, Zink bis 260 mg/l, - Bsp. Ottodeponie vor Sanierung: o 1993-1995, Grundwassermessstelle 4013: Arsen 0,02 mg/l, Blei 1,5 mg/l, Cadmium 4,7 mg/l o Jahresfracht nach Eluatkonzentrationen: Arsen 0,18 kg/a, Blei 24,9 kg/a, Cadmium 5,6 kg/a
aktuell	Welcher Schadstoffanteil ist bisher saniert worden (Dekontamination / Sicherung)? - Wesentliches Sanierungsziel: Reduzierung des Schadstoffaustrages über Sicker-, Grund- und Oberflächenwasser in die Freiburger Mulde - Bsp. Arsenhütte nach Sanierung: o 2011, Grundwassermessstelle 4080 (Ersatzmessstelle für 4088): Arsen bis 5,6 mg/l, Blei bis 0,5 mg/l, Cadmium bis 0,57 mg/l, Kupfer bis 6,4 mg/l, Zink bis 150 mg/l,
	Besteht aktuell eine mögliche Gefährdung des Gewässers durch Elutionsvorgänge auf dem Standort? Ja <input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> - Unter Beachtung des erreichten Sanierungszieles: nein
	Wie ist der Standort gegenwärtig vor Hochwasser geschützt? ≥HQ₁₀₀ <input checked="" type="checkbox"/> < HQ₁₀₀ <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/>
	Können Schadstoffeinträge in das Gewässer über den GW-Pfad ausgeschlossen werden? Ja <input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> - Eine Nullsanierung ist nicht möglich / nicht verhältnismäßig
	Liegen Informationen über die Schadstoffbelastung der Gewässersedimente (Gewässerbett, Ufer, ggf. Aue) im Unterstrom des Areals vor? ja <input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/>

Altlasten am Gewässer

Ökologische Großprojekte und weitere bedeutende Altlastenfälle im Überblick

Projekt

Sanierung Uranerzbergbau Komplex Crossen (Wismut GmbH), bestehend aus Industrielle Absetzanlagen, ehemalige Betriebsfläche zur Erzaufbereitung, Bergehalde

Lageplan



Daten und Zahlen

Lage: Zwickau, Stadtteil Crossen
Größe: ca. 425 ha(Chronik)
Laufzeit des Großprojektes: 1990. – 2040ff,
Geschätzte Kosten:

Historische Nutzung des Standortes

- *mechanische und chemische Aufbereitung des Uranerz*

Schadstoffbelastung		
Hauptschadstoffe:	<ul style="list-style-type: none"> - Uran, (²²⁶Radium- nicht in der Ausbreitung) - Arsen, - Natrium, Chlorid, Sulfat 	
kontaminierte Medien:	<ul style="list-style-type: none"> - Boden - Grundwasser - Vorflut 	
Stand der Altlastenbearbeitung: (2012)		
Untersuchungen / Kenntnisstand		
Medium	Untersuchungsstufe	Vollständigkeit
Grundwasser	Sanierungsuntersuchung	alle relevanten Teilbereiche
Oberflächengewässer	Sanierungsuntersuchung	
Boden	Sanierungsuntersuchung	
Durchgeführte Sanierungsmaßnahmen <i>in-situ-Verwahrung der Industriellen Absetzanlagen (IAA), Umlagerung der Halde, Rückbau sämtlicher technischer Alt-Anlagen,</i>		
Medium	Sanierungsmaßnahmen	Sanierungszielwert / Restbelastung nach der Sanierung
<i>Ablagerungen der IAA (Wasser und Feststoff)</i>	<i>Dammprofilierung und Abdeckung; Teilentwässerung, geomechanische Konsolidierung und Abdecken der IAA; Wasserfassung, Wasserbehandlung vor Abstoß</i>	<i>U=0,5 mg/l, As=0,3 mg/l, Na=7g/l, Cl=5,5 g/l, SO4=7,5 g/l</i> <i>Keine Zielwerte</i>
<i>Grundwasser</i>	<i>Verminderung des Schadstoffeintrages durch sichere Verwahrung (Abdeckung, Begrünung) der schadstoffbelasteten Objekte sowie Fassung und Behandlung kontaminierter Wässer</i>	<i>Keine Zielwerte</i>
<i>Oberflächengewässer</i>	<i>Begrenzung der Emissionen durch Sanierung der Schadstoffquellen und Behandlung kontaminierter Wässer</i>	
<i>Boden</i>	<i>Aushub, Entfernung der Kontamination der Aufstandsfläche, Rückverfüllung mit inertem Bodenmaterial</i>	<i>< 1 Bq/g</i>
Gegenwärtige Standortnutzung		
<i>Sanierung bzw. rekultivierte Teilflächen ohne Nutzung</i>		
verbleibender Handlungsbedarf		
<u>Betriebsfläche</u> <i>Sanierte Grünfläche</i>	<u>Bergehalde</u> <i>lfd. Umlagerung in die IAA; dann Gestaltung als Retentionsfläche</i>	<u>IAA</u> <i>bis auf Bauwasserhaltung im Beckentiefsten entwässert, fortdauernde Sicker- und Porenwasserfassung/Behandlung schrittweise Abdeckung, Begrünung</i>

Aspekte des Sedimentmanagements		
Gewässer: <i>Zwickauer Mulde</i>		
historisch	Nutzung des Gewässers während der Betriebszeit des Standortes (bis 1990) - Kühl- / Brauchwasserentnahme - Abwassereinleitung	
	War der Standort bis 1990 Hochwasser gefährdet ?	Ja nein unbekannt x <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Gab es Überflutungsereignisse?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> x <input type="checkbox"/>
	Sind Havarien bekannt, die zu einem bedeutenden Schadstoffeintrag in das Gewässer führten?	Ja nein unbekannt x <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Welche sedimentrelevanten Schadstoffe waren in welcher Menge (geschätzt) nach der Stilllegung am Standort vorhanden? <i>Aussage überhaupt möglich? Abschätzung Schadstoffpotenzial?</i>	
aktuell	Welcher Schadstoffanteil ist bisher saniert worden (Dekontamination / Sicherung)?	
	Besteht aktuell eine mögliche Gefährdung des Gewässers durch Elutionsvorgänge auf dem Areal? <i>Bekannte Restkontamination im abströmenden Grundwasser</i>	Ja nein unbekannt x <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Wie ist der Standort gegenwärtig vor Hochwasser geschützt?	$\geq HQ_{100}$ $< HQ_{100}$ unbekannt x <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Können Schadstoffeinträge in das Gewässer über den GW-Pfad ausgeschlossen werden?	Ja nein unbekannt <input type="checkbox"/> x <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Liegen Informationen über die Schadstoffbelastung der Gewässersedimente (Gewässerbett, Ufer, ggf. Aue) im Unterstrom des Areals vor?	ja nein unbekannt x <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Altlasten am Gewässer

Ökologische Großprojekte und weitere bedeutende Altlastenfälle im Überblick

Projekt

Sanierung Uranerzbergbau Komplex Schlema (*Wismut GmbH*)

Lageplan



Daten und Zahlen

Lage: Schlema-Alberoda
Größe: ca. 350 ha
Laufzeit des Großprojektes: 1990. – 2040ff,
Geschätzte Kosten:

Historische Nutzung des Standortes

- *Altbergbau auf Silber, Cobalt, Nickel, Wismut, Kupfer*
- *Bergbau Uran*

Schadstoffbelastung Hauptschadstoffe: kontaminierte Medien:	<ul style="list-style-type: none"> - Uran, ²²⁶Radium (nur Grube) - Arsen, Eisen, Mangan, - <ul style="list-style-type: none"> - Boden (Halden) - Grubenwasser ; Grundwasser - Vorflut 																
Stand der Altlastenbearbeitung: (2012)																	
Untersuchungen / Kenntnisstand <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Medium</th> <th style="width: 45%;">Untersuchungsstufe</th> <th style="width: 30%;">Vollständigkeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grubenwasser</td> <td>Sanierungsuntersuchung</td> <td>alle relevanten Teilbereiche</td> </tr> <tr> <td>Grundwasser</td> <td>Sanierungsuntersuchung</td> <td>dto.</td> </tr> <tr> <td>Oberflächengewässer</td> <td>Sanierungsuntersuchung</td> <td>dto.</td> </tr> <tr> <td>Boden (Halden)</td> <td>Sanierungsuntersuchung</td> <td>dto.</td> </tr> </tbody> </table>			Medium	Untersuchungsstufe	Vollständigkeit	Grubenwasser	Sanierungsuntersuchung	alle relevanten Teilbereiche	Grundwasser	Sanierungsuntersuchung	dto.	Oberflächengewässer	Sanierungsuntersuchung	dto.	Boden (Halden)	Sanierungsuntersuchung	dto.
Medium	Untersuchungsstufe	Vollständigkeit															
Grubenwasser	Sanierungsuntersuchung	alle relevanten Teilbereiche															
Grundwasser	Sanierungsuntersuchung	dto.															
Oberflächengewässer	Sanierungsuntersuchung	dto.															
Boden (Halden)	Sanierungsuntersuchung	dto.															
Durchgeführte Sanierungsmaßnahmen <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Medium</th> <th style="width: 45%;">Sanierungsmaßnahmen</th> <th style="width: 30%;">Sanierungszielwert / Restbelastung nach der Sanierung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grubenwasser</td> <td>Gesteuerte Flutung, Wasserfassung, Wasserbehandlung vor Abstoß</td> <td>U=0,5 mg/l, As=0,1 ... 0,3 mg/l Fe=2 mg/l, Mn = 3 mg/l, Ra-226=400 mBq/l</td> </tr> <tr> <td>Grundwasser</td> <td>Verminderung der Schadstoffeinträge mittels Abdeckung, Begrünung der Sanierungs-Objekte (Halden)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Oberflächengewässer</td> <td>Begrenzung der Emissionen (Wasserbehandlung aufsteigendes Grubenwasser, tw. auch für Haldensickerwässer, Haldensanierung)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Halden</td> <td>sichere Verwahrung durch Herstellung der Langzeitstandfestigkeit, Abdeckung, Begrünung und hydrotechnischem Ausbau</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Medium	Sanierungsmaßnahmen	Sanierungszielwert / Restbelastung nach der Sanierung	Grubenwasser	Gesteuerte Flutung, Wasserfassung, Wasserbehandlung vor Abstoß	U=0,5 mg/l, As=0,1 ... 0,3 mg/l Fe=2 mg/l, Mn = 3 mg/l, Ra-226=400 mBq/l	Grundwasser	Verminderung der Schadstoffeinträge mittels Abdeckung, Begrünung der Sanierungs-Objekte (Halden)		Oberflächengewässer	Begrenzung der Emissionen (Wasserbehandlung aufsteigendes Grubenwasser, tw. auch für Haldensickerwässer, Haldensanierung)		Halden	sichere Verwahrung durch Herstellung der Langzeitstandfestigkeit, Abdeckung, Begrünung und hydrotechnischem Ausbau	
Medium	Sanierungsmaßnahmen	Sanierungszielwert / Restbelastung nach der Sanierung															
Grubenwasser	Gesteuerte Flutung, Wasserfassung, Wasserbehandlung vor Abstoß	U=0,5 mg/l, As=0,1 ... 0,3 mg/l Fe=2 mg/l, Mn = 3 mg/l, Ra-226=400 mBq/l															
Grundwasser	Verminderung der Schadstoffeinträge mittels Abdeckung, Begrünung der Sanierungs-Objekte (Halden)																
Oberflächengewässer	Begrenzung der Emissionen (Wasserbehandlung aufsteigendes Grubenwasser, tw. auch für Haldensickerwässer, Haldensanierung)																
Halden	sichere Verwahrung durch Herstellung der Langzeitstandfestigkeit, Abdeckung, Begrünung und hydrotechnischem Ausbau																
Gegenwärtige Standortnutzung Sanierung rekultivierte Flächen als Park- und Freizeitanlagen, Weidewirtschaft																	
verbleibender Handlungsbedarf Grubenwasserreinigung solange, bis die Konzentrationen im Grubenwasser selbst die Abstoßwerte der Wasserbehandlung erreicht haben; dann wird die bis dato zu betreibende Wasserbehandlung hinfällig und ein freier Abfluss der dann überlaufenden Grubenwässer möglich. Halden: Nachsorgemaßnahmen und Fortsetzung der Sanierung (Herstellung der Langzeitstandfestigkeit, Abdeckung, Begrünung, Wasser- und Wegebau zur schnellen Ableitung eines großen Anteils von Niederschlagswässern)																	

Aspekte des Sedimentmanagements				
Gewässer: <i>Zwickauer Mulde</i>				
historisch	Nutzung des Gewässers während der Betriebszeit des Standortes (bis 1990) - Kühl- / Brauchwasserentnahme - Abwassereinleitung			
	War der Standort bis 1990 Hochwasser gefährdet ?	Ja <input type="checkbox"/>	nein x <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
	Gab es Überflutungsereignisse? Temp. Überlauf	<input type="checkbox"/>	x <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sind Havarien bekannt, die zu einem bedeutenden Schadstoffeintrag in das Gewässer führten?	Ja <input type="checkbox"/>	nein x <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
	Welche sedimentrelevanten Schadstoffe waren in welcher Menge (geschätzt) nach der Stilllegung am Standort vorhanden? <i>Aussage überhaupt möglich? Abschätzung Schadstoffpotenzial?</i>			
aktuell	Welcher Schadstoffanteil ist bisher saniert worden (Dekontamination / Sicherung)?			
	Besteht aktuell eine mögliche Gefährdung des Gewässers durch Elutionsvorgänge auf dem Areal?	Ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
	Wie ist der Standort gegenwärtig vor Hochwasser geschützt? <i>Keine Schäden an WBA im Jahr 2002</i>	$\geq HQ_{100}$ x? <input type="checkbox"/>	$< HQ_{100}$ <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
	Können Schadstoffeinträge in das Gewässer über den GW-Pfad ausgeschlossen werden? <i>- SE über GW untergeordnet -</i>	Ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
	Liegen Informationen über die Schadstoffbelastung der Gewässersedimente (Gewässerbett, Ufer, ggf. Aue) im Unterstrom des Areals vor?	ja x <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>

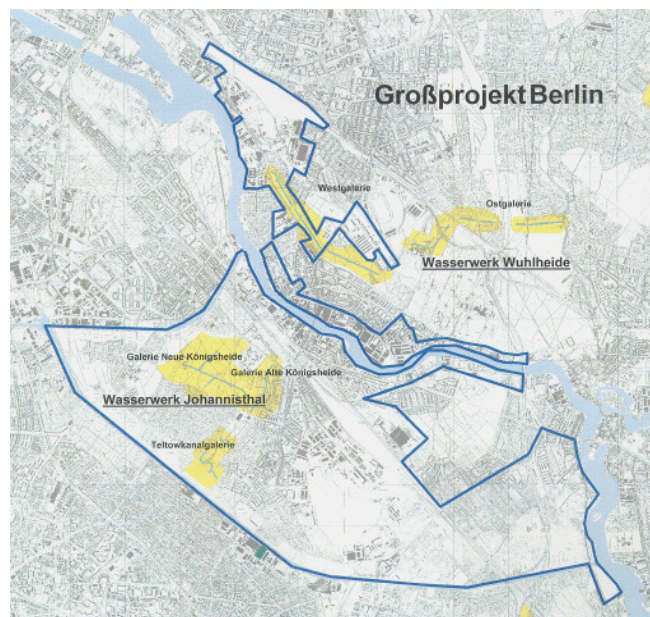
Altlasten am Gewässer

Ökologische Großprojekte und weitere bedeutende Altlastenfälle im Überblick

Projekt

ÖGP Berlin (Teilbereich)

Lageplan



Daten und Zahlen

Lage: Berlin Treptow-Köpenick
Größe: ca. 19 km²
Laufzeit des Großprojektes: 1994 - 2015
Geschätzte Kosten: ca. 200 Mio. EUR (Gesamtbereich)

Historische Nutzung des Standortes

- *seit 1883 Chemische Fabrik (u.a. Laborchemikalien, Pflanzenschutzmittel)*

<p>Schadstoffbelastung</p> <p>Hauptschadstoffe:</p> <p>kontaminierte Medien:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>BTEX, LCKW, LBrKW</i> - <i>Organochlorpestizide (OCP)</i> - <i>Chlorbenzole</i> - <i>Arsen</i> - <i>Boden</i> - <i>Grundwasser</i> - <i>Bausubstanz</i> 																
<p>Stand der Altlastenbearbeitung: <i>(2012)</i></p>																	
<p>Untersuchungen / Kenntnisstand</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Medium</th> <th style="text-align: left;">Untersuchungsstufe</th> <th style="text-align: left;">Vollständigkeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Boden</i></td> <td><i>Detailuntersuchung Sanierungsuntersuchung</i></td> <td><i>alle relevanten Teilbereiche</i></td> </tr> <tr> <td><i>Grundwasser</i></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Abfallablagerungen</i></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Bausubstanz</i></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Medium	Untersuchungsstufe	Vollständigkeit	<i>Boden</i>	<i>Detailuntersuchung Sanierungsuntersuchung</i>	<i>alle relevanten Teilbereiche</i>	<i>Grundwasser</i>			<i>Abfallablagerungen</i>			<i>Bausubstanz</i>		
Medium	Untersuchungsstufe	Vollständigkeit															
<i>Boden</i>	<i>Detailuntersuchung Sanierungsuntersuchung</i>	<i>alle relevanten Teilbereiche</i>															
<i>Grundwasser</i>																	
<i>Abfallablagerungen</i>																	
<i>Bausubstanz</i>																	
<p>Durchgeführte Sanierungsmaßnahmen</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Medium</th> <th style="text-align: left;">Sanierungsmaßnahmen</th> <th style="text-align: left;">Sanierungszielwert / Restbelastung nach der Sanierung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Boden</i></td> <td><i>Dekontamination</i></td> <td><i>Industrie-/Gewerbegrundstück</i></td> </tr> <tr> <td><i>Grundwasser</i></td> <td><i>Sicherung</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Abfallablagerungen</i></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Medium	Sanierungsmaßnahmen	Sanierungszielwert / Restbelastung nach der Sanierung	<i>Boden</i>	<i>Dekontamination</i>	<i>Industrie-/Gewerbegrundstück</i>	<i>Grundwasser</i>	<i>Sicherung</i>		<i>Abfallablagerungen</i>					
Medium	Sanierungsmaßnahmen	Sanierungszielwert / Restbelastung nach der Sanierung															
<i>Boden</i>	<i>Dekontamination</i>	<i>Industrie-/Gewerbegrundstück</i>															
<i>Grundwasser</i>	<i>Sicherung</i>																
<i>Abfallablagerungen</i>																	
<p>Gegenwärtige Standortnutzung <i>Produktionsstandort</i></p>																	
<p>verbleibender Handlungsbedarf</p> <p><i>Bodensanierung in Teilbereichen, langfristige Grundwassersanierung (Sicherung)</i></p>																	

Aspekte des Sedimentmanagements				
Gewässer: <i>Teltowkanal</i>				
historisch	Nutzung des Gewässers während der Betriebszeit des Standortes (bis 1990) - <i>Abwassereinleitung</i>			
	War der Standort bis 1990 Hochwasser gefährdet ?	Ja <input type="checkbox"/>	nein <input checked="" type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
	Gab es Überflutungsereignisse?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sind Havarien bekannt, die zu einem bedeutenden Schadstoffeintrag in das Gewässer führten?	Ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input checked="" type="checkbox"/>
	Welche sedimentrelevanten Schadstoffe waren in welcher Menge (geschätzt) nach der Stilllegung am Standort vorhanden? <i>DDT/HCH > 1.000 t auf dem Standort (davon im Gewässersediment 9 t)</i>			
aktuell	Welcher Schadstoffanteil ist bisher saniert worden (Dekontamination / Sicherung)? <i>99% der Sedimentbelastung, sowie >500 t durch Boden-und Grundwassersanierung</i>			
	Besteht aktuell eine mögliche Gefährdung des Gewässers durch Elutionsvorgänge auf dem Areal?	Ja <input type="checkbox"/>	nein <input checked="" type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
	<i>unbekannt</i> Wie ist der Standort gegenwärtig vor Hochwasser geschützt? <i>Nein (Kein Überschwemmungsgebiet, keine Hochwassergefährdung)</i>	$\geq HQ_{100}$ <input type="checkbox"/>	$< HQ_{100}$ <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Können Schadstoffeinträge in das Gewässer über den GW-Pfad ausgeschlossen werden?	Ja <input checked="" type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
	Liegen Informationen über die Schadstoffbelastung der Gewässersedimente (Gewässerbett, Ufer, ggf. Aue) im Unterstrom des Areals vor?	ja <input checked="" type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>

Altlasten am Gewässer

Ökologische Großprojekte und weitere bedeutende Altlastenfälle im Überblick

Projekt

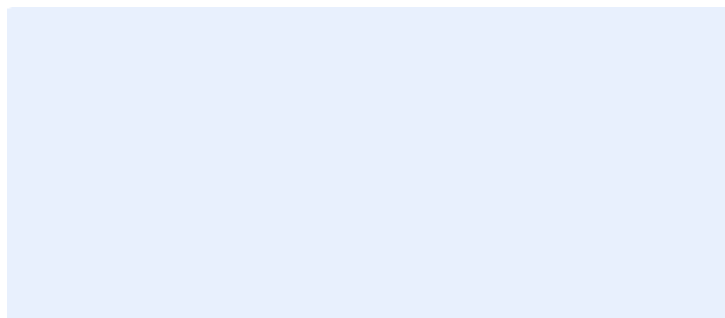
*GP Region Oranienburg
GP Region Brandenburg*

Lageplan

Die im Land Brandenburg realisierten ökologischen Großprojekte „Region Oranienburg“ und „Brandenburg“ folgen einem anderen Grundkonzept als die Großprojekte der anderen Bundesländer.

Hier wurde kein zusammenhängendes Altlastenareal bearbeitet, sondern es wurden mehrere Betriebsflächen, die wie im Projekt Brandenburg über ein Stadtgebiet verteilt waren, bzw. im Projekt Region Oranienburg eine Zusammenfassung von 56 auf die Städte Oranienburg, Hennigsdorf und Velten verteilte Einzelflächen darstellen, jeweils als separate Einzelvorhaben bearbeitet.

Für das Sedimentmanagement wurden alle Einzelflächen entsprechend der vorgegeben Methodik (Prüfschritt 1a – 1d) bewertet. Dabei wurde eingeschätzt, dass es entweder zu keiner Beeinträchtigung des Oberflächengewässers gekommen ist bzw. die Schadstoffparameter nicht sedimentrelevant sind (z.B. CKW oder Phenazone)



ggf. Karte oder Luftbild

Daten und Zahlen

Historische Nutzung des Standortes

<p>Schadstoffbelastung</p> <p>Hauptschadstoffe:</p> <p>kontaminierte Medien:</p>	<p>- t)</p>																						
<p>Stand der Altlastenbearbeitung: (2012)</p>																							
<p>Untersuchungen / Kenntnisstand</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Medium</th> <th style="width: 45%;">Untersuchungsstufe</th> <th style="width: 30%;">Vollständigkeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Boden</td> <td>Erstbewertung orientierende Untersuchung Detailuntersuchung</td> <td>gesamter Standort alle relevanten Teilbereiche einzelne Teilbereiche</td> </tr> <tr> <td>Grundwasser</td> <td>Sanierungsuntersuchung</td> <td>punktueller Untersuchung</td> </tr> <tr> <td>Abfallablagerung (Teerseen)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bausubstanz</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Oberflächengewässer</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Medium	Untersuchungsstufe	Vollständigkeit	Boden	Erstbewertung orientierende Untersuchung Detailuntersuchung	gesamter Standort alle relevanten Teilbereiche einzelne Teilbereiche	Grundwasser	Sanierungsuntersuchung	punktueller Untersuchung	Abfallablagerung (Teerseen)			Bausubstanz			Oberflächengewässer					
Medium	Untersuchungsstufe	Vollständigkeit																					
Boden	Erstbewertung orientierende Untersuchung Detailuntersuchung	gesamter Standort alle relevanten Teilbereiche einzelne Teilbereiche																					
Grundwasser	Sanierungsuntersuchung	punktueller Untersuchung																					
Abfallablagerung (Teerseen)																							
Bausubstanz																							
Oberflächengewässer																							
<p>Durchgeführte Sanierungsmaßnahmen</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Medium</th> <th style="width: 45%;">Sanierungsmaßnahmen</th> <th style="width: 30%;">Sanierungszielwert / Restbelastung nach der Sanierung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Boden</td> <td>Sicherung</td> <td>Kinderspielflächen</td> </tr> <tr> <td>Grundwasser</td> <td>Immobilisierung</td> <td>Wohngebiete,</td> </tr> <tr> <td>Abfallablagerungen (Teerseen)</td> <td>Dekontamination</td> <td>Park- und Freizeitanlagen</td> </tr> <tr> <td>Bausubstanz</td> <td></td> <td>Industrie-/Gewerbegrundstück</td> </tr> <tr> <td>Oberflächengewässer</td> <td></td> <td>Ackerbau/Grünland</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Grundwasserschutz</td> </tr> </tbody> </table>			Medium	Sanierungsmaßnahmen	Sanierungszielwert / Restbelastung nach der Sanierung	Boden	Sicherung	Kinderspielflächen	Grundwasser	Immobilisierung	Wohngebiete,	Abfallablagerungen (Teerseen)	Dekontamination	Park- und Freizeitanlagen	Bausubstanz		Industrie-/Gewerbegrundstück	Oberflächengewässer		Ackerbau/Grünland			Grundwasserschutz
Medium	Sanierungsmaßnahmen	Sanierungszielwert / Restbelastung nach der Sanierung																					
Boden	Sicherung	Kinderspielflächen																					
Grundwasser	Immobilisierung	Wohngebiete,																					
Abfallablagerungen (Teerseen)	Dekontamination	Park- und Freizeitanlagen																					
Bausubstanz		Industrie-/Gewerbegrundstück																					
Oberflächengewässer		Ackerbau/Grünland																					
		Grundwasserschutz																					
<p>Gegenwärtige Standortnutzung</p>																							
<p>verbleibender Handlungsbedarf</p>																							

Aspekte des Sedimentmanagements				
Gewässer: <i>Havel</i>				
historisch	Nutzung des Gewässers während der Betriebszeit des Standortes (bis 1990)			
	War der Standort bis 1990 Hochwasser gefährdet ?	Ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
	Gab es Überflutungsereignisse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sind Havarien bekannt, die zu einem bedeutenden Schadstoffeintrag in das Gewässer führten?	Ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
Welche sedimentrelevanten Schadstoffe waren in welcher Menge (geschätzt) nach der Stilllegung am Standort vorhanden?				
aktuell	Welcher Schadstoffanteil ist bisher saniert worden (Dekontamination / Sicherung)?			
	Besteht aktuell eine mögliche Gefährdung des Gewässers durch Elutionsvorgänge auf dem Areal?	Ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
	Wie ist der Standort gegenwärtig vor Hochwasser geschützt?	$\geq HQ_{100}$ <input type="checkbox"/>	$< HQ_{100}$ <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
	Können Schadstoffeinträge in das Gewässer über den GW-Pfad ausgeschlossen werden?	Ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
	Liegen Informationen über die Schadstoffbelastung der Gewässersedimente (Gewässerbett, Ufer, ggf. Aue) im Unterstrom des Areals vor?	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>

**Bestandsaufnahme der verfügbaren Managementoptionen
für Sedimente (Stand der Technik)**

Übersicht unter besonderer Berücksichtigung des Umgangs mit
schadstoffbelasteten, kohäsiven Sedimenten

Zusammenstellung:

Axel Netzband, Henrich Röper

in Zusammenarbeit mit HTG Fachausschuss Baggergut

Stand 28. November 2012

Inhalt

1	Einführung	2
1.1	Zweck dieser Übersicht	2
1.2	Natürliche Feststoffprozesse in Gewässern	2
1.3	Einteilung der Verfahren	3
2	Umgang mit Schwebstoffen	8
2.1	Strömungsumlenkung	8
2.2	Querschnittseinengung	10
2.3	Stau- und Absetzräume in Flüssen	10
3	Aquatische Verbringung von Sedimenten / Umlagerung	14
3.1	Baggern und Verbringen	14
3.2	Wasserinjektionsverfahren	17
4	In situ Maßnahmen	19
4.1	Capping / Abdeckung	19
4.2	Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau	21
5	Ex situ Ablagerung unter Wasser	23
5.1	Kiesgrubenverfüllung	23
5.2	Subaquatische Unterbringung	27
5.3	Gruben am Gewässergrund (Grubendepot)	31
6	(Vor-) Behandlung	34
6.1	Trennung von Kornfraktionen	34
6.2	Entwässerung / Vererdung	34
6.3	Verfestigung / Stabilisierung	38
6.4	Thermische Behandlung	40
7	Verwertung nach Behandlung	42
7.1	Baustoff	42
7.2	Bergbaufolge- und Landschaftsbau	44
8	Beseitigung nach Behandlung	45
8.1	Deponierung an Land	45
9	Andere Verfahren	48
9.1	Hafenbeckenverfüllung	48
9.2	Direkte Verwertung an Land	49
10	Talsperren und Staustufen	50
11	Literatur	57
12	Anhang	60

1 Einführung

1.1 Zweck dieser Übersicht

Diese Zusammenstellung gibt einen Überblick über Managementoptionen, die für die Sedimentbewirtschaftung im Elbegebiet Anwendung finden könnten. Unter Managementoptionen werden solche technischen Verfahren verstanden, mit denen mit einer bestimmten Zielstellung Einfluss auf Sedimente genommen wird. Diese Zielstellung kann primär die Sedimentquantität betreffen, so muss im Ästuar mit großen, natürlich bewegten Mengen umgegangen werden, um die Wassertiefen für die Schifffahrt zu sichern. Bei einer Sedimentsanierung steht die Schadstoffbelastung im Vordergrund (Sedimentqualität). Eine klare Abgrenzung der Verfahren ist nicht in jedem Fall möglich oder sinnvoll.

Im Kontext des übergreifenden Sedimentmanagements für das Flussgebiet Elbe steht das von der Schadstoffbelastung der Sedimente ausgehende überregionale Risiko im Vordergrund. Für diese Zielstellung kommen einige der aufgeführten Verfahren kaum infrage.

Hier ist dennoch die gesamte Palette von Verfahren für den Umgang mit Sedimenten dargestellt. Zum einen soll zur Einordnung der Verfahren ein Gesamtüberblick gegeben werden, zum anderen ist die Feststellung der Schadstoffbelastung eine Konvention. Diese Konvention kann sich aus unterschiedlichen Verordnungen ergeben; so gelten an Land andere Anforderungen als im Wasser. Einige der vorgestellten Beispiele erfolgen für „unbelastete Sedimente“, wohingegen dasselbe Verfahren an anderer Stelle für belastetes Baggergut angewendet wird.

Bei einigen der dargestellten Beispiele ist der Umgang mit schadstoffbelasteten Sedimenten ein – gewollter oder auch nicht gewollter – Nebenzweck neben dem eigentlichen Hauptzweck. So ist das Absetzen von Schwebstoffen in der Regel ungewollte „Nebenwirkung“ in Stauhaltungen. Diese Beispiele sind in einem gesonderten Kapitel dargestellt.

Die Beschreibung erfolgt in allgemeiner, überblicksartiger Form, um das Grundprinzip sowie eventuell existierende Anwendungen darzustellen. Es werden nur solche Verfahren dargestellt, deren Anwendung an anderer Stelle, möglichst im Elbegebiet, nachgewiesen ist. Im Einzelfall ist eine konkrete Prüfung der Anwendung erforderlich.

1.2 Natürliche Feststoffprozesse in Gewässern

Zum besseren Verständnis der Beispiele erfolgen allgemeine Erläuterungen und Definitionen.

Schwebstoffe und Sedimente sind originäre, essenzielle und dynamische Bestandteile aquatischer Systeme. Schwebstoffe sind organische und anorganische Feststoffe in Suspension; Sedimente sind das am Grund der Gewässer befindliche Feststoffmaterial. Diese Feststoffe unterliegen der natürlichen Gewässerdynamik - Schwebstoffe setzen sich ab und werden zu Sedimenten, diese können aufgewirbelt wieder zu Schwebstoffen und von der Strömung im Gewässer bewegt werden. Werden Sedimente gebaggert, spricht man von Baggergut.

Je nach Gewässertyp sind die natürlichen Feststoffgehalte unterschiedlich. Gebirgsbäche sind zumeist weitgehend frei von Schwebstoffen, wohingegen sich in Ästuaren ausgeprägte Trübungszonen mit sehr hohen Feststoffgehalten ausbilden. Hier mischen sich durch den Tideeinfluss marine mit fluviatilen Feststoffen.

Im gesamten Gebiet eines Flusses, von der Quelle bis ins Meer, erfolgen Erosion, Transport und Sedimentation der Feststoffe, die dabei verteilt und vermischt werden. Sedimentation erfolgt in strömungsberuhigten Bereichen eines Flusses, wie in Nebenarmen, hinter Stau-mauern, in Hafenbecken, auf Vordeichflächen und Auen bei Überschwemmungen. Hochwasserereignisse können zur Ausräumung solcher Sedimentablagerungen führen (Remobilisierung).

Die Kenntnis der natürlichen Prozesse ist wichtig, um sie ggf. zur gezielten Bewirtschaftung der mit den Feststoffen transportierten Schadstoffe zu nutzen. So kann Erosion durch die Anlage von Gewässerrandstreifen begrenzt werden. Die Sedimentablagerung kann durch bauliche Maßnahmen, wie durch die Anlage von Absetzbecken, beeinflusst werden. Der Schwebstofftransport lässt sich kaum beeinflussen.

Physikalisch werden die Feststoffe durch ihre Kornverteilung gekennzeichnet. Insbesondere in Abhängigkeit von der Korngröße weisen sie ein unterschiedliches Verhalten auf:

- Je feiner die Teilchen sind (Korndurchmesser), desto eher bleiben sie in Schwebelage.
- Je geringer die Strömungsgeschwindigkeit, umso besser können sich die Teilchen absetzen. Das führt dazu, dass Nebenarme, Hafenecken, Staustufen und andere strömungsberuhigte Zonen bevorzugte Sedimentationsbereiche sind.
- In unterschiedlichem Umfang werden ins Gewässer gelangende Schadstoffe an Feststoffen akkumuliert und „gespeichert“. Insbesondere die feinen Teilchen sind aufgrund ihrer großen spezifischen Oberfläche bevorzugtes Trägermaterial für Schadstoffe. Mit diesen erfolgen Transport, Verdünnung und damit Verteilung der Schadstoffe entlang des Fließweges bis hin ins Meer.

1.3 Einteilung der Verfahren

Die Managementoptionen sind nach folgenden Kategorien sortiert:

Umgang mit Schwebstoffen

Hier steht die Beeinflussung von Sedimenttransportvorgängen im Vordergrund, Ziel ist die Verstärkung oder Verminderung der Sedimentation.

Umlagerung / Verbringung von Sedimenten

Beim Umlagern oder Verbringen werden die Sedimente im Zuge der Unterhaltung an eine andere Stelle im Gewässer verbracht; dies ist primär ein Verfahren des Mengenmanagements.

In-situ Maßnahmen

Bei In-situ Maßnahmen verbleiben die Sedimente an Ort und Stelle im Gewässer und steht die Sicherung des Risikopotentials infolge Schadstoffbelastung im Vordergrund.

Ex-situ Ablagerung unter Wasser

Bei diesen Ex-situ Maßnahmen werden die Sedimente aufgrund des Risikopotentials infolge Schadstoffbelastung an anderer Stelle unter Wasser sicher abgelagert.

(Vor-) Behandlung

Bei diesen Verfahren werden die Eigenschaften der dem Gewässer entnommenen Sedimente verändert, um sie für eine Verwertung oder Deponierung geeignet zu machen.

Verwertung nach Behandlung

Bei diesen Verfahren werden die Sedimente an Land verwertet, indem sie z.B. als Substitut anstelle anderer Materialien eingesetzt werden.

Beseitigung

Im Falle ihrer Beseitigung werden die Sedimente dauerhaft aus dem Stoffkreislauf ausgeschleust, beispielsweise aufgrund ihres hohen Schadstoffgehaltes. Eine vorherige Behandlung kann notwendig sein.

Andere Verfahren

Hier werden Verfahren dargestellt, bei denen die Sedimente zur Schaffung von Landflächen verwendet werden oder das Risikopotential infolge Schadstoffbelastung gezielt gemanagt wird.

Talsperren und Staustufen

Der Umgang mit sedimentierten Feststoffen in Talsperren und Staustufen ist dort erforderlich, oft aber nicht angestrebt und kann für das Flussgebiets-Sedimentmanagement von Bedeutung sein.

Abschnitt	Kategorie / Verfahren	Fallbeispiel
2	Umgang mit Schwebstoffen	
	Strömungsumlenkwand	Hamburg Antwerpen
	Querschnittseinengung	Unterwasserablagerungsflächen Krautsand, Twielenfleth s. auch Staustufe Iffezheim
	Stau- und Absetzräume	Wehr Geesthacht Sedimentfang Wedel
3	Umlagerung / Verbringung von Sedimenten	
	Baggern und Verbringen	Umlagerung bei Neßsand Umlagerung bei St. Margarethen
	Wasserinjektionsverfahren	Riffelstrecke Tideelbe
4	In situ Maßnahmen	
	Capping / Abdeckung	Haringvliet Ästuar
	Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau	-
5	Ex situ Ablagerung unter Wasser	
	Kiesgrubenverfüllung	Kiesgrube Lüssen Baggergut Bremen Kiesgrube Rogätz Kiesgruben Kaliwaal
	Subaquatische Unterbringung	Slufter Ijsseloogdepot
	Gruben am Gewässergrund	Schlickgrube Warnemünde
6	(Vor-) Behandlung	
	Trennung von Kornfraktionen	IAA Rostock
	Entwässerung	Entwässerungsfelder Moorburg METHA, Hamburg

Abschnitt	Kategorie / Verfahren	Fallbeispiel
	Verfestigung; Stabilisierung	Entschlammung der Struga, Oberlausitz In-situ Stabilisierung, Frederikstad Verfestigung, Trondheim Straßenbau, Niederlande Hafen Magdeburg
	Thermische Behandlung	Ziegelherstellung, Hamburg Blähtonpellets, Hamburg
7	Verwertung nach Behandlung	
	Baustoff	Baggergut im Deichbau Baggergut im Deponiebau in Hamburg Baggergut im Deponiebau in Mecklenburg-Vorpommern
	Bergbaufolge- und Landschaftsbau	GaLa-Bau Barnstorfer Wald
8	Beseitigung nach Behandlung	
	Landdeponie mit anschließender Rekultivierung und Abdeckung	Baggergutdeponie Francop Schutzhafen Wittenberg
9	Andere Verfahren	
	Hafenbeckenverfüllung	Rodewischhafen Verfüllung Vorwerker Hafen
	Direkte Verwertung an Land	
10	Talsperren und Staustufen	
	Bei diesen Beispielen liegt der Hauptzwecke der Anlage nicht im Sedimentmanagement. Es kommt in den Anlagen zum Absetzen von Sedimenten, mit denen umzugehen ist.	Muldestausee Geschiebemanagement Saale Staustufe Iffezheim Vorsperre Oehna Vorsperre Malter Vorsperre Gottleuba Spülfelder Hengsteysee Spülfelder Harkortsee

Die Zuordnung einzelner Beispiele zu Verfahren ist nicht in jedem Fall eindeutig, ebenso ist die Abgrenzung der Kategorien untereinander nicht eindeutig. So können einzelne Beispiele mehreren Kategorien zugeordnet werden.

Abb. 1.1 ordnet die Kategorien zum Umgang mit Sedimenten in Form einer Verfahrenskette.

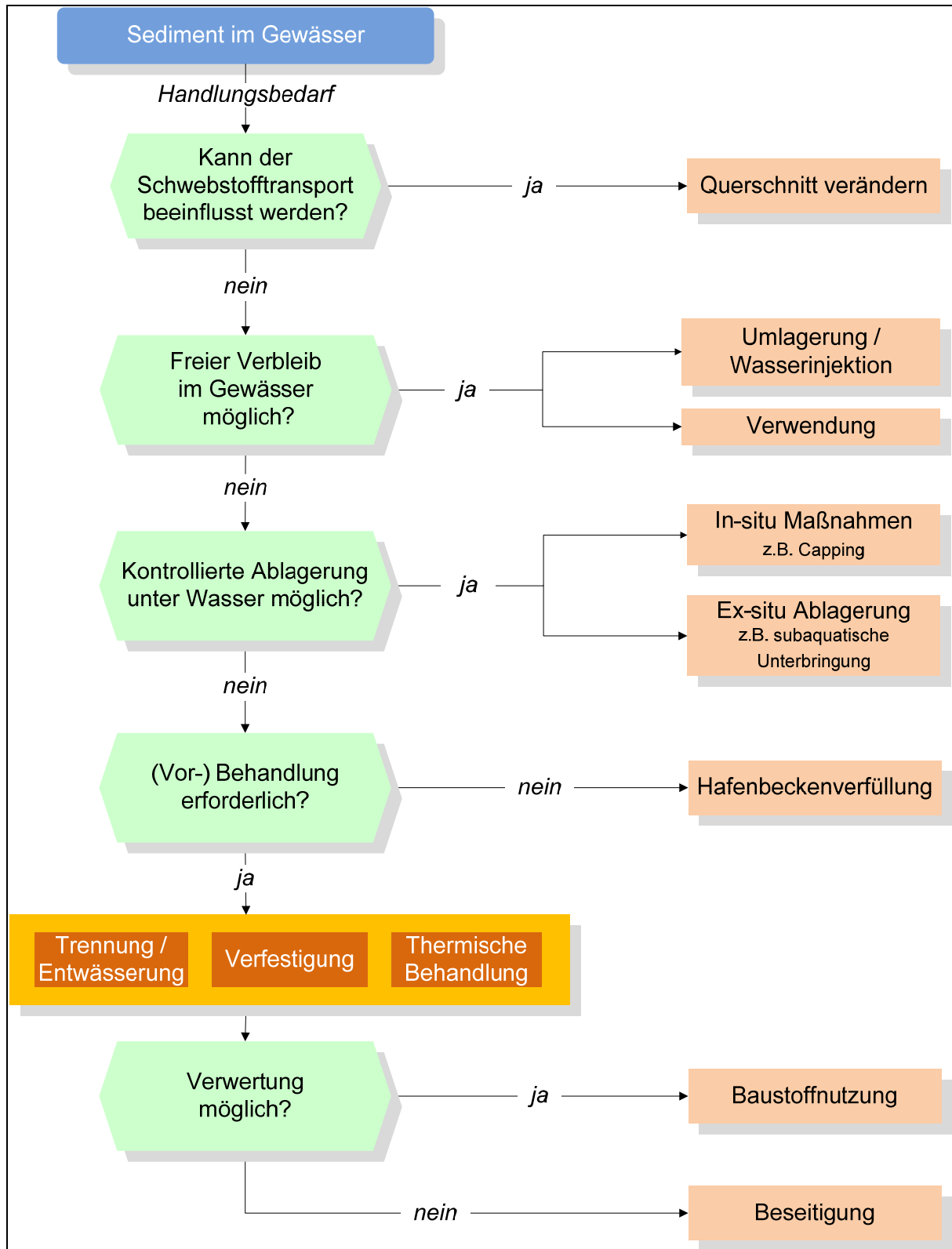


Abb. 1.1: Umgangsmöglichkeiten für Sedimente in Form einer Verfahrenskette

Die Darstellung folgt im Wesentlichen dem mit der jeweiligen Umsetzung steigenden Aufwand. Aussagen zu Verfahrenskosten sind allerdings problematisch. Die bei den Beispielen angegebenen Zahlen (Durchsatz, Kosten, etc.) können nur als grobe Indikation dienen. Bei

Angaben ist zu berücksichtigen, was die Kosten beinhalten, ob z.B. erforderlicher Grunderwerb berücksichtigt ist. Eine wesentliche Rolle spielt die Größe der Anlage – in der Regel sinken die spezifischen Kosten mit der Größe der Anlage. Allgemein lässt sich sagen, dass die Umlagerung im Gewässer einige Euro pro Kubikmeter kostet und für die subaquatische Unterbringung Kosten von 10-20 Euro pro Kubikmeter oder mehr bedacht werden sollten. Die Verfahren der Landentsorgung sind in der Regel wesentlich teurer (i.d.R. mehr als 50 Euro pro Kubikmeter).

Im Übrigen wird für weitergehende Informationen auf die Literatur verwiesen.

Generell ist festzustellen, dass auch die Verfahren mit dem Ziel einer Reduzierung der von schadstoffbelasteten Sedimente ausgehenden Risiken selbst Umweltbelastungen aufweisen. Zu nennen sind insbesondere Flächenbedarf, Energieeinsatz und Anwendung von chemischen Hilfsprodukten. Die Darstellung und Bewertung der Umweltauswirkungen der Managementoptionen selbst sind nicht Gegenstand dieser Zusammenstellung.

Ebenso werden keine juristischen Betrachtungen zur Umsetzbarkeit oder Zulassung der Maßnahmen angestellt. Die aufgeführten Rahmenbedingungen und Restriktionen sind nicht erschöpfend, sondern erste Hinweise.

Die Zusammenstellung erlaubt daher keine Rückschlüsse auf eine generelle Durchführbarkeit der Maßnahmen. Diese ist stets einzelfallbezogen zu prüfen.

2 Umgang mit Schwebstoffen

Die direkte Behandlung von Schwebstoffen mit dem Ziel einer Beherrschung ihres Schadpotentials ist nicht möglich. Schwebstoffe können jedoch:

- gezielt durch technische Maßnahmen an einer Sedimentation gehindert werden. Dadurch werden daran gebundene Schadstoffe weiter flussabwärts verfrachtet. Dies kann beabsichtigt und sinnvoll, aber auch unerwünscht sein.
- gezielt zum Absetzen gebracht werden. Dazu können Absetzbecken, Stauräume oder andere strömungsberuhigte Bereiche genutzt werden, die ggf. dafür hergestellt werden. Das kann auch als Nebenwirkung in vorhandenen Talsperren oder Stufen erfolgen; dazu s. Abschnitt 9.

Mit beiden Möglichkeiten können Feststofftransporte in Maßen gesteuert werden.

2.1 Strömungsumlenkwand

Technische Beschreibung

Im Tidebereich kommt es im Einfahrtbereich von Hafenbecken zu erhöhter Sedimentation. Durch die lokale Querschnittsaufweitung bildet sich hier eine Strömungswalze aus, in deren Zentrum sehr geringe Fließgeschwindigkeiten vorhanden sind, so dass sich hier die vom Fluss mitgeführten Schwebstoffe bevorzugt absetzen können.

Um diesem Effekt zu begegnen, wurde auf Grundlage umfangreicher Messungen im Hamburger Hafen die Strömungsumlenkwand entwickelt. Diese Wand verläuft in einem Bogen parallel zum Ufer in die Einfahrt des Hafenbeckens und bildet damit einen Kanal. Die Tidefüllung des Hafenbeckens erfolgt durch diesen Kanal. Durch die entstehende Gegenströmung wird die Strömungswalzenbildung unterbunden. Der sohnah hohe Schwebstoff- und Geschiebeeintrag wird durch eine Unterwassersohlschwelle in den Hauptstrom abgelenkt. Abbildung 2.1 veranschaulicht die Zusammenhänge.

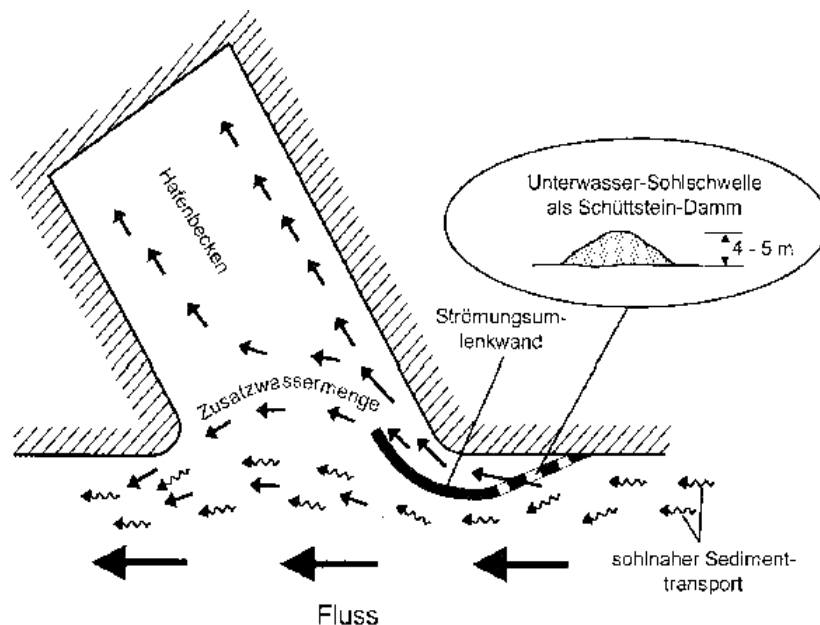


Abb. 2.1: Strömungen und Sedimenttransport an einer Hafeneinfahrt mit Umlenkwand

Rahmenbedingungen und Restriktionen

Die Strömungsumlenkwand ist für Hafeneinfahrten in Tidegewässern entwickelt worden. Sie ist ein Bauwerk, dessen Wirkung auf eine nachhaltige Verminderung der Unterhaltungsaufwendungen abzielt.

Sie stellt eine Baumaßnahme im Gewässer dar, entsprechend müssen die Wechselwirkungen und Beeinträchtigungen mit anderen Nutzungen im und am Gewässer in die Planung mit einbezogen werden.

Fallbeispiele

(1) Hamburg

Erstmals wurde eine Strömungsumlenkwand im Hamburger Hafen an der Einfahrt des Köhlfleeths umgesetzt und erprobt. Ein Prototyp entstand im Jahr 1990 in einer Entfernung von 60 m zum Ufer. Die Wand wies eine Gesamtlänge von 150 m auf und bestand aus in Stahlträgern gelagerten Betonelementen sowie einem 3 m hohen Schüttsteindamm am Kanaleingang und entlang der Gewässersohle. Die Oberkante der Strömungsumlenkwand lag einen Meter über dem mittleren Tidehochwasser.

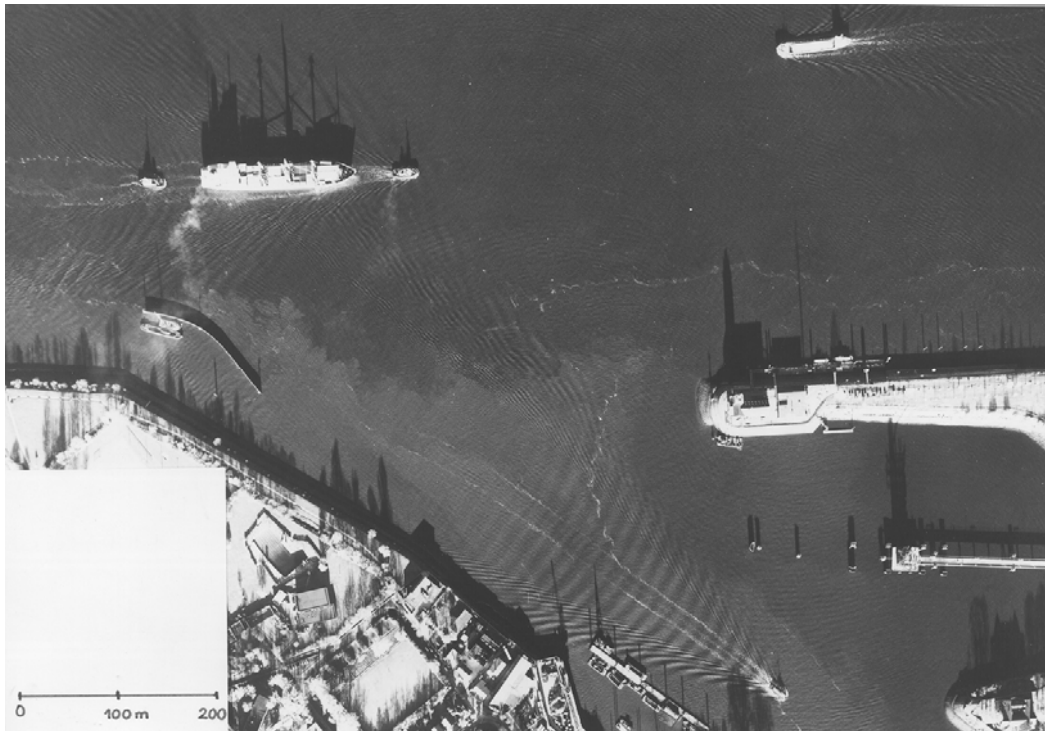


Abb. 2.2: Strömungsumlenkwand in der Einfahrt zum Köhlfleet im Hamburger Hafen

Modellberechnungen haben ergeben, dass mit Hilfe der Strömungsumlenkwand am Köhlfleet eine Sedimentationsverminderung bei der gegebenen Randbedingungen um etwa 30 – 40%, entsprechend einer Baggermenge von 140.000 m³/a, erreicht werden konnte, ohne dass es in benachbarten Hafenecken zu entsprechenden Erhöhungen kommen würde.

Die Umlenk wand ist aufgrund konstruktiver Probleme und betrieblicher Rahmenbedingungen nicht mehr im Einsatz.

Christiansen, 1997

(2) Antwerpen

Mitte 2011 wurde in der Schelde eine Strömungsumlenkwand an der Zufahrt zum tidebeeinflusstem Deurganckdok im Hafen von Antwerpen errichtet. Im Hafenbecken muss eine Wassertiefe von mindestens 17 m bei einem mittleren Tidehub von 5 m vorgehalten werden.

Die Umsetzung erfolgte analog zur Hamburger Variante mit einer Unterwassersohlschwelle und einer geschwungenen Wandkonstruktion. Derzeit liegen noch keine Erfahrungen zum Wirkungsgrad vor, mit ersten Ergebnissen ist im Laufe des Jahres 2012 zu rechnen.

Hye, 2010

2.2 Querschnittseinengung

Technische Beschreibung

Eine Querschnittseinengung führt zu höheren Fließgeschwindigkeiten und kann durch wasserbauliche Modifikation des Flussquerschnittes erreicht werden. Daraus resultieren in diesem Abschnitt veränderte Sedimentations-, aber auch Erosionsbedingungen, die zu einer Verminderung der Sedimentation führen. Ziel kann z.B. die Eliminierung von Baggerschwerpunkten sein.

Durch den Bau von Unterwasserablagerungsflächen (UWA) können Strömungen und Wasserstände beeinflusst werden. In Tidegewässern können diese zur Tideenergiedämpfung, Stützung des Tideniedrigwassers und zur Minimierung des residuellen Stromauftransportes von Sedimenten eingesetzt werden. Der Energieabbau erfolgt über Reibung und Reflexion im Bereich der UWA.

Eine gezielte Querschnittseinengung wirkt nicht als aktive Unterhaltungsmaßnahme, sondern als passives Element mit unterschiedlichen Zielsetzungen, die über die Unterhaltung hinausgehen können. Je nach Größe der Maßnahme können sich resultierende Auswirkungen ggf. erst langfristig einstellen.

Fallbeispiele

(3) Unterwasserablagerungsflächen Krautsand und Twielenfleth

1999 wurden der Querschnitt der Unterelbe in den Bereichen Krautsand und Twielenfleth durch die Errichtung von Unterwasserablagerungsflächen eingeengt. Dazu wurde parallel zum Ufer unterhalb der Wasserlinie rd. 4 Mio. m³ sandig-grobes Material verbaut. Dadurch wurde eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeiten in der Fahrrinne um bis zu 15 cm/s erreicht mit der Folge einer Erhöhung der Transportkapazität des Flusses um 25 %. Im Bereich Rhinplate sind seit der Einrichtung der UWA Krautsand die Baggermengen signifikant zurückgegangen.

2.3 Stau- und Absetzräume in Flüssen

Bei den nachfolgenden Maßnahmen werden vorhandene Gewässer bzw. Stauanlagen in Gewässern so umgewandelt, dass die Sedimentation gezielt verstärkt wird. Der Hauptzweck der Maßnahme besteht also im Rückhalt von Feststoffen.

Zur Verstärkung der Sedimentation ist eine Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit bis hin zum Stillstand erforderlich, die durch bauliche Veränderung am Gewässer oder auch

durch einen eigens hergestellten Absetzbereich erfolgen kann. Die abgesetzten Sedimente sind anschließend zu entnehmen.

Technische Beschreibung

Stäuräume im Gewässer werden zu unterschiedlichen Nutzungszwecken angelegt, z.B. als Stausee, Talsperre oder Wehr. Die Sedimentation in vorhandenen Stauhaltungen ist ein Nebeneffekt, der u.U. den eigentlichen Zweck als Trinkwasserspeicher, zur Stromerzeugung oder zur Abflusskontrolle beeinträchtigen kann. Abhängig von der Art des Stauriums kann eine Bewirtschaftung als Steuerungsinstrument des Sedimentmanagements dienen.

Im Sinne der dargestellten Maßnahmen des Sedimentmanagements wird hier der sich ergebende Nebeneffekt der Sedimentation in bereits bestehenden Stauräumen betrachtet.

Fallbeispiele

(4) Wehr Geesthacht

Das Wehr Geesthacht trennt die tidebeeinflusste Unterelbe von der Mittel- und Oberelbe. Eine potentielle Möglichkeit, die Schadstoffbelastung für die Tideelbe zu reduzieren, könnte in der Entnahme der stark belasteten Feinfraktion am Wehr Geesthacht bestehen. 1988 wurden entsprechende Überlegungen und überschlägige Berechnungen eines potentiellen Staubeckens im Auftrag der Hamburger Hafenverwaltung durchgeführt.

Der grundsätzliche Ansatz bestand darin, den Stauraum hinter dem Wehr als Sedimentfalle für die mit Schadstoffen belastete Feinfraktion umzugestalten. Im vorhandenen Zustand kommt es zu einem Rückhalt von etwa 300.000 t/a Feststoffmaterial in den Bühnenfeldern im Staubecken, allerdings steht dem eine Remobilisierung in gleicher Größenordnung gegenüber. Eine Erhöhung des Wirkungsgrades wäre durch den Bau eines Staubeckens mit einer Tiefe von 12 m und einer Breite von etwa 300 m zu realisieren. Als notwendige Länge wurden 25 km ermittelt, weiterhin wäre ein vollständiger Rückbau der Bühnenfelder notwendig. Abbildung 2.4 veranschaulicht die für eine solche Maßnahme notwendige Dimension.

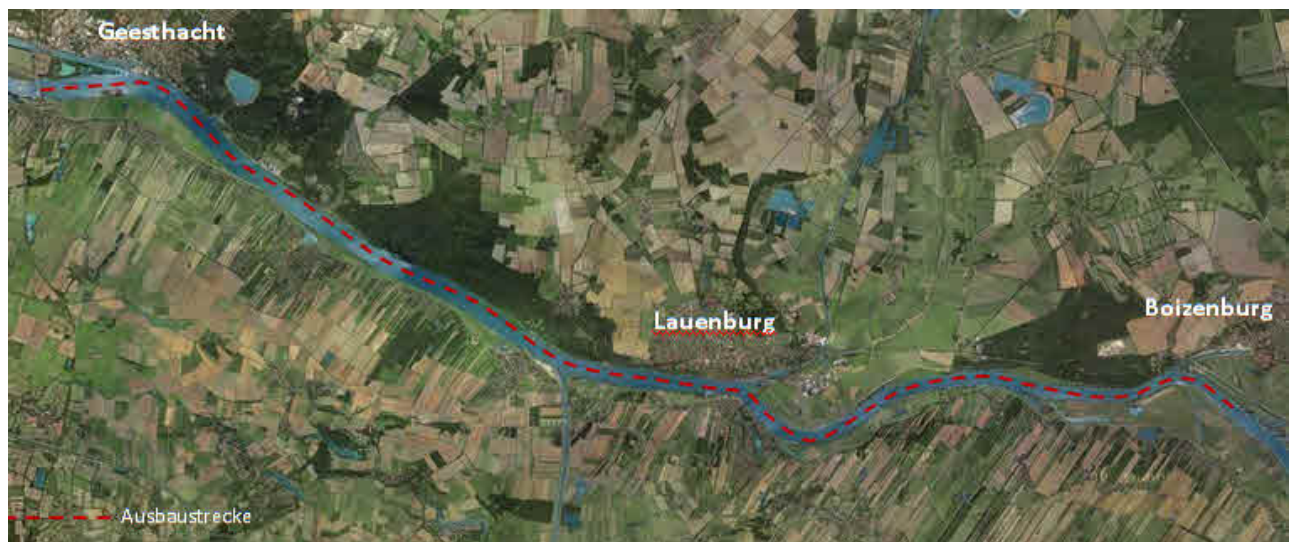


Abb. 2.4: Staubecken vor Geesthacht auf einer Länge von 25 km, Länge überschlägig aus Bildschirmfoto ermittelt (GoogleMaps)

Für den Ausbau wurde eine erforderliche Baggermenge von rd. 60 Mio. m³ ermittelt. Bei einer Feststofffracht der Elbe von 900.000 t/a wurde der Wirkungsgrad mit 40 % abgeschätzt, was einer Regelmäßigen Baggermenge von 1.000.000 m³ / Jahr (~360.000 t

Trockensubstanz) entsprechen würde. Aufgrund ihrer Schadstoffbelastung wären diese Sedimente zu entnehmen und zu entsorgen.

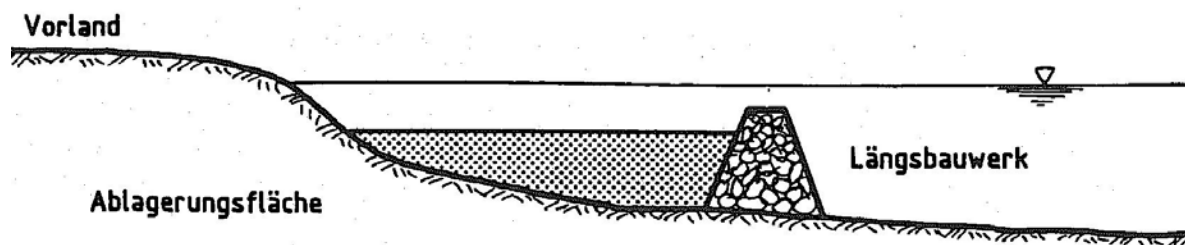
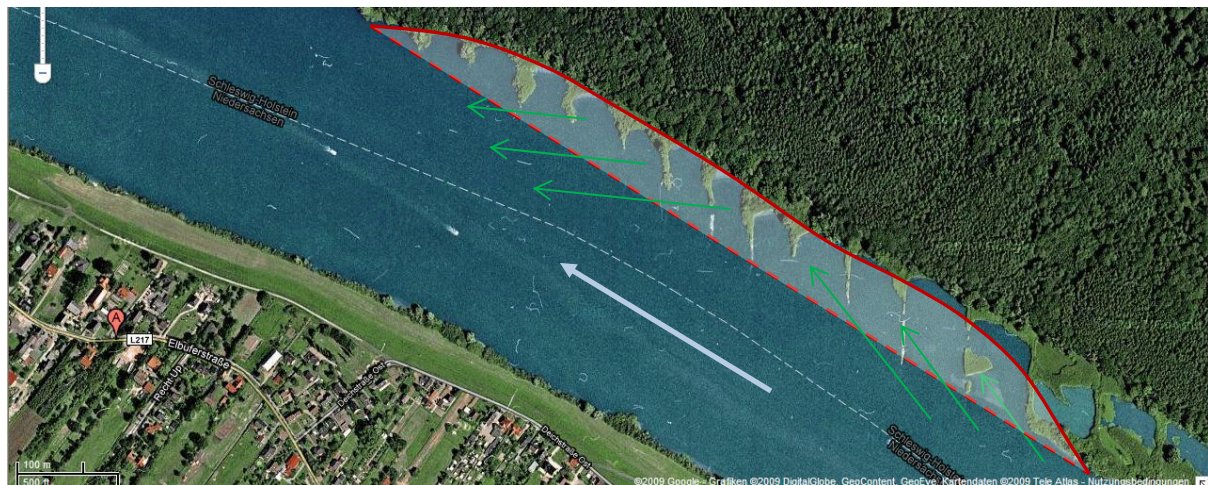


Abb. 2.5: Oben: Beispielhaft überströmbares Längsbauwerk (GoogleMaps), Unten: Systemskizze - Elbequerschnitt

Als Alternativlösung wurde eine Erhöhung der Buhnen auf Vorlandniveau zur Schaffung von zusätzlichem Stauraum überlegt. Dadurch würden sich die Zeiträume vergrößern, in denen sich Wasserstände ohne Überströmung einstellen. Entsprechend kommt es zu einer Verringerung der Zeitabschnitte, in denen eine Remobilisierung möglich wäre. Durch das so erreichte bessere Absetzen der Feinstfraktionen in den Buhnenfeldern würde eine Ausbaggerung in regelmäßigen Intervallen erforderlich. Weiterhin müsste bei dieser Lösung die resultierende Veränderung der Strömungsgeschwindigkeiten hinsichtlich Sohlerosion und Niedrigwasserregelung eingehend untersucht werden.

Als dritte Möglichkeit wurde die Erstellung von überströmbaren Längsbauwerken bei gleichzeitiger Entfernung der Buhnen in Betracht gezogen. Hierzu müsste allerdings zuerst untersucht werden, ob so eine vergleichbare Wirksamkeit wie mit den anderen Varianten erreicht werden kann. Vorteile würden sich bei der Unterhaltungsbaggerung ergeben, da die Seitenstreifen ohne Umsetzung des Geräts ausgeräumt werden könnten.

Die beschriebenen Varianten aus dem Jahr 1988 wären nur mit großem Kostenaufwand zu realisieren. Man hat sich bereits damals aufgrund des enormen Aufwands gegen die Realisierung entschieden. Bei einer Umsetzung wären darüber hinaus massive planerische, rechtliche und politische Probleme zu erwarten.

Führböter, 1988
IMS, 1988
Puls, 1987

(5) Sedimentfang bei Wedel

In der Tideelbe wurde 2008 stromab des Hamburger Hafens in der Fahrrinne in einem Pilotvorhaben ein Sedimentfang hergestellt. Damit sollen im Rahmen der Unterhaltung sohnah mit der Tide stromauf transportierte Sedimente vor Erreichen des Hamburger Hafens abgefangen werden. Der Sedimentfang befindet sich in einem Bereich, der zu den Hauptbaggerstellen in der Stromelbe zählt und so als natürliche Sedimentationsstrecke anzusehen ist. Dieses Sedimentationspotenzial soll durch den Sedimentfang verstärkt werden.

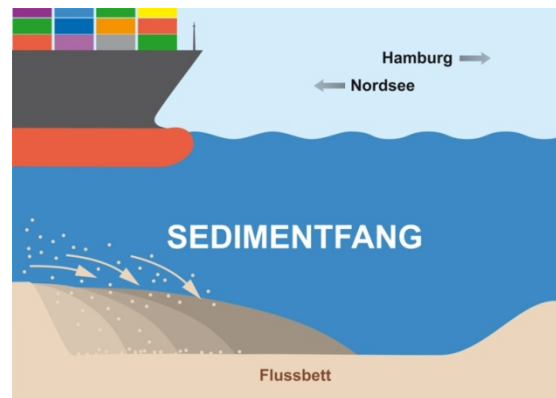


Abb. 2.6: Schematische Darstellung des Sedimentfangs bei Wedel

Der Sedimentfang soll die Vermischung von mit der Tide aus Richtung Nordsee stromauf transportierten größeren Sedimenten mit feinkörnigeren, mit Schadstoffen aus dem Einzugsgebiet der Elbe von Oberstrom herangeführten Sedimenten vermindern. Vom Sedimentfang aus erfolgt eine Umlagerung des Sediments zurück in in ebbstromdominierte Bereiche der Tideelbe.

Der Sedimentfang besteht aus einer Vertiefung innerhalb der Fahrrinne und stellt eine Aufweitung des Fließquerschnitts um ca. 5% dar. Hierdurch werden die Strömungsgeschwindigkeiten reduziert. Abbildung 2.6 zeigt vereinfacht die Funktionsweise des Sedimentfangs.

Da der Sedimentfang quasi als „Sedimentmagnet“ wirkt, können Baggeraktivitäten wirtschaftlich und zeitlich konzentriert erfolgen. Größere Sedimentmengen können „auf einmal“ gebaggert werden; Baggermaßnahmen verstärkt in Kampagnen zu ausgewählten (Jahres-) Zeiten ausgeführt werden. So können größere Laderaumsaugbagger eingesetzt werden, was zu Kostenvorteilen führen kann. Eine Optimierung ist auch in der stärkeren Konsolidierung des Baggerguts zu sehen, mit der höhere Laderaumdichten erreicht werden.

Der Sedimentfang vor Wedel ist ein großangelegter, praktischer Test für die Realisierung eines neuen Bausteins im Rahmen eines ganzheitlichen Strombau- und Sedimentmanagements. Da keine vergleichbaren Erfahrungen auch aus anderen Tideflüssen vorliegen, begleitet ein umfangreiches Monitoringprogramm die Maßnahme.

Rechtlich ist der Sedimentfang eine genehmigungsfreie Maßnahme im Zuge der Wassertiefeninstandhaltung.

www.portal-tideelbe.de/Projekte/StromundSediTideelbe/SedWedel/index.html

BfG, 2010

3 Aquatische Verbringung von Sedimenten / Umlagerung

Die hier aufgeführten Verfahren sind primär solche des Mengenmanagements im Rahmen der Gewässerunterhaltung, um Wassertiefen für die Schifffahrt oder den sicheren Abfluss sicherzustellen.

3.1 Baggern und Verbringen

Technische Beschreibung

Bei der regelmäßigen Unterhaltung in Wasserstraßen und Häfen sind Sedimentablagerungen zu entfernen, die die genehmigten bzw. erforderlichen Wassertiefen reduzieren. Die Wassertiefenunterhaltung ist im Tidebereich in der Regel mindestens einmal pro Jahr und Bereich erforderlich. Die zu baggernden Sedimente widerspiegeln in der Regel die aktuelle Schadstoffbelastung der Schwebstoffe, sofern nicht lokale Einleitungen zu einer erhöhten Belastung führen.

Frische Sedimente sollten sowohl aus morphologischen wie aus ökologischen Gründen grundsätzlich im Gewässer belassen werden. Zum einen sind sie ein wesentliches Element der aquatischen Ökologie; bei großvolumiger Entnahme wäre mit entsprechenden Umweltauswirkungen zu rechnen. Zum anderen könnte ihre Entnahme das hydromorphologische Gleichgewicht stören und z.B. zu Erosion führen. Die technisch als Umlagerung bezeichnete Verbringung von Sedimenten im natürlichen Feststoffregime ist i.d.R. die wirtschaftlichste Form der Unterbringung. Gleichwohl kann es erforderlich sein, die Umlagerung insbesondere aus Gründen der Ökologie oder der Schadstoffbelastung zu begrenzen.



Abb. 3.1: Baggergeräte: Hopperbagger (links); Greiferbagger und Transportschute in der Speicherstadt in Hamburg, hier Sediment zur Entsorgung an Land (rechts)

Die Prozesskette der Umlagerung beinhaltet (1) Baggern, (2) Transport und (3) Ablagern in das Gewässer. Die Schritte 2 und 3 gemeinsam werden auch als Verbringung bezeichnet. Die Ablagerung kann sowohl mit dem Ziel eines lagestabilen Verbleibs als auch einer Verteilung mit der Strömung erfolgen.

Insbesondere in Tidegewässern werden hydraulische Baggerverfahren (Laderaumsaugbagger bzw. Hopperbagger) eingesetzt, mit denen diese drei Schritte vorgenommen werden können. Die Anwendung anderer Baggertechniken, wie z.B. Eimerketten- oder Greiferbagger und anschließender Transport der Sedimente in Transportschuten, sind ebenfalls möglich. Die Ablagerung ins Gewässer erfolgt üblicherweise über die Öffnung des Laderaums beim Hopperbagger nach unten bzw. mit Klappschuten (Verklappung in die fließende Welle).

Die Kosten für die Umlagerung sind neben den baggerspezifischen Kosten maßgeblich von der Transportentfernung vom Baggerfeld zur Ablagerstelle abhängig.

Rahmenbedingungen und Restriktionen

Im Kontext des Einzugsgebiet-Sedimentmanagements der IKSE ist neben ökologischen und betrieblichen Bedingungen der Schadstoffgehalt des zu verbringenden Sediments wesentliches Kriterium für die Anwendung.

Für internationale Meeresgewässer bestehen seit langem Konventionen, die den Umgang mit Baggergut regeln. Für den Bereich der Nordsee sind die OSPAR „Guidelines for the Management of Dredged Material“ (2009) relevant.

Für den Bereich der Nordseeküste (in der Elbe ab Freiburger Hafentriel, Strom-km 683) und die Ostsee wurden 2009 zwischen Bund und Küstenländern die Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut GÜBAK vereinbart. Damit werden die OSPAR Regelungen national umgesetzt. Die GÜBAK enthält u.a. eine Tabelle mit unteren und oberen Schadstoff-Richtwerten, die bei der Planung einer Baggermaßnahme zu berücksichtigen sind. Bei der Umlagerung ist auch zu prüfen, ob die Schutzziele des Schutzgebietsystems NATURA 2000 entsprechend FFH- und Vogelschutzrichtlinie beeinträchtigt werden könnten.

Für die Bundeswasserstraßen in Deutschland findet im Binnenbereich die Handlungsanweisung Baggergut Binnen HABAB-WSV Anwendung, die die Umlagerung von Baggergut als wirtschaftlichste Form der Unterbringung von Baggergut ansieht und als Regelfall anstrebt. Neben physikalisch-sedimentologischen sowie gewässermorphologischen Kriterien orientiert sich die chemische Bewertung am 3-Jahressmittel des Schwebstoffs im Bereich der Ablagerungsstelle; dazu werden weitere Kriterien genannt.

1996 haben die Umweltminister der deutschen Elbeanliegerländer ‚Empfehlungen zum Umgang mit belastetem Baggergut an der Elbe‘ (ARGE Elbe, 1996) beschlossen. Grundlage für die Schadstoffbewertung ist das Sedimentbewertungsschema der ARGE Elbe. Für die Umlagerung von Sedimenten sind Zielvorstellungen sowie Richt- und Grenzwerte definiert.

Fallbeispiele

(1) Umlagerung in der Elbe bei Neßsand, Hamburg

Seit 1994 werden Sedimente aus dem Hamburger Hafen nördlich der Elbinsel Neßsand in der Elbe umgelagert (Strom-km 638). Die Elbe hat an dieser Stelle eine hohe Fließgeschwindigkeit; das Flussbett weist eine durch den Tideeinfluss geformte Riffelstruktur auf. Mitte der 1990er Jahre wurde ein umfangreiches Monitoringprogramm durchgeführt.

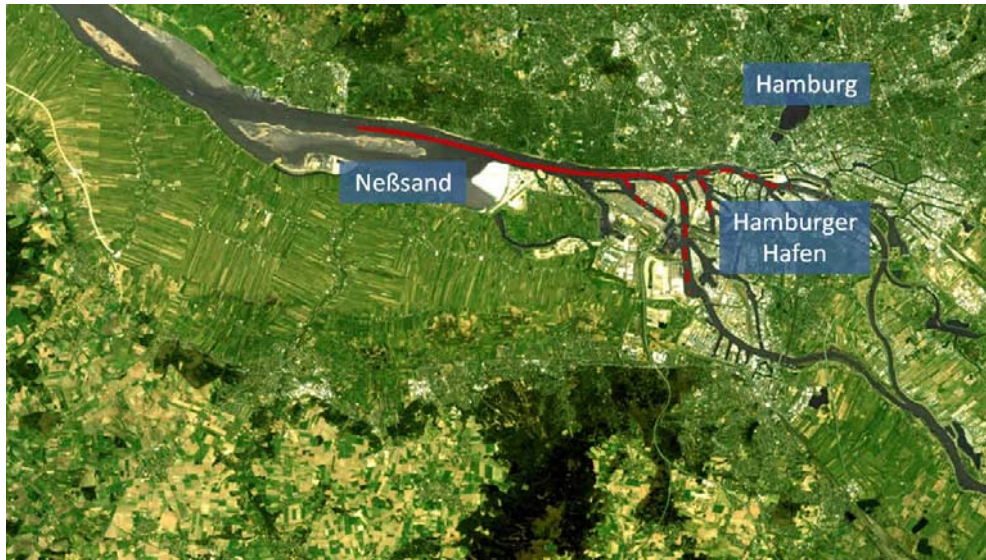


Abb. 3.2: Umlagerung von Sedimenten aus dem Hamburger Hafen nach Neßsand in der Tideelbe (Google Maps)

Mit der Hamburger Umweltbehörde wurden Rahmenbedingungen für die Umlagerung vereinbart, um die mit der Maßnahme verbundenen Umwelteinflüsse zu minimieren. Beim Ablagern an geeigneter Stelle zu geeigneter Zeit kommt es zu einer schnellen Vermischung mit dem natürlich vorhandenen Feststoffinventar. Maßgeblich dafür ist die Abflussmenge in der Elbe; bei zu geringen Abflüssen kommt es zur Bildung von Sedimentkreisläufen und Stromauftransport. Um eine Verdriftung der Sedimente in nahegelegene Flachwassergebiete zu vermeiden, erfolgt die Verklappung nur bei ablaufendem Wasser. Von April bis Oktober werden zum Schutz der Gewässerfauna (Fischeier, Fische), nahegelegener Natura 2000 Gebiete sowie des Sauerstoffhaushalts keine Umlagerungen vorgenommen.

Vorteil dieser Stelle ist, dass hier die Schadstoffbelastung etwa der der umgelagerten Sedimente entspricht. Für die Schadstoffbewertung gelten die Empfehlungen der Elbe-Umweltminister (ARGE Elbe, 1996).

Durch Umlagerungen werden bei geringen Oberwasserabflüssen der Elbe Sedimentkreisläufe erhalten; das Sediment reichert sich dann im System an und beeinflusst damit potenziell auch Nebenelben etc. Aktuell (2012) erfolgt im Rahmen einer übergreifenden Systemstudie für die gesamte Tideelbe eine Überprüfung der Unterhaltung von HPA und WSV mit dem Ziel der Identifizierung von geeigneten Verbringstrategien.

Netzband, et al., 1996
HPA und WSD Nord, 2008

(2) Umlagerung in der Elbe bei St. Margarethen

Seit 2006 werden seitens der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung alle im Tideelbebereich stromab des Hamburger Hafens (ab Elbe-km 639,9) gebaggerten Feinsedimente bei St. Margarethen (Bereich Elbe-km 686 – 690) umgelagert. Die Verbringung erfolgt wie bei Neßsand in einem Gewässerabschnitt mit hohen Fließgeschwindigkeiten, in der Fahrrinne treten hier Unterwasserdünen aus Mittel- und Grobsand von bis zu 100 m Länge und 3 m Höhe auf. Der Verbringbereich liegt im Hauptmaximum der Trübungszone der Tideelbe, das natürliche vorhandene Schwebstoffinventar wird durch die Verbringung nur geringfügig angereichert. Entsprechend sind keine signifikanten Auswirkungen auf Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt zu verzeichnen.

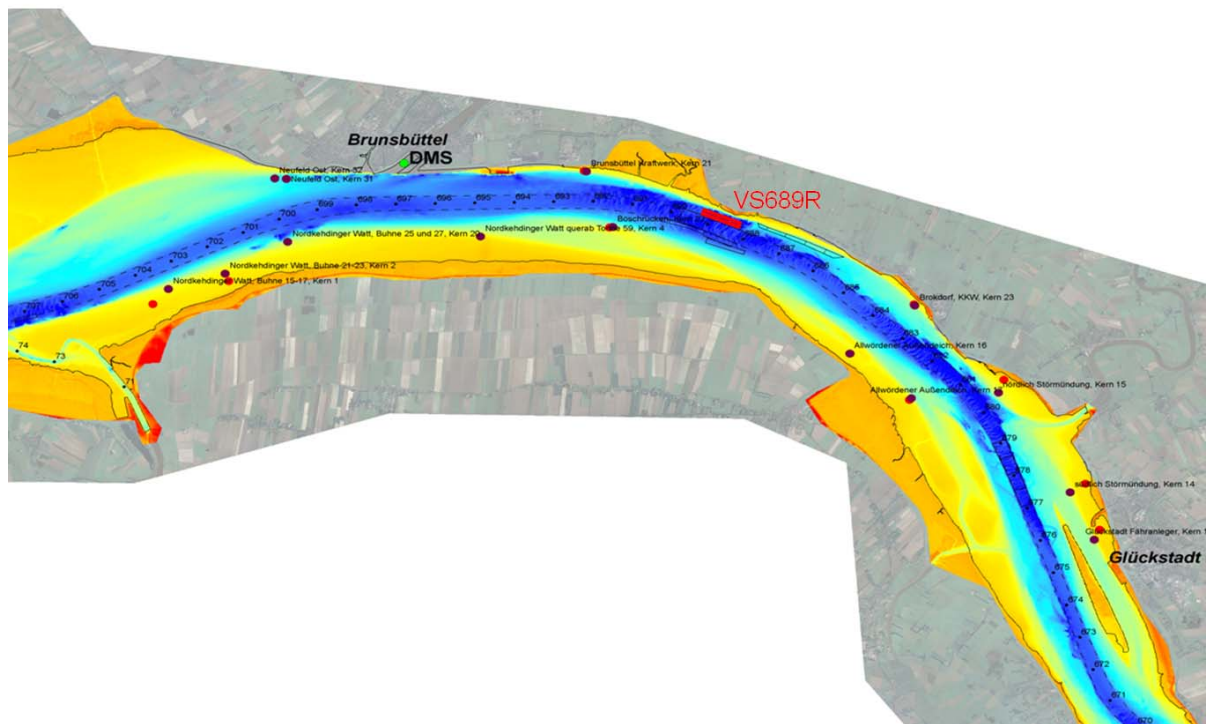


Abb. 3.3: Verbringstelle „VS689R“ bei Elbe-km 689 sowie Lage von für das Monitoringprogramm relevanten Probenahmepositionen (BfG, 2009)

Zur Verbringstrategie liegen eine grundlegende ökologische Bewertung (Systemstudie der Bundesanstalt für Gewässerkunde) sowie eine Auswirkungsprognose nach GÜBAK (Anonym 2009) vor. Die Auswirkungen auf die Erhaltungsziele der Natura 2000 Gebiete in der Tideelbe werden hierin als unerheblich eingeschätzt. Im Rahmen eines vorsorgenden Monitorings werden großräumig zweijährig Sedimentkerne in Randbereichen im Hinblick auf die Entwicklung von Schadstoffgehalten beprobt.

Die Verbringstelle entspricht den Handlungsgrundsätzen des Strombau- und Sedimentmanagementkonzeptes (HPA und WSV 2008), da Sedimentkreisläufe und Stromauftransport zumindest zu großen Teilen unterbunden werden. Im Sinne des Integrierten Bewirtschaftungsplans für das Elbeästuar (www.natura2000-unterelbe.de) soll die gewählte Umlagerungsstrategie der Zielsetzung „Erreichung eines ausgeglichenen Sedimenthaushaltes“ gerecht werden. Im Zuge der Weiterentwicklung des Strom- und Sedimentmanagementkonzeptes werden weitere Optimierungsansätze entwickelt sowie gleichzeitig grundlegende Untersuchungen im Hinblick auf eine Bilanzierung des (Fein-) Materialhaushaltes durchgeführt.

3.2 Wasserinjektionsverfahren

Technische Beschreibung

Das Wasserinjektionsgerät wird zur Beseitigung von Sandriffeln, zur örtlichen Verteilung von Sedimenten oder zur Beseitigung von örtlich begrenzten Mindertiefen sowie nach dem Einsatz von Hopperbaggern zum Einebnen der Gewässersohle eingesetzt.

Quer zur Fahrtrichtung des Schiffes wird in geringem Abstand ein Rohr über die Gewässersohle geführt, in dem Wasserstrahldüsen angeordnet sind. Durch die Düsen wird eine große Wassermenge mit geringem Druck in die Gewässersohle eingetragen. Auf diese Weise soll eine starke Aufwirbelung der Sedimente vermieden werden. Das Sediment wird am

Gewässergrund gelöst und es entsteht eine Suspensionsschicht aus Wasser und Sediment, Abbildung 3.4.

Die so erzeugte Suspension weist eine höhere Dichte auf als die Wassersäule, breitet sich bodennah aus und sedimentiert an tieferer Stelle im Gewässer erneut. Alternativ wird die Suspension in Bereiche größerer Strömungen und Turbulenz gelenkt, aus denen der weitere Abtransport mit der Strömung erfolgt. Die Transportdistanz hängt primär von der Beschaffenheit des zu baggernden Materials ab. In Schwebelage gebrachte feinkörnigere Sedimente können weitere Transportentfernungen erreichen als grobkörnige oder sandige Sedimente.



Abb. 3.4: Wasserinjektionsgerät im Einsatz (links) Düsentest oberhalb der Wasseroberfläche (rechts)

Durch die mehrfache Anwendung des Wasserinjektionsverfahrens kann sich die Sedimentzusammensetzung der Gewässersohle im Bereich der Baggerstelle verändern. Das Sediment wird durch die Wasserinjektion entmischt. Dabei kann sich gröberes Sediment anreichern, da feinkörniges Feststoffmaterial leichter resuspendiert wird und bessere Transporteigenschaften aufweist.

Meyer-Nehls, et al., 2000

BfG, 2011

Port of London, o.J.

GEODE, 2012

Rahmenbedingungen und Restriktionen

Für das Wasserinjektionsverfahren sollen die gleichen Grundsätze wie bei anderen Umlageverfahren angewendet werden.

Fallbeispiele

(3) Anwendung in der Riffelstrecke der Tideelbe

Stromab vom Hamburger Hafen zeichnet sich die Gewässersohle der Tideelbe durch eine ausgeprägte, aus grobkörnigem Feststoff bestehende Riffelstruktur aus. Die Riffel unterliegen einer permanenten Neu- und Umbildung, wodurch sich Mindertiefen für die Schifffahrt einstellen können. Wie auch in anderen Tideflüssen wird seit 1998 das Wasserinjektionsverfahren zur Kappung der Sandriffel eingesetzt. Dabei werden sozusagen die Riffelberge in die Riffeltäler gestoßen. Es erfolgt eine Umformung und damit eine Strukturveränderung der Riffelstrecke.

4 In situ Maßnahmen

Bei den nachfolgend dargestellten Möglichkeiten steht der Umgang mit dem in den Sedimenten vorhandenen Schadpotential im Vordergrund. Bei in situ Maßnahmen verbleiben die Sedimente im „Herkunftsgewässer“. Dazu werden sie entweder mit Baggergeräten an einer Stelle „gesammelt“ oder sie werden an Ort und Stelle gesichert.

4.1 Capping / Abdeckung

Technische Beschreibung

Um einer Ausbreitung von Schadstoffen aus Sedimenten entgegenzuwirken, kann eine In-situ-Abdeckung über die Ablagerung aufgebracht werden (Capping). Ergänzend kann diese Abdeckung auch mit einer aktiven Funktion zum Schadstoffrückhalt ausgestattet werden; in diesem Fall spricht man von einem Aktiven-Barrieresystem (ABS). Die Abdeckung wirkt im Wesentlichen drei Freisetzungprozessen entgegen:

- Erhöhung der Stabilisierung des Ablagerungskörpers und damit Minderung der Erodierbarkeit
- Physikalische Isolierung des Ablagerungskörpers, wodurch Schadstoffe durch bodennah lebende Organismen nicht mehr erreicht werden und die Bioakkumulation von Schadstoffen reduziert wird
- Beseitigung der Sediment-Wasser-Grenzfläche, was zu einer chemischen Isolierung führt. Die Möglichkeit einer Lösung oder Desorption von Schadstoffen wird erheblich reduziert.

Abbildung 4.1 zeigt diese Prozesse schematisch.

Für die Konstruktion eines Cappings wird i.d.R. körniges Material, wie z.B. sauberes Sediment, Sand oder Kies verwendet. Eine komplexere Form kann auch Komponenten wie Geotextilien oder Dichtungsfolien in mehreren Schichten enthalten.

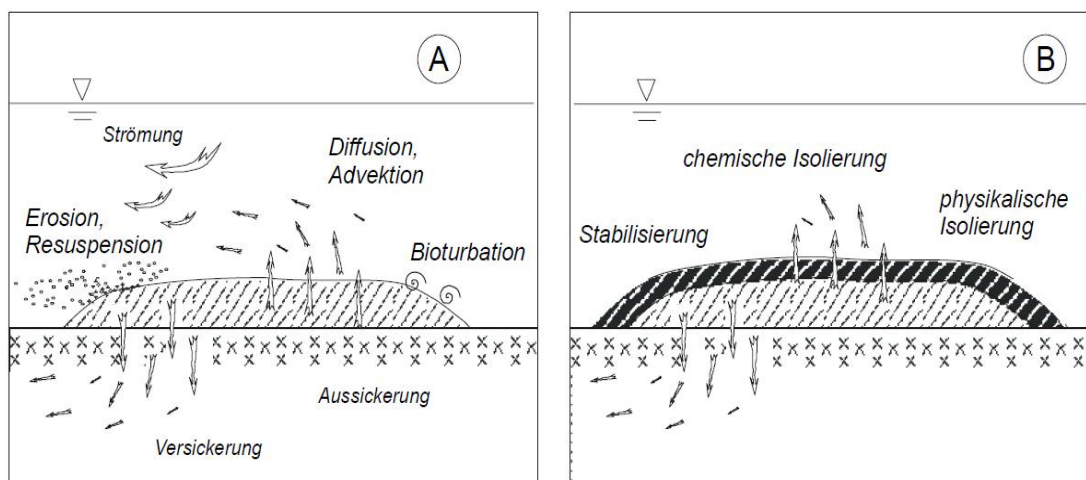


Abb. 4.1: Freisetzung von Schadstoffen aus kontaminiertem Sediment bzw. aus umgelagertem Baggergut (A, links), Unterbindung der Freisetzung durch ein Capping (B, rechts) (BIS)

Beim Aktive-Barrieren-System werden Schadstoffe innerhalb der Barriere durch die zusätzliche Verwendung von chemisch relativ inerten Materialien zurückgehalten. Durch das Verfahren soll die Standzeit der Abdeckung bei gleicher Schichtdicke maximiert werden. Als Mindeststandzeit ist die Zeit anzusehen, die die Sedimentation eines frischen, schadstofffreien Sediments oberhalb der Barriere benötigt, um als eine sich selbst erneuernde Barriere zu wirken.

Capping verfügt über eine hohe Anpassungsfähigkeit an standortspezifische Erfordernisse. Entsprechend der Zielsetzung der Maßnahme und der Schadstoffproblematik kann eine geeignete Abdeckung ausgewählt werden. Wenn die Strömungsverhältnisse oder ggf. der Schiffsverkehr dies erfordern, kann eine zusätzliche Armierung zur physikalischen Stabilisierung beitragen.

Rahmenbedingungen und Restriktionen

Capping ist eine flexible Methode, mit der die Besonderheiten von Sedimenten berücksichtigt werden (Konsistenz, oft große Mengen, aquatisches Milieu). Die Kriterien für den Einsatz und die Anforderungen an die Herstellung hängen erheblich von der lokalen Situation ab, wie Wassertiefe, Strömungen, Lage im Gewässer, etc.

In Nordamerika bestehen umfangreiche Erfahrungen mit vielen Projekten, die auch zur Entwicklung einer Handlungsanweisung geführt haben.

Nach der Herstellung eines Cappings kann ein umfangreiches Monitoring erforderlich werden, um z.B. die Stabilität zu überwachen. Pflegearbeiten am Capping können erforderlich werden und müssen bereits bei der Planung berücksichtigt werden. Diese Kosten einer Nachsorge müssen bei einer Kalkulation in Betracht gezogen werden.

Palermo, et al., 1996

Fallbeispiele

(1) *Haringvliet Ästuar, Niederlande*

Im Haringvliet Ästuar in den Niederlanden ist eine große Menge an kontaminierten Sedimenten vorhanden, geschätzt werden etwa 100 Mio. m³. Für eine derartige Menge sind Ausbaggerung mit Behandlung und Landentsorgung keine Option. Aufgrund des von den Sedimenten ausgehenden Gefährdungspotentials wurde für Teilbereiche die Möglichkeit des Cappings mit sauberem Baggergut oberhalb des kontaminierten Materials untersucht. Für die Konstruktion des Caps stand genügend sauberes Material aus infrastrukturellen Baumaßnahmen in der Umgebung zur Verfügung. Zwei technische Methoden wurden im Jahr 2002 erprobt:

- Capping mittels Greiferbagger
Die minimal zu erstellende Schichtdicke betrug 0,3 bis 0,5 m. Da die Erstellung einer ebenen gleichmäßigen Schicht mit einem Greiferbagger praktisch nicht zu erreichen ist, wurde hier eine Dicke von 0,7 bis 1,2 m erstellt, um die Funktion der Abdeckung gewährleisten zu können.
- Capping mittels Steinschütter (Rock-Dumping-Vessel)
Als weitere Technik kam ein schwimmender, mit einem Schüttraster versehener Ponton zum Einsatz. Das Raster bestand aus insgesamt 32 Kammern mit einer Grundfläche von jeweils 4 m². Durch eine mobile Bodenplatte sind die gezielte Entleerung dieser Kammern an gewünschter Position und damit die Herstellung einer gleichmäßigen Schicht möglich. I.d.R. wird diese Technik für Kies- bzw. Steinschüttungen für Uferbefestigungen angewandt.

Beide beschriebenen Methoden führten im Fall Haringvliet zum gewünschten Effekt, die gewünschte Schichtdicke konnte zu 100% hergestellt werden.

Berg, Hakstege; 2009

4.2 Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau

Technische Beschreibung

Das Konzept des kontrollierten natürlichen Rückhalts und Abbaus (Enhanced Monitored Natural Attenuation) wurde im Rahmen der Sedimentsanierung in den USA entwickelt:

Der National Research Council (NRC) definiert Überwachten Natürlichen Abbau (Monitored Natural Recovery, MNR) als „eine Anwendung, die auf unbeschleunigten natürlichen Prozessen beruht, um Menschen oder Umweltrezeptoren vor unakzeptablen Belastungen durch Schadstoffe zu schützen“ (NRC 2000).

Natürliche Prozesse, die wesentlich für den Abbau von Sedimentbelastungen sind, umfassen chemische Umwandlung, Verringerung der Schadstoffmobilität / -verfügbarkeit, physikalische Isolierung und Verteilung. MNR beruht auf diesen Prozessen, um ökologische und menschliche Gesundheitsrisiken auf verträgliche Größenordnungen zu verringern, während Monitoring dabei hilft, den Maßnahmen-effekt zu überwachen.

Der erfolgreiche Einsatz von MNR hängt von folgenden Bedingungen ab:

- Natürlichen Erholungsprozessen, die chemische Belastungen in Sedimenten umwandeln, immobilisieren, isolieren oder entfernen und so akzeptable Risikoverminderung in vertretbaren Zeiträumen erreichen,
- Quellensanierung, die dazu führt, dass Schadstoffquellen soweit geschlossen werden, dass diese natürlichen Prozesse wirksam werden können. Diese Bedingung gilt für alle Sedimentmaßnahmen, besonders aber für MNR, da langsame Verbesserungserfolge durch anhaltende Schadstofffreisetzungen übertroffen werden könnten.

Magar, et al., 2009

Das Konzept ist kaum geeignet, überregionalen Transport von Sedimentkontaminationen zu vermindern, wohl aber, im Rahmen lokaler Sanierungen überlegt zu werden.

Nach (Förstner, 2008) lassen sich drei Gruppen von natürlichen Minderungsprozessen in Sedimenten) unterscheiden:

1. Abbau von organischen Schadstoffen, vorwiegend biologisch vermittelt
2. Verstärkter partikelgebundener Rückhalt von anorganischen und organischen Schadstoffen
3. Verstärkte Erosionsstabilität der Ablagerungen, insbesondere bei Sedimenten

Die Bewertung dieser natürlichen Funktionen hängt von den Beziehungen zwischen sedimenthydraulischen und biogeochemischen Einflussfaktoren ab. Bei einer Risikobewertung kontaminierter Sedimente sind das Gefährdungspotential aus Erosion und Rücklösung der Schadstoffe und die Häufigkeit und Intensität der auftretenden Hochwasser zu beachten.

Das „Natural Attenuation“ Konzept basiert auf einem vertieften Prozessverständnis. Neben den Abbau- und Ausbreitungsprozessen spielen die Veränderungen der biologischen Verfügbarkeit von Boden- und Sedimentkontaminanten bei einer Entscheidung zwischen technischen Maßnahmen und „Liegenlassen“ eine Rolle.

Die wichtigsten Prozesse zur Risikominderung von Schadstoffen in kontaminierten Sedimenten und damit die Grundlage von kontrolliertem natürlichem Rückhalt und Abbau werden in der Handlungsanweisung der USEPA hinsichtlich ihrer Bedeutung sortiert:

1. Biologischer Abbau oder Überführung in eine weniger toxische Form des Schadstoffs
2. Reduzierung von Mobilität oder Bioverfügbarkeit des Schadstoffes durch Sorption an die Sedimentmatrix
3. Abnahme der Schadstoffkonzentration in der oberflächennahen Sedimentzone durch Überlagerung oder Vermischung
4. Abnahme der Schadstoffkonzentration in der oberflächennahen Sedimentzone durch die Verteilung partikelgebundener Kontaminanten

Durch ein angepasstes Monitoringprogramm erfolgen Kontrolle und Überwachung der Entwicklung von Schadstoffkonzentrationen und deren eventuelle Auswirkungen. Nachweislinien sind fallbezogen auszusuchen. Beispiele dafür können sein (USEPA, 2005):

- Langfristig abnehmender Trend der Schadstoffgehalte in höheren trophischen Levels
- Langfristig abnehmender Trend der Schadstoffgehalte in der Wassersäule
- Daten von Sedimentkernen, die einen abnehmenden Trend der historischen Schadstoffeinträge im Oberflächensediment über die Zeit zeigen
- Langfristig abnehmende Trends der Schadstoffkonzentrationen, Toxizität oder Schadstoffmengen in Sedimentprofilen

Soll zusätzlich eine Beschleunigung der natürlichen Prozesse erzielt werden, so spricht man von „Enhanced Monitored Natural Attenuation“. Eine Beschleunigung kann z.B. durch gezielte Förderung des mikrobiologischen Abbaus von Schadstoffen durch Schaffung entsprechend günstiger Milieubedingungen oder Zugabe beschleunigender Substanzen erfolgen. Die Umsetzbarkeit dieser Methode ist entsprechend stark von örtlichen Randbedingungen und den problematischen Schadstoffen abhängig.

Förstner, 2007
Magar et al, 2009

Rahmenbedingungen und Restriktionen

Bei der Überlegung, ob „(Enhanced) Monitored Natural Attenuation“ eine Option darstellt, sollte die eigentliche Schadstoffquelle unter Kontrolle sein, damit eine Wiederkontamination nicht eintreten kann; Ursache und Quelle müssen bekannt sein. Eine Bewertung der Effekte des kontrollierten, natürlichen Rückhalts und Abbaus sollte auf standortspezifischen Daten basieren, die über mehrere Jahre gesammelt wurden. Hierbei sollten auch jahreszeitlich relevante Faktoren berücksichtigt werden.

Bei der Planung und Genehmigung kann es sinnvoll sein, Ersatzmaßnahmen für den Fall vorzuhalten, dass die gewünschte Wirkung der Maßnahme nicht erreicht werden kann bzw. mittels natürlicher Prozesse ausreichende Schadstoffreduzierung nicht erreicht wird.

5 Ex situ Ablagerung unter Wasser

Bei den hier aufgeführten Verfahren werden die Sedimente an anderer Stelle als dem Herkunftsbereich unter Wasser fest abgelagert. Bei der subaquatischen Unterbringung und der ähnlichen Kiesgrubenverfüllung werden schadstoffbelastete Sedimente in ihrem Herkunftsmilieu so untergebracht, dass Auswirkungen auf die Umwelt, insbesondere das Grundwasser, minimiert werden. Die in der Regel feinkörnigen Sedimente werden nach dem Baggern in eine mit Wasser gefüllte Grube verspült und bilden nach Konsolidierung einen Körper, der nur gering bis gar nicht durchströmt wird (Eigendichtung). Aufgrund des anoxischen Milieus erfolgt praktisch keine Freisetzung von Schadstoffen.

Das Konzept der Kiesgrubenverfüllung wurde vor über 20 Jahren bei der BfG entwickelt. Bei der subaquatischen Unterbringung werden Gruben speziell hergestellt. In Europa sind Beispiele insbesondere aus den Niederlanden bekannt. Die dortigen Erfahrungen wurden 2002 in einer umfangreichen (deutschsprachigen) Studie für die HPA zusammengestellt).

Bertsch, Knöpp, 1990

Depotec, 2002

5.1 Kiesgrubenverfüllung

Technische Beschreibung

Mit der ortsfesten Unterbringung von belastetem Baggergut in Kiesgruben kann eine nicht mehr in Betrieb befindliche Kiesgrube durch Verfüllung einer weiteren Nutzung zugeführt werden. Die Tauglichkeit von Baggergut für eine Einlagerung in Kiesgruben orientiert sich an dessen bodenphysikalischen Zusammensetzung (Korngröße); Wasserundurchlässigkeit und Konsolidierung bestimmen die Eignungsfähigkeit. Als Schutzmaßnahme sollte nach Verfüllung der Grube eine Abdeckung aus unbelastetem Material verbaut werden. Abbildung 5.1 zeigt einen Prinzipschnitt einer gefüllten Kiesgrube.

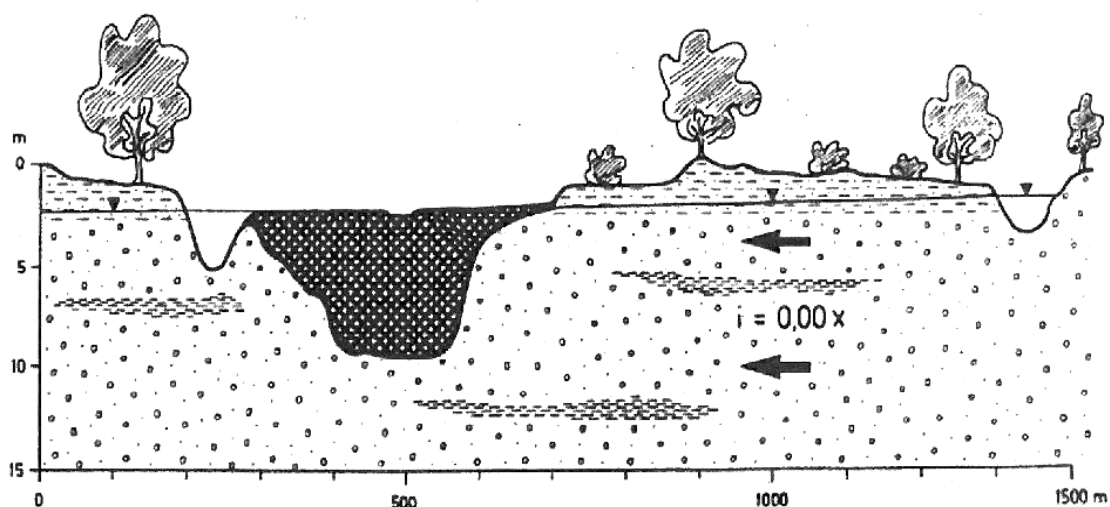


Abb. 5.1: Hydrogeologischer Schnitt durch eine Kiesgrube; durch Baggergut geeigneter Körnung ist diese „plombiert“ (BERTSCH, KNÖPP, 1990)

Da das eingelagerte Sediment vom Grundwasser nicht durchströmt wird, ist keine Auslaugung bzw. nur ein geringes Ablösen an den äußeren Bereichen der Sedimentfüllung möglich. Entsprechend ist der Schadstoffaustrag ins Grundwasser von untergeordneter Bedeutung.

Rahmenbedingungen und Restriktionen

Nicht zuletzt zur Transportminimierung kommen Kiesgruben mit entsprechender Zugänglichkeit bzw. Anbindung an Wasserstraßen in Betracht. Bei der Planung müssen die Grundwasserströmungsverhältnisse berücksichtigt werden. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht als empfindlich einzustufende Gebiete sollten nicht in Betracht gezogen werden.

Bertsch, Knöpp, 1990

Fallbeispiele

(1) Kiesgrube Lüssen, Weser

In die Kiesgrube Lüssen wurden in den Jahren 1992-1995 rund 180.000 m³ Sedimente aus dem Ausbau von Weser und Mittellandkanal verbracht. Es handelte sich um feinkörnige Sedimente mit einer Belastung durch Schwermetalle und PAKs. Es bestand ein direkter Zugang zur Weser, so dass teilweise eine direkte Einfüllung aus Hopperbaggern möglich war. Die Einlagerung wurde mit einer Sandschicht abgedeckt. Ein Monitoring sollte bis 10 Jahre nach Befüllung durchgeführt werden.



Abb. 5.2: Luftaufnahme der Weser und der Kiesgrube Lüssen im Jahr 1994. Der Abschlussdamm ist noch offen. (PIANC, 2002)

Die Kosten werden mit insgesamt knapp 5 Mio. Euro angegeben; das entspricht etwa 17 Euro/m³ Baggergut.

Köthe, Laier; 1989
PIANC 2002

(2) Baggergut aus den Bremer Häfen zur Rekultivierung von Kiesgruben

Bis heute wurde etwa ca. 270.000 m³ Nassschlick aus den Bremer Häfen mittels Schuten zum Niederrhein transportiert und dort in Kiesgruben bei Rheinberg / Eeversael verspült.

Eine weitere Kiesgrube wurde durch die Hülskens GmbH & Co. KG im Duisburg-Rheinhausen zur Produktion von Qualitätskiesen betrieben. Nachdem im Jahr 2000 die zur Gewinnung genehmigten Vorräte erschöpft und die Kiesförderung eingestellt worden waren, stand gemäß der Abbaugenehmigung eine vollständige Wiederverfüllung und Rekultivierung der ehemaligen Kiesgrube an.

Zur Wiederverfüllung wurden bzw. werden im Gewässerbereich Polder gebaut. Das mit Schiffen angelieferte Material wird dann mit Schutenspülnern in ein Spülfeld (abgepolderter Bereich der Kiesgrube) verspült.

Zur Verfüllung sind Bodenaushübe und Sedimente aus Gewässer- und Hafenerhaltungsbaggerungen zugelassen. Bei trocken geförderten Materialien müssen diese im Wesentlichen den Anforderungen der LAGA Z 1.2 entsprechen. Baggergut aus Gewässern muss im Wesentlichen der LAGA Z 2.0 entsprechen. Für die Annahme der Materialien sind einige besondere Parameter zu analysieren. So gilt für TBT ein Grenzwert von 300 µg/kg TS.

Bisher wurden durch 700.000 Tonnen Verfüllmaterialien aus ganz Deutschland angenommen. Bis zum Abschluss der Rekultivierungsmaßnahme ist mit einer Gesamtverfüllmenge von ca. 1.500.000 Tonnen für die Grube Rheinhausen und von ca. 20 Mio. Tonnen für die Grube bei Rheinberg zu rechnen.



Abb. 5.3: Verfüllung Kiesgrube Rheinhausen

Bremenports, 2006

www.huelskens-wasserbau.de/Files/PDF/01_Duisburg_Rekultivierung_Rheinhausen.pdf

(3) Verfüllung der Kiesgruben bei Rögatz

In Rogätz bei Magdeburg (Elbekilometer 351,5) befinden sich stillgelegte Kiesgruben in unmittelbarer Nähe der Elbe. Sie sollen verfüllt, renaturiert und anschließend als Flachwassergebiet umgestaltet werden. Langfristig soll hier eine Naturlandschaft mit Auencharakter entstehen.

Beim Ausbau des Elbe-Havel-Kanals fallen große Mengen unbelasteter Sande, Auelehm und Mergel an, die für diesen Zweck gut geeignet sind. Im Zeitraum 2001 bis 2046 werden ca. 6,8 Mio m³ Baggergut verfüllt. Die Vorteile dieser Lösung sind:

- Verfüllung mit gewachsenem Bodenmaterial aus geologisch gleichem Bildungsgebiet
- Parallelität der Bauphasen, kein Bedarf an Zwischenlagerung
- Wirtschaftlicher und umweltverträglicher Materialtransport per Binnenschiff



Abb. 5.4 : Lage der Kiesgruben Rogätz zum Strom

Die Bedingung für die Einlagerung des Materials in die Kiesgruben ist gemäß Plangenehmigungsbehörde, dass die Eluate der eingebrachten Mineralstoffe emissionsfrei sind. Dies wurde anhand von ökotoxikologischen Untersuchungen nachgewiesen. Innerhalb der ersten beiden Bauabschnitte des Elbe-Havel-Kanals konnte dies für 90% des anfallenden Bodenaushubs bestätigt werden.

DWA M 362-2, 2004

<http://www.dredging-in-germany.de/sites/deutsch/deutsch.html>

(4) *Kiesgruben Kaliwaal, Niederlande*

Kaliwaal ist eine ehemalige Sand- und Kiesgrube in der Aue am linken Ufer der Waal in der Nähe der niederländischen Stadt Druten. Von 1950 bis 1968 wurde dort Sand gewonnen. Nachdem die Grube anschließend der Natur überlassen wurde, hatte der Fluss eine etwa 4 Meter dicke Schicht von undurchlässigem Lehm abgelagert. Seit dem Jahr 2003 werden schadstoffbelastete Sedimente eingefüllt, damit die Grube teilweise verfüllt werden kann. Die Grube hat eine maximale Tiefe von 19 m und eine Fläche von 60 Hektar.

In einer ersten Phase werden bis zu 2,3 Mio. Kubikmeter Sedimente, die bis Klasse 4 des niederländischen Systems belastet sein dürfen, eingebaut. Diese Sedimente kommen aus Arbeiten an Flüssen, Kanälen und Poldergräben. Es handelt sich um das einzige Sedimentdepot in den Niederlanden, das in offener Verbindung mit einem Fluss steht. Das Baggergut wird über einen Ponton und eine Rohrleitung zum Grund des Sees gepumpt.



Abb. 5.5: Kiesgruben Kaliwaal

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Kaliwaal>
<http://www.dekkervandekamp.nl/projecten/in-productie-a-tm-k/kaliwaal/41>

5.2 Subaquatische Unterbringung

Die Ausführungen in Kapitel 5.2 und 5.3 sind weitgehend einer umfangreichen Studie entnommen, die 2002 für die HPA erstellt wurde und in der die entsprechenden Erfahrungen in den Niederlanden umfassend dargestellt werden.

Depotec, 2002

Technische Beschreibung

Bei der subaquatischen Unterbringung werden schadstoffbelastete Sedimente ohne Vorbehandlung in einem künstlich angelegten Depot unter Wasser abgelagert. Nach dem Einspülen ist ein längerfristiger Konsolidierungsprozess zu berücksichtigen, bei dem überschüssiges Wasser anfällt und die Sedimente zunehmend verdichten.

Die folgende Darstellung bezieht sich auf die Niederlande, wo mehrere subaquatische Depots gebaut wurden. Es werden zwei Grundtypen unterschieden (Abb. 5.6).

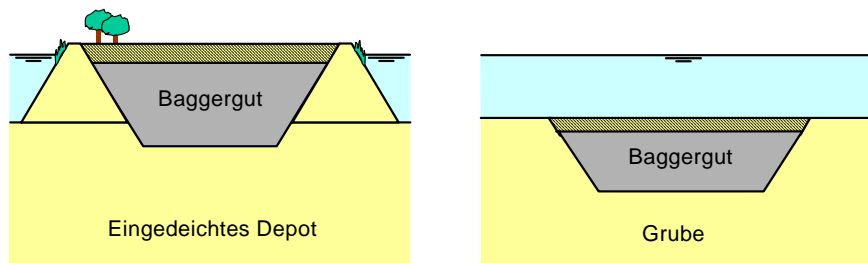


Abb. 5.6: Hauptarten subaquatischer Depots in den Niederlanden

Die Hauptkomponenten bei einem eingedeichtem Depot sind:

- Depotgrube, Nutzung einer bestehenden Grube oder gezielte Ausbaggerung

- Ringdeich um die Grube mit einer abschirmenden Funktion für das schadstoffbelastete Sediment sowie austretendes Depotwasser
- Umschlag- bzw. Saugerstation zur Beschickung vom Laderaumsaugbagger oder von Transportschuten
- Betriebsgelände mit spezifischen Funktionen, wie z.B. Abwasserreinigungsanlage zur Behandlung von Überschusswasser
- Zusätzliche Komponenten zur besseren Einbindung des Depot in die Umgebung

Die Unterbringung von verunreinigten Sedimenten in einem subaquatischen Depot kann eine dauerhafte und sichere Lösung darstellen. Der Nutzen liegt in einer kontrollierbaren, beherrschbaren Unterbringung von verunreinigten Sedimenten:

- mittels kompakter Lagerung findet eine Konzentration von Verunreinigungen statt, so dass deren Ausbreitung stark vermindert ist
- die Mobilität von Schadstoffen im Sediment ist unter Wasser geringer als bei einer Lagerung über Wasser oder an Land.

Um das Eindringen von Verunreinigungen ins Grundwasser zu minimieren, sind die Depoteigenschaften auf die besonderen Eigenschaften des Sediments abzustimmen. Durch Modellrechnungen sind die Emissionen ins Grundwasser zu ermitteln. Geht aus diesen Berechnungen hervor, dass bestimmte Emissionsprüfwerte überschritten werden, sind Maßnahmen zur Begrenzung der Emissionen anzuwenden:

- Auswahl eines geeigneten Standorts. Örtliche hydrogeologische Verhältnisse, wie Lagen mit geringer Porosität und Grundwasserströmung, wirken einer Verteilung von Verunreinigungen im Grundwasser entgegen.
- Eine subaquatische Unterbringung ist so einzurichten, dass die Emission auch langfristig minimal bleibt. Deshalb sollte die Menge Sediment pro Flächeneinheit so groß wie möglich sein. Das am wenigsten belastete Sediment soll auf dem Boden und an den Böschungen abgelagert werden.
- Durch Wasserstandsregulierung und isolierende Schichten an den Seiten wird das Eintreten von Sickerwässern ins Grundwasser begrenzt.
- Im Einlagerungs- und Nachsorgezeitraum müssen sowohl die Emissionen aus dem Depot als auch die Wirkung der isolierenden Maßnahmen überwacht werden.

Rahmenbedingungen und Restriktionen

In den Niederlanden existiert eine spezielle Baunorm (s. Anhang DEPOTEC, 2002).

Neben diesen technischen Erfahrungen sind die rechtlichen Anforderungen im Einzelfall zu berücksichtigen. Dabei kommt es sehr auf die lokale Situation an. Zu beachten sind in jedem Fall das Wasser-, Abfall-, Naturschutz- und Immissionsschutzrecht.

Fallbeispiele

(5) *De Slufter, Rotterdam, Niederlande*

Der "Slufter" bei Rotterdam ist ein Depot für belastetes Baggergut, das Mitte der 1980er Jahre seeseitig des Industriegebiets Maasvlakte gebaut wurde. Die Betriebsdauer war ursprünglich auf einen Zeitraum von 15 Jahren ausgelegt. Man ging davon aus, dass zur Jahrtausendwende die Belastungen im Baggergut des Rotterdamer Hafens so gering sein würden, dass ein Depot nicht mehr notwendig sein würde. Die Schadstoffbelastung der

Rheinsedimente hat sich deutlich verbessert, allerdings erfordern noch bestehende Belastungen immer noch die Unterbringung – nunmehr allerdings deutlich kleinerer – Baggergutmengen. Heute wird davon ausgegangen, dass der Betrieb des Slufers bis ins Jahr 2025 fortgeführt wird.



Abb. 5.7: Perspektivische Ansicht des Slufers (Google)

Der Slufter ist durch Ausbaggern einer Grube mit einer Tiefe von 25 m unter Meeresspiegel und Aufspülen des Sandes zu einem Ringdeich mit einer Höhe bis 25 m über Meeresspiegel gebaut worden. Die Gesamtkapazität beläuft sich auf 143 Mio. m³, www.sluffer.com. Aufbau und Ausbauhöhen sind schematisch in Abbildung 5.8 veranschaulicht.

Die Befüllung erfolgt durch Einspülung im nahegelegenen Mississippihafen. Laderaumsaugbagger können von dort selbsttätig in den Slufter einspülen, die Nutzung einer Saugerstation zur Entladung von Schuten ist ebenfalls möglich. Zum Erhalt der vorgeschriebenen Wasserpiegellage wird Überschusswasser einer Abwasserreinigungsanlage zugeführt.

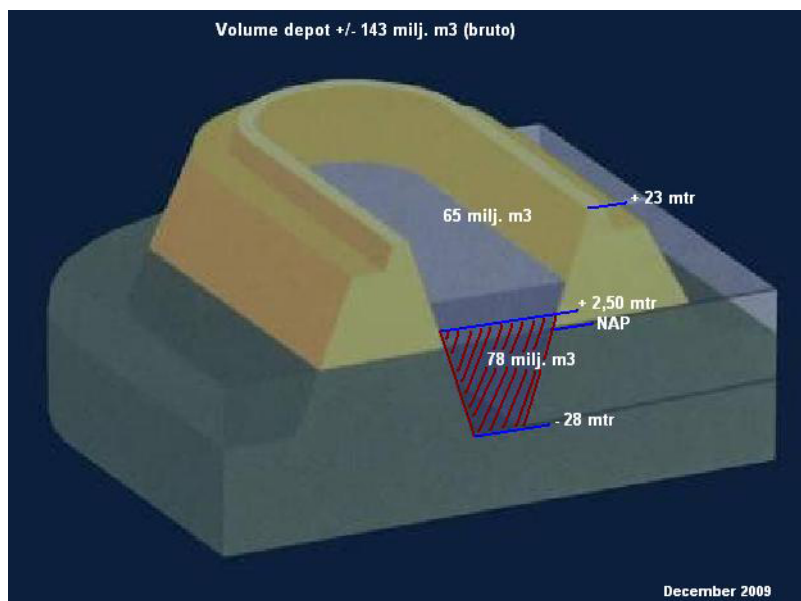


Abb. 5.8: Schematischer Aufbau Slufter (www.sluffer.com)
 (*NAP = Neuer Amsterdamer Pegel)

Das Grundwasser beim Slufter ist salzig, das aus dem Depot austretende Wasser hingegen ist weniger salzig. Durch diesen Unterschied entsteht eine Brackwasserblase, die auf Grundwasser schwimmt und somit eine isolierende Funktion erfüllen kann. Oberhalb des Wasserspiegels bestehen die Böschungen aus einer 1 m dicken mineralischen Dichtungsschicht. Während der ersten Füllphase wurde Baggergut mit geringer Belastung eingebaut, welches eine schwerdurchlässige Schicht bildet. 2000 wurde die Genehmigung erteilt, auch stark verunreinigtes Baggergut im Depot unterzubringen.

Das Monitoringprogramm basiert auf Messungen in insgesamt 15 Bohrlöchern im Ringdeich, bei denen neben Schwermetallen auch PCB, PAK, OCB und Halogene bestimmt werden. Dabei wurde nur eine Überschreitung des Zielwertes für Kupfer festgestellt.

Der neu entstandene Strand um den Slufter dient auch während des Betriebs als Naherholungsgebiet. Auf dem Ringdeich wurde ein Windpark zur Energieerzeugung eingerichtet.

DEPOTEC, 2002

(6) *Ijsseloogdepot, Ketelmeer, Niederlande*

Das Ketelmeer liegt an der Mündung der IJssel in das IJsselmeer; hier besteht Süßwassermilieu. Der Boden des Ketelmeeres war stark kontaminiert, der Rhein lagerte hier über seinen Mündungsarm IJssel über Jahre eine mit Schadstoffen belastete Schlammschicht (PCB, Schwermetalle) ab. Mit einer Sanierung des Ketelmeeres sollten der Verlandung und Grundwasserverunreinigung entgegengewirkt werden. Ähnlich dem Slufter wurde ein subaquatisches Depot mit Ringdeichkonstruktion mitten im Ketelmeer geschaffen.

Das Fassungsvermögen des Ijsseloogdepots beträgt 23 Mio. m³, die Grube hat einen Durchmesser von etwa 1 km und ist 50 m tief. Bei der Ausbaggerung der Grube anfallender unbelasteter Aushub wurde zur Schaffung des Ringdeichs und zur Schaffung eines Natur- und Erholungsgebietes um das Depot verwendet. Nach Beendigung der Beschickung soll das Ijsseloogdepot mit einer Schicht aus sauberem Material abgedeckt und die Entwicklung des Gebietes der Natur überlassen werden.



Abb. 5.9: Lage des Baggergutdepot Ijsseloog im Ketelmeer (Google)

DEPOTEC, 2002

5.3 Gruben am Gewässergrund (Grubendepot)

Technische Beschreibung

Bei dieser Form der subaquatischen Unterbringung werden schadstoffbelastete Sedimente in einer (offenen) Grube am Gewässergrund unterhalb des Wasserspiegels untergebracht. Dafür kann eine bereits vorhandene Grube genutzt oder eine Grube am Gewässergrund ausgehoben werden. Auf diese Weise sind die optische Beeinträchtigung begrenzt und die Nutzbarkeit des Gewässers für Schifffahrt und andere Belange möglich.

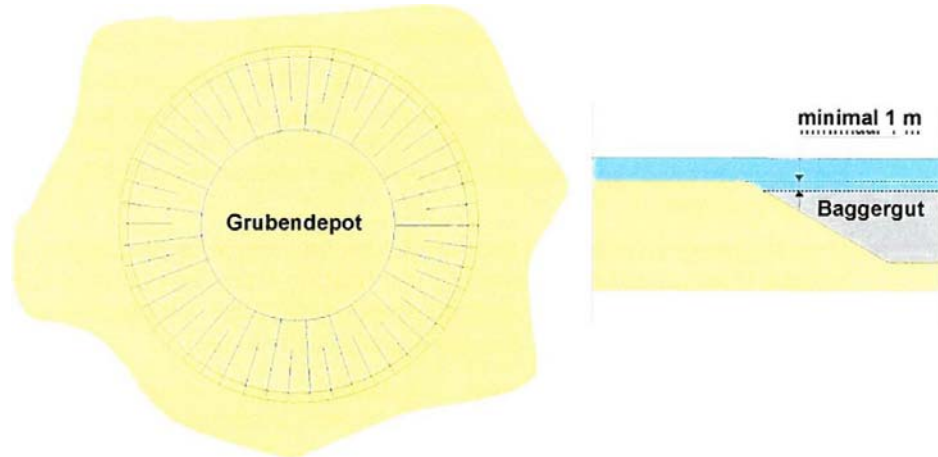


Abb. 5.10: Prinzip eines Grubendepots. (DEPOTEC, 20002)

Einschränkungen ergeben sich insbesondere durch Art und Grad der Schadstoffbelastung, die eine offene Grube aufgrund des Umweltrisikos nicht zulässt. Das Sediment in der Grube steht in direktem Austausch mit der überliegenden Wassersäule. Es ist darauf zu achten, dass keine Verdriftung mit einer eventuell vorhandenen lokalen Strömung erfolgen kann. So kann als ergänzende Maßnahme eine Abschirmung um die Grube unterhalb des Wasserspiegels errichtet werden.

Die Befüllung des Grubendepots erfolgt über selbstentladende Bagger, Klappschuten oder hydraulisch bis maximal zur vorhandenen Gewässersohle. Während der Einlagerungsphase steht die obere Schicht des Baggerguts im Kontakt mit dem Oberflächenwasser. Das Depot kann durch eine nachträglich aufgebraute schadstofffreie Deckschicht geschlossen werden.

Während der Betriebszeit des Depots kommt es zur Konsolidierung des Baggerguts unter Eigengewicht. Dabei nimmt das Volumen ab und der Durchströmungswiderstand für die Schlammschicht steigt an, was zu einer Verlangsamung der Konsolidierung führt. In der Nachsorgephase ist mit einer weiteren Konsolidierung zu rechnen.

Das Monitoring muss auch in dieser Phase fortgesetzt werden und bei eventuell austretenden Schadstoffen müssen Gegenmaßnahmen ergriffen werden können.

Rahmenbedingungen und Restriktionen

Grubendepots sind in den Niederlanden mehrfach gebaut worden. Für die Unterbringung von Sediment in offenen Gruben gelten dort spezifische Anforderungen:

- Nur Sediment der gleichen Qualität im Gebiet des Depots einlagern
- Nur umweltfreundliche Einbringungsmethoden anwenden; so soll möglichst hydraulisch entleert werden bzw. mit einer Schütte oder einem Diffuser gearbeitet werden, damit Verdriftungen beim Entleeren minimiert werden
- Nur bei angemessenen äußeren Bedingungen beschicken, Beachtung von Windstärke und Strömungsverhältnissen

- Keine Restprodukte von behandeltem Baggergut einbringen und auch kein erheblich belastetes Sediment einbringen (Klasse IV oder höher des niederländischen Klassifizierungssystems).

Fallbeispiele

(7) Schlickgrube Warnemünde

Im Bereich der Hafenanlage des Marinestützpunktes Warnemünde "Hohe Düne" wurde von Oktober 2001 bis März 2002 im Zuge einer Unterhaltungsbaggerung zur Wiederherstellung der Sollwassertiefe feinkörniges Baggergut in einer speziell dafür angelegten ortsfesten subaquatischen Schlickgrube abgelagert. Das Sediment war mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen belastet.

Die Schlickgrube verfügt über eine Sohlgrundfläche von 125 x 125 m und weist eine Böschungsneigung von 1:3 auf, wodurch sich eine Fläche von 175 x 175 m auf Fahrwassertiefe ergibt. Bei der Erstellung der Grube wurde ein Gesamtvolumen von 248.000 m³ bewegt. Der hierbei gewonnene Boden, bestehend aus Sanden und Geschiebemergel, konnte auf einer Umlagerungsstelle in der Ostsee verbracht werden.

Aufgrund der ökologischen Anforderungen wurden sowohl für die Baggerung des kontaminierten Bereiches im Hafen als auch für die Beschickung der Grube spezielle Maßnahmen angewandt. Die Baggerung wurde zur Vermeidung von Trübungen mit geschlossenem Greifer durchgeführt. Da die Einlagerung in die Schlickgrube nicht mittels Klappschuten durchgeführt werden konnte, setzte man ein Fallrohr mit Trichter und Diffusor ein, um das Baggergut verwirbelungsfrei auf den Ablagerungshorizont aufzubringen. Mit zunehmender Auffüllung musste das Rohr angepasst werden. Das Einbauverfahren ist in Abbildung 5.10 dargestellt. Ein Schlickschirm an den Seiten der Grube trug während der Befüllung zusätzlich zur Minimierung der Auswirkungen hinsichtlich der Trübung bei.

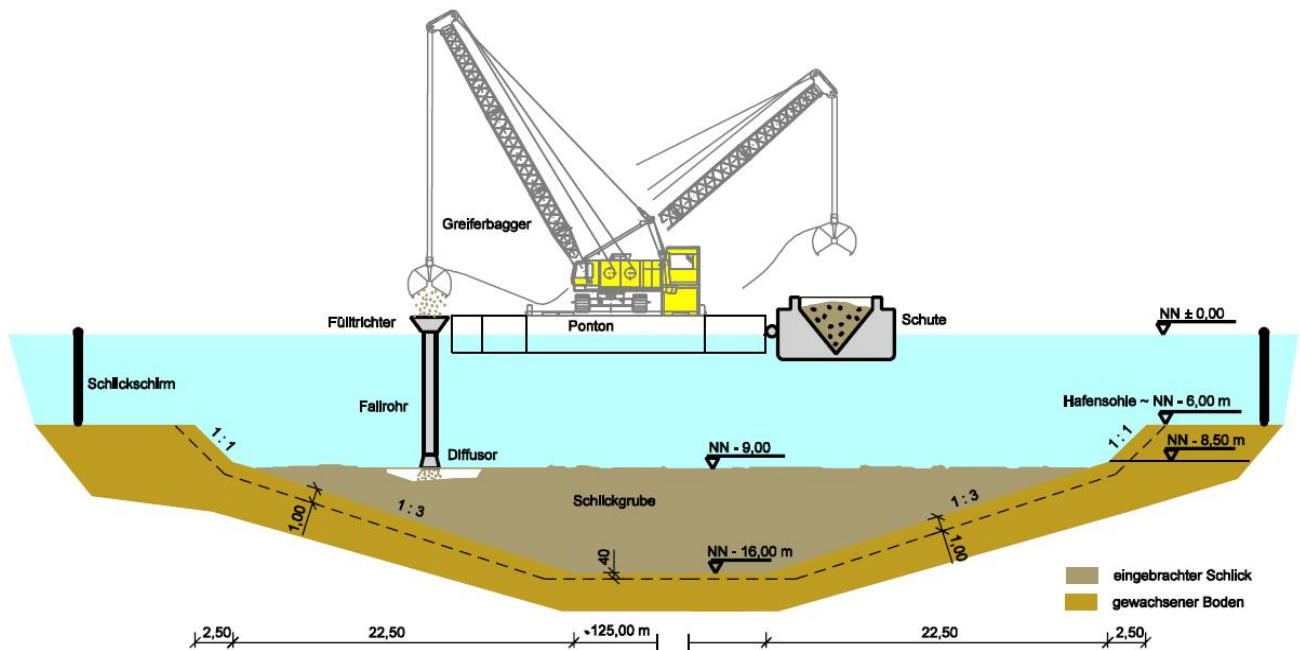


Abb. 5.11: Befüllung der Schlickgrube Warnemünde mittels geschlossenem Greifer, Trichter, Fallrohr und Diffuser. (Nöthel, 2004)

Die Durchführung der Maßnahme wurde durch ein umfangreiches Monitoringprogramm begleitet. Dieses umfasste u.a. Trübungswerte, Strömungsgeschwindigkeiten und -richtungen sowie chemische Parameter. Auffällige Trübungserscheinungen sind weder bei der Aufnahme des Schlicks noch beim Einbringen in die Schlickgrube erfasst worden. Es kam zu keinerlei Verdriftung kontaminierten Baggergutes in die angrenzenden Hafengebiete.

Das Monitoring wurde unmittelbar nach Abschluss der Maßnahme sowie 3 Jahre danach durch rheologische Untersuchungen ergänzt. Diese dienten der Überprüfung der Sedimentationsverhältnisse im Bereich der Grube sowie der Dokumentation des Konsolidierungsverhaltens des eingebrachten kontaminierten Baggergutes. In Abhängigkeit von den Ergebnissen sollte damit über eine Abdeckung des Materials mit unbelastetem Boden entschieden werden. Die Untersuchungen belegten zum einen eine starke Konsolidierung des Baggergutes, zum anderen wurde an der Oberfläche eine 5 bis 10 cm starke Schicht aus rezenten Schwebstoffablagerungen festgestellt. Eine Abdeckung der Schlickgrube mit unbelastetem Boden war somit nicht erforderlich. Jährlich weiterhin stattfindende Peilungen des Hafengebietes stützen diese Entscheidung.

Nöthel, et al., 2004

6 (Vor-) Behandlung

Gebaggerte, dem Gewässer entnommene Sedimente weisen in der Regel einen hohen Wassergehalt auf, setzen sich oft aus verschiedenen, in Chargen auch stark variierenden Kornfraktionen zusammen und können weitere natürliche oder auch künstliche Bestandteile enthalten. Deshalb können eine Trennung in Kornfraktionen und/oder Entwässerung erforderlich werden, bevor die Sedimente verwertet oder beseitigt werden. Diese beiden Schritte können in Spülfeldern oder in technischen Anlagen vorgenommen werden.

6.1 Trennung von Kornfraktionen

Technische Beschreibung

Durch die Fraktionierung der Sedimente können verschiedene Körnungen (z.B. Kiese, Sande) zur weiteren separaten Verwertung gewonnen werden. Durch die Abtrennung der feinkörnigen Fraktion aus Sedimenten ist es möglich, einen Großteil der Schadstoffe abzutrennen, da sich diese primär an den feinen Bestandteilen mit einer hohen spezifischen Oberfläche anlagern. Für die Trennung von Kornfraktionen kommen Spülfelder wie auch großtechnische Anlagen wie die METHA in Betracht.

Werden Spülfelder zur Entmischung eingesetzt, spricht man von Klassierfeldern. Dabei wird das mit Wasser versetzte Baggergut in lange Gerinne gepumpt. Zuerst setzen sich die gröberen, schwereren Stoffe (Kies, Sand), am hinteren Ende dann die feinkörnigen, leichteren Anteile ab. Dabei kann gleichzeitig eine Entwässerung erfolgen, z.B. wenn das Klassierfeld drainiert ist oder die Wasserhaltung regelmäßig gesteuert wird.

Die Felder sollten ein Breiten-Längenverhältnis von 1:3 bis 1:4 aufweisen, um das Sediment in Sande und feinkörnige, meist organikhaltige Substrate aufzutrennen. Der Klassierprozess kann über die Vorgabe des bei der Einspülung einzuhaltenden Feststoff-Wasser-Gemisches und über die Ausdehnung des Spülbeckens (Lage der Absetzzonen) gesteuert werden.

Je nach Schadstoffgehalt des Baggerguts und des freiwerdenden Wassers ist es fallweise erforderlich, die Felder mit Abdichtungssystemen auszustatten, wie beispielsweise in Hamburg oder Bremen.

Bei der Trennung in technischen Anlagen kommen bekannte und erprobte verfahrenstechnische Elemente zum Einsatz, wie Hydrozyklone oder Aufstromsortierer.

6.2 Entwässerung / Vererdung

Technische Beschreibung

Sandiges Sediment weist nur einen geringen Wassergehalt auf. Hingegen ist Schlack in der Regel sehr wasserhaltig. Soll das feinkörnige Sedimente deshalb einer weiteren Verwertung oder der Beseitigung zugeführt werden, ist i.d.R. eine Entwässerung notwendig. Die kann in Spülfeldern (dann Entwässerungsfelder) erfolgen. Charakteristisch ist vor allem der dafür notwendige Zeit- und Flächenbedarf aufgrund der natürlichen Trocknung durch Ablauf und Evaporation. Das Prinzip der Entwässerung ist in Abbildung 6.1 dargestellt. Ein Entwässerungsfeld weist meist eine Größe von etwa 2-4 ha je nach örtlichen Gegebenheiten auf. Neben einer Untergrundabdichtung sollte ein Feld über eine Drainage zur flächigen Entwässerung des Feldes verfügen. Mittels seitlich angebrachter Mönchbauwerke kann über-

stehendes Spülwasser nach der ersten Setzungsphase von etwa 1-3 Wochen abgelassen werden. Der eigentliche Entwässerungsvorgang ist wesentlich von den Witterungsbedingungen (Sonne, Wind, Temperatur) abhängig. Durch mechanische Umsetzung mittels Bagger wird der Entwässerungsprozess beschleunigt und die Vererdung (Bodenbildung) durch Belüftung, Oxidation, Mineralisierung, Bioturbation u.a. forciert. Dabei werden die Sedimente zu Mieten aufgeschüttet und mehrmals umgesetzt, bis der gewünschte Behandlungsgrad erreicht ist.

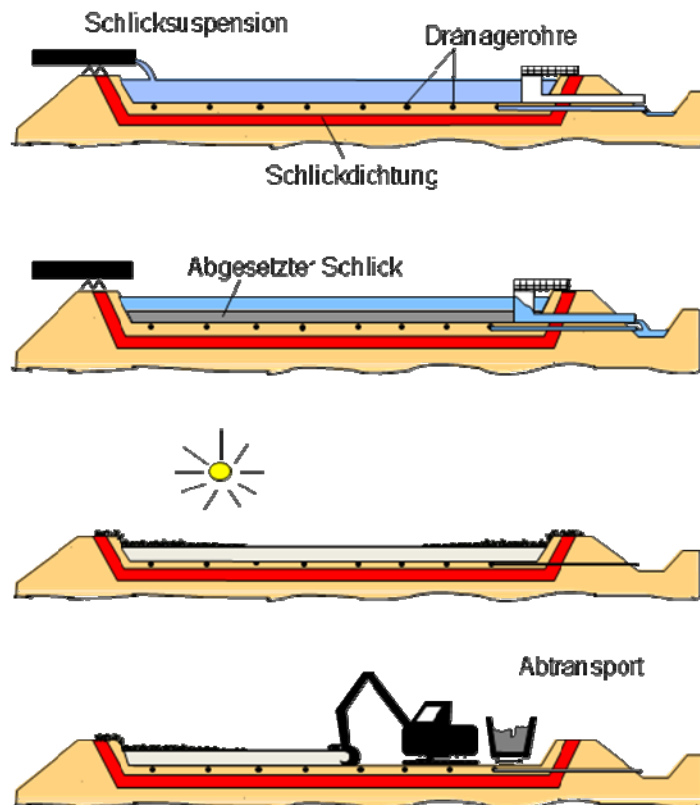


Abb. 6.1: Schematische Darstellung der Behandlungstechnik von Baggergut in Entwässerungsfeldern (HPA)

Diese natürliche Entwässerung erfordert große Flächen und ist in hohem Maße witterungsabhängig. Deshalb kann sie auch technisch in wohl bekannten und erprobten verfahrenstechnischen Einheiten, wie Band- oder Kammerfilterpressen, durchgeführt werden.

Rahmenbedingungen und Restriktionen

Behandlungsanlagen für Sedimente sind als Abfallbehandlungsanlage zu planen und erfordern eine Genehmigung nach BImSchG.

Fallbeispiele

(1) Industrielle Absetz- und Aufbereitungsanlage Rostock

Die Industrielle Absetz- und Aufbereitungsanlage IAA ist ein physikalisches Verfahren zur Behandlung bzw. Aufbereitung der Sedimente aus der Wassertiefenunterhaltung im Hafen Rostock. Es handelt sich um unbelastetes Material gem. Bundesbodenschutzverordnung, das aufgrund seines Organikgehaltes nicht in der Ostsee verklappt werden darf. Das über eine Spülrohrleitung antransportierte Wasser-/Feststoffgemisch wird in ein leicht geneigtes

Sandbettgerinne geleitet. Am oberen Ende baut sich ein Schüttkegel aus Grobsandfraktionen auf. Aus dessen oberem Erosionskolk tritt das Wasser mit den hier nicht absetzfähigen Sand-/Schlickfraktionen ringförmig über und läuft zum Teil flächenhaft, zum Teil in Prielrinnen über dem Sandbett ab. Während der Sand für eine sofortige Nutzung zur Verfügung steht, durchläuft organikhaltiges Material einen Reifeprozess in Feldern, bevor es zu 100 % als Bodenmaterial verwertet wird (s. Abbildung 6.2).



Abb. 6.2: Industrielle Absetz- und Aufbereitungsanlage Rostock (Henneberg, 2012)
 HTG / Fachausschuss Baggergut, 2006
www.Dredging-in-Germany.de

(2) *Entwässerungsfelder Moorburg*

Felder zur Entwässerung von Sedimenten werden auch in Bremen und Hamburg eingesetzt. Abbildung 6.3 zeigt ein Entwässerungsfeld in Hamburg-Moorburg in zwei unterschiedlichen Prozessstadien; s. auch Abb. 6.1.

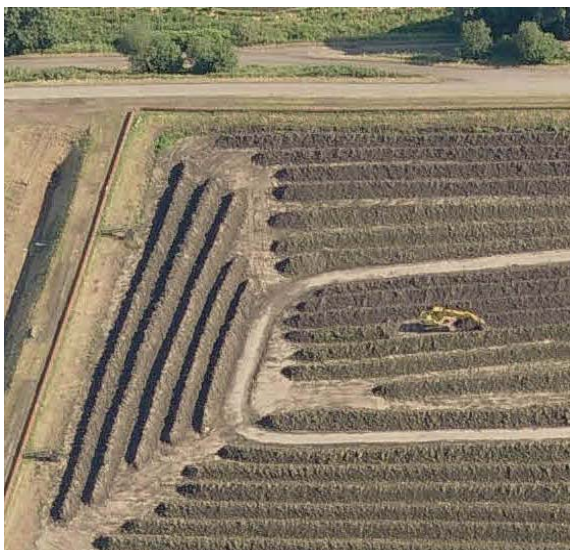


Abb. 6.3: Entwässerungsfeld in Moorburg, Aufsetzung zu Mieten (links), frisch eingespülte Sedimente (rechts) (BING)

(3) *METHA-Anlage - Mechanische Trennung von Hafensedimenten, Hamburg*

In der großtechnisch-mechanischen Hamburger Baggergut-Aufbereitungsanlage METHA (Mechanische Trennung und Entwässerung von Hafensedimenten) wird schadstoffbelasteter Schlick von un- bzw. gering belastetem Sand getrennt und entwässert.

Das Kernstück der Anlage zur Trennung der Kornfraktionen besteht in einer Hydroklassierung. Nach einer Vorbehandlung mittels Trommelsieb, bei der Bestandteile mit einem Durchmesser größer 1 cm aussortiert werden, wird das Material in Hydrozyklonen separiert. Durch hohe Zentrifugalkräfte wird der feinkörnige Schlick mit einer Korngröße von kleiner als 63 μm entgegen der Schwerkraft nach oben und der gröbere Sand nach unten verwirbelt. Um den Restschlickanteil vom Sand zu trennen, wird dieser anschließend einer zweiten Trennstufe zugeführt (Aufstromsortierer). Da Schlick leichter als Sand ist, löst er sich in dem von unten nach oben fließenden Aufstrom und wird gemeinsam mit dem separierten Schlick aus den Hydrozyklonen zur Eindickung und Trocknung weitergeleitet. In einer zweiten nachgeschalteten Klassierstufe werden anschließend verfahrensbedingt ca. 50% der Feinfraktion aus der ersten Behandlungsstufe in zwei parallel arbeitenden Strängen, bestehend aus Hydrozyklonen und nachgeschalteten Wendelscheidern (Trennung bei 20 μm), behandelt.

Die Entwässerung der verbleibenden Schlickfraktion mit Korndurchmesser 0-100 μm erfolgt anschließend im Parallelbetrieb von Siebband- und Kammerfilterpressen. Durch die Zugabe von Polyelektrolyten zur Schlicksuspension wird diese bis auf einen Feststoffanteil von mindestens 55 Gewichts-% entwässert. Dieser Wert sichert eine Scherfestigkeit, die für die hügelartige Ablagerung auf Deponien notwendig ist.

Der abgetrennte Sand und Feinsand kann als Baustoff wiederverwertet werden. Zusätzlich kann besonders behandelter Schlick auch als Dichtungsmaterial im Deponie- oder Deichbau eingesetzt werden. Eine zertifizierte Zulassung des METHA Materials für diese Anwendungen liegt vor.

Die Anlage verfügt über eine Abwasserreinigungsanlage; hier werden Schwebstoffe aus dem Abwasser abgetrennt und eine Nitrifikation durchgeführt.



Abb. 6.4: Baggergutbehandlungsanlage METHA

Detzner, 2007

6.3 Verfestigung / Stabilisierung

Technische Beschreibung

Verfestigungsprozesse ändern durch die Verwendung von Zusatzstoffen die physikalische Beschaffenheit des Sediments (z.B. flüssig in fest), ohne die chemischen Eigenschaften zu berühren. Maßnahmen zur Verfestigung und Stabilisierung haben das Ziel, durch eine Immobilisierung die Abgaberrate von Schadstoffen zu reduzieren. Idealerweise sollte das Material danach als Baustoff einzusetzen sein, so dass auf die Nutzung von Deponiekapazitäten verzichtet werden könnte. Sollte eine Deponierung das Ziel sein, so kann das Material durch eine gezielte Verfestigung/Stabilisierung ebenfalls für diesen Zweck qualifiziert werden. Dazu können z. B. Zement, Kalk, REAGips, Flugasche und ähnliche Stoffe eingesetzt werden.

Rahmenbedingungen und Restriktionen

Rahmenbedingungen und Restriktionen hängen primär vom endgültigen Verwertungszweck des Materials bzw. den Annahmebedingungen der Deponie ab. Die Anforderungen ergeben sich aus den ökologischen Kriterien, den geotechnischen und bauphysikalischen Erfordernissen sowie den Restriktionen des europäischen Chemikalienrechts.

Fallbeispiele

Durch die in aller Regel erforderliche Vorbehandlung und die Kosten für Zusatzstoffe und Vermischung sind die Verfestigungsverfahren vergleichsweise aufwändig, damit erscheinen die Verfahren eher für kleine Mengen geeignet. Die Zahl ihrer Anwendungen in Deutschland ist sehr begrenzt.

(4) *Entschlammung der Struga, Oberlausitz*

Die Struga ist ein kleiner rechtsseitiger Zufluss der Spree im Nordosten Sachsens in der nördlichen Oberlausitz (mittlerer Abfluss knapp 2 m³/s). Sie fließt durch das Braunkohlebergbaugesamt nördlich des Tagebaus Nochten und ist in ihrem gesamten Lauf vollständig kanalisiert. Bei Neustadt wird die Struga in Anlandebecken geleitet, von wo ein Großteil des Wassers der Grubenwasserreinigungsanlage in Schwarze Pumpe zugeführt wird. Ihr Einzugsgebiet ist von gegenwärtiger und früherer Bergbautätigkeit geprägt. Zu DDR-Zeiten war sie durch Industrieabwässer, besonders aus den Glaswerken Weißwassers, stark verschmutzt.

1730 Kubikmeter Schlamm mit einer Belastung von Zink und Cadmium waren aus einem etwa einen Kilometer langen Abschnitt der Struga zu entnehmen; Grabenbreite an der Sohle rund 2-3 m, Wassertiefe rund 1 m. Wegen angrenzenden FFH- und Naturschutzgebieten war keine mit Fahrzeugen nutzbarer Gewässerrandstreifen und Lagerflächen vorhanden. Die Beräumung des Gewässers II. Ordnung musste von der Wasserseite aus erfolgen. Zum Einsatz kam ein serienmäßig hergestelltes amphibienartiges Spezialfahrzeug („Truxor DM 5000“), das den Schlamm vom Flussgrund saugt und über eine Rohrleitung zu einem Lagerplatz außerhalb des Schutzgebietes pumpt. Dort wurde der Schlamm gesiebt und ausgepresst, wobei das Wasser in Kiesfiltern gereinigt und zurück in die Struga geleitet wurde. Der entwässerte Schlamm (460 Tonnen) war als Abfall zu entsorgen. Er wurde in der Bodensanierungsanlage in Spremberg durch Zugabe von kalkhaltigen Nährstoffsubstraten stabilisiert und dabei die organischen Bestandteile abgebaut. Das verbleibende Material wurde zum Verfüllen im Deponiebau verwendet.

Die Kosten für Entnahme und Behandlung betragen jeweils knapp 30 €/m³.



Abb. 6,5: Beräumung der Struga mit Amphibienfahrzeug

[http://de.wikipedia.org/wiki/Struga_\(Fluss\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Struga_(Fluss))

www.vebiro.de

Mitteilungen von Vattenfall Europe Mining AG

NGI (2008) führt etliche Beispiele insbesondere aus Skandinavien und aus anderen Ländern auf. Aus der dort enthaltenen Übersicht sind die Beispiele 4-6 entnommen, für die hier keine weiteren Informationen vorliegen. In Schweden hat sich das Projekt Stabcon mit den Verfahren beschäftigt.

www.stabcon.com

(5) *In-situ Stabilisierung von Hafensedimenten, Fredrikstad, Finnland*

Verfestigung von insgesamt 48.000 m³ Sedimenten durch Beimengung mit schnell aushärtendem Zement im Mischungsverhältnis 50 kg Zement / m³ Sediment.

(6) *Verfestigung von Baggergut mit Flugasche, Trondheim, Norwegen*

Zur Stabilisierung von kontaminiertem Baggergut wurde für ein Gesamtvolumen von 11.000 m³ Baggergut durch Zugabe von Zement und Flugasche die Deponierbarkeit ermöglicht. Durch die Stabilisierung konnte auch eine Reduzierung des Sickerwasserbildungspotentials und damit eine verbesserte Schadstoffeinbindung erreicht werden. Das verwendete Mischungsverhältnis betrug 120 kg Zement und 60 kg Flugasche / m³ Sediment.

(7) *Einsatz von Baggergut im Straßenbau, Niederlande*

In den Niederlanden wurde mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen belastetes Baggergut durch Verfestigung für den Einsatz im Straßenbau qualifiziert. Insgesamt wurden bei diesem Projekt 2.800 Tonnen von behandeltem Baggergut durch Zugabe von 250 kg

Zement / m³ eingesetzt. Geotechnische Anforderungen und ökologische Rahmenbedingungen wurden dabei nachgewiesen.

(8) *Trocknung, Immobilisierung und Konditionierung, Hafen Magdeburg*

Bei der Sanierung von Hafenbecken in Magdeburg wurden 30.000 m³ Sand mit Schluffanteilen ausgebaggert. Die Belastung mit Mineralölkohlenwasserstoffen und Schwermetallen erforderte eine gesonderte Behandlung. In einem ersten Schritt wurde auf Entwässerungsfeldern ein Trockensubstanzgehalt von >65 % erreicht. Für das kontaminierte Material waren diese mit einer Basisabdichtung und einer Überschussabwasserbehandlung ausgestattet. In einem zweiten Verfahrensschritt erfolgte eine Immobilisierung der Schadstoffe durch die Zugabe eines Zeolith-Ton-Gemisches. Abhängig von der Löslichkeit der Schwermetalle wurden bis zu 30 % Zuschlagstoff den Sedimenten beigemischt. Im abschließenden Behandlungsschritt der Konditionierung wurde dem Material Sand bzw. Recyclingmaterial zugefügt. Somit war eine Verwendung als Füllboden in einem anderen Bereich des Magdeburger Hafens bei der Herstellung einer Industriefläche möglich.

DWA, 2004

6.4 Thermische Behandlung

Technische Beschreibung

Thermische Verfahren zur Behandlung von Sedimenten können auf den Prozessen der Desorption, Oxidation oder Einbindung beruhen. Dadurch können Schadstoffe zerstört, ausgetrieben oder fest in die Produktmatrix eingebunden werden. Produkte können z.B. Ziegel-, Sinter- oder Glasprodukte sein.

Bei der thermischen Behandlung werden die Schadstoffe zerstört bzw. eingebunden und gleichzeitig ein Produkt hergestellt.

Rahmenbedingungen und Restriktionen

Grundsätzlich kann die Feinfraktion von Sedimenten als Ersatzstoff für Naturton eingesetzt werden. Dabei hat eine Vorbehandlung aus Korngrößenfraktionierung und Trocknung zu erfolgen. Erst im Anschluss kann ein thermisches Verfahren sinnvoll eingesetzt werden. Diese Voraussetzung erschwert die wirtschaftliche Umsetzbarkeit aufgrund der damit verbundenen Kosten.

Fallbeispiele

(9) *Ziegelherstellung, Hamburg*

Die Technologie zur Ziegelproduktion unter Verwendung von behandeltem Sedimentmaterial wurde durch die Hanseaten-Stein Ziegelei GmbH zur Anwendungsreife entwickelt. Eine thermische Behandlung von Sedimenten dient dazu, eine Einbindung des Feinkorns bei der Herstellung von Ziegeln oder Blähton-Pellets zu erreichen. Sedimente dienen bei dieser Methode als Ersatzstoff für Naturton. Schadstoffe werden durch den Brennvorgang bei Temperaturen um 1.100 °C in das kristalline Gefüge eingebunden und dort stabilisiert. Als Eingangsmaterial wurde in diesem Fall durch die METHA vorbehandeltes Material eingesetzt.

Bäätjer, Detzner, 1997

(10) Blähtonpellets

Der Einsatz von Sedimenten als Substitut von natürlichem Bimsstein wurde in den frühen 80er Jahren großtechnisch erprobt und zur Anwendungsreife gebracht. Dabei wurde ein blähtonähnlicher Leichtstoffzuschlag aus feinkörnigem Baggergut, speziellem Blähton und weiteren Additiven hergestellt. In einer Reihe von Versuchen gelang es, den geforderten bauphysikalischen Eigenschaften umweltverträglich zu entsprechen, allerdings war dafür ein hoher Kostenaufwand nötig.

Basierend auf diesen Überlegungen wurde das Verfahren 1998 von den Unternehmen BREWA-Umweltservice und Fibo Exclay zur Herstellung von schütffähigen Blähtonpellets aufgegriffen. Feinkörniges Sediment dient hierbei als Substitut für Naturton. Aufgrund der hohen Brenntemperatur von 1.250 °C werden organische Schadstoffe nahezu vollständig zerstört. Die Pellets sind als geotechnisches Füllmaterial oder als Zuschlagstoff bei der Herstellung von Leichtbeton geeignet.

Seit 2004 werden jährlich mehrere 1000 Tonnen in der METHA vorbehandelte Sedimente als Naturtonsubstitut verwendet. Die spezifischen Kosten für diese Behandlungskette einschließlich aller Betriebs- und betriebswirtschaftlichen Kosten liegen im vergleichbaren Rahmen der Kosten für die Deponierung des Baggergutes.

Bäätjer, Detzner; 1997

7 Verwertung nach Behandlung

Aufbereitetes / vorbehandeltes Sediment kann Eigenschaften aufweisen, die es für verschiedene Verwendungen geeignet machen. So können feinkörnige entwässerte Sedimente aufgrund ihrer geringen Wasserdurchlässigkeit und guten Formbarkeit als Dichtungs- oder Profilierungsmaterial eingesetzt werden.

7.1 Baustoff

Technische Beschreibung

Eine Verwertung von Baggergut nach Vorbehandlung unter Berücksichtigung der spezifischen Eigenschaften ist beispielsweise im Deich- oder Deponiebau möglich. Für den Deichbau wird in Küstenregionen und an Flüssen bindiges Bodenmaterial in großen Mengen benötigt. Üblicherweise kommt hier Klei aus natürlichen Vorkommen zum Einsatz. Diesem Bedarf steht das Erfordernis einer Schonung der Kleiressourcen entgegen.

Neben dem potentiellen Einsatz im Deichbau besteht die Möglichkeit des Einsatzes im Deponiebau. Durch entsprechende Vorbereitung und angepasste Einbautechnik ist es möglich, die hohen Anforderungen an eine mineralische Dichtungsschicht zu erfüllen.

Rahmenbedingungen und Restriktionen

Zu beachten sind die geltenden abfall- und bodenschutzrechtlichen Bestimmungen.

Die Möglichkeiten einer weitergehenden Verwertung sind für feinkörniges Baggergut bisher sehr begrenzt. Neben der Wirtschaftlichkeit setzt eine Verwertung von aus Baggergut gewonnenen Produkten eine entsprechende Marktakzeptanz voraus. Oft findet die Wirtschaftlichkeit einer Verwertung ihre Grenzen in den erforderlichen Transportaufwendungen.

Fallbeispiele

(1) *Einsatz von Baggergut im Deichbau*

Aufgrund seiner geringen Durchlässigkeit und hohen Erosionsstabilität ist aus bodenmechanischer Sicht Baggergut eine Alternative zum Einsatz von Klei im Deichbau. Im Baggergut vorhandene Schadstoffe können eine Einschränkung darstellen, schließen den Einsatz aber nicht per se aus. Schadstoffemissionen sind zwar grundsätzlich über verschiedene Pfade möglich, in der Praxis kommen aber nur wenige in Betracht. Feinkörniges Baggergut ist sehr wasserundurchlässig und verfügt über ein hohes Schadstoffbindungspotential. Die Gefahr von Auswaschungen ist als gering einzustufen.

Aufbereitetes Baggergut als Kleiersatzmaterial im Deichbau einzusetzen, kann daher eine ökonomische und ökologische Alternative zu natürlichem Klei darstellen. Dabei muss ein wirkungsvoller Schutz des inneren Sandkerns gegen Wellenschlag und Erosion gewährleistet werden. Ferner dient das Baumaterial der Minimierung der Durchsickerung und soll ein Substrat für eine möglichst dichte Grasnarbe darstellen.

Beispiele im Versuchsmaßstab für den Einsatz von Baggergut im Deichbau gibt es in Hamburg und Bremen (Ellerholzkanal, Drewer Hauptdeich, CT4 Bremerhaven). In Hamburg wird ein Forschungsprojekt „Einsatz von METHA-Material als Baustoff“ durchgeführt.



Abb. 7.1: Einbau eines Testfeldes im Böschungsbereich bei Tideniedrigwasser in Hamburg

Das Projekt DredgDikes, das von der Universität Rostock und der Technischen Universität Danzig ins Leben gerufen wurde, dient der Erforschung der Verwendbarkeit von Baggergut im Deichbau. Es betrifft den Einsatz in der südlichen Ostseeregion unter Nutzung von Geokunststoffen und Bodenverbesserungstechnologien.

HTG / Fachausschuss Baggergut, 2006
www.dredgdikes.eu

(2) Einsatz von Baggergut in Deponien, Hamburg

Auf den Schlickdeponien Francop und Feldhofs in Hamburg wird aufbereitetes Baggergut als Dichtungsschicht eingesetzt. Eine besondere Einbauart ist notwendig, um eine hohe Verdichtung und damit die geforderte Solldurchlässigkeit zu erreichen.

Nach Abschluss eines mehrjährigen Verfahrens hat METHA-Material 2008 einen deutschlandweiten Eignungsnachweis als mineralischer Dichtungsbaustoff für die Oberflächenabdichtung von Deponien erhalten. Der „Abfalltechnische Ausschuss“ der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall hat in einem umfangreichen Prüfverfahren festgestellt, dass das in der METHA produzierte Material zur Herstellung von mineralischen Dichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien geeignet ist.

Bei dem Baustoff handelt es sich um ein Material natürlicher Herkunft, das hinsichtlich stofflicher Zusammensetzung, bodenmechanischer Eigenschaften und chemischem Milieu seit Jahrzehnten gut untersucht und bekannt ist. Nach der Eignungsfeststellung steht ein Industrieprodukt auf der Basis eines natürlichen Ausgangsmaterials zur Verfügung, das in einer einstellbaren Qualität mit den bei Naturprodukten üblichen Schwankungen gefertigt werden kann.

(3) Einsatz von Baggergut im Deponiebau in Mecklenburg-Vorpommern

In der IAA Rostock aufbereitetes Baggergut wird bei der Rekultivierung von Deponien in Mecklenburg-Vorpommern eingesetzt. Seit 1999 wurden auf 14 Deponiestandorten ca. 800.000 t aufbereitetes Nassbaggergut im Rahmen der Stilllegung vorrangig bei der Herstellung von Rekultivierungsschichten, aber auch in Ausgleichsschichten erfolgreich eingebaut. Eine Überprüfung der Funktionsfähigkeit der hergestellten Rekultivierungsschichten 2010/11 an 4 Beispielsstandorten zeigte keinerlei Mängel; die Anforderungen der Deponieverordnung werden eingehalten. Die Standorte sind alle intensiv begrünt, es besteht keine Erosionsgefahr und es erfolgt praktisch kaum Sickerwasseranfall aus der Rekultivierungsschicht.

HTG / Fachausschuss Baggergut, 2006

7.2 Bergbaufolge- und Landschaftsbau

Technische Beschreibung

Im Landschaftsbau sind Verwertungsmöglichkeiten im Hochwasser- und Küstenschutz aufgrund der räumlichen Nähe sinnvoll. Große Mengen können ggf. als Rekultivierungsmaterial, als Füllboden für Abgrabungen bzw. für Bergbaufolgelandschaftsbau (aus Braunkohletagebau) unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht genutzt werden. Diese Möglichkeit betrifft aufgrund gesetzlicher Regelungen nur nicht oder geringer belastetes Baggergut. Aufgrund der besonderen Eigenschaften von Baggergut (z.B. Eigendichtigkeit) sollten hier die Einsatzmöglichkeiten von Baggergut im Einzelfall geprüft werden.

Rahmenbedingungen und Restriktionen

Die Nutzung von Baggergut im Landschaftsbau erfolgt auf Grundlage des Bundesbodenschutzrechts, Belange des Naturschutzes sind zu berücksichtigen.

Die Verfüllung von Abgrabungen erfolgt meist auf der Grundlage von Sonderbetriebsplänen (Bundesberggesetz); die LAGA-Mitteilung 20, Technische Regeln Boden (neu 2004) kann zur Beurteilung heran gezogen werden.

Bei einem Vorhaben, eine Bergbaufolgelandschaft durch den Einsatz von Baggergut zu rekultivieren, sind spezielle Zulassungen erforderlich.

Fallbeispiele

(1) GaLa-Bau Barnstorfer Wald

Hier wurde auf einigen Hektar in der IAA Rostock aufbereitetes Baggergut eingesetzt.

Bär, 2011

8 Beseitigung nach Behandlung

8.1 Deponierung an Land

Technische Beschreibung

Die gesicherte Ablagerung von schadstoffbelasteten Sedimenten kann in vorhandenen Deponien zusammen mit anderen Abfällen oder auch in speziellen Monodeponien erfolgen. Damit sollen die von den Sedimenten ausgehenden potenziellen Umweltauswirkungen minimiert werden. Diese Deponien sind mit Vorkehrungen wie Dichtungen, Dränagen, Abdeckschichten, etc. zu versehen. Aufgrund des Schadpotentials sind Monitoring der Anlage und ggf. Nachsorge erforderlich.

Aufgrund des Wassergehaltes des gebaggerten Sediments ist in aller Regel eine vorherige Behandlung des Baggerguts erforderlich. Dabei handelt es sich in erster Linie um eine Entwässerung, ggf. ist auch die Abtrennung von Grobmaterial sowie Trennung in Sand und Feinmaterial sinnvoll bzw. erforderlich.

Mit der Zeit erfolgt in der Deponie eine weitere Kompaktierung des Materials, so dass infolge der steigenden Dichtigkeit des Materials eine Durchsickerung kaum noch stattfindet. Das Deponat Baggergut führt selbst zu einer (zunehmenden) Sicherheit der Anlage bezüglich der wassergebundenen Schadstofffreisetzung.

Die Entscheidung, eine eigene Deponie zu errichten oder eine vorhandene zu nutzen, hängt von den konkreten Bedingungen ab. Dabei zu betrachtende Fragen sind u.a., um welche Mengen über welche Zeiträume es sich handelt, ob Deponien in wirtschaftlicher Entfernung vorhanden sind, wie die Vorbehandlung erfolgen kann und ob eine vorhandene Deponie für die Annahme von Sedimenten zugelassen ist.

Infolge der Vorbehandlung sowie der Sicherungsmaßnahmen ist die Landablagerung von Baggergut in Deponien im Allgemeinen deutlich aufwendiger als die subaquatische Ablagerung. Bei Mono-Deponien mit einer Größenordnung vergleichbar denen in Hamburg oder Bremen sollte von Kosten in der Größenordnung von 30 € pro m³ in situ Sediment ausgegangen werden. Bei geringeren Mengen oder größeren Transportentfernungen sind diese Kosten erheblich größer (>> 50 €/m³). Hinzu kommen die Kosten für die Vorbehandlung und Sedimententnahme.

Rahmenbedingungen und Restriktionen

Werden belastete Sedimente oberirdisch gesichert in Deponien abgelagert, handelt es sich um eine Beseitigungsanlage gemäß Abfallrecht, die entsprechenden fachlich-rechtlichen Anforderungen sind anzuwenden. Europaweit gilt die EU-Richtlinie über Abfalldeponien (99/31/EG) in Verbindung mit der Ratsentscheidung zur Festlegung von Kriterien und Verfahren für die Annahme von Abfällen auf Abfalldeponien (2003/33/EG). Das EU-Recht wird in Deutschland durch die Deponieverordnung umgesetzt.

Die Verordnung definiert in Abhängigkeit von physikalischen und chemischen Parametern Kriterien für die Zuordnung in unterschiedliche Deponieklassen. In Abhängigkeit von der Deponiekategorie hat sowohl der Deponiestandort als auch das Basis- und das Oberflächenabdichtungssystem in den Regelwerken vorgegebenen technischen Mindestanforderungen zu genügen.

Bei der Beseitigung in Deponien, die für verschiedene Abfallarten zugelassen ist, muss der Abfallschlüssel für Baggergut zu diesen gehören.

Fallbeispiele

(1) Baggergutdeponie Francop

Sowohl in Hamburg wie in Bremen werden Monodeponien für vorbehandeltes Baggergut betrieben. Die Deponien „Francop“ und „Feldhofs“ werden auf Flächen errichtet, die vorher Spülfelder waren. Im Endzustand erreichen sie Höhen von fast 40 m über NN. Die Aufnahmekapazität beträgt jeweils mehrere Millionen m³, die Einbauzeit beträgt 20-30 Jahre.

Die beiden Deponien werden über Altspülfeldern errichtet, die damit gleichzeitig saniert werden. Der Einbau des in der METHA vorbehandelten Baggerguts erfolgt lagenweise in Schichten. Dazwischen sorgen Dränschichten aus Sand zum Abfließen des ausgepressten Porenwasser. Die Deponien werden mit unbelastetem Boden abgedeckt und sollen nach Verfüllung als Naherholungsgebiete genutzt werden.

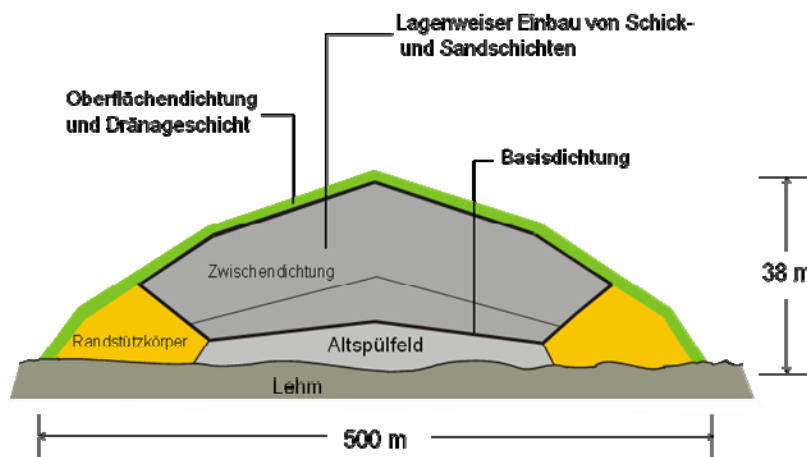


Abb. 8.2: Schematischer Aufbau (oben) und Luftbild der Deponie Francop aus dem Jahr 2007 mit bereits fertig gestellten Bereichen (unten)

(2) Unterhaltungsbaggerung Schutzhafen Wittenberg

Die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost verfügt an der Elbe über ca. 27 Bundeshäfen, darunter 9 Schutzhäfen. Diese müssen in regelmäßigen Abständen ausgebaggert werden. Dabei fallen auch feinkörnige und zum Teil schadstoffbelastete Sedimente als Baggergut an.

Im Schutzhafen Wittenberg (Elbe-km 216,5) des Wasser- und Schifffahrtsamtes Dresden waren 2011 im Rahmen von Unterhaltungsbaggerungen auch 23.000 t feinkörnige und stark mit Cadmium belastete Sedimente (Schluffmudden) zu entnehmen, die als gefährlicher Abfall eingestuft werden mussten.

Die belasteten Mudden wurden ausschließlich auf dem Wasserweg ca. 120 Wasserstraßen-km zu einer für gefährlichen Abfall zugelassenen Deponie bei Magdeburg transportiert, entwässert und dort entsorgt.

Die Gesamtkosten pro Tonne Baggergut betragen etwa 65 €.

9 Andere Verfahren

9.1 Hafenbeckenverfüllung

Technische Beschreibung

Durch die Verfüllung von Hafenbecken mit Sedimenten können nicht mehr genutzte Hafenbereiche zu vollwertigen Landflächen umfunktioniert werden. Dazu werden die im Gewässer befindlichen Sedimente an Ort und Stelle belassen bzw. werden – ggf. auch vorbehandelte – Sedimente eingebaut. In der Regel erfolgt eine Abdeckung mit Sand bis zum endgültigen Geländeniveau. Die Standsicherheit kann durch zusätzlich aufzubringende Sandschichten in dünnen Lagen oder Vertikaldrains zur Beschleunigung des Setzungsverhaltens erreicht werden. Bisher durchgeführte Bauvorhaben führten über einen Wissens- und Erfahrungsgewinn zu prognostizierbaren und beherrschbaren Bauabläufen (HTG, 2006).

Rahmenbedingungen und Restriktionen

Bei der Verwendung von Sedimenten als Einbaumaterial sind v.a. die Bestimmungen des Abfall-, Wasserhaushalts- und Bodenschutzrechts zu berücksichtigen.

Fallbeispiele

(1) Rodewischhafen, Hamburg

Der Rodewischhafen war ein ehemaliger Binnenschiffshafen im Hamburger Hafen, der anfangs nur als Zwischenlager für Baggergut vorgesehen war, später aber aufgrund des steigenden Landflächenbedarfs für eine hafenwirtschaftliche Nutzung vollständig verfüllt wurde. Insgesamt wurden 300.000 m³ schadstoffbelastetes Sediment aus Unterhaltungsbaggerungen eingebaut.

Um die Standsicherheit der Fläche zu gewährleisten, wurde eine Sandschicht aufgebracht, von der aus Vertikaldrainagen zur beschleunigten Entwässerung der eingelagerten Sedimente eingebracht wurden. In der folgenden Phase wurde eine Schicht aus Mischboden/Feinsand, insgesamt 90.000 m³, verbaut. Abschließend wurde die Konstruktion mit einer Sandschicht überzogen und die eintretende Setzung überwacht. Die Ausbauhöhe vor Primärsetzung betrug NN +8,80 m; nach Abklingen reduzierte sich diese Höhe auf NN 7,50 m. Abbildung 8.1 veranschaulicht das Konstruktionsprinzip.

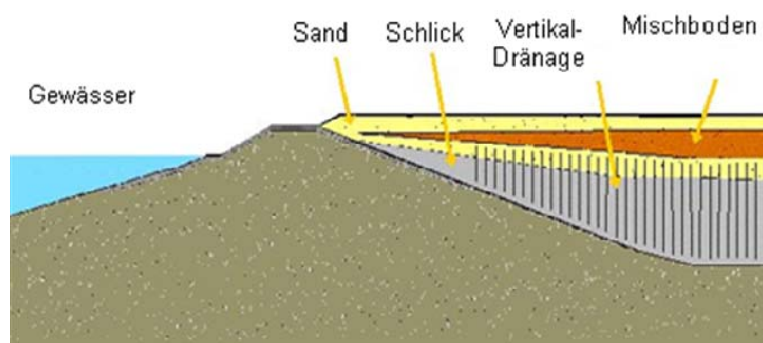


Abb. 9.1: Prinzipdarstellung Flächenaufhöhung Rodewischhafen (Werner et al., 1997)

(2) Verfüllung Vorwerker Hafen mittels Vakuum-Konsolidierung, Lübeck

Aufgrund steigenden Bedarfs an Landflächen für Logistik und Verkehr wurde im Lübecker Hafen eine Teilverfüllung eines Hafenbeckens mit relativ flüssigem Schlick durchgeführt. Um eine möglichst kurze Verdichtungszeit zu erreichen, wurde ein spezielles Bodenverdichtungsprinzip angewendet. Zur Beschleunigung der Entwässerung wurde das bereits verfüllte Hafenbecken mit Vertikaldränagen an der Oberfläche abgedichtet und mit einer Auffüllung versehen. Über horizontale Dräns und eine Pumpstation konnte anschließend eine effiziente Entwässerung des Bodenkörpers durchgeführt werden.

Anonym, 1996

9.2 Direkte Verwertung an Land

Technische Beschreibung

Die direkte Verwertung von Sedimenten an Land ohne Vorbehandlung wird hier der Vollständigkeit halber aufgeführt. Grundsätzlich kann in Abhängigkeit vom Zweck das gesamte Korngrößenspektrum einer direkten Verwendung bzw. Verwertung zugeführt werden. Kies und Sand stellen die am besten einzusetzenden Fraktionen dar, eine direkte Verwertung ist z.B. bei der Landgewinnung, als Baustoff, Austauschboden, zur Bodenverbesserung, zur Ufersicherung etc. möglich.

Gleichfalls können feinkörnige Sedimente für eine direkte Verwertung an Land geeignet sein. Sofern sie eine hohe Konsolidierung aufweisen, ist ein Einsatz zu konstruktiven Zwecken möglich. Da Sedimente in der Regel eher in flüssiger Form vorliegen, kommt eine Eignung eher als Bodenverbesserungsmaterial in der Landwirtschaft, im Landbau auch zur Schaffung von Habitaten infrage.

Rahmenbedingungen und Restriktionen

Sofern die Sedimente nicht unter speziellen gekapselten Bedingungen eingesetzt werden, sind ausschließlich unbelastete Sedimente geeignet. In der Regel kommen dann das Bodenschutzrecht sowie das Naturschutzrecht zur Anwendung.

Bär, 2011

10 Talsperren und Staustufen

Talsperren und Staustufen sind künstliche Hindernisse im Fluss, die den natürlichen Geschiebe- und Schwebstofftransport unterbrechen. Aufgrund der veränderten Fließgeschwindigkeit kommt es im Stauraum zu einem erhöhten Sedimentanfall, der den Betrieb und die Unterhaltung von Stauanlagen beeinträchtigen kann. Das ist im Allgemeinen ein ungewünschter Nebeneffekt für die Hauptfunktion der Anlage. Dieser Effekt kann dennoch im Rahmen des Flussgebiets-Sedimentmanagements positiv wirken, indem der flussabwärts gerichtete Schadstofftransfer unterbunden wird.

Fallbeispiele

(1) *Muldestausee*

Der Muldestausee ist ein künstliches, durch gezielte Flutung eines stillgelegten Tagebaus bei Bitterfeld in Sachsen-Anhalt entstandenes Gewässer. Aus Gründen der Wasserhaltung war es notwendig, den Flusslauf der Mulde umzulegen. Der Tagebau wurde mit einem Einlaufbauwerk und einer Staumauer versehen und so der Muldestausee geschaffen. Seine Länge beträgt ca. 9 km, die größte Tiefe 35 m, die Wasserfläche 600 ha; damit verfügt der See über ein Speichervolumen von etwa 120 Mio. m³. Der Muldestausee kann bei Hochwasser zeitweise 15 Mio. m³ zurückhalten. Es handelt sich im eigentlichen Sinne um einen Flussstau.

Hinsichtlich des Sedimentrückhalts hat der Muldestausee eine durch Untersuchungen nachgewiesene Rolle. Die Fließgeschwindigkeit der Mulde wird im Stausee auf nahezu 0 m/s reduziert. In Abhängigkeit von Durchfluss und Hydrodynamik (Anzahl- und Intensität der Hochwässer) verbleiben bei jährlichen Schwebstoffmengen bis 870.000 t (ohne Geschiebe) durchschnittlich 70-90 % des von der Mulde transportierten Schwebstoffs im Muldestausee. Das Fehlen dieser Feststoffe führt zu einer stärkeren Eintiefung des Flussbettes der unteren Mulde.

Gemessen an der Elbe liegt die Schadstofffracht der Mulde und die Rückhaltung dieser Stoffe im Muldestausee bei einigen Elementen deutlich über 10 %, dem Anteil des Muldeinzugsgebietes an der Wasserführung der Elbe. Von den untersuchten Schwermetallen werden erhebliche Mengen im Stausee zurückgehalten, z. B. durchschnittlich 19 t/a Arsen (= 52 % der eingetragenen Menge), 4,1 t/a Cadmium (72 %), 12 t/a Chrom (71 %), 35 t/a Blei (84 %) und 192 t/a Zink (50 %). Ohne die rückhaltende Wirkung des Muldestausees wäre die Belastung der unteren Elbe bei Arsen um 19 bis 39 %, bei Cadmium um 60 bis 121 % und bei Blei um 39 bis 91 % höher gewesen. Der Bitterfelder Muldestausee stellt daher für das Einzugsgebiet der Elbe eine bedeutende Schadstoffsенке dar. Die schadstoffhaltigen Schlämme werden im Muldestausee langfristig dem Stoffhaushalt entzogen und damit nachhaltig eliminiert.

Eine aktive Sedimentbewirtschaftung wird nicht betrieben.

(2) *Geschiebemanagement auf der Saale*

Der Außenbezirk Bernburg des WSA Magdeburg ist auf 71 km Strecke mit 5 Staustufen einschließlich Wehrsaalen und Altarmen für die Verkehrssicherungspflicht auf der unteren Saale zuständig. Der Geschiebetransport wird durch die Staustufen unterbunden. Im Rahmen der

Verkehrssicherungspflicht werden im Regiebetrieb Sedimentablagerungen auf der Strecke an Untiefen entfernt (Unterhaltungsbaggerei). Die Untiefen stellen sich insbesondere nach dem Abfließen von Hochwasser immer wieder ein.

In der Unterhaltungsbaggerei ist zu unterscheiden zwischen:

1. Baggerungen an der Strecke von grobkörnigen Kiesanteilen zwischen Saale-km 0 und 71,00

In der Vergangenheit wurde der Kies in der Saale an tiefen Stellen umgelagert. Dies kann im anschließenden Flussbereich zu neuen Untiefen führen. Bei mangelnder Umlagerungskapazität im wirtschaftlichen Umkreis der Untiefe wird der Kies aus der Saale entnommen und der freien Wirtschaft zum Selbstkostenpreis zur Verfügung gestellt.

2. Baggerungen von feinkörnigen, kohäsiven Sedimenten mit hoher Schadstoffbelastung in Schleusenvorhöfen oder ruhigen Streckenbereichen der Saale

Die gebaggerten Sedimente wurden bisher an der Deponie Lochau oder im Salzwerk Bernburg entsorgt.

3. Beräumung von Felsflächen mit Felsblöcken und Steinen, z.B. in der Schleuse Bernburg, SI-km 13,00-15,00

Die beräumten Felsen oder Steine werden je nach Größenordnung entnommen und umgelagert oder weiter zur Ufersicherung verwendet.

Nach dem Hochwasser vom Januar 2011 hatten sich im Wendebereich bei Alsleben am SI-km 50,7-51,0 die Peiltiefen durch Kiesablagerungen auf kleiner 1,00 m verringert. Da die Fahrgastschiffahrt massiv behindert wurde, war der Außenbezirk Bernburg im Rahmen der Verkehrssicherungspflicht gehalten, im Bereich des Fahrinnenkastens Baggerungen durchzuführen. Insbesondere war das Anfahren des Anlegers nicht möglich, und die Wendestelle für die Schifffahrt konnte nicht genutzt werden. Laut Peilung wurden für die Baggerung rund 11.000 m³ veranschlagt. Bei der Durchführung der Baggerung wurden zunächst die in einem wirtschaftlichen Umkreis verfügbaren Umlagerungsstellen genutzt. Nach Peilung der Klappstellen wurde festgestellt, dass der Kies durch die Strömung weitertransportiert wurde und neue Baggerstellen verursachte. Deshalb wurde das Material von der Baggerstelle in Alsleben auf eine Ablagerungsfläche („Kringel“) am SI-km 52, links, verbracht. In der Vergangenheit wurde der Kies von hier durch ansässige Firmen zur weiteren Verwendung abgeholt. Diesmal konnte zeitnah kein Abnehmer für den Kies gefunden werden, da die Absatzmöglichkeiten zurzeit beschränkt sind und die weitere Aufarbeitung durch Fremdstoffe zu aufwendig ist. Die Ablagerungsfläche muss jedoch für operative Zwecke schnell wieder frei geräumt werden. Deshalb erfolgte eine Preisabfrage an interessierte Firmen für das Abholen inkl. Verladung von 7.500 t Rohkies. Es kam eine Firma zum Zuge, deren Angebot bei 1 €/Tonne lag. Nach grobem Überschlag betragen damit die Gesamtkosten für das Baggergut einschließlich der Teilentsorgung etwa 20 €/t. In diesen Preis gehen zum Teil weitere Schleppwege und kleinere Unterbrechungen ein.

(3) *Unterhaltung der Staustufe Iffezheim, Rhein*

Die Jahresschwebstofffracht des Rheins beträgt bei Iffezheim rund 1,5 Mio. Tonnen. Anhand von Schwebstoffmessungen kann davon ausgegangen werden, dass der südliche Oberrhein durch Sedimentation in Ruhewasserzonen mindestens 300.000 Tonnen seiner Suspensionsfracht innerhalb der Staustufenkette zwischen Basel und Iffezheim verliert. Über Baggerstatistiken u.a. kann gefolgert werden, dass der weit überwiegende Teil sich in den beiden letzten Staustufen Gamsheim und Iffezheim absetzt, wobei der Hauptanteil im

Wehrkanal in Iffezheim zur Ablagerung kommt. Die Baggervolumina, die dort im langjährigen Mittel angefallen sind, entsprechen fast zwei Dritteln der gesamten Baggervolumina in den zehn Staustufen des Oberrheins.

In der Vergangenheit wurden die gebaggerten Sedimente zunächst zum Bau einer Leit-/Trennmole im Oberwasser verwendet, die die Anströmungssituation des Wehres verbessern und damit dem Sedimentationsverhalten entgegenwirken sollte und praktisch die Funktion eines Spülfelds hatte. Da es trotzdem nur zu wenig verminderten Ablagerungen kam und die Anlandungen zu Verletzungen des vertraglich mit Frankreich vereinbarten Freibords führten, wurde mit dem danach anfallenden Baggergut eine Leitmole im Unterwasser errichtet. Mittlerweile sind die Aufnahmekapazitäten beider Molen jedoch erschöpft. Der Versuch einer Verspülung in die frei fließende Welle im Jahr 2005 musste wegen Überschreitung der zulässigen Werte für Hexachlorbenzol letztlich abgebrochen werden.

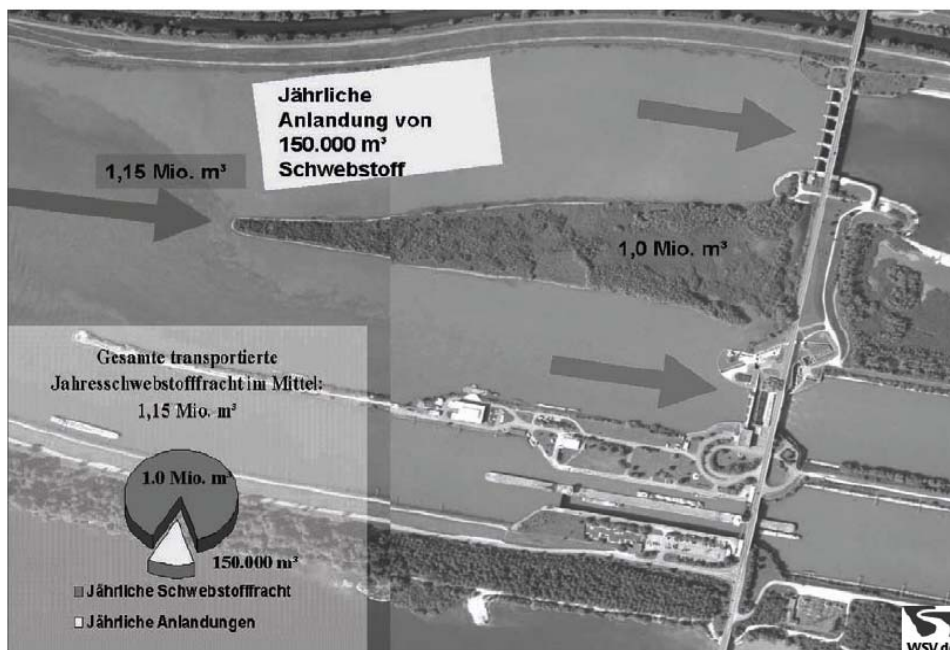


Abb. 10.1: Draufsicht auf die Staustufe Iffezheim mit Wehr-, Kraftwerks- und Schleusenkanal; Verteilung der Schwebstoffströme und prinzipielle Lage der Schwebstoffanlandung im Wehrkanal (aus VOGEL, 2011)

Die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) hat in ihrem „Sedimentmanagementplan Rhein“ festgelegt, dass die Grenze für relevante Sedimentbelastungen bei einem Überschreiten des 4-fachen Wertes der IKSR-Zielvorgabe liegt. Für HCB wurde diese Grenze bei 160 µg/kg TS festgelegt.

HCB ist der für das Sedimentmanagement mit Abstand bedeutendste Schadstoff im Oberrheingebiet und wurde ab den siebziger Jahren bis Anfang der neunziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts in Rheinfeldern in erheblichen Mengen in den Rhein eingeleitet. Die Kontaminationen der Schwebstoffe sind nach dem Abstellen der Einleitung nicht im erwarteten Umfang zurückgegangen. Remobilisierungen aus höher belasteten Altsedimenten dürften in diesem Zusammenhang eine wesentliche Rolle spielen.

Die HCB-Konzentrationen im Sediment lagen bei der Beprobung im Jahr 2009 im Mittel mit 207 µg/kg TS deutlich über den 60 µg/kg TS im Schwebstoff, die derzeit nach der HABAB-WSV das chemische Ausschlusskriterium für Umlagerungsmaßnahmen am Oberrhein darstellen. Gemäß LAGA konnten die Sedimente der Zuordnungsklasse Z1.1 zugewiesen werden. Aufgrund der stofflichen Eignung steht einer Verwendung des Materials im offenen Einbau (z. B. Ober- und Unterbau von Straßen, Wegen, Gebäuden), unterhalb der

durchwurzelbaren Bodenschicht von Erdbaumaßnahmen oder im Unterbau von Sportanlagen nichts im Weg.

Im Bereich der Staustufe ist der extreme Verlandungszustand mittlerweile praktisch erreicht, ohne dass sich ein Gleichgewichtszustand eingestellt hätte. Eine Baggerung in 2011 ist unvermeidbar, um die Sicherheit der Rheinseitendämme gewährleisten zu können. Da eine Verspülung aufgrund der Schadstoffbelastung weiterhin ausscheidet, kommt nur die Entnahme des Baggerguts aus dem Fluss in Frage. Es kann von Kosten in Höhe von ca. 30 Euro/m³ für Baggern, Transport und Verwertung in den Niederlanden, wo ein Einbau des Materials in Rekultivierungsstätten rechtlich möglich ist, ausgegangen werden. Es ist mindestens eine Jahresablagerungsfracht in Höhe von rund 150.000 m³ zu entnehmen, was Kosten in Höhe von rund 4,5 Mio. EUR als untere Grenze verursachen wird.

Angesichts dieser immensen Kosten, die sich mutmaßlich jährlich wiederholen werden, ist es Ziel des WSA Freiburg, die Anlandungstendenzen im Wehrkanal Iffezheim weiter zu verringern und im Idealzustand ein morphodynamisches Gleichgewicht zu erreichen.

Die Entstehungsmechanismen von Schwebstoffanlandungen in Flusstaustrufen können auf die folgenden grundsätzlichen Ursachen zurückgeführt werden:

- Entstehung von großräumigen Wirbeln durch Energieaustausch über die Trennschicht zwischen Hauptströmung und Stillwasserbereich
- Veränderung des durchströmten Fließquerschnitts: Querschnittserweiterungen führen zu Verringerungen der Fließgeschwindigkeiten und in Abhängigkeit der Geometrie evtl. zu Ablösezonen
- Veränderung des Fließgefälles: Die Aufstauwirkung und damit Abflachung des Wasserspiegellagengefälles bewirkt Verringerungen der Fließgeschwindigkeiten.

Ein nahe liegendes Ziel ist daher, durch bauliche Maßnahmen – ggf. ergänzt durch eine optimierte Wehrsteuerung – die hydraulischen Gegebenheiten so zu verändern, dass die Anlandungstendenzen verringert oder bestenfalls verhindert werden.

nach Vogel, 2011
Huber, Kempmann; 2007

(4) *Sedimentberäumung der Vorsperre Oehna (Talsperre Bautzen)*

Eine Vorsperre erfüllt die Aufgabe, mit dem Fluss mitgeführte Verunreinigungen, wie z.B. Treibgut, Sedimente, aber auch Öl, vor einer Talsperre abzutrennen. Dies ist insbesondere bei Anlagen zur Trinkwasserversorgung von Bedeutung.

Das Vorsperre Oehna in Sachsen musste freigebagert werden, nachdem die Sedimentation der Spree ihren Stauraum um ca. 216.000 m³ vermindert hatte. Ein Abpumpen des Materials schied wegen der steilen Talflanken aus. Der Wasserspiegel im See war abzusenken, das Sediment trocken auf der Sohle aufzunehmen und per LKW abzutransportieren. Dazu wurde eine Baustraße auf der Oberfläche der ehemaligen Flussaue errichtet. Diese musste bis zu 4 m tief gegründet werden, wobei unbelasteter Bauschutt sowie Granitbruch zum Einsatz kamen.

Aufgrund der hohen Schadstoffbelastung der Sedimente war es nicht möglich, eine Genehmigung zwecks Verwendung bzw. Verwertung des Materials zu erlangen. Als einzige Möglichkeit blieb die Deponierung. Zu diesem Zweck wurde in einem benachbarten gefluteten Steinbruch der Wasserspiegel abgesenkt und der freiwerdende Raum als Monodeponie hergerichtet. Hier konnten 176.000 m³ untergebracht werden. Zur Einbringung des Materials wurde eine Kippstelle eingerichtet. Aufgrund der geotechnischen Beschaffenheit der Sedimente stellte sich eine gleichmäßige Verteilung im Steinbruch von selbst ein, so dass keine weiteren Maßnahmen notwendig waren.

Eine alternative Entsorgung auf entsprechenden bestehenden Deponien schied aufgrund der großen Menge aus.



Schürfkübelbagger

*Einlagerung in den
Steinbruch*



Abb. 10.2: Entlandung der Vorsperre Oehna und Einlagerung des entnommenen Sediments in den Steinbruch (Landestalsperrenverwaltung Sachsen)

Da nach Verfüllung der Kiesgrube weiterer Bedarf an Ablagerungsflächen bestand, identifizierte man zusätzlich eine etwa 30 km entfernten Lehmgrube, in der die Unterbringung von 40.000 m³ erfolgte. Der Landrat genehmigte die Verfüllung und Sicherung dieser Lehmgrube auch vor dem Hintergrund, der dort stattfindenden illegalen Müllablagerung entgegenzuwirken. Der Einbau erfolgte analog dem Einbau in den Steinbruch.

Beide Standorte erhielten nach Beendigung der Beschickung eine Oberflächenabdeckung nach Stand der Technik. Besondere Anforderungen stellten die Transportketten bei diesem Unterfangen dar. Die Maßnahme konnte innerhalb von 3 Monaten abgeschlossen werden.

Fritze, Tölzer, 2002

(5) Entlandung der Vorsperre Malter, Dippoldiswalde

Die Talsperre Malter nördlich von Dippoldiswalde bei Dresden staut die Rote Weißeritz. Die Vorsperre verfügt über einen Stauraum von 140.000 m³. Aufgrund von erheblichen Verlandungen war im Jahr 1992 eine Beräumung notwendig. Davor fand letztmalig eine Teilberäumung im Jahr 1985 statt.

Durch eine Vorerkundung wurde die zu beräumende Sedimentmenge zu 51.000 m³ ermittelt, dabei lagen Schichtmächtigkeiten von bis zu 3,5 m vor. Das Sediment bestand vorwiegend aus Sand und Schluff mit einem Gehalt an organischer Trockensubstanz von im Mittel 16 %. Erschwerend kam eine erhöhte Schadstoffbelastung hinzu. Als problematisch wurden die Parameter Arsen (Maximum 390 mg/kg, Mittelwert 161 mg/kg) und Cadmium (Maximum 49 mg/kg, Mittelwert 13 mg/kg). Weiterhin wurde Quecksilber im Eluat gemessen (Maximum 0,013 mg/l, Mittelwert 0,006 mg/l). Die festgestellten Schadstoffgehalte führten zu einer Zuordnung zur Deponieklasse II nach damals gültiger TA Siedlungsabfall.

Für die Ablagerung der Sedimente wurde die 25 km entfernte, stillgelegte Industrielle Absetzanlage Bielatal im Osterzgebirge vorgesehen. Noch in den 80er Jahren wurden in diese Spülhalde Rückstände, die bei der Aufbereitung von Zinnerz anfallen, eingebracht. Alle

Versuche, die Haldenoberfläche zu begrünen, waren bis dahin wenig erfolgreich. Bei Trockenheit und Wind kam es immer wieder zu immenser Staubentwicklung.

Das mit organischer Substanz angereicherte Material sollte die Begrünung fördern. Da im Bereich der Spülhalde im Vergleich zum Baggergut aus der Vorsperre deutlich höhere Arsengehalte vorlagen, konnte dem Verschlechterungsverbot genügt werden.

Die Entlandung der Talsperre erfolgte durch trockenen Aushub bei vollständiger Absenkung. Grobe Sedimente wurden zur Aufschüttung eines Baustraßendamms zur Einfahrt in den Stauraum sowie zum bauzeitlichen Hochwasserschutz verwendet. Die Entwässerung der feinen Sedimente dauerte länger als erwartet, die zur Entwässerung angelegten Gräben zeigten keine entscheidende Wirkung.



Abb. 10.3: Entlandung der Vorsperre Malter, Dippoldiswalde

Eine weitere Beräumung war in den folgenden Jahren u.a. beschleunigt durch das Hochwasserereignis 2002 notwendig. Hier konnten die gebaggerten Sedimente zur Zwecke der Deponieabdeckung eingesetzt werden.

Brauer, 2004

(6) Entlandung der Vorsperre Gottleuba, Dippoldiswalde

An der Vorsperre Gottleuba kommt es insbesondere im Spätsommer und im Herbst zu erhöhten Manganausträgen, die problematisch für die Trinkwasseraufbereitung sind. Es konnte ein Zusammenhang dieser Austräge u.a. mit diffuser Freisetzung aus den abgelagerten Weichsedimenten festgestellt werden. Daher empfiehlt sich eine regelmäßige Beräumung der Frischsedimente. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten war dies nur im Trockenaushub möglich. Insbesondere bei Trinkwassertalsperren kann dieses Verfahren allerdings zu Schwierigkeiten führen, da durch den Grundablass der Vorsperren Trüb- und Schadstoffe in die Hauptsperre gelangen können.

Zur Lösung dieses Konflikts entschied man sich für die Errichtung einer Sedimentsperre als durch- und überströmbaren Schüttdamm aus Stein. Dadurch wurde ein ca. 4.700 m³ großer Sedimentationsraum geschaffen, der als Sedimentfalle dient und eine gezielte Räumung ermöglicht. Über einen zusätzlich installierten Betriebsauslass kann das Wasser bis auf Höhe der Sedimentsperre abgelassen werden, ohne dass es zum Abzug von manganbelastetem Tiefenwasser und Sedimenten aus der Vorsperre kommt. Zusätzlich wurde ein Graben zu Umleitung der Gottleuba errichtet, mit dessen Hilfe während Entladungsarbeiten das abfließende Wasser von den trocknenden Sedimenten ferngehalten

werden soll, denn für die Unterhaltungsmaßnahmen durch Trockenbaggerung ist eine vorherige Entwässerungszeit einzuplanen.

Bei Durchführung der beschriebenen Maßnahme und Erstinstallation von Steindamm und Umlenkgraben waren Sedimente und Böden unterschiedlicher Qualitäten zu beräumen. Entsprechend vorhandener Schadstoffbelastungen erfolgte hier eine getrennte Beräumung und Verwertung. Aufgrund von zu hohen Cadmiumgehalten war eine Verwertung der Weichsedimente in der Landwirtschaft nicht möglich. Als Alternativen wurden u.a. der Einsatz bei der Haldenrekultivierung sowie der Einsatz als Abdeckung von Deponien geprüft. Sandiger Aushub konnte größtenteils als Bodenbaustoff verwendet werden.

Brauer, 2004

(7) *Unterbringung von Baggergut in abgetrennten Gewässerteilen, Hengsteysee*

Im Hengsteysee bei Essen wurde Baggergut in durch Aufschüttung eines Trenndamms abgetrennten Gewässerteilen untergebracht. Eine Abdichtung des aus Flussschotter errichteten Damms wurde dadurch erreicht, dass feinkörniges Material zu einer Porenverstopfung auf der innenliegenden Dammseite führte. Diese Selbstdichtung wurde durch anschließende Messungen belegt.

DWA M 362-2, 2004

(8) *Spülfelder zur Trocknung und anschließender Unterbringung, Harkortsee*

Der ehemals als Flusskläranlage angelegte Harkortsee, Ruhr wurde 1931 als Flusskläranlage hergestellt, dient als Ausgleichsbecken bei der Energiegewinnung mittels Pumpspeicherbecken und hat eine große Bedeutung als Naherholungsgebiet. Bis Ende der 1990er Jahre hatten sich auf etwa 70 ha Seefläche 400.000 m³ Feinsedimente mit bis zu 1,5 m Mächtigkeit abgesetzt. Zur erforderlichen Entschlammung musste eine landseitige Entsorgungsmöglichkeit geschaffen werden. Dazu wurden auf einer mit Schwermetallen belasteten Fläche außerhalb des Hochwasserretentionsraumes auf 11 ha zwei Spülfelder bereitgestellt. Die Sedimente wurden mit einem Schneidkopfbagger gelöst und mit Wasser als Fördermedium im Verhältnis 1:7 bis 1:10 auf die Spülfelder gefördert. Der parallel entwickelte landschaftspflegerische Begleitplan beinhaltete eine anschließende Fertigstellung als Deponie bzw. Überbauung der Spülfelder nach Abschluss des Entwässerungsvorganges. Einschließlich der anschließenden landschaftspflegerischen Maßnahmen wurden hierfür etwa 10 Jahre veranschlagt.

DWA M 362-2, 2004

11 Literatur

- ANONYM, 1996: Schlickeinbau mit Vakuum-Konsolidierung, HANSA 133(4), S.67-69
- ANONYM, 2009: Gemeinsame Übergangsbestimmungen zwischen Bund und Küstenländern zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern.
http://www.bafg.de/cln_030/nn_161560/Baggergut/DE/04_Richtlinien/quebag.templateId=raw,property=publicationFile.pdf/quebag.pdf
- ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR DIE REINHALTUNG DER ELBE, 1996: Umgang mit belastetem Baggergut an der Elbe – Zustand und Empfehlungen, http://www.fgg-elbe.de/tl_fgg_neu/veroeffentlichungen.html?page=5&file=tl_files/Downloads/ARGE/Texte/96Baggergut.pdf
- BÄÄTJER, M., DETZNER, H.-D., 1997: Elbsedimente: Zukunftsrohstoff für die Ziegelindustrie, HANSA 134 (7), S.67-68
- BÄR, F. 2011: Verwertung von Sedimenten aus Talsperren/Stauanlagen als durchwurzelbare Bodenschicht auf landwirtschaftlichen Flächen. Müll und Abfall H. 9, 2011 S. 424-429.
- BERG, N., HAKSTEGE, P., 2009: Haringvliet Estuary – Using dredged material for capping of contaminated sediments, In: PIANC Envicom Report 109: Long Term Management of Confined Disposal Facilities for Dredged Material
- BERTSCH, W., KNÖPP, H., 1990: Über die Unterbringung von Baggergut in Kiesgruben als „Unterwasserdeponie“ Z. dt. geol. Ges. 141, 393-398, Hannover
- BORTONE, P., 2006: Sediment and Dredged Material Treatment, SedNet Series Vol. 2 Sustainable Management of Sediment Resources, Elsevier New York
http://www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws_home/710123/description#description
- BRAUER, G., 2004: Beräumung und Verwertung von Sedimenten aus Talsperren an Beispielen sächsischer Stauanlagen, Vortrag 3. Rostocker Baggergutseminar
Artikel: <http://www2.auf.uni-rostock.de/II/baggergut/rbs3/pdf/Brauer.pdf>
Vortrag: http://www2.auf.uni-rostock.de/II/baggergut/rbs3/pdf/Brauer_p.pdf
- BREMENPORTS, 2006: Bremen geht neue Wege bei der Entsorgung von Hafenschlick,
http://www.bremenports.de/1503_1
- BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE, 2000: Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Binnenland (HABAB-WSV)
http://www.bafg.de/cln_030/nn_161560/Baggergut/DE/04_Richtlinien/HABAB-08-2000.templateId=raw,property=publicationFile.pdf/HABAB-08-2000.pdf
- BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE, 2010 Monitoring der morphologischen, ökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen eines Sedimentfangs vor Wedel an der Tideelbe (BfG-1692),
http://www.tideelbe.de/files/monitoring_sedimentfang_wedel_zwischenbericht_2009.pdf
- BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE, 2011: "Umweltauswirkungen von Wasserinjektionsbaggerungen". Bericht über den WSV-Workshop am 21./22. Juni 2010 in Bremerhaven. Koblenz 2011, 120 Seiten.
http://www.bafg.de/cln_031/nn_162342/DE/05_Wissenstransfer/04_Publikationen/03_BfG_Veranstaltungen/BfG-Veranstaltungen201102.templateId=raw,property=publicationFile.pdf/BfG-Veranstaltungen201102.pdf
- CHRISTIANSEN, H., 1997: Erfahrungen mit der Strömungsumlenkwand, HANSA 14, S.70-73
- DEIBEL, I., LAMPE, C., ULBRICHT, J.P. ET AL. 2007: Beneficial Use, In: Bortone, P. 2006
- DEPOTEC IN KOOPERATION MIT AKWA, 2002: Die subaquatische Unterbringung von Baggergut in den Niederlanden. Sachstandsbericht im Auftrag von Strom- und Hafenbau, Freie und Hansestadt Hamburg
- DETZNER, H.-D. 2007: Separation, In: Bortone, P. 2006

- DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL (DWA), 2004: Merkblatt M 362-2 Umgang mit Baggergut Teil 2: Fallbeispiele
- DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL (DWA), 2006: DWA-Themenband Entlandung von Stauräumen.
- DUTCH-GERMAN EXCHANGE ON DREDGED MATERIAL, 2002: Treatment and Confined Disposal of Dredged Material. <http://www.sednet.org/download/DGE-Part-II-Treatment.pdf>
- FÖRSTNER, U.: Maßnahmen. In: Heise S. et al 2007
- FRITZE, S., TÖLZER, R. 2002 Die Sedimentberäumung der Vorsperre Oehna im Rahmen der Generalsanierung der Talsperre Bautzen, KA – Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, 49 (2), S.209-214
- FÜHRBÖTER, A. 1988: Über einen möglichen Ausbau des Stauraumes des Wehres Geesthacht als Sedimentationsbecken, TU Braunschweig
- GEODE, 2012 : Guide méthodologique sur le dragage par injection d'eau. http://www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_Dragage_Injection_d_Eau_cle0f4556.pdf
- HAFENTECHNISCHE GESELLSCHAFT / FACHAUSSCHUSS BAGGERGUT, 2006: Verwertung von feinkörnigem Baggergut im Bereich der deutschen Küste, Fachbericht <http://htg-baggergut.de/Downloads/HTG%20Verwertungsbericht%200906.pdf>
- HAMBURG PORT AUTHORITY, O.J.: Sedimentfang, <http://www.tideelbe.de/167-0-Sedimentfang.html>
- HAMBURG PORT AUTHORITY; WASSER- UND SCHIFFFAHRTS-DIREKTION NORD, 2008: Strombau- und Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe http://www.portaltideelbe.de/Allgemeine_Informationen/Publikationen/Datencontainer/H/SuSmanagementkTideelbe.pdf
- Heise S. et al 2007: Bewertung der Risiken durch Feststoffgebundene Schadstoffe im Elbeeinzugsgebiet. Im Auftrag der Flussgebietsgemeinschaft Elbe und Hamburg Port Authority, erstellt vom Beratungszentrum für integriertes Sedimentmanagement (BIS/TuTech) an der TU Hamburg-Harburg. 349 Seiten. Hamburg. http://www.tideelbe.de/files/elbestudie_ii_mai_2008_klein.pdf
- HUBER, J., KEMPMAN, K., 2007: Verlandungsproblematik im Oberwasser der Staustufe Iffezheim: Alte Probleme – neue Lösungen, Wasserwirtschaft H. 4, S.22-26
- HUELSKENS WASSERBAU, O.J.: Projekt-Bericht: Duisburg, Rekultivierung Rheinhausen, Wiederverfüllung einer Kiesgrube, http://www.huelskens-wasserbau.de/Files/PDF/01_Duisburg_Rekultivierung_Rheinhausen.pdf
- HYE, 2010: Antwerpen: Current Deflection Wall, <http://www.hye.be/nl/news/show/one/9/antwerpen-current-deflecting-wall/>
- IMS, 1988: Durchführbarkeitsüberlegungen zur Herstellung einer Schlickfangvorrichtung im Staubecken Geesthacht, IMS Ingenieurgesellschaft mbH, Hamburg
- LAHMEYER INTERNATIONAL , 1995: Machbarkeitsstudie über die Verwertung von belasteten Sedimenten. Im Auftrag der Umweltbehörde Hamburg und Strom- und Hafenaufbau.
- KNOTTE, H., BRINKMANN, T. 2006: Erfahrungen mit der Sedimentbaggerung im Harkortsee, aus Entlandung von Stauräumen, DWA, ISBN-13:978-3-937758-33-6
- KÖTHE, H. & LAIER, W.: 1989: Die möglichen Auswirkungen der geplanten Unterbringung von schwermetallbelastetem Weser-Baggergut in der Kiesgrube Lüssen/Windheim auf das Grundwasser im Bereich des Schleusenkanals Petershagen. Bundesanstalt für Gewässerkunde. Gutachten BfG-0486; Koblenz.

- MAGAR, S.V., ET AL, 2009: Technical Guide - Monitored Natural Recovery at Contaminated Sediment Sites. Environmental Security Technology Certification Program (ESTCP). 276 Seiten. www.epa.gov/superfund/health/.../sediment/pdfs/MNR_Guidance.pdf
- MEYER-NEHLS, R. ET AL, 2000: Das Wasserinjektionsverfahren, Ergebnisse einer Literaturstudie sowie von Untersuchungen im Hamburger Hafen und in der Unterelbe, Ergebnisse aus dem Baggergutuntersuchungsprogramm, Heft 8. http://www.htg-baggergut.de/downloads/BUP8_WID.PDF
- NETZBAND, A.; CHRISTIANSEN, H.; MAAß, B.; MEYER-NEHLS, R.; WERNER, G., 1996: Umlagerung von Baggergut aus dem Hamburger Hafen in der Tideelbe – Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchungen in den Jahren 1994 bis 1996. Berichte aus dem Baggergutuntersuchungsprogramm. Heft 7, 93 Seiten.
- NÖTHEL, H., GRÜNWARD, K., RUDDECK, C., 2004: Unterbringung von kontaminiertem Baggergut in einer subaquatischen Schlickgrube, HANSA, Heft 2, S. 52-57 <http://www.dredging-in-germany.de/downloads/seehae2/05.pdf>
- NORWEGIAN GEOTECHNICAL INSTITUTE, 2008: Stabilisation and Solidification of Contaminated Sediments – State of the Art Report. Unveröffentlicht.
- PALERMO, M.,R., CLAUSNER, J.E., ROLLINGS, M.P. ET AL., 1998: Guidance for Subaqueous Dredged Material Capping, US Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Report DOER-1 <http://el.ercd.usace.army.mil/elpubs/pdf/trdoer1.pdf>
- PIANC, 2002: Environmental Guidelines for Aquatic, Nearshore and Upland Confined Disposal Facilities for Contaminated Dredged Material
- PORT OF LONDON AUTHORITY, O.J.: Water Injection Maintenance Dredging Operations, http://www.pla.co.uk/display_fixedpage.cfm/id/2412/site/environment
- PULS, W., 1987: Die Wirkung des Stauhaltung Geesthacht auf das Sinkverhalten der Schwebstoffe in der Elbe – Teilprojekt physikalische Prozesse –, GKSS, Geesthacht
- RETTBERG, H., 1990: Behandlung belasteter Fluss- und Hafensedimente, Wasser+Boden, H. 8, 514-516
- RIKSWATERSTAAT UND PORT OF ROTTERDAM, Betriebsgesellschaft Slufter <http://www.slufter.com>
- SKIRSTAD GRINI ET AL. 2008: Stabilisation and Solidification – State of the Art Report, NGI 20061257-1
- ULRICH, K.-U., ROßBERG, R., KOSCHEL, R. 2002 Sedimentabdeckung mit frisch gefällttem Calcit – Ergebnisse einer freilandstudie in einer versauerten Talsperre, Wasser und Boden, 54 (1+2), 52-60
- USEPA, 2005: Contaminated Sediment Remediation Guidance for Hazardous Waste Sites, <http://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/sediment/pdfs/guidance.pdf>
- VOGEL, J. 2011: Gestörtes Geschiebegleichgewicht am Oberrhein – Umgang mit Sedimentations- und Erosionsproblemen im Bereich des Wasser- und Schifffahrtsamtes Freiburg. 41. Internationales Wasserbausymposium Aachen. http://www.iww.rwth-aachen.de/fileadmin/internet/iwasa/vortraege2011/IWASA2011_Vogel.pdf
- WEISE, J., 2011: Baggergutverbringung Elbe – Saale, WSV, Infoveranstaltung MLU Sachsen-Anhalt am 05.05.2011 http://www.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Elementbibliothek/Master-Bibliothek/Landesbetriebe/LHW/neu_PDF/5.1/Dokumente_GLD/Sedimentmanagement/Infoveranst_Vortr_7_Baggergut.pdf
- WERNER, G., ET AL 1997: Verfüllung von Hafenbecken in Hamburg, Hansa 134(7), S.77-83

12 Anhang

„Bewertung von Risiken durch feststoffgebundene Schadstoffe im Elbeeinzugsgebiet“

(Kapitel 6 Maßnahmen, von Ulrich Förstner; in Heise et al., 2008)

Inhalt

- 6. Maßnahmen
- 6.3 Zuordnung der technischen Optionen
 - 6.3.1. Fallbeispiele im Merkblatt ATV-DVWK-M 362 „Umgang mit Baggergut“
 - 6.3.2. Internationale Ansätze „Umgang mit Baggergut“, Dutch-German Exchange
 - 6.3.3. Sanierung von kontaminierten Sedimenten im Superfundprogramm der U.S. EPA
- 6.4 Unterwasserdepots und Landdeponien für Baggergut
 - 6.4.1. Typische Ablagerungsbedingungen
 - 6.4.2. Die subaquatische Unterbringung von Baggergut in den Niederlanden
 - 6.4.3. Deponierung von Elbesedimenten in Hamburg
- 6.5 Ex-Situ Behandlung von Baggergut
 - 6.5.1. Mechanische Aufbereitung
 - 6.5.2. Chemische und bakterielle Laugung
 - 6.5.3. Verfestigung und Stabilisierung
 - 6.5.4. Innovative Behandlungsverfahren: Vergleichende Studien aus den Niederlanden
 - 6.5.5. Natürliche Schlickentwässerung und Verwertung von Baggergut
- 6.9 Potenzielle Maßnahmen zur Risikominimierung von kontaminierten Sedimenten unter Berücksichtigung der Besonderheiten des Elbeeinzugsgebietes – Analyse
 - 6.9.1. Baggergut-Management bei Instandhaltungs- und Ausbaumaßnahmen
 - 6.9.2. Maßnahmen im Gewässer, z. B. Sanierung von Sedimentaltlasten
 - 6.9.2.1. Erosionsstabilität von Sedimenten
 - 6.9.2.2. Einflüsse des Klimawandels auf den Sedimenttransport im Elberaum?
 - 6.9.2.3. Konzeptionelles Standortmodell für Sedimentsanierungen im Gewässer
 - 6.9.2.4. In-situ Capping und Monitored Natural Recovery von Sedimenten im Gewässer
 - 6.9.2.5. Baggern und Ausgraben
 - 6.9.2.6. Nachweise für die Wirksamkeit von Sanierungsmaßnahmen
 - 6.9.3. Maßnahmen am Gewässer, z.B. Sicherung bergbaubedingter Altlasten
 - 6.9.3.1. Sedimentkonditionierung im Bereich der Braunkohletagebau-Restlöcher
 - 6.9.3.2. Belastung der Gewässersedimente nach der Sanierung von Wismutaltlasten
 - 6.9.3.3. Untersuchungen zu Natural Attenuation Prozessen im Umfeld der Wismutaltlasten

http://www.tideelbe.de/files/elbestudie_ii_mai_2008_klein.pdf

ATV-DVWK Merkblatt M 362-2 Umgang mit Baggergut. (2004)

Teil 2: Fallbeispiele

- 1 Vermeiden, Umlagern, unmittelbares Verwenden
 - 1.1 Vermeiden/Minimieren von Baggergutmengen
 - 1.2 Vermeiden von Baggergut / Sedimentablagerungen im Gewässer – Strömungsumlenkwand
 - 1.3 Umlagern im Gewässer
 - 1.4 Unmittelbares Verwenden im Gewässer – Baggergut-Unterbringung in Kiesgruben
 - 1.5 Airbus-Erweiterungsfläche „Mühlenberger Loch“
 - 1.6 Hafentlandung und Sedimentumlagerung im Starnberger See
- 2 Unterbringen im Gewässer
 - 2.1 Verfüllen der Kiesgrube Rogätz
 - 2.2 Unterbringung in abgetrennten Gewässerteilen – Hengsteysee
 - 2.3 Hafenbeckenverfüllung Lübeck
 - 2.4 Hafenbeckenverfüllung Rodewischhafen, Hamburg
 - 2.5 Unterwasserdepot – „Slufter“
 - 2.6 IJsseloooprojekt (Ketelmeer)
- 3 Unterbringung an Land und auf Spülfeldern
 - 3.1 Planungsstudie zur Ablagerung von Baggergut auf der Ablagerungsfläche Hesseilte am Dortmund-Ems-Kanal (DEK)
 - 3.2 Unterbringung von Baggergut auf Spülfeldern.
 - (1) Allgemeines zur Unterbringung von Baggergut auf Spülfeldern.
 - (2) Bewirtschaftung im Bereich der Stadt Rostock.
 - (3) Harkortsee/Ruhr/NRW
 - 3.3 „Trockene“ Unterbringung auf dem Spülfeld Drigge
 - 3.4 Entwässerungsfelder in Hamburg-Moorburg
- 4 Entschlammung und Aufbereitung
 - 4.1 Verfahrensbeschreibung zur Aufbereitung von kontaminiertem Baggergut, Schlamm, Boden- und Hafenaushub nach dem HELALIM-Biopolderverfahren
 - 4.2 Fallbeispiele zur Baggergutbehandlung nach dem HELALIM-Biopolderverfahren.
 - (1) Teltowkanal.
 - (2) Rummelsburger Bucht.
 - (3) Lietzensees.
 - (4) Regenrückhaltebecken Nord, Berlin
 - 4.3 Weitere Fallbeispiele zur Entschlammung.
 - (1) Entlandung Vorsperre Malter und Verwertung bei der Haldenkultivierung.
 - (2) Sedimenträumung Speicherbecken Radeburg I – Wiederherstellung des Spülfeldes.
 - (3) Entschlammung sächsischer Trinkwassertalsperren mit Sedimentverwertung
 - 4.4 Seen-Entschlammung in NRW.
 - (1) Verwertung als Deponieabdeckung – Windmühlenbruch/Nette.
 - (2) Verwertung bei der Kiesgrubenrekultivierung – Breyeller See/Nette.
 - (3) Entschlammung von Fischteichen in NRW.
 - (4) Die Sedimentberäumung der Vorsperre Oehna (Talsperre Bautzen)
- 5 Aufbereitung und Einbindung
 - 5.1 Korngrößenklassierung METHA und Entwässerung
 - 5.2 Aufbereitung mit Einbindung des Feinkorns.
 - (1) Einbindung des Feinkorns bei der Herstellung von Ziegeln.
 - (2) Einbindung des Feinkorns bei der Herstellung von Blähton/Pellets
 - 5.3 Magdeburger Häfen
- 6 Beseitigen
 - 6.1 Behandlung und Beseitigung auf der Deponie (Bremen-Seehausen)
 - 6.2 Ablagerung von klassiertem Baggergut auf den Flächen Francop und Feldhofe
 - 6.3 Deponierung auf der Bauschuttdeponie Deetz
- 7 Beispiele aus verwandten Gebieten
 - 7.1 Ökologisches Bodenmanagement Hannover-Kronsberg
 - 7.2 Bodenwäsche

<http://shop.dwa.de/dwa/shop/shop.nsf/Produktanzeige?openform&produktid=P-AHER-7BCCEH>

Verwertung von feinkörnigem Baggergut im Bereich der deutschen Küste

HTG Fachausschuss Baggergut, Fachbericht, August 2006

Stoffliche Zusammensetzung des Baggerguts

Rechtliche Grundlagen für die Verwertung von Baggergut

Behandlung

Behandlung in Feldern

Felder zur Behandlung von Sonderbaggergut nach AVV 170505* in Hamburg

Mechanische Trennung von Hafensediment (METHA-Anlage) in Hamburg

Angewandte Verwertungsverfahren von feinkörnigem Baggergut

Einsatz von Baggergut in der Landwirtschaft Mecklenburg-Vorpommerns

Einsatz von Baggergut auf Deponien

Verwertung im Deichbau; Beispiel aus Bremerhaven, Landkreis Friesland, Hamburg

Verfüllung von Hafenbecken; Beispiele aus Bremerhaven und Hamburg

Verwertung nach thermischer Behandlung

Verwertung bei der Ziegelproduktion

Verwertung bei der Produktion von Blähtonpellets

Empfehlungen

<http://www.htg-baggergut.de/downloads/HTG%20Verwertungsbericht%200906.pdf>

Weitere Informationen:

- www.Dredging-in-Germany.de
- www2.auf.uni-rostock.de/II/baggergut/bg_rbs.html
- www.HTG-Baggergut.de
- www.sednet.org/dqe.htm