

**Ökologische Einschätzung**  
**der Vorschüttung**  
**an der Kaimauer Kirchenpauerkai**  
**in der Norderelbe – Abschnitt 1a**

Auftraggeber:

**HAFENCITY**  
HAMBURG



Hamburg Osakaallee 11

Auftragnehmer:

**TRIOPS - Ökologie & Landschaftsplanung GmbH**

**April 2014**

**Bearbeitung:**

TRIOPS - Ökologie & Landschaftsplanung GmbH  
37073 Göttingen  
Jacobikirchhof 1  
Tel.: 0551 – 540 41 Fax: 0551 – 48 72 05  
Email: [info@triops.eu](mailto:info@triops.eu)

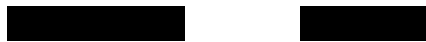
Projektkoordination:



Sachbearbeitung:



Technische Bearbeitung



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Darstellung des Vorhabens .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Qualität der betroffenen Lebensräume .....</b>	<b>2</b>
3.1	Fische .....	2
3.2	Wirbellosenfauna.....	5
3.2.1	Weichsubstrate (Gewässersohle).....	5
3.2.2	Wirbellosenfauna der Hartsubstrate (Metallspundwand).....	6
3.2.3	Schutzwürdigkeit .....	6
3.2.4	Bewertung .....	6
3.3	Phytoplankton .....	7
3.4	Zooplankton .....	8
<b>4</b>	<b>Auswirkungen der Vorschüttung an der Kaimauer Kirchenpauerkai .....</b>	<b>8</b>
4.1	Beschränkungen für den Einbau industriell hergestellter Wasserbausteine.....	9
4.2	Auswirkungen auf Natura 2000-Gebiete.....	10
4.3	Beeinträchtigung schutzwürdiger Arten .....	10
4.4	Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL).....	10
4.5	Auswirkungen von Eisensilikat-Schlacke auf aquatische Organismen.....	11
<b>5</b>	<b>Quellenverzeichnis.....</b>	<b>15</b>

## Tabellenverzeichnis

1.	Fisch- und Neunaugenarten der Elbe (Elbe-km 619).....	3
2.	Schutzstatus der Fisch- und Neunaugenarten der Elbe (Elbe-km 619).....	4

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Kirchenpauerkai an der Norderelbe .....	1
Abbildung 2:	Prinzipiskizze der Vorschüttung an der Kaimauer Kirchenpauerkai .....	2

## Kartenverzeichnis

Zeichnungs-Nr.	Art der Unterlage	Maßstab
1	Standort und Auswirkungen des Vorhabens	1:3.000

## 1 Einleitung

Auf der Landzunge zwischen der Elbe und dem Baakenhafen entstehen im Zuge der Entwicklung der HafenCity Hamburg Hochbauten überwiegend mit Wohnnutzungen. In diesem Zusammenhang ist auch die Sanierung des Kirchenpauerkais an der Norderelbe erforderlich, um die Standsicherheit der landseitigen Nutzungen sicherzustellen. Betrachtet wird hier die Bauphase 1a der geplanten Vorschüttung vor dem Kirchenpauerkai (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Kirchenpauerkai an der Norderelbe

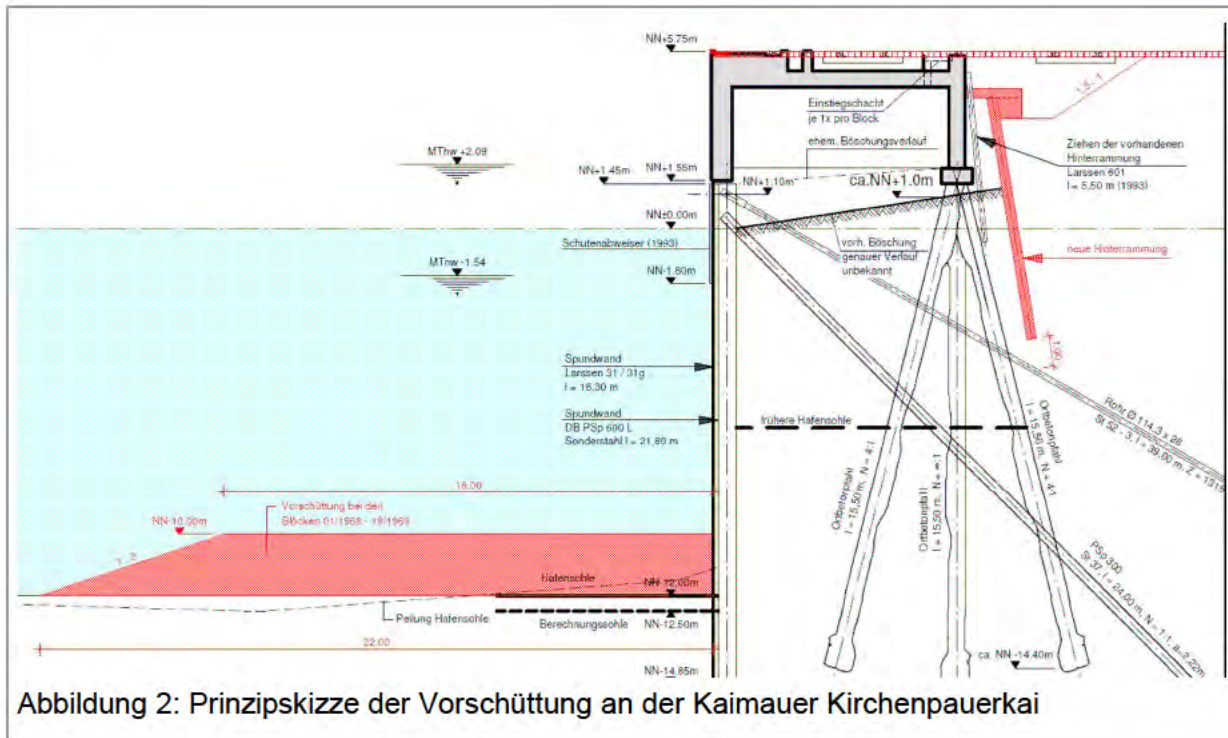
## 2 Darstellung des Vorhabens

Im Zusammenhang mit der Sanierung des Kirchenpauerkais ist eine statische Ertüchtigung der Kaimauer erforderlich. Auf einer Tiefe von NN –12,0 m soll dazu eine Vorschüttung mit einer Stärke von 1,5 m einschließlich Kolkzuschlag (einzelne Auffüllungen bis 2,5 m) und einer Breite von 18 m eingebracht werden. Richtung Strommitte erfolgt zusätzlich die Anpassung an die vorhandene Sohle über eine Böschung mit einer Neigung von 1 : 3. Die neue Gewässersohle liegt zukünftig bei NN –10,5 m. Einschließlich der Böschungsangleichung wird damit in der Bauphase 1a maximal eine Sohlfläche von knapp 0,53 ha überschüttet (230 m x 23 m). Am westlichen Ende des Bauabschnittes, Richtung Baakenhöft, besteht auf einer Fläche von ursprünglich ca. 0,14 ha (84 m x 17 m) bereits eine kleinere Vorschüttung bis auf etwa NN –10,5 m. Sie ist allerdings größtenteils erodiert und wird in die neue Gewässersohle integriert.

Als Material für die Auffüllung werden nahe der Kaianlage Wasserbausteine und ansonsten Eisensilikat-Schlacke verwendet. Aufgrund ihrer hohen Trockenrohdichte ermöglicht die Schlacke eine deutliche Verringerung der Vorschüttungshöhe bei gleichzeitig besserer Lagestabilität. Bei normalen Deckwerken sind durch den Einsatz von künstlichen Wasserbaustei-



nen sind Reduzierungen der Aufbauhöhen von bis zu 40% möglich (HAMANN & PETERSEN 2008).



### 3 Qualität der betroffenen Lebensräume

Das Plangebiet unterliegt bereits seit Jahrhunderten erheblichen Veränderungen durch den Menschen. Der Planungsraum liegt im tidebeeinflussten Urstromtal der Elbe und befand sich ursprünglich in einem von flachen Elbarmen durchzogenen Feuchtgebiet. Zum Ende des 19. Jahrhunderts entstanden der Baakenhafen und die angrenzenden Kaianlagen an der Norderelbe. Seit dieser Zeit existieren statt flacher Uferzonen nur noch senkrechte Übergänge zur Elbe.

Im Rahmen der ökologischen Bestandsaufnahme und -bewertung für den Bereich der östlichen HafenCity (TRIOPS 2012) wurden auch in der Norderelbe die benthische Wirbellosenfauna sowie das Phyto- und Zooplankton untersucht. Nachfolgend werden die Ergebnisse dieser Bestandserfassungen und Werteinstufungen dargestellt, wobei die benthische Wirbellosenfauna im Hinblick auf die zu bewertende Vorschüttung detaillierter beschrieben wird.

### 3.1 Fische

Der limnische Teil der Elbe wird dem Gewässertyp 20 „Sandgeprägte Ströme“ zugerechnet und umfasst stromab Elbe-km 618 auch den Hamburger Hafen. Es dominieren natürlicherweise Fischarten der Brassen- und Barbenregion. Durch umfangreiche gewässerbauliche Veränderungen (z.B. einheitliche Profilierung, Anlage von tiefen Hafenbecken, Abtrennung von Nebengewässern durch Eindeichungen) wurden in der Vergangenheit die Lebensbedin-



gungen für Fische deutlich verschlechtert. Dennoch sind gerade Teile des Hafens aufgrund der geringeren Strömung bedeutsame Rückzugs- und Aufwuchsbereiche. Es kommen etwa 37 Süßwasser- und 16 Wanderarten im limnischen Teil der Elbe vor (BFG 2008b). Im Zeitraum von 2004 bis 2010 konnten im Hafen 38 Fisch- und Neunaugenarten nachgewiesen werden (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1 Fisch- und Neunaugenarten der Elbe (Elbe-km 619)**

Fischarten alphabetisch geordnet, ohne relative Abundanzen

Hafen (2004 – 2010): FGG, Joachim Löffler, schriftl. Mitt.; KOHLA 2006, 2008; SCHUBERT 2006; SCHUBERT & SCHARF 2009 und TRIOPS 2012a

E be-km 619 (2009 – 2012): Frühjahr- (Früh.) und Herbstbefischung (Herb.) im Rahmen des WRRL-Monitoring in der Strommitte bei Elbe-km 619 (FGG 2013)

\* Schuppen-, Spiegel- und Koikarpfen sind Vertreter einer Art

Art	Spezies	Hafen	2009		2010		2011	2012	
			Früh.	Herb.	Früh.	Herb.	Früh.	Früh.	Herb.
Aal	<i>Anguilla anguilla</i> (L.)	X	x		x	x	x	x	x
Aland	<i>Leuciscus idus</i> (L.)	X	x	x	x		x	x	
Bachforelle	<i>Salmo trutta f. fario</i> L.	X							
Barbe	<i>Barbus barbus</i> (L.)	X							
Bitterling	<i>Rhodeus sericeus amarus</i>	X							
Brasse	<i>Abramis brama</i> (L.)	X	x	x	x	x	x	x	x
Döbel	<i>Leuciscus cephalus</i> (L.)	X							
Dreist. Stichling	<i>Gasterosteus aculeatus</i> L.	X	x		x		x	x	
Finte	<i>Alosa fallax</i> (Lacépède)	X							
Flunder	<i>Pleuronectes flesus</i> (L.)	X	x	x	x		x	x	x
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i> L.	X					x	x	
Flussneunauge	<i>Lampetra fluviatilis</i> (L.)	X	x	x	x		x	x	x
Gründling	<i>Gobio gobio</i> (L.)	X							
Güster	<i>Abramis björkna</i> (L.)	X				x	x	x	x
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i> (L.)	X							
Hecht	<i>Esox lucius</i> L.	X							
Karausche	<i>Carassius carassius</i> (L.)	X							
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernua</i> (L.)	X	x	x	x	x	x	x	x
Koikarpfen	<i>Cyprinus carpio</i> L.	X							
Lachs	<i>Salmo salar</i> L.	X	x		x		x	x	
Meerforelle	<i>Salmo trutta f. trutta</i> L.	X	x		x		x	x	
Meerneunauge	<i>Petromyzon marinus</i> L.	X	x					x	
Moderlieschen	<i>Leucaspis delineatus</i>	X							
Neunst. Stichling	<i>Pungitius pungitius</i> (L.)	X							
Quappe	<i>Lota lota</i> (L.)	X							
Rapfen	<i>Aspius aspius</i> (L.)	X				x		x	x
Rotauge, Plötze	<i>Rutilus rutilus</i> (L.)	X	x		x		x		
Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthal.</i>	X							
Schlammpeitzger	<i>Misgurnus fossilis</i> (L.)	X							
Schnäpel	<i>Coregonus oxyrhynchus</i>	X							
Schuppenkarpfen	<i>Cyprinus carpio</i> L.	X				x			

Art	Spezies	Hafen	2009		2010		2011	2012	
			Früh.	Herb.	Früh.	Herb.	Früh.	Früh.	Herb.
Seezunge	<i>Solea vulgaris</i> QUENSEL	X							
Spiegelkarpfen	<i>Cyprinus carpio</i> L.	X							
Steinbeißer	<i>Cobitis taenia</i> L.	X							
Stint	<i>Osmerus eperlanus</i> (L.)	X	x	x	x	x	x	x	x
Strandgrundel	<i>Pomatoschistus microps</i>	X							
Ukelei	<i>Alburnus alburnus</i> (L.)	X			x				
Wels	<i>Silurus glanis</i> L.	X							
Zander	<i>Sander lucioperca</i> (L.)	X		x			x	x	x
Zope	<i>Abramis ballerus</i> (L.)	X			x	x	x	x	
Artenanzahl		38*	19						



Grundsätzlich stellt die Elbe eine wichtige Wanderungslinie für Fische dar. In Folge der Strukturarmut der Ufer- und Sohlflächen der Norderelbe im Bereich Kirchenpauerkai besteht jedoch praktisch keine Eignung als Laichhabitat. Positiv wirkt sich die etwas bessere Einstufung der biologischen Komponente 'Benthische Wirbellosenfauna' unmittelbar vor dem Kirchenpauerkai aus, woraus sich auch ein besseres Nahrungsangebot für Fische ergibt. Die Fischfauna erreicht im Oberflächenwasserkörper Elbe, Bereich Hafen nur eine mäßige ökologische Zustandsklasse (III) (vgl. FGG ELBE 2010), die unter anderem aus der großen Gewässertiefe und den vertikal verbauten Ufern resultiert. Insgesamt kann von einer mittleren Wertigkeit für Fische ausgegangen werden.

### 3.2 Wirbellosenfauna

Im limnischen Bereich der Tideelbe wurden bislang 121 Taxa nachgewiesen, wobei über 90% aller Individuen nur 3 Taxa bzw. Arten zuzurechnen sind. Die obere Tideelbe ist insgesamt faunistisch verarmt, da einige Artengruppen wie Muscheln, Schnecken oder Köcherfliegen nur vereinzelt vorkommen. Insbesondere die Tiefwasserbereiche sind im Vergleich zu flacheren Flussabschnitten deutlich artenärmer und fast nur von Wenigborster (Oligochaeten) besiedelt. (BFG 2008b).

#### 3.2.1 Weichsubstrate (Gewässersohle)

In der Norderelbe wurde im Frühjahr 2011 eine Stichprobe bei km 619 gezogen. Bei einer Probeneinheit sind die gewonnenen Ergebnisse nur bedingt belastbar und werden daher mit den Erwartungswerten auf Grundlage der vorhandenen Sedimenttypologie zu vergleichen.

Das Sohlsubstrat der Fahrrinne setzt sich erfahrungsgemäß aus mittel- bis grobkörnigem Material zusammen, ein Restanteil besteht vorwiegend aus Feinsand. Charakteristisch für die Fahrrinne sind außerdem hohe Strömungsgeschwindigkeiten und Sedimentmobilität. Die wirbellose Bodenfauna im Profundal der Norderelbe ist voraussichtlich divers strukturiert. Das Artenpotenzial dürfte sich auf über 25 Taxa beziffern. Die Oligochaeta stellen in der Norderelbe den eudominanten Teil der Weichbodenfauna.

Die potenzielle Besiedlungsdichte der dominanten Tiergruppen wird in der Größenordnung von  $10^3$  bis  $>10^5$  Ind.  $m^{-2}$  variieren. Die durchschnittliche Biomasse kann zwischen den Extremen  $< 1$  und  $300 \text{ g AfTg } m^{-2}$  schwanken (KRIEG & MAASER 1997). Während die Höhe der Individuenzahlen primär von der Wohndichte der Oligochaetenfauna abhängt, ist die der Biomassen vor allem an die Dreikantmuschel gekoppelt.

Insgesamt wurden im Jahr 2011 im Teilgebiet Norderelbe (km 619) 20 eco-Arten in einer Probeneinheit nachgewiesen; über 50% der Arten waren Oligochaeta und 20% Muschelarten.

Der Wurm *Propappus volki* findet ideale Bedingungen in den strömungsexponierten, sandigen Strecken der Fahrrinne. Dieser urtümliche Wurm ist die Leitart der Fahrrinne im limnischen Abschnitt der Tideelbe. *Enchytraeus albidus* trägt starke Salzgehaltsschwankungen und siedelt selbst im terrestrischen Milieu (bspw. feuchtes Laub). *Aktedrilus monospermathecus* ist ein ästuarspezifischer, euryhalin-mariner Tubificide, der aus der Nordsee in die Ästuare einwandert. Der Wurm präferiert eindeutig Sand und toleriert auch hohe Strömungsgeschwindigkeiten (und Wellenschlag).



Während die Oligochaeta im Sohlsubstrat individuenmäßig eindeutig dominierten (rd. 23.000 Ind./m<sup>2</sup> oder 85% Bestandsquote), setzte sich die Biomasse fast ausschließlich aus den beiden Polychätenarten *Marenzelleria* sp. und *Hypania invalida* zusammen: Gegenüber einer Gesamtbio­masse von rd. 11 g AfTg/m<sup>2</sup> betrug der Anteil der genannten Arten rd. 10,8 g AfTg/m<sup>2</sup> bzw. 98% der Gesamtmasse. Für die Fahr­rinne im limnischen Bereich der Tideelbe ist das ein hoher Bio­masse-Wert. Stromab km 625 variiert die Biomasse i.d.R. zwischen ≤ 0,1 g bis max. 0,3 g AfTg/m<sup>2</sup> (FIEDLER 1991, UVU-MATERIALBAND VII 1997).

### 3.2.2 Wirbellosenfauna der Hartsubstrate (Metallspundwand)

Repräsentativ für den Kirchenpauerkai sind glatte, vertikale Spundwände aus Metall. Als Folge dieser Habitatarmut ist die Artenvielfalt des Sublitorals gering. Im Bereich des Tidenhubs (3,6 m) veröden die Bewuchsflächen aufgrund von Austrocknung sehr schnell. KRIEG & MAASER (1997) geben für senkrechte Kaianlagen (Metall/Beton/Stein) einen Schätzwert von < 250 mg AfTg Gesamtbio­masse pro m<sup>2</sup>, bezogen allerdings auf den günstigsten Fall. In der Regel dürfte die Bio­masse weit darunterliegen.

Die sublitorale Wirbellosenfauna der Metallspundwände ist aufgrund fehlender Habitatstrukturen verarmt. Die Biozönose der Hartsubstratbesiedler der Spundwände ist mit ein bis zwei Cnidaria-Arten (Nesseltiere) als geringwertig einzustufen, was einer ungenügenden ökologischen Zustandsklasse (ÖZK) nach WRRL entspricht. Entscheidende Faktoren für die Wert­einstufungen sind die geringen Artenzahlen und die geringe Bio­masse bei hoher Besiedlungsdichte einzelner Arten (monotypische Gesellschaft). Das „Kratzprobenmaterial“ aus dem Frühjahr 2011 (eine Stichprobe) bestätigt diese grundsätzliche Einschätzung der Spundwandflächen. Eudominant mit DW = 90% war erwartungsgemäß der Keulenpolyp *Cordylophora caspia* (Cnidaria).

### 3.2.3 Schutzwürdigkeit

Im Rahmen der Bestandserfassung im Jahr 2011 wurde mit *Pisidium amnicum* (Fam. Sphaeriidae) nur eine Rote Listen-Art im Weichsubstrat der Station P7 registriert (Status: FHH: 3 - gefährdet; D: 2 - stark gefährdet). Aus zurückliegenden Tideelbe-Untersuchungen sind Nachweise ebenfalls bekannt (KRIEG 2010, KRIEG 2011a).

Besonders und streng geschützte Arten gemäß FFH-Richtlinie, Anhang IV sowie nach BNatSchG und BArtSchV sind für das vorliegende Probenmaterial nicht dokumentiert.

### 3.2.4 Bewertung

Für die Ermittlung der ökologischen Zustandsklasse (kurz = ÖZK) nach dem Ästuartypieverfahren stand nur ein Datensatz zur Verfügung: Probeneinheit P7 aus Frühjahr 2011). Die Hartsubstratbesiedler sind in der „Offenen Liste“ der Indikatorarten des Verfahrens integriert.

Zur Berechnung des Kernparameters AeTI (= Ästuar-Typie-Index) bedarf es aus statistischer Notwendigkeit 8 Proben bzw. Probeneinheit pro Untersuchungsgebiet oder Oberflächenwasserkörper (s. KÖNIG 2003, SCHÖLL et al. 2005). Und um die Co-Parameter Mittelwert und die Diversität zu ermitteln, sind mindestens (5) 7 Stichproben notwendig (LOZÁN & KAUSCH 1998). Bedingungen, die mit einer Probeneinheit nicht erfüllt sind. Der Ansatz wurde den-

noch zur Berechnung des AeTI unternommen. In der Konsequenz kann es sich beim Ergebnis damit nur um eine Abschätzung handeln.

Mit einem Rechenwert von 2,13 liegt der Ästuar-Typie-Index (= AeTI) im unteren, besseren Drittel der ECO-Klasse III. Formal verkörpert die benthische Wirbellosenfauna der Probe P7 einen mäßigen ökologischen Zustand der Norderelbe bei km 619.

Der Oberflächenwasserkörper Hafen, der das Teilgebiet Norderelbe/Kirchenpauerkai einschließt, wurde in den vergangenen Jahren auf Basis der Qualitätskomponente benthische Wirbellosenfauna gemäß AeTV mit „schlecht“ oder „ungenügend“ eingestuft (KRIEG 2006, 2007, 2008, 2010). Der Oberflächenwasserkörper Hafen erstreckt sich allerdings in der Stromelbe von km 618 bis km 634.

Das ehemalige Afrika-Terminal bzw. die Norderelbe im Abschnitt Kirchenpauer- und Holthusenkaai werden für den seewärtigen Güterumschlag nicht mehr genutzt, folglich wird die Fahrrinne nicht intensiv unterhalten. Dort wo Unterhaltungsbaggerei und Eingriffsfrequenz gering sind, ergeben sich deutliche Veränderungen in der Artenstruktur, aber auch in der Vielfalt. Je intensiver und häufiger unterhalten wird, desto verödeter sind die Eingriffsflächen; so beispielsweise elbeabwärts von km 622 – 634. In diesem Bereich ist daher von einer Ökologischen Zustandsklasse IV auszugehen (vgl. KRIEG 2007a)

### 3.3 Phytoplankton

Die Algen des Phytoplanktons haben im Bereich des Hamburger Hafens den größten Anteil an der Primärproduktion. Dies ist auch für die Norderelbe zutreffend. Allerdings ist der Quotient von euphotischer Zone<sup>1</sup> zur vertikalen Ausdehnung der gesamten Wassersäule in der seeschifftiefen Fahrrinne ungünstig. Dies führt zu einer ganzjährigen Lichtlimitierung der pflanzlichen Produktion. Günstig für die Entwicklung des Phytoplanktons wären flache Seitenarme oder Flachwasserbereiche, mit hohem Wasseraustausch und hoher Turbulenz, die aber in diesem Abschnitt nicht existieren.

Neben dominanten Arten (Anteil am Gesamtbestand  $\pm 80\%$ ) dürfte das potenzielle Gesamtartenspektrum 40 Arten überschreiten. Die Zellzahlen (Organismen  $\text{ml}^{-1}$ ) bewegen sich voraussichtlich je nach Jahreszeit größenordnungsmäßig zwischen  $10^3$  und  $10^4$ ; zu Frühjahrsbeginn und gegen Frühjahrsende zwei Abundanzmaxima mit Zellzahlen  $> 10^4$ , im Hochsommer ein Abfall auf  $\approx 10^3$  Organismen und zum Herbst hin wieder ein Anstieg auf  $< 10^4$ . Die Diatomeen werden vermutlich ganzjährig dominieren ( $>50\%$  der Gesamtzellzahlen).

Aufgrund starker Strömung und hoher Turbulenz bleiben die Algen in der Vertikalen in Bewegung. Sie sedimentieren nicht endgültig im Strom, sondern kommen mehr oder weniger wiederholt zurück in die euphotische Zone („Paternoster-Prinzip“). Bei zu langer Verweildauer unterhalb des belichteten Horizonts werden die Chloroplasten allerdings geschädigt. Daraus ergibt sich eine hohe Bewertung (analog ÖZK II) der Norderelbe zwischen km 619 – 622.

Im Frühjahr 2011 wurden in der Norderelbe drei Stichproben (Schöpfproben Oberfläche) an der Probestelle P7 gezogen, um die vorgenannte Einschätzung zu überprüfen.

---

1 Die für Algen belichtete „euphotische“ Zone reicht in der Elbe bis in etwa 1,50 m Wassertiefe. Ab dem Fünffachen dieser Wassertiefe wird kein Sauerstoffüberschuss mehr produziert.



Insgesamt wurden 43 Arten/Taxa im Beobachtungszeitraum registriert. Als mittlere Artenzahl (MAZ) errechnete sich aus dem Datensatz ein Wert von  $32,3 \pm 4,7$  ( $n = 3$ ). Die hohe MAZ spricht für eine divers strukturierte Algenpopulation. Die Ergebnisse der Frühjahrsbeprobung 2011 bestätigen insgesamt die vorgenannten Einschätzungen der Norderelbe.

### 3.4 Zooplankton

Aufgrund vielfältiger ökologischer Faktoren (Wassertemperatur, Nahrungsangebot, Konkurrenz u. a.) überwiegen verschiedenartige Zooplankter im Verlauf eines Jahres. Einige wenige Arten sind allerdings stets dominant und bestandsbildend. Der calanoide Copepoda *E. affinis* ist der eudominante Zooplankter (Crustaceae) in der Tideelbe überhaupt. Seine Bestandsquote liegt meist über 80%, häufig so gar  $\geq 95\%$  (PEITSCH 1992, 1993; KÖPCKE 1997).

Die Bestandszahlen (Individuen  $m^{-3}$ ) dürften sich je nach Jahreszeit größenordnungsmäßig zwischen  $10^2$  und  $10^3$  bewegen; im Frühjahr vermutlich um  $10^3$ , im Hochsommer ein Abfall auf  $\approx 10^2$  und zum Herbst hin wieder ein Anstieg auf Werte unter  $10^3$ . FIEDLER (1991) gibt für die Norderelbe zwischen Strom-km 620 und 618 eine durchschnittliche Abundanz von 750 Ind.  $m^{-3}$ . Es kommen vorrangig rheophile Arten mit Eudominanz des calanoiden Copepoda *Eurytemora affinis*; zweitrangig die Cladocere *Bosmina longirostris* vor. Die Individuenzahlen und Biomassen des Crustaceenplanktons sind dabei voraussichtlich sehr hoch. Insgesamt ist eine hohe Bewertung des Crustaceenplanktons zu erwarten (analog ÖZK II).

Im Frühjahr 2011 wurden in der Norderelbe drei Oberflächenproben an der Probestelle P7 gezogen, um die vorgenannte Einschätzung zu überprüfen. Entsprechend dem Fortschreiten der Jahreszeit variierten die Individuenzahlen. Die Artenzusammensetzung des Crustaceenplanktons war elbetypisch. Als durchschnittliche Gesamtabundanz errechnete sich für die Probestelle P7 eine Größe von rd. 860 Ind./10 l, wobei der Prozentsatz der Copepoda um ein Vielfaches höher war als der der Cladocera:  $< 99\%$  versus  $> 1\%$ . Unter den adulten Copepoden war *Eurytemora affinis* mit fast 100% die absolut bestandsbildende Art. Die sehr geringe Artenzahl, Abundanz und Biomasse spricht für eine Degradierung in den letzten Jahren. Das Crustaceenplankton erreicht damit nur noch eine mittlere Wertigkeit (analog ÖZK III).

## 4 Auswirkungen der Vorschüttung an der Kaimauer Kirchenpauerkai

Von der Vorschüttung an der Kaimauer Kirchenpauerkai in der Norderelbe sind ausschließlich aquatische Lebensgemeinschaften sowie die Elbe als Wasserkörper betroffen. Neben Auswirkungen auf die heutige Gewässersohle und den dort lebenden Organismen sowie den unmittelbar angrenzenden Wasserkörper, könnte es auch zu Beeinträchtigungen entfernterer Flußabschnitte kommen (z.B. durch Verdriftung belasteter Organismen, Anreicherung von Schadstoffen in der Nahrungskette).

Es existieren zahlreiche Untersuchungen zur Wirkung von Eisensilikat-Schlacken mit zum Teil widersprüchlichen Ergebnissen. Bei Untersuchungen des Eluats auf Schadstoffe sind die Ergebnisse entscheidend von der Wahl der Elutionsmethode, dem Umgebungswasser und der betrachteten Korngröße abhängig. Nachfolgend werden einige Ergebnisse beispielhaft genannt (vgl. STACHEL, B. & R. SCHWARTZ 2008):

Vergleich von Kupferschlacke und Natursteinen (FÖRSTNER 1984):



Kupferauslaugung mit Elbwasser 4fach höher und Primärbesiedlung auf Schlacke deutlich geringer als auf Natursteinen. Schwermetallgehalte in den Organismen auf Schlacke um ein Vielfaches höher. Anhaltende Akkumulation von Schwermetallen aus Schlacke.

Vergleich von Schlacken und Natursteinen im Rhein (KOOP & ORTMANN 2008):

Keine Unterschiede in der Besiedlung festzustellen. Erhebliche Akkumulation verschiedener Schwermetalle einschließlich Blei und Cadmium in den untersuchten Organismen.

Vergleich von Schlacken und Natursteinen aus der Nordsee (LANGECKER & HARTWIG 1998):

Keine signifikanten Unterschiede zwischen Kupferschlacke und Natursteinen bei weidenden Makrozoobenthosarten. Es besteht allerdings Kritik an dieser Untersuchung im Hinblick auf die Artenwahl und Ermittlungsart der Belastungen der Organismen (KOOP & ORTMANN 2008).

Vergleichende Feld- und Laborstudie von Schlacken und Natursteinen (KARBE & RINGELBAND 1995):

Unterschiede im Bewuchs mit Algen. Akkumulation verschiedener Schwermetalle in den Aufwuchsalgen.

Vergleich von Schlacken und Natursteinen (ROTTER & DREYER 1996):

Geringere Besiedlung von Schlacken durch einige Artengruppen.

#### **4.1 Beschränkungen für den Einbau industriell hergestellter Wasserbausteine**

Der Einsatz industriell hergestellter Wasserbausteine unterliegt gemäss den technischen Lieferbedingungen für Wasserbausteine (TLW 2003) und dem Erlass vom 8. 4. 2010 (WS 14/5242.4/0) verschiedenen Beschränkungen (BVBS 2010):

- keine Verwendung von Größenklassen unter 45 mm
- kein Einsatz in Kanälen bzw. Fließgewässern mit einer durchschnittlichen Fließgeschwindigkeit von unter 0,3 m/s soweit das Verhältnis von Wasser zu Feststoff im benetzten Querschnitt kleiner als 20 ist
- unzulässig in Wasserschutzgebieten und in Wasserkörpern, die für Trinkwasserzwecke genutzt werden
- Einsatz in empfindlichen Bereichen (z.B. FFH-Gebiete, Naturschutzgebiete) nur nach maßnahmenbezogener Prüfung der Umweltverträglichkeit.

Im Abschnitt der Norderelbe im Bereich des Kirchenpauerkais liegt die Fließgeschwindigkeit deutlich über 0,3 m/s. Weiterhin sind hier keine relevanten Wasserschutzgebiete oder naturschutzrechtlichen Schutzgebiete vorhanden. Schließlich ist das Verhältnis von Wasser zu Feststoff im benetzten Querschnitt mit 60 - 75 deutlich größer als das im Erlass angegebene Verhältnis von 20 (Vorschüttung (Feststoff): 230 m x 23 m x 1,50 m (z.T. bis 2,50 m) = 8.000 m<sup>3</sup> (10.000 m<sup>3</sup>), Elbe bei MTnw (Wasser): 230 m x 250 m x 10,5 m = 600.000 m<sup>3</sup>). Dem Einsatz von Eisensilikat-Schlacke stehen insoweit die technischen Regelwerke nicht entgegen.

## 4.2 Auswirkungen auf Natura 2000-Gebiete

Die Norderelbe ist nicht als Natura 2000-Gebiet geschützt. Auch im direkten Umfeld befinden sich keine naturschutzrechtlich geschützten Gebiete. Die Norderelbe stellt jedoch einen ökologischen und funktionalen Verbund für ober- und unterhalb liegenden Natura 2000-Gebiete dar:

- FFH-Gebiet, NSG Neßsand und LSG Mühlenberger Loch (DE 2424-401)
- FFH-Gebiet, NSG Heuckenlock und NSG Schweensand (DE 2526-302)
- FFH-Gebiet Hamburger Unterelbe (DE 2226-305)
- FFH-Gebiet Rapfenschutzgebiet Hamburger Stromelbe (DE 2424-303)

Die bestehende Uferstruktur am Kirchenpauerkai (Spundwand) besitzt keine Eignung als Wanderungslinie und weist auch keine Trittsteinbiotope auf. Durch die geplante Vorschüttung ergeben sich diesbezüglich keine Änderungen. Der Austausch von Individuen zwischen den Schutzgebieten wird durch die geringfügige Veränderung des Stromquerschnittes und der Sohloberfläche ebenfalls nicht verändert.

Da sich durch das verwendete Material keine erheblich nachteiligen Auswirkungen auf die Norderelbe und ihre Gewässerorganismen ergeben (vgl. Kapitel 4.6 'Auswirkungen von Eissensilikat-Schlacke auf aquatische Organismen') sind Auswirkungen auf die Erhaltungsziele der Natura 2000-Gebiete als auch eine Verschlechterung des Habitatverbundes auszuschließen.

## 4.3 Beeinträchtigung schutzwürdiger Arten

Besonders und streng geschützte Arten der benthischen Wirbellosenfauna gemäß FFH-Richtlinie, Anhang IV bzw. nach BNatSchG und BArtSchV sind im Bereich der geplanten Vorschüttung nicht zu erwarten. Allerdings kommt mit *Pisidium amnicum* (Große Erbsenmuschel) vermutlich eine Rote Listen-Art vor. Sie wurde auch im Rahmen der Bestandserfassung im Jahr 2011 an der Probestelle P7 mit sehr geringer Artenzahl nachgewiesen. Ihre Verbreitung im Bereich der Fahrrinne der Elbe ist allerdings als vereinzelt einzustufen, zumal sie Fließgewässer mit sandigem Sediment bevorzugt (FFH 2009). Hinweise auf größere Muschelansammlungen liegen nicht vor.

Im Hinblick auf den begrenzten Flächenumfang der geplanten Vorschüttung und das weit gestreute Vorkommen der Großen Erbsenmuschel in der Fahrrinne der Elbe ist nicht mit erheblich nachteiligen Auswirkungen auf die lokale Population dieser Art zu rechnen. Eine Wiederbesiedlung der dann verbreiteten Hartsubstrate ist jedoch eher unwahrscheinlich, da der sandige Anteil auch nach erfolgter Sedimentierung im Bereich der Vorschüttung eher gering ausfallen wird.

## 4.4 Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Da die Norderelbe im Bereich des Kirchenpauerkais als erheblich verändertes Gewässer einzustufen ist, sind als Bewirtschaftungsziel ein „gutes ökologisches Potenzial“ und ein „guter chemischer Zustand“ zu erhalten bzw. zu erreichen. Nach § 27 Abs. 2 WHG sind dazu nachteilige Veränderungen des ökologischen Potenzials und des chemischen Zustands zu vermeiden. Weiterhin müssen gemäß der WRRL Einträge prioritärer Stoffe vermindert und Einträge prioritärer gefährlicher Stoffe beendet werden.



Hinsichtlich des Verschlechterungsverbotes darf keine Absenkung der ökologischen oder chemischen Zustandsklasse eines Gewässers oder eines Gewässerabschnittes durch eine Maßnahme erfolgen. Darüber hinaus besteht jedoch auch ein Zielerreichungsgebot für ein „gutes ökologisches Potenzial“ und einen „guten chemischen Zustand“. Wasserbauliche Maßnahmen, die keine verbessernden Auswirkungen besitzen, dürfen daher nicht dazu führen, dass die Ziele der WRRL nicht mehr erreichbar sind. Schließlich soll über Grenzwerte für prioritäre Stoffe und prioritäre gefährliche Stoffe die Wasserverschmutzung bekämpft werden. Während prioritäre Stoffe wie Blei schrittweise zu reduzieren sind, ist für prioritäre gefährliche Stoffe wie Cadmium und Quecksilber die Beendigung ihrer Emission bzw. Einbringung in Gewässer innerhalb von 20 Jahren vorgesehen.

Der Verwendung von Baumaterialien im Wasserbau, die prioritäre gefährliche Stoffe emittieren, stehen daher die Regelungen der Wasserrahmenrichtlinie entgegen. Daneben sind bei einer Beurteilung des Einsatzes von industriell hergestellten Wasserbausteinen wie Eisensilikat-Schlacken auch der jeweilige Gewässertyp, eventuell vorhandene Schutzgebiete sowie bestehende Vorbelastungen und Qualitäten zu berücksichtigen (RECHENBERG 2008).

#### 4.5 Auswirkungen von Eisensilikat-Schlacke auf aquatische Organismen

Trotz zahlreicher Untersuchungen zu den Auswirkungen von Eisensilikat-Schlacke auf aquatische Organismen in Fließgewässern ist eine belastbare Aussage möglicher Auswirkungen schwierig. Viele Ergebnisse widersprechen sich oder sind nicht hinreichend gesichert. Wesentlichen Anteil daran haben aber auch die unterschiedlichen Untersuchungsgegenstände und -methoden. Es ergeben sich jedoch folgende Feststellungen, die zumindest als wahrscheinlich eingestuft werden können:

- Die Schwermetallgehalte der Eisensilikat-Schlacke sind prinzipiell fest in der Schlacke gebunden. Es kann daher nicht unmittelbar aus der Existenz der Schwermetalle auf eine Belastung der Umwelt geschlossen werden. Es kommt aber durch Lösungsprozesse mindestens in geringem Umfang zu Freisetzungen von Schwermetallen (z.B. Blei, Kupfer, Zink, Arsen; ggf. auch Chrom, Cadmium, Nickel), die jedoch in Fließgewässern durch die Verdriftung und die bestehende Vorbelastung zu keiner nennenswerten Erhöhung der Schadstoffgehalte im Wasser führen (vgl. MÜLLER 2008). Eine direkte Aufnahme von gelösten Schwermetallen durch Organismen über das Wasser ist insoweit nur in unbedeutendem Umfang zu erwarten bzw. entspricht weitgehend den bestehenden Belastungen.
- Je kleiner die Größenklasse der verwendeten Schlacken, desto höher ist aufgrund der größeren spezifischen Oberfläche prinzipiell die Freisetzungen von Schwermetallen. Die zu erwartenden Lösungswerte sind jedoch selbst in feinkörnigeren Substraten (z.B. <5 cm) gering. Begünstigt wird eine Freisetzung insbesondere durch andauernde mechanische Beanspruchung der Schlacke, die in Fließgewässern höher liegt als in Kanälen oder Seen. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass Eisensilikat-Schlacke einen deutlich größeren Verschleißwiderstand aufweist als Natursteine und somit keine vergleichbare Zerkleinerung wie bei Natursteinen zu erwarten ist. Dies gilt natürlich insbesondere beim Einsatz größerer Steinklassen, die grundsätzlich immobil sind. Zum Ausmass der mechanischen Zerkleinerung von Schlackensteinen in Gewässern existieren allerdings noch keine verlässlichen Aussagen (KHORASANI 2008).
- Die Besiedlung von Eisensilikat-Schlacken durch benthische Organismen unterscheidet sich nach Artenzahl und Individuendichte vermutlich nur wenig von Natursteinen. Die meisten Untersuchungen konnten bislang keine signifikanten Unterschiede zwi-



schen den beiden Substraten feststellen. Bereits nach 3 Monaten wurden qualitativ und quantitativ gleiche Besiedlungen bei Natursteinen und Schlacken festgestellt (KOOP 2008).

- Es erfolgt eine Anreicherung von Schwermetallen in benthischen Organismen, die den Biofilm auf Eisensilikat-Schlacke als Nahrung aufnehmen (z.B. Muscheln, Schnecken, Flohkrebse), wobei sich die festgestellten Werte je nach Art und Schadstoff aber stark unterscheiden. Bereits der Biofilm (Aufwuchs aus Bakterien, Pilzen, Algen) zeigt dabei eine Akkumulation von Schadstoffen. Für die auch am Kirchenpauerkai vorkommende Dreikant-Muschel (*Dreissena polymorpha*) wurden bei Untersuchungen im Rhein auf kiesiger Schlacke bis zu 50fach höhere Konzentrationen als auf Natursteinen festgestellt, die jedoch schon bei größeren Korngrößen deutlich zurückgingen (KOOP 2008). Über die Nahrungskette könnten Belastungen auch in höhere Lebewesen gelangen. In Folge der großen Wassertiefe (KN –8,5 m) ist allerdings nicht mit einem ausgeprägten Biofilm zu rechnen, insbesondere den besonders bedeutsamen Algen mangelt es in dieser Tiefe an Licht. Dementsprechend wird die Individuendichte der Weidegänger, also der Arten der benthischen Wirbellosenfauna, die u.a. den Biofilm als Nahrung aufnehmen, eher gering ausfallen.

Möglicherweise unmittelbar nachteilig betroffen ist nur die benthische Wirbellosenfauna, während das Zoo- und Phytoplankton aber auch die Fischfauna in Folge der starken Vermischung möglicher Schadstofffreisetzungen im Wasserkörper großer Fließgewässer nicht wesentlich belastet werden. Durch die große Wassertiefe der geplanten Vorschüttung sind darüber hinaus keine bedeutsamen Teile der Lebensgemeinschaft des Zoo- und Phytoplanktons betroffen. Hinsichtlich der Auswirkungen im Verlauf der Nahrungskette liegen allerdings noch keine aussagekräftigen Untersuchungen vor. Die bestehenden Schadstoffbelastungen von Fließgewässern erschweren dabei eine Differenzierung der Schadstoffquellen, gerade wenn es um die Freisetzung verhältnismäßig geringer Schadstoffmengen geht.

Für die geplante Vorschüttung am Kirchenpauerkai unter Verwendung von Eisensilikat-Schlacke ergeben sich unter Berücksichtigung der vorgenannten Erkenntnisse ansonsten folgende Einschätzungen und Hinweise:

- Die ausschließliche Verwendung großer Steinklassen in der geplanten Vorschüttung reduziert eine mögliche Freisetzung von Schadstoffen aus der Eisensilikat-Schlacke (geringere spezifische Oberfläche als kleinere Steinklassen) und erfüllt damit auch die Voraussetzung des Erlasses WS 14/5242.4/0 (nur Steinklassen >45 mm). Beim Einsatz großer Steinklassen in großen Fließgewässern ist insoweit kein Risiko einer akut toxischen Belastung zu befürchten (vgl. SCHÄFERS 2008).
- Auch die weiteren Beschränkungen für einen Einsatz von Eisensilikat-Schlacken des Erlasses WS 14/5242.4/0 (siehe Kapitel 4.2 'Beschränkungen für den Einbau industriell hergestellter Wasserbausteine') treffen auf den Elbeabschnitt am Kirchenpauerkai nicht zu. Wasserbautechnische Regelungen, die unter anderem auf Risikoabschätzungen der BfG basieren (z.B. BfG-1522), stehen dem Einbau nicht entgegen.

- Eine Absenkung der ökologischen oder chemischen Zustandsklasse der Tideelbe unterhalb der Elbbrücken ist aufgrund der Kleinflächigkeit der Vorschüttung und der höchstens geringfügigen unmittelbaren Belastung des Wasserkörpers nicht zu erwarten. Die Anhebung der Gewässersohle steht der Erreichung des Ziels eines „guten ökologischen Potenzials“ nicht entgegen, sondern begünstigt es eher. Die Gewässer- und Sedimentstruktur ist bereits heute durch die Vertiefung und Unterhaltungsmaßnahmen stark verändert bzw. naturfern ausgebildet. Durch eine Vorschüttung verändern sich diese Verhältnisse nicht.
- Die Eisensilikat-Schlacken dürfen keine prioritären gefährlichen Stoffe wie Cadmium und Quecksilber emittieren, da ihr Einbau ansonsten gegen die Regelungen der Wasserrahmenrichtlinie verstößt.
- Durch die Veränderung der Oberflächencharakteristik im Bereich der Vorschüttung von einem mittel- bis grobkörnigem Material mit Feinsandanteil und hoher Sedimentmobilität zu sehr großen Steinklassen ändert sich auch die Artenzusammensetzung der benthischen Wirbellosenfauna. Vor allem die individuenstarken Feinmaterialbesiedler (z.B. Würmer) finden erst mittelfristig, nach einer erneuten Sedimentation einen teilweise geeigneten Lebensraum. Die Veränderung der Artenzusammensetzung ist dabei langfristig bis andauernd aber wirkt sich nur lokal im Bereich der Vorschüttung aus.
- Eine Verringerung der Artenzahl ist trotz der Verschiebung des Artenspektrums zu Hartsubstratarten nicht zu erwarten; ggf. führt die Erhöhung des Struktureichtums sogar zu mehr Arten (Lebensmöglichkeiten für Hart- und Weichsubstratbesiedler). Dagegen könnte es zu einer Verringerung der Biomasse und auch der Individuenzahlen kommen, da sich die Siedlungsmöglichkeiten etwa für Wenigborster (Oligochaeten) verschlechtern. Andererseits ist eine Verbesserung der Lebensraumstrukturen für verschiedene Muschelarten oder Zuckmückenlarven denkbar, die hohe Biomassenwerte erreichen können. Bereits heute finden sich diese Organismen in geringem Umfang auf sekundären Hartsubstraten am Kirchenpauerkai.
- Eine Anreicherung von Schwermetallen in benthischen Organismen ist für alle Arten, die sich direkt oder indirekt vom Biofilm auf Eisensilikat-Schlacke ernähren (z.B. Muscheln, Schnecken, Flohkrebse), anzunehmen. Allerdings besteht nur eine geringe Ausdehnung der Vorschüttung im Bezug zur Gewässerbreite (unter 10%) sowie eine insgesamt begrenzten Gesamtfläche. Durch die große Tiefe des Gewässers ergeben sich zudem nur geringe Individuendichten bei den von Anreicherungen besonders betroffenen Weidegängern. Insgesamt sind daher erheblich nachteilige Beeinträchtigungen der Lebensgemeinschaft der benthischen Wirbellosen der Tideelbe in diesem Bereich nach derzeitigen Erkenntnissen auszuschließen.

## Fazit

Die zu erwartenden Veränderungen der vorkommenden Arten und Individuendichten der benthischen Wirbellosen ergeben keine erheblich nachteiligen Auswirkungen auf den betroffenen Oberflächenwasserkörper der limnischen Tideelbe im Bereich des Hamburger Hafens. Entsprechend sind auch die Auswirkungen auf die Fischfauna höchstens unerheblich nachteilig. Dabei ist vor allem die räumlich begrenzte Vorschüttung mit nur geringem Materialauftrag sowie die geplante technische Ausführung (z.B. große Steine) zu berücksichtigen. Die ökologische Zustandsbewertung des Oberflächenwasserkörpers Hafen bleibt unverändert.

Auch die Einbeziehung weiterer Vorschüttungen von Eisensilikat-Schlacke entlang des Kirchenpauerkais ändert diese Einschätzung nicht. Sie führen im jeweiligen Abschnitt ebenfalls nicht zu erheblich nachteiligen Auswirkungen. Bei einer zusammenfassenden Betrachtung der Abschnitte ändert sich ihr Anteil am dann größeren Oberflächenwasserkörper nicht. Weitere kumulierende Effekte sind nicht erkennbar.



## 5 Quellenverzeichnis

### Gesetze und Verordnungen

**BVBS - BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2010):** Erlass WS 14/5242.4/0 vom 8. 4. 2010 zum Einsatz industriell hergestellter Wasserbausteine in Bundeswasserstraßen. Ergänzung zum Erlass EW 23/70.22/18 BAW 04 vom 27. 04. 2004: Technische Lieferbedingungen für Wasserbausteine – Ausgabe 2003 – (TLW 2003).

**HmbNatSchAG** - Gesetz zur Neuordnung des Hamburgischen Landesrechts auf dem Gebiet des Naturschutzes und der Landschaftspflege vom 11. Mai 2010 (HmbGVBl. 18, S. 350), zuletzt geändert durch Gesetz vom 23. Dezember 2011 (HmbGVBl. 2012 S. 3).

**WRRL-RICHTLINIE** - RICHTLINIE 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (ABl. L 327 vom 22.12.2000, S. 1), geändert durch Entscheidung Nr. 2455/2001/EG.

**RICHTLINIE 92/43/EWG** des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, FFH-RL). (ABl. Nr. L 206 vom 22.7. 1992 S. 7), zuletzt geändert durch die Richtlinie 2006/105/EG, ABl. d. EU L 363 vom 20. Dezember 2006.

**EG-WASSERRAHMENRICHTLINIEN-UMSETZUNGSVERORDNUNG** vom 29. Juni 2004 (HmbGVBl. 2004, S. 277).

**BNatSchG** - Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), zuletzt geändert durch Artikel 4 Absatz 100 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154)

**Richtlinie 2009/147/EG** des Europäischen Parlaments und des Rates über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten vom 30. November 2009 - Vogelschutzrichtlinie - (ABl. d. EU L 20/7 vom 26. Januar 2010) (Diese kodifizierte Fassung ersetzt die alte Vogelschutzrichtlinie 79/409/EWG.)

**WHG - WASSERHAUSHALTSGESETZ** vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Gesetz vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154)

### Literatur zum Thema Eisensilikat-Schlacke

**BFG-1359 (2002) - SCHÖLL, F.:** Biologisch-ökologische Untersuchungen zum Besiedlungsverhalten (Makrozoobenthos) auf Schlackesteinen: Freilandversuche im Rhein. (Kurzbericht Teil 1). Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

**BFG-1522 (2008) - MÜLLER, A., M. ERHARDT, D.-S. WAHRENDORF UND F. KREBS:** Freisetzung prioritärer Schadstoffe aus Wasserbausteinen. Chemische und ökotoxikologische Untersuchungen, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, Bericht, 25. Februar 2008

**BFG-1582 (2008) - KOOP, J. H. E. & C. ORTMANN:** Biologisch-ökologische Untersuchungen zum Einfluss von Schlackensteinen auf die Besiedlung von Bundeswasserstraßen: Zusammenfassung der in der Bundesanstalt für Gewässerkunde vorliegenden Ergebnisse zur Akkumulation von Schwermetallen im Körper und im Gewebe von auf oder an Schlackesteinen lebenden Makrozoobenthosorganismen, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, Bericht, Februar 2008

**BFG-1584 (2008b):** Systemstudie Tideelbe. Veränderte Umlagerungsstrategie. WSV Sedimentmanagement Tideelbe. Strategien und Potenziale – eine Systemstudie. Ökologische Auswirkungen der Umlagerung von Wedeler Baggergut. Untersuchung im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Cuxhaven. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, Bericht, 30. Juni 2008.

**FÖRSTNER, U. & L. KARBE (1984):** Umweltverträglichkeit von Eisensilikatschlacke bei der Verwendung im Wasserbau. Gutachten im Auftrage der Hamburger Wirtschaftsbehörde / Amt für Strom und Hafenbau und ergänzende Befundberichte.

**HAMANN, M. & K. HINRICHS-PETERSEN (2008):** Umweltfreundliche Herstellung von Eisensilikat-Gestein. In: Umweltaspekte des Einsatzes von industriell hergestellten Wasserbausteinen in Bundeswasserstraßen, 17. Chemisches Kolloquium am 11./12. Juni 2008 in Koblenz.

**HEININGER, P. (2008):** Fachliche Eckpunkte zum umweltverträglichen Einsatz von Schlackensteinen in Bundeswasserstraßen. In: Umweltaspekte des Einsatzes von industriell hergestellten Wasserbausteinen in Bundeswasserstraßen, 17. Chemisches Kolloquium am 11./12. Juni 2008 in Koblenz.

**KESSELER, K.; KÜHN, M. & D. MUDERSBACH (2008):** Umweltverträglichkeit von Schachtofenschlacken. In: Umweltaspekte des Einsatzes von industriell hergestellten Wasserbausteinen in Bundeswasserstraßen, 17. Chemisches Kolloquium am 11./12. Juni 2008 in Koblenz.

**KHORASANI, R. (2008):** Langzeitverhalten von Eisensilikat-Gestein. In: Umweltaspekte des Einsatzes von industriell hergestellten Wasserbausteinen in Bundeswasserstraßen, 17. Chemisches Kolloquium am 11./12. Juni 2008 in Koblenz.

**KOOP, J. H. E. (2008):** Besiedlung von Schlackensteinen und Akkumulation von Schwermetallen in auf Schlacke lebenden Organismen. In: Umweltaspekte des Einsatzes von industriell hergestellten Wasserbausteinen in Bundeswasserstraßen, 17. Chemisches Kolloquium am 11./12. Juni 2008 in Koblenz.

**KARBE, L. UND U. RINGELBAND (1995):** Auswirkungen von in der Elbe im Wasserbau eingesetzter Elektroofenschlacke (sEOS) der Hamburger Stahlwerke auf aquatische Lebensgemeinschaften. Abschlussbericht einer Studie im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, Umweltbehörde, Amt für Umweltschutz - Gewässer- und Bodenschutz -. Universität Hamburg, Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft, Sept. 1995.

**LANGECKER, T.G. & E. HARTWIG (1998):** Akkumulation und Effekte von Schwermetallen bei weidenden Makrozoobenthosarten (hier: *Littorina littorea*, die Gemeine Strandschnecke) auf Natur und Schlackesteinen im Wasserwechselbereich (Bericht 2). Unveröffentl. Bericht des INUF im Auftrag der Peute Baustoff GmbH, Hamburg.

**MANZ, W. (2008):** Ökotoxikologische Untersuchungen von Wasserbaustein-Eluaten. In: Umweltaspekte des Einsatzes von industriell hergestellten Wasserbausteinen in Bundeswasserstraßen, 17. Chemisches Kolloquium am 11./12. Juni 2008 in Koblenz.

**MICHAELIS, H., F. JAEKEL & D. STEFFEN (2000):** Mobilisierbarkeit von Schwermetallen und Arsen aus Schlacken, Gläsern und Gesteinen. Zur Umweltverträglichkeit im Seewasserbau verwendeter Metallhüttenschlacken. Nachhaltiges Niedersachsen Heft 9; Niedersächsisches Landesamt für Ökologie 2000, 2. Teilbericht: Metallabgabe an umliegende Sedimente.

**MÜLLER, A. (2008):** Mobilisierung von Stoffen aus industriell hergestellten Wasserbausteinen. In: Umweltaspekte des Einsatzes von industriell hergestellten Wasserbausteinen in Bundeswasserstraßen, 17. Chemisches Kolloquium am 11./12. Juni 2008 in Koblenz.



**RECHENBERG, J. (2008):** Rechtliche Rahmenbedingungen und wasserwirtschaftliche Aspekte des Einsatzes von industriell hergestellten Wasserbausteinen in Bundeswasserstraßen. In: Umweltaspekte des Einsatzes von industriell hergestellten Wasserbausteinen in Bundeswasserstraßen, 17. Chemisches Kolloquium am 11./12. Juni 2008 in Koblenz.

**ROTTER, K. UND U. DREYER (1996):** Auswirkungen von Schlackesteinen auf die Makrozoobenthosbesiedlung der Elbe. Wasser & Boden, 48. Jahrgang, Nr. 12.

**SCHÄFERS, C. (2008):** Umweltrisiko industrieller Wasserbausteine – Vorstellung eines Untersuchungskonzepts. In: Umweltaspekte des Einsatzes von industriell hergestellten Wasserbausteinen in Bundeswasserstraßen, 17. Chemisches Kolloquium am 11./12. Juni 2008 in Koblenz.

**STACHEL, B. & R. SCHWARTZ (2008):** Der Einbau von Eisensilikatschlackesteinen aus der Kupferproduktion (CUS) an Hamburger Gewässern. In: Umweltaspekte des Einsatzes von industriell hergestellten Wasserbausteinen in Bundeswasserstraßen, 17. Chemisches Kolloquium am 11./12. Juni 2008 in Koblenz.

**TITTIZER, T. (1997):** Vergleichende Untersuchungen zur Besiedlung von Schlackensteinen durch höhere wirbellose Tiere (Makrozoobenthos).- In: Forschungsgemeinschaft Eisenhütenschlacken e.V. (Hrsg.): Schlacken im Wasserbau. Referate der 6. Vortragsveranstaltung am 16. April 1997 in Duisburg. Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Eisenhütenschlacken e.V. Heft 4, 89-122.

#### Sonstige Literatur

**BLESS, R., A. LELEK & A. WATERSTRAAT (1998):** Rote Liste und Artenverzeichnis der in Deutschland in Binnengewässern vorkommenden Rundmäuler und Fische (Cyclostomata & Pisces). - S.137-156.

**DIERCKING, R. & L. WEHRMANN (1991):** Artenschutzprogramm Fische und Rundmäuler in Hamburg (Bearbeitungsstand: Januar 1991). - Naturschutz und Landschaftspflege in Hamburg - Schriftenreihe der Umweltbehörde, Heft 38, S.1-126, Hamburg.

**FGG - FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT ELBE (2008):** Elbebericht 2008. Ergebnisse des nationalen Überwachungsprogramms Elbe der Bundesländer über den ökologischen und chemischen Zustand der Elbe nach EG-WRRL sowie der Trendentwicklung von Stoffen und Schadstoffgruppen. Hamburg

**FIEDLER, M. (1991):** Die Bedeutung von Makrozoobenthos und Zooplankton der Unterelbe als Fischnahrung. - Ber. Inst. f. Meereskunde, Kiel 204: 226 S.

**FGG - FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT ELBE (2010):** Elbebericht 2008. Ergebnisse des nationalen Überwachungsprogramms Elbe der Bundesländer über den ökologischen und chemischen Zustand der Elbe nach EG-WRRL sowie der Trendentwicklung von Stoffen und Schadstoffgruppen. – Hamburg, 86 S.

**FGG - FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT ELBE (2013):** Fangprotokolle zur Befischung im Rahmen des WRRL-Monitoring. <http://www.fgg-elbe.de/elbe-datenportal.html>

**FREIE UND HANSESTADT HAMBURG (2004):** Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Landesinterner Bericht zum Bearbeitungsgebiet Elbe/Hafen, Bestandsaufnahme und Erstbewertung (Anhang II / Anhang IV der WRRL).



**KOHLA, U. (2006):** Makrozoobenthos und Fische im westlichen Steinwerder Hafengebiet (Vorhafen und Ellerholzhafen) – Fachbeitrag zur Umweltverträglichkeitsstudie „Ausbau Liegeplatz 5 Europakai mit Geländehinterfüllung sowie Rückbau der Kaianlagen Spitze Roßhöft und Sohlvertiefungen. Planula (Planungsbüro für Naturschutz und Landschaftsökologie), Hamburg, 26 S.

**KOHLA, U. (2008):** Umstrukturierung Mittlerer Freihafen – Containerterminal Steinwerder CTS (Kuhwerder Hafen, Kaiser-Wilhelm Hafen, Ellerholzhafen, Oderhafen und Travehafen) - Fachbeitrag zur Umweltverträglichkeitsstudie: Makrozoobenthos und Fische. OECOS GmbH, Hamburg, 35 S.

**KÖNIG, B. (2003):** Prüfung von Makrozoobenthosproben auf Einheitlichkeit der Besiedlung – ein einfaches mathematisches Homogenitätskriterium. – Hydrol. u. Wasserbewirt. Koblenz 47 (2), 67-70.

**KÖPCKE, B. (1997):** Folgeproduktion Tideelbe. Zooplankton. - In: KAUSCH, H., BERNÁT, N., KRIEG, H.-J. & MAASER, G. (1997): Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. UVU-Materialband VII. - Gutachten i. A. Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg, Amt Strom- und Hafenbau, Hamburg und Planungsgruppe Ökologie und Umwelt Nord, Hamburg (unveröff.): 70-101.

**KRIEG, H.-J. & MAASER, G. (1997):** Hydrobiologische Untersuchungen in der Süderelbe zwischen Kattwyk- und Köhlbrandbrücke. UVU Kaimauer Hamburg Altenwerder und seeseitige Zufahrt. Unveröff. Gutachten i. A. Amt Strom- und Hafenbau, Hamburg und Planungsgruppe Ökologie und Umwelt Nord, Hamburg. - HUUG Tangstedt : 113 S.

**KRIEG, H.-J. (2006):** Prüfung des erweiterten Aestuar-Typie-Indexes (AeTI) in der Tideelbe als geeignete Methode für die Bewertung der Qualitätskomponente benthische Wirbellosenfauna gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie im Rahmen eines vorläufigen Überwachungskonzeptes (Biomonitoring). Praxistest AETI anhand aktueller Daten der wirbellosen Bodenfauna (Zoobenthos) im Untersuchungsraum Tideelbe (2005) und Konzept zur Probenahme-strategie sowie Design und Probenauf- und Bearbeitung. F+E-Vorhaben i. A. ARGE ELBE & FH Hamburg, BSU/WG Elbe. – KRIEG, Beratender Biologe - HUUG Tangstedt: 48 S.

**KRIEG, H.-J. (2007a):** Najaden-Befischung im Verbundsystem Brooktorhafen und Ericusgraben (Hamburger Hafen im Juni 2007) Bergung von Großmuscheln im Plangebiet Hafencity und deren Umsetzung. Unveröff. Gutachten i. A. HHA AG, Hamburg. - HUUG Tangstedt: 17 S. + Anhang.

**KRIEG, H.-J. (2007b):** Vorgezogene, überblicksweise Überwachung der Tideelbe – Durchführung der Untersuchung und Bewertung der Oberflächenwasserkörper des Tideelbestroms 2006 (Qualitätskomponente benthische wirbellose Fauna). - F+E-Vorhaben i. A. ARGE ELBE & FH Hamburg, BSU/WG Elbe. – KRIEG, Beratender Biologe - HUUG Tangstedt: 41 S.

**KRIEG, H.-J. (2008):** Überblicksweise Überwachung der Tideelbe 2007 – Biomonitoring und Bewertung der Oberflächenwasserkörper des Tideelbestroms (Qualitätskomponente benthische wirbellose Fauna). - i. A. ARGE ELBE & FH Hamburg, BSU/WG Elbe. – KRIEG, Beratender Biologe - HUUG Tangstedt: 47 S.

**KRIEG, H.-J. (2010):** Untersuchung der wirbellosen Bodenfauna im Rahmen des IKSE-Messprogramms 2009 und Bewertung der OWK Elbe (Ost) und OWK Hafen (Tideelbe). Veröff. Gutachten i. A. IKSE & FH Hamburg/BSU/ Wassergütestelle Elbe. - KRIEG, Beratender Biologe - HUUG Tangstedt: 20 S. + Anhang.

**KRIEG, H.-J. (2011):** Überblicksweise Überwachung der Tideelbe anhand der QK benthische wirbellose Fauna. Durchführung der Untersuchung und Bewertung der Oberflächenwasserkörper des Tideelbestroms in 2010. Veröff. Gutachten i. A. ARGE ELBE – Sonderaufgabenbereich Tideelbe, FH Hamburg/BSU/WGEibe. – KRIEG, Beratender Biologe - HUUG Tangstedt: 41 S.

**LOZÁN, L. & H. KAUSCH (1998):** Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler. 2. Aufl. – Parey Berlin: 287 S.

**PEITSCH, A. (1992):** Untersuchungen zur Populationsdynamik und Produktion von *Eurytemora affinis* (Calanoidea; Copepoda) im Brackwasserbereich des Elbeästuars. - Diss. FB Biologie der Univ. Hamburg (unveröff.): 166 S.

**PEITSCH, A. (1993):** Difficulties in estimating mortality rates of *Eurytemora affinis* in the brackish water region of the Elbe estuary. – Cah. Biol. Mar. 34: 215-224.

**PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE & UMWELT (1999):** Hafen-City Hamburg - Ökologische Bestandserhebung und -bewertung. Im Auftrag der HafenCity Hamburg GmbH.

**SCHMELZ, R. M. (2004):** Bestimmungsschlüssel für die bislang im Nord- und Ostseebereich nachgewiesenen Meeres- und Brackwasseroligochaeten (incl. Aphanoneura) nach Borstenmerkmalen und anderen cuticularisierten Strukturen. Mit autökologischen Anmerkungen. – Schmelz, La Coruna, 42 S.

**SCHÖLL, F., A. HAYBACH & B. KÖNIG (2005):** Das erweiterte Potamontypieverfahren zur ökologischen Bewertung von Bundeswasserstraßen (Fließgewässertypen 10 und 20: kies- und sandgeprägte Ströme, Qualitätskomponente Makrozoobenthos) nach Maßgabe der EU-Wasserrahmenrichtlinie. - Hydrologie und Wasserwirtschaft, 49, Heft 5, 234-247.

**SCHUBERT, H.-J. & J. SCHARF (2009):** Umstrukturierung Tollerort-Süd [UTS] - Erweiterung des Containerterminals Tollerort [CTT] (VTT Liegeplätze 6 und 7) - Fachbeitrag zur Umweltverträglichkeitsstudie – Fischfauna. Planula (Planungsbüro für Naturschutz und Landschaftsökologie), Hamburg, 27 S.

**SCHUBERT, H.-J. (2006):** Vorhaben Kraftwerk Moorburg - Fachbeitrag Fischfauna. Vattenfall Europe Generation AG & Co. KG, 57 S.

**TRIOPS ÖKOLOGIE & LANDSCHAFTSPLANUNG GMBH (2012):** Ökologische Bestandserfassung und -bewertung „HafenCity-Ost“. Im Auftrag der HafenCity Hamburg GmbH.

**UVU-MATERIALBAND I (1997):** UVU zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt. Fachgutachten Hydrodynamik. Unveröff. Gutachten i. A. der WSV Kiel, WSA Hamburg und FHH Amt Strom- und Hafenbau. – Bundesanst. f. Wasserbau, Außenstelle Küste, Wedel.