

# Umgang mit Baggergut aus dem Hamburger Hafen

## Teilbericht

### Verbringung von Baggergut zur Tonne E3

Bericht über den Zeitraum 1.1.2014 bis 31.12.2014



## INHALTSVERZEICHNIS

1.	Veranlassung .....	2
2.	Entwicklung in den Jahren 2005 bis 2013 .....	3
3.	Entwicklung im Jahr 2014.....	6
4.	Charakterisierung der Sedimente aus der Delegationsstrecke.....	7
4.1	Chemische Belastung.....	7
4.2	Ökotoxikologische Wirkung.....	10
5.	Monitoring im Verbringungsbereich .....	12
5.1	Monitoring im Jahr 2014.....	12
5.2	Untersuchung der Wasserphase während der Verbringung .....	12
5.3	Verbleib des zur Tonne E3 verbrachten Sediments (Peilungen) .....	14
5.4	Verdriftung während der Verbringungen (2005 bis 2010 und 2014) .....	17
5.5	Beprobung der Sedimente .....	19
5.5.1	Körnung und Schadstoffbelastung der Sedimente.....	21
5.5.2	Ökotoxikologische Belastung .....	31
5.6	Makrozoobenthos .....	39
5.7	Bioakkumulation.....	42
5.7.1	Bioakkumulation in der Wellhornschnecke.....	42
5.7.2	Bioakkumulation in der Pfeffermuschel .....	52
5.7.3	Bioakkumulation in der Kliesche.....	57
5.8	Fischfauna.....	59
5.9	Wattmessstellen.....	61
6.	Übersicht über die Erfüllung der Maßgaben der Einvernehmenserklärung .....	63
7.	Ausblick.....	71
8.	Literatur.....	72

### Anhang

Hamburg Port Authority

Hafeninfrastruktur

Infrastruktur Wasser

30. September 2016 / rev. 20. Mai 2017

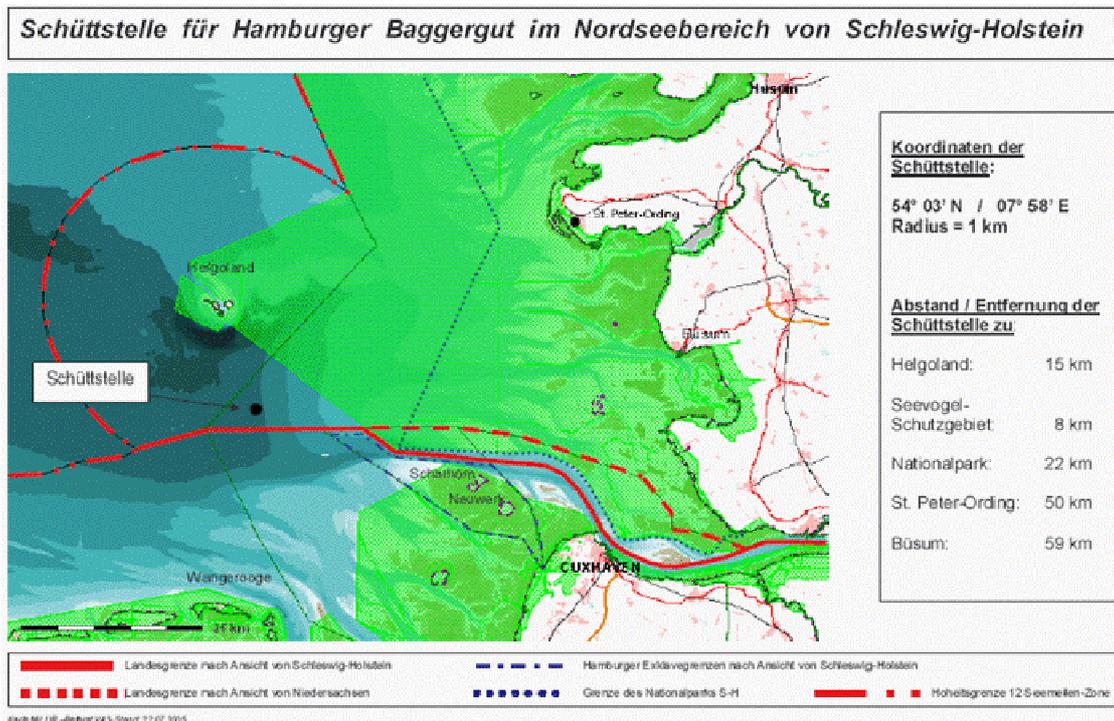
## 1. Veranlassung

Gemäß Einvernehmen des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (MELUR) zur Verbringung von Elbesedimenten aus dem Bereich Hamburgs zur Verbringungsstelle E3 hat die HPA dem MELUR „jährlich einen umfassenden Bericht über den Fortschritt der Gesamtmaßnahme, das durchgeführte Monitoring und dessen Ergebnisse sowie eine Bewertung vorzulegen. Dabei ist die Erfüllung aller Maßgaben des Einvernehmens jeweils einzeln begründet zu bestätigen“ (s. Einvernehmen, Maßgabe 24, Abschn. 6).

Die Maßnahme war zunächst bis Ende des Jahres 2011 befristet. Im Zeitraum 2008 bis 2011 wurde mit insgesamt 2 Mio m<sup>3</sup> LRV (Laderaumvolumen) verbrachter Sedimente die im Einvernehmen mit dem MELUR aus dem Jahr 2008 bewilligte Menge von 6,5 Mio m<sup>3</sup> LRV bei weitem nicht ausgeschöpft. Aufgrund der Sedimentationsentwicklung im Hafen in 2012 stellte die HPA daher einen Antrag zur Fristverlängerung des Einvernehmens.

Dieser wurde vom MELUR im Mai 2013 bewilligt, so dass in 2013 und 2014 im Falle eines Bedarfs erneut Sedimente zur Tonne E3 verbracht werden konnten, wobei die zu verbringende Gesamtmenge innerhalb dieser zwei Jahre 2 Mio m<sup>3</sup> nicht überschreiten sollte. Das Einvernehmen des Jahres 2008 in der geänderten Fassung vom Juli 2009 und dessen Maßgaben waren dabei weiterhin gültig.

Aufgrund des hohen Oberwassers im Juni 2013 war die Sedimentationsentwicklung im Hamburger Hafen im Sommer desselben Jahres insgesamt sehr gering. Daher war eine Verbringung von Baggergut zur Tonne E3 in 2013 nicht notwendig.



**Abbildung 1-1** Lageplan der Verbringungsstelle und der Schutzgebiete (aus der Einvernehmensklärung des Landes Schleswig-Holstein vom 26.7.2005)

In der ersten Jahreshälfte 2014 war das Oberwasser hingegen ungewöhnlich niedrig und es kam bereits im Frühsommer zu einer deutlichen Sedimentation in den Hauptbaggergebieten. Daher wurden im Sommer 2014 insgesamt 1 Mio m<sup>3</sup> LRV zur Tonne E3 verbracht.

Der vorliegende Bericht umfasst die Darstellung der Ergebnisse aus dem Monitoring in 2014. Für detaillierte Ergebnisse aus früheren Untersuchungen wird auf die Berichte der Jahre 2005 bis 2013 verwiesen (E3-Jahresberichte der HPA, 2005 bis 2013).

## **2. Entwicklung in den Jahren 2005 bis 2013**

Während die bei Unterhaltungsmaßnahmen vor dem Jahr 2000 anfallenden Baggeregutmengen etwa 2 Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr betragen, stiegen sie 2004 und 2005 auf 8 bis 9 Mio. m<sup>3</sup> an. Veränderte Sedimentationsbedingungen führen dazu, dass im Hamburger Bereich umgelagertes Sediment zeitweise mit der Strömung nur begrenzt aus diesem Elbabschnitt natürlich weiter stromab befördert wird. Wesentliche Anteile werden dann durch den so genannten Tidal-Pumping-Effekt stromauf transportiert und müssen mehrfach gebaggert und umgelagert werden. In Abhängigkeit von der Oberwasserführung der Elbe ist aus Sicht der HPA daher eine Verbringung in den ebbstromdominierten Bereich erforderlich. In der Abwägung erscheint dies auch unter Umweltsichtspunkten sinnvoll, da Umlagerungen im Bereich Hamburgs in der warmen Jahreszeit aus ökologischen Gründen nicht zulässig sind und mehrfaches Umlagern die Umwelt zudem mehrfach belastet.

Das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (MLUR)<sup>1</sup> hatte im Juli 2005 sein Einvernehmen erteilt, befristet bis zum 31.12.2008 insgesamt rund 4,5 Mio. m<sup>3</sup> Baggeregut in die Nordsee zu verbringen. Parallel hat die HPA im Juli 2005 mit der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes vereinbart, Sedimente aus der Delegationsstrecke der Bundeswasserstraße Elbe im Hamburger Bereich zur „Tonne E3“ zu verbringen, einen Bereich begrenzt durch einen 1 km Radius um die Koordinate 54°03'N und 07°58'E (Abbildung 1-1 mit Schutzgebietsgrenzen).

Im Rahmen dieses Einvernehmens wurden zwischen Oktober 2005 und Januar 2008 insgesamt 4,5 Mio. m<sup>3</sup> zur Tonne E3 verbracht. Im Ergebnis sind die Baggeregutmengen in Hamburg deutlich gesunken.

Im Juni 2008 haben die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes und die HPA das „Strombau- und Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe“ vorgelegt, das Bewirtschaftungsgrundsätze und Maßnahmenvorschläge, u.a. zur Reduzierung des Sedimentanfalls und der Schadstoffbelastung, enthält. Das Konzept wird durch eine Gemeinsame Erklärung der Umweltminister der Länder Niedersachsen und Schleswig-Holstein, dem Senator für Wirtschaft und Arbeit Hamburgs, dem Präsidenten der WSD Nord sowie den Geschäftsführern der HPA unterstützt.

Da die in dem Konzept benannten Maßnahmen kurzfristig nicht wirksam umgesetzt und Sedimentkreisläufe noch nicht ausreichend durchbrochen werden konnten, erteilte das Land Schleswig-Holstein am 1. August 2008 ein erneutes Einvernehmen für die Verbringung von Sedimenten aus der an Hamburg delegierten Strecke der Bundeswasserstraße Elbe. Das Einvernehmen sah die Verbringung von insgesamt 6,5 Mio. m<sup>3</sup> Baggeregut zwischen dem 01.08.2008 und dem 31.12.2011 vor und war an 26 Maßgaben geknüpft.

Nachdem im Frühjahr 2009 eine baggeregutbedingte Erhöhung der Bioakkumulation einiger Schadstoffe in Wellhornschncken auf dem Klappzentrum festgestellt worden war, wurden unter Berücksichtigung einer Stellungnahme der BfG im Ergebnis zwischen MELUR und HPA weitere Auflagen und Minimierungsmaßnahmen für eine Baggeregutverbringung vereinbart, die als erweiterte

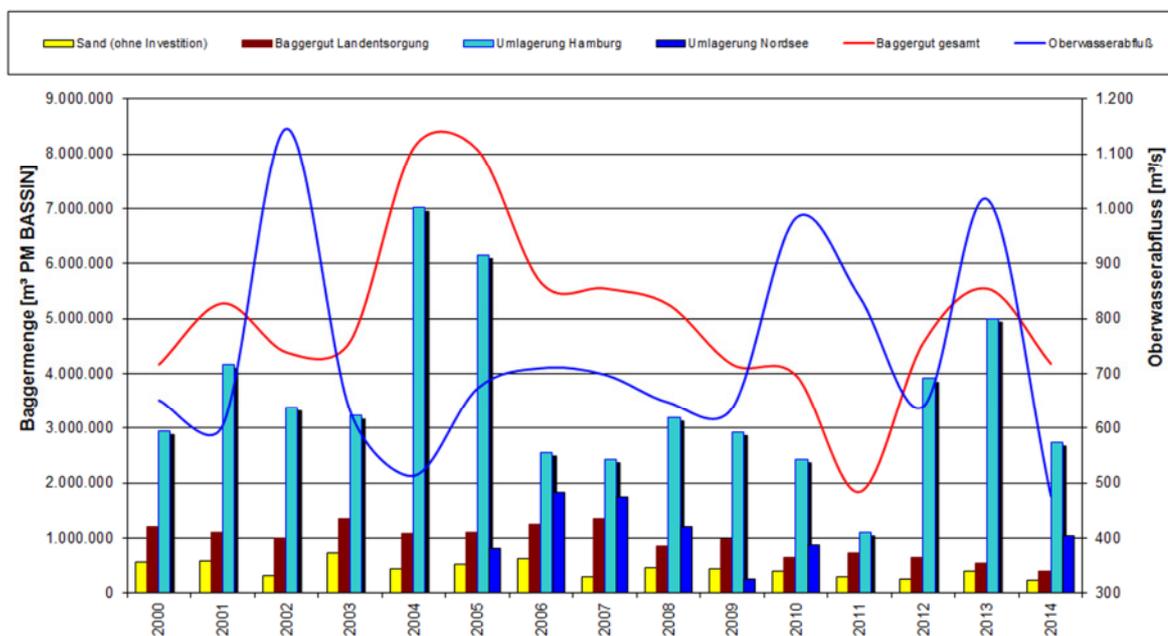
---

<sup>1</sup> seit 2012 Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (MELUR)

Maßgaben in eine modifizierte Einvernehmensregelung vom 28. Juli 2009 aufgenommen wurden (detaillierte Darstellung im E3-Jahresbericht 2009; 27 modifizierte Maßgaben s. Abschn. 6).

Auf Basis des Einvernehmens vom August 2008 wurden im Sommer 2008 insgesamt 1.008.000 m<sup>3</sup> LRV zur Tonne E3 verbracht. Über den Jahreswechsel 2009 / 2010 hinaus erfolgte im Rahmen des im Juli 2009 modifizierten Einvernehmens die Verbringung von 1.025.000 m<sup>3</sup> LRV. Aufgrund der Oberwasserhältnisse fiel in 2010 und 2011 nur wenig Sediment an, so dass in diesen Jahren eine Verbringung von Material zu E3 nicht notwendig war. Mit ca. 2 Mio m<sup>3</sup> von im Einvernehmenszeitraum 2008 bis 2011 verbrachten Materials wurde die vereinbarte Menge von 6,5 Mio m<sup>3</sup> bei weitem nicht ausgeschöpft.

### Baggermengen 2000 bis 2014



**Abbildung 2-1 Übersicht über Baggergutmengen und Verbleib sowie Oberwasserabfluss 2000 – 2014**

Abbildung 2-1 zeigt die Entwicklung der Baggergutmengen der Jahre 2000 bis 2014 in Hamburg sowie deren Verbleib. Die Umstellung auf die Verbringung von Baggergut in die Nordsee im Jahr 2005 wurde als befristete Sofortmaßnahme zum Erhalt der Wassertiefen des Hamburger Hafens und damit zur Gewährleistung des Hafenbetriebs notwendig und diente dem Ziel, so genannte Baggerkreisläufe kurzfristig zu durchbrechen. Die anschließend in den Jahren 2006 bis 2009 in Hamburg anfallende Baggergutmenge lag zwischen 5,0 und 5,5 Mio m<sup>3</sup> und damit wieder deutlich niedriger (Anmerkung zur Abbildung 2-1: Die in 2010 zu E3 verbrachte Menge an Baggergut ist hierbei der Sedimentation des Jahres 2009 zuzurechnen).

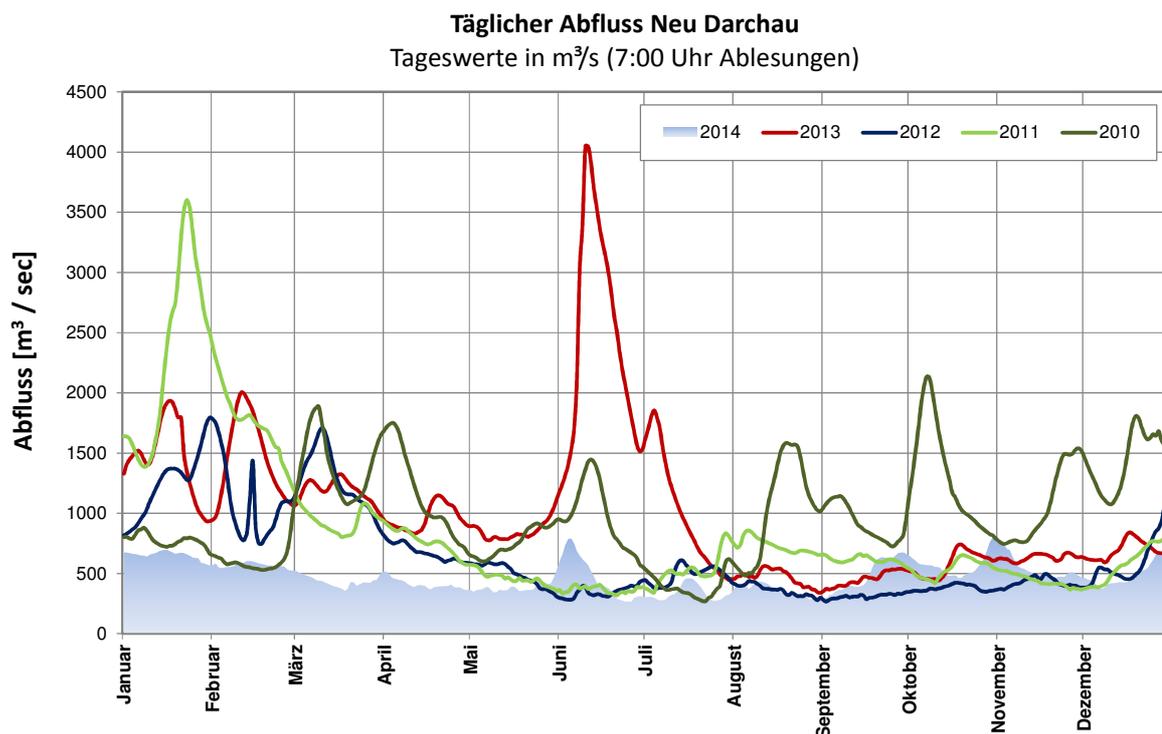
In den Jahren 2010 und 2011 gingen die Baggergutmengen erneut deutlich zurück. Ein Grund hierfür ist das hohe Oberwasser in diesen beiden Jahren (Abbildung 2-1, Abbildung 2-2). Ein hohes Oberwasser führt zu einer geringen Sedimentation im Hamburger Hafen, da mit stärker ebbgerichtetem Strom mehr Schwebstoffe in Richtung Elbmündung bewegt werden und das Tidal Pumping damit verringert wird. Während in 2010 fast der gesamte Jahresverlauf durch hohe Abflüsse

geprägt war, bewegten sich die Werte in 2011 nach einem sehr hohen Winterhochwasser im Frühjahr und Fröhsommer in einem eher durchschnittlichen Bereich. Anfang August 2011 kam es zu einem Anstieg des Oberwassers auf 850 m<sup>3</sup>/s (Abbildung 2-2), so dass die Sedimentation auch im Sommer 2011 noch niedrig lag.

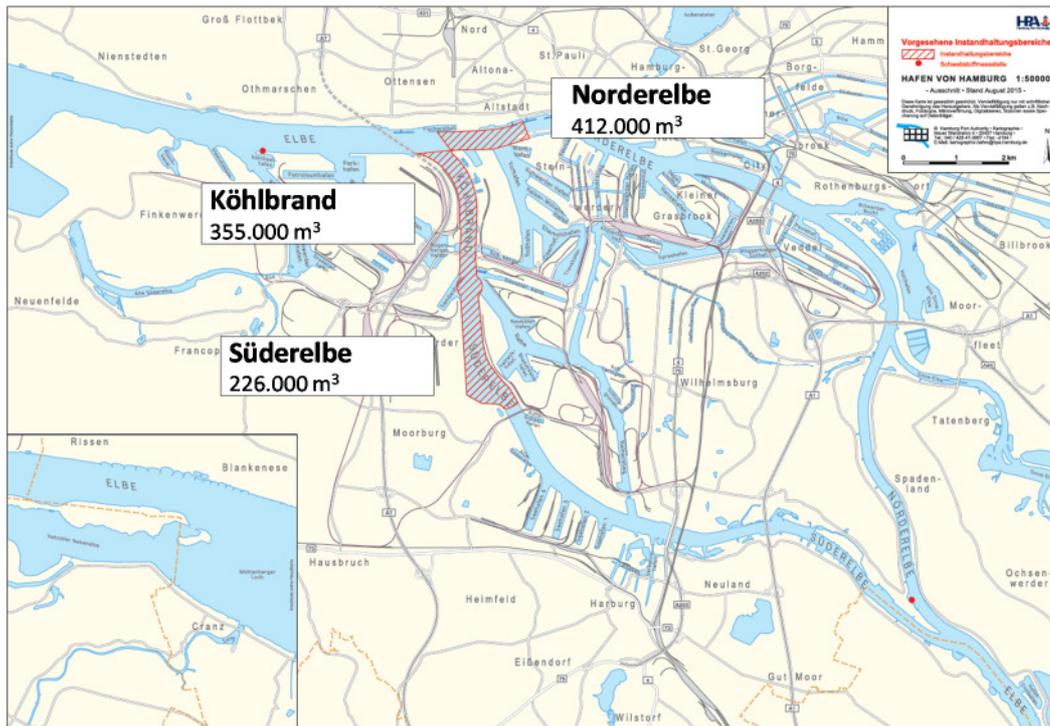
Im Herbst 2011 ging das Oberwasser zurück und die Sedimentation setzte ein. Dieses Material wurde vorwiegend im ersten Quartal 2012 bei Neßsand umgelagert. Im Sommer 2012, bei niedrigen Oberwasserverhältnissen, kam es erneut zu einer erheblichen Sedimentation im Bereich der Delegationsstrecke. Aufgrund dieser Entwicklung stellte die HPA in 2012 daher einen Antrag zur Verlängerung des Einvernehmens. Dieser wurde vom MELUR im Mai 2013 bewilligt, so dass in 2013 und 2014 im Falle eines Bedarfs erneut Sedimente zur Tonne E3 verbracht werden konnten, wobei die zu verbringende Gesamtmenge innerhalb dieser zwei Jahre 2 Mio m<sup>3</sup> nicht überschreiten sollte.

Das Material, dass sich im Sommer und Herbst 2012 in der Delegationsstrecke abgelagert hatte, wurde größtenteils im ersten Quartal 2013 zur Hamburger Landesgrenze verbracht. Daher rührt die hohe Menge des bei Neßsand in 2013 umgelagerten Materials in der Abbildung 2-1, die der Sedimentationsentwicklung in 2012 zuzuschreiben ist.

In 2013 kam es im Juni zu einem sehr hohen Oberwasser (Abbildung 2-2). Demgemäß war die Sedimentation im Hamburger Hafen im Sommer 2013 insgesamt sehr gering und eine Verbringung von Baggergut zur Tonne E3 nicht notwendig.



**Abbildung 2-2** Abfluss am Pegel Neu-Darchau [m<sup>3</sup>/s], Gegenüberstellung der Jahreskurven 2010 bis 2014



**Abbildung 2-3 Herkunft und Menge der in 2014 in die Nordsee verbrachten Sedimente (Laderaumvolumen)**

### 3. Entwicklung im Jahr 2014

Während der Sommer 2013 hydrologisch durch ein ungewöhnlich hohes Oberwasser gekennzeichnet war, lag der Abfluss im Herbst und Winter 2013 in einem eher durchschnittlichen Bereich. Das durch die Schneeschmelze üblicherweise im Frühjahr auftretende Hochwasser fiel in 2014 aus (Abbildung 2-2). Dadurch kam es bereits im Frühjahr 2014 zu einem deutlichen Anstieg der Sedimentation. Von November 2013 bis März 2014 wurde Material bei Neßsand umgelagert, wobei die größte Menge auf den März 2014 entfiel.

Von April bis Mitte September 2014 blieb die Oberwasserführung mit einem Durchschnittswert von  $390 \text{ m}^3/\text{s}$  vergleichsweise niedrig. Für den gleichen Zeitraum wurden in den vergangenen 10 Jahren Mittelwerte von 460 bis  $1074 \text{ m}^3/\text{s}$  festgestellt. Lediglich im Juni 2014 kam es zu einem kurzfristigen Anstieg des Oberwassers auf einen Tagesmittelwert von  $790 \text{ m}^3/\text{s}$  (Abbildung 2-2).

Aufgrund des sehr geringen Abflusses aus dem Einzugsgebiet der Elbe in 2014 und der damit einhergehenden verstärkten Sedimentation im Hafengebiet wurde im Juli im Rahmen des Einvernehmens mit dem Land Schleswig-Holstein mit der Verbringung von Baggergut in die Nordsee zur Tonne E3 begonnen.

Bei dem für die Verbringung in die Nordsee entnommenen Baggergut handelt es sich um frisches, schwebstoffbütiges Sediment aus der Hamburger Delegationsstrecke. Die Bezeichnung „frisch“ besagt in diesem Zusammenhang, dass es innerhalb des vorangegangenen Jahres in die entsprechenden Sedimentationsbereiche eingetragen wurde. Es stellt eine Mischung von aus dem Oberlauf eingetragenen Schwebstoffen sowie aus der Unterelbe stromauf transportierten Sedimenten dar.

Die Verbringung wurde vom 11.7.2014 bis 25.8.2014 mit dem Laderaumsaugbagger Bartolomeu Dias durchgeführt. Aus dem Köhlbrand wurden insgesamt  $355.000 \text{ m}^3$ , aus der Norderelbe

412.000 m<sup>3</sup> und aus der Süderelbe 226.000 m<sup>3</sup> entnommen (Abbildung 2-3). Bartolomeu Dias verfügt über ein Laderaumvolumen von 14.000 m<sup>3</sup>. Mit einer durchschnittlichen Umlaufzeit von 15,5 Stunden wurde in 70 Umläufen eine Gesamtmenge von 993.000 m<sup>3</sup> (Laderaumvolumen) in die Nordsee verbracht. Die im Einvernehmen mit dem Land Schleswig-Holstein für 2014 vereinbarte Gesamtmenge von 1 Mio m<sup>3</sup> (Laderaumvolumen) wurde damit eingehalten.

Durch die Verbringung zur Tonne E3 konnte eine spürbare Entlastung in der Wassertiefeninstandhaltung erreicht werden. Dennoch blieb die Situation weiterhin angespannt, so dass zur Reduktion von Einschränkungen in weiterhin kritischen Hafenbereichen bereits Anfang Oktober mit einer vorzeitigen Umlagerung bei Neßsand begonnen wurde (s. Neßsandbericht der HPA, 2014). Die in Abbildung 2-1 angegebene Baggergutmenge von 2,7 Mio m<sup>3</sup> für die Neßsand-Umlagerung ist zu ca. 55 % der ersten und zu ca. 45 % der zweiten Jahreshälfte 2014 zuzuordnen.

#### 4. Charakterisierung der Sedimente aus der Delegationsstrecke

Die Sedimente aus der Delegationsstrecke wurden vor der Baggerung auf ihre chemische Belastung und ökotoxikologische Wirkung hin untersucht. Die Teilbereiche Norderelbe, Köhlbrand und Süderelbe wurden dabei jeweils getrennt bewertet. Probenanzahl und Untersuchungsumfang entsprechen gemäß Maßgabe 7 in Abschn. 6 den Anforderungen der Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut (GÜBAK, 2009). In der Süderelbe wurde die Probenanzahl auf 14 Proben verdichtet (Maßgabe 8 in Abschn. 6). Acht Proben wurden im nördlichen Bereich und sechs Proben im südlichen Drehkreis entnommen.

Ein Überblick über die chemischen und ökotoxikologischen Analysen des Gesamtzeitraums findet sich in Tabelle A 2 bis Tabelle A 8. Hierbei sind die drei Gebiete der Delegationsstrecke (Norderelbe, Köhlbrand, Süderelbe) jeweils getrennt aufgeführt.

##### 4.1 Chemische Belastung

Im Juni bis Anfang Juli 2014 fanden die Freigabeuntersuchungen in den drei Bereichen Norderelbe, Süderelbe und Köhlbrand statt. Hierbei wurden die Sedimente auf ihre chemische und ökotoxikologische Wirkung hin untersucht und nach GÜBAK (2009) bewertet. Zusätzlich zum Messprogramm nach GÜBAK wurden in allen Proben die Schwermetallgehalte in der Gesamtfraktion ermittelt.

Bei einem Vergleich der drei Gebiete der Delegationsstrecke untereinander wurde in den Jahren 2005 bis 2009 festgestellt, dass die Süderelbe zu allen Beprobungen höhere Anteile an Feinkorn (Fraktion < 20 µm resp. < 63 µm) sowie höhere Anteile an Gesamtkohlenstoff und Nährstoffen (N, P) aufwies als die Norderelbe und der Köhlbrand (E3-Jahresbericht der HPA, 2011). Dies wurde auch bei der Beprobung im Sommer im Grundsatz 2014 bestätigt. Der Unterschied in der Feinkornfraktion (< 20 und < 63 µm) zwischen den Gebieten war dabei jedoch eher gering und nicht signifikant. Der Anteil der Fraktion < 63 µm lag in Norderelbe und Köhlbrand dabei mit 52 resp. 54 % im Vergleich zu den vorangegangenen Jahren verhältnismäßig hoch, während der Anteil der Fraktion < 63 µm in der Süderelbe mit 63 % eher durchschnittlich war.

Bedingt durch die stärkere Oberstrom-Prägung der Süderelbe im Vergleich zu Köhlbrand und Norderelbe wies die Feinfraktion dieses Gebietes in 2014, wie auch in den vorangegangenen Jahren seit 2005, für die Mehrzahl der ermittelten organischen und anorganischen Schadstoffe (Arsen, Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel, Zink, PAK Summe 16, HCH-Verbindungen, DDT-Metabolite, Pentachlorbenzol, Hexachlorbenzol) eine signifikant höhere Konzentration auf als die der anderen

beiden Gebiete. Für Chrom und die PCB-Kongenerie (Summe 7) wurde dies hingegen nicht festgestellt. Das in der Gesamtfraktion ermittelte TBT zeigte ebenfalls keinen signifikanten Unterschied zwischen den drei Gebieten.

Auch wenn die einzelnen Beprobungstermine in den drei Gebieten z.T. Unterschiede in der Sedimentbelastung aufweisen: Ein zeitlicher Trend ist für die Mehrzahl der untersuchten Parameter im Zeitraum 2005 bis 2014 nicht auszumachen. Zwischen 2005 resp. Frühjahr 2006 und Sommer 2007 war eine gewisse, statistisch signifikante Abnahme der Mineralölbelastung zu verzeichnen. Im gleichen Zeitraum ist die TBT-Belastung in allen drei Gebieten ebenfalls von ca. 150 µg/kg auf im Mittel 70 µg/kg gesunken. Zwischen 2007 und 2009, bis zum Ende des ersten Verbringungszeitraums, zeigten beide Parameter dann keine weitere Abnahme mehr.

Im Vergleich zu den Daten aus dem ersten Verbringungszeitraum zu E3 (Freigaben 2005 bis 2009) liegt der Schadstoffgehalt in 2014 in Köhlbrand und Norderelbe und z.T. auch in der Süderelbe bei einigen Parametern (Kupfer, Cadmium, PCB7, pp-DDE) relativ gesehen niedriger (Tabelle A-5, Abbildung 4-2, signifikant nach U-Test nach Mann-und-Whitney). Dies dürfte weniger auf gesunkene Schadstoffeinträge von Oberstrom als viel mehr auf einen hohen Anteil unterstromiger und damit weniger belasteter Schwebstoffe im Sediment zurückzuführen sein.

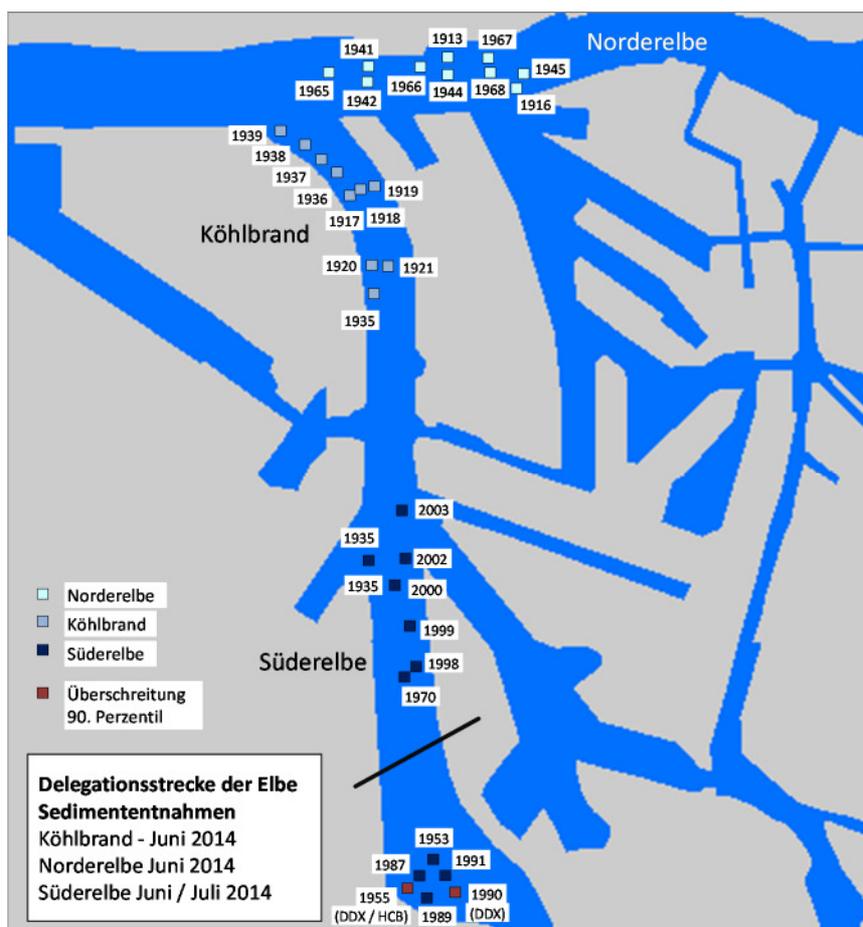
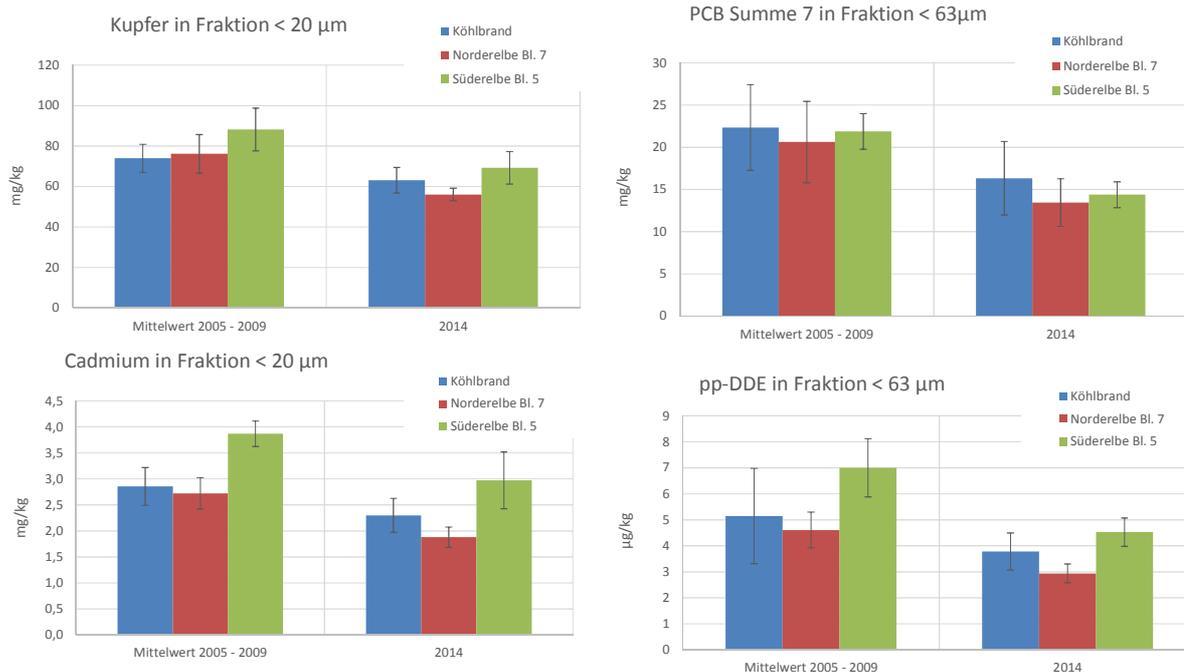


Abbildung 4-1 Probenahmepunkte der Freigabeuntersuchung in 2014



**Abbildung 4-2 Schadstoffgehalte in 2014 im Vergleich zu den mittleren Schadstoffgehalten aus den Jahren 2005 bis 2009** (Balken der Jahre 2005-2009 geben Standardabweichung der Mittelwerte, Balken aus dem Jahr 2014 Standardabweichung der Einzelwerte an. Unterschied zwischen dem Zeitraum 2005 bis 2009 (Mittelwerte) und 2014 (Einzelwerte) für die drei Gebiete und die vier Parameter signifikant nach U-Test nach Mann-und-Whitney ( $\alpha < 0,05$ )).

Die in der Fraktion <math>< 20 \mu\text{m}</math> ermittelten Mittelwerte der Cadmium-, Kupfer-, Quecksilber- und Zinkkonzentration der einzelnen Gebiete werden nach der GÜBAK (2009) zwischen RW1 und RW2 eingeordnet. In der Süderelbe wird der RW2 aller vier Metalle und im Köhlbrand der für Quecksilber jeweils in einzelnen Proben auch überschritten, während der Mittelwert auch hier zwischen RW1 und RW2 liegt. Arsen und Blei liegen mehrheitlich unter RW1, insbesondere in der Süderelbe jedoch auch zwischen RW1 und RW2, während die unteren Richtwerte für Chrom und Nickel in keiner der Proben erreicht werden.

Die auf die Fraktion <math>< 63 \mu\text{m}</math> normierten Konzentrationen an organischen Schadstoffen zeigen nach der GÜBAK (2009) für die Summe an PAK-Verbindungen und PCB-Kongeneren,  $\alpha$ -HCH sowie Pentachlorbenzol mehrheitlich eine Einstufung zwischen RW1 und RW2. In der Süderelbe werden im südlichen Drehkreis auch Konzentrationen dieser Schadstoffe > RW2 festgestellt. Mineralöl und  $\gamma$ -HCH liegen in allen drei Gebieten hingegen größtenteils unterhalb des unteren Richtwertes. Die Konzentration der Sedimente an DDT und seinen Metaboliten sowie an Hexachlorbenzol überschreitet nach der GÜBAK (2009) in jedem Gebiet zumindest für einige dieser Parameter den oberen Richtwert und bedingt damit in allen Fällen eine Einstufung der Sedimente in den Fall 3.

Das Einvernehmen mit dem Land Schleswig-Holstein aus dem Jahr 2008 sieht vor, dass der arithmetische Mittelwert der einzelnen Teilbereiche der chemischen (und ökotoxikologischen) Parameter nicht höher liegen darf als die entsprechenden Mittelwerte aus den Jahren 2005 bis 2007. Zudem darf die TBT-Konzentration einen Wert von 300  $\mu\text{g/kg}$  TS nicht überschreiten. In der geänderten Fassung des Einvernehmens aus dem Jahr 2009 wird zusätzlich gefordert, dass die Belastung mit HCB, TBT und Summe DDX die von 2005 bis 2007 ermittelten 90-Perzentil-Werte nicht übersteigen darf (Ziffer 10, Ziffer 11, Kapitel 6).

Die Beprobungspunkte sind in Abbildung 4-1 dargestellt. Im Gebiet der Süderelbe erfolgte die Sedimentation in zwei getrennten Bereichen: Zum einen im Norden auf der Höhe des Drehkreises zwischen Rethe und Sandauhafen bis hinunter zum Beprobungspunkt SE-1970 und zum anderen im südlichen Drehkreis der Süderelbe. Wie Abbildung 4-1 zeigt, wurde in zwei von sechs Proben des südlichen Drehkreises das 90. Perzentil der Summe DDX der zwischen 2005 und 2007 ermittelten Werte überschritten. An einem der beiden Punkte war zusätzlich das Perzentil für HCB überschritten. Daher wurde das Gebiet des südlichen Drehkreises von der Verbringung zu E3 ausgeschlossen.

Die arithmetischen Mittelwerte der einzelnen Teilbereiche der chemischen Parameter lagen nicht signifikant über denen aus dem Zeitraum 2005 bis 2007 (Tabelle A-5). Ein Wert von 300 µ/kg TBT wurde in keiner der Proben ermittelt.

Damit wurde das Einvernehmen für die Verbringung in die Nordsee für das Material aus dem Köhlbrand, der Norderelbe und dem nördlichen Bereich der Süderelbe hinsichtlich der chemischen Parameter eingehalten. Der südliche Drehkreis der Süderelbe wurde von der Verbringung ausgeschlossen.

## 4.2 Ökotoxikologische Wirkung

Zur Prüfung der ökotoxikologischen Wirkung von schadstoffbelasteten Sedimenten werden ökotoxikologische Tests durchgeführt. Dabei werden Mikroorganismen aus verschiedenen taxonomischen Gruppen und Trophieebenen entweder im Kontakttest direkt dem Sediment oder - in den meisten Fällen - dem Eluat oder / und Porenwasser der Sedimente ausgesetzt. Im Testansatz wird dann geprüft, ob und inwieweit die Organismen beeinträchtigt werden.

Zur Bewertung der ökotoxikologischen Wirkungen auf die unterschiedlichen Modellorganismen wird die von einer Umweltprobe ausgehende Toxizität dadurch charakterisiert, wievielfach eine Probe im Verhältnis 1:2 verdünnt werden muss, damit sie nicht mehr signifikant toxisch wirkt. Angegeben wird dieses als pT-Wert (pT 0 = unverdünnt bis pT 6 = mindestens sechsmal verdünnt). Werden mehrere Biotestverfahren eingesetzt, wird die Toxizitätsklasse der Umweltprobe durch den höchsten pT-Wert bestimmt. Diese Bewertung kann nur bei den Tests angewandt werden, bei denen mit Verdünnungsreihen gearbeitet wird.

Gemäß des von der BfG entworfenen Monitoringprogramms werden an den zur Verbringung vorgesehenen Sedimenten der limnische und der marine Algentest, der Leuchtbakterientest und der Daphnientest jeweils am Porenwasser und am Eluat angewendet. Der Leuchtbakterientest im Porenwasser ist für limnische und marine Proben identisch. Die Durchführung des limnischen und des marinen Leuchtbakterientest im Eluat unterscheidet sich nur durch den Zeitpunkt des Aufsatzens (vor oder nach der Elution) und ist damit nahezu identisch. Im vorliegenden Fall wurde die limnische Testvariante durchgeführt. Damit ergeben sich pro Probe 8 Testverfahren. Zusätzlich wurde der Amphipodentest durchgeführt, bei dem die Tiere direkt mit dem Sediment in Kontakt gelangen.

Die ökotoxikologischen Wirkungen der Proben aus den drei Untersuchungsgebieten sind in Tabelle A 6 bis Tabelle A 9 aufgeführt. In der Norderelbe und im Köhlbrand werden die Proben der limnischen Testbatterie in die Toxizitätsklassen II (gering toxisch) und III (mäßig toxisch) eingestuft. Hierbei ist jeweils der Algentest mit pT-Werten von 1 bis 3 in den Porenwasser- und Eluatproben das empfindlichste Verfahren, das damit auch für die Einstufung der Probe in die jeweilige Toxizitätsklasse verantwortlich ist. Die Werte des Leuchtbakterientests zeigen hingegen mehrheitlich pT 0 (nicht toxisch) und die des Daphnientests pT 0 bis pT 1 (nicht bis sehr gering toxisch) an.

Die Süderelbe zeigt sowohl mit dem Daphnientest als auch dem limnischen Algentest signifikant höhere Toxizitäten an als die anderen beiden Gebiete (pT0 bis pT3 für Daphnientest; pT1 bis pT4 für limnischen Algentest;  $p < 0,05$ ; Kruskal-Wallis-ANOVA; Post-Hoc-Scheffe), während die Proben im Leuchtbakterientest wie in den anderen beiden Gebieten auch mehrheitlich bei pT0 liegen. Dies führt zur Einstufung der Proben der Süderelbe in die limnischen Toxizitätsklassen III (mäßig toxisch) und IV (toxisch).

Die Proben im marinen Algentest zeigen in allen drei Gebieten niedrigere Werte als im limnischen. In der Norderelbe liegen die Werte zwischen pT1 und pT3, im Köhlbrand zwischen pT0 und pT3. In der Süderelbe werden nur Werte von pT1 und pT2 ermittelt.

Mittels Amphipodentest (Kontakttest mit dem Schlickkrebs *Corophium volutator*) wurden sowohl nicht toxische als auch leicht toxische Werte ermittelt (Tabelle A 6-Tabelle A 8). Die leicht toxischen Werte sind größtenteils allein aufgrund der in den Proben vorhandenen Ammoniumgehalte als plausibel anzusehen, da Ammonium auf *Corophium volutator* toxisch wirkt. Mittels Kernbeprobung gewonnene schlickige Sedimente aus dem Bereich der Delegationsstrecke weisen aufgrund ihres Gehaltes an organischer Substanz und ihres anaeroben Milieus natürlicherweise relativ hohe Ammoniumgehalte auf. Daher ist der Amphipodentest für den Bereich der Delegationsstrecke als wenig aussagekräftig anzusehen.

Aufgrund der logarithmischen Natur der Datenerhebung ist nach Ansicht der BfG nicht erlaubt, das arithmetische Mittel von pT-Klassen zu bilden. Zum besseren Vergleich der Daten aus früheren Jahren gemäß dem Einvernehmen (Kapitel 6, Ziffer 10) sind in Tabelle A 9 dennoch arithmetische Mittelwerte aufgeführt.

Im Einvernehmen mit dem Land Schleswig-Holstein aus dem Jahr 2009 wird gefordert, dass die Sedimente nicht signifikant höher belastet sein dürfen als die, die zwischen 2005 und 2007 verbracht wurden (Kapitel 6, Ziffer 10). Zudem dürfen sie keine signifikante ökotoxikologische Verschlechterung der Sedimentqualität an der Verbringstelle erwarten lassen. Proben der Toxizitätsklasse V und VI dürfen nicht verbracht werden (Kapitel 6, Ziffer 12 und 13).

Eine signifikante Erhöhung der ökotoxikologischen Belastung in den drei Gebieten im Vergleich zum Zeitraum 2005 – 2007 wird weder mit der limnischen noch mit der marinen Testpalette ermittelt. Die jeweiligen Werte für Norder- und Süderelbe liegen für die limnische und die marine Testbatterie sehr nah bei den Mittelwerten aus den Jahren 2005-2007 (Tabelle A 9). Der Mittelwert der limnischen Toxizitätsklasse der Süderelbe ist mit 3,6 zwar etwas höher als der Mittelwert der Jahre 2005-2007, dieser Unterschied ist aber nicht signifikant. Bei der marinen Testpalette liegt der Mittelwert der Süderelbe aus dem Jahr 2014 mit 2,0 hingegen etwas unterhalb des Mittels aus 2005-2007 von 2,5. Werte von pT5 und pT6 wurden in keiner Probe festgestellt.

Die ökotoxikologische Belastung in 2014 in den drei Bereichen der Delegationsstrecke lag damit nicht höher als die entsprechende Belastung im ersten Verbringzeitraum (2005 bis 2009/10). Da in diesem Zeitraum keine signifikante ökotoxikologische Verschlechterung der Sedimentqualität an der Verbringstelle ermittelt wurde, ist ebenfalls keine durch die erneute Verbringung zu erwarten.

Die Bedingungen aus dem Einvernehmen wurden damit eingehalten.

---

## 5. Monitoring im Verbringungsereich

---

### 5.1 Monitoring im Jahr 2014

---

Im Jahr 2014 wurden zwei Monitoringkampagnen nach dem regulären Monitoringprogramm durchgeführt. Eine Auflistung aller Monitoringuntersuchungen ist im Anhang in Tabelle A 1 angegeben.

Die Untersuchungen zur Sedimenttextur, Sedimentchemie und zur Ökotoxikologie, zum Makrozoobenthos, zur Fischfauna, zur Bioakkumulation an Wellhornschnellen, Pfeffermuscheln und Klieschen sowie zum Imposex an Wellhornschnellen wurden weitergeführt. Die Untersuchungen an den Wattmessstellen wurden ebenfalls fortgesetzt (Tabelle A 1).

Im Jahr 2013 wurde erstmalig eine Altersdatierung an Wellhornschnellen durchgeführt. Diese wurde in 2014 an ausgewählten Proben fortgesetzt, um die Ergebnisse weiter abzusichern. Auch die Altersdatierung an Klieschen wurde an den Proben von 2014 durchgeführt.

Geplant war, das in 2012 begonnene Programm der Kastengreifer-Untersuchungen fortzuführen. Dieses sollte dazu dienen, eine genauere Vorstellung von der räumlichen Verteilung des ausgebrachten Baggergutes zu erhalten. Aufgrund einer Beschädigung des Kastengreifers während der Ausfahrt musste die Beprobung jedoch abgebrochen werden. Für 2015 ist eine Fortführung des Programms geplant.

Bereits in 2009 war im Monitoringprogramm eine einmalige Untersuchung im Wasserkörper während einer Verklappungskampagne vorgesehen, um den maßnahmebedingten Eintrag von Nährstoffen in die Wasserphase zu erfassen und deren mögliche Auswirkungen auf die Algenpopulation zu dokumentieren. Hierzu sind verlässliche Aussagen jedoch nur während der Verbringungen und zu Zeiten der Algenproduktion, d. h. in der warmen Jahreszeit von Juni bis September, möglich. Im Sommer 2014 fand erstmalig seit 2008 eine Verklappung von Baggergut in den Sommermonaten statt. Demgemäß wurde auch eine Untersuchung der Wasserphase durchgeführt.

Im vorliegenden Bericht wird die zeitliche Entwicklung verschiedener Parameter im Gesamtzeitraum der Jahre 2005 bis 2014 betrachtet. Zwischen dem Zeitpunkt der letzten Baggergutausbringung (Februar 2010) und der Monitoringkampagne im Juli 2014 lagen 4,5 Jahre. Die zweite Monitoringkampagne fand im September 2014 statt, nachdem erneut Baggergut verbracht wurde. Der vorliegende Bericht beleuchtet die Entwicklung der Verbringungsstelle im „ungenutzten“ Zeitraum sowie die Veränderungen, die durch die erneute Verbringung zu beobachten waren.

### 5.2 Untersuchung der Wasserphase während der Verbringung

---

Im mit der Arbeitsgruppe Monitoring abgestimmten Monitoringkonzept der BfG vom 31.3.2011 ist festgelegt, dass einmalig während der Verklappungen in den Sommermonaten (Juni bis September) eine Messkampagne der Wasserphase bei E3 durchgeführt werden soll. Zielsetzung dieser Kampagne wäre die Gewinnung von Erkenntnissen über mögliche regionale Auswirkungen der Baggergutverbringung auf die gelösten Nährstofffraktionen, suspendierten Feststoffe, den Sauerstoffgehalt sowie das Phytoplankton in der Wasserphase.

Im Sommer 2014 fand erstmalig seit der Festlegung dieser Messungen im Monitoringkonzept eine Verklappung von Baggergut während der Sommermonate statt. Diese wurde daher von einer Messkampagne der Wasserphase begleitet. Die Untersuchungen sowie die Auswertung der Daten

wurden von der Firma AquaEcology vorgenommen und in einem eigenen Bericht zusammengefasst (AquaEcology, 2015).

Bei insgesamt fünf Messfahrten zwischen Juli 2014 und September 2014 wurden die in Abbildung 5-1 dargestellten Stationen beprobt. Die Lage der Stationen ist an die regulären Monitoringstationen der Nordseeschnitffahrten („Elbe-Schnitt“) des Alfred-Wegener-Instituts angepasst. Die Aufnahme der chemisch-physikalischen Parameter Temperatur, Salzgehalt, pH-Wert, Trübung sowie Sauerstoffgehalt erfolgte mittels Sonden in vier Wassertiefen (Oberfläche, 5 m, 10 m, Boden). Für die Untersuchung der Nährstoffe (Ammonium, Nitrit, Nitrat, Phosphat, Silikat) wurden an jeder Station an der Oberfläche und 1-2 m über dem Meeresboden Schöpfproben entnommen. An den oberflächennahen Wasserproben wurden Chlorophyllgehalt und Artzusammensetzung des Phytoplanktons ermittelt. Außerdem wurden an allen Schöpfwasserproben der Glühverlust und das Trockengewicht bestimmt.

Nach AquaEcology (2015) war die Gesamtsituation des Nordseewasserkörpers im Untersuchungsgebiet um die Klappstelle (Station 2/3) während der Verbringungsphase vom Juli bis September 2014 zu keiner Zeit als kritisch zu bewerten.

Die Sauerstoffsättigung im Oberflächenwasser wies zu einem großen Teil Werte über 100 % auf, bedingt durch das Wachstum von Phytoplankton. Lediglich zu einem Termin (21. August) lagen die Werte zwischen 80 und 100 %, da dort das Phytoplanktonwachstum offenbar geringer und die sauerstoffzehrenden Prozesse dominanter waren.

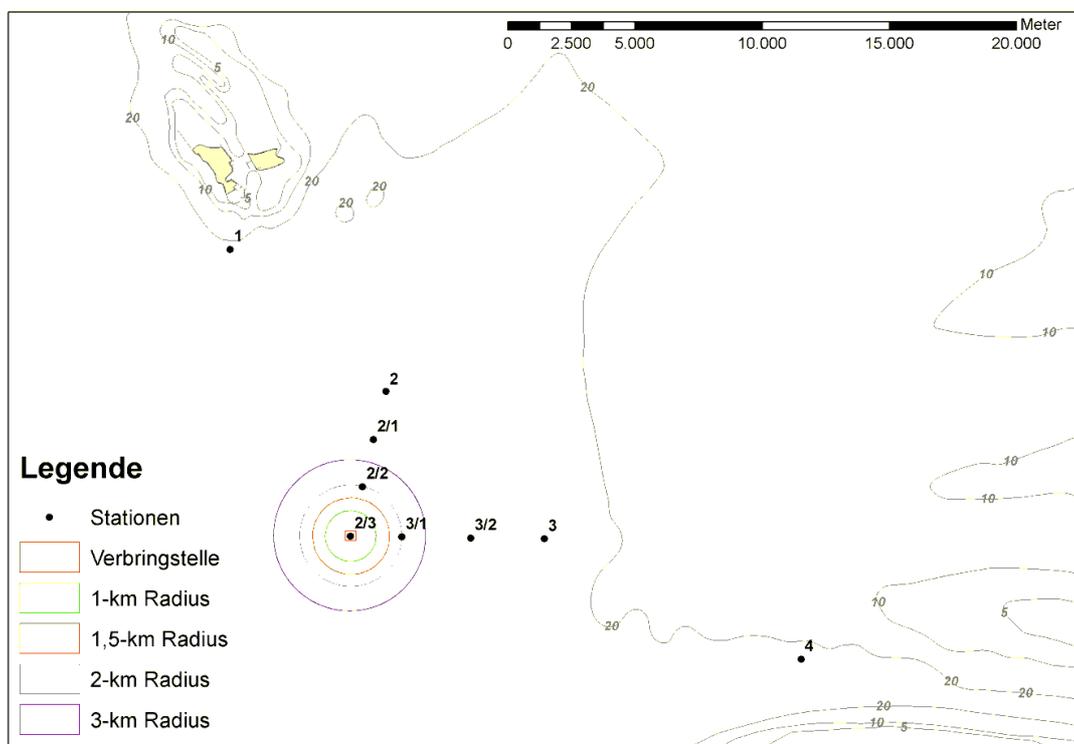
In der bodennahen Schicht lagen die Sauerstoffwerte (sowohl Sauerstoffsättigung als auch Sauerstoffgehalt) zu vier der fünf Beprobungstermine niedriger als an der Oberfläche, was auf eine Schichtung des Wasserkörpers hindeutet. Eine Schichtung des Wasserkörpers wird zu den ersten drei Terminen auch durch den Salzgehalt festgestellt. Die geringsten Sauerstoffgehalte der bodennahen Schicht waren Anfang August zu beobachten. Auch dort lag die Sauerstoffsättigung aber immer oberhalb von 60 % und war damit nach AquaEcology (2015) nicht als kritisch zu bezeichnen. Zum letzten Termin Anfang September waren die Werte in beiden Tiefen identisch bei ungefähr 100 %, vermutlich bedingt durch eine starke Durchmischung des Wasserkörpers (AquaEcology, 2015). Die Proben an der Klappstelle und in der ihrer näheren Umgebung zeigten keine Auffälligkeiten bezüglich der Sauerstoffsättigungswerte, so dass kein Einfluss der Baggergutverbringung festgestellt werden konnte.

Die weiteren physikalischen und physikalisch-chemischen Daten spiegelten eine typische Sommersituation im Nordseewasser wider. Die Nährstoffmessungen (Nitrat, Nitrit, Ammonium, Phosphat, Silikat) zeigten nach Vergleich mit langjährigen Datenreihen aus der marinen Umweltdatenbank MUDAB typische Verhältnisse im Rahmen der in diesem Wasserkörper im Sommer normalen Variabilität. Auch die Werte für Trübung, Salzgehalt und pH-Wert zeigten keine Auffälligkeiten (Tabelle A 10).

Ein Einfluss der Baggergutverbringung auf die Parameter der Wasserphase wurde lediglich an einem Termin (25. Juli) und nur an der Station an der Klappstelle festgestellt: Hier war die Trübung in Bodennähe im Vergleich zur Umgebung erhöht. Eine erneute Messung in Bodennähe nach einer Minute ergab eine Reduzierung der Trübung um über 30%, was eine schnelle Ablagerung der Sedimente anzeigt. Darüber hinaus lag der Ammoniumgehalt im Oberflächenwasser höher als an den umgebenden Stationen, bewegte sich dabei jedoch im Rahmen der normalen Variabilität, die im Nordseewasserkörper ohnehin zu erwarten ist. Zu diesem Termin wurde die Beprobung direkt nach der Verklappung durchgeführt, so dass ein derartiger Effekt auch zu erwarten ist.

Bei den biologischen Parameter (Phytoplanktonabundanz, Biomasse, Chlorophyll, Phaeophytin) wurden keine auffälligen Messwerte ermittelt. Die beim Phytoplankton bestimmten Artzusammensetzungen waren über den gesamten Zeitraum üblich für das Gebiet und die Saison und zeigten keine Auffälligkeiten.

Bei der Einschätzung der Messergebnisse ist zu berücksichtigen, dass der Wasserkörper der Nordsee im Sommer 2014 sehr stabil war (AquaEcology, 2015). Die ermittelten Ergebnisse sind damit nicht auf Jahre übertragbar, in denen andere Verhältnisse vorherrschen. So kann es nach AquaEcology (2015) im Sommer zu einem massiven Algenwachstum und nachfolgend zu Zersetzungsprozessen mit starker Sauerstoffzehrung in der Wassersäule kommen, bei denen die Einbringung von Baggergut ggf. eine negative Auswirkung haben könnte. Generell kann laut AquaEcology (2015) auf der Basis der erhobenen Daten aber festgestellt werden, dass die durch die Verbringung des Sedimentmaterials eingetretenen messbaren Effekte auf den Wasserkörper im Untersuchungsgebiet im Sommer 2014 äußerst gering waren.



**Abbildung 5-1** Lage der Messstationen für die Wasseruntersuchungen zur Baggergutverbringung im Sommer 2014

### 5.3 Verbleib des zur Tonne E3 verbrachten Sediments (Peilungen)

In den Jahren 2005 bis 2014 wurden insgesamt 15 Peilungen durchgeführt. Als Überblick ist in Abbildung 5-2 ein West-Ost-Schnitt dargestellt. Eine bathymetrische Darstellung findet sich im Anhang in Abbildung A-1.

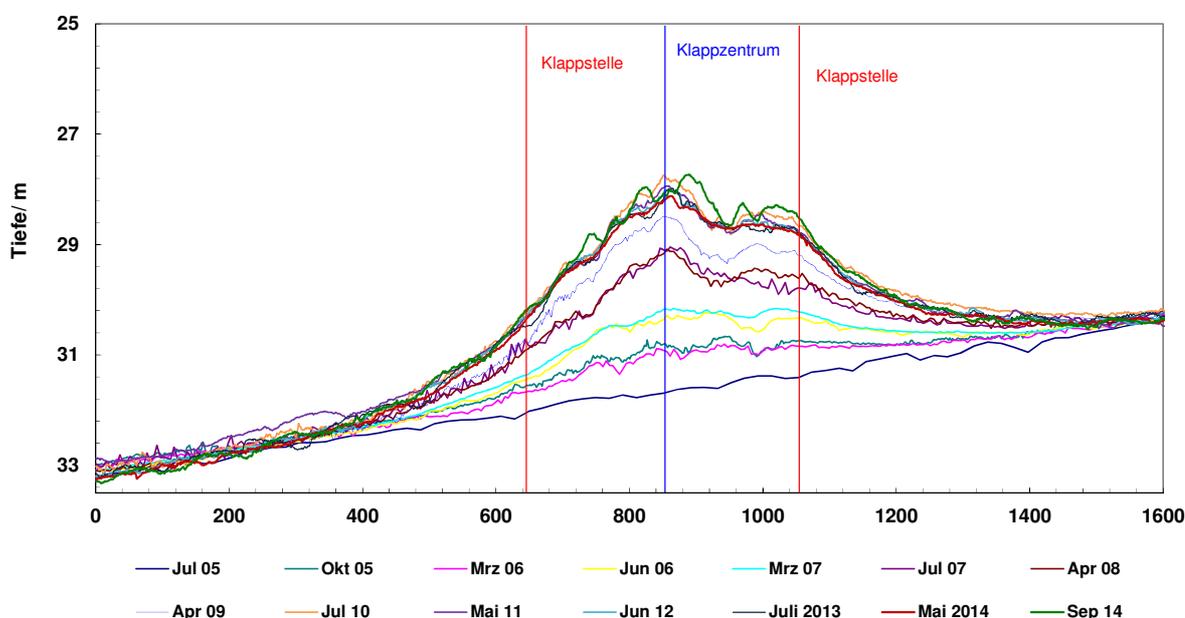
Vor Beginn der Verklappungen war das Gebiet durch eine kontinuierliche Tiefenzunahme von zwei Metern über eine Distanz von 2 km in Ost-West-Richtung charakterisiert, ohne eine weitergehend strukturierte Topographie aufzuweisen. Mit zunehmender Klappmenge bildete sich im Klappzentrum eine Erhöhung, die in 2010 im Maximum knapp unter 4 m lag.

Die Hangneigung der Erhöhung im Klappzentrum liegt bei maximal 0,5 % und ist damit sehr flach. Eine verstärkte Erosion und / oder eine Veränderung der Strömungsgeschwindigkeit bedingt durch die Aufhöhung ist nach Ansicht der BfG nicht zu erwarten (BfG, 2009).

Die Aufhöhung des Meeresbodens im Jahr 2010 nach Ende der Verbringungen lässt sich in Abbildung 5-2 bis in 450 bis 550 m Entfernung vom Klappzentrum gut erkennen. Zwischen Frühjahr 2010 und Sommer 2014 fanden keine weiteren Verbringungen statt. Die Höhenlinien zwischen Juli 2011 und Mai 2014 im West-Ost-Schnitt zeigen insbesondere im zentralen Bereich des Klappzentrums insgesamt eine gewisse Abnahme (Abbildung 5-2), die noch im Rahmen der Peilgenauigkeit liegt. Die Form der Erhöhung hat sich dabei jedoch nicht wesentlich verändert. Im Sommer 2014 fand erneut ein Auftrag von Baggergut statt. Dies zeigt sich im September 2014 durch einen insbesondere zentralen Bereich der Klappstelle zu erkennenden Auftrag (Abbildung 5-2).

Am Außenrand der Verbringestelle mit dem Radius von 1-km liegen die Höhenveränderungen bis 2014 im Rahmen der Peilgenauigkeit, die in diesem Gewässerbereich aufgrund eines fehlenden festen Bezugspunkts in etwa 0,3 m beträgt.

### West-Ost Profil/ m



**Abbildung 5-2 Querprofile (West-Ost) der Peilungen über den Verbringbereich von 2005 bis 2014 (Darstellung stark überhöht)**

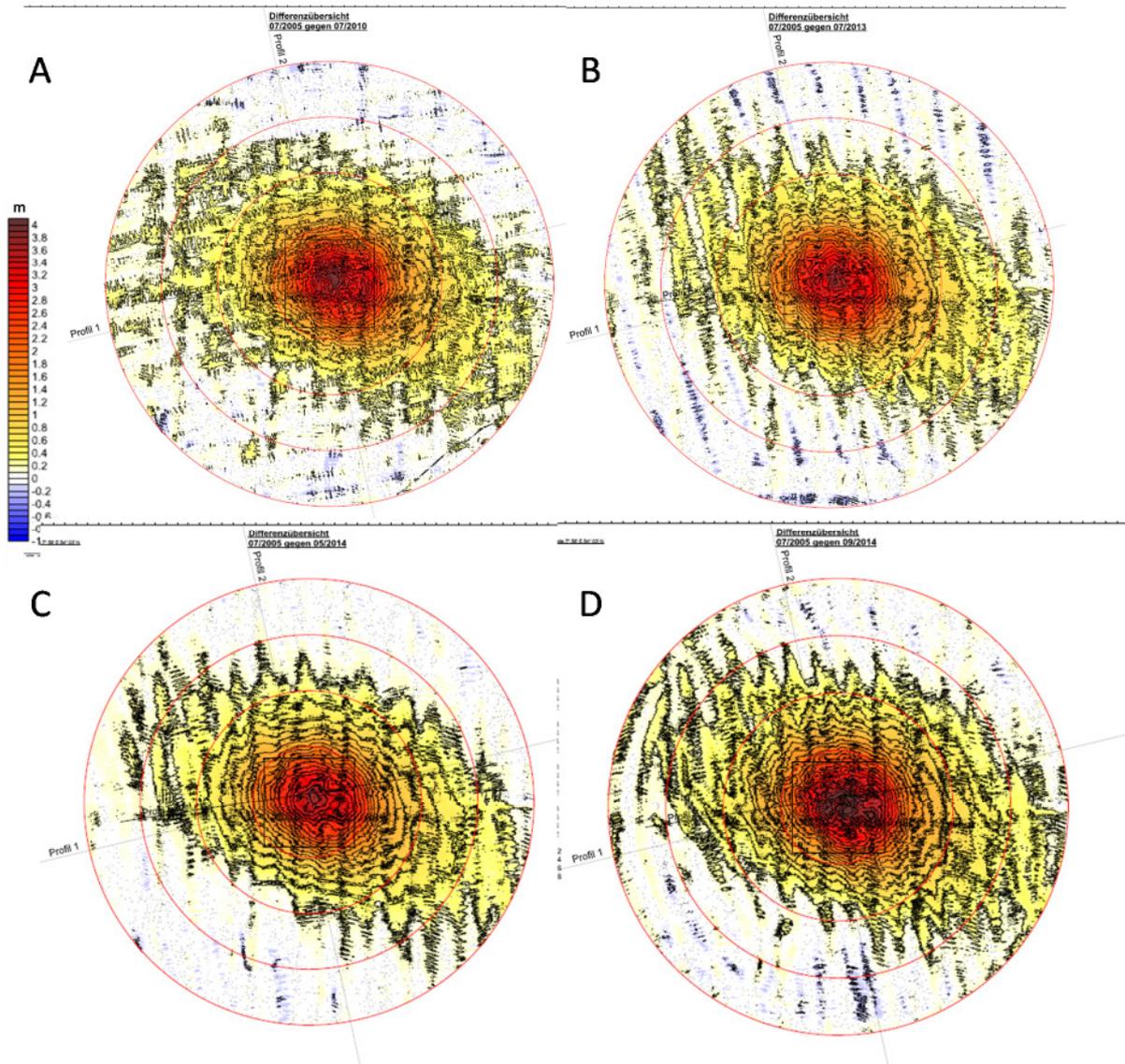
Eine Einschätzung des Volumens der Baggergutaufgabe und seiner Veränderung über die Zeit kann nur auf der Grundlage dieser Peilgenauigkeit erfolgen. Präzise quantitative Volumenschätzungen sind damit nicht möglich. Die in den E3-Jahresberichten 2010 bis 2013 angegebenen Differenzplots und der dazu gehörigen Volumina dienen damit nur einer ungefähren Orientierung (E3-Jahresberichte der HPA, 2010 bis 2013). In 2013 wurde die Berechnungsweise der Differenzplots etwas modifiziert, in dem nun der nördliche und der südliche Bereich innerhalb des 1-km-Kreises statt des 1-km-Umrings als Bezugsfläche verwendet werden. Sowohl Textur- als auch Schadstoffdaten weisen darauf hin, dass in diesen Bereichen kein Auftrag von Baggergut stattgefunden hat, so dass diese Vorgehensweise etwas genauer erscheint (E3-Jahresberichte der HPA, 2013).

In Abbildung 5-3 A ist der Differenzenplot der Peilung aus dem Jahr 2010 gegenüber der aus 2005 für den gesamten 1-km-Kreis dargestellt. Das Auftragsvolumen innerhalb des 1-km-Kreises für den Zeitraum 2005 bis 2010 beträgt 1,2 Mio m<sup>3</sup> (neue Bezugsbasis, nach alter Rechnung 1,4 Mio m<sup>3</sup>; s. E3-Jahresberichte der HPA, 2010-2012). Die Aufhöhung lag 2010 im Maximum knapp unter 4 m. Sie ist in West-Nordwest-Ost-Südost-Richtung orientiert und reicht im Südosten bis zum Rand des 1-km-Kreises.

Zwischen 2010 und Mai 2014 hat sich die Form der Baggergutaufgabe nicht wesentlich geändert (s. Abbildung 5-3 C). Betrachtet über die einzelnen Jahre wird im ersten Jahr nach Ende der Verbringung eine Abnahme (-145.000 m<sup>3</sup> für 2010-2011), im zweiten eine Zunahme (+101.000 m<sup>3</sup> für 2011-2012) und im dritten Jahr kaum eine Veränderung (+13.000 m<sup>3</sup> für 2012-2013) des Volumens der Baggergutaufgabe festgestellt. Auch im vierten Jahr wird ebenfalls kaum eine Veränderung ermittelt (+9.000 m<sup>3</sup> für 2013 - Mai 2014). Insgesamt wird zum Ende des verbringungsfreien Zeitraums in 2014 noch ein Auftragsvolumen von 1,18 Mio m<sup>3</sup> berechnet. Dieses liegt nur 23.000 m<sup>3</sup> unterhalb des Auftragsvolumens zum Ende des ersten Verbringungszeitraums aus 2010 (1,2 Mio m<sup>3</sup>, s. oben).

Nach der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung im Sommer 2014 wurde im September eine Nachpeilung durchgeführt. Diese ergab ein Auftragsvolumen von 184.000 m<sup>3</sup> im Sommer 2014 (Abbildung 5-3).

Eine Abnahme von 145.000 m<sup>3</sup> (Peilung 2010-2011) entspricht einer durchschnittlichen Höhenabnahme des gesamten Aufhöhungsbereichs von weniger als 5 cm und liegt damit innerhalb der Peilgenauigkeit. Dennoch ist nicht auszuschließen, dass vor allem durch Vorgänge der Konsolidierung und unter Umständen auch kleinräumige Erosion in Teilbereichen auch eine reale Volumenabnahme stattgefunden haben kann resp. dass durch Neusedimentation seit 2011 in Teilbereichen auch Aufträge erfolgt sein können. Eine großflächige Erosion ist nicht anzunehmen, u.a. da sich die Form der Auflage kaum verändert hat. Auch ein berechnetes Auftragsvolumen von 184.000 m<sup>3</sup> (Peilung Mai 2014 – September 2014) entspricht lediglich einer durchschnittlichen Höhenzunahme des gesamten Aufhöhungsbereichs von 6 cm und liegt ebenfalls im Rahmen der Peilgenauigkeit. Aufgrund der in diesem Gewässerbereich ausgeprägten Ungenauigkeit der Peilungen ist eine Volumenschätzung des Auftragsbereichs zwangsläufig mit großen Unsicherheiten behaftet und genauere Volumenangaben sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht möglich.



**Abbildung 5-3** Differenzenplot im 1-km Umring der Klappstelle im Vergleich der Jahre 2005 – 2010 (A), 2005 – 2013 (B), 2005 – Mai 2014 (C) und 2005 – September 2014 (D)

#### 5.4 Verdriftung während der Verbringungen (2005 bis 2010 und 2014)

Um zu einer ungefähren Einschätzung des Ausmaßes von Verdriftungen während der Verbringungen zu gelangen, werden verschiedene Untersuchungen herangezogen. Hierzu gehören:

- Regelmäßige Peilungen im Verbringbereich (2005 – 2014, Abschn. 5.2)
- Messungen der Sedimenttextur und der Sedimentchemie sowohl im Verbringbereich als auch an den über einen weiten Umkreis verteilten Monitoringstationen (2005 – 2014, Abschn. 5.5.1)
- Messungen der Sedimentchemie an Wattmessstellen auf schleswig-holsteinischem und niedersächsischem Gebiet (2005 – 2014, Abschn. 5.9)
- ADCP-Untersuchungen zur Verfolgung der Schwebstoffwolke während der Verklappung (2005)
- Mathematische Simulationen der Verdriftung (2005 und 2006)

Aufgrund der Peilgenauigkeit von 30 cm ist eine Volumenermittlung des im 1-km-Kreis abgelagerten Materials nicht sehr präzise (Abschn. 5.2). Wie im E3-Jahresbericht der HPA aus 2011 dargestellt, lässt sich der verdriftete Anteil der einzelnen Kornfraktionen durch eine Kombination von Peil- und Texturdaten dennoch ungefähr abschätzen. Zunächst wurde hierzu die Volumendifferenz im 1-km-Kreis zwischen 2005, vor Beginn der Verbringungen, und 2011, nach Ende der ersten Verbringungsphase, ermittelt. Anschließend wurde die Volumendifferenz der Verbringung im Sommer 2014 als Differenz der Peilung im Mai 2014 und im September 2014 errechnet. Werden die Peilungsdaten mit den Texturdaten kombiniert, so zeigt sich, dass das Baggergut eine West-Nordwest-Ost-Südost orientierte Aufhöhung gebildet hat, die eine sandigere Textur aufweist als der native Gewässergrund. Diese reicht im Westen bis an den 1-km-Kreis heran und ragt im Osten bis in den 1,5-km-Kreis hinein (Abbildung 5-5 für die Textur). Ihr Gesamtvolumen betrug in 2011 ungefähr 1,2 Mio m<sup>3</sup> und im September 2014 dann ungefähr 1,4 Mio m<sup>3</sup> (Abschn. 5.2).

Mit den Werten für das Volumen und der Textur des vor der Verbringung in der Delegationsstrecke beprobten als auch des abgelagerten Baggergutes wurde mit Annahmewerten für die Lagerungsdichte eine Wiederfindung der einzelnen Kornfraktionen im Bereich der Verbringestelle abgeschätzt. Nach dieser Rechnung werden sowohl von den von 2005 bis 2010 als auch in 2014 zur Tonne E3 verbrachten feinen Fraktionen des Baggergutes (< 20 µm und 20 bis 63 µm) insgesamt jeweils zwischen 30 und 40 % noch im Bereich der Verbringestelle wiedergefunden. Damit ist von einer Verdriftung von 60 bis 70 % dieser Fraktionen über den 1-km-Kreis hinaus auszugehen. Für die Fraktion des feinen Feinsandes (63 bis 100 µm) wird eine Verdriftung von 40 bis 55 % geschätzt. Umweltauswirkungen von verdriftenden Anteilen auf angrenzende Gebiete, wie Küsten- und Schutzgebiete, werden nicht festgestellt. Die gröberen Sande bleiben hingegen nach bisherigen Kenntnissen vollständig auf der Klappstelle. Insgesamt ist damit von einem Verbleib von ungefähr zwei Drittel des gesamten Materials im 1-km-Kreis auszugehen. Diese Rechnungen sind aufgrund der Unsicherheiten unter anderem bei Peilgenauigkeit und den Annahmen für Lagerungsdichten nur als sehr grobe Abschätzungen zu verstehen.

Die Daten zur Sedimentchemie, die außer im direkten Verbringbereich auch in der unmittelbaren sowie weiteren Umgebung bis in eine Ausdehnung von 6 km, teilweise auch bis in 9 resp. 12 km Entfernung sowie an Wattmessstellen auf schleswig-holsteinischem und niedersächsischem Gebiet erhoben werden (Abschn. 5.5.1 und Abschn. 5.9), lassen Rückschlüsse auf potenzielle verklappungsbedingte Effekte zu. Diese Daten zeigen außerhalb der direkten Verbringestelle von einem Umkreis von 1 bis maximal 1,5 km seit 2005 bis 2014 keine Erhöhung der chemischen Belastung an (Abschn. 5.5.1). Dies schließt eine geringfügige Ablagerung von verdrifteten Materialien in der Umgebung des 1-km-Kreises zwar nicht aus, zeigt jedoch, dass es sich hierbei nicht um quantitativ nennenswerte Mengen handeln kann. Die niedersächsischen und schleswig-holsteinischen Wattmessstellen, die seit 2007 beprobt werden, zeigen ebenfalls keine Auswirkungen der Baggergutverklappungen bei Tonne E3 an (Abschn. 5.9).

Zur direkten Ermittlung der Verdriftung während einer Verklappung wurden einmalig (Herbst 2005) aufwändige ADCP-Messungen (ADCP = Acoustic Doppler Current Profiler) durchgeführt (ausführliche Darstellung s. E3-Jahresbericht der HPA, 2005). Diese Messungen wurden in Abstimmung mit der BfG und dem MELUR nicht wiederholt, da sie repräsentativ für die Verbringungskampagnen sind und kein neuer Erkenntnisgewinn von einer Wiederholungsuntersuchung zu erwarten ist.

Mittels ADCP kann die beim Verklappen entstehende Feststoffwolke in der Wassersäule sowohl über die Zeit als auch in der Tiefe sichtbar gemacht werden. Die Messungen zeigen, dass der größte Teil des Materials innerhalb kürzester Zeit zu Boden sinkt und sich als Dichteströmung weiter seitlich ausbreitet (Abbildung A 2). Die Trübungsfahnen konnten über 4 bis 5 Stunden und bis zu maximal 8 km verfolgt werden (Abbildung A 3). In weiterer Entfernung sind eventuelle verklappungsbedingte Schwebstoffe vor dem Hintergrund der natürlichen Schwebstoffgehalte in der

Wasserphase nicht mehr nachweisbar. Eine Trübungswolke, die den Nationalpark oder die Watten erreicht, kann damit ausgeschlossen werden.

Um Aufschluss über den weiteren Verbleib der feinen Schwebstoffe auch in den niedrigen Konzentrationsbereichen zu erhalten, die durch Messungen nicht mehr erfasst werden können, wurden zudem von der BAW in den Jahren 2005 und 2006 mathematische Simulationen der Sedimentausbreitung durchgeführt (s. E3-Jahresbericht der HPA, 2006). Hierzu wurde ein hochauflösendes dreidimensionales Rechenmodell der Nordsee eingesetzt, in dem sowohl der Einfluss des Salzgehaltes als auch meteorologische Einflüsse berücksichtigt sind. Diese Simulation zeigt nur für sehr geringe Schwebstoffgehalte kleiner als 0,01 mg/l zwar eine weiträumige Ausdehnung in die Deutsche Bucht (zum Vergleich: Die natürliche Schwebstoffkonzentration liegt in diesem Bereich bei 10 bis 25 mg/l). Derart geringe Konzentrationen sind jedoch messtechnisch nicht mehr zu erfassen. Auch während der Verklappungen erreicht die Schwebstoffkonzentration aus der Baggergutverbringung im Modell nur lokal begrenzt und kurzzeitig Werte über 1 mg/l, liegt auch hier also weit unter den natürlichen Schwebstofffrachten.

Neben der Verdriftung von verklappten Sedimenten wurde mit dem mathematischen Modell über eine Verbringsaison untersucht, in welchen Bereichen es zu einer Deposition der Sedimente kommt. Die Modellanalyse zeigte, dass eine Ablagerung weitestgehend im nahen Umfeld der Verbringstelle stattfindet. In der weiteren Umgebung verteilen sich die Sedimente nur in extrem geringen Schichtdicken von <1 mm auf einer Fläche von ca. 45 km<sup>2</sup> um die Verbringstelle herum. Dieser Anteil liegt weit unterhalb der messtechnisch erfassbaren Größenordnungen. Diese berechneten Modellierungsergebnisse bestätigen somit auch in dieser Hinsicht die in der Natur mittels ADCP gemessenen Vorgänge, nach denen Schutzgebiete oder die Watten nicht beeinträchtigt werden.

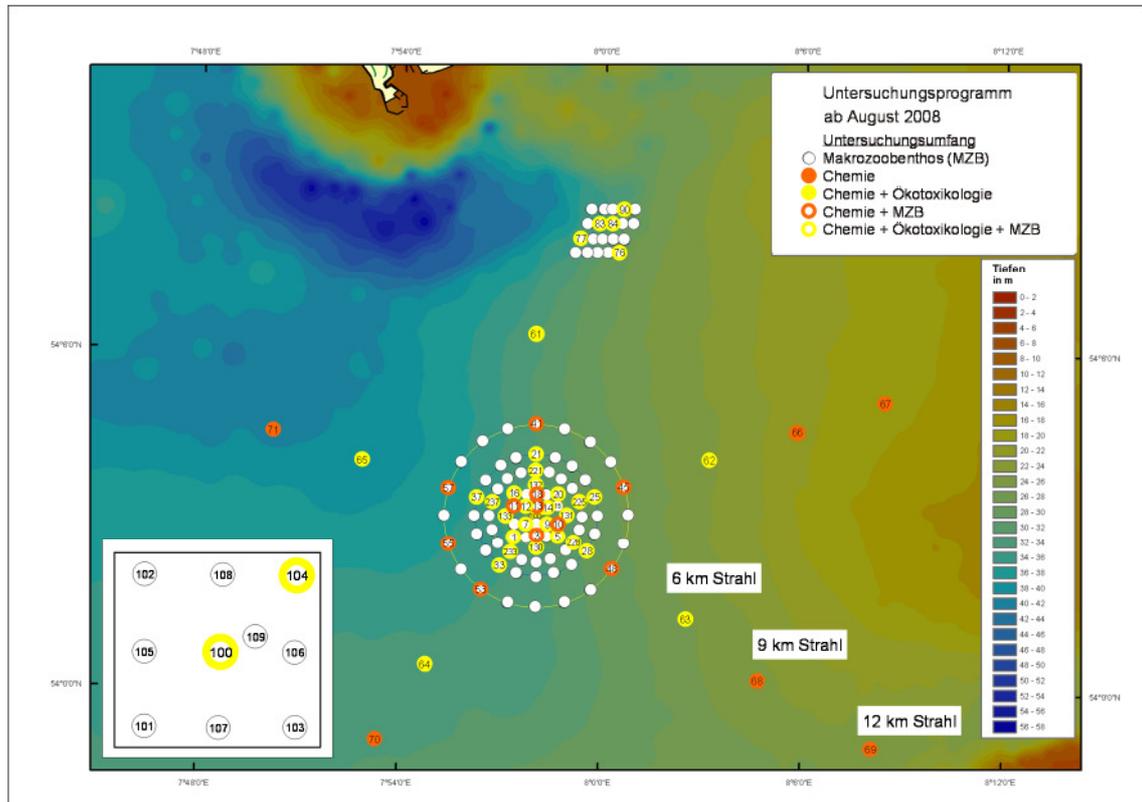
Zusammenfassend ergibt sich aufgrund von Untersuchungen und Modellierungen folgendes Bild: Das Material sinkt innerhalb kurzer Zeit zu Boden und breitet sich dort allenfalls als räumlich begrenzte bodennahe Dichteströmung seitlich aus. Ungefähr zwei Drittel des bei der Tonne E3 im Zeitraum 2005 bis 2010 sowie in 2014 eingebrachten Materials kommen im Bereich des 1-km-Kreises zur Ablagerung. Die Untersuchungen im verbringungsfreien Zeitraum (2010 bis Sommer 2014) haben gezeigt, dass dies Material dort weiterhin aufgefunden wird. Entstehende, über den 1-km-Kreis hinaus reichende Trübungswolken sind nach spätestens 4 bis 5 Stunden und einer Entfernung von 8 km als Konzentrationen nicht mehr zu erfassen. Erhöhte Schadstoffkonzentrationen in der Umgebung außerhalb des direkten Verbringbereichs werden bis 2014 einschließlich nicht festgestellt und sind nach den Ergebnissen der mathematischen Simulationen auch nicht zu erwarten. Eine Beeinträchtigung sowohl von näher gelegenen Gebieten, wie z.B. Helgoland und Schutzgebieten, als auch von den weiter entfernten Wattflächen durch die Verdriftungen kann nach diesen Ergebnissen ausgeschlossen werden.

Der Beweissicherung dienen im Rahmen des Monitorings die eingangs genannten Verfahren (regelmäßige Peilungen sowie Messungen der Sedimentchemie und Sedimenttextur).

## 5.5 Beprobung der Sedimente

Um die Auswirkungen auf die Sedimente im Verbringungsgebiet zu erfassen, wurde von der BfG zu Beginn des Monitorings im Jahr 2005 ein Probenahmeraster entworfen (Abbildung 5-4). Das gesamte Untersuchungsgebiet wurde in die Verbringstelle (1-km Radius), zwei umhüllende Ringe in zwei und drei Kilometer Abstand zum Zentrum der Verbringstelle, vier Strahlen nach Südost, Südwest, Nordwest und Nordost, die bis in zwölf Kilometer Entfernung reichen, sowie ein nördlich gelegenes, von den Verbringungen unbeeinflusstes Referenzgebiet, unterteilt. Im April 2008 wur-

den in Abstimmung mit der BfG im 1-km-Ring zusätzliche acht Proben für chemische Untersuchungen entnommen, um die räumliche Ausdehnung der mit Baggergut beaufschlagten Fläche besser einschätzen zu können. Die Lage dieser Sonderstationen wurde bei der Beprobung im August 2008 noch einmal verändert, da die im April ausgewählten Stationen noch zu dicht am Zentrum des 1-km-Ringes lagen. Zudem wurden die Beprobungsstationen im August 2008 um einen Ring aus 20 Probenpunkten in 1,5 km Entfernung vom Klappzentrum erweitert (Abbildung 5-4).



**Abbildung 5-4** Lageplan der Verbringestelle, des Außengebietes und des Referenzgebietes (Karte der BfG, verändert, Maßstab 1:125000)

Die erste Probenahme erfolgte vor Beginn der Arbeiten Ende Juli 2005 und stellt die Nullbeprobung dar. Ab der zweiten Beprobung, die im Oktober 2005 im Anschluss an die erste Verbringekampagne stattfand, wurden zusätzlich zehn Proben im 400\*400 m Feld im Zentrum der Verbringestelle genommen (Abbildung 5-4). Dieses Gebiet wird im Folgenden als „Klappzentrum“ bezeichnet. Für die Positionen im Klappzentrum sowie für die ab 2008 neu hinzugekommenen Positionen innerhalb der Verbringestelle und im 1,5-km Ring liegt somit keine Nullbeprobung vor.

Im Jahr 2014 wurden zwei Monitoringkampagnen durchgeführt. Die erste fand im Juli vor der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung, die zweite im September kurz nach Beendigung der Verbringung statt. Zu beiden Beprobungen wurden in einem abgestuften Untersuchungsprogramm an 110 Proben Benthosuntersuchungen, an 52 Proben chemische und an 34 Proben ökotoxikologische Untersuchungen durchgeführt (Tabelle 5-1). Die Anzahl der auf Schadstoffe, ökotoxikologische Wirkungen und Besiedlung des Makrozoobenthos untersuchten Proben entspricht damit der aus dem maßnahmenbegleitenden Monitoring der Vorjahre.

Proben zur Texturanalyse wurden im Juli 2014 an 81 und im September an 125 Proben entnommen. Bereits in 2012 wurde die Probenanzahl für die Texturanalyse von 125 auf 81 reduziert. Die

Erhebung der Textur erfolgte weiterhin an allen Proben, an denen auch Schadstoffanalysen durchgeführt wurden, sowie an den Proben bis zum 1,5-km-Umring. Dieser Umfang wurde als notwendig und angemessen angesehen, um die Ausbreitung der Baggergutaufgabe sicher eingrenzen zu können. Die in den Vorjahren ermittelte Erhebung der Textur an allen Stationen erfolgte nur, um einen Einfluss möglicher Texturveränderungen auf das Makrozoobenthos eingrenzen zu können. Die Daten der vergangenen Jahre haben aber gezeigt, dass sich die Textur außer auf der Verbringungsstelle über die Zeit nicht wesentlich ändert, so dass von Seiten des Makrozoobenthosgutachters die Ermittlung der Fingerprobe hierfür mittlerweile als hinreichend angesehen wird. Nach Wiederaufnahme der Verbringung erfolgte nach Beschluss der Arbeitsgruppe Monitoring eine erneute, einmalige Erhebung der Textur an allen Proben, um sicherzustellen, dass durch die Verbringung keine Effekte in weiterem Umkreis nachweisbar sind.

Die Sedimentproben wurden mit einem Van-Veen-Greifer mit Klappen entnommen und auf einen Parameterumfang gemäß den Anforderungen der GÜBAK (2009) untersucht. Die Daten dieser Erhebungen werden sowohl im räumlichen als auch im zeitlichen Vergleich ausgewertet.

**Tabelle 5-1 Anzahl der pro Termin (Juli 2014 und September 2014) beprobten Stationen**

Ort	Bereich	Textur Juli / Sept	Schadstoffe	Bioteste	Benthos
Klappzentrum	400x400	10/10	2	2	10
Verbringungsstelle	1-km	24/24	18	12	20
Nahfeld	1,5-km	20/20	5	5	20
	2-km	5/20	5	5	20
	3-km	6/20	6		20
Fernfeld	6-km	5/5	5	5	
	9-/12-km	6/6	6		
Referenz		5/20	5	5	20
<b>Summe</b>		<b>81/125</b>	<b>52</b>	<b>34</b>	<b>110</b>

### 5.5.1 Körnung und Schadstoffbelastung der Sedimente

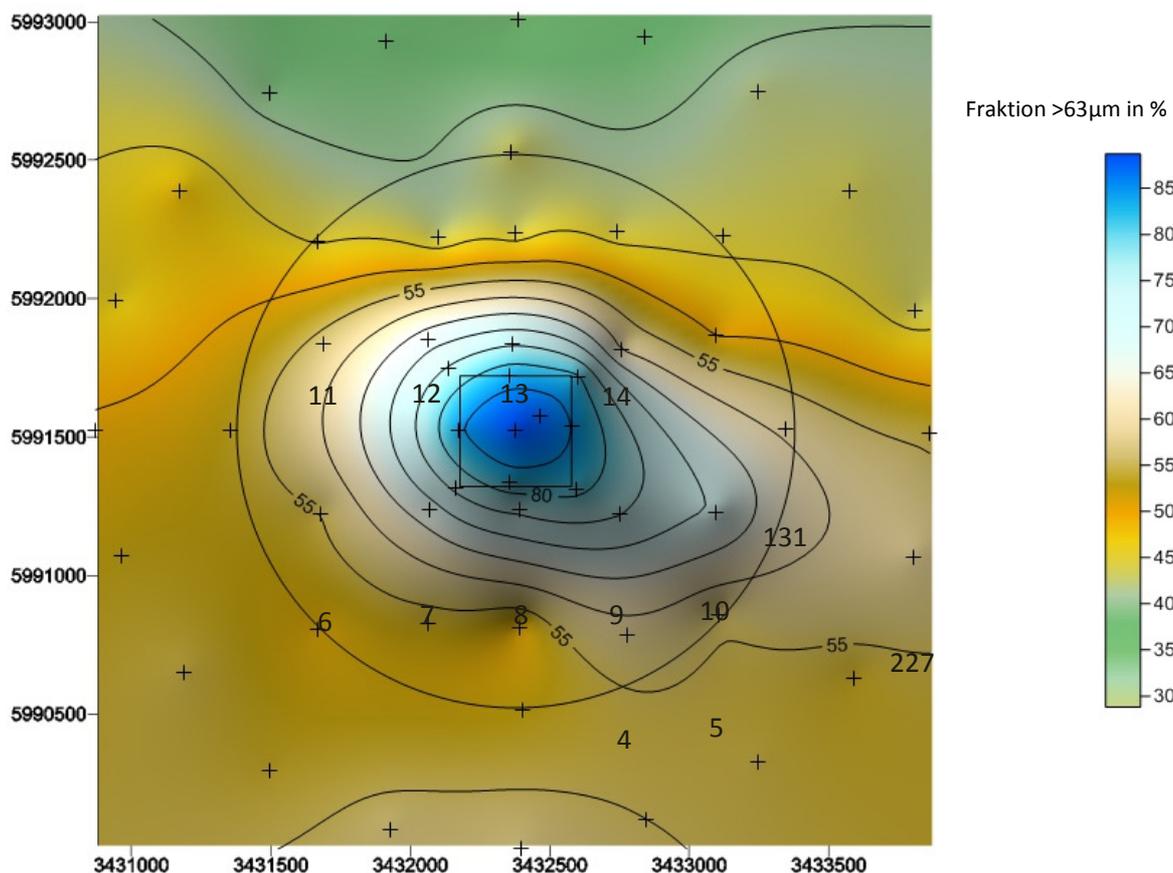
#### Körnung

Die Textur im Bereich der Tonne E3 war vor Beginn der Baggergutverbringung im Oktober 2005 durch Schluff im Nordosten und einen zunehmenden Sandanteil nach Südwesten hin charakterisiert. Durch die Verbringungen hat sich, wie auch in den vorangegangenen Jahresberichten dargestellt, eine West-Nordwest-Ost-Südost orientierte, sandige Auflage gebildet, deren Lage sowohl mittels Peilungen (s. Abschn. 5.2) als auch über Texturanalysen festgestellt werden kann.

Die Texturanalysen zeigen eine Ausdehnung dieser Sandauflage bis zum Rand des 1-km-Kreises. Im Südosten ist die Sandauflage weiter ausgedehnt und reicht auch bis zum 1,5-km-Kreis (Abbildung 5-5). Zwischen März 2010 und Juli 2014, 4,5 Jahre nach dem vorläufigen Ende der Verklappungen, hat sich die Form der Baggergutaufgabe dabei nicht wesentlich verändert (E3-Jahresbericht der HPA, 2011-2013).

Dominierende Fraktion innerhalb der Sandauflage ist der gröbere Feinsand (Korngröße 100-200  $\mu\text{m}$ ), während die feineren Fraktionen (< 63  $\mu\text{m}$ ) geringer konzentriert sind. Der durch die Verklappungen ausgebrachte Mittelsand (Korngröße 200-630  $\mu\text{m}$ ) hat sich nahezu vollständig im Klappzentrum sowie im Bereich der an das Klappzentrum angrenzenden Stationen des 1-km-Kreises (Station 7, 8, 9, 10, 12, 13; Abbildung 5-5) abgelagert, ist aber auch hier in geringeren Anteilen vorhanden als der gröbere Feinsand. Die Verteilung der Sand- und Feinfraktionen ist auf die Kornsortierung zurückzuführen, die aufgrund der unterschiedlichen Sinkgeschwindigkeiten der verschiedenen Bestandteile des eingebrachten Materials auftritt.

In den 4,5 Jahren nach Ende der Baggergutverbringung bis zum Juli 2014 wird auf dem direkten Klappzentrum (Station 100 – 109, Abbildung 5-4) eine signifikante Zunahme der Feinfraktion < 63  $\mu\text{m}$  von 8,5 auf 26 % registriert (Abbildung 5-6), die im ersten Jahr nach der Ende der Verklappungen am höchsten war. Der Wert von 8,5 % vom März 2010 stellt dabei den niedrigsten Anteil an Feinfraktion dar, der über den Gesamtzeitraum der Baggergutverbringungen zwischen 2005 und 2010 ermittelt wurde. Als Ursache für die Zunahme der Feinfraktion kommen bioturbate Durchmischungsvorgänge in Frage, mittels derer Feinmaterial aus tieferen Schichten an die Oberfläche transportiert oder alternativ feines marines Material aus der Umgebung in das Sediment eingearbeitet worden sein kann (E3-Jahresbericht der HPA, 2013).

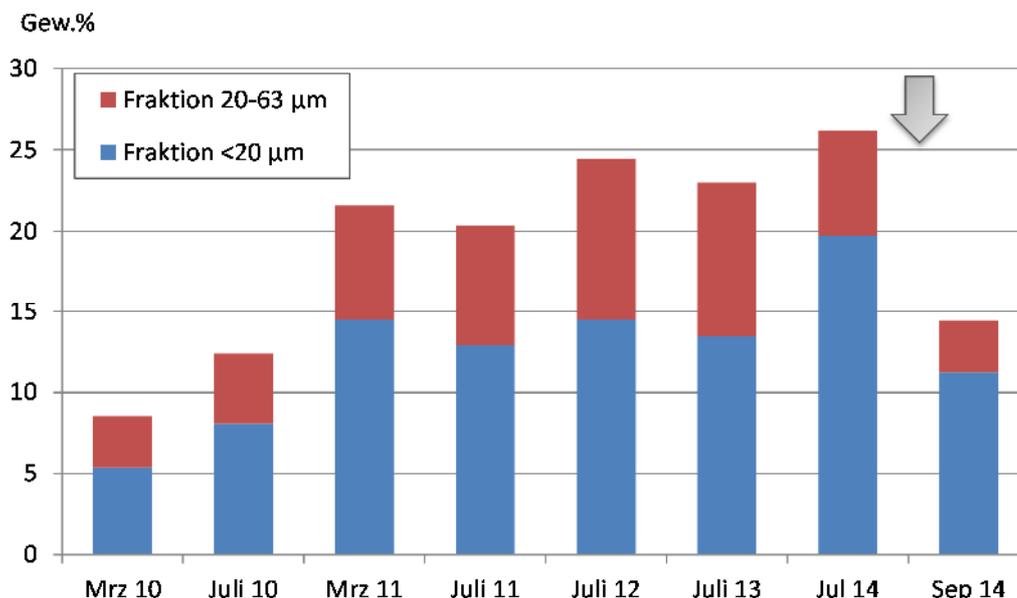


**Abbildung 5-5** Verteilung der Sandfraktion (Fraktion > 63  $\mu\text{m}$ ) im Bereich der Verbringstelle in Prozent (Wert pro Station = Mittelwert aus 11 Kampagnen von Sommer 2008 bis September 2014)

Im angrenzenden 1-km-Kreis liegt der Anteil der Feinfraktion < 63 µm innerhalb der Sandauflage mit 39 % im Mittel über die Gesamtzeit von März 2010 bis Juli 2014 hingegen deutlich höher (Sandaufgabe nach Abbildung 5-5, Stationen 4 bis 14, 131, 227). Die Korngrößenverteilung zeigte hier nach dem vorläufigen Ende der Verklappungen 2010 bis Juli 2014 keine wesentliche Veränderung über die Zeit. Eine Zunahme der Feinfraktion zwischen Frühjahr 2010 und Sommer 2014 wird in diesem Bereich, im Unterschied zum Klappzentrum, nicht registriert, auch nicht an den Stationen, die dem Klappzentrum unmittelbar benachbart sind (Stationen 7-10, 12-14). Dies schließt eine gewisse Neusedimentation und Einmischung von feinem marinem Material aus der Umgebung in die oberste Bodenschicht nicht aus, diese wäre aufgrund der ohnehin höheren Feinkornanteile in diesem Bereich aber nicht unbedingt auch nachweisbar.

Im September 2014, nach der Wiederaufnahme der Verklappungen, nahm der Feinkornanteil des anstehenden Sediments auf der Klappstelle von im Mittel 26 auf 14 % ab, während der Anteil an Feinsand zunahm (Abbildung 5-6). Eine Vergröberung des Sediments durch die Verklappungen entspricht dabei auch den Erwartungen. Die die Klappstelle umgebenden Stationen (Station 7-10, 12-14) zeigten hingegen keine Vergröberung der Textur. Hier wurden im September 2014 sogar etwas höhere Anteile an Feinfraktion bei geringeren Anteilen an größerem Feinsand im Vergleich zum Juli 2014 ermittelt (Differenz ca. 5 – 7 Gew.%). Bei dieser eher geringen Differenz kann es sich sowohl um analytisch bedingte Schwankungen als auch um eine Zunahme von feinem Material aus der Baggergutverbringung handeln.

An den nicht direkt dem Klappzentrum benachbarten Stationen im 1-km-Kreis sowie den Stationen im 1,5-km-Kreis und der weiteren Umgebung der Klappstelle wird im September 2014 keine erhebliche Veränderung der Textur ermittelt. Die Station 227 im 1,5-km-Kreis zeigt – wie auch in den vorangegangenen Jahren - weiterhin etwas höhere Feinsandanteile im Vergleich zur Umgebung. Dies zeigt in Verbindung mit den chemischen Daten und den Kastengreiferuntersuchungen der Jahre 2012 und 2013, dass die Baggergutaufgabe im Südosten den 1,5-km-Kreis erreicht hat.



**Abbildung 5-6** Entwicklung der Feinfraktion < 63 µm auf dem Klappzentrum nach Ende der Baggergutverbringung im Februar 2010 bis zur Wiederaufnahme im Sommer 2014 (s. Pfeil)

Im September 2014 ist bei Station 27-2 und 26-2 ein im Vergleich zu den übrigen Stationen des 2-km-Kreises leicht erhöhter Anteil an größerem Feinsand von 14 % im Vergleich zu 9 % festzustellen. Hier könnte sich ebenfalls ein erster Einfluss der Verklappung andeuten. Dies würde bedeuten, dass die Baggergutaufgabe an dieser Stelle auch den 2-km-Kreis knapp erreicht hat. Letztlich ist diese Differenz aber zu gering, um hier eine definitive Aussage treffen zu können. Die Schadstoffdaten an den Stationen des 2-km-Kreises zeigen keine Erhöhung im Vergleich zum Hintergrund (s. unten). Hier sind die Ergebnisse des Jahres 2015 abzuwarten.

### **Schadstoffbelastung der Sedimente**

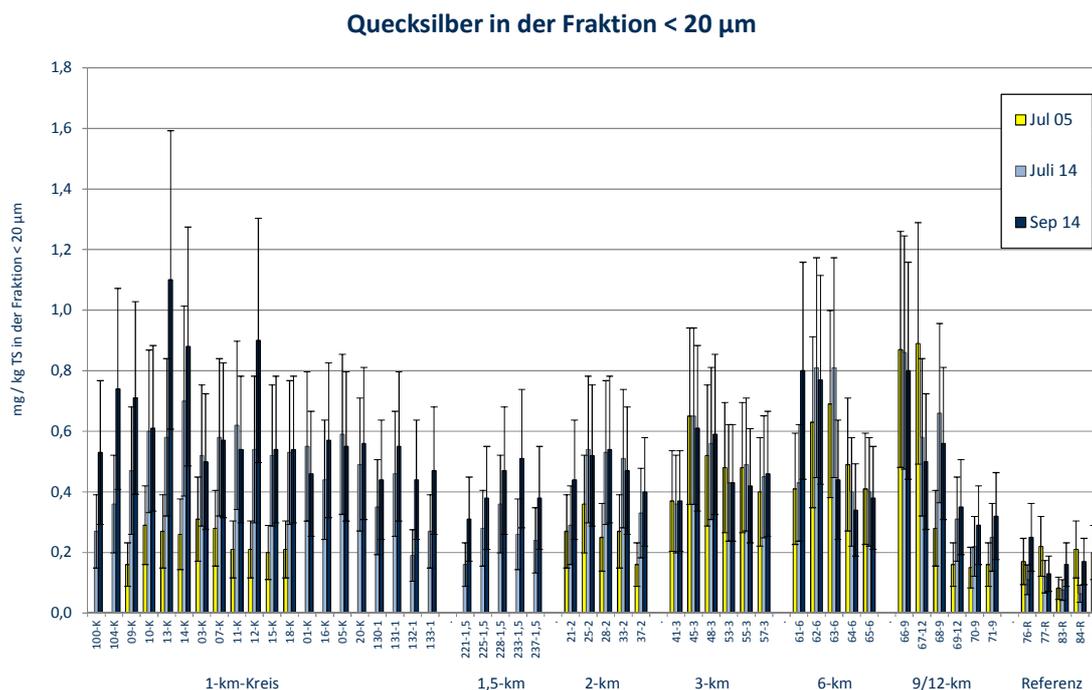
Neben den von der GÜBAK (2009) geforderten chemischen Parametern wurden in 2014 - wie auch in den vorangegangenen Jahren - die für die Elbe relevanten Dioxine und Furane an ausgewählten Proben auf der Verbringstelle, im 12-km-Strahl und im Referenzgebiet untersucht. Die Bestimmung der Schwermetall-Gesamtgehalte erfolgte - ebenfalls in Ergänzung zur GÜBAK (2009) - an allen Proben.

Bei dem Vergleich von chemischen Analysenergebnissen ist zu berücksichtigen, dass die Gehalte der chemischen Parameter von der Zusammensetzung der Sedimente, insbesondere ihrem Feinkornanteil und ihrem Gehalt an organischen Bestandteilen, abhängen. Um Gehalte von Sedimenten unterschiedlicher Zusammensetzung miteinander vergleichen zu können, werden nach den Regeln der GÜBAK (2009) die Schwermetalle in der Fraktion < 20 µm gemessen. Die organischen Verbindungen werden aus methodischen Gründen in der Gesamtfraktion ermittelt und anschließend auf die Fraktion < 63 µm normiert.

Neben dem Korngrößeneffekt erschweren die natürliche räumliche und zeitliche Varianz sowie unvermeidliche methodisch bedingte Unsicherheiten von Messwerten den direkten Vergleich der Gehalte chemischer Stoffe in der Umwelt. Die Standardabweichung (Variationskoeffizient) wurde nach einem in HLUG (2002) angegebenen Verfahren aus verdeckten Doppelbestimmungen der Kampagnen 2005 bis 2014 errechnet (Tabelle A-15). Wird sie mit dem Faktor 2 multipliziert, stellt sie nach HLUG (2002) den Bereich der Messunsicherheit dar, in dem der tatsächliche Wert mit einer 95%igen Wahrscheinlichkeit liegt. Die Messunsicherheit der Körnungsanalyse, die bei der Verwendung von normierten Werten von Bedeutung ist, bleibt bei diesem Berechnungsverfahren unberücksichtigt. Nach dieser Berechnung zeigen die Schwermetalle mehrheitlich Variationskoeffizienten um die 10 %. Die Werte für Cadmium und Quecksilber liegen bei 15 resp. 22 %. Die PAK-Verbindungen, die DDT-Isomere sowie die PCB-Verbindungen zeigen Messunsicherheiten von 16 bis 25 %, während die Werte für Hexachlorbenzol und pp-DDT noch darüber liegen (Tabelle A-15). Diese Werte sind im Vergleich zu anderen Untersuchungen als durchaus zufriedenstellend anzusehen.

Bereits in den vorigen Jahresberichten wurde festgestellt, dass es bei einigen Parametern in den vergangenen Jahren auf der Verbringstelle eine Abnahme der Gehalte gekommen ist (E3-Jahresberichte der HPA, 2011 bis 2013). Die Kastengreiferproben 2012 und 2013 wiesen zudem darauf hin, dass diese Abnahme in den obersten Zentimetern der Sedimentschicht besonders deutlich ausgeprägt ist. Da in 2014 im Sommer die Baggergutverbringung wieder aufgenommen wurde, ist zunächst zu prüfen, ob sich zwischen Sommer 2013 und Sommer 2014 noch Veränderungen in den Schadstoffgehalten seit 2010 ergeben haben. Anschließend ist der Einfluss der Verbringung in 2014 auf die Gehalte im September 2014 zu ermitteln.

Die Auswertung der Schadstoffgehalte in den Sedimenten erfolgt daher erneut mehrstufig: Im ersten Schritt wird geprüft, ob sich die Gehalte auf der Verbringstelle zu den beiden Beprobungsterminen in 2014 von den Hintergrundwerten aus 2005 unterscheiden. In einem zweiten Schritt wird die zeitliche Entwicklung der einzelnen Schadstoffe seit 2005 bis 2014 kurz zusammengefasst. Hierbei wird besonders auf den Einfluss der Verbringung in 2014 eingegangen.



**Abbildung 5-7** Quecksilbergehalt in der Fraktion < 20 µm vom Juli 2005 (gelbe Säulen) und 2014 (blaue Säulen). Die Fehlerbalken geben die aus Doppelbestimmungen errechnete Messunsicherheit an. Die zwei Säulen am linken Rand stellen Proben aus dem Klappzentrum dar (100-K, 104-K)

#### Schadstoffbelastung im Jahr 2014 im Vergleich zu den Hintergrundwerten aus 2005

Durch einen Vergleich der Untersuchungsergebnisse der beiden Probenahmekampagnen in 2014 mit den Daten aus 2005 wurde zunächst anhand von Graphiken abgeschätzt, ob es an einzelnen Punkten Veränderungen gegenüber dem Ausgangszustand gegeben hat. Ein Unterschied der Parameterkonzentration ist wahrscheinlich, wenn sich die Messunsicherheiten der Messwerte nicht überlappen (s. oben: Verfahren nach HLUg, 2002;  $p < 0,05$ ). Hierdurch werden naturgemäß nur Stationen verglichen, die in 2005 bereits Teil des Untersuchungsprogramms waren.

Anschließend erfolgte ein statistischer Vergleich der Beprobungsstationen. Die Daten der Beprobungstermine in 2014 wurden jeweils einer einfaktoriellem Varianzanalyse unterzogen (Faktor Gebiet). Hierbei können auch die im August 2008 erstmals aufgenommenen Stationen auf dem Rand des 1-km-Ringes und im 1,5-km-Ring bewertet werden, obwohl für sie keine Nullbeprobung aus dem Jahr 2005 vorliegt. Um eine für die Durchführung der Statistik notwendige annähernd gleichmäßige Stichprobengröße zu erhalten, wurde die Verbringstelle in drei Bereiche (1-km-Mitte, 1-km-Außen, 1-km-Rand) unterteilt (Abbildung 5-8). Diese Unterteilung dient nur der Durchführung der Varianzanalyse und hat ansonsten keine Bedeutung. Die übrigen Gebiete im statistischen Vergleich entsprechen den regulären Gebieten des Monitoringprogramms (1,5-km, 2-km, 3-km, 6-km, 9/12-Strahl, Referenz).

In Tabelle 5-2 sind die Ergebnisse dieses Vergleichs zusammengefasst dargestellt. In Tabelle A-11 bis Tabelle A-14 sind die Messergebnisse aller Parameter für die Verbringstelle E3 und deren Umgebung einschließlich des Referenzgebietes jeweils als deskriptive Statistik für die Beprobungen in 2014 aufgeführt.

**Tabelle 5-2 Baggergutbedingte Erhöhung der Schadstoffgehalte im Bereich der Verbringstelle im Vergleich zu den Hintergrundwerten (Vergleich der Beprobungen 2014 mit der Nullbeprobung 2005 und statistischer Vergleich der Beprobungen im Einbringbereich 2014 mit den anderen Teilgebieten)**

<p>Juli 2014</p> <p>Gehalte höher als Hintergrund</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Quecksilber in Fraktion &lt;20 µm*</li> <li>– TBT<sup>ns</sup></li> </ul> <p>Normiert auf Fraktion &lt;63 µm:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Hexachlorbenzol<sup>ns</sup></li> <li>– Pentachlorbenzol<sup>ns</sup></li> <li>– α- und β-HCH**</li> <li>– DDT und Metabolite**</li> <li>– PCB Summe 7**</li> <li>– PAK Summe 16**</li> </ul>	<p>Juli 2014</p> <p>Gehalte nicht höher als Hintergrund</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Arsen in Fraktion &lt; 20 µm</li> <li>– Nickel in Fraktion &lt;20 µm</li> <li>– Chrom in Fraktion &lt;20 µm</li> <li>– Blei in Fraktion &lt;20 µm</li> <li>– Kupfer in Fraktion &lt; 20 µm</li> <li>– Cadmium in Fraktion &lt; 20 µm</li> <li>– Zink in Fraktion &lt; 20 µm</li> <li>– γ-HCH</li> <li>– Dioxine/Furane</li> <li>– Kohlenwasserstoffe</li> <li>– Gesamtgehalte Arsen, Blei, Cadmium, Nickel, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Zink</li> </ul>
<p>September 2014</p> <p>Gehalte höher als Hintergrund</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kupfer in Fraktion &lt; 20 µm**</li> <li>– Zink in Fraktion &lt;20 µm**</li> <li>– Cadmium in Fraktion &lt; 20 µm**</li> <li>– Quecksilber in Fraktion &lt;20 µm**</li> <li>– TBT<sup>ns</sup></li> </ul> <p>Normiert auf Fraktion &lt;63 µm:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Hexachlorbenzol<sup>ns</sup></li> <li>– Pentachlorbenzol<sup>ns</sup></li> <li>– α- und β-HCH**</li> <li>– DDT und Metabolite**</li> <li>– PCB Summe 7**</li> <li>– PAK Summe 16**</li> <li>– γ-HCH<sup>ns</sup></li> </ul>	<p>September 2014</p> <p>Gehalte nicht höher als Hintergrund</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Arsen in Fraktion &lt; 20 µm</li> <li>– Nickel in Fraktion &lt;20 µm</li> <li>– Chrom in Fraktion &lt;20 µm</li> <li>– Blei in Fraktion &lt;20 µm</li> <li>– Dioxine/Furane</li> <li>– Kohlenwasserstoffe</li> <li>– Gesamtgehalte Arsen, Blei, Cadmium, Nickel, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Zink</li> </ul>

*ns nicht signifikant nach Varianzanalyse*

\* Bereich 1-km-Mitte und 1-km-Außen signifikant höher als Referenzgebiet,  $\alpha < 0,05$  (s. Text)

\*\* Bereich 1-km-Mitte signifikant höher als andere Teilgebiete inklusive Referenzgebiet,  $\alpha < 0,05$  (s. Text)

\*\*\* Bereich 1-km-Mitte und 1-km-Außen signifikant höher als andere Teilgebiete inklusive Referenzgebiet,  $\alpha < 0,05$

In Abbildung 5-7 ist exemplarisch die in der Feinfraktion ermittelte Quecksilberkonzentration in den Sedimenten vor Beginn der Verbringungen im Juli 2005 denen des Jahres 2014 gegenübergestellt. Die Proben wurden in der Grafik entsprechend ihrer Zugehörigkeit zu den einzelnen Gebieten gruppiert. An mehreren Probennahmepunkten ist im Juli 2014 im 1-km-Kreis auch weiterhin ein Anstieg im Vergleich zur Nullbeprobung in 2005 festzustellen. Dieser ist jedoch weniger aus-

geprägt als in den Jahren der Baggergutverbringung. Im September 2014, nach der Wiederaufnahme der Verbringung, sind die Gehalte im Vergleich zum Juli 2014 angestiegen, übersteigen die mittleren Gehalte aus dem ersten Verbringzentrum 2005 bis 2010 jedoch nicht.

Aus der Grafik wird auch deutlich, dass bereits vor Beginn der Verklappungen einzelne im Abstrom der Elbe gelegene Beprobungspunkte des 9- und des 12-km Strahls (u.a. Positionen 66 und 67) höhere Quecksilberkonzentrationen aufwiesen als andere Proben in diesem Gebiet. Hierbei handelt es sich um Punkte aus der Richtung zur Elbemündung, die anzeigen, dass es einen Einfluss der Elbeschwebstoffe bis in dieses Gebiet hinein gibt. Auch für weitere elbe-typische Schadstoffe (u.a. Cadmium < 20 µm, DDT und Metabolite, PCB Summe 7, PAK) wurden in 2005 sowie bei den Folgebeprobungen bis 2014 hier höhere Werte festgestellt (E3-Jahresberichte der HPA der Jahre 2006 bis 2013).

Die Gehalte einiger Schadstoffe auf der Einbringstelle haben von dem ersten Verbringungszeitraum 2005 bis 2010 bis zum Juli 2014 abgenommen (s. unten). Dennoch werden auch im Juli 2014 auf der Verbringstelle noch Konzentrationserhöhungen im Vergleich zur Nullbeprobung in 2005 festgestellt (s. Tabelle 5-2).

Die Parameter Quecksilber in der Fraktion < 20 µm, α- und β-HCH, DDT und Metabolite, PCB Summe 7 und PAK Summe 16 zeigen sowohl im Juli als auch im September 2014 im Zentrum der Verbringstelle (Gebiet „1-km-Mitte“) eine signifikante Erhöhung der Parameter in Relation zu anderen Teilgebieten inklusive des Referenzgebietes (Tabelle 5-2). Auch die Parameter Hexachlorbenzol, Pentachlorbenzol und TBT weisen auf der Einbringstelle erhöhte Konzentrationen in Relation zu den Hintergrundwerten auf, dieses Ergebnis ist jedoch in der Varianzanalyse nicht signifikant (Tabelle 5-2).

Im Juli 2014 wird für Kupfer, Cadmium und Zink in der Fraktion < 20 µm sowie für γ-HCH auf der Einbringstelle keine Konzentrationserhöhung in Relation zu den Hintergrundwerten mehr festgestellt. Im September 2014, nach der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung, wird für diese vier Parameter wieder eine Erhöhung in Relation zum Hintergrund registriert (Tabelle 5-2). Für γ-HCH ist diese nur an einem Beprobungspunkt aufgetreten und daher in der Varianzanalyse auch nicht signifikant. Insgesamt wird somit nach der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung für mehr Schadstoffe eine signifikante Überschreitung der Hintergrundwerte festgestellt als zum Ende des verbringungsfreien Zeitraums im Juli 2014.

Bei den Parametern Arsen, Nickel, Chrom und Blei in der Fraktion < 20 µm, den Schwermetallen in der Gesamtfraktion (Arsen, Blei, Cadmium, Nickel, Chrom, Kupfer, Quecksilber und Zink) sowie den Kohlenwasserstoffen wird hingegen zu beiden Terminen 2014, wie auch in der vorangegangenen Jahren, keine Erhöhung in Relation zu den Hintergrundwerten ermittelt.

Dioxine und Furane wurden zwischen Juli 2005 und September 2014 an jeweils drei Stationen an der Verbringstelle, an drei Stationen im Referenzgebiet und an einer Station im 12-km-Strahl ermittelt. Die Werte in allen drei Gebieten liegen in 2014 zwischen 1,4 und 6,5 ng I-TEQ (NATO/CCMS), wobei die höchsten Werte im 12-km-Strahl und im Referenzgebiet erreicht werden. Die in der Vergangenheit ermittelten Höchstgehalte im 12-km-Strahl von 12 bis 16 ng I-TEQ (NATO/CCMS) sind seit 2008 nicht mehr aufgetreten.

In 2012 wurde eine im Vergleich zum Hintergrund höhere Schadstoffkonzentration an der Station 228 im Südosten des 1,5 km-Kreises ermittelt (E3-Jahresbericht der HPA, 2012). Mittels Körnungsanalyse wurde bestätigt, dass die Baggergutaufgabe an dieser Stelle den 1,5-km-Kreis erreicht hat. Im Sommer 2013 und im Sommer 2014 wurde an dieser Station in den Greiferproben bei keinem der Schadstoffe ein Wert oberhalb des Hintergrundniveaus festgestellt. Die an dieser Stelle entnommene „Oberflächenprobe“ im Kastengreifer aus 2013 (E3-Jahresbericht der HPA, 2013) zeigte jedoch, dass in der Tiefenschicht 5 – 15 cm noch baggergutbürtiges Sediment zu finden war.

Auch die Texturanalysen vom Sommer 2013 und Sommer 2014 weisen durch höhere Feinsandanteile an den südöstlichen Stationen darauf hin, dass die Ausdehnung der Baggergutauflage weiterhin bis in den 1,5-km-Kreis hinein reicht (s. oben). Im September 2014 wird an an der Station 228 im 1,5-km-Kreis für TBT und für pp-DDE jeweils ein Wert oberhalb des Hintergrundniveaus ermittelt. Der Wert für TBT liegt hier bei  $6 \mu\text{g}/\text{kg TS}$  und der für pp-DDE bei  $1,4 \mu\text{g}/\text{kg}$  in der Fraktion  $< 63 \mu\text{m}$ . Von einer Ausdehnung der Baggergutauflage bis in den Südosten des 1,5-km-Kreises ist damit weiterhin auszugehen.

An allen anderen Stationen im 1,5 km-Kreis sowie in den anderen Gebieten (2-km, 3-km, 6-km, 9/12-km-Strahl, Referenzgebiet) werden im Juli 2014 und im September 2014 bei den Schadstoffdaten keine Auffälligkeiten festgestellt.

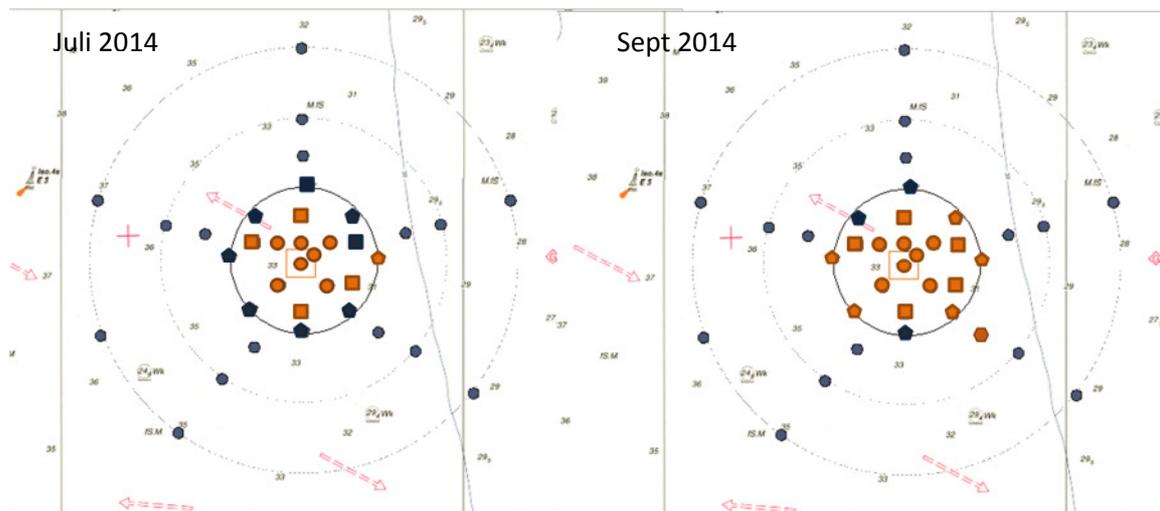
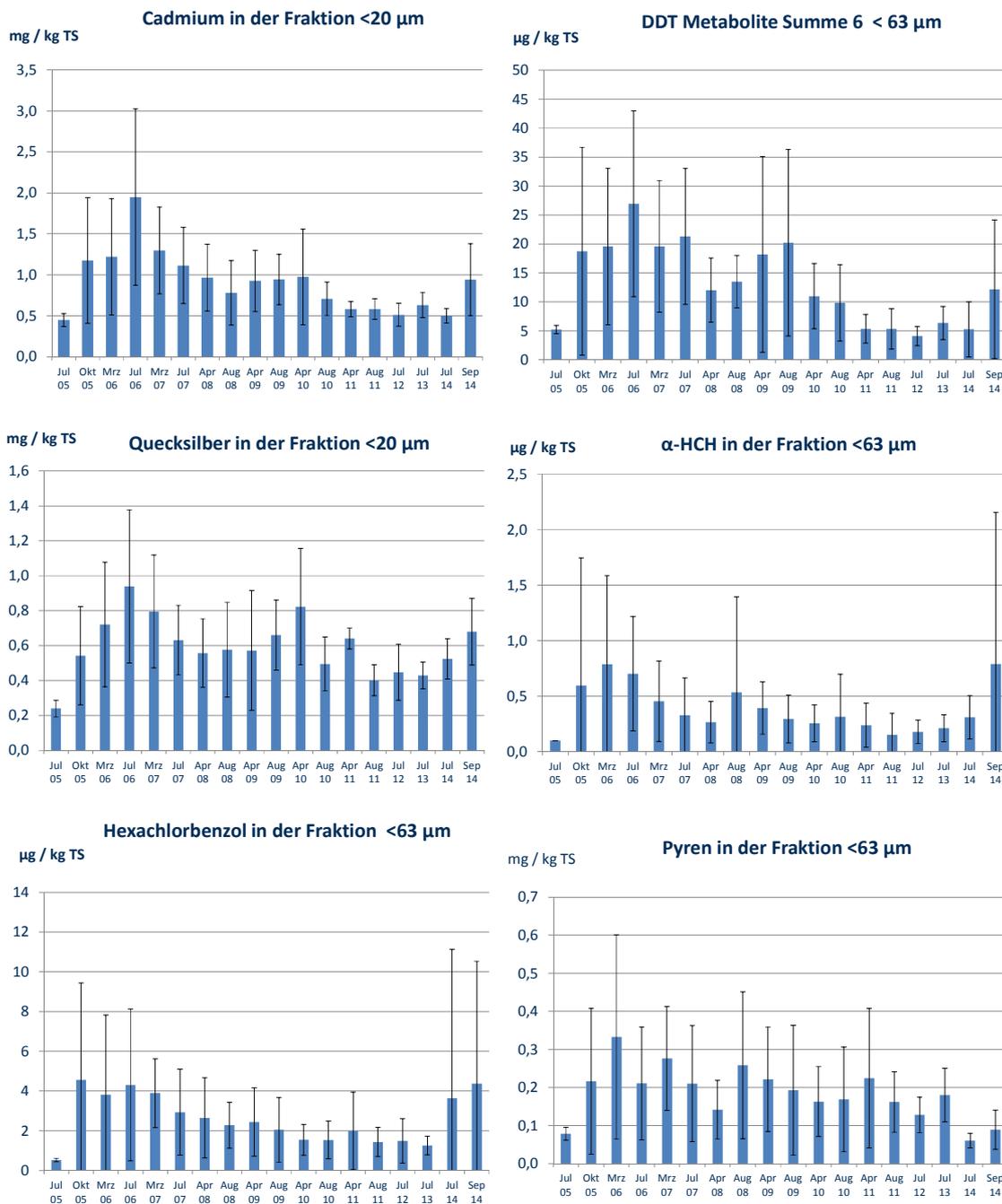


Abbildung 5-8 Probenstellen mit / ohne Änderung der Schadstoffbelastung in 2014  
**Ausschnitt der Seekarte mit Klappzentrum bis 3-km-Ring bei Tonne E3.**  
**Kreis: 1-km-Mitte. Quadrat: 1-km-Außen. Fünfeck 1-km-Rand.**  
**Orangene Symbole:** Schadstoffbelastung erhöht gegenüber Hintergrundwert (nach graphischer Auswertung, weiteres s. Text).  
**Blaue Symbole:** Keine Erhöhung der Schadstoffbelastung im Vergleich zum Hintergrund.

#### Veränderung der Schadstoffbelastung auf dem 1-km-Kreis im Zeitraum 2005 bis 2014

Wie bereits in den Jahresberichten 2012 und 2013 erläutert, hatte die Konzentration einiger Schadstoffparameter über den Gesamtzeitraum seit 2005 abgenommen. Die BfG hat in ihrem Bericht 2010/ 2011 eine ausführliche Auswertung der zeitlichen Veränderungen von 2005 bis einschließlich 2011 vorgelegt, auf die an dieser Stelle verwiesen wird (BfG-Bericht 1775, 2013). Eine Einschätzung der Veränderungen im Zeitraum des nachsorgenden Monitorings wird im Bericht der BfG für die Jahre 2012/2013 erläutert (BfG-1838).

Im Folgenden werden die Ergebnisse unter Einbeziehung der Daten von 2014 nur kurz zusammengefasst. Die Änderung der Konzentration von sechs Parametern über die Zeit ist exemplarisch in Abbildung 5-9 aufgeführt. Hierbei sind nur Stationen mit in die Darstellung einbezogen, die bereits seit 2005 beprobt werden.



**Abbildung 5-9**      **Gehalte von sechs Schadstoffparametern (exemplarisch) über den Zeitraum 2005 bis 2014 im 1-km-Kreis als arithmetische Mittelwerte pro Beprobungs-termin. Balken geben Standardabweichungen an. Es wurden nur Stationen mit einbezogen, die bereits 2005 Teil des Untersuchungsprogramms waren (n = 12)**

Es wird deutlich, dass die höchsten Belastungen des ersten Verbringungszeitraums von Oktober 2005 bis Juli 2006 aufgetreten sind. Zum März 2010, direkt nach der letzten Verbringkampagne, liegen die Werte hingegen niedriger. Dieses Muster wird – außer für die in Abbildung 5-9 dargestellten Parameter Cadmium, α-HCH und DDT-Metabolite – auch für Pentachlorbenzol, β-HCH,

Zink, PAK-Verbindungen sowie die PCB-Verbindungen festgestellt (nicht dargestellt). Kein Trend während der Verbringungen zwischen 2005 und 2010 wird hingegen für Kupfer, Quecksilber (s. Abbildung 5-9) und die zinnorganischen Verbindungen ermittelt.

Nach Ende der Baggergutverbringung Anfang 2010 bis zum Sommer 2012 wird für einige Schadstoffe eine signifikante<sup>2</sup> Abnahme ermittelt (z.B. Cadmium, Quecksilber, DDT-Metabolite,  $\beta$ -HCH). Die Werte für  $\alpha$ -HCH, Kupfer, Zink und TBT deuten in diesem Zeitraum zwar ebenfalls eine Abnahme an, der Unterschied zwischen den Terminen ist jedoch nicht signifikant. Kein zeitlicher Trend in der Belastung wird für Hexachlorbenzol, Pyren und andere PAK-Verbindungen sowie die PCB-Kongenere festgestellt.

Zwischen Sommer 2012 und Sommer 2014 ist dann keine weitere Abnahme der Schadstoffgehalte mehr festzustellen. Die Werte der drei Beprobungstermine zeigen untereinander teilweise signifikante Unterschiede, wobei jedoch für keinen Schadstoff ein eindeutiger Trend in Richtung einer Zunahme oder einer Abnahme der Gehalte festzustellen ist. Der relativ hohe Mittelwert der HCB-Konzentration im Juli 2014 beruht nur auf einem hohen Messwert und bedeutet ebenfalls keinen signifikanten Anstieg (Abbildung 5-9).

Anders verhält es sich erwartungsgemäß nach der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung im September 2014. Für eine Reihe von Schadstoffen (Kupfer, Quecksilber, Cadmium, Zink, DDT-Metabolite, TBT, DBT,  $\beta$ -HCH) wird im 1-km-Kreis gegenüber Juli 2014 eine signifikante Zunahme festgestellt (Abbildung 5-9). Für HCB,  $\alpha$ -HCH und PAK Summe 16 sind die Werte im September 2014 ebenfalls angestiegen. Dieser Anstieg ist gegenüber Juli 2014 nicht signifikant, aber gegenüber den Werten aus 2012 und 2013. Die Mittelwerte im September 2014 liegen innerhalb der Spanne derer, die während des ersten Verbringungszeitraums ermittelt wurden. Ein signifikanter Unterschied zu den Werten aus dem April 2010, am Ende des ersten Verbringungszeitraums, wird für keinen der Parameter festgestellt.

Veränderungen über die Zeit während der Baggergutverbringungen 2005 bis 2010 könnten eventuell darauf zurückgeführt werden, dass 2005 bis 2007 anteilig mehr Material aus dem Teilbereich Süderelbe verbracht wurde als zu den beiden Kampagnen 2008 und 2009/2010. Dieses wies eine höhere Belastung auf als das der Teilbereiche Norderelbe und Köhlbrand (s. E3-Jahresberichte der HPA, 2005 bis 2010).

Die Abnahme einzelner Schadstoffparameter zwischen 2010 und 2012 ist insgesamt nur gering ausgeprägt. Bei den organischen Schadstoffen könnte ein gewisser Abbau stattgefunden haben, nicht jedoch bei den Schwermetallen. Es erscheint wahrscheinlich, dass es zu einer Abreicherung von Schadstoffen in der obersten Sedimentschicht gekommen ist, die sowohl durch Neusedimentation als auch durch die Durchmischung der oberen Sedimentschicht durch Benthosorganismen hervorgerufen wurde (s. E3-Jahresbericht 2012, 2013).

Im September 2014, nach der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung, wird erwartungsgemäß für die Mehrzahl der Schadstoffe eine Erhöhung der Gehalte in den Greiferproben ermittelt. Diese Gehalte liegen in der Spanne derer aus dem ersten Verbringungszeitraum.

**Zusammenfassend** lässt sich feststellen, dass sich im Juli 2014, insgesamt 4,5 Jahre nach dem vorläufigen Ende der Baggergutverbringungen, das grundlegende Bild der Sedimentausbreitung nicht verändert hatte. Auf der Schüttstelle findet sich vorwiegend sandiges Material wieder. Das ist darin begründet, dass während des Entleerungsprozesses des Hopperbaggers sandiges Material im

---

<sup>2</sup> nach Friedmans ANOVA mit anschließendem Wilcoxon-Matched-Pairs Test zu Vergleich der Termine. Hierbei werden für die Termine 2010 bis 2014 alle Stationen im 1-km-Kreis miteinander verglichen (n = 20)

Vergleich zu feinkörnigem schneller zu Boden sinkt. In den umliegenden Bereichen befinden sich schlackigere Ablagerungen. Die Ausbreitung der Baggergutaufgabe ist in Nordwest-Ost-Südost-Richtung orientiert. Sie reicht bis zum Rand des 1-km-Kreises und hat im Südosten auch den 1,5-km-Kreis erreicht. Die Ergebnisse der Texturanalysen zeigen durch einen höheren Feinsandanteil, dass eventuell auch der 2-km-Kreis erreicht sein könnte. Höhere Schadstoffgehalte im Vergleich zur Umgebung werden hier jedoch bisher nicht ermittelt.

Für die Mehrzahl der organischen Schadstoffe (PAK, PCB, HCH-Verbindungen, HCB, DDT und Metabolite sowie zinnorganische Verbindungen) sowie für Kupfer, Zink, Cadmium und Quecksilber wird für 2014 innerhalb des 1-km-Kreises weiterhin eine Konzentrationserhöhung in Relation zur Nullbeprobung in 2005 festgestellt. Mineralöl, Dioxine, Arsen, Chrom, Nickel und Blei weisen hingegen keine Erhöhung auf.

Insgesamt lässt sich zwischen dem Ende der Baggergutverbringung in 2010 bis zum Sommer 2012 bei mehreren Schadstoffen eine Abnahme der Konzentration feststellen. Vom Sommer 2012 bis Sommer 2014 erfolgte hingegen keine weitere Abnahme. Nach der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung in 2014 wurde erwartungsgemäß eine erneute Zunahme der Schadstoffkonzentration festgestellt. Diese Gehalte liegen in der Spanne derer aus dem ersten Verbringungszeitraum.

### 5.5.2 Ökotoxikologische Belastung

Zur Bewertung der ökotoxikologischen Wirkungen auf die unterschiedlichen Modellorganismen wird die von einer Umweltprobe ausgehende Toxizität dadurch charakterisiert, wievielfach eine Probe im Verhältnis 1:2 verdünnt werden muss, damit sie nicht mehr signifikant toxisch wirkt. Angegeben wird dieses als pT-Wert (pT 0 = unverdünnt bis pT 6 = mindestens sechsmal verdünnt). Werden mehrere Biotestverfahren eingesetzt, wird die Toxizitätsklasse der Umweltprobe durch den höchsten pT-Wert bestimmt. Diese Bewertung kann nur bei den Tests angewandt werden, bei denen mit Verdünnungsreihen gearbeitet wird.

An ausgewählten Sedimenten wurden ökotoxikologische Untersuchungen mit der marinen Biotestpalette (mariner Algentest Porenwasser und Eluat, mariner Leuchtbakterientest Porenwasser und Eluat, Corophiumtest) gemäß dem BfG-Merkblatt (2011b) durchgeführt. Die Testergebnisse von Algen- und Leuchtbakterientest führen zur Einstufung in eine Toxizitätsklasse, wobei der schlechteste der vier Testverfahren die Einstufung bestimmt.

#### ***Algen- und Leuchtbakterientests***

Bei der Nulluntersuchung im Sommer 2005 wurde weder mit dem Algen- noch mit dem Leuchtbakterientest eine ökotoxikologische Wirkung der Sedimente aus der Nordsee festgestellt. Damit fielen alle Proben in die Toxizitätsklasse Null (Toxizität nicht nachweisbar). In den Folgebeprobungen zwischen Herbst 2005 und Frühjahr 2009 wurde mehrheitlich ebenfalls die Toxizitätsklasse Null ermittelt, vereinzelt auch Toxizitätsklasse I. Diese (sehr geringen) Toxizitäten traten in allen Gebieten auf. Aufgrund der räumlichen Verteilung und der schwachen Ausprägung wurden sie nicht auf das Verbringen von Elbesedimenten zurückgeführt, sondern auf natürliche oder analytisch bedingte Schwankungen.

An vier Probenahmestellen im August 2009 waren die Biotestproben nicht auswertbar, da eine hohe Anzahl an (lebenden) Schwertmuschellarven im Sediment zu einer großen Menge abgestorbener Organismen in den Probenansätzen führte, die Störungen im Testansatz verursacht haben. Die übrigen Proben wurden als nicht resp. sehr gering toxisch eingestuft.

**Tabelle 5-3** Mittlere pT-Klassen der Jahre 2005-2009 (Phase Baggergutverbringung), des Zeitraums 2010 – 2012 (Pause Baggergutverbringung), 2013 - 2014 (Pause Baggergutverbringung) und aus dem September 2014 (nach erneuter Verbringung), Testbatterie mariner Algentest und Leuchtbakterientest.

2005 - 2009	Median (Spanne)	Mittelwert	Anzahl
	Lab1	Lab1	Lab1
1km Zentrum	0 (0-1)	0,2	51
1km Rand	0 (0-1)	0,1	26
1,5 km	0 (0-0)	0	15
2 km	0 (0-1)	0,1	52
6 km	0 (0-1)	0,1	45
Referenz	0 (0-1)	0,1	40

2010 - 2012	Median (Spanne)	Mittelwert	Anzahl	Median	Mittelwert	Anzahl
	Lab1	Lab1	Lab1	BfG	BfG	BfG
1km Zentrum	0 (0-5)	1,2	40	0 (0-2)	0,4	15
1km Rand	0 (0-3)	0,3	52	0 (0-2)	0,6	8
1,5 km	0 (0-3)	0,3	27	0 (0-0)	0	2
2 km	0 (0-4)	0,4	26	0 (0-0)	0	2
6 km	0 (0-3)	0,3	27	0,5 (0-1)	0,5	2
Referenz	0 (0-2)	0,1	27	1 (0-1)	0,7	3

2013- Juli 2014	Median (Spanne)	Mittelwert	Anzahl	Median	Mittelwert	Anzahl
	Lab1	Lab1	Lab1	BfG	BfG	BfG
1km Zentrum	0 (0-2)	0,3	16	0 (0-1)	0,1	11
1km Rand	0 (0-1)	0,1	17	0 (0-1)	0,1	9
1,5 km	0 (0-0)	0,0	10	0 (0-0)	0,0	2
2 km	0 (0-0)	0,0	10	0 (0-0)	0,0	3
6 km	0 (0-1)	0,3	11			
Referenz	0 (0-0)	0,0	10			

Sep 14	Median (Spanne)	Mittelwert	Anzahl	Median	Mittelwert	Anzahl
	Lab1	Lab1	Lab1	BfG	BfG	BfG
1km Zentrum	0 (0-1)	0,1	8	0 (0-0)	0	4
1km Rand	0 (0-3)	0,4	9	0 (0-0)	0	4
1,5 km	0 (0-0)	0,0	5			
2 km	0 (0-1)	0,4	5			
6 km	1 (0-3)	1,6	5			
Referenz	0 (0-1)	0,0	5			

Die Mehrzahl der gefundenen Effekte wurde im Algentest an Porenwasser, seltener im Leuchtbakterientest an Porenwasser festgestellt. Die Eluate zeigten in der Regel keine oder nur sehr geringfügige Toxizitäten.

In den Jahren 2010 bis 2012 wurden auf dem Klappzentrum und auf der Verbringstelle wiederholt ökotoxikologische Effekte an einzelnen Stationen ermittelt, die oberhalb eines pT-Wertes von 1 lagen. Parallelbestimmungen bei einem zweiten Labor bestätigten diese Befunde in der Regel nicht. Dennoch fand auch das zweite Labor zum gegebenen Beprobungstermin an jeweils anderen Stationen vereinzelte Toxizitäten auf der Verbringstelle (E3-Jahresberichte der HPA, 2010 - 2012).

Im Sommer 2013 wurde nur an der Station 9 auf der Verbringstelle ein gering toxischer Wert ermittelt, der in einer verdeckten Doppelbestimmung sowie durch eine Parallelbestimmung der BfG jedoch nicht bestätigt wurde (E3-Jahresberichte der HPA, 2013). Alle übrigen Proben wiesen ebenfalls einen pT-Wert von Null auf.

Im Sommer 2014, vor der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung, wurde ebenfalls an der Station 9 auf der Verbringstelle ein gering toxischer Wert (pT2) festgestellt. Alle übrigen ermittelten pT-Werte überschritten den Wert von pT1 nicht.

Aufgrund der logarithmischen Natur der Biotestdaten ist es nach Ansicht der BfG nicht gestattet, pT-Werte arithmetisch zu mitteln. Werden zur besseren Übersicht dennoch arithmetische Mittelwerte für die einzelnen Gebiete angegeben, so ergibt sich nach dem vorläufigen Ende der Verklappungen im Zeitraum Frühjahr 2010 bis Sommer 2012 im Bereich der Verbringstelle eine nicht signifikante Toxizitätserhöhung um ungefähr eine pT-Stufe. Diese war zudem räumlich sehr heterogen verteilt (s. E3-Jahresberichte der HPA, 2010 bis 2012) (Tabelle 5-3). Der Medianwert lag über diesen Zeitraum (2010 bis 2012) betrachtet in allen Gebieten bei Null (Tabelle 5-3).

Im Sommer 2013 und im Sommer 2014 wurde nur in jeweils einer Probe auf der Verbringstelle eine geringe Toxizität (= pT 2) ermittelt, die in Parallelbestimmungen jeweils nicht bestätigt wurde. Damit zeigen die Proben allenfalls noch einen sehr schwachen, ebenfalls nicht signifikanten Hinweis auf eine Toxizität an (Tabelle 5-3, Abbildung 5-10).

Im September 2014, nach der Verbringung, wurde an einer Probe am Rand der Verbringstelle bei der Station 1 im Porenwasser mittels Leuchtbakterientest ein Wert von pT3 ermittelt. Ein Zusammenhang mit der Verbringung an diesem Punkt kann nicht ausgeschlossen werden, ist aber durch diesen Einzelbefund auch nicht belegt. Da an den übrigen Stationen im Bereich der Verbringstelle jeweils keine oder nur eine sehr geringe Toxizität (= pT 1) beobachtet wurde, zeigt der Mittelwert der pT-Werte für September 2014 im Bereich der Verbringstelle keine Erhöhung im Vergleich zu den übrigen Gebieten an (Tabelle 5-3). Im 6-km-Kreis wurde an zwei Proben mittels Algentest im Porenwasser ein Wert von pT3 resp. pT2 festgestellt. Alle übrigen pT-Werte der unmittelbaren und weiteren Umgebung sowie im Referenzgebiet lagen, wie auch auf der Verbringstelle, im Bereich keiner bis sehr geringer Toxizität (= pT0 oder pT1) (Abbildung 5-11).

Zur Qualitätssicherung der ökotoxikologischen Untersuchungen wurden zu beiden Terminen Proben des 1-km-Kreises resp. seiner unmittelbaren Umgebung zusätzlich von der BfG analysiert (Abbildung 5-12). Die Proben wurden mittels Leuchtbakterien- und Algentest mehrheitlich im Porenwasser und im Eluat analysiert. Lediglich bei den beiden Proben auf dem Klappzentrum konnte kein Porenwasser gewonnen werden, da die Proben hierfür zu sandig waren.

Mit den Parallelanalysen wurde größtenteils pT0 in beiden Proben festgestellt (Abbildung 5-12). Die geringe Toxizität (= pT 2) der Probe aus dem Juli 2014 an der Station 9 zeigte in der Parallelanalyse einen Wert von pT Null. Für die Probe der Station 1 aus dem September 2014, die eine mäßige Toxizität aufwies, lag leider keine Doppelbestimmung vor.

**Zusammenfassend** lässt sich feststellen, dass zwischen 2010 und 2012 eine räumlich sehr heterogen verteilte Toxizitätserhöhung um im Mittel ungefähr eine pT-Stufe aufgetreten ist, die allerdings nicht signifikant war. Im Zeitraum davor (2005 bis 2009) wurde hingegen keine Toxizitätserhöhung ermittelt.

Im Sommer 2013 und im Sommer 2014 wurde nur in jeweils einer Probe eine geringe Toxizität festgestellt, die in Parallelbestimmungen jeweils nicht bestätigt wurde. Alle übrigen Proben zeigten pT-Werte von 1 oder Null. Damit wiesen diese Proben zu diesen beiden Terminen allenfalls noch einen sehr schwachen, nicht signifikanten Hinweis auf eine Toxizität auf.

Nach der Baggergutverbringung in 2014 wird in einer Probe auf der Verbringstelle eine mäßige Toxizität ermittelt. Ein Zusammenhang zur Baggergutverbringung kann hier nicht ausgeschlossen werden. Alle weiteren Proben im 1-km-Kreis und seiner näheren Umgebung zeigen jedoch keine oder nur eine sehr geringe Toxizität an. Im Mittel waren die Werte auf der Verbringstelle in Relation zur Umgebung im September 2014 damit nicht erhöht.

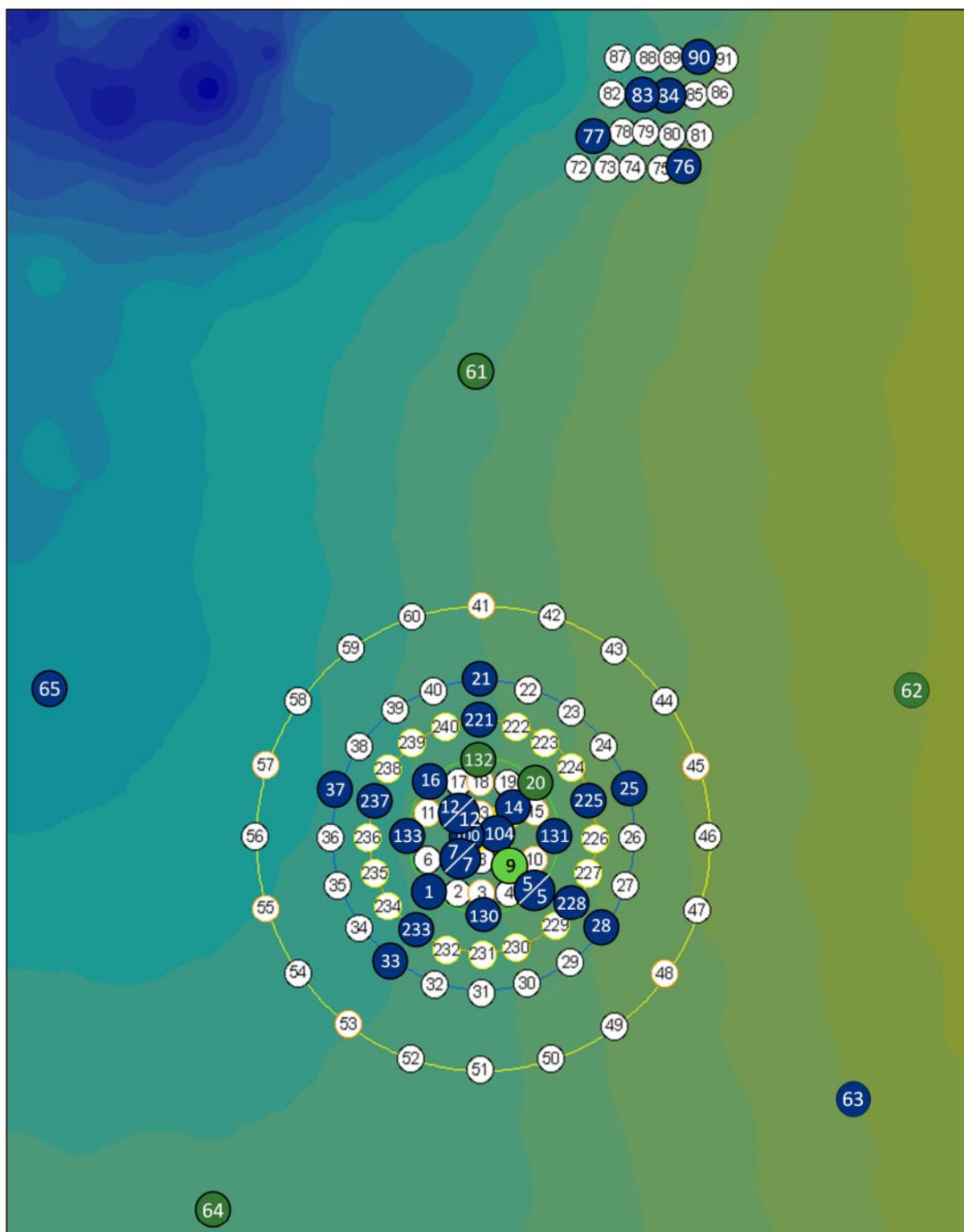


Abbildung 5-10 Verteilungsmuster der ökotoxikologischen Befunde im Verbringungsgebiet bei E3 im Juli 2014 (Messergebnisse vom Labor 1)

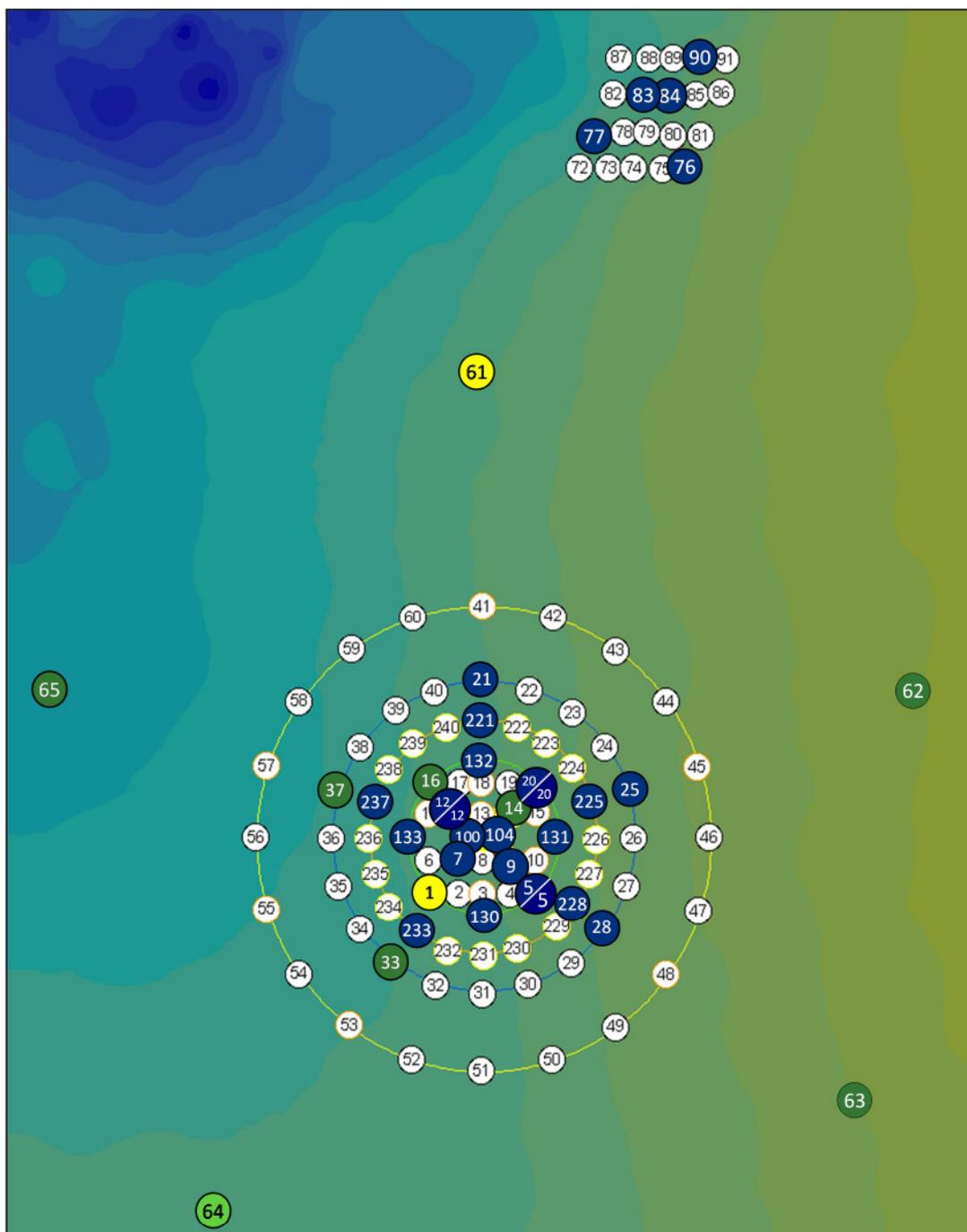


Abbildung 5-11 Verteilungsmuster der ökotoxikologischen Befunde im Verbringungsgebiet bei E3 im September 2014 (Messergebnisse vom Labor 1)



Im Sommer 2014, vor der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung, wurde ein Anstieg der Toxizität in den Gebieten der Verbringstelle, dem 1,5-km, dem 2-km sowie dem 6-km-Kreis festgestellt: Jeweils mehrere Proben wiesen Hemmwerte oberhalb der 20 % auf und lagen daher im Bereich „leicht toxisch“ (Tabelle A-16). Proben mit Hemmwerten oberhalb der 40 % wurden nicht ermittelt. Zwischen den einzelnen Gebieten zeigte sich dabei kein Unterschied in der Hemmung der Corophien. Im September 2014, nach der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung, lagen die Werte aller durchgeführten Corophientests im nicht toxischen Bereich (Tabelle A-17).

Es ist zu vermuten, dass im Sommer 2014 erneut eine erhöhte Empfindlichkeit der in Laborkultur gehälterten Tiere die Ursache für den vermeintlichen Anstieg war. Die Proben in 2014 wurden nur bei einem Labor analysiert, nach dessen Angaben zwischen den Untersuchungen im Juli und September neue Testorganismen aus dem Feld gewonnen wurden. In der Monitoring-AG wurde daher auf Anregung der BfG im November 2014 beschlossen, in 2015 die Analysen jeweils bei einem Teil der Proben von einem Zweitlabor parallel durchführen zu lassen.

Von einem baggergutbedingten Anstieg der Hemmwerte des Corophiumtests ist hingegen nicht auszugehen: Zum einen lagen die Hemmwerte aus dem Juli 2014 auf der Verbringstelle nicht höher als im gesamten Untersuchungsgebiet und zum anderen wurde nach der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung im September 2014 keine Hemmung gegenüber den Corophien mehr festgestellt.

Damit ist für den Zeitraum 2005 bis 2014 nicht von einer durch die Baggergutverbringung bedingten Erhöhung der Sedimenttoxizität gegenüber dem Testorganismus *Corophium volutator* auszugehen.

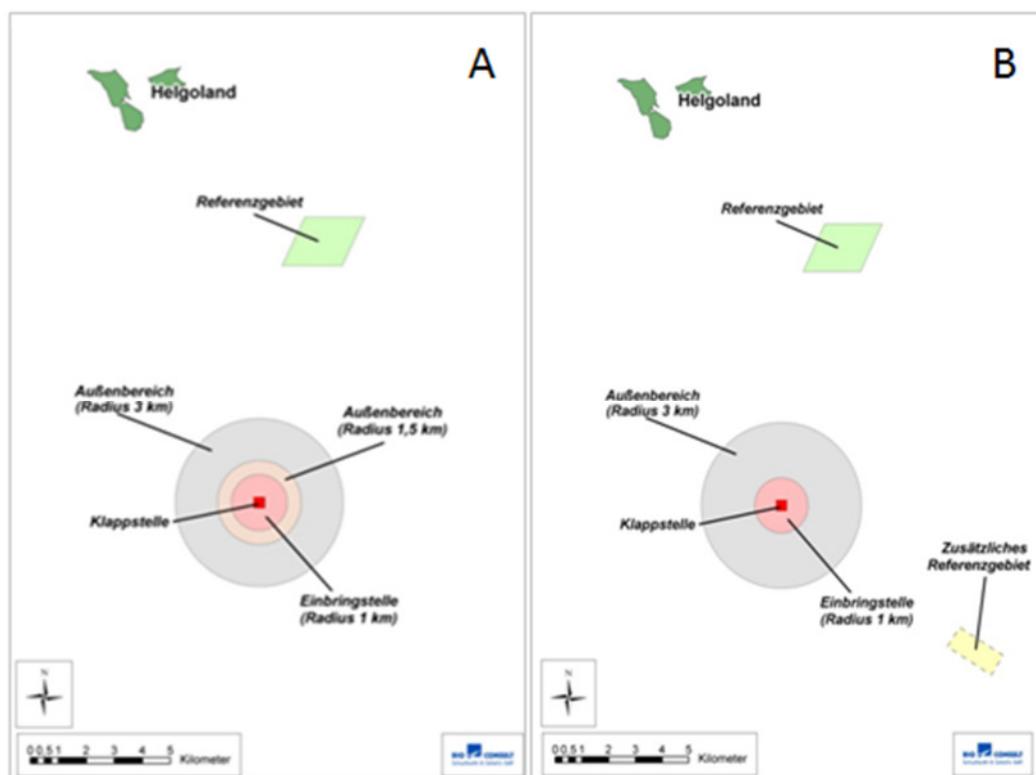


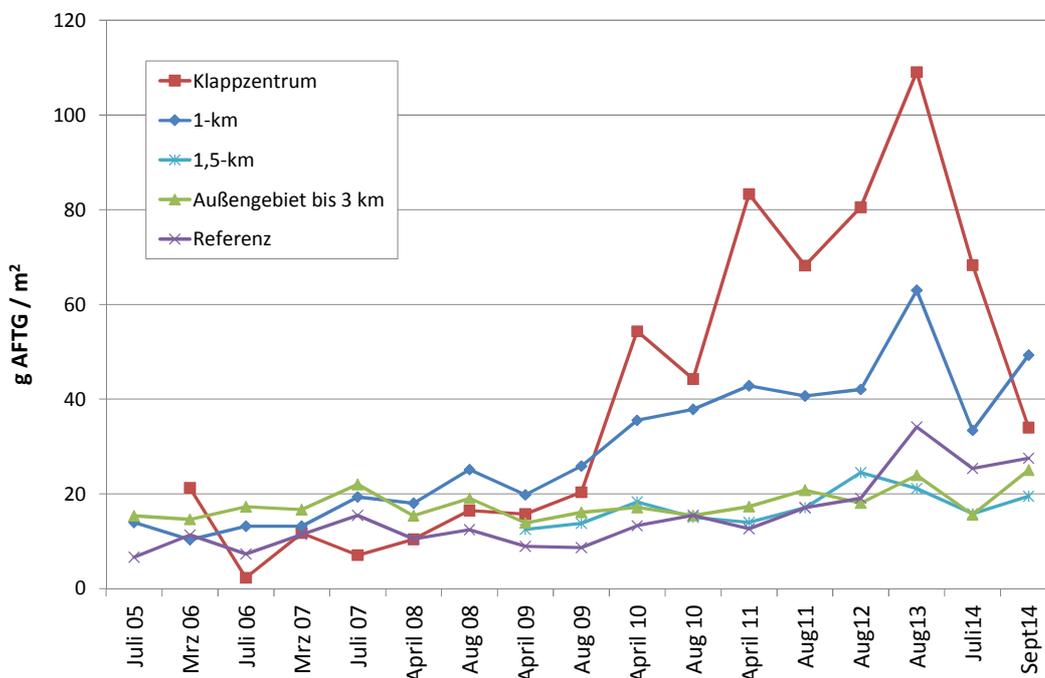
Abbildung 5-13 Gebiete für Makrozoobenthosbeprobung (A) und Klieschenmonitoring (B)

## 5.6 Makrozoobenthos

Zeitgleich zur Probennahme für die chemischen und ökotoxikologischen Analysen wurden von der Firma BioConsult Sedimentproben für die Untersuchung der Makrozoobenthos-Gemeinschaft entnommen. Das gesamte Untersuchungsgebiet umfasste mit der Verbringstelle (20 Stationen mit jeweils einer Bodengreiferprobe), dem in 2009 eingerichteten 1,5 km Ring (20 Stationen), einem Außengebiet (40 Stationen), dem Referenzgebiet (20 Stationen) und dem Bereich des eigentlichen Klappzentrums mit 10 Stationen fünf Teilgebiete (Abbildung 5-13 A). An jeder Station wurde eine Makrozoobenthosprobe mit einem Van-Veen-Greifer (0,1 m<sup>2</sup> Grundfläche) entnommen. Die Siebmaschenweite betrug 1 mm. Die Siebrückstände wurden bis 2013 einschließlich mit Alkohol konserviert, ab 2014 mit Formalin. Die Tiere wurden im Labor soweit möglich bis zur Art bestimmt und quantifiziert. Bis Sommer 2012 wurde die Biomasse anschließend als aschefreies Trockengewicht auf Ebene der Großtaxa (2005) bzw. auf Artebene (seit 2006) ermittelt. Ab 2013 wurde die Biomasse als Feuchtgewicht ermittelt und anschließend mit Konvertierungsfaktoren in aschefreies Trockengewicht umgerechnet.

Bei der Auswertung wurde ein räumlicher Vergleich der fünf Teilgebiete durchgeführt und anschließend die Veränderung der Makrozoobenthos-Assoziation über die Zeit analysiert (BioConsult, 2015c). Die Ergebnisse pro Gebiet und Untersuchungskampagne wurden statistisch auf signifikante Unterschiede geprüft (Varianzanalysen, multivariate statistische Tests).

Die Erstuntersuchung im Jahr 2005 ergab für das Makrozoobenthos das zu erwartende, für diesen Teil der Nordsee typische Artenspektrum einer *Nucula-nitidosa*-Gemeinschaft. Während dieser Untersuchung wurden keine Hinweise auf eine besondere Bedeutung des Verbringgebietes für die Makrozoobenthos-Gemeinschaft gefunden.



**Abbildung 5-14 Makrozoobenthos-Biomasse im Untersuchungsgebiet von 2005 bis 2014 (AFTG = aschefreies Trockengewicht, ab 2013 auch Feuchtgewicht berechnet, s. Text)**

Das direkte Klappzentrum (K, 400\*400 m) wies seit der ersten Verbringkampagne in 2005 bis zum Jahr 2010 niedrigere Besiedlungskennwerte für Artenzahl und Artenvielfalt auf als die umliegenden Gebiete. Die Ergebnisse zeigen, dass diese verklappungsbedingte Beeinträchtigung zwischen 2006 und 2010 relativ konstant blieb. Außer der direkten Wirkung durch Substratüberdeckung bei den Verklappungen kann auch die Texturveränderung hin zu einem sandigeren Untergrund zu der beobachteten Verarmung der Makrozoobenthosgemeinschaft im Klappzentrum beigetragen haben.

Erwartet wurden darüber hinaus auch eine niedrigere Besiedlungsdichte sowie eine geringere Biomasse auf dem Klappzentrum. Während der Mehrzahl der zwischen 2005 und 2010 durchgeführten Beprobungen war dies auch zu beobachten. Es wurden jedoch auch mehrfach Massenvorkommen von Organismen (Polychaet *Scalibregma inflatum* Sommer 2006, Polychaet *Owenia fusiformis* 2008, Bivalvia *Ensis americanus* Sommer 2009) auf dem Klappzentrum festgestellt. Während dieser Termine lag die Besiedlungsdichte des Klappzentrums nicht immer niedriger, sondern war z.T. sogar höher als in den umliegenden Gebieten. Die Ursache für die Massentwicklungen könnte in den aufgrund der Verklappungen niedrigeren Besiedlungsdichten an dem Klappzentrum und dem dadurch freiwerdenden Raum für die Ansiedlung von in den jeweiligen Jahren dominanten Larvenarten zu suchen sein.

Seit August 2009 entwickelte sich auf dem Klappzentrum eine Schwertmuschelkolonie (*Ensis americanus*). Die Besiedlungsdichte mit Schwertmuscheln nahm dabei von August 2009 bis Juli 2014 deutlich ab. Parallel ist die Biomasse auf dem Klappzentrum von August 2009 bis August 2013 kontinuierlich angestiegen. Dies ist auf den Größenwuchs der Schwertmuscheln zurückzuführen, die in 2013 immer noch knapp 70 % der Biomasse auf dem Klappzentrum betragen.

Im Juli 2014 lag die Besiedlungsdichte mit *Ensis americanus* noch auf Platz 4 nach den Muscheln *Nucula nitidosa*, *Abra nitida* und *Abra alba*. Die Biomasse auf K hatte im Vergleich zum Vorjahr zwar abgenommen, war aber immer noch die höchste der fünf Teilgebiete und wurde zu ungefähr 70 % von *Ensis americana* bestimmt (Abbildung 5-14).

Die mittlere Artenzahl auf dem Klappzentrum nahm nach dem vorläufigen Ende der Verklappungen in 2010 deutlich zu und lag im Juli 2014 nur knapp unter der mittleren Artenzahl der Teilgebiete U, AU-1,5 km, AU und R, wobei der Unterschied zu diesen Gebieten nicht signifikant war. Die Abundanz lag auf dem Klappzentrum im Juli 2014 zwar noch etwas unterhalb der Werte der anderen Teilgebiete, auch dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant. Die Artenvielfalt auf dem Klappzentrum wies von August 2011 bis Juli 2014 keinen Unterschied mehr zu der auf den umgebenden Teilgebieten auf. Auch die multivariaten Analysen zeigten im Juli 2014, dass sich die Gemeinschaftsstruktur auf dem direkten Verklappungsbereich K an die der anderen Teilgebiete angenähert hat. Damit können insgesamt im verklappungsfreien Zeitraum Frühjahr 2010 bis Juli 2014 Anzeichen für eine Erholung der Makrozoobenthos-Lebensgemeinschaft auf der Klappstelle festgestellt werden. Eine vollständige Annäherung der Makrozoobenthos-Assoziation im direkten Verklappungsbereich an die der umliegenden Teilbereiche ist aufgrund der deutlich vergrößerten Textur im Klappzentrum hingegen nicht zu erwarten.

Im September 2014, zum Zeitpunkt der Beprobungskampagne, war die Verbringung zwischenzeitlich wieder aufgenommen worden. Ein Einfluss der Baggergutausbringung auf die Makrozoobenthos-Gemeinschaft zeigt sich deutlich: Die Parameter mittlere Artenzahl, Diversität und Abundanz haben durch die Verklappung auf K signifikant abgenommen. Auch die Biomasse nahm ab, war aber immer noch die zweithöchste der Teilgebiete (Abbildung 5-14). Auch in den multivariaten Analysen wurde das Gebiet des Klappzentrums wieder deutlicher getrennt von den anderen Teilgebieten dargestellt. Insgesamt war der Einfluss der Baggergutverbringung auf die genannten Indikatoren aber nicht höher als während des ersten Verklappungszeitraums.

Die Artenzusammensetzung hat sich auf dem Klappzentrum nach der Wiederaufnahme der Verklappungen im Sommer 2014 deutlich geändert. Dominante Arten im September 2014 waren der Ringelwurm *Pholoe baltica*, die Kleine Pfeffermuschel *Abra alba* und der Flohkrebs *Pariambus typicus* statt der Glänzenden Nussmuschel *Nucula nitidosa*, *Abra alba*, der Glänzenden Pfeffermuschel *Abra nitida*, der Schwertmuschel *Ensis americanus* und dem Ringelwurm *Scalibregma inflatum*, die im Juli 2014 die dominanten Arten darstellten. Auch wenn die Schwertmuschel *Ensis americanus* im September 2014 bei der Abundanz nicht mehr zu den dominanten Arten zählte, stellte sie aufgrund ihrer Masse immer noch knapp die Hälfte des Anteils an Biomasse.

In den Kampagnen zwischen 2005 und 2010 konnten im 1-km-Kreis verklappungsbedingte Effekte insbesondere auf Stationen in unmittelbarer Nähe zum Klappzentrum festgestellt werden. Lokale Effekte der Sedimentverbringungen erscheinen daher in dem das Klappzentrum umgebenden Teil des 1-km-Kreises wahrscheinlich und sind aufgrund der dort veränderten, gröberen Textur auch zu erwarten. Im Zeitraum ohne Baggergutverbringung von Frühjahr 2010 bis Juli 2014 wurden diese Effekte geringer.

In 2014 wurde bei den Parametern Artenvielfalt, Abundanz und mittlere Artenzahl weder im Juli noch im September ein signifikanter Unterschied im 1-km-Kreis im Unterschied zu den anderen Teilgebieten festgestellt. Die multivariaten Analysen zeigen im Juli 2014 kaum noch einen Unterschied zwischen dem 1-km-Kreis und den übrigen Gebieten. Im September 2014 weisen die unmittelbar dem Klappzentrum benachbarten Stationen jedoch wieder eine deutliche Ähnlichkeit zum Klappzentrum auf, wodurch sich ein Einfluss durch die Wiederaufnahme der Verklappungen andeutet.

Die Biomasse war im 1-km-Kreis im September 2014 die höchste der Teilgebiete (Abbildung 5-14). Hierfür waren vorwiegend Muscheln (vor allem *Ensis americanus*, aber auch *Abra alba* sowie weitere Arten) und Stachelhäuter (insbesondere *Echinocardium cordatum*, der Herz-Seeigel) verantwortlich.

In den Gebieten 1-km, AU-1,5, AU und R zählten zu beiden Terminen in 2014 die Kleine Linsenmuschel (*Kurtiella (Mysella) bidentata*), der Schlangensterne (*Amphiura filiformis*) und die glänzende Nußmuschel (*Nucula nitidosa*) sowie die Kleine und die Glänzende Pfeffermuschel (*Abra alba* und *Abra nitida*) zu den dominanten Arten, wobei *Kurtiella bidentata* und *Amphiura filiformis* vor allem im Referenzgebiet in hohen Anteilen vertreten waren. Im Juli war auch der Köcherwurm (*Lagis koreni*) in den vier Gebieten dominant vertreten, im September hingegen der Ringelwurm *Pholoe baltica*.

Im 1,5-km-Kreis, im Außengebiet und im Referenzgebiet wurden, wie bereits in den vergangenen Jahren festgestellt, auf der vorhandenen Datengrundlage keine Hinweise auf verklappungsbedingte Wirkungen ermittelt (BioConsult, 2015c).

Die faunistischen Ergebnisse zeigen insgesamt, dass sich die baggergutbedingten Änderungen der Benthosgemeinschaft auf dem Klappzentrum und den angrenzenden Stationen im 1-km-Kreis über die Zeit der Verbringung nicht wesentlich verändert haben. Im Sommer 2014, 4,5 Jahre nach der letzten Verklappung, waren weiterhin Anzeichen einer Erholung zu erkennen. Eine vollständige Rückkehr zum Ausgangszustand war aufgrund der Texturveränderung auch nicht zu erwarten. Im September 2014, nach der Wiederaufnahme der Verklappungen, zeigt sich zwar ein deutlicher Einfluss der Baggergutverbringung auf die Indikatoren, dieser war aber nicht höher als während des ersten Verklappungszeitraums.

## 5.7 Bioakkumulation

Neben der akuten und chronischen Toxizität von Schadstoffgehalten auf Organismen verschiedener Trophieebenen wird auch die Schadstoffanreicherung in Organismen (Bioakkumulation) untersucht. Im Jahr 2014 wurden die Untersuchungen an der Pfeffermuschel (*Abra alba*) und der Wellhornschnecke (*Buccinum undatum*) der vergangenen Jahre weiter fortgesetzt (Tabelle A 1). Im Herbst 2014 erfolgte ebenfalls die nach dem regulären Monitoringprogramm vorgesehene Untersuchung an der Kliesche (*Limanda limanda*), die im Herbst 2013 nach einer einjährigen Pause im Rahmen des nachsorgenden Monitoringprogramms wieder aufgenommen worden war.

### 5.7.1 Bioakkumulation in der Wellhornschnecke

Wellhornschnecken (*Buccinum undatum*) sind räuberisch lebende und aasfressende Organismen, die in der Nahrungskette sehr weit oben stehen und daher ein hohes Bioakkumulationspotenzial aufweisen. Seit März 2006 werden Wellhornschnecken im Rahmen der Befischungen aus dem Klappzentrum, der Verbringstelle, dem Außengebiet sowie dem Referenzgebiet entnommen und auf Schadstoffanreicherung (Bioakkumulation) untersucht. Zusätzlich erfolgt seitdem eine Analyse der Bestandsdichte und Längen-Häufigkeitsverteilung in diesen vier Gebieten. Im Sommer 2013 wurde erstmals auch eine Altersbestimmung der Tiere vorgenommen. Diese wurde stichprobenartig an 114 von 280 Organismen aus dem Juni und September 2014 wiederholt.

Die Wellhornschnecke gilt als besonders sensibel gegenüber TBT. Daher wird seit Frühjahr 2007 im Rahmen eines Effektmonitorings die Vermännlichung weiblicher Wellhornschnecken, das so genannte Imposex-Phänomen, untersucht, das durch TBT induziert werden kann. Zur Ermittlung der Imposex-Rate werden nur größere und damit ältere Individuen herangezogen.

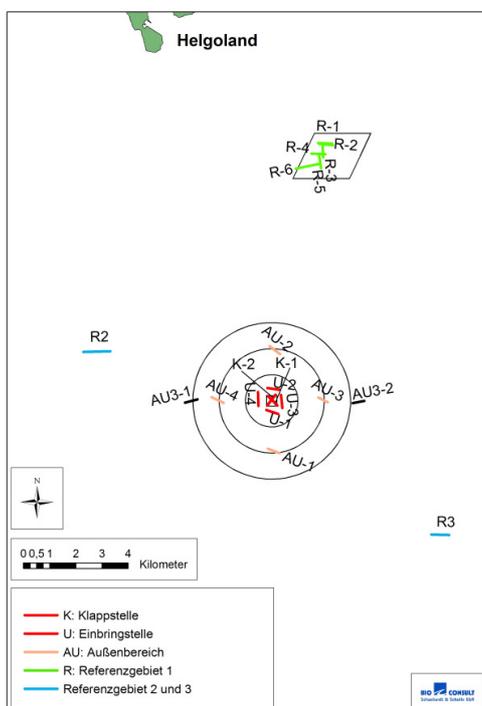


Abbildung 5-15 Lage der Hols der Wellhornschneckenbeprobung ab August 2009

**Tabelle 5-4 Anzahl Proben für Bioakkumulationsanalysen an der Wellhornschncke**

	2008/09*		2009/10**		2011***		2012/14****	2014****
	Frühjahr 08 Sommer 08 Frühjahr 09		Sommer 09 Frühjahr 10 Sommer 10		Frühjahr 11	Sommer 11	Sommer 12 Sommer 13 Sommer 14	Herbst 14
Untersuchungsbereich	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Klappzentrum	5	20	10	10	10	10	10	10
Verbringst. 1km Radius	5	4x10	10	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10
Nahfeld 2km Radius	5	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10
Nahfeld 3km Radius	0	2x10	0	2x10	2x10	2x10	2x10	2x10
Referenzgebiet 1	5	20	10	10	10	10	10	10
Referenzgebiet 2	5	20	10	10	10	10	10	10
Referenzgebiet 3	5	20	10	10	10	10	10	10
Gesamt pro Termin	30	180	90	140	140	140	140	140
Gesamt pro Jahr	60*	360 (140)**	230 (140)***				140	140

\* 60 Proben aus zwei Individuen, gepoolt

\*\* 360 (140) 360 Proben für Zinnorganika und Chlororganika, 140 Proben aus dem Sommer für Schwermetalle und PCB

\*\*\* 230 (140) 230 Proben für Zinnorganika und Chlororganika, 140 Proben aus dem Sommer für Schwermetalle und PCB

\*\*\*\* 140 140 Proben für gesamten Parameterumfang (Zinnorganika, Chlororganika, Schwermetalle, PCB)

Die Bioakkumulationsuntersuchung wurde ab März 2007 um ein zweites Referenzgebiet im Bereich einer Schifffahrtsstraße und ab April 2009 um ein drittes Referenzgebiet im Bereich der Monitoring-Station 69 erweitert, so dass sie mittlerweile in insgesamt sechs Gebieten durchgeführt wird. Die ungefähre Lage der einzelnen Hols zeigt Abbildung 5-15.

Für das Jahr 2008 wurde eine statistisch signifikante Anreicherung verschiedener organischer Schadstoffe in Wellhornschncken des Klappzentrums im Vergleich zu denen der Referenzgebiete ermittelt (E3-Jahresbericht der HPA, 2009). Als Konsequenz aus diesem Befund wurde die bestehende Einvernehmensregelung um weitere Maßgaben ergänzt. Hierzu gehört auch eine Erweiterung des Wellhornschncken-Monitorings ab Sommer 2009 mit dem Ziel, die gefundenen Effekte räumlich besser eingrenzen zu können. Das Außengebiet wurde hierfür in einen 2-km- und in einen 3-km-Kreis unterteilt. Verbringstelle und 2-km-Kreis werden in je vier Teilbereiche gemäß den Himmelsrichtungen untergliedert (Nord, Süd, Ost, West), der 3-km-Kreis umfasst die Teilgebiete West und Ost (Tabelle 5-4; Abbildung 5-15).

Probenanzahl und Parameterumfang im Zeitraum 2008 bis 2014 sind in Tabelle 5 4 aufgeführt. Die Proben wurden auf Schwermetalle (Cadmium, Blei, Kupfer, Nickel, Zink) und Arsen, PCB (Summe 7), chlororganische Verbindungen (DDT und Metabolite, Octachlorstyrol, Hexachlorbenzol, HCH) und zinnorganische Verbindungen (MBT, DBT, TBT, TeBT) sowie den Fettgehalt untersucht. Zudem werden seit August 2009 Schalengröße, Schalengewicht sowie das Weichkörpergewicht aufgenommen.

Die seit 2006 durchgeführten Untersuchungen zur Bestandsdichte und Längen-Häufigkeitsverteilung zeigen, dass die Wellhornschncke das Untersuchungsgebiet intensiv besiedelt. Dichten von über 100 Individuen pro Hektar wurden zwischen 2006 und 2014 häufig festgestellt (BioConsult, 2015a), wobei über den Gesamtzeitraum betrachtet die höchsten Werte auf dem Klappzentrum und im 1-km-Kreis aufgetreten sind.

Die Besiedlungsdichte zeigt dabei zwischen den einzelnen Terminen und in den Gebieten eine sehr hohe Variabilität. Tendenziell werden über den Gesamtzeitraum ab 2006 die niedrigsten Werte im Referenzgebiet ermittelt. Die im Sommer 2005 im Rahmen der Makrozoobenthosbeprobung erhobenen Daten zur Wellhornschncke zeigen, dass diese gebietsbezogenen Unterschiede (1-km-Kreis > Außenbereich > Referenzgebiet) bereits vor den Verklappungen aufgetreten sind.

Im Juni 2014 lag die Bestandsdichte auf dem Klappzentrum, der Verbringstelle und im Außengebiet im Vergleich zu den vorangegangenen Jahren eher niedrig. Im Referenzgebiet wurde mit 104

Individuen pro Hektar hingegen das Maximum dieses Gebietes für den gesamten Untersuchungszeitraum ermittelt. Im September wurden insbesondere im 1-km-Kreis, aber auch im Außengebiet mit 342 resp. 223 Individuen pro Hektar wieder hohe Individuenzahlen festgestellt.

Eine durch die Baggergutverbringung bedingte Verringerung des quantitativen Vorkommens der Wellhornschnecke ist weder über den Gesamtzeitraum noch nach Wiederaufnahme der Baggergutverbringung im Sommer 2014 festzustellen. Auch eine Erhöhung nach Aussetzen der Verbringung im Frühjahr 2010 wurde nicht beobachtet (BioConsult, 2015a).

Die Längen-Häufigkeitsverteilung zeigte zwischen Frühjahr 2006 und Frühjahr 2011, dass die Tiere auf dem Klappzentrum und im 1-km-Kreis im Mittel etwas kleiner waren als im Außengebiet, im Referenzgebiet hingegen etwas größer. Von August 2011 bis September 2014 wird hingegen kein Längenunterschied zwischen den Gebieten mehr festgestellt.

Allgemein ist davon auszugehen, dass juvenile Tiere kleiner sind als ältere. Dies würde bedeuten, dass im Klappzentrum bis 2010 tendenziell mehr jüngere Tiere gefunden wurden. TBT wirkt allerdings auch wachstumshemmend. Da an den Tieren vor 2013 keine Altersdatierung durchgeführt wurde, lassen sich die Faktoren „Alter“ und „Wachstumshemmung“ hier jedoch nicht voneinander abgrenzen. Eine mögliche Wachstumshemmung von Tieren auf dem Klappzentrum über den Gesamtzeitraum lässt sich von daher nicht ausschließen, aber mit den vorhandenen Daten auch nicht belegen.

In neueren Untersuchungen wurde festgestellt, dass das über die Länge der Schnecken abgeschätzte Alter nicht nur sehr unsicher ist, sondern dass die Längen-Altersbeziehung auch je nach Gebiet erheblich variieren kann (BioConsult, 2015a). Das Alter der Population spielt sowohl für die Ausprägung des Imposex-Phänomens als auch für die Schadstoffanreicherung eine wichtige Rolle. Daher wurde an Tieren aus den Beprobungen aus 2013 erstmals eine „Altersdatierung über Opercula“ durchgeführt. In 2014 wurde diese Untersuchung an einem Teil der zu beiden Untersuchungsterminen entnommenen Tiere wiederholt (BioConsult, 2015d).



**Abbildung 5-16 Wellhornschnecke mit Gehäusedeckel (Operculum)**

Das Operculum der Wellhornschnecken ist ein horniger Deckel, der an der Oberseite des Fußes aufsitzt und in der Regel erkennbare Jahresringe bildet, über die sich das Alter der Tiere bestimmen lässt (Abbildung 5-16). Hierbei ist allerdings zu beachten, dass nicht auf allen Opercula deutliche Jahresringe zu erkennen sind und die Datierung deshalb nicht an allen Proben möglich ist.

Von insgesamt 100 Tieren aus dem Jahr 2013 war 92 jeweils ein Alter zuzuordnen. Im Jahr 2014 wurde an 128 der auch auf Schadstoffanreicherung untersuchten Tiere eine Datierung durchgeführt, wobei sich 116 Tieren ein Alter zuordnen lies.

Das mittlere Alter der auf Schadstoffe untersuchten Tiere betrug 9,4 Jahre (2013, n=92) resp. 9,8 Jahre (2014, n=116). Über 80 % der in beiden Jahren untersuchten Schnecken wiesen dabei ein Alter zwischen 7 und 12 Jahren auf. Das gesamte Altersspektrum lag mit 6 bis 14,5 Jahren etwas weiter. In beiden Untersuchungsjahren ermittelte Unterschiede im Alter der Tiere verschiedener Gebiete waren gering und nicht signifikant (Abbildung 5-17).

Für beide Jahre wurde eine signifikante, positive Korrelation des Alters zur Gehäuselänge der Tiere ermittelt. Diese war für 2014 zwar etwas enger als für 2013, insgesamt jedoch in beiden Jahren eher schwach ausgeprägt ( $r^2 = 0,20$ ,  $p < 0,0001$ ,  $n = 115$  für 2014;  $r^2 = 0,08$ ,  $p < 0,01$ ,  $n = 92$  für 2013). Dies ist sicher im relativ engen Altersspektrum der untersuchten Tiere begründet, in dem sehr junge Tiere nicht vorkamen.

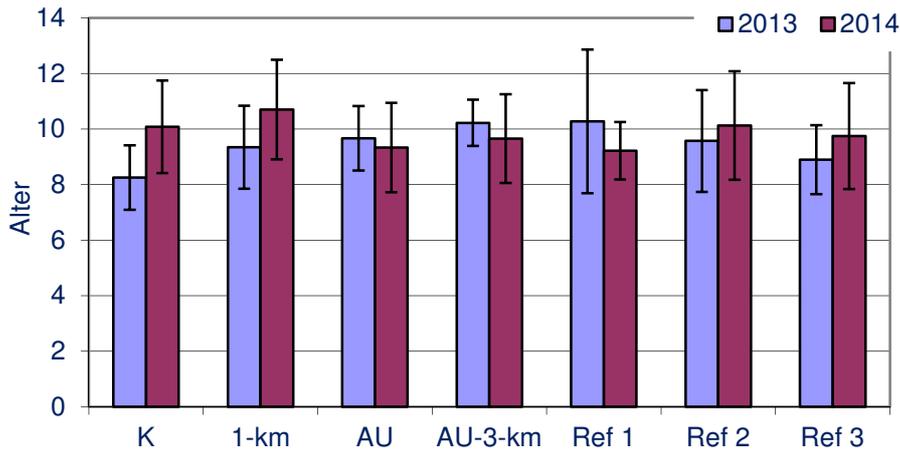
Die DDT-Metabolite pp-DDE, pp-DDD und op-DDD zeigten zwischen 2008 und 2010 zu insgesamt 6 Beprobungsterminen eine relativ gleichmäßig ausgeprägte, baggergutbedingte Anreicherung auf dem Klappzentrum und der Verbringstelle. Im Zeitraum 2011 bis 2013 wurden hingegen nur noch Werte auf dem Hintergrundniveau ermittelt (E3-Jahresbericht der HPA, 2013).

An den Daten des Jahres 2014 fällt auf, dass zu beiden Beprobungsterminen pp-DDE (Abbildung 5-18) und im Juni 2014 auch pp-DDD im Referenzgebiet 1 in den Tieren signifikant höher angereichert war als in den anderen Gebieten, während keine relative Anreicherung dieser beiden Parameter im Verbringbereich festgestellt wurde. Ein Grund hierfür ist nicht bekannt.

Für op-DDD werden im September 2014 hingegen Werte auf dem Klapp- und Verbringzentrum ermittelt, die etwas höher liegen als die der übrigen Gebiete (Abbildung 5-19). Dieser Unterschied ist für die auf Lipid normierten Werte signifikant, nicht jedoch bei den auf Trockensubstanz bezogenen.

Die Metabolite op-DDE und op-DDT sowie pp-DDT selbst liegen in 2014, wie auch in den vorangegangenen Jahren, in allen Gebieten überwiegend unterhalb der Bestimmungsgrenze. Die Summe der DDT-Metabolite zeigt zu beiden Terminen in 2014 keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gebieten.

Der Anstieg des op-DDD auf dem Verbringzentrum im September 2014 könnte zwar mit den Verklappungen in Zusammenhang stehen: Da aber für die Metabolite pp-DDE und pp-DDD parallel höhere Werte im Referenzgebiet 1 ermittelt wurden, ist insgesamt bei dieser Datenlage noch nicht von einem baggergutbedingten Wiederanstieg der DDT-Metabolitkonzentration in den Wellhornschnecken auf dem Klapp- und dem Verbringzentrum nach der Wiederaufnahme der Verbringungen auszugehen. Hier bleibt die Entwicklung der Folgejahre abzuwarten.



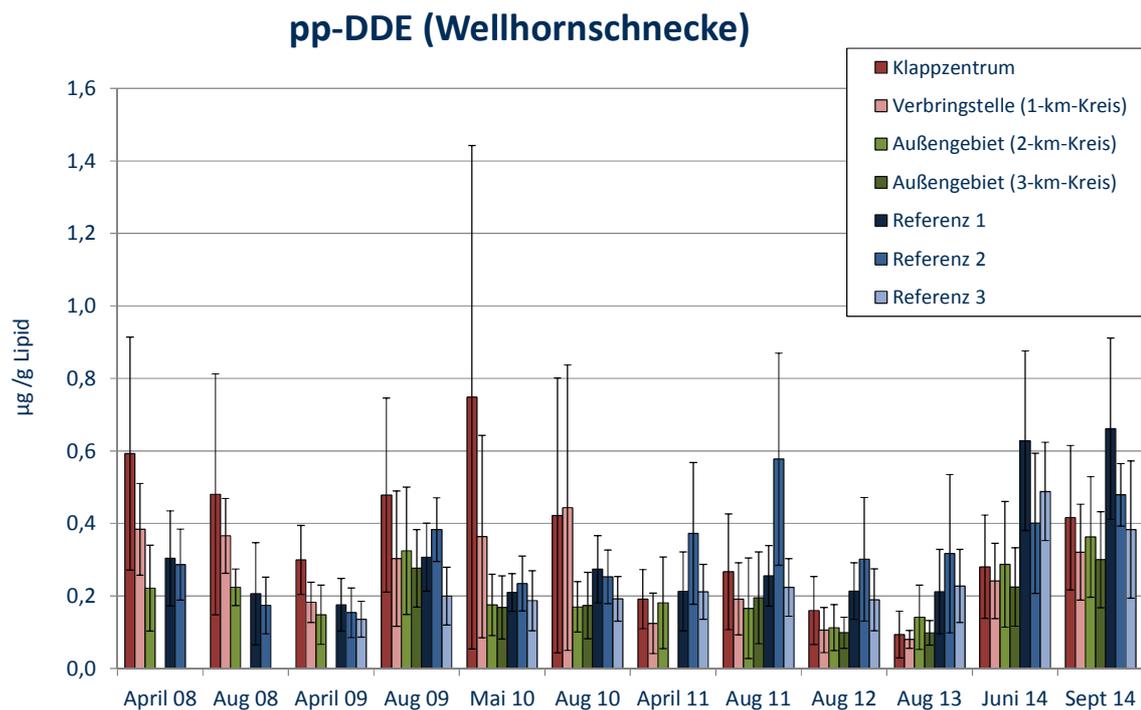
**Abbildung 5-17 Mittleres Alter der Wellhornschncken (Altersdatierung über Opercula) in den einzelnen Gebieten in 2013 und 2014 (Gebiete in beiden Jahren nicht signifikant verschieden, ANOVA mit Post-Hoc Scheffe,  $p < 0,05$ ,  $n=92$  (13) und  $n=114$  (14)).**

Bis zum Jahr 2012 wurde – im Unterschied zu den DDT-Metaboliten – noch eine statistisch signifikante Anreicherung der zinnorganischen Verbindungen MBT und DBT in den Tieren auf dem Klappzentrum und im 1-km-Kreis in Relation zu den übrigen Gebieten festgestellt, wobei das Belastungsniveau beider Verbindungen zwischen 2008 und 2012 deutlich gesunken war (Abbildung 5-20). In 2013 wurde kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gebieten festgestellt. Im Juni 2014 unterschied sich zwar der DBT-Gehalt im Klappzentrum wieder signifikant von dem der Tiere in den Referenzgebieten (Abbildung 5-20), der MBT-Gehalt jedoch nicht.

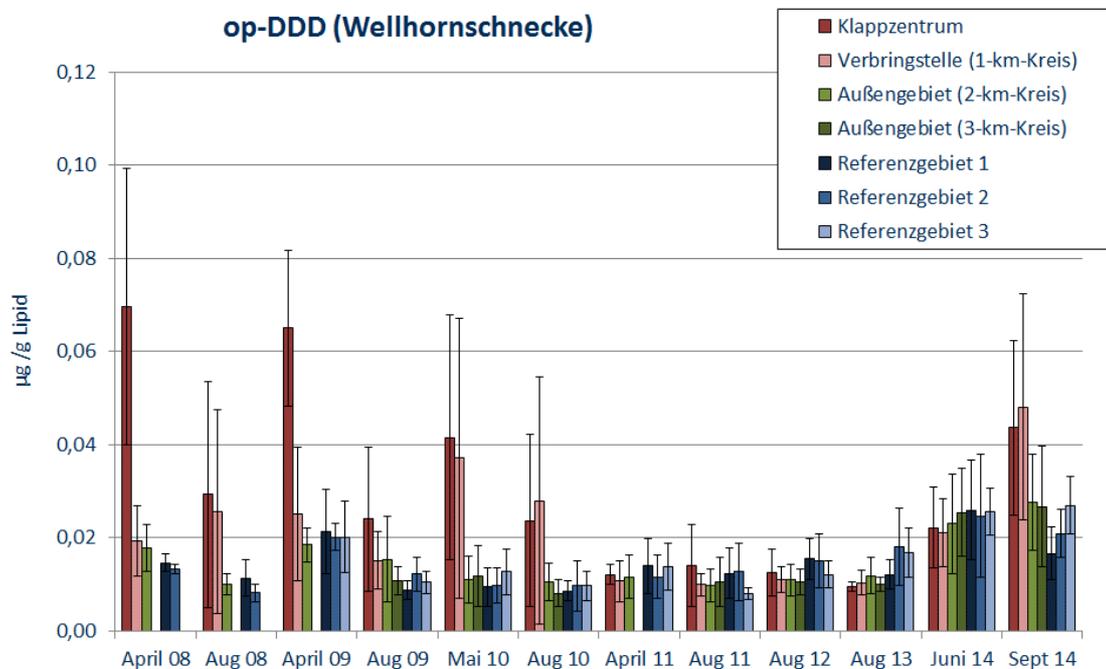
Im September 2014, nach der Wiederaufnahme der Verbringungen, ist weiterhin eine signifikante Anreicherung des DBT-Gehaltes der Tiere im Klappzentrum in Relation zu denen der übrigen Gebiete zu ermitteln (Abbildung 5-20), während sich der MBT-Gehalt in den beprobten Gebieten nicht unterscheidet. Ein Wiederanstieg des Konzentrationsniveaus an MBT und DBT aufgrund der Baggergutverklappung in 2014 war im September 2014 hingegen nicht festzustellen (Abbildung 5-20).

Für TBT wird über die Zeit ein etwas anderes Muster ermittelt: Auf eine niedrige Konzentration in den Jahren 2008 und 2009 sowohl im Verbringbereich als auch in den Referenzgebieten folgt eine temporäre Erhöhung in 2010 und 2011 in allen Gebieten, wobei auf dem Klappzentrum eine im Vergleich zu den anderen Gebieten signifikante, baggergutbedingte Anreicherung festzustellen ist (Abbildung 5-21). 2012, 2013 und 2014 ist die TBT-Konzentration in allen Gebieten wieder auf Werte unterhalb oder knapp oberhalb der Bestimmungsgrenze abgesunken. Auffällig ist, dass die Konzentration an TBT in den Schnecken erheblich niedriger liegt als die der Abbauprodukte MBT und DBT. Dies ist wahrscheinlich auf einen Abbau von TBT in den Schnecken zurückzuführen (BfG-Bericht 1711, 2011).

Werte an TeBT oberhalb der Bestimmungsgrenze wurden nur im Jahr 2010 ermittelt.

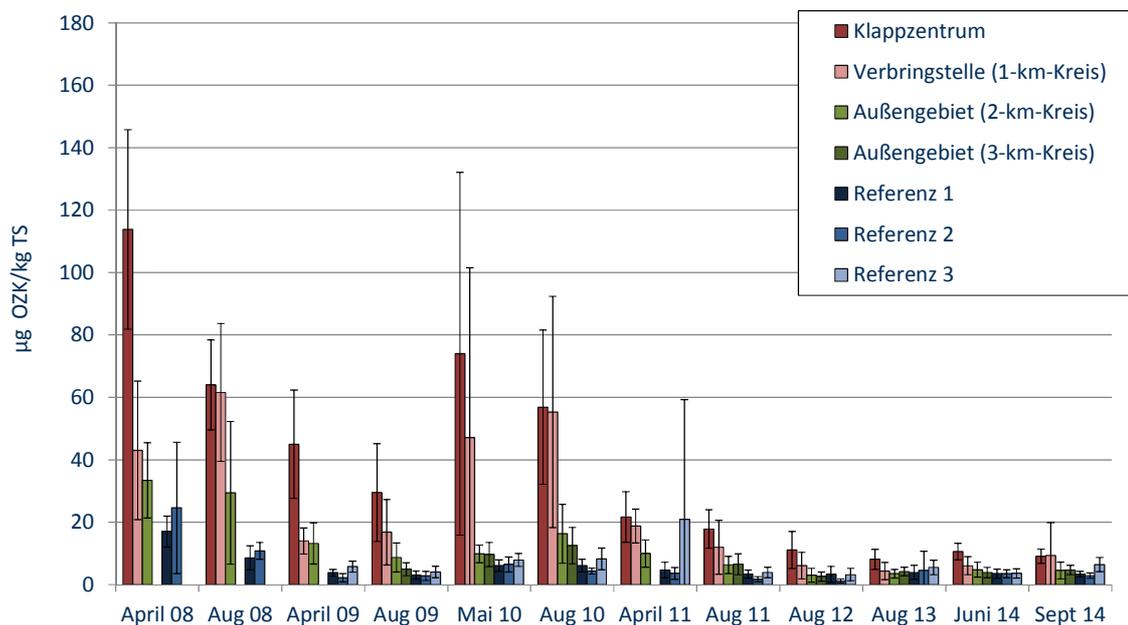


**Abbildung 5-18** Belastung der Wellhornschncken pp-DDE von 2008 bis 2014 (Bezugsbasis Lipid)



**Abbildung 5-19** Belastung der Wellhornschncken op-DDD von 2008 bis 2014 (Bezugsbasis Lipid)

## Dibutylzinn (Wellhornschnecke)



**Abbildung 5-20 Belastung der Wellhornschnecken mit DBT von 2008 bis 2014 (Bezugsbasis Trockensubstanz)**

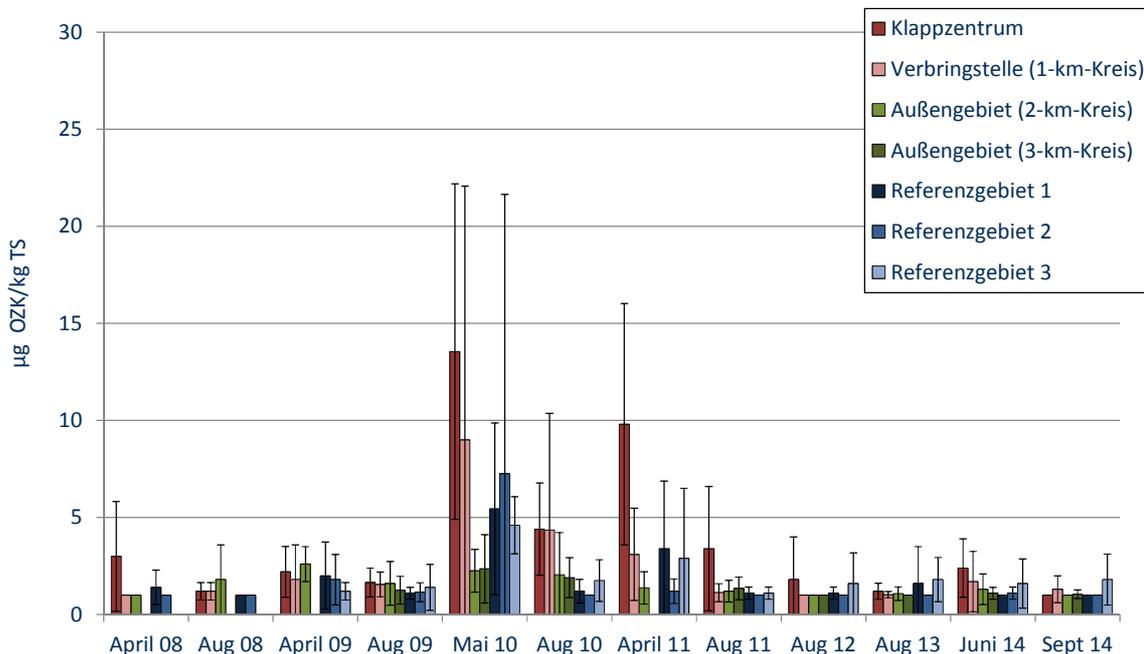
Insgesamt lässt sich feststellen, dass durch die Wiederaufnahme der Verbringungen im September 2014 für DDT-Metabolite keine eindeutige und für zinnorganische Verbindungen keine Erhöhung der baggergutbedingten Schadstoffgehalte in den Wellhornschnecken des Klappzentrums zu verzeichnen war. Dies könnte an der kurzen Zeitspanne zwischen Verklappung und Beprobung gelegen haben.

HCH-Isomere wurden von 2008 bis 2014 in den Wellhornschnecken nur sporadisch nachgewiesen, wobei sich auch in 2014 keine Tendenz zur Anreicherung dieser Verbindungen im Klappzentrum und 1-km-Kreis resp. in einem der anderen Gebiete abzeichnet.

In den Tieren der Referenzgebiete 1 und 2 wurden in den vergangenen Jahren im Vergleich zu denen der übrigen Gebiete wiederholt signifikant höhere Konzentrationen an Schwermetallen und an PCB festgestellt. Dieser Befund wird erneut auch in 2014 bestätigt. Ebenfalls in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der letzten Jahre haben die Tiere im Referenzgebiet 1 auch signifikant höhere Gehäusegewichte, während bei den Tieren in Referenzgebiet 2 in 2014 kein Unterschied zu denen des Verbringbereichs zu verzeichnen ist. Eine parallel höhere Gehäuselänge der Tiere im Referenzgebiet 1 wird in 2014, im Unterschied zu mehreren Beprobungen der vorangegangenen Jahre, nicht ermittelt.

Offenbar werden in beiden Referenzgebieten Tiere gefunden, die relativ zu denen der anderen Gebiete eine höhere Konzentration an Kupfer, Cadmium, Zink, Quecksilber, Arsen und PCB-Verbindungen aufweisen und die teilweise auch dickere Schalen aufweisen, während sich ihre Gehäuselänge von denen der anderen Gebiete nur geringfügig unterscheidet. Im Referenzgebiet 1 zeigen die Tiere in 2014 zudem noch etwas höhere Gehalte an pp-DDE und pp-DDD als in den anderen Gebieten.

## Tributylzinn(Wellhornschnecke)



**Abbildung 5-21 Belastung der Wellhornschnecken mit TBT in 2008 bis 2014 (Bezugsbasis Trockensubstanz)**

Das mittels Opercula datierte Schneckenalter zeigt wider Erwarten nur bei den Tieren aus dem Jahr 2013 eine schwach signifikante, positive Korrelation mit dem Schalgewicht, der Schalenlänge und der Konzentration an Arsen, Cadmium und Quecksilber ( $r^2$  jeweils  $< 0,1$ ,  $p < 0,05$ ). Die Schwermetalle Kupfer, Blei und Zink sowie die PCB-Verbindungen waren hingegen mit dem Alter der Tiere nicht korreliert. Auch die Konzentration an DDT-Metaboliten, Hexachlorbenzol und Octachlorstyrol zeigte keine statistisch signifikante Beziehung zum Alter der Tiere. An den Tieren aus 2014 wird für keinen der Schadstoffparameter eine Beziehung zum Alter der Tiere ermittelt. Die Vermutung, dass es sich bei den Tieren im Referenzgebiet 1 und 2 um jeweils ältere und deshalb stärker schadstoffangereicherte Populationen handelt, ließ sich somit nicht bestätigen.

Damit lässt sich zum Thema Bioakkumulation festhalten, dass die baggergutbedingte Schadstoffanreicherung in den Tieren des Verbringbereichs bereits 2011, ein Jahr nach Ende der Verklappungen, deutlich abgenommen hat. In 2014 wird lediglich für die zinnorganische Verbindung DBT eine geringfügige, aber signifikante Anreicherung im Klappzentrum in Relation zu den Referenzgebieten ermittelt. Weitere baggergutbedingte Anreicherungen von Schadstoffen in den Wellhornschnecken werden in 2014 nicht festgestellt. Die Wiederaufnahme der Verbringungen im Sommer 2014 hat im September 2014 mit Ausnahme von op-DDD nicht zu einem baggergutbedingten Anstieg der Schadstoffgehalte in den Tieren geführt.

TBT ist, wie eingangs erwähnt, die Ursache für eine Vermännlichung weiblicher Schnecken, das sogenannte Impossexphänomen, das seit 2007 in insgesamt fünf Gebieten untersucht wird (Tabelle 5-5).

Die Impossexrate war über den Zeitraum 2007 bis 2010 auf dem 1-km-Kreis und auf dem Klappzentrum in der Regel nicht höher, sondern tendenziell sogar etwas niedriger als in den beiden

Referenzgebieten (Tabelle 5-5). Ein Zusammenhang zwischen Baggergutverbringung und der Ausprägung des Impossexphänomens war damit über den Gesamtzeitraum aufgrund der räumlichen Verteilung nicht zu erkennen.

**Tabelle 5-5 Bewertung der TBT-spezifischen biologischen Effekte (Impossexlevel als PCI) bei der Wellhornschncke in den Untersuchungen von 2007 – 2014 (Klasse B nach OSPAR 2004: grün, Klasse C nach OSPAR 2004: gelb, Diagramm von BioConsult, Erläuterung s. Text)**

	Klappzentrum	1-km-Kreis	Außengebiet	Referenz 1	Referenz 2
<b>Apr. 07</b>	0,12	0,41	0,36	1,29	0,35
<b>Aug. 07</b>	0,48	0,38	0,39	0,44	0,95
<b>Apr. 08</b>	0,28	0,21	0,33	0,17	0,83
<b>Jul. 08</b>	0,04	0,52	0,38	0,50	0,64
<b>Mrz. 09</b>	0,71	1,00	0,61	0,63	0,52
<b>Aug. 09</b>	0,18	0,16	0,52	0,50	0,73
<b>Mai. 10</b>	0,26	0,13	0,21	1,08	0,16
<b>Sep. 10</b>	0,30	0,06	0,62	0,52	0,40
<b>Mai. 11</b>	0,04	0,24	0,00	0,06	0,20
<b>Aug. 11</b>	0,36	0,30	0,05	0,19	0,40
<b>Sep. 12</b>	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
<b>Aug. 13</b>	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04
<b>Juni 14</b>	0,04	0,08	0,04	0,04	0,00
<b>Sep. 14</b>	0,00	0,00	0,08	0,08	0,40

Ab Frühjahr 2011 ist eine deutliche Abnahme der Impossexrate in allen Gebieten festzustellen (Tabelle 5-5). Sowohl im Sommer 2012 als auch im Sommer 2013 wurden jeweils nur 1 resp. 2 Tiere mit leichten Impossex-Merkmalen (Stadium 1) gefunden. Die Rate der von Impossex betroffenen Weibchen lag damit bezogen auf das Gesamtgebiet bei 1-2 %. Dies ist gegenüber einem Anteil von 20 bis 30 % betroffener Weibchen im Zeitraum 2007 bis 2010 ein deutlicher Rückgang.

In 2014 wurden im Juni bei vier und im September bei 6 von jeweils 125 Tieren Impossex festgestellt. Dies ergibt bezogen auf das Gesamtgebiet eine Rate von 3 resp. 5 %. Da drei von vier der im September gefundenen Tiere im Referenzgebiet 2 das Stadium 3 aufweisen, liegt der PCI-Index in diesem Gebiet oberhalb der Marke von 0,3 und ist damit der Klasse C (= TBT-Exposition gemäß OSPAR-Schema) zuzuordnen. Alle übrigen Gebiete weisen zu beiden Terminen in 2014 einen PCI-Wert von < 0,3 auf (Tabelle 5-5). Auch wenn die Werte in 2014 geringfügig höher sind als in 2012 und 2013, widersprechen sie damit nicht dem erwähnten Trend der Abnahme des Impossex-Levels seit 2011.

Bei der Interpretation der Daten ist das Alter der Tiere zu berücksichtigen. Wellhornschncken können bis zu 15 Jahre alt werden. Das Impossexphänomen wird über die Wasserphase vermittelt, wird nur bei juvenilen Tieren ausgeprägt und ist irreversibel. Nach BioConsult (2015a) ist davon auszugehen, dass die Schncken Impossex in den ersten zwei Lebensjahren entwickeln. Die Altersdatierung mittels Opercula (s.o.) hat gezeigt, dass die in 2013 und 2014 beprobten Tiere (an denen kaum noch Impossex festgestellt wurde) in allen Gebieten mehrheitlich 7 - 12 Jahre alt waren. Die Jugendphase der in diesen Jahren beprobten Schncken lag damit teilweise noch vor Beginn der Baggergutverbringung in 2005 (so ab ca. 2003), teilweise auch danach (bis ca. 2008). An diesen Schncken ist die Impossex-Rate sehr gering. In den Schncken der früheren Jahrgänge (Beprobungen 2007 bis 2010) lag sie deutlich höher (Tabelle 5-5). Wenn man davon ausgeht, dass diese

Schnecken ein ähnliches Durchschnittsalter hatten wie die in 2013 und 2014 beprobten, können sie Imposex mehrheitlich nur vor der Baggergutausbringung entwickelt haben.

Es erscheint damit sehr wahrscheinlich, dass das TBT-Verbot 2003/2008 für den Rückgang des Imposex-Phänomens in allen Gebieten hauptsächlich verantwortlich ist und die Baggergutverbringungen keine messbare Auswirkung auf diesen Trend hatten. Allerdings liegen HPA zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine langjährigen Zeitreihen der TBT-Belastung der Wasserphase im Gesamtgebiet vor. Daher ist im Rahmen dieser Auswertung eine weiträumig gesunkene TBT-Hintergrundbelastung der Wasserphase aufgrund des Verbots in 2003/2008 nicht belegbar.

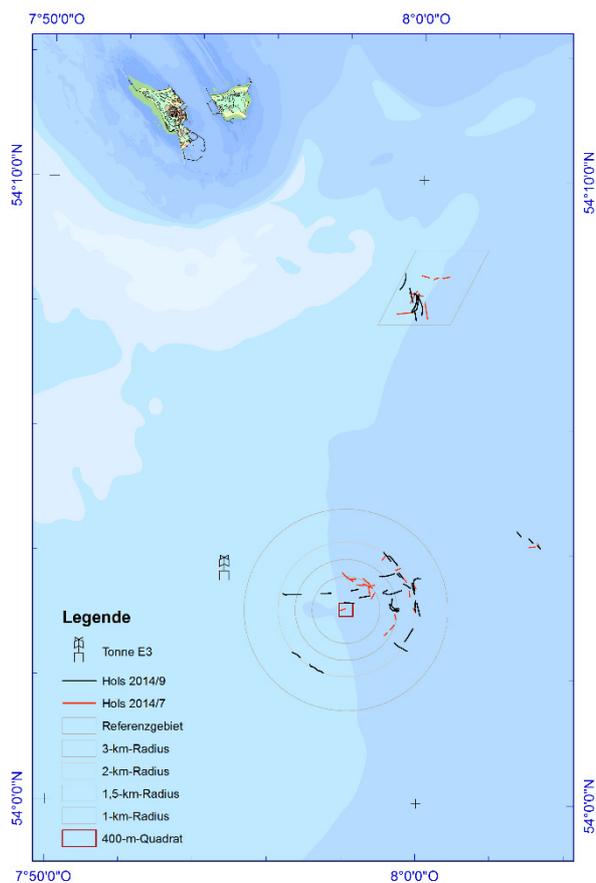
Eine Auslösung von Imposex durch die Baggergutverbringung seit 2005 ist damit jedoch nicht ausgeschlossen. Diese müsste sich vermutlich auf den Verbringbereich konzentrieren, auch wenn über die Mobilität der Schnecken im Gelände keine genaue Kenntnis existiert. Vor dem Hintergrund der Gesamtabnahme in allen Gebieten und dem Durchschnittsalter der untersuchten Population ist weder eine baggergutbedingte Auslösung von Imposex noch eine Abnahme der Imposerate durch Beendigung der Baggergutverbringungen zu erkennen.

**Zusammenfassend lässt sich sagen**, dass während der ersten Phase der Baggergutverbringung vom Herbst 2005 bis zum Frühjahr 2010 eine Anreicherung der zinnorganischen Verbindungen, von Hexachlorbenzol, von Octachlorstyrol und der DDT-Metabolite in den Tieren des Klappzentrums und z.T. auch des 1-km-Kreises aufgetreten ist. In den umgebenden Gebieten (2-km und 3-km-Kreis) wurde hingegen keine derartige Anreicherung ermittelt. Die Imposex-Rate war zwischen 2007 und 2010 aber in diesem Gebiet nicht explizit erhöht, sie lag sogar tendenziell etwas niedriger als in den umliegenden Gebieten. Auch das quantitative Vorkommen der Wellhornschnecken wurde durch die Baggergutverbringungen nicht beeinträchtigt. Die Tiere des Klappzentrums waren jedoch tendenziell etwas kleiner als die der übrigen Gebiete. Eine mögliche Wachstumshemmung durch TBT kann zwar nicht völlig ausgeschlossen werden, ist durch diese Daten jedoch auch nicht zu belegen.

Die Untersuchung der Opercula zeigte, dass die in 2013 und 2014 untersuchten Tiere mehrheitlich zwischen 7 und 12 Jahre alt waren. Eine Beziehung zwischen Alter und Gehäusehöhe der Tiere war nur schwach ausgeprägt. Dies ist nicht überraschend, wenn man bedenkt, dass die Mehrzahl der beprobten Tiere ein ähnliches Alter sowie eine ähnliche Länge aufwies.

Zwischen Frühjahr 2011 und Sommer 2014 war keine baggergutbedingte Anreicherung von Octachlorstyrol, Hexachlorbenzol sowie von den DDT-Metaboliten mehr festzustellen. Auch die Konzentration an zinnorganischen Verbindungen hat seit 2011 deutlich abgenommen. Eine signifikante baggergutbedingte Anreicherung an DBT besteht hingegen auch in 2014 nach wie vor. Diese ist auf das Klappzentrum beschränkt. Die Ursache für die Abnahme könnte in der Herausbildung einer geringer belasteten, oberflächennahen Sedimentschicht liegen. Die Wiederaufnahme der Baggergutverbringung in 2014 führte mit Ausnahme von op-DDD noch nicht zu einem baggergutbedingten Wiederanstieg der Schadstoffkonzentration in den Tieren des Klappzentrums und der Verbringstelle in Relation zum verbringungsfreien Zeitraum.

Auffällig ist, dass die Imposex-Rate in den vergangenen Jahren im Gesamtgebiet deutlich zurückgegangen ist. Ursache hierfür ist vermutlich das Wirksamwerden des TBT-Verbotes von 2003/2008. Ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten des Imposex-Phänomens und der Baggergutverbringung kann aus den Daten dieser Untersuchung bisher nicht abgeleitet werden.



**Abbildung 5-22 Dredgenzüge zur Probenahme von Pfeffermuscheln in 2014 (Juli und September)**

### 5.7.2 Bioakkumulation in der Pfeffermuschel

Proben der Pfeffermuschel (*Abra alba*) wurden zwischen 2005 und 2014 bei insgesamt 17 Beprobungskampagnen gewonnen und auf Schadstoffe analysiert. Die Entnahme der Muscheln erfolgte zu allen Beprobungsterminen an der Einbringstelle, im 2-km-Kreis, im 6-km-Kreis und im Referenzgebiet, wobei jedoch im Referenzgebiet nicht zu allen Terminen ausreichend Material für eine Analyse zur Verfügung stand. Ab August 2008 wurde zusätzlich der 1,5-km-Kreis beprobt. Die Beprobung der Pfeffermuschel wurde im Verlauf der Untersuchungen zur Optimierung der Analytik und statistischen Auswertung intensiviert. Während bis zum Jahre 2008 zwischen 700 und 1100 Pfeffermuscheln pro Kampagne gesammelt wurden, waren es im Frühjahr 2009 knapp 2000 und von Sommer 2009 bis Sommer 2012 zwischen 3000 und 5000, im Sommer 2013 dann sogar über 7000 Organismen, die pro Kampagne entnommen wurden. In 2014 wurden im Juli knapp über 4000 und im September etwas über 5000 Tiere gesammelt (Tabelle 5-6).

Der untersuchte Parameterumfang umfasst den Lipidgehalt, chlororganische Verbindungen (PCB Summe 7, DDT und Metabolite, HCH-Verbindungen, Hexachlorbenzol, Octachlorstyrol) und Schwermetalle (Cadmium, Blei, Zink, Kupfer, Quecksilber).

Wie im E3-Jahresbericht 2009 der HPA dargestellt, sollten ab 2010 nach Möglichkeit pro Gebiet für Schwermetalle und chlororganische Verbindungen jeweils mindestens 5 Parallelproben mit einer ausreichenden Einwaage hergestellt werden, um die Ergebnisabsicherung weiter zu verbessern. Als wünschenswerte Mindesteinwaage für die Analyse der organischen Parameter wurde anhand der bis dahin erzielten Ergebnisse ungefähr 1 g Trockensubstanz angesehen.

In Tabelle 5-6 sind Einwaagen und Anzahl der in 2014 gewonnenen Parallelen aufgeführt. Im Referenzgebiet war die Abundanz der Muscheln zu beiden Terminen so gering, dass nur Material für 3 Parallelen gewonnen werden konnte. Im 1,5-km-Kreis im Juli 2014 reichte die Materialmenge für 4 Parallelen. In den übrigen Gebieten stand hingegen genügend Material für jeweils 5 Parallelen zur Verfügung.

Im 6-km-Kreis lag die Einwaage zu beiden Terminen recht hoch (Tabelle 5-6). Die Muscheln zeigten mit knapp 30 mg Trockensubstanz pro Tier ein fast doppelt so hohes Gewicht wie die Individuen aus dem Verbringbereich und seiner Umgebung, deren Gewicht eher dem Durchschnittswert aller Jahre von 15 mg pro Tier entsprach. Im Referenzgebiet waren die Muscheln zu beiden Terminen hingegen kleiner als in den übrigen Gebieten (Tabelle 5-6).

Pfeffermuscheln leben meist ein Jahr, können aber auch zwei Jahre alt werden. Die unterschiedliche Größe der Tiere in den einzelnen Gebieten zeigt, dass die Populationen sehr wahrscheinlich nicht gleich alt waren. Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen, da sowohl Unterschiede im Alter als auch im Ernährungszustand (Fettgehalt) zu einer anderen Höhe der Schadstoffanreicherung führen können. Aufgrund der hohen Anzahl von Tieren, die für jede Probe gepoolt werden muss (meist 100 – 300 Individuen) und die pro Gebiet mit der Dredge aufgrund ihres heterogenen Vorkommens aus einem jeweils räumlich eher eng umgrenzten Gebiet entnommen werden müssen (Abbildung 5-22), sind die Unterschiede zwischen den Parallelproben aus einem Gebiet zudem sehr gering.

Insgesamt führen die Unterschiede in der Population zusammen mit einer geringen Variabilität der Parallelproben eines Gebietes bei einem Vergleich der Proben eines Termins leicht zu signifikanten Unterschieden zwischen den Gebieten, ohne dass hierfür eine externe Ursache, wie beispielsweise die Baggergutverbringung, verantwortlich sein muss. Daher wurde mit der E3-Monitoringarbeitsgruppe vereinbart, bei der Interpretation der Ergebnisse nicht nur die Daten eines Termins, sondern auch den Verlauf über die Zeit zu bewerten. Der 6-km-Kreis und das Referenzgebiet werden hierbei – wie auch in den vergangenen Jahren - beide als von der Baggergutverbringung unbeeinflusste Gebiete und damit beide als Referenzgebiete zum Verbringbereich angesehen.

Die Lipidgehalte der Pfeffermuscheln lagen pro Termin in der Regel zwischen 5 und 7 %. Im Frühjahr 2010 wiesen die Muscheln höhere Lipidgehalte von im Mittel 12 % auf. Daher resultieren auch die insgesamt höheren Gehalte an chlororganischen Verbindungen zu diesem Termin (Abbildung 5-23).

Die Auswertung der chlororganischen Parameter erfolgt zunächst auf der Basis von auf Trockensubstanz bezogenen Werten, da nicht in allen Fällen genug Material für die Analyse von Lipiden zur Verfügung steht, um zwischen der Lipidkonzentration der Gebiete eines Beprobungstermins zu differenzieren. Um die Werte der Beprobungstermine untereinander vergleichen zu können, werden die Werte der chlororganischen Schadstoffe zusätzlich auch auf Lipid normiert miteinander verglichen. Die Auswertung der Schwermetallkonzentration erfolgt ausschließlich auf Basis von auf Trockensubstanz bezogenen Werten.

Die Daten der Jahre 2005 bis 2007 zeigen eine gewisse räumliche und zeitliche Variation. Eine Tendenz zu einer erhöhten Bioakkumulation auf der Verbringstelle wird für diesen Zeitraum je-

doch nicht verzeichnet. Im August 2008 kam es zu Schwierigkeiten bei der Analyse der chlororganischen Verbindungen, so dass die Daten dieses Termins wahrscheinlich als nicht zuverlässig angesehen werden müssen (für Details s. E3-Jahresbericht der HPA, 2009).

**Tabelle 5-6 Anzahl Individuen, Einwaage und Parallelen für die Bestimmung der Pfeffermuscheln in 2014**

		1-km	1,5-km	2-km	6-km	Referenz
Juli 14	Anzahl	875	531	567	1693	601
	Einwaage <sup>1</sup>	1,0 – 2,3	1,0 – 1,6	0,9 – 1,0	4,6 – 6,4	0,8 – 1,0
	Gewicht/Tier <sup>2</sup>	15	14	13	27	6
	Parallelen	5	4	5	5	3
Sept 14	Anzahl	1110	1043	1227	1205	585
	Einwaage <sup>1</sup>	1,6 – 2,5	1,6 – 2,7	0,9 – 4,3	3,9 – 5,9	0,9 – 1,3
	Gewicht/Tier <sup>2</sup>	14	15	13	29	10
	Parallelen	5	5	5	5	3

<sup>1</sup> Einwaage pro Parallele für chlororganische Parameter in g

<sup>2</sup> Mittleres Trockensubstanzgewicht pro Tier pro Gebiet in mg

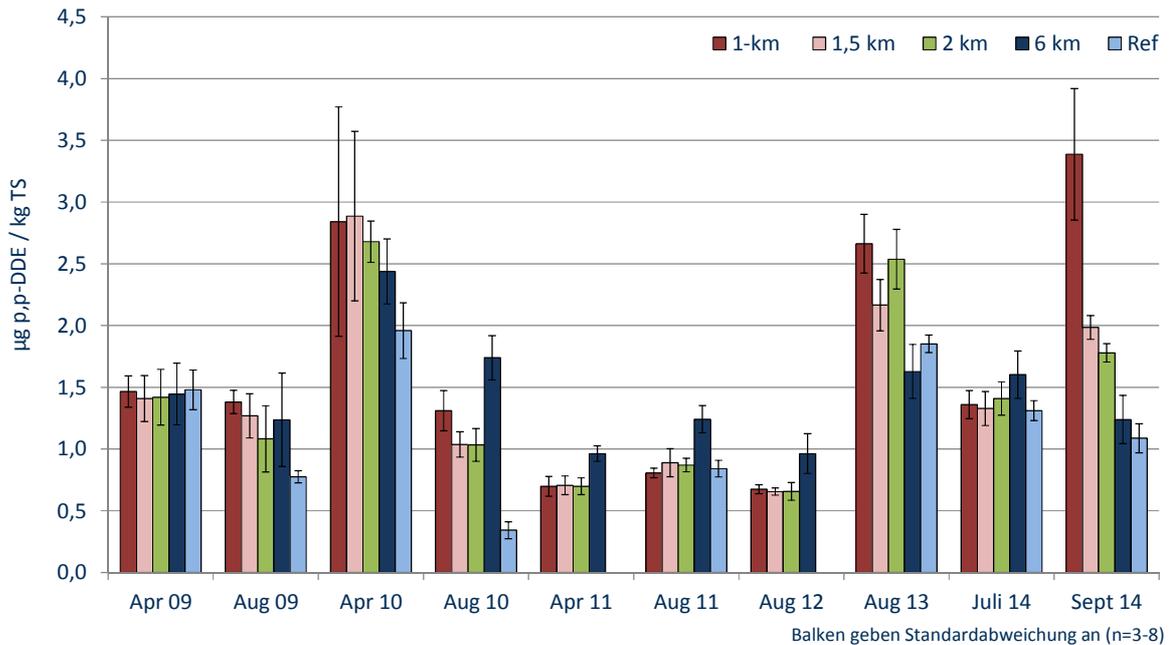
Im August 2009 und zu beiden Terminen 2010 lagen die DDT-Metabolite in den Pfeffermuscheln auf der Verbringstelle teilweise signifikant höher als die des Referenzgebietes, unterschieden sich jedoch nicht von denen des 6-km-Kreises. Eine geringfügige baggergutbedingte Erhöhung der Konzentration an DDT-Metaboliten in den Pfeffermuscheln der Verbringstelle in den Jahren 2009 und 2010 erscheint damit wahrscheinlich, ist aufgrund der Datenlage jedoch nicht ganz sicher zu belegen. Eine signifikante Erhöhung der DDT-Metabolite in der Umgebung der Einbringstelle (1,5-km, 2-km) im Vergleich zum 6-km-Kreis und dem Referenzgebiet wurde im gleichen Zeitraum nicht ermittelt (E3-Jahresbericht der HPA, 2010). In den Jahren 2011 und 2012 wurde keine Erhöhung der DDT-Metabolite in den Pfeffermuscheln des 1-km-Kreises und der Umgebung festgestellt (Abbildung 5-23, E3-Jahresberichte der HPA, 2009-2012).

Hinweise auf eine baggergutbedingte Anreicherung von PCB (Summe 7), Schwermetallen, OCS, HCH-Verbindungen und Hexachlorbenzol in den Pfeffermuscheln wurden im Zeitraum 2009 bis 2012 nicht ermittelt.

Im Sommer 2013 wurden für verschiedene Schadstoffe (die DDT-Metabolite pp-DDD und pp-DDE und insbesondere die PCB-Kongenerne 101, 118, 153 und 180) in allen Gebieten eine relativ hohe Konzentration in den Tieren festgestellt. Die BfG prüfte im Auftrag der E3-Monitoringarbeitsgruppe, ob das Hochwasser in der Elbe 2013 zu höheren Gehalten an chlororganischen Stoffen im Schwebstoff geführt haben könnte. Diese könnten sich eventuell in einer sehr dünnen Schicht an der Sedimentoberfläche abgelagert haben und von den Pfeffermuscheln über ihren Siphon aufgenommen worden sein, ohne bereits in den Sedimentdaten als deutliche Erhöhung erkennbar zu sein. Die BfG konnte anhand der Schwebstoffdaten in Cuxhaven feststellen, dass sowohl die DDT-Metabolite pp-DDE und pp-DDD (BfG-Mitteilungen Nr. 31, 2014) als auch die PCB-Kongenerne bereits Anfang Juli einen deutlichen Konzentrationsanstieg aufwiesen. Damit kann eine gewisse Beeinflussung der Schadstoffkonzentration in den Pfeffermuscheln durch das Hochwasser 2013 in

der Deutschen Bucht angenommen werden. Dies führte im Ergebnis dazu, dass die genannten Verbindungen im Sommer 2013 im 1-km- und im 2-km-Kreis signifikant oberhalb der Werte im Referenzgebiet lagen, während der 1,5-km-Kreis eine Mittelstellung einnahm. Die übrigen Schadstoffe zeigten im Sommer 2013 hingegen keine erhöhte Konzentration (E3-Jahresbericht der HPA, 2013).

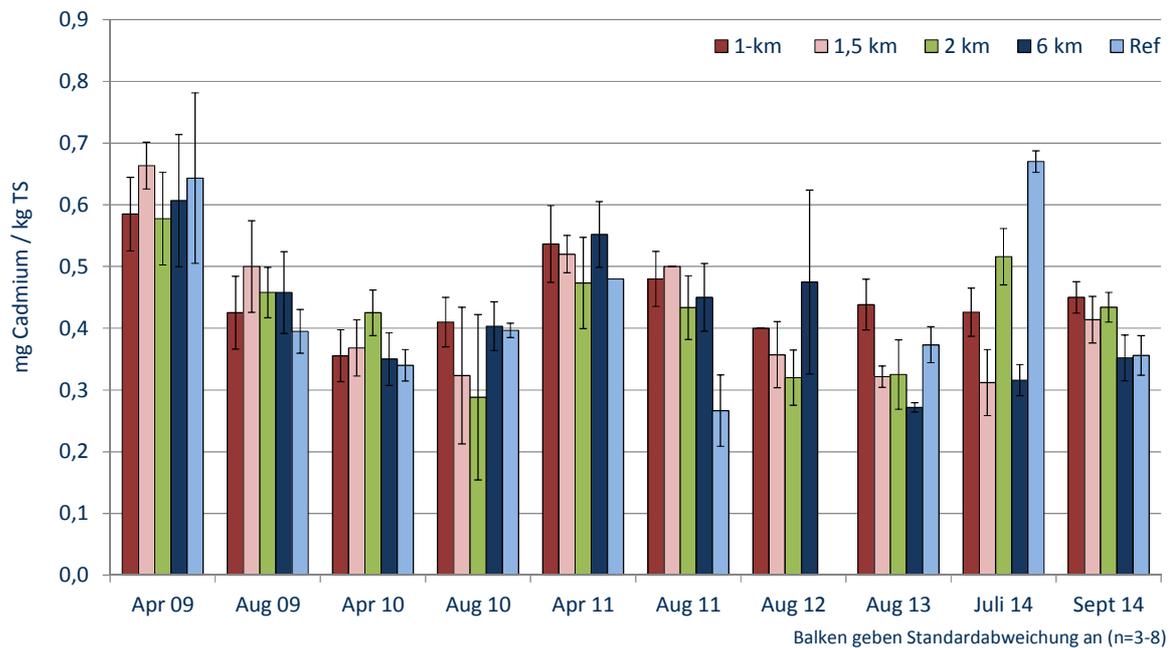
### p,p-DDE in der Pfeffermuschel



**Abbildung 5-23 Belastung der Pfeffermuschel mit pp-DDE von 2009 bis 2014**

Für Juli 2014 ergeben sich keine Hinweise auf eine baggergutbedingte Anreicherung der in der Auswertung betrachteten organischen Schadstoffe. Die PCB-Kongenerere zeigen bei den auf Trockensubstanz bezogenen Werten keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gebieten. Die DDT-Metabolite pp-DDD, op-DDD und pp-DDE (Abbildung 5-23), Octachlorstyrol sowie Hexachlorbenzol weisen jeweils im 6-km-Kreis die höchste Konzentration auf. Werden die organischen Schadstoffe auf Lipidgehalte normiert, zeigt für die Mehrzahl der DDT-Metabolite und PCB-Kongenerere sowie für Hexachlorbenzol der 2-km-Kreis die höchsten Gehalte, die mehrheitlich signifikant höher sind als auf der Einbringstelle. Die HCH-Verbindungen liegen im Juli 2014 überwiegend unter der Bestimmungsgrenze.

## Cadmium in der Pfeffermuschel



**Abbildung 5-24 Belastung der Pfeffermuschel mit Cadmium von 2009 bis 2014**

Im September 2014, direkt im Anschluss an die Wiederaufnahme der Verbringung, liegen hingegen die DDT-Metabolite pp-DDE, op-DDE, pp-DDD und op-DDD, Octachlorstyrol sowie die PCB-Kongenerne im 1-km-Kreis sowohl bezogen auf Trockensubstanz als auch auf Lipid in den Pfeffermuscheln signifikant höher als im Referenzgebiet und im 6-km-Kreis, wobei diese Erhöhung für pp-DDE besonders ausgeprägt ist (Abbildung 5-23). Es erscheint plausibel, dass diese Schadstoffanreicherung durch das Baggergut bedingt ist.

Die Proben aus der Umgebung der Verbringestelle (1,5-km-Kreis und 2-km-Kreis) zeigen, bezogen auf die Trockensubstanz, zu diesem Termin ebenfalls signifikant höhere Werte bei einigen PCB und DDT-Metaboliten als die Proben des Referenzgebietes und des 6-km-Kreises. Diese liegen jedoch noch in der Spanne der im Referenzgebiet und im 6-km-Kreis ermittelten Hintergrundwerte (Abbildung 5-23). Werden die Werte hingegen auf Lipid normiert, wird kein signifikanter Unterschied zum Referenzgebiet mehr festgestellt.

Die HCH-Verbindungen sowie Hexachlorbenzol zeigen im September 2014 keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gebieten.

Die Schwermetallgehalte in den Pfeffermuscheln zeigten von 2009 bis 2013 keinen Hinweis auf eine baggergutbedingte Anreicherung. Im Juli 2014 lagen die Werte an Quecksilber, Zink, Kupfer, Cadmium und Blei im Referenzgebiet signifikant über denen der übrigen Gebiete (Abbildung 5-24). Im September 2014 wurde für Zink kein Unterschied zwischen den Gebieten festgestellt, während die Gehalte an Quecksilber und Kupfer weiterhin in den Tieren des Referenzgebietes signifikant höher lagen als in denen an der Verbringestelle. Die Konzentrationen an Cadmium und Blei waren hingegen in den Tieren des 1-km- und des 2-km- resp. 1,5-km-Kreises signifikant höher als im Referenzgebiet und im 6-km-Kreis. Werden die Werte aller Beprobungstermine betrachtet, ist für

die Schwermetalle hingegen kein Trend einer Anreicherung im Verbringbereich zu erkennen (Abbildung 5-24). Von einer baggergutbedingten Anreicherung von Schwermetallen in Pfeffermuscheln ist demgemäß nicht auszugehen.

Damit erscheint eine baggergutbedingte Anreicherung in den Pfeffermuscheln auf dem 1-km-Kreis für DDT-Metabolite (pp-DDE, op-DDE, pp-DDD, op-DDD), Octachlorstyrol und PCB-Kongenere (153, 180) im September 2014, direkt nach der Wiederaufnahme der Verbringung, wahrscheinlich. Für die Schwermetalle ist eine baggergutbedingte Anreicherung in den Tieren der Verbringstelle hingegen nicht nachgewiesen. Für die Umgebung ist eine derartige Erhöhung nach den gegenwärtigen Daten nicht statistisch nachgewiesen. Für die Schwermetalle ist eine baggergutbedingte Anreicherung in den Tieren der Verbringstelle ebenfalls nicht nachgewiesen.

Damit lässt sich festhalten, dass im Zeitraum 2009 bis 2014 zu insgesamt vier von 10 Untersuchungsterminen eine signifikante Anreicherung von DDT-Metaboliten festzustellen ist, die vermutlich auf die Baggergutausbringung zurückzuführen ist und die sich auf die Verbringstelle beschränkt. Zudem wird im September 2014, nach der Wiederaufnahme der Verbringung, ebenfalls eine signifikante baggergutbedingte Anreicherung von PCB-Kongeneren auf der Verbringstelle ermittelt. Eine baggergutbedingte Anreicherung anderer organischer Schadstoffe sowie von Schwermetallen wird hingegen über den Gesamtzeitraum nicht festgestellt.

### 5.7.3 Bioakkumulation in der Kliesche

Ein Bioakkumulationsmonitoring an Fischen wird im Einvernehmen mit dem Land Schleswig-Holstein vom 1. August 2008, geändert am 28. Juli 2009, gefordert. Die Rahmenbedingungen für die Durchführung dieses Fischmonitorings wurden zwischen dem MELUR, der BfG und HPA in 2009 abgestimmt. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurde die Untersuchung an die Vorgaben des BLMP (Bund-Länder-Messprogramm) angepasst. Als Fischart wurde die Kliesche (*Limanda limanda*) ausgewählt. Zum einen gehört sie zu den Fischarten, die relativ häufig in den Fängen angetroffen wurden, zum anderen werden Klieschen auch im Monitoring des BLMP beprobt, so dass Vergleichsdaten vorliegen. Die Kliesche zeigt zwar ein gewisses Wanderverhalten, allerdings in weniger starker Ausprägung als andere in der Region häufig vorkommende Bodenfische wie Schollen und Flundern.

Es wurden die vier Gebiete Klappzentrum/Verbringstelle, Außengebiet, erstes Referenzgebiet und zweites Referenzgebiet (Abbildung 5-13) für das Fischmonitoring ausgewählt. Aufgrund des Wanderverhaltens ist es allerdings wichtig, dass die Interpretation der Ergebnisse nicht zu engräumig erfolgt.

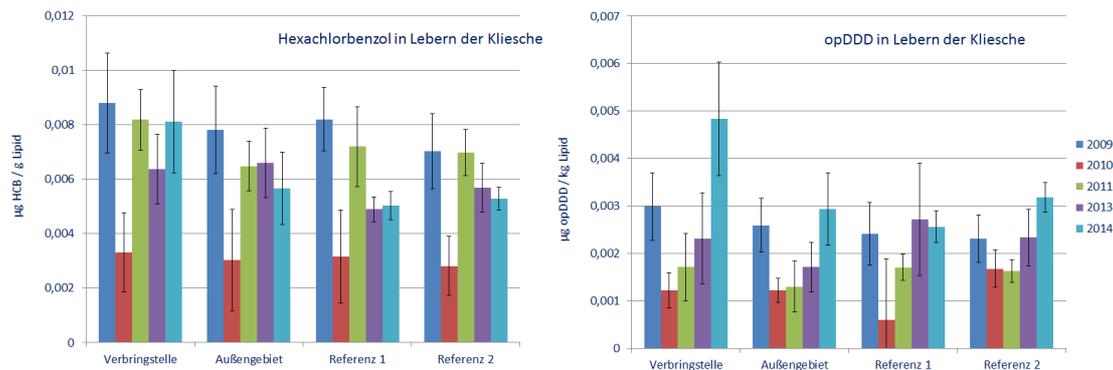
Die Beprobung der Kliesche wurde in den Jahren 2009, 2010, 2011, 2013 und 2014 jeweils im Herbst nach der Laichperiode durchgeführt, um einen Einfluss der Gonadenentwicklung auf die Leberfettwerte nach Möglichkeit zu minimieren. Der Analysenumfang entspricht dem der Bioakkumulationsuntersuchung der Wellhornschnecke (Cadmium, Blei, Kupfer, Nickel, Zink, Arsen, PCB (Summe 7), DDT und Metabolite, Octachlorstyrol, Hexachlorbenzol, HCH, MBT, DBT, TBT, TeBT sowie Lipidgehalt).

Im Jahr 2009 wurden pro Gebiet je 30 weibliche Tiere der Größenklasse 19 bis 25 cm entnommen. Das Lebergewebe von jeweils drei Tieren wurde vereinigt, um ausreichend Material für die Analysen zu erhalten, so dass insgesamt 10 Proben pro Gebiet vorlagen. In 2010 wurde aufgrund eines sehr geringen Klieschenvorkommens die Größenklasse der zur Beprobung ausgewählten Tiere auf 17 bis 27,5 cm erweitert. In 2011, 2013 und 2014 wurde die Anzahl an pro Gebiet gefangenen Tieren von 30 auf 45 der Größenklasse 19 bis 25 cm (entsprechend jeweils 15 Leberproben)

erhöht, um die Absicherung der Ergebnisse weiter zu verbessern. In allen fünf Untersuchungsjahren wurden zusätzlich zu den Analysen der Leber an je 5 Tieren pro Gebiet Analysen des Muskelgewebes durchgeführt.

Im Jahr 2009 wurden an einigen Proben pro Gebiet jeweils exemplarische Altersbestimmungen mittels Gehörsteinen (Otolithen) durchgeführt. In den übrigen Untersuchungsjahren erfolgte eine Altersdatierung an allen auf Schadstoffgehalte untersuchten Tieren.

Die Altersstruktur der Klieschen war dabei von 2009 bis 2013 sehr ähnlich: Die Mehrheit der Tiere war zwischen 2 und vier Jahre alt. Jüngere (1 Jahr) sowie ältere Tiere (5 bis 8 Jahre) wurden nur selten gefunden. In 2014 waren die gefangenen Tiere mehrheitlich zwischen 3 und 5 Jahre alt und damit im Mittel etwas älter als in den vergangenen Jahren. Ein Jahr alte Tiere wurden gar nicht, zwei und sechs bis 8 Jahre alte Tiere nur vereinzelt gefunden.



**Abbildung 5-25 Belastung der Klieschenlebern mit HCB und op-DDD von 2009 bis 2014**

Die statistische Auswertung der Leberproben wurde sowohl auf Lipide als auch bezogen auf Trockensubstanz durchgeführt, die der Muskelproben aufgrund der geringeren Lipidgehalte nur bezogen auf Trockensubstanz.

Die Mehrzahl der Parameter (PCB Summe 7, b-HCH, g-HCH, OCS, op-DDE, pp-DDE, pp-DDD, op-DDT, pp-DDT, Arsen, Blei, Cadmium, Zink, Quecksilber, MBT und DBT) zeigt bei den Leberproben in 2014, wie auch in den vergangenen Jahren seit Beginn der Untersuchung in 2009, keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gebieten. Dies gilt sowohl für auf Trockensubstanz als auch auf Lipidgehalt bezogene Werte. Die Parameter TBT und TeBT liegen in allen Proben unter der Bestimmungsgrenze.

Signifikante Gebietsunterschiede werden bei Kupfer festgestellt, das im Referenzgebiet signifikant höher ist als im Außengebiet sowie bei den Parametern HCB, a-HCH und op-DDD, die alle drei auf dem 1-km-Kreis signifikant höher als in den drei anderen Gebieten liegen. Bei a-HCH liegt die Mehrzahl der Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze. Die doppelte Bestimmungsgrenze wird in keiner Probe überschritten. Auch bei den Parametern HCB und op-DDD ist der Unterschied zwischen Werten auf dem 1-km-Kreis und den Referenzgebieten in der absoluten Höhe eher gering (Abbildung 5-25).

Die Frage ist, ob ein derartiger Unterschied zwischen den Gebieten auf die Baggergutverbringung zurückgeführt werden kann oder durch zufällige Schwankungen der Belastungswerte der einzelnen Populationen verursacht wurde. In den vergangenen Jahren wurden bei einzelnen Parametern immer einige wenige signifikante Unterschiede zwischen den Gebieten gefunden, wobei sich

kein klares räumliches Muster abzeichnete (s. E3-Jahresberichte der HPA 2009 bis 2013). Mit Ausnahme der beiden Parameter op-DDD und HCB in 2014 wurde zu keinem Termin eine Anreicherung von Schadstoffen in Tieren der Verbringstelle in Relation zu beiden Referenzgebieten festgestellt. Wird der Gesamtverlauf über die Zeit betrachtet, lässt sich auch bei den beiden Parametern HCB und op-DDD bisher noch keine eindeutige baggergutbedingte Anreicherung ableiten (Abbildung 5-25). So liegen die Werte von HCB auf der Verbringstelle in 2014 in der Spanne, die in den vergangenen Jahren auch im Referenzgebiet ermittelt wurde (Abbildung 5-25). Der Parameter op-DDD ist zwar in 2014 auf der Verbringstelle höher als zu den anderen Terminen, dies war aber zu den anderen Terminen und auch bei den anderen DDT-Metaboliten in 2014 nicht festzustellen. Damit kann eine geringfügige, baggergutbedingte Anreicherung dieser beiden Parameter in den Lebern der Klieschen auf der Einbringstelle in 2014 nicht ausgeschlossen werden, ist aufgrund der Datenlage aber auch noch nicht eindeutig belegt. Hier ist der weitere Verlauf über die Zeit zu beobachten.

Ein positiver, signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter der Tiere und dem Gehalt an organischen Schadstoffen in den Leberproben wird, über alle Jahre betrachtet, nicht ermittelt. Die Auswertung wird jedoch dadurch erschwert, dass die Leberproben zur Analyse gepoolt werden mussten und die Parameterkonzentration daher nur gegen ein mittleres Alter der Poolprobe verglichen werden kann.

Die Muskelproben in 2014 zeigten bei 13 der 28 untersuchten Parameter ausschließlich Werte unter der Bestimmungsgrenze (PCB28, PCB52, HCB, a-HCH, b-HCH, OCS, op-DDE, p-DDD, op-DDT, pp-DDT, Cadmium, TBT und TeBT). Die Werte für Blei, MBT, DBT und HCB lagen in fast allen Proben ebenfalls unter der Bestimmungsgrenze und nur in wenigen Proben knapp darüber. Für die Parameter PCB101, PCB118, pp-DDE, Arsen, Kupfer, Zink und Quecksilber wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gebieten ermittelt.

Die PCB-Kongenerne 138, 153 und 180 lagen in den Fischmuskeln im Referenzgebiet 1 signifikant höher als im Außengebiet. Der Parameter pp-DDD war auf der Verbringstelle signifikant höher als im Außengebiet und im Referenzgebiet 2, unterschied sich aber nicht von dem im Referenzgebiet 1. Die Werte für g-HCH lagen im Referenzgebiet 2 signifikant niedriger als in den übrigen drei Gebieten, wobei alle Werte die doppelte Bestimmungsgrenze nicht überschritten. Weitere signifikante Unterschiede zwischen den Gehalten in den Muskelproben in den Gebieten wurden nicht ermittelt. Hinweise auf eine baggergutbedingte Anreicherung von Schadstoffen in den Klieschenmuskeln sind damit aus den Daten nicht abzuleiten.

## 5.8 Fischfauna

Zur Erfassung der Fischfauna, insbesondere der am Boden lebenden Fischarten, wurden im Juni und im September 2014 auf der Verbringstelle, im Referenzgebiet und im Außenbereich jeweils vier sowie auf dem kleineren, direkten Verklappungsbereich von 400\*400 m jeweils 2 Fischzüge (Hols) mit einem kommerziellen Schollengeschirr durchgeführt. Wie auch in den vorangegangenen Jahren wurden sowohl alle Fische auf Artniveau bestimmt als auch Anzahl und Gesamtgewicht pro Art ermittelt. Zudem wurden äußerlich erkennbare Krankheitsanzeichen der Fische mit erfasst.

Wie auch in den Vorjahren wurde bei den Befischungen in 2014 das für diesen Teil der Nordsee typische Artenspektrum vorgefunden. Alle Teilgebiete wurden im Juni und im September 2014 vor allem von der Kliesche und in geringerem Ausmaß auch vom Steinpicker dominiert. Räumliche Unterschiede ergaben sich insbesondere für den Gestreiften Leierfisch, der im Juni 2014 im Refe-

renzgebiet häufiger war als in den anderen Teilgebieten, und für die Flunder, die zu beiden Terminen im 1-km-Kreis und im Außengebiet höhere Anteile an der Gemeinschaft hatte als in den anderen beiden Teilgebieten.

Im Zeitraum 2005 bis 2013 wurden kaum Hinweise auf eine Beeinflussung der Fischfauna durch die Verklappungen gefunden. Lediglich in 2005/2006 wurde ein schwacher Einfluss der Baggergutverbringungen auf die Parameter Gesamtabundanz, Biomasse und mittlere Artenzahl (Herbst 2005) sowie Diversität (Sommer 2006) vermutet (s. BioConsult-Bericht 2006). In den folgenden Jahren (2007 bis 2010) wurde bei keinem Parameter ein Zusammenhang zwischen Baggergutverbringung und Fischfauna festgestellt. Auch das vorläufige Ende der Verbringung im Februar 2010 führte nicht zu erkennbaren Veränderungen im Fischbestand (Untersuchungen 2010, 2011 und 2013).

BioConsult (2014) kam daher vor dem Hintergrund der bisherigen Gesamtschau der Ergebnisse 2005 bis 2013 zu dem Schluss, dass die als Hinweis auf Verklappungen interpretierten Befunde in 2005 und 2006 auch ein Ausdruck natürlicher Variabilität gewesen sein könnten, wobei allerdings temporäre und schwache Effekte auf die Fischfauna als Resultat einer möglichen verklappungsbedingten Vergrämung von Fischen nicht ganz ausgeschlossen werden könnten.

Die Ergebnisse aus 2014 für die Parameter Abundanz und Biomasse vor und nach der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung könnten ebenfalls auf einen gewissen Vergrämungseffekt durch die Verklappungen hindeuten: Im direkten Klappzentrum K wurden vor der Baggergutverbringung im Juni 2014 höhere Abundanz- und Biomassewerte ermittelt als in den anderen Teilgebieten, im September 2014, nach der Verklappung, jedoch geringere. Bei den Parametern mittlere Artenzahl, Dominanzstruktur, Stetigkeit und Diversität wurde hingegen auch in 2014 kein Einfluss der Baggergutverbringung festgestellt.

Temporäre Effekte im Klappstellengebiet während oder kurz nach einer Baggergutverbringung auf Abundanz und Biomasse der Fische sind damit nicht auszuschließen. Weitere Hinweise auf einen Einfluss der Verklappung auf die Indikatoren der Fischfauna lassen sich unter Berücksichtigung der Daten des Gesamtzeitraums 2005 bis 2014 jedoch nicht ermitteln.

Seit 2009 werden bei der Untersuchung der Fischfauna auch die „Fischkrankheiten“ mit erfasst. Hierbei werden alle äußerlich sichtbaren Krankheitsanzeichen (Krankheitssymptome, Anomalien oder Parasitenbefall) aufgenommen.

Während der bisherigen Untersuchungen entfiel jeweils der größte Anteil der äußerlich sichtbaren Krankheitsanzeichen auf eine Fehlpigmentierung von Schollen und Flundern sowie auf eine Hyperpigmentierung von Klieschen. Dies ist auch in 2014 der Fall, allerdings wurden in diesem Jahr zu beiden Beprobungsterminen deutlich höhere Befallsraten für die Hyperpigmentierung der Klieschen ermittelt als in den vergangenen Jahren. Dies führte zu einem Prozentsatz von Tieren mit Krankheitsanzeichen, der, bezogen auf den Mittelwert aller Teilgebiete, bei 31 % (Juni 2014) resp. 42 % (September 2014) lag. Dies ist eine deutliche Zunahme im Vergleich zu den Werten aus den anderen Jahren, die von 2 bis 8 % reichten. Da diese Zunahme schon vor der Baggergutverbringung aufgetreten und kein räumliches Muster feststellbar ist, ist ein Zusammenhang zur Baggergutverbringung nicht ersichtlich.

Die Hyperpigmentierung der Kliesche ist eine Erkrankung, bei der auf der Oberseite grüne bis schwarze Flecken auf der Haut auftreten, während auf der Unterseite kleine perlmuttglänzende Knubbel zu verzeichnen sind (BioConsult, 2015c). In den letzten 20 Jahren ist in fast allen Gebieten der Nordsee eine signifikante Zunahme dieser Hyperpigmentierung festgestellt worden. In besonders betroffenen Gebieten lag diese bei 5 bis 50 %. Die Ursachen für die Pigmentstörung sind noch nicht geklärt. Es wird ein Zusammenhang zur Nahrungsqualität bzw. mit dem Ernährungszustand der Klieschen vermutet (BioConsult, 2015c).

Werden bei der Betrachtung von Krankheitsanzeichen leichte Pigmentstörungen (Stadium 1) nicht berücksichtigt, beträgt die Rate an Tieren mit Krankheitssymptomen noch 4 % für Juni 2014 und im September 2014, nach der Wiederaufnahme der Verbringung, noch 2 %. Auch hier ist kein systematischer Unterschied zwischen den Teilgebieten erkennbar.

Signifikante Unterschiede zwischen den Gebieten wurden bei beiden Untersuchungskampagnen weder bei Pigmentstörungen noch bei anderen Krankheitsanzeichen festgestellt. Ein Zusammenhang zwischen Krankheitsanzeichen und der Baggergutverbringung ist nach der derzeitigen Datenlage nicht zu erkennen. Ob die festgestellte Zunahme der Hyperpigmentierung von Kliesen im Gesamtgebiet ein temporärer Befund war oder einen anhaltenden Trend widerspiegelt, werden die Folgeuntersuchungen zeigen.

## 5.9 Wattmessstellen

Sowohl an den niedersächsischen als auch an den schleswig-holsteinischen Wattmessstellen (Abbildung 5-26) wurde in den vergangenen Jahren wiederholt ein hoher Sandanteil im Sediment festgestellt, durch den die repräsentative Gewinnung der Feinfraktion erschwert sein kann (E3-Jahresbericht der HPA, 2012). Im Jahr 2013 wurde in der E3-Monitoring-Arbeitsgruppe daher vereinbart, nach Möglichkeit weitere Stationen mit ausreichend feinkörnigerem Sediment zu finden und in das Programm mit aufzunehmen.

Anfang 2014 hat das NLWKN im Norderneyer Riffgat einen Schwebstoffsammler in Betrieb genommen, durch den sich feinkörniges Material gewinnen lässt. Die Analysen hierzu werden 2016 vom NLWKN vorgelegt werden und von der BfG in ihrem Bericht über das Jahr 2014 mit ausgewertet werden. Die Probennehmer der Schleswig-Holsteinischen Wattmessstellen wurden gebeten, noch genauer auf die Entnahme möglichst schlickigen Sediments zu achten.

Für beide schleswig-holsteinischen Wattmessstellen ist eine quartalsweise Beprobung und damit die Gewinnung von insgesamt 8 Proben vorgesehen. An der Station Holmer Siel konnten aus arbeitsorganisatorischen Gründen in den ersten drei Quartalen des Jahres 2014 jedoch keine Proben entnommen werden. Im vierten Quartal fanden dafür monatsweise Beprobungen statt. An der Station Wesselburener Loch fiel die Beprobung ebenfalls aus arbeitsorganisatorischen Gründen im ersten Quartal 2014 aus. Im zweiten Quartal wurde eine reguläre Beprobung durchgeführt. Ab September 2014 bis Dezember 2014 wurde auch diese Station monatsweise beprobt. Insgesamt liegt damit die nach dem Messkonzept vorgesehene Anzahl von 8 Proben für 2014 vor, die – abweichend vom Konzept - mehrheitlich im Anschluss an die Wiederaufnahme der Verbringung im Herbst und Winter 2014 entnommen wurde.

In 2014 zeigen die Feinkornanteile < 63 µm an der Station Holmer Siel mit 30 bis 68 % eine hohe Variabilität. Auch die Sedimente der Station Wesselburener Loch weisen mit 32 bis 57 % eine weite Spanne an Feinfraktion auf (Tabelle A 18). Auch in den vergangenen Jahren seit Beginn der Beprobung in 2007 wurde an beiden Messstellen eine weite Spanne an Feinfraktion ermittelt, wobei die Gehalte von unter 10 % bis zu 90 % reichten (Werte von 2007 bis 2013, n = 52). Insgesamt lag der Feinkornanteil in 2014 bei allen Proben deutlich oberhalb von 10 % und kann damit als ausreichend bezeichnet werden. Die Mittelwerte der Feinfraktion lagen in 2014 mit 52 % für die Station Holmer Siel und mit 41 % für die Station Wesselburener Loch etwas höher als die mittleren Gehalte aus dem Gesamtzeitraum 2007 bis 2013 von 43 % (Holmer Siel) und 36 % (Wesselburener Loch).

Die Schwermetallkonzentration der Proben aus 2014 liegt innerhalb der Spannweite, die auch seit 2007 an diesen Wattmessstellen festgestellt wurde (Tabelle A 18). Die Mittelwerte der Wattmessstellen 2014 bewegen sich zudem auf dem Niveau der regionalen Hintergrundbelastung, die an fünf schleswig-holsteinischen Messstationen des LANU im Zeitraum 1999 – 2004 ermittelt wurde.

Die organischen Schadstoffe bewegen sich in 2014 größtenteils unterhalb der Bestimmungsgrenze, vereinzelt auch knapp darüber (Tabelle A 18). Damit entsprechen die in 2014 ermittelten Werte denen aus den vorangegangenen Jahren.

Die Analysen der drei Messstationen aus dem Niedersächsischen Wattenmeer sowie dem Schwebstoffsammler in Norderney werden von der BfG im Rahmen ihres Jahresberichts 2014 ausgewertet und dort zusammen mit den Ergebnissen der Wattmessstellen aus Schleswig-Holstein ausführlich dargestellt. Dieser Bericht wird voraussichtlich 2016 vorgelegt.

Eine Akkumulation bzw. eine Beeinträchtigung der Küstenregionen durch verdriftetes Baggergut lässt sich nach Aussage der BfG aus den seit 2007 bis 2014 erhobenen Daten der schleswig-holsteinischen und der niedersächsischen Wattmessstellen nicht ableiten.



Abbildung 5-26 Lage der Wattmessstellen (Karte: BfG)

## **6. Übersicht über die Erfüllung der Maßgaben der Einvernehmenserklärung**

Im Folgenden wird die Einhaltung der einzelnen Maßgaben gemäß „Einvernehmen zum Verbringen von Baggergut aus Unterhaltungsmaßnahmen der hamburgischen Delegationsstrecke der Bundeswasserstraße Elbe aus Teilbereichen der Norderelbe, Süderelbe und des Köhlbrands in die Nordsee auf das Hoheitsgebiet Schleswig-Holstein“ durch das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein vom 1. August 2008 in der am 28. Juli 2009 geänderten Fassung bewertet.

**0. Die bis 31.12.2014 zulässige Baggermenge beläuft sich antragsgemäß auf bis zu 1 Mio m<sup>3</sup> jährlich und damit auf eine Gesamtmenge von bis zu 2 Mio m<sup>3</sup> (gemäß Verlängerung des Einvernehmens vom 1. August 2008 (geändert 28. Juli 2009) vom 31. Mai 2013).**

Im Jahr 2013 wurde kein Baggergut zur Tonne E3 verbracht. Im Jahr 2014 erfolgte die Verbringung von insgesamt 992.503 m<sup>3</sup> (Laderaumvolumen) im Zeitraum vom 11. Juli 2014 bis zum 25. August 2014. Hierbei wurden 355.156 m<sup>3</sup> aus dem Köhlbrand, 225.745 m<sup>3</sup> aus der Norderelbe und 411.602 m<sup>3</sup> aus der Süderelbe entnommen.

**1. Die Einbringung ist nach den Festlegungen dieses Schreibens vorzunehmen. (...) Abweichungen sind schriftlich zu begründen und bedürfen des vorherigen Einvernehmens des MELUR.**

Sofern Abweichungen aufgetreten sind, sind diese in den folgenden Punkten aufgeführt.

**2. Der Maßnahmenträger stellt sicher, dass der beauftragte Baggerunternehmer eine Ausfertigung dieses Schreibens erhält und die Bestimmungen dieses Schreibens beachtet werden.**

Dies ist erfolgt.

**3. Es sind für den gesamten Zeitraum der Unterhaltungsbaggerung fortlaufend Daten zur gemessenen Wassertemperatur auf der Einbringstelle, zu den Betriebszeiten, der Beladung der Schiffseinheit, der Abfahrts- und Ankunftszeit der Schiffseinheit und die Positionsangabe vor jedem Einbringvorgang zu erheben und halbjährlich dem MLUR zu übersenden.**

Diese Daten wurden für den Verbringungszeitraum 11.7.2014 – 25.8.2014 erhoben und dem MELUR übersandt.

**4. Das Einbringen des Baggergutes ist so vorzunehmen, dass im Bereich um die unmittelbare Einbringposition herum (1-km-Radius) eine möglichst gleichmäßige Verteilung des eingebrachten Baggergutes erfolgt.**

Das Baggergut wurde im 1-km-Radius um das Zentrum der Schüttstelle herum möglichst gleichmäßig eingebracht.

**5. Die aktuelle chemische und ökotoxikologische Qualität aus den Teilbereichen der Stromelbe gemäß Tabelle dieses Schreibens entnommenen Sediments muss jeweils vor der Baggergutentnahme gemäß HABAK/BLABAK ermittelt werden.**

Die chemische und ökotoxikologische Qualität der entsprechenden Teilbereiche wurde für den Verbringungszeitraum Juli 2014 bis August 2014 gemäß GÜBAK (2009)<sup>3</sup> und der darin enthaltenen chemischen Parameterliste sowie ökotoxikologischen Untersuchungsanforderungen ermittelt. In Ergänzung zu den dort vorgegebenen chemischen Parametern wurden zusätzliche HCH- und Organozinnverbindungen sowie die Gesamtgehalte der Schwermetalle untersucht.

Bei den in 2014 durchgeführten ökotoxikologischen Tests handelte es sich um

- Limnischer Algentest (DIN 38 412-L33, DIN EN ISO 8692)
- Mariner Algentest (ISO 10253)
- Limnischer Leuchtbakterientest (DIN EN ISO 11348-2)
- Daphnientest (DIN 38 412-L30)
- Amphipodentest (ISO 16712)

**6. Die in den verschiedenen Teilbereichen gemäß Tabelle dieses Schreibens aktuell anfallenden Sedimente müssen mit den jeweiligen Baggermengen und Probennahmestellen sowie chemischen Eigenschaften und toxischen Wirkungen jeweils getrennt dargestellt und bewertet werden.**

Die anfallenden Sedimente der drei Teilbereiche aus der Delegationsstrecke werden mit ihren chemischen Eigenschaften (Tabelle A 2 - Tabelle A 4) und toxischen Wirkungen (Tabelle A 6 - Tabelle A 8) jeweils getrennt dargestellt und bewertet.

**7. Für jeden dieser Teilbereiche muss die Probenanzahl gemäß der unter Punkt 0 genannten voraussichtlichen Sedimentmengen getrennt festgelegt werden und mindestens den Anforderungen der HABAK/BLABAK entsprechen.**

Die Probenanzahl der drei Teilbereiche entsprach den Anforderungen der GÜBAK (2009). Die Anzahl der einzelnen Analysen pro Teilgebiet ist in Tabelle A 2 - Tabelle A 4 mit aufgeführt.

**8. Die Probenanzahl muss in den einzelnen Entnahmebereichen mit den bisher höchsten Belastungen weitest möglich verdichtet werden, so dass höher belastete Bereiche ggf. gesondert entnommen und entsorgt werden können.**

Mit dem MELUR wurde vereinbart, bei der Freigabeuntersuchung der Süderelbe die Beprobungsdichte auf mindestens 14 Punkte zu verdichten. In der Süderelbe wurden demgemäß 14 Proben entnommen, davon 6 im südlichen Drehkreis und 8 im nördlichen Bereich. Aufgrund der Ergebnisse wurde der südliche Drehkreis der Süderelbe von den Verbringungen zu E3 ausgenommen (s. Maßgabe 10).

**9. Die Ergebnisse der jeweiligen Probenahmen und Analysen sowie die Bewertung müssen dem MELUR als oberste Wasserbehörde des Landes Schleswig-Holstein unverzüglich zur Verfügung gestellt werden.**

---

<sup>3</sup> Die HABAK-WSV wurde in 2009 durch die „Gemeinsamen Übergangsbestimmungen“ (GÜBAK, entspricht „BLABAK“) ersetzt. Diese stellen nach Rücksprache mit dem MLUR ab dem 1.1.2010 die Bewertungsgrundlage für Baggergutverbringungen zur Tonne E3 dar.

Die Daten inklusive einer Bewertung wurden jeweils per e-Mail am 8.7.2014 (Freigabeuntersuchung Köhlbrand, am 14.7.2014 (Freigabeuntersuchung Norderelbe) sowie am 29.7.2014 (Freigabeuntersuchung Süderelbe) an das MELUR übersandt.

**10. Maßgabe in der geänderten Fassung des Einvernehmens vom 28. Juli 2009, Änderungen kursiv:**

**Für die Auswahl der zu verbringenden Sedimente ist die vorherige Beprobung weiter auf mindestens 10 Proben pro Teilstrecke und pro Baggerkampagne zu verdichten. Auf der Basis der so gewonnenen Schadstoffverteilung in den Baggerbereichen dürfen die nach dem Einvernehmen vom 1. August 2008 zugelassenen Sedimente nur dann eingebracht werden, wenn ihre Belastungen mit HCB, TBT sowie Summe DDT und Metabolite die für den jeweiligen Teilbereich zwischen 2005-2007 ermittelten 90-Perzentil-Werte nicht übersteigen und zusätzlich der arithmetische Mittelwert ihrer jeweiligen chemischen oder ökotoxikologischen Parameter nicht signifikant höher ist als die entsprechenden arithmetischen Mittelwerte derselben Teilbereiche aus den Jahren 2005 bis 2007, d.h. es müssen z.B. im Baggerbereich Köhlbrand die aktuellen Belastungswerte mit den vorangegangenen verglichen werden und entsprechendes bei den Baggerbereichen Süderelbe und Norderelbe.**

Die Bewertung im Jahr 2014 erfolgte nach Teilbereichen getrennt. Die arithmetischen Mittelwerte der chemischen Parameter wurden mit den Mittelwerten der jeweils entsprechenden Teilabschnitte aus den Jahren 2005-2007 statistisch verglichen (Tabelle A 5). Zusätzlich wurde der in der Änderung des Einvernehmens vom 28. Juli 2009 geforderte Vergleich mit den in den Jahren 2005-2007 ermittelten 90. Perzentilwerten der Parameter HCB, Summe 6 DDX sowie TBT durchgeführt (Abschn. 4.1).

In den Teilbereichen „Köhlbrand“ und „Norderelbe“ wurde keine Überschreitung des 90. Perzentils dieser drei Parameter ermittelt. Auch der Vergleich mit den chemischen und ökotoxikologischen Werten der Jahre 2005-2007 der entsprechenden beiden Teilbereiche zeigte für 2014 keine höheren Werte an. Das Baggergut aus diesen Bereichen wurde daher in die Nordsee verbracht.

Im Teilbereich Süderelbe wurde an zwei der 6 Proben aus dem „Drehkeis Süd“ eine Überschreitung des 90. Perzentil bei der Summe der DDX-Metabolite festgestellt, eine überschritt zusätzlich das 90. Perzentil für HCB. Daher wurde der Teilbereich „Süd“ von der Verbringung zu E3 ausgenommen. Im Teilbereich „Süderelbe - Nord“ wurde hingegen keine Überschreitung des 90. Perzentils der drei Parameter festgestellt.

Auch der Vergleich der übrigen chemischen und ökotoxikologischen Parameter mit denen aus dem Zeitraum 2005-2007 zeigte für 2014 keine höheren Werte an. Der Teilbereich „Süderelbe – Nord“ wurde daher in die Nordsee verbracht.

**11. Baggergut mit einer TBT-Belastung von über 300 µg OZK/kg darf nicht eingebracht werden.**

Die Analysen des Baggergutes zeigten alle Werte unterhalb von 300 µg OZK/kg.

**12. Maßgabe in der geänderten Fassung des Einvernehmens vom 28. Juli 2009 (Änderungen kursiv): Baggergut, dessen Schadstoffqualität eine signifikante ökotoxikologische Verschlechterung der Sedimentqualität an oder signifikante Bioakkumulation außerhalb der Einbringstelle erwarten lässt, darf nicht eingebracht werden.**

Die Beprobung des Baggergutes vor Beginn der Verbringung in 2014 ließ keine ökotoxikologische Verschlechterung der Sedimentqualität an der Einbringstelle erwarten. Es wurde in 2014 auch keine signifikante ökotoxikologische Verschlechterung der Sedimentqualität an der Einbringstelle festgestellt.

Die Daten der Bioakkumulation aus den Untersuchungskampagnen des Jahres 2014 zeigen, wie auch bereits in den vorangegangenen Jahren, weiterhin eine signifikante, baggergutbedingte Bioakkumulation einiger Parameter in Wellhornschnecken resp. in Pfeffermuscheln auf der Einbringstelle an. Eine signifikante baggergutbedingte Bioakkumulation außerhalb der Einbringstelle wird hingegen nicht festgestellt, so dass auch hier die Einvernehmensregelung erfüllt ist.

**13. Unabhängig davon darf Baggergut mit einer hohen und sehr hohen Toxizität, d.h. pT-Werten von 5 und 6, nicht eingebracht werden.**

Baggerguttoxizitäten mit pT-Werten von 5 und 6 wurde nicht ermittelt.

**14. Zur Ermittlung der unter 10. und 12. genannten Signifikanzen sind geeignete statistische Testverfahren durchzuführen.**

Statistische Testverfahren zur Ermittlung der unter 10. und 12. genannten Signifikanzen wurden durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Testverfahren wurden an dem unter 9. genannten Termin an das MELUR versandt.

**15. Sedimente aus den Hafenzufahrten und den Hafenbecken dürfen im Rahmen dieses Einvernehmens nicht eingebracht werden.**

Es wurden weder Sedimente aus Hafenzufahrten noch aus Hafenbecken verbracht.

**16. Die tatsächlichen chemischen, ökotoxikologischen und biologischen Umweltauswirkungen sind entsprechend eines zwischen Hamburg und Schleswig-Holstein abzustimmenden Monitoringkonzeptes zu erfassen und zu bewerten.**

Das abgestimmte Monitoringkonzept wird kontinuierlich fortgeschrieben. Eine Abstimmung hierüber erfolgt in einer gemeinsamen Arbeitsgruppe aus den Ländern und dem Bund (s. Maßgabe 18). Das in der Monitoringarbeitsgruppe abgestimmte Konzept der BfG für den Verbringungszeitraum datiert auf den 31.3.2011 (ergänzt durch Beschlüsse in der AG Monitoring aus 2013 und 2014) (s. Maßgabe 18).

**17. Im Rahmen des Monitorings ist durch geeignete Untersuchungen sicherzustellen, dass keine Beeinträchtigungen der Umwelt durch weiträumige Verdriftungen eintreten.**

Untersuchungen zur Verdriftung von Sedimentmaterial bzw. der Verteilung der Schadstoffgehalte der Sedimente sowie die Ergebnisse der Wattmessstellen in Schleswig-Holstein und Niedersachsen lassen auf keine Beeinflussung gesetzlich geschützter und touristisch genutzter Gebiete schließen. Bei den diesbezüglichen Untersuchungen handelt es sich um ADCP – Messungen vom Oktober 2005, Modellierungen der BAW 2005/2006 (ausführlich im E3-Jahresbericht 2006 der HPA), um die chemischen Sedimentanalysen an und im Umfeld der Verbringstelle 2005 bis 2014, um die seit 2007 vierteljährlich untersuchten Wattmessstellen sowie die abgeschätzte Volumenermittlung aus Peildaten.

- 18. Maßgabe in der geänderten Fassung des Einvernehmens vom 28. Juli 2009 (Änderungen kursiv):** Das Monitoringkonzept ist halbjährlich in einer vom Antragssteller einzuberufenden Arbeitsgruppe unter Beteiligung von Vertretern der Wasser- und Schifffahrtsverwaltungen des Bundes sowie der Länder Schleswig-Holstein, Hamburg und Niedersachsen zu überprüfen und fortzuschreiben. Die HPA wird die Ergebnisse der Arbeitsgruppentreffen jeweils innerhalb von vier Wochen in zwischen den Gruppenmitgliedern abgestimmten Ergebnisprotokollen dokumentieren.

Die Sitzungen des von HPA einzuberufenden entsprechenden Gremiums zur Fortschreibung des Monitoringkonzeptes fanden am 23.4.2014 sowie am 13.11.2014 statt. Die Protokolle beider Sitzungen wurden jeweils in der nächsten Sitzung der Monitoring-Arbeitsgruppe (23.4.2014 und 17.6.2015) endabgestimmt und in der abschließenden Fassung an die Teilnehmer versandt.

- 19. Um sicherzustellen, dass auch Auswirkungen auf niedersächsische Gewässer auszuschließen sind, müssen in Absprache mit dem MLUR (jetzt MELUR) und dem NLWKN 3 Messstellen in niedersächsischen Küstengewässern abgestimmt und zusätzlich in das Monitoringprogramm aufgenommen werden.**

Auf niedersächsischem Gebiet lagen bereits zwei Messstellen vor. Eine dritte wurde 2008 in das Monitoringprogramm aufgenommen.

- 20. Maßgabe in der geänderten Fassung des Einvernehmens vom 28. Juli 2009 (Änderungen kursiv):** Im Zusammenhang mit diesem Überwachungsmonitoring müssen in Abstimmung mit der Zulassungsbehörde ergänzende Untersuchungsverfahren zur besseren Beurteilung der Bioakkumulation im Ablagerungsbereich ermittelt und bei Bedarf maßnahmenbegleitend umgesetzt werden. Die bereits begonnenen Untersuchungen an der Wellhornschncke (*Buccinum undatum*) und der Pfeffermuschel (*Abra alba*) werden fortgeführt und erweitert sowie durch ein innerhalb der Monitoringgruppe (s. Auflage 18) im Detail abzustimmendes Schadstoffmonitoring bei Fischen ergänzt. Die dafür verwendete Fischart muss auf Grundlage ihrer Lebensgewohnheiten ein geeigneter Indikator für derartige Untersuchungen sein. Probenumfang und Probenahmegebiete müssen so gewählt werden, dass aussagekräftige und statistisch abgesicherte Ergebnisse erzielt werden.

Es wurde im Herbst 2009 ein Schadstoffmonitoring an Fischen begonnen. Als Fischart wurde in Abstimmung mit dem MELUR und der BfG die Kliesche ausgewählt. In den Jahren 2009, 2010 und 2011 fand jeweils eine Fischbeprobung im Zeitraum September bis Oktober statt. In 2012 wurden keine Fischbeprobungen durchgeführt, da diese nach Abstimmung in der AG Monitoring im Rahmen des nachsorgenden Monitorings nicht für notwendig erachtet wurden. Im Oktober 2013 und 2014 wurde im Rahmen des regulären Monitoringprogramms hingegen erneut eine Schadstoffbeprobung an Klieschen durchgeführt.

Im August 2009 wurde das Monitoring der Wellhornschncke von insgesamt 30 Proben pro Kampagne auf 180 Proben erweitert. Dabei wurden die Proben auf der Verbringstelle und im 2-km-Kreis in vier Untergruppen getrennt nach Himmelsrichtungen entnommen. Zudem wurde der 3-km-Kreis in das Untersuchungsprogramm mit aufgenommen.

Von 2011 bis 2014 wurden jeweils im Sommer alle Gebiete räumlich differenziert mit einer Parallelenanzahl von 10 pro Teilgebiet beprobt, so dass insgesamt 140 Proben pro Kampagne vorlagen. In 2014 wurde eine Beprobung dieses Umfangs auch im Sommer durchgeführt, um eine möglichst umfassende Dokumentation direkt vor einer Wiederaufnahme der Verbringungen zu erhalten. Im

Frühjahr 2011 und Frühjahr 2013 war hingegen nur eine Analyse der zinnorganischen und der chlororganischen Verbindungen im 1-km-Kreis, den Referenzgebieten sowie im 2-km-Kreis durchgeführt worden, um eine eventuelle Ausbreitung über den 1-km-Kreis hinaus frühzeitig detektieren zu können.

Das Bioakkumulationsmonitoring ist damit auch in 2014 im Vergleich zum Frühjahr 2009 erheblich erweitert und um das Schadstoffmonitoring an Fischen ergänzt. Die Einvernehmensregelung ist somit erfüllt.

**21. Fischereibiologische Auswirkungen und Auswirkungen auf die Fischereiwirtschaft müssen unter Einsatz von realem Fanggeschirr ermittelt werden.**

Es wurde ein kommerzielles Schollengeschirr eingesetzt. Nach Auffassung der o.g. Arbeitsgruppe ist keine Änderung erforderlich.

**22. Schad- und Nährstoffbelastungen sind an der Verbringungsstelle zusätzlich auf der Grundlage der so genannten EAC-Werte nach OSPAR zu bewerten.**

Eine Bewertung nach den EAC-Werten erfolgt im Bericht 2014 der BfG.

**23. Die HPA hat dem MLUR (jetzt MELUR) halbjährlich einen kurzen, fachlich präzisen und gleichzeitig populärwissenschaftlich verständlichen Zwischenbericht zur Gesamtmaßnahme vorzulegen, der neben den wichtigsten Angaben zur Maßnahmendurchführung, zur Erfüllung der Nebenbestimmungen sowie diesbezüglichen tabellarischen Zusammenfassungen und übersichtlichen Grafiken auch eine Bewertung enthält.**

In der Sitzung der Monitoring-Arbeitsgruppe am 22.11.2011 wurde vereinbart, dass im Rahmen des nachsorgenden Monitorings ein populärwissenschaftlicher Bericht pro Jahr als ausreichend angesehen werden kann. Dieser sollte eine Zusammenfassung des jeweiligen Jahresberichts darstellen.

Populärwissenschaftliche Berichte werden nach Fertigstellung der Jahresberichte vorgelegt.

**24. Die HPA hat dem MELUR jährlich einen umfassenden Bericht über den Fortschritt der Gesamtmaßnahme, das durchgeführte Monitoring und dessen Ergebnisse sowie eine Bewertung vorzulegen. Dabei ist die Erfüllung aller Maßgaben dieses Schreibens jeweils einzeln begründet zu bestätigen.**

Dieser Bericht wird hiermit vorgelegt. Eine ausführlichere wissenschaftliche Dokumentation erfolgt im Bericht 2014 der BfG.

**25. Die HPA hat darüber hinaus gegenüber dem MLUR (jetzt MELUR) mindestens einmal jährlich über die Umsetzung der jeweiligen Maßnahmen aus dem Strombau- und Sedi-mentmanagementkonzept zu berichten und dadurch die unverzügliche Umsetzung der in diesem Konzept benannten Einzelmaßnahmen entsprechend eines konkreten Zeitplanes zu dokumentieren.**

Die Abstimmung über die Umsetzung des Strombau- und Sedimentmanagementkonzepts für die Tideelbe erfolgt regelmäßig zwischen den zuständigen Stellen der Länder und des Bundes. Gemäß Vereinbarung mit dem MELUR wird der Bericht „Umsetzung des Strombau- und Sedimentmanage-

ment für die Tideelbe – Berichtszeitraum Juni 2013 bis Dezember 2014“ zusammen mit dem Jahresbericht 2014 übermittelt. Der nächste Bericht wird voraussichtlich den Zeitraum Januar 2015 bis Juni 2016 umfassen.

**26. Maßgabe in der geänderten Fassung des Einvernehmens vom 28. Juli 2009 (Änderungen *kursiv*): Im Zusammenhang mit der Umsetzung des Strom- und Sedimentmanagementkonzeptes sind einmal jährlich eine kombinierte Laserscan- und Luftbildbefliegung des trocken fallenden Bereichs des Elbeästuars anzufertigen und auszuwerten (Luftbilder: sw-digital, georeferenziert auf UTM/ETRS 89, Auflösung Bodenpixel 20 cm Kantenlänge).**

Die letzte Laserscan-Befliegung fand im Zeitraum zwischen November 2012 bis Februar 2013 statt. Die Bildbefliegung, die eine günstige Witterung erfordert, wurde im Mai 2013 durchgeführt. Der Gesamt-Datensatz wurde HPA im Juni 2013 zur Verfügung gestellt. Anschließend wurde von HPA eine Auswertung aller drei bisherigen Befliegungen hinsichtlich Veränderungen im Ästuar vorgenommen. Die Endfassung des hierüber vorliegenden Berichtes (mit ergänzenden Auswertungen) datiert auf den 23. Juni 2014. (HPA, 2014).

HPA hat im September 2014 beantragt, die Befliegung künftig nicht mehr jährlich, sondern künftig in einem Turnus von 3 Jahren durchzuführen. Die nach jeder Laserscanbefliegung fortzuschreibende Auswertung soll gemäß eines neuen, erweiterten Auswertekonzeptes erfolgen, bei dem auch verfügbare Aufnahmen der Unterwassertopographie Dritter aus den entsprechenden Zeiträumen in die Auswertung mit einfließen und so die Interpretation der Morphodynamik unterhalb von NHN-2m Höhenlinie ermöglichen. Das MELUR hat diesem Antrag im November 2014 zugestimmt. Die nächste Laserscanbefliegung ist gemäß dem 3-Jahres-Turnus für November 2015 bis Frühjahr 2016 geplant.

**27. Neue Maßgabe in der geänderten Fassung des Einvernehmens vom 28. Juli 2009: Der Maßnahmenträger wird verpflichtet, nach Ende der Maßnahme auf Anforderung des MLUR die Verbringungsstelle mit unbelastetem Material abzudecken („Capping“) und nachfolgend für einen Zeitraum von wenigstens zwei Jahren ein angemessenes nachsorgendes Monitoring durchzuführen.**

**Das MLUR (jetzt MELUR) wird über die Durchführung der Maßnahme auf der Grundlage der Monitoringergebnisse sowie weiterer Voruntersuchungen durch den Maßnahmenträger entscheiden. Hierfür hat der Maßnahmenträger die für das Capping erforderlichen Voruntersuchungen rechtzeitig, d.h. mindestens sechs Monate, vor Beendigung der Verbringung in Abstimmung mit dem MLUR und der Wasser- und Schifffahrtsdirektion des Bundes abzuschließen.**

Die im Einvernehmen von 2008 (geänderte Fassung vom 28. Juli 2009) zur Verbringung genehmigte Menge von 6,5 Mio m<sup>3</sup> Baggergut wurde bis Ende 2011 mit 2 Mio verbrachten Kubikmetern bei weitem nicht ausgeschöpft. Aufgrund akuter Sedimentation im Bereich des Köhlbrands stellte die HPA im Sommer 2012 einen Antrag auf eine weitere Nutzung der Verbringungsstelle im Rahmen der bereits bewilligten Mengen. Im Mai 2013 verlängerte das Land Schleswig-Holstein daraufhin das Einvernehmen zunächst befristet bis Ende 2014, wobei Höchstmenge und Rahmenbedingungen bestehen blieben. Am 16.12.2014 stimmte das MELUR widerruflich einer weiteren Fristverlängerung im Rahmen der bereits zugelassenen Menge von 6,5 Mio m<sup>3</sup> Baggergut bis zum 31.12.2015 zu.

Eine mögliche Abdeckung der Baggergutverbringungsstelle („Capping“) bei der Tonne E3 kann erst nach Beendigung der Maßnahme erfolgen.

Auf Empfehlung der BfG und nach Abstimmung mit dem MELUR sollen die im Rahmen der Monitoringkampagnen nach dem vorläufigen Ende der Verbringungen im Februar 2010 bis zum Sommer 2014 gewonnenen und in diesem Bericht aufgeführten Erkenntnisse zur Entscheidungsfindung ausgewertet und genutzt werden.

#### **FAZIT**

Die Maßgaben des „Einvernehmens zum Verbringen von Baggergut aus Unterhaltungsmaßnahmen der hamburgischen Delegationsstrecke der Bundeswasserstraße Elbe aus Teilbereichen der Norderelbe, Süderelbe und des Köhlbrands in die Nordsee auf das Hoheitsgebiet Schleswig-Holstein“ mit dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein vom 1. August 2008 in der am 28. Juli 2009 geänderten Fassung wurden im Jahr 2014 grundsätzlich eingehalten. Abweichungen von den Maßgaben wurden mit dem MELUR abgestimmt. Sie sind unter den vorgenannten Punkten jeweils aufgeführt und begründet.

---

## 7. Ausblick

---

Der nachhaltige Umgang mit Sedimenten im Elbeästuar stand im Fokus des Forums Tideelbe (<http://www.dialogforum-tideelbe.de>), in dem über 40 Interessenvertreter aus der Region von Dezember 2013 bis August 2015 die weitere Gestaltung des Strombau- und Sedimentmanagements an der Unterelbe diskutieren. Dabei wurden Chancen und Möglichkeiten für die zukünftige Unterhaltung der Tideelbe und ein Miteinander von Natur, Wirtschaft, Anwohnern und Hochwasserschutz erörtert. Auch das Sedimentmanagement von WSV und HPA wurde im Detail vorgestellt und bestehende und neue Unterbringungsoptionen für Baggergut im Gewässer diskutiert.

Auf seiner Abschlussitzung hat sich das Dialogforum für Maßnahmen zur nachhaltigen Reduzierung der Unterhaltungsbaggermengen und zur weiteren Schadstoffsanierung der Elbe ausgesprochen. Die Qualität der Feinsedimente in der Tideelbe muss sich weiter verbessern. Dies erleichtert auch den Umgang mit den Sedimenten erheblich. Das wichtigste Instrument dafür ist die Sanierung von Schadstoffquellen vor allem an der Mittel- und Oberelbe bis hinauf nach Tschechien, wo sich punktuell weiterhin Altlasten befinden. Konkrete Sanierungsprojekte, u.a. an der Bilina (einem Zufluss der Elbe in Tschechien) und an der Saale in Sachsen-Anhalt sind hierzu in Vorbereitung.

Um Baggermengen nachhaltig reduzieren zu können, ist es aus Sicht des Forums wichtig, die Strömungs- und Sedimentationsdynamik in der Tideelbe positiv zu beeinflussen. Im Dialogforum Tideelbe wurden über 20 mögliche Strombaumaßnahmen – z.B. Schaffung von Flutraum, die Aktivierung und Wiederanbindung von Nebenelben und Nebenflüssen - entlang der Unterelbe diskutiert und erstbewertet. Die Teilnehmer des Forums haben sich dafür ausgesprochen, die Diskussion über diese Maßnahmen im Rahmen einer neuen Kooperationsstruktur schnellstmöglich zu konkretisieren – orientiert an Ästurgemeinschaften, die international bereits in anderen Flussmündungsgebieten bestehen.

Da Strombaumaßnahmen erst mittel- bis langfristig auf den Sedimenthaushalt wirken, haben die Teilnehmenden des Forums die Frage diskutiert, wie auch mit geeigneten Baggerstrategien Feinsedimentmengen reduziert werden können. Das Forum empfiehlt, das Sedimentmanagement noch flexibler zu gestalten, um besser auf wechselnde ökologische und hydrologische Rahmenbedingungen wie die Oberwassersituation reagieren zu können. Zu diesem Zweck soll es als eine gemeinsame Aufgabe der HPA und der WSV über Verwaltungsgrenzen hinweg begriffen werden. Die Verbringung von Feinsedimentüberschüssen aus dem inneren Ästuar heraus soll umweltverträglich geschehen und durch ein Monitoring stetig überwacht werden.

Mit der im Juli 2015 einvernehmlichen Verabschiedung des Ergebnisberichts hat das Dialogforum Tideelbe seine Arbeit beendet. Die Gespräche sollen jedoch fortgesetzt werden.

Eine Verbringung von Baggergut zur Tonne E3 ist auch im Jahr 2015 weiterhin auf Grundlage des Einvernehmens vom August 2008 möglich und wird in diesem Rahmen fortgesetzt, da die bewilligten Gesamtmengen auch nach der Verbringung im Jahr 2014 noch nicht ausgeschöpft sind. Eine entsprechende Verlängerung wurde durch das Land Schleswig-Holstein gewährt. Konkrete Handlungsstrategien wurden im Anschluss an das Dialogforum mit den zuständigen Ländervertretern und Behörden erarbeitet. Dazu wird im folgenden E3 Jahresbericht 2015 ausführlich berichtet.

Mit der einvernehmlichen Verabschiedung des Ergebnisberichts hat das Dialogforum Tideelbe seine Arbeit beendet. Die Gespräche sollen jedoch fortgesetzt werden. Der vollständige Ergebnisbericht mit einer Zusammenfassung kann unter [www.dialogforum-tideelbe.de](http://www.dialogforum-tideelbe.de) eingesehen werden.

---

## 8. Literatur

---

- AquaEcology (2015):** Monitoring zur Baggergutverbringung aus dem Hamburger Hafen zur Tonne E3 in der Nordsee. Untersuchungen im Wasserkörper im Sommer 2014. Gutachten im Auftrag der HPA. April 2015. Unveröffentlicht. 76 Seiten.
- BfG (2009):** Sedimentverteilung und –verdriftung an der Klappstelle E3. Stellungnahme der BfG, Koblenz, Stand: 18.3.2009, unveröffentlicht, 9 Seiten
- BfG-1711 (2011a):** Überprüfung der ökologischen Auswirkungen der Verbringung von Baggergut aus der Hamburger Delegationsstrecke der Elbe auf die Verbringstelle Tonne E3 nordwestlich von Scharhörn im Rahmen des Sedimentmanagementkonzeptes Tideelbe. Zwischenbericht 2009. Auftraggeber Hamburg Port Authority. BfG, Koblenz
- BfG (2011b):** Merkblatt Ökotoxikologische Baggergutuntersuchung. Ökotoxikologische Untersuchung von Sedimenten, Eluaten und Porenwässern. BfG-Merkblatt, 11 Seiten. Link: [http://www.bafg.de/Baggergut/DE/04\\_Richtlinien/merkblatt\\_oekotox.pdf?blob=publicationFile](http://www.bafg.de/Baggergut/DE/04_Richtlinien/merkblatt_oekotox.pdf?blob=publicationFile)
- BfG-1775 (2013):** Überprüfung der ökologischen Auswirkungen der Verbringung von Baggergut aus der Hamburger Delegationsstrecke der Elbe auf die Verbringstelle Tonne E3 nordwestlich von Scharhörn im Rahmen des Sedimentmanagementkonzeptes Tideelbe Abschlußbericht 2011. Auftraggeber Hamburg Port Authority. BfG, Koblenz
- BfG-Mitteilungen Nr. 31 (2014):** Das Hochwasser des Jahres 2013 in Deutschland: Dokumentation und Analyse. Dezember 2014, Koblenz
- BioConsult (2015a):** Die Wellhornschncke (Buccinum undatum) auf der Umlagerungsstelle Tonne E3 nordwestlich von Scharhörn. Bestandsentwicklung 2006-2014 und Imposex. Studie im Auftrag von HPA. 79 Seiten. Unveröffentlicht.
- BioConsult (2015b):** Das Makrozoobenthos auf der Umlagerungsstelle Tonne E3 nordwestlich von Scharhörn Bestandsentwicklung 2005 – 2015. Studie im Auftrag von HPA. 88 Seiten. Unveröffentlicht.
- BioConsult (2015c):** Die Fischfauna auf der Umlagerungsstelle Tonne E3 nördlich von Scharhörn. Bestandsentwicklung 2005 – 2014. Studie im Auftrag der HPA. 44 Seiten. Unveröffentlicht.
- Bioconsult (2015d):** Altersbestimmung anhand der Opercula bei der Wellhornschncke (Buccinum undatum). Studie im Auftrag der HPA. 21 Seiten. Unveröffentlicht.
- BioConsult (2014):** Die Fischfauna auf der Umlagerungsstelle Tonne E3 nördlich von Scharhörn. Bestandsentwicklung 2005 – 2013. Studie im Auftrag der HPA. 113 Seiten. Unveröffentlicht.
- GÜBAK (2009):** Gemeinsame Übergangsbestimmungen zwischen BMVBS, Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Schleswig-Holstein zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern. August 2009
- HPA (2005ff):** Umgang mit Baggergut aus dem Hamburger Hafen. Teilbericht: Verbringung von Baggergut zur Tonne E3. Jahresberichte 2005 – 2013, Link: <http://www.hamburg-port-authority.de/de/presse/studien-und-berichte/Seiten/default.aspx>
- HPA (2014):** Auswertung der Befliegungen des Elbmündungstrichters im Zusammenhang mit der Genehmigungsaufgabe Nr. 26 zur Verbringung von Hamburger Baggergut zur Tonne E3. Abschlussbericht. Unveröffentlicht. 27 Seiten.

**HLUG (2002):** Arbeitshilfe – Angabe der Messunsicherheit bei Feststoffuntersuchungen aus dem Altlastenbereich. Handbuch Altlasten, Band 7, Teil 6. Analyseverfahren – Fachgremium Altlastenanalytik. Zweite korrigierte und verbesserte Fassung. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Okt 2003.

**OSPAR (2004):** Provisional JAMP Assessment Criteria for TBT – Specific Biological Effects. Reference-Number 2004-15. OSPAR Commission.

## ANHANG

**Tabelle A 1 Monitoringprogramm bis 2011, Nachsorge-Programm (2012), reguläres Monitoringprogramm ab Sommer 2013**

	Monitoring (bis 2011) <sup>1</sup>	Nachsorge (2012)	Monitoring (Sommer 2013)	Monitoring (2014)
<b>Peilung</b>	1 x im Jahr	1 x im Jahr	1 x im Jahr	1 x im Jahr (regulär) Nachpeilung (einmalig)
<b>Sedimentuntersuchung</b>				
<b>Sediment- textur</b>	2 x im Jahr, 125 Stationen	1 x im Jahr, 79 Stationen <sup>2</sup>	Aug 2013, 81 Stationen <sup>2</sup>	2 x im Jahr, 79 Stationen Sommer <sup>2</sup> 125 Stationen Herbst
<b>Sediment- chemie</b>	2 x im Jahr, 52 Stationen	1 x im Jahr, 50 Stationen 4 Kastengreifer <sup>3</sup>	Aug 2013, 52 Stationen 8 Kastengreifer <sup>3</sup>	2 x im Jahr, 52 Stationen (8 Kastengreifer <sup>4</sup> )
<b>Ökotoxiko- logie</b>	2 x im Jahr 34 Stationen	1 x im Jahr 34 Stationen	Aug 2013 34 Stationen	2 x im Jahr 34 Stationen
<b>Wattmess- stellen</b>	4 x im Jahr 5 Messstellen	4 x im Jahr 5 Messstellen	4 x im Jahr 5 Messstellen	4 x im Jahr 5 Messstellen
<b>Fauna</b>				
<b>Makro- zoobenthos</b>	2 x im Jahr, 110 Stationen	1 x im Jahr, 110 Stationen	Aug 2013, 110 Stationen	2 x im Jahr, 110 Stationen
<b>Wellhorn- schnecke</b>	2 x im Jahr, in Hols Abundanz / Imposex	1 x im Jahr, in Hols Abundanz, Imposex	Aug 2013, in Hols Abundanz, Imposex	2 x im Jahr, in Hols Abundanz / Imposex
<b>Fische</b>	2 x im Jahr, in Hols	Entfällt <sup>5</sup>	Aug 2013, in Hols	2 x im Jahr, in Hols
<b>Bioakkumulation</b>				
<b>Wellhorn- schnecke</b>	2 x im Jahr 90 Tiere Frühjahr 140 Tiere Sommer	1 x im Jahr 140 Tiere Sommer	Aug 2013 140 Tiere	2 x im Jahr 140 Tiere Sommer 140 Tiere Herbst
<b>Pfeffermu- schel</b>	2 x im Jahr 27 Proben	1 x im Jahr 27 Proben	Aug 2013 27 Proben	2 x im Jahr 24 resp. 25 Proben
<b>Kliesche</b>	1 x im Jahr (Herbst) 60 Proben (180 Tiere)	entfällt <sup>4</sup>	1 x im Jahr (Herbst) 60 Proben (180 Tiere)	1 x im Jahr (Herbst) 60 Proben (180 Tiere)

- 1 reguläres Monitoringprogramm bis 2011 Ende, ab Mitte 2013 Monitoring nach Absprache in der AG Monitoring wieder in vergleichbarem Umfang wie in 2011
- 2 Die Stationen, an denen chemische Analysen durchgeführt werden, sowie alle Stationen im 1-km- und im 1,5-km-Kreis.
- 3 Kastengreiferproben in der Mitte und zum Rand der Schüttstelle hin, um Ausbreitung des Materials und Neusedimentation besser erfassen zu können
- 4 wegen Ausfall Gerät konnten nur 2 Proben entnommen werden
- 5 Fischfauna und Bioakkumulation der Kliesche: Keine Fortführung in der Nachsorge 2012

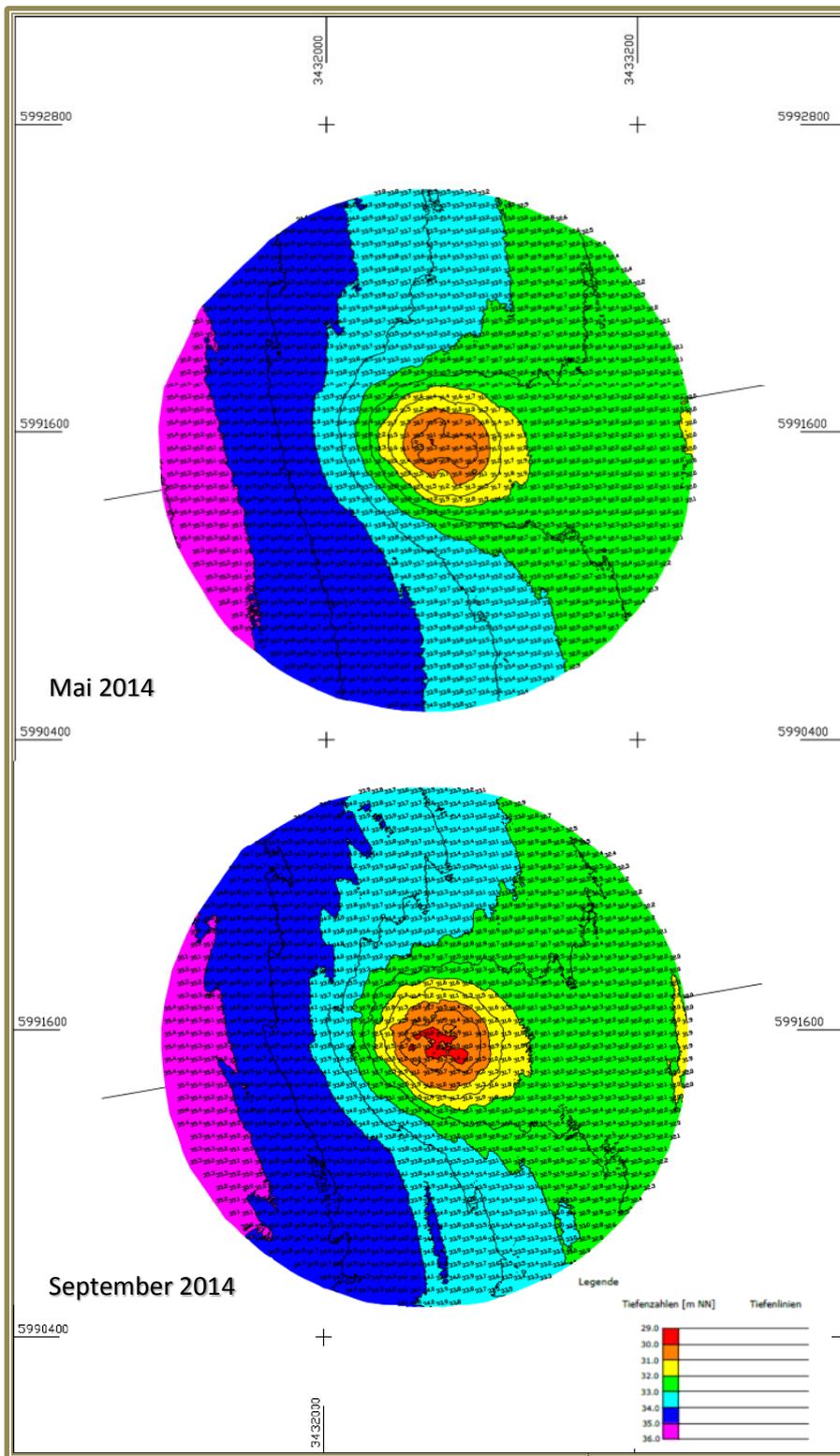


Abbildung A 1 Bathymetrie im 1 km-Kreis um die Klappstelle in 2014

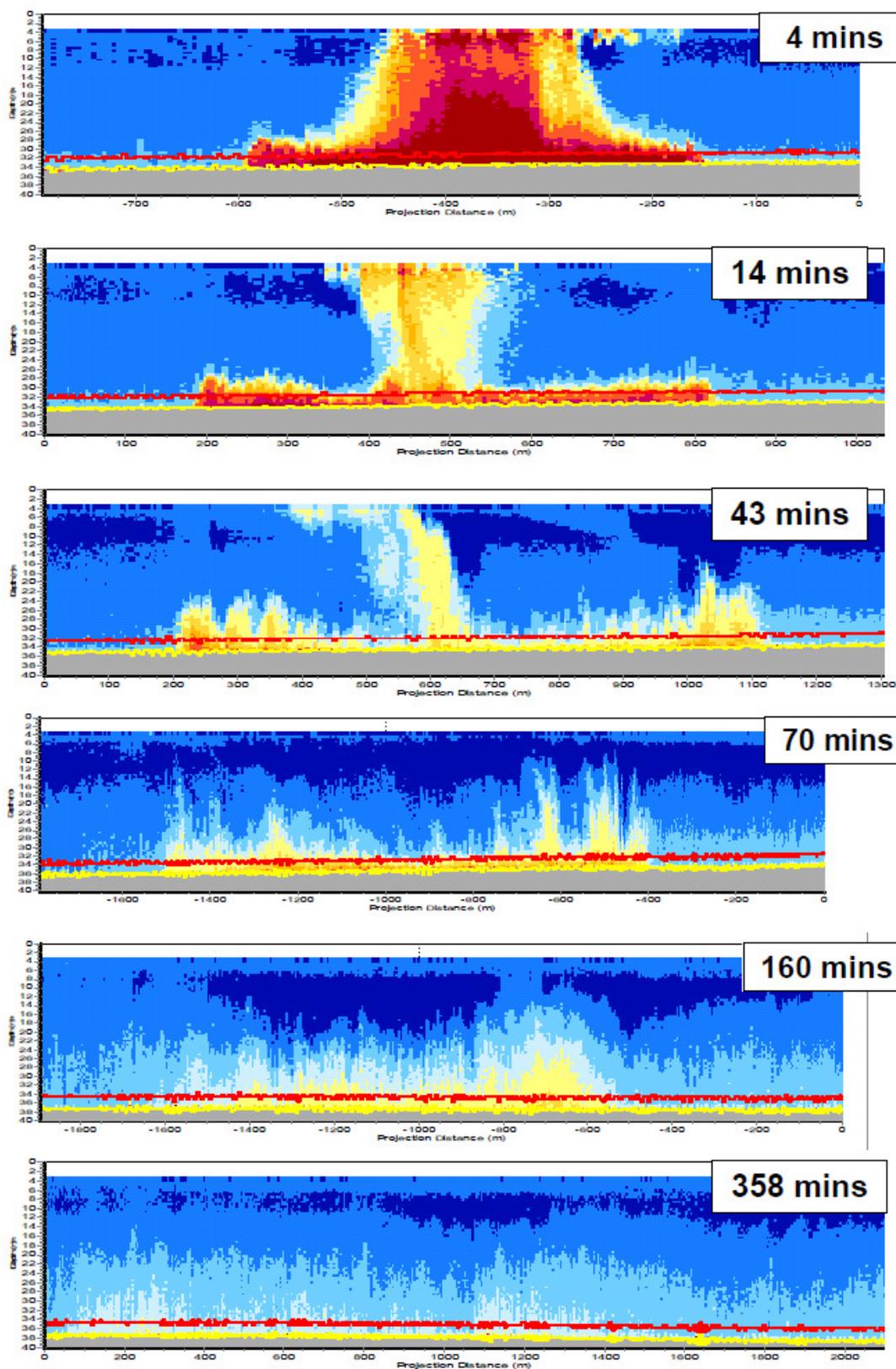
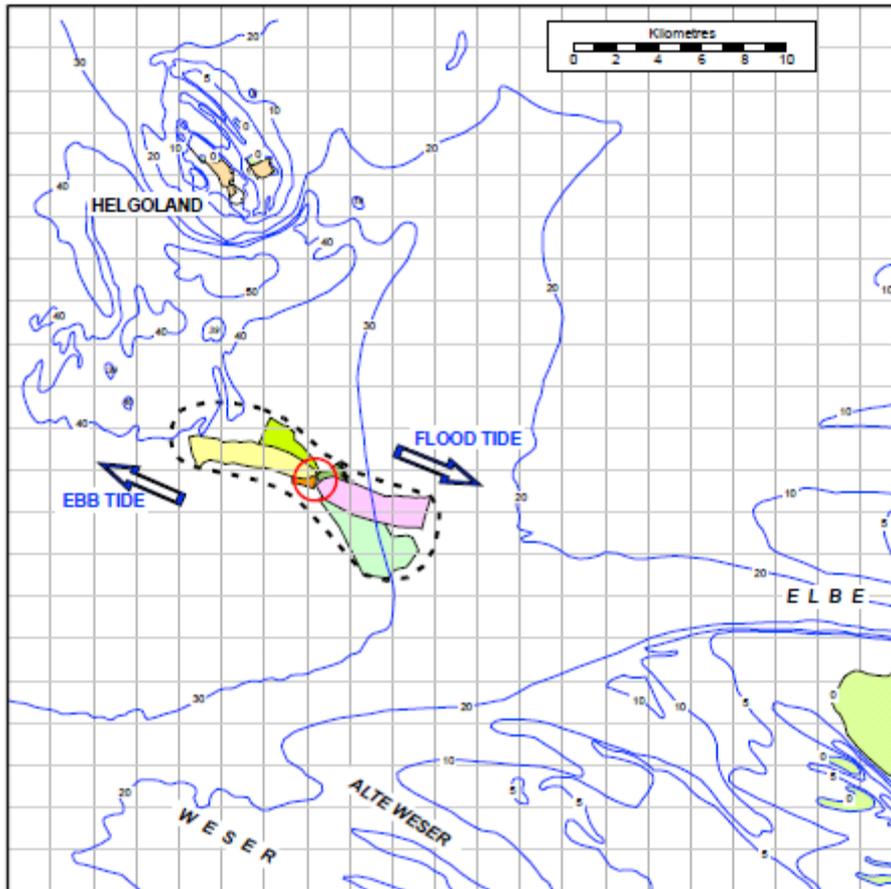


Abbildung A 2 ADCP-Messung Oktober 2005; Zeitliche Entwicklung der Schwebstoffwolke



**Abbildung A 3** ADCP-Messungen / Ausbreitungsgebiete. Der abgebildete Bereich zeigt die bei den jeweiligen Messungen insgesamt gemessene Fläche. Diese ist größer als die messbare Schwebstoffwolke.

**Tabelle A 2 Statistik der chemischen Analyse der verbrachten Sedimente aus dem Köhlbrand, Freigabe 2014, Einordnung der Werte nach GÜBAK (2009)**

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Mittel	Median	90. P	Max
Trockensubstanz	Gew.% OS	10	0	35,7	46,2	46,2	53,7	57,0
TOC (C)	Gew.% TS	10	0	1,1	2,1	2,2	2,8	2,9
<b>Siebanalyse</b>								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	10	0	13,6	28,5	29,6	40,2	45,5
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	10	0	13,1	25,3	25,5	29,8	33,1
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	10	0	9,6	18,6	17,0	25,4	32,5
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	10	0	11,9	23,6	22,7	32,1	42,8
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	10	0	0,8	3,1	2,8	5,0	5,8
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-% TS	10	0	<0,1	0,4	0,2	1,0	1,6
Fraktion 1000-2000 µm	Gew.-% TS	10	0	<0,1	0,3	0,2	0,8	0,9
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	10	0	0,1	0,4	0,3	0,6	1,5
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	10	0	26,7	53,8	58,0	68,9	69,6
<b>Nährstoffe</b>								
Stickstoff	mg/kg TS	10	0	773	1812	1780	2463	2580
Phosphor	mg/kg TS	10	0	580	939	960	1200	1200
Schwefel	mg/kg TS	10	0	1500	2530	2550	3320	3500
<b>Metalle aus der Gesamtfraktion</b>								
Arsen	mg/kg TS	10	0	9	13	13	16	17
Blei	mg/kg TS	10	0	19	31	32	40	43
Cadmium	mg/kg TS	10	0	0,6	0,9	0,9	1,2	1,3
Chrom	mg/kg TS	10	0	17	29	30	35	37
Kupfer	mg/kg TS	10	0	18	25	26	30	32
Nickel	mg/kg TS	10	0	10	17	17	21	23
Quecksilber	mg/kg TS	10	0	0,4	0,7	0,7	0,8	0,9
Zink	mg/kg TS	10	0	124	198	200	254	264
<b>Metalle aus der Fraktion &lt; 20 µm</b>								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	10	0	25	31	32	34	34
Blei <20 µm	mg/kg TS	10	0	83	87	86	94	94
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	10	0	2,0	2,3	2,2	2,6	3,0
Chrom <20 µm	mg/kg TS	10	0	75	81	81	86	88
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	10	0	55	63	62	68	77
Nickel <20 µm	mg/kg TS	10	0	41	43	43	44	46
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	10	0	1,5	1,8	1,9	2,1	2,3
Zink <20 µm	mg/kg TS	10	0	525	581	566	652	707
<b>Mineralölkohlenwasserstoff</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	10	0	51	77,6	66,5	132	150
Mineralöl C10-C25,20	mg/kg TS	10	0	<10	12	<10,5	13,3	25
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	10	0	40	66,1	56,5	121,1	122
<b>Polyzyklische Aromaten</b>								
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	10	0	0,77	1,06	1,10	1,18	1,32
<b>Polychlorierte Biphenyle</b>								
PCB 28	µg/kg TS	10	0	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
PCB 52	µg/kg TS	10	0	0,3	0,5	0,5	0,5	0,7
PCB 101	µg/kg TS	10	0	0,8	1,2	1,2	1,7	1,7
PCB 118	µg/kg TS	10	0	0,4	0,7	0,7	0,9	1,0
PCB 138	µg/kg TS	10	0	1,1	1,8	1,7	2,7	3,3
PCB 153	µg/kg TS	10	0	1,5	2,4	2,4	3,7	4,4
PCB 180	µg/kg TS	10	0	1,0	1,5	1,3	2,4	3,1
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	10	0	6	9	8	13	14

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Mittel	Median	90. P	Max
<b>Hexachlorcyclohexane</b>								
alpha-HCH	µg/kg TS	10	0	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5
gamma-HCH	µg/kg TS	10	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
<b>DDT und Metabolite</b>								
p,p'-DDE	µg/kg TS	10	0	1,4	2,0	1,9	2,5	2,8
p,p'-DDD	µg/kg TS	10	0	4,2	6,1	6,1	7,6	8,3
p,p'-DDT	µg/kg TS	10	0	0,5	1,5	1,4	2,5	3,5
<b>Chlorbenzole</b>								
Pentachlorbenzen	µg/kg TS	10	0	0,5	0,8	0,7	0,9	1,1
HCB	µg/kg TS	10	0	2,4	4,1	3,8	5,7	7,6
<b>Organozinnverbindungen (OZK)</b>								
Monobutylzinn	µg /kg TS	10	0	5	8	9	10	11
Dibutylzinn	µg /kg TS	10	0	6	8	7	11	15
Tributylzinn	µg /kg TS	10	0	22	44	35	79	110
Tetrabutylzinn	µg /kg TS	10	0	8	11	10	14	14
Triphenylzinn	µg /kg TS	10	0	<1	k.MW	<1	<1	<1
Tricyclohexylzinn	µg /kg TS	10	0	<1	k.MW	<1	<1	<1
<b>Sonstige</b>								
O <sub>2</sub> -Zehrung n.180 min	g O <sub>2</sub> /kg TS	10	0	0,5	1,1	1,1	1,3	1,6
<b>umgerechnet auf &lt; 63 µm</b>								
<b>Mineralölkohlenwasserstoffe &lt; 63 µm</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	10	0	93	146	133	213	216
<b>Polyzyklische Aromaten &lt; 63</b>								
PAK Sum. 16 g.BG	mg/kg TS	10	0	1,64	2,04	1,94	2,36	2,81
<b>Polychlorierte Biphenyle &lt; 63 µm</b>								
PCB 28	µg/kg TS	10	0	0,8	1,0	1,0	1,2	1,3
PCB 52	µg/kg TS	10	0	0,8	0,9	0,9	1,1	1,2
PCB 101	µg/kg TS	10	0	1,6	2,3	2,2	3,1	3,1
PCB 118	µg/kg TS	10	0	1,0	1,3	1,3	1,5	1,6
PCB 138	µg/kg TS	10	0	2,2	3,4	3,2	4,3	6,0
PCB 153	µg/kg TS	10	0	3,0	4,6	4,4	5,8	7,9
PCB 180	µg/kg TS	10	0	1,7	2,9	2,6	3,9	5,6
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	10	0	11	16	16	21	26
<b>Hexachlorcyclohexane &lt; 63 µm</b>								
alpha-HCH -63µm	µg/kg TS	10	0	0,5	0,7	0,6	0,9	1,3
gamma-HCH -63µm	µg/kg TS	10	0	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4
<b>DDT und Metabolite &lt; 63 µm</b>								
o,p'-DDE	µg/kg TS	10	0	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
p,p'-DDE	µg/kg TS	10	0	2,8	3,8	3,6	4,7	5,2
o,p'-DDD	µg/kg TS	10	0	3,5	4,4	4,3	5,4	6,4
p,p'-DDD	µg/kg TS	10	0	9,3	11,8	11,2	14,6	15,7
o,p'-DDT	µg/kg TS	10	0	0,2	0,5	0,4	0,6	1,0
p,p'-DDT	µg/kg TS	10	0	1,4	2,8	2,2	4,4	5,5
Sum 6DDX	µg/kg TS	10	0	18,4	23,6	24,0	27,8	30,0
<b>Chlorbenzole &lt; 63 µm</b>								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	10	0	1,1	1,5	1,4	1,7	2,1
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	10	0	5,2	7,6	7,2	9,9	10,9

BG = Bestimmungsgrenze, Summenwerte (DDX, PAK und PCB) bei Werten < BG als ganze BG gerechnet (Worst-Case-Annahme), k.MW = wenn > 50 % der Proben < BG wurde kein arithmetischer Mittelwert berechnet.

Schadstoffparameter der GÜBAK (2009) sind farblich eingeordnet, > Richtwert 1 grün eingefärbt, > Richtwert 2 gelb eingefärbt

**Tabelle A 3**      **Statistik der chemischen Analyse der verbrachten Sedimente aus der Nordereibe, Freigabe 2014, Einordnung der Werte nach GÜBAK (2009)**

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Mittel	Median	90. P	Max
Trockensubstanz	Gew.% OS	10	0	39,9	47,9	48,7	52,4	56,7
TOC (C)	Gew.% TS	10	0	1,2	1,9	1,8	2,2	2,6
<b>Siebanalyse</b>								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	10	0	16,0	24,9	24,5	31,6	32,2
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	10	0	20,8	27,2	28,1	30,1	30,6
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	10	0	22,1	27,6	27,3	30,8	37,7
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	10	0	11,4	18,4	18,3	23,5	24,5
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	10	0	0,6	1,6	1,1	3,3	3,3
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-% TS	10	0	0,1	0,2	0,1	0,2	0,6
Fraktion 1000-2000 µm	Gew.-% TS	10	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	10	0	<0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	10	0	39,6	52,1	52,0	61,0	62,8
<b>Nährstoffe</b>								
Stickstoff	mg/kg TS	10	0	1470	2079	2015	2425	2830
Phosphor	mg/kg TS	10	0	700	883	870	983	1100
Schwefel	mg/kg TS	10	0	1700	2310	2300	2620	2800
<b>Metalle aus der Gesamtfraktion</b>								
Arsen	mg/kg TS	10	0	11	14	14	15	16
Blei	mg/kg TS	10	0	22	30	29	35	38
Cadmium	mg/kg TS	10	0	0,6	0,8	0,8	0,8	1,0
Chrom	mg/kg TS	10	0	26	34	34	38	40
Kupfer	mg/kg TS	10	0	19	24	24	27	30
Nickel	mg/kg TS	10	0	14	17	18	19	20
Quecksilber	mg/kg TS	10	0	0,4	0,6	0,6	0,7	0,7
Zink	mg/kg TS	10	0	162	202	204	223	248
<b>Metalle aus der Fraktion &lt; 20 µm</b>								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	10	0	29	31	31	31	33
Blei <20 µm	mg/kg TS	10	0	80	83	83	85	87
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	10	0	1,6	1,9	1,9	2,1	2,1
Chrom <20 µm	mg/kg TS	10	0	72	81	82	85	85
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	10	0	52	56	56	59	62
Nickel <20 µm	mg/kg TS	10	0	41	42	43	43	43
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	10	0	1,0	1,3	1,2	1,5	1,9
Zink <20 µm	mg/kg TS	10	0	501	537	540	562	582
<b>Mineralölkohlenwasserstoff</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	10	0	29	45	42	57	88
Mineralöl C10-C25,20	mg/kg TS	10	0	<10	k.MW	<10	<10,1	11
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	10	0	20	38	34	50	77
<b>Polyzyklische Aromaten</b>								
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	10	0	0,684	0,9806	1,0515	1,1354	1,265
<b>Polychlorierte Biphenyle</b>								
PCB 28	µg/kg TS	10	0	0,3	0,4	0,4	0,6	0,6
PCB 52	µg/kg TS	10	0	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5
PCB 101	µg/kg TS	10	0	0,7	1,0	0,9	1,2	1,2
PCB 118	µg/kg TS	10	0	0,3	0,5	0,5	0,6	0,6
PCB 138	µg/kg TS	10	0	1,0	1,4	1,4	1,7	2,0
PCB 153	µg/kg TS	10	0	1,3	1,9	1,9	2,2	2,5
PCB 180	µg/kg TS	10	0	0,8	1,2	1,1	1,7	1,9
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	10	0	5	7	7	8	9

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Mittel	Median	90. P	Max
<b>Hexachlorcyclohexane</b>								
alpha-HCH	µg/kg TS	10	0	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
gamma-HCH	µg/kg TS	10	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>DDT und Metabolite</b>								
p,p'-DDE	µg/kg TS	10	0	1,1	1,5	1,5	1,8	1,9
p,p'-DDD	µg/kg TS	10	0	3,9	5,4	5,4	6,1	6,9
p,p'-DDT	µg/kg TS	10	0	0,6	1,3	0,9	2,5	3,6
<b>Chlorbenzole</b>								
Pentachlorbenzen	µg/kg TS	10	0	0,4	0,6	0,6	0,7	0,9
HCB	µg/kg TS	10	0	2,1	3,0	3,0	3,5	3,8
<b>Organozinnverbindungen (OZK)</b>								
Monobutylzinn	µg /kg TS	10	0	8	12	12	15	16
Dibutylzinn	µg /kg TS	10	0	8	10	10	12	12
Tributylzinn	µg /kg TS	10	0	33	46	45	55	59
Tetrabutylzinn	µg /kg TS	10	0	6	9	8	13	17
Triphenylzinn	µg /kg TS	10	0	<1	k.MW	<1	<1,11	2,1
Tricyclohexylzinn	µg /kg TS	10	0	<1	k.MW	<1	<1	<1
<b>Sonstige</b>								
O <sub>2</sub> -Zehrung n.180min	g O <sub>2</sub> /kg TS	10	0	0,6	0,9	0,9	1,1	1,2
<b>umgerechnet auf &lt; 63 µm</b>								
<b>Mineralölkohlenwasserstoffe &lt; 63 µm</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	10	0	65	87	75,5	119	159
<b>Polyzyklische Aromaten &lt; 63</b>								
PAK Sum. 16 g.BG	mg/kg TS	10	0	1,30	1,88	1,89	2,33	2,65
<b>Polychlorierte Biphenyle &lt; 63 µm</b>								
PCB 28	µg/kg TS	10	0	0,7	0,9	0,8	1,0	1,2
PCB 52	µg/kg TS	10	0	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0
PCB 101	µg/kg TS	10	0	1,4	1,9	1,8	2,2	2,8
PCB 118	µg/kg TS	10	0	0,9	1,0	1,0	1,2	1,3
PCB 138	µg/kg TS	10	0	2,2	2,8	2,7	3,1	4,6
PCB 153	µg/kg TS	10	0	3,1	3,7	3,5	4,2	5,7
PCB 180	µg/kg TS	10	0	1,7	2,4	2,1	3,4	4,4
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	10	0	11	13	13	15	21
<b>Hexachlorcyclohexane &lt; 63 µm</b>								
alpha-HCH -63µm	µg/kg TS	10	0	0,4	0,6	0,6	0,8	0,9
gamma-HCH -63µm	µg/kg TS	10	0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3
<b>DDT und Metabolite &lt; 63 µm</b>								
o,p'-DDE	µg/kg TS	10	0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
p,p'-DDE	µg/kg TS	10	0	2,5	2,9	2,9	3,2	3,8
o,p'-DDD	µg/kg TS	10	0	2,6	3,4	3,4	3,8	4,6
p,p'-DDD	µg/kg TS	10	0	9,2	10,4	9,8	12,1	12,6
o,p'-DDT	µg/kg TS	10	0	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5
p,p'-DDT	µg/kg TS	10	0	1,2	2,5	2,0	5,5	5,9
Sum 6DDX	µg/kg TS	10	0	17,1	19,9	19,3	23,9	24,9
<b>Chlorbenzole &lt; 63 µm</b>								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	10	0	1,0	1,3	1,1	1,5	1,8
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	10	0	4,8	5,8	5,6	6,5	6,7

BG = Bestimmungsgrenze, Summenwerte (DDX, PAK und PCB) bei Werten < BG als ganze BG gerechnet (Worst-Case-Annahme), k.MW = wenn > 50 % der Proben < BG wurde kein arithmetischer Mittelwert berechnet.

Schadstoffparameter der GÜBAK (2009) sind farblich eingeordnet, > Richtwert 1 grün eingefärbt, > Richtwert 2 gelb eingefärbt

**Tabelle A 4**      **Statistik der chemischen Analyse der verbrachten Sedimente aus der Süderelbe (nördlicher Bereich), Freigabe 2014, Einordnung der Werte nach GÜBAK (2009)**

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Mittel	Median	90. P	Max
Trockensubstanz	Gew.% OS	8	0	32,4	41,6	41,3	50,2	50,5
TOC (C)	Gew.% TS	8	0	1,7	2,8	2,8	3,8	3,9
<b>Siebanalyse</b>								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	8	0	22,5	35,6	36,7	46,6	49,0
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	8	0	23,5	32,0	32,1	36,2	36,5
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	8	0	11,8	20,3	19,1	30,3	31,1
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	8	0	3,2	8,5	7,6	13,6	18,3
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	8	0	0,6	2,9	1,3	8,0	9,2
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-% TS	8	0	0,1	0,3	0,2	0,8	0,9
Fraktion 1000-2000 µm	Gew.-% TS	8	0	<0,1	0,3	0,2	0,4	0,7
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	8	0	<0,1	0,2	0,2	0,4	0,5
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	8	0	49,1	67,5	67,0	82,6	84,1
<b>Nährstoffe</b>								
Stickstoff	mg/kg TS	8	0	2020	3401	3465	4477	4540
Phosphor	mg/kg TS	8	0	870	1270	1300	1530	1600
Schwefel	mg/kg TS	8	0	2100	3038	3200	3730	3800
<b>Metalle aus der Gesamtfraction</b>								
Arsen	mg/kg TS	8	0	11	17	17	22	23
Blei	mg/kg TS	8	0	27	41	40	52	52
Cadmium	mg/kg TS	8	0	0,9	1,5	1,4	1,9	2,0
Chrom	mg/kg TS	8	0	23	37	35	49	53
Kupfer	mg/kg TS	8	0	25	35	33	43	43
Nickel	mg/kg TS	8	0	15	22	22	29	29
Quecksilber	mg/kg TS	8	0	0,5	0,9	0,8	1,1	1,1
Zink	mg/kg TS	8	0	200	320	300	411	412
<b>Metalle aus der Fraktion &lt; 20 µm</b>								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	8	0	32	35	34	39	41
Blei <20 µm	mg/kg TS	8	0	84	94	92	102	106
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	8	0	2,5	3,0	2,8	3,6	4,2
Chrom <20 µm	mg/kg TS	8	0	79	84	85	88	89
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	8	0	62	69	66	78	85
Nickel <20 µm	mg/kg TS	8	0	42	45	45	46	47
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	8	0	1,3	1,7	1,6	2,1	2,1
Zink <20 µm	mg/kg TS	8	0	623	688	658	773	851
<b>Mineralölkohlenwasserstoff</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	8	0	55	82	76	113	120
Mineralöl C10-C25,20	mg/kg TS	8	0	10	16	15	23	31
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	8	0	40	66	63	94	102
<b>Polyzyklische Aromaten</b>								
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	8	0	0,92	1,57	1,67	1,91	2,00
<b>Polychlorierte Biphenyle</b>								
PCB 28	µg/kg TS	8	0	0,4	0,7	0,7	0,8	0,8
PCB 52	µg/kg TS	8	0	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8
PCB 101	µg/kg TS	8	0	1,1	1,4	1,3	1,6	1,6
PCB 118	µg/kg TS	8	0	0,5	0,7	0,8	0,9	0,9
PCB 138	µg/kg TS	8	0	1,5	1,9	2,0	2,1	2,2
PCB 153	µg/kg TS	8	0	2,1	2,7	2,8	3,1	3,1
PCB 180	µg/kg TS	8	0	1,0	1,6	1,7	1,8	1,9
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	8	0	7,5	9,5	9,6	10,9	10,9

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Mittel	Median	90. P	Max
<b>Hexachlorcyclohexane</b>								
alpha-HCH	µg/kg TS	8	0	0,3	0,6	0,6	0,7	0,8
gamma-HCH	µg/kg TS	8	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
<b>DDT und Metabolite</b>								
p,p'-DDE	µg/kg TS	8	0	1,9	3,1	3,1	3,9	4,1
p,p'-DDD	µg/kg TS	8	0	5,4	9,4	8,9	12,0	12,0
p,p'-DDT	µg/kg TS	8	0	2,1	3,6	3,7	4,7	5,4
<b>Chlorbenzole</b>								
Pentachlorbenzen	µg/kg TS	8	0	0,8	1,2	1,3	1,5	1,6
HCB	µg/kg TS	8	0	3,0	6,4	6,6	8,0	9,7
<b>Organozinnverbindungen (OZK)</b>								
Monobutylzinn	µg /kg TS	8	0	8	12	12	16	17
Dibutylzinn	µg /kg TS	8	0	7	10	10	13	13
Tributylzinn	µg /kg TS	8	0	21	33	34	40	48
Tetrabutylzinn	µg /kg TS	8	0	7	12	12	16	17
Triphenylzinn	µg /kg TS	8	0	<1	k.MW	<1	<1	<1
Tricyclohexylzinn	µg /kg TS	8	0	<1	k.MW	<1	<1	<1
<b>Sonstige</b>								
O <sub>2</sub> -Zehrung n.180min	g O <sub>2</sub> /kg TS	8	0	0,7	1,1	1,2	1,5	1,6
<b>umgerechnet auf &lt; 63 µm</b>								
<b>Mineralölkohlenwasserstoffe &lt; 63 µm</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	8	0	98	121	120	140	143
<b>Polyzyklische Aromaten &lt; 63</b>								
PAK Sum. 16 g.BG	mg/kg TS	8	0	1,85	2,34	2,23	2,73	3,37
<b>Polychlorierte Biphenyle &lt; 63 µm</b>								
PCB 28	µg/kg TS	8	0	0,8	1,0	1,0	1,1	1,2
PCB 52	µg/kg TS	8	0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,1
PCB 101	µg/kg TS	8	0	1,8	2,0	2,0	2,3	2,4
PCB 118	µg/kg TS	8	0	1,0	1,1	1,1	1,3	1,3
PCB 138	µg/kg TS	8	0	2,5	2,9	2,8	3,3	3,7
PCB 153	µg/kg TS	8	0	3,4	4,1	4,0	4,7	5,5
PCB 180	µg/kg TS	8	0	1,8	2,3	2,3	2,7	3,3
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	8	0	13	14	14	16	18
<b>Hexachlorcyclohexane &lt; 63 µm</b>								
alpha-HCH -63µm	µg/kg TS	8	0	0,5	0,9	0,7	1,3	1,5
gamma-HCH -63µm	µg/kg TS	8	0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
<b>DDT und Metabolite &lt; 63 µm</b>								
o,p'-DDE	µg/kg TS	8	0	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5
p,p'-DDE	µg/kg TS	8	0	3,9	4,5	4,4	5,2	5,4
o,p'-DDD	µg/kg TS	8	0	4,9	5,9	6,0	6,7	7,4
p,p'-DDD	µg/kg TS	8	0	11,0	13,8	14,0	15,5	16,4
o,p'-DDT	µg/kg TS	8	0	0,6	1,2	0,7	2,0	4,8
p,p'-DDT	µg/kg TS	8	0	2,8	5,6	6,2	7,6	7,9
Sum 6DDX	µg/kg TS	8	0	24,4	31,4	31,5	36,6	37,9
<b>Chlorbenzole &lt; 63 µm</b>								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	8	0	1,5	1,9	1,8	2,4	2,5
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	8	0	6,1	9,3	9,1	11,0	11,5

BG = Bestimmungsgrenze, Summenwerte (DDX, PAK und PCB) bei Werten < BG als ganze BG gerechnet (Worst-Case-Annahme), k.MW = wenn > 50 % der Proben < BG wurde kein arithmetischer Mittelwert berechnet.

Schadstoffparameter der GÜBAK (2009) sind farblich eingeordnet, > Richtwert 1 grün eingefärbt, > Richtwert 2 gelb eingefärbt

**Tabelle A 5 Vergleich der chemischen Analyse der Sedimente aus der Delegationsstrecke 2014 mit den Beprobungskampagnen 2005 bis 2007**

Parameter	Einheit	Köhlbrand											
		2005-1		2006-1		2006-2		2007-1		2007-2		2014	
		X	n	x	n	x	n	x	n	x	n	x	n
TOC	Gew. %	1,9 a	7	2,2 a	6	1,5 a	6	2,0 a	6	2,8 a	8	2,1 a	10
Fr<20	Gew. %	31,9 a	7	30,5 a	6	20,5 a	6	34,2 a	6	29,4 a	8	28,5 a	10
Stickstoff	mg/kg TS	1934 a	7	2183 a	6	1782 a	6	2450 a	6	2425 a	8	1812 a	10
Phosphor	mg/kg TS	797 a	7	843 a	6	762 a	6	1020 a	6	980 a	8	939 a	10
Arsen	mg/kg TS	32 b,c	7	35 a,b,c	6	36 a,b,c	6	37 a,b	6	<b>38 a</b>	8	31 c	10
Blei	mg/kg TS	93,6 a	7	98,8 a	6	87,5 a	6	84,8 a	6	87,5 a	8	86,7 a	10
Cadmium	mg/kg TS	2,8 a,b	7	2,6 a,b	6	<b>3,5 a</b>	6	2,4 b	6	2,8 a,b	8	2,3 b	10
Chrom	mg/kg TS	<b>106 a</b>	7	73,5 b	6	76 b	6	79 b	6	83 b	8	81 b	10
Kupfer	mg/kg TS	69,7 b	7	68,7 b	6	<b>88,2 a</b>	6	72 a,b	6	71,5 a,b	8	63,1 b	10
Nickel	mg/kg TS	43,1 a	7	44,5 a	6	46,3 a	6	44 a	6	43,8 a	8	42,8 a	10
Quecks	mg/kg TS	<b>2,0 a</b>	7	1,6 b	6	1,7 a,b	6	1,4 b	6	1,5 b	8	1,8 a,b	10
Zink	mg/kg TS	604 a,b	7	524 b	6	<b>696 a</b>	6	525 b	6	614 a,b	8	581 a,b	10
TBT	mg/kg TS	157 a,b	7	<b>192 a</b>	6	65 b,c	6	42,6 c	6	78,6 b,c	8	43,9 c	10
KWST	mg/kg TS	210 a,b	7	<b>314 a</b>	6	228 a,b	6	139 b	6	149 b	8	146 b	10
PAK16	mg/kg TS	2,0 a	7	2,2 a	6	3,2 a	6	1,9 a	6	4,5 a	8	2,0 a	10
PCB7	µg/kg TS	29,8 a	7	21,7 a	6	26,3 a	6	19,1 a	6	24,8 a	8	16,3 a	10
a-HCH	µg/kg TS	1,4 a	7	0,9 a	6	1,6 a	6	1,0 a	6	1,0 a	8	0,7 a	10
g-HCH	µg/kg TS	<b>1,4 a</b>	7	0,1 b	6	0,4 b	6	0,4 b	6	0,3 b	8	0,3 b	10
p,p'-DDE	µg/kg TS	4,3 b	6	3,5 b	6	<b>9,1 a</b>	6	4,9 b	6	5,2 b	8	3,8 b	10
p,p'-DDD	µg/kg TS	19,7 a	6	10,0 a	6	21,7 a	6	12,8 a	6	17,5 a	8	11,8 a	10
p,p'-DDT	µg/kg TS	4,1 a	6	4,9 a	6	12,1 a	6	3,2 a	6	4,1 a	8	2,8 a	10
PeCB	µg/kg TS	1,2 a	7	2,2 a	6	2,9 a	6	1,4 a	6	1,7 a	8	1,5 a	10
HCB	µg/kg TS	9,0 a	7	9,8 a	6	19,0 a	6	7,6 a	6	9,7 a	8	7,6 a	10

Parameter	Einheit	Norderelbe											
		2005-1		2006-1		2006-2		2007-1		2007-2		2014	
		X	n	x	n	x	n	x	n	x	n	x	n
TOC	Gew. %	1,8 a,b	8	1,2 b	6	0,9 b	5	2 a,b	12	<b>2,4 a</b>	9	1,9 a,b	10
Fr<20	Gew. %	<b>28,9 a</b>	8	16,5 a,b	6	12,9 b	5	24,5 a,b	12	24 a,b	9	24,9 a,b	10
Stickstoff	mg/kg TS	1825 a,b	8	1508 a,b	6	916 b	5	<b>2088 a</b>	12	<b>2127 a</b>	9	<b>2079 a</b>	10
Phosphor	mg/kg TS	705 b	8	600 b	6	562 a,b	5	<b>873 a</b>	12	869 b	9	<b>883 a</b>	10
Arsen	mg/kg TS	28,8 c	8	36,8 a,b	6	36,8 a,b	5	<b>39,3 a</b>	12	<b>40,4 a</b>	9	30,6 b,c	10
Blei	mg/kg TS	88,1 a	8	81,7 a	6	92 a	5	88,5 a	12	87,9 a	9	82,8 a	10
Cadmium	mg/kg TS	2,4 b,c	8	2,6 a,b,c	6	<b>3,3 a</b>	5	2,7 a,b	12	2,5 a,b,c	9	1,9 c	10
Chrom	mg/kg TS	85,9 a	8	77,2 a	6	78 a	5	83,3 a	12	89,8 a	9	81,3 a	10
Kupfer	mg/kg TS	61,5 b,c	8	73 a,b,c	6	<b>90,6 a</b>	5	76,5 a,b	12	71 b,c	9	56,1 c	10
Nickel	mg/kg TS	40,4 a	8	45,5 a	6	46,4 a	5	46,1 a	12	46,1 a	9	42,4 a	10
Quecks	mg/kg TS	<b>2,0 a</b>	8	1,6 a,b	6	1,7 a,b	5	1,6 b	12	1,4 b	9	1,3 b	10
Zink	mg/kg TS	466,3 c	8	565 a,b,c	6	<b>681,6 a</b>	5	599 a,b	12	595 a,b	9	537 b,c	10
TBT	mg/kg TS	<b>155,5 a</b>	8	117 a,b	6	95,2 a,b	5	51,6 b	12	82,7 a,b	9	45,6 b	10
KWST	mg/kg TS	160,5 b	8	<b>583,5 a</b>	6	154,8 b	5	99,8 b	12	90,3 b	9	86,8 b	10
PAK16	mg/kg TS	1,6 a	8	2,0 a	6	2,4 a	5	2,0 a	12	1,9 a	9	1,9 a	10
PCB7	µg/kg TS	<b>27,5 a</b>	8	24,8 a,b	6	18 a,b	5	17,5 a,b	12	17,5 a,b	9	13,4 b	10
a-HCH	µg/kg TS	0,8 a	8	0,9 a	6	1,0 a	5	0,7 a	12	0,8 a	9	0,6 a	10
g-HCH	µg/kg TS	<b>1,5 a</b>	8	0,2 b	6	0,3 b	5	0,2 b	12	0,5 b	9	0,2 b	10
p,p'-DDE	µg/kg TS	5,0 a,b	5	3,5 a,b	6	<b>5,4 a</b>	5	<b>4,8 a</b>	12	<b>5,3 a</b>	9	2,9 b	10
p,p'-DDD	µg/kg TS	<b>19,2 a</b>	5	9,9 b	6	14,5 a,b	5	11,1 b	12	13,8 a,b	9	10,4 b	10
p,p'-DDT	µg/kg TS	2,6 a	5	1,8 a	6	3,3 a	5	2,0 a	12	4,7 a	9	2,5 a	10
PeCB	µg/kg TS	1,0 a	8	0,7 a	6	1,3 a	5	1,1 a	12	1,4 a	9	1,3 a	10
HCB	µg/kg TS	<b>8,5 a</b>	8	5,1 b	6	6,6 a,b	5	6,5 a,b	12	7,5 a,b	9	5,8 a,b	10

Parameter	Einheit	Süderelbe											
		2005-1		2006-1		2006-2		2007-1		2007-2		14 Nord	
		X	n	x	n	x	n	x	n	x	n	x	n
TOC	Gew. %	2,7 b	5	3,6 a,b	4	3,2 b	5	3,8 a,b	6	<b>5,1 a</b>	6	2,8 b	8
Fr<20	Gew. %	35 a,b	5	<b>52 a</b>	4	44 a,b	5	45 a,b	6	43 a,b	6	36 b	8
Stickstoff	mg/kg TS	3160 a	5	3975 a	4	3540 a	5	3500 a	6	4275 a	6	3401 a	8
Phosphor	mg/kg TS	1172 a	5	1300 a	4	1460 a	5	1545 a	6	1517 a	6	1270 a	8
Arsen	mg/kg TS	33 c	5	38 a,b,c	4	36 a,b,c	5	39 a,b	6	<b>40 a</b>	6	35 b,c	8
Blei	mg/kg TS	102 a,b	5	<b>109 a</b>	4	92 a,b	5	93 a,b	6	89 b	6	94 b,c	8
Cadmium	mg/kg TS	4,1 a	5	3,6 a	4	3,9 a	5	3,5 a	6	3,9 a	6	3,0 a	8
Chrom	mg/kg TS	75 a	5	74 a	4	76 a	5	79 a	6	84 a	6	84 a	8
Kupfer	mg/kg TS	<b>110 a</b>	5	79 b	4	86 a,b	5	85 b	6	83 b	6	69 b	8
Nickel	mg/kg TS	47 a	5	45 a	4	45 a	5	45 a	6	45 a	6	45 a	8
Quecks	mg/kg TS	1,7 a	5	1,9 a	4	1,8 a	5	2,0 a	6	1,8 a	6	1,7 a	8
Zink	mg/kg TS	743 a	5	626 a	4	721 a	5	645 a	6	733 a	6	688 a	8
TBT	mg/kg TS	107 a,b	5	<b>133 a</b>	4	115 a,b	5	35 c	6	70 b,c	6	33 c	8
KWST	mg/kg TS	<b>521 a</b>	5	397 a,b	4	323 a,b,c	5	258 b,c	6	187 b,c	6	121 b,c	8
PAK16	mg/kg TS	2,4 a,b	5	2,3 a,b	4	<b>3,1 a,b</b>	5	2,5 a,b	6	2,2 b	6	2,3 a,b	8
PCB7	µg/kg TS	<b>23,1 a</b>	5	<b>21,5 a</b>	4	<b>19,0 a</b>	5	<b>21,9 a</b>	6	<b>19,3 a</b>	6	14,4 b	8
a-HCH	µg/kg TS	1,6 a,b	5	1,3 a,b	4	<b>2,0 a</b>	5	<b>2,1 a</b>	6	1,3 a,b	6	0,9 b	8
g-HCH	µg/kg TS	0,7 a	5	0,2 a	4	0,4 a	5	0,6 a	6	0,6 a	6	0,2 a	8
p,p'-DDE	µg/kg TS	6,8 a,b	5	5,2 a	4	<b>9,0 a</b>	5	7,0 a,b	6	7,0 a,b	6	4,5 b	8
p,p'-DDD	µg/kg TS	22,6 a	5	12,6 a	4	22,1 a	5	19,8 a	6	22,8 a	6	13,8 a	8
p,p'-DDT	µg/kg TS	13,7 a	5	7,6 a	4	9,7 a	5	5,9 a	6	12,7 a	6	5,6 a	8
PeCB	µg/kg TS	2,5 a,b	5	2,1 a,b	4	3,2 a	5	2,0 b	6	2,3 a,b	6	1,9 b	8
HCB	µg/kg TS	17,0 a	5	13,6 a	4	15,4 a	5	16,4 a	6	12,8 a	6	9,3 a	8

n = Anzahl, x = arithmetisches Mittel, one-way-ANOVA, Post-hoc-Test Scheffé

a,b,c: unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikant verschiedene Werte innerhalb einer Zeile ( $\alpha < 0,05$ ). Grau: Keine signifikanten Unterschiede von Terminen

Analysiert in Gesamtfraktion: Fr<20 (Fraktion < 20 µm), TOC, Stickstoff, Phosphor, TBT

Analysiert in Fraktion < 20 µm: Schwermetalle und Arsen

Analysiert in Gesamtfraktion und normiert auf Fraktion < 63 µm: KWST (Kohlenwasserstoffe), PAK16 (PAK Summe 16), PCB7 (PCB Summe 7), HCH-Verbindungen, DDT und Metabolite, PeCB (Pentachlorbenzol), HCB (Hexachlorbenzol)

**Tabelle A 6 Ergebnisse der ökotoxikologischen Testbatterien an Sedimenten aus dem Köhlbrand (Freigabebeobachtung 2014)**

Limnische Biotests (n = 10)				
pT-Stufe	Porenwasser (PW)	Leucht-bakterientest Anzahl	Algentest Anzahl	Daphnien-test Anzahl
	Eluate (EL)			
pT0	PW	10	0	2
	EL	10	0	4
pT1	PW	0	1	8
	EL	0	2	5
pT2	PW	0	6	0
	EL	0	3	1
pT3	PW	0	3	0
	EL	0	5	0
pT4	PW	0	0	0
	EL	0	0	0
pT5	PW	0	0	0
	EL	0	0	0
pT6	PW	0	0	0
	EL	0	0	0

Toxizitätsklasse limnisch	
Klasse	Anzahl
0	0
I	0
II	4
III	6
IV	0
V	0
VI	0

Marine Biotests (n = 10)				
pTStufe	Porenwasser (PW)	Leuchtbakterientest* Anzahl*	Algentest Anzahl	Toxizitätsklasse Anzahl
	Eluate (EL)			
pT0	PW	10	1	1
	EL	n.b.	1	
pT1	PW	0	1	1
	EL	n.b.	7	
pT2	PW	0	6	6
	EL	n.b.	2	
pT3	PW	0	2	2
	EL	n.b.	0	
pT4	PW	0	0	0
	EL	n.b.	0	
pT5	PW	0	0	0
	EL	n.b.	0	
pT6	PW	0	0	0
	EL	n.b.	0	

\*PW Leuchtbakterien marin und limnisch identisch

Mariner Amphipodentest Mortalität <i>Corophium volutator</i> (%)	Hemmung (Anzahl)		
	< 20 %	> 20 %	> 40 %
Anzahl n = 10	5	5	0

Hemmung > 20 % leicht toxisch, > 40 % toxisch (Klassifikation nach einer Empfehlung der BfG)  
Toxizität s. Text Abschn. 4.2

Tabelle A 7 Ergebnisse der ökotoxikologischen Testbatterien an Sedimenten aus der Nordrelbe (Freigabebeprobung 2014)

Limnische Biotests (n = 10)					Toxizitätsklasse limnisch					
pT-Stufe	Porenwasser (PW)	Leucht-bakterientest Anzahl	Algentest Anzahl	Daphnien-test Anzahl	Klasse	Anzahl				
	Eluate (EL)									
pT0	PW	8	0	5	0	0				
	EL	10	0	7						
pT1	PW	0	1	5			I	0		
	EL	0	0	3						
pT2	PW	1	3	0					II	3
	EL	0	4	0						
pT3	PW	1	6	0	III	7				
	EL	0	6	0						
pT4	PW	0	0	0			IV	0		
	EL	0	0	0						
pT5	PW	0	0	0					V	0
	EL	0	0	0						
pT6	PW	0	0	0	VI	0				
	EL	0	0	0						

Marine Biotests (n = 10)				
pTStufe	Porenwasser (PW)	Leuchtbakterientest* Anzahl*	Algentest Anzahl	Toxizitätsklasse Anzahl
	Eluate (EL)			
pT0	PW	8	0	0
	EL	n.b.	1	
pT1	PW	0	2	
	EL	n.b.	8	
pT2	PW	1	5	
	EL	n.b.	1	
pT3	PW	1	3	
	EL	n.b.	0	
pT4	PW	0	0	
	EL	n.b.	0	
pT5	PW	0	0	
	EL	n.b.	0	
pT6	PW	0	0	
	EL	n.b.	0	

\*PW Leuchtbakterien marin und limnisch identisch

Mariner Amphipodentest Mortalität <i>Corophium volutator</i> (%)	Hemmung (Anzahl)		
	< 20 %	> 20 %	> 40 %
Anzahl n = 10	8	2	0

Hemmung > 20 % leicht toxisch, > 40 % toxisch (Klassifikation nach einer Empfehlung der BfG)  
Toxizität s. Text Abschn. 4.2

**Tabelle A 8 Ergebnisse der ökotoxikologischen Testbatterien an Sedimenten aus der Süderelbe – Nord (Freigabebeprobung 2014)**

Limnische Biotests (n = 8)				
pT-Stufe	Porenwasser (PW)	Leucht-bakterientest	Algentest	Daphnien-test
	Eluate (EL)	Anzahl	Anzahl	Anzahl
pT0	PW	7	0	0
	EL	8	0	2
pT1	PW	1	0	4
	EL	0	1	4
pT2	PW	0	0	3
	EL	0	4	2
pT3	PW	0	3	1
	EL	0	3	0
pT4	PW	0	5	0
	EL	0	0	0
pT5	PW	0	0	0
	EL	0	0	0
pT6	PW	0	0	0
	EL	0	0	0

Toxizitätsklasse limnisch	
Klasse	Anzahl
0	0
I	0
II	0
III	3
IV	5
V	0
VI	0

Marine Biotests (n = 8)				
pTStufe	Porenwasser (PW)	Leuchtbakterientest*	Algentest	Toxizitätsklasse
	Eluate (EL)	Anzahl*	Anzahl	Anzahl
pT0	PW	7	0	0
	EL	n.b.	0	
pT1	PW	1	0	0
	EL	n.b.	7	
pT2	PW	0	8	8
	EL	n.b.	1	
pT3	PW	0	0	0
	EL	n.b.	0	
pT4	PW	0	0	0
	EL	n.b.	0	
pT5	PW	0	0	0
	EL	n.b.	0	
pT6	PW	0	0	0
	EL	n.b.	0	

\*PW Leuchtbakterien marin und limnisch identisch

Mariner Amphipodentest Mortalität <i>Corophium volutator</i> (%)	Hemmung (Anzahl)		
	< 20 %	> 20 %	> 40 %
Anzahl n = 8	7	1	0

Hemmung > 20 % leicht toxisch, > 40 % toxisch (Klassifikation nach einer Empfehlung der BfG)  
Toxizität s. Text Abschn. 4.2

**Tabelle A 9a Ergebnisse der ökotoxikologischen Testbatterien an Sedimenten der Delegationsstrecke über die Zeit – limnische Testbatterie**

Zahlenwerte geben die arithmetischen Mittelwerte der jeweiligen Toxizitätsklassen an

Beprobungstermin	Köhlbrand		Norderelbe		Süderelbe	
	Klassenmittel	Proben n	Klassenmittel	Proben n	Klassenmittel	Proben n
2005	2,2 a	6	2,2 a	6	3,5 a	4
2006-1	1,7 a	6	3,3 a	6	2,0 a	4
2006-2	3,2 a	6	3,2 a	5	3,2 a	5
2007-1*	3,0 a	6	3,2 a	9	3,0 a	5
2007-2	3,3 a	6	2,8 a	5	3,4 a	5
<b>Mittel 05-07</b>	<b>2,7</b>	<b>30</b>	<b>2,9</b>	<b>31</b>	<b>3,0</b>	<b>23</b>
2008	3,0	11	2,7	6	3,4	8
2009*	3,0	8	1,8	6	3,3	8
<b>2014</b>	<b>2,6 a</b>	<b>10</b>	<b>2,7 a</b>	<b>10</b>	<b>3,6 a</b>	<b>8</b>
Mittel Gesamt	2,8	49	2,7	43	3,2	39

a,b = unterschiedliche Buchstaben geben signifikant verschiedene Beprobungstermine jeweils eines Baggergebietes an. Durchgeführter Test: Kruskal-Wallis / H-Test mit Post-Hoc Scheffe,  $p < 0,05$  (\*extra verbrachte Proben in 2007 und 2009 ausgeschlossen).

Mittelwerte 05-07 zusätzlich mittels U-Test mit Daten 2014 verglichen:

Für Köhlbrand, Norderelbe, Süderelbe jeweils nicht signifikant verschieden

**Tab A 9b Ergebnisse der ökotoxikologischen Testbatterien an Sedimenten der Delegationsstrecke über die Zeit – marine Testbatterie**

Zahlenwerte geben die arithmetischen Mittelwerte der jeweiligen Toxizitätsklassen an

Beprobungstermin	Köhlbrand		Norderelbe		Süderelbe	
	Klassenmittel	Proben n	Klassenmittel	Proben n	Klassenmittel	Proben n
2005	1,8 b	6	1,8 a,b	6	2,8 a,b	4
2006-1	1,2 b	6	0,7 b	6	2,0 a,b	4
2006-2	1,5 b	6	2,6 a	5	2,0 a,b	5
2007-1*	3,5 a	6	2,7 a	11	3,4 a	5
2007-2	4,0 a	6	1,2 a,b	5	2,4 a,b	5
<b>Mittel 05-07</b>	<b>2,4</b>	<b>30</b>	<b>1,8</b>	<b>33</b>	<b>2,5</b>	<b>23</b>
2008	1,5	11	1,8	6	1,9	8
2009*	2,5	8	2,0	6	2,5	8
<b>2014</b>	<b>2,4 b</b>	<b>10</b>	<b>2,2 a,b</b>	<b>10</b>	<b>2,0 b</b>	<b>8</b>
Mittel Gesamt	2,3	59	1,9	55	2,4	47

a,b = unterschiedliche Buchstaben geben signifikant verschiedene Beprobungstermine jeweils eines Baggergebietes an. Durchgeführter Test: Kruskal-Wallis / H-Test mit Post-Hoc Scheffe,  $p < 0,05$  (\*extra verbrachte Proben in 2007 und 2009 ausgeschlossen)

Mittelwerte 05-07 zusätzlich mittels U-Test mit Daten 2014 verglichen:

Für Köhlbrand, Norderelbe, Süderelbe jeweils nicht signifikant verschieden

**Tabelle A 10a Physikalische und chemische Messdaten aus der Wasserphase, Oberfläche**

Station	Datum	Temperatur	Salinität	Sauerstoff-Sättigung	pH-Wert	Trübung	Nitrat+Nitrit	Phosphat
Einheit	T/M/J	°C	ppt	%Local		NTU	µmol/l	µmol/l
1	11.07.14	17,6	29,6	128,6	8,1	-1,0	2,3	0,2
2	11.07.14	17,9	30,1	131,5	8,1	-1,0	1,0	0,4
2/1	11.07.14	17,8	29,9	120,9	8,0	-1,1	2,1	0,3
2/2	11.07.14	18,1	29,7	123,2	8,1	-1,0	2,2	0,2
2/3	11.07.14	18,0	29,8	125,2	8,1	-1,3	1,7	0,2
3	11.07.14	17,5	30,2	126,7	8,1	-1,0	1,6	0,3
3/1	11.07.14	17,9	29,9	123,8	8,1	-1,2	1,6	0,3
3/2	11.07.14	17,6	30,3	132,8	8,1	4,5	1,1	0,3
4	11.07.14	18,4	30,8	126,0	8,1	-0,1	1,5	0,5
1	25.07.14	19,6	31,9	n.e.	8,2	1,0	0,1	0,2
2	25.07.14	19,0	31,3	n.e.	8,2	1,3	0,1	0,2
2/1	25.07.14	19,3	31,5	n.e.	8,2	1,0	0,0	0,1
2/2	25.07.14	19,4	31,8	n.e.	8,2	0,9	0,1	0,1
2/3	25.07.14	17,7	32,2	n.e.	8,0	6,5	0,4	0,3
3	25.07.14	18,6	31,7	n.e.	8,1	1,6	0,1	0,3
3/1	25.07.14	19,6	31,8	n.e.	8,2	0,8	0,0	0,2
3/2	25.07.14	19,4	31,7	n.e.	8,1	1,1	0,0	0,2
4	25.07.14	17,9	30,1	n.e.	8,0	1,4	0,4	0,5
1	06.08.14	19,8	32,3	107,5	n.e.	0,7	0,9	0,5
2	06.08.14	20,0	31,8	102,1	n.e.	2,0	2,1	0,6
2/1	06.08.14	19,9	31,8	100,8	n.e.	1,9	2,1	0,6
2/2	06.08.14	20,0	31,9	104,2	n.e.	1,7	1,5	0,5
2/3	06.08.14	20,0	32,1	109,4	n.e.	1,6	0,7	0,4
3	06.08.14	19,7	32,1	107,9	n.e.	1,6	1,6	0,5
3/1	06.08.14	20,1	32,0	107,8	n.e.	1,8	1,1	0,5
3/2	06.08.14	19,9	31,9	104,9	n.e.	1,9	1,7	0,5
4	06.08.14	20,2	32,2	103,8	n.e.	2,3	2,5	0,6
1	21.08.14	15,3	32,0	83,7	7,8	n.e.	2,1	1,0
2	21.08.14	16,9	32,3	88,5	8,0	n.e.	0,3	0,8
2/1	21.08.14	17,0	32,4	90,1	8,1	n.e.	0,2	0,8
2/2	21.08.14	16,9	32,6	95,2	8,1	n.e.	0,2	0,8
2/3	21.08.14	17,3	32,4	96,9	8,1	n.e.	0,2	0,9
3	21.08.14	16,9	32,1	95,9	8,0	n.e.	0,4	1,1
3/1	21.08.14	17,2	32,3	96,6	8,1	n.e.	0,4	1,0
3/2	21.08.14	16,9	32,3	98,5	8,1	n.e.	0,4	1,1
4	21.08.14	16,7	30,2	93,8	8,1	n.e.	1,4	1,5
1	05.09.14	17,2	33,3	103,2	8,1	n.e.	1,4	0,8
2	05.09.14	18,0	33,0	104,2	8,1	n.e.	0,5	0,5
2/1	05.09.14	17,9	33,2	104,6	8,1	n.e.	0,4	0,5
2/2	05.09.14	17,9	33,2	104,4	8,1	n.e.	0,5	0,5
2/3	05.09.14	17,8	33,3	103,4	8,1	n.e.	0,5	0,5
3	05.09.14	17,8	31,9	102,9	8,1	n.e.	5,0	0,7
3/1	05.09.14	17,9	32,9	101,9	8,1	n.e.	0,7	0,6
3/2	05.09.14	17,7	32,6	103,5	8,1	n.e.	1,9	0,6
4	05.09.14	17,8	31,8	103,3	8,0	n.e.	6,8	0,7
Mittel		18,1	31,7	107,2	8,1	1,0	1,2	0,5

Daten auf die erste Nachkommastelle gerundet.

n.e. nicht erhoben

Tabelle A 10b Physikalische und chemische Messdaten aus der Wasserphase, Boden

Station	Datum	Temp- eratur	Salinität	Sauerstoff- Sättigung	pH- Wert	Trübung	Nitrat+ Nitrit	Phosphat
Einheit	T/M/J	°C	ppt	%Local		NTU	µmol/l	µmol/l
1	11.07.14	15,7	31,3	91,9	8,0	-0,8	3,7	0,3
2	11.07.14	14,9	31,9	88,0	7,8	4,6	2,9	0,3
2/1	11.07.14	15,0	31,8	88,3	7,9	4,8	1,0	0,4
2/2	11.07.14	15,0	31,7	88,1	7,9	3,3	1,0	0,5
2/3	11.07.14	15,0	31,7	87,0	7,9	2,9	1,0	0,4
3	11.07.14	14,9	31,4	86,0	7,9	1,6	1,5	0,5
3/1	11.07.14	15,0	31,6	84,0	7,9	3,3	1,1	0,5
3/2	11.07.14	14,9	31,6	83,9	7,9	2,4	1,1	0,5
4	11.07.14	15,6	31,0	103,3	7,9	9,5	1,9	0,6
1	25.07.14	16,1	25,6	n.e.	7,9	1,6	1,0	0,3
2	25.07.14	15,9	32,6	n.e.	7,9	4,0	0,8	0,5
2/1	25.07.14	16,1	32,6	n.e.	8,0	4,0	0,5	0,4
2/2	25.07.14	16,2	32,6	n.e.	7,9	8,6	0,6	0,4
2/3	25.07.14	16,2	32,5	n.e.	7,9	74,1*	n.e.	n.e.
2/3	25.07.14	16,2	32,5	n.e.	7,9	44,4	0,8	0,7
3	25.07.14	16,5	32,4	n.e.	7,9	16,8	0,7	0,7
3/1	25.07.14	16,2	32,5	n.e.	7,9	22,0	0,6	0,6
3/2	25.07.14	16,3	32,5	n.e.	7,9	10,4	0,7	0,5
4	25.07.14	16,9	31,2	n.e.	7,9	8,9	0,8	0,8
1	06.08.14	16,9	33,2	75,0	n.e.	0,9	0,1	0,3
2	06.08.14	17,0	33,0	67,5	n.e.	3,0	1,2	0,6
2/1	06.08.14	17,1	32,9	67,1	n.e.	4,2	1,3	0,7
2/2	06.08.14	16,9	32,9	62,3	n.e.	8,8	1,2	0,8
2/3	06.08.14	16,8	33,1	64,9	n.e.	3,6	0,7	0,5
3	06.08.14	18,3	32,5	70,8	n.e.	14,1	2,5	0,8
3/1	06.08.14	16,9	33,0	61,9	n.e.	9,1	1,0	0,7
3/2	06.08.14	17,6	32,6	66,4	n.e.	15,2	1,7	0,7
4	06.08.14	19,7	32,6	94,1	n.e.	4,7	1,7	0,6
1	21.08.14	16,5	32,3	81,7	7,9	n.e.	1,5	0,9
2	21.08.14	17,6	32,4	90,3	8,0	n.e.	0,2	0,8
2/1	21.08.14	17,4	32,6	93,9	8,0	n.e.	0,2	0,8
2/2	21.08.14	17,4	32,4	94,5	8,1	n.e.	0,2	0,8
2/3	21.08.14	17,9	32,5	92,9	8,1	n.e.	0,3	0,8
3	21.08.14	17,6	32,2	92,9	8,1	n.e.	0,4	1,2
3/1	21.08.14	17,9	32,2	91,6	8,1	n.e.	0,3	0,9
3/2	21.08.14	17,6	32,3	93,1	8,1	n.e.	0,2	1,0
4	21.08.14	17,1	28,2	94,0	8,1	n.e.	1,5	1,5
1	05.09.14	17,7	32,9	99,0	8,1	n.e.	1,4	0,6
2	05.09.14	18,0	33,1	101,2	8,1	n.e.	0,6	0,5
2/1	05.09.14	18,0	33,1	102,6	8,1	n.e.	0,5	0,5
2/2	05.09.14	18,0	33,1	102,6	8,1	n.e.	0,6	0,6
2/3	05.09.14	18,0	33,1	99,8	8,1	n.e.	0,6	0,5
3	05.09.14	17,7	32,8	102,2	8,1	n.e.	2,1	0,7
3/1	05.09.14	17,9	33,0	98,6	8,1	n.e.	1,0	0,6
3/2	05.09.14	17,7	32,9	100,2	8,1	n.e.	1,5	0,7
4	05.09.14	17,8	32,2	101,5	8,0	n.e.	4,2	0,7
Mittel	2014	16,8	32,2	87,9	8,0	8,0	1,1	0,6

Daten auf die erste Nachkommastelle gerundet.

n.e. nicht erhoben

\* Messdatum direkt nach Verklappungsvorgang erhoben, zweites Datum eine Minute später ergab eine Minderung der Trübung um über 30%.

**Tabelle A 11 Statistik der chemischen Analysen der Sedimente an der Verbringstelle E3 (Juli 2014)**

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.% OS	20	0	57,8	62,7	63,7	68,7	74,2
TOC (C)	Gew.% TS	20	0	0,3	0,8	0,7	0,9	1,0
<b>Siebanalyse</b>								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	20	0	16,2	29,2	29,3	39,0	40,5
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	20	0	3,9	15,1	13,8	21,5	23,3
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	20	0	3,8	28,4	25,6	34,6	37,7
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	20	0	9,5	17,1	24,0	46,5	48,1
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	20	0	1,1	2,6	6,0	10,3	37,6
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-% TS	20	0	0,1	0,3	0,4	0,6	1,9
Fraktion 1000-2000 µm	Gew.-% TS	20	0	0,1	0,3	0,4	0,7	1,0
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	20	0	0,1	0,5	0,5	0,9	1,0
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	20	0	20,5	45,7	43,1	59,4	60,9
<b>Summenparameter</b>								
Stickstoff	mg/kg TS	20	0	393	912	898	1141	1230
Schwefel	mg/kg TS	20	0	1100	2950	2825	3770	5000
Phosphor	mg/kg TS	20	0	210	405	382	452	500
<b>Metalle aus der Gesamtfraktion</b>								
Arsen	mg/kg TS	20	0	3	9	8	11	13
Blei	mg/kg TS	20	0	8	21	19	24	27
Cadmium	mg/kg TS	20	1	<0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
Chrom	mg/kg TS	20	0	9	26	25	33	36
Kupfer	mg/kg TS	20	0	5,5	9,5	9,5	11	14
Nickel	mg/kg TS	20	0	5	12	11	14	16
Quecksilber	mg/kg TS	20	0	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3
Zink	mg/kg TS	20	0	36	73	69	81	92
<b>Metalle aus der Fraktion &lt;20 µm</b>								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	20	0	20	25,5	26	28	30
Blei <20 µm	mg/kg TS	20	0	60	69	68	74	77
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	20	0	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
Chrom <20 µm	mg/kg TS	20	0	66	76,5	77	83	88
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	20	0	23	27,5	28	32	35
Nickel <20 µm	mg/kg TS	20	0	32	35	35	37	38
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	20	0	0,2	0,5	0,5	0,6	0,7
Zink <20 µm	mg/kg TS	20	0	170	197	200	226	245
<b>Mineralölkohlenwasserstoff</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	20	6	<20	25	26	33	35
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	20	16	<10	<10	k.MW	11	11
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	20	2	<10	18,5	18	24	27
<b>Polycyclische Aromaten</b>								
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	20	0	0,3	0,5	0,5	0,7	0,7
<b>Polychlorierte Biphenyle</b>								
PCB 28	µg/kg TS	20	0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
PCB 52	µg/kg TS	20	2	<0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
PCB 101	µg/kg TS	20	0	0,2	0,4	0,4	0,8	1,2
PCB 118	µg/kg TS	20	0	0,1	0,4	0,4	0,5	0,6
PCB 138	µg/kg TS	20	0	0,3	0,6	0,7	1,6	2,0
PCB 153	µg/kg TS	20	0	0,4	0,9	1,1	2,0	2,4
PCB 180	µg/kg TS	20	0	0,2	0,5	0,6	1,5	1,7
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	20	0	1,4	3,0	3,6	6,7	8,3

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
<b>Hexachlorcyclohexane</b>								
alpha-HCH	µg/kg TS	20	1	<0,05	0,1	0,1	0,2	0,3
gamma-HCH	µg/kg TS	20	19	<0,05	<0,05	k.MW	<0,05	0,1
<b>DDT und Metabolite</b>								
p,p'-DDE	µg/kg TS	20	0	0,1	0,3	0,3	0,3	0,4
p,p'-DDD	µg/kg TS	20	0	0,3	0,6	0,6	0,9	1,1
p,p'-DDT	µg/kg TS	20	15	<0,1	<0,1	k.MW	0,3	7,5
<b>Chlorbenzole</b>								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	20	1	<0,1	0,2	0,2	0,2	0,8
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	20	0	0,2	0,4	0,9	0,8	8,3
<b>Organozinn-</b>								
Monobutylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	0	1,6	3,5	3,7	5,1	8,2
Dibutylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	17	<1	<1	k.MW	1,3	1,6
Tributylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	6	<1	3,7	8,5	13	74
Tetrabutylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	20	<1	<1	k.MW	<1	<1
Triphenylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	20	<1	<1	k.MW	<1	<1
Tricyclohexylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	20	<1	<1	k.MW	<1	<1
<b>Sonstiges</b>								
Sum PCDD/F(I-TE(NATO/CCMS))	ng/kg TS	3	0	3,3	4,1	3,9	4,3	4,3
<b>umgerechnet auf &lt; 63</b>								
<b>Mineralölkohlenwasserstoffe &lt;63µm</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	20	6	<20	56	53	79	99
<b>Polycyclische Aromaten &lt;63µm</b>								
PAK Sum6 g.BG	mg/kg TS	20	0	0,3	0,6	0,7	1,0	1,5
<b>Polychlorierte Biphenyle &lt;63µm</b>								
PCB 28	µg/kg TS	20	0	0,4	0,5	0,5	0,7	0,9
PCB 52	µg/kg TS	20	2	<0,1	0,3	0,3	0,5	0,7
PCB 101	µg/kg TS	20	0	0,5	0,8	1,2	2,7	3,7
PCB 118	µg/kg TS	20	0	0,6	0,8	0,9	1,4	1,5
PCB 138	µg/kg TS	20	0	0,8	1,3	2,0	5,1	7,3
PCB 153	µg/kg TS	20	0	1,3	1,9	2,8	6,1	10,1
PCB 180	µg/kg TS	20	0	0,6	1,0	1,7	4,4	6,9
PCB Summe 7 g. BG	µg/kg TS	20	0	4,4	6,8	9,4	21	31
<b>Hexachlorcyclohexane &lt;63µm</b>								
alpha-HCH	µg/kg TS	20	1	<0,05	0,2	0,3	0,4	0,8
gamma-HCH	µg/kg TS	20	19	<0,05	<0,05	k.MW	<0,05	0,2
<b>DDT +Metabolite &lt;63µm</b>								
o,p DDE	µg/kg TS	20	20	<0,1	<0,1	k.MW	<0,1	<0,1
p,p'-DDE	µg/kg TS	20	0	0,4	0,6	0,6	0,9	0,9
o,p-DDD	µg/kg TS	20	0	0,2	0,7	0,7	1,1	1,2
p,p'-DDD	µg/kg TS	20	0	0,6	1,8	1,6	2,5	2,8
o,p-DDT	µg/kg TS	20	19	<0,1	<0,1	k.MW	<0,1	3,9
p,p'-DDT	µg/kg TS	20	15	<0,1	<0,1	k.MW	0,7	12
<b>Chlorbenzole &lt;63µm</b>								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	20	1	<0,1	0,4	0,5	0,6	2,6
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	20	0	0,5	1,2	2,5	2,0	27

BG = Bestimmungsgrenze, Werte < BG als ganze BG angenommen (worst-case-Annahme), k.MW = wenn > 50 % der Proben < BG wurde kein Mittelwert berechnet

**Tabelle A 12 Statistik der chemischen Analysen der Sedimente im Umfeld der Verbring-  
stelle (Juli 2014)**

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.% OS	32	0	53,7	60,0	60,4	67,3	72,3
TOC (C)	Gew.% TS	32	0	0,4	0,8	0,8	1,0	1,1
<b>Siebanalyse</b>								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	32	0	14,6	35,8	34,0	42,9	50,1
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	32	0	6,4	20,8	20,9	34,8	38,0
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	32	0	12,6	26,4	27,6	42,6	50,5
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	32	0	1,4	9,7	11,0	16,8	30,2
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	32	0	0,4	2,2	4,5	8,5	25,9
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-% TS	32	0	0,1	0,3	0,5	1,0	2,6
Fraktion 1000-2000 µm	Gew.-% TS	32	0	0,1	0,4	0,4	0,6	1,3
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	32	0	0,1	0,9	1,1	1,9	7,9
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	32	0	26,0	56,6	54,9	74,0	77,2
<b>Summenparameter</b>								
Stickstoff	mg/kg TS	32	0	502	995	988	1310	1460
Schwefel	mg/kg TS	32	0	1300	3800	4053	6200	7300
Phosphor	mg/kg TS	32	0	300	450	435	510	530
<b>Metalle aus der Gesamtfraktion</b>								
Arsen	mg/kg TS	32	0	5	11	10	13	14
Blei	mg/kg TS	32	0	11	22	22	27	29
Cadmium	mg/kg TS	32	3	<0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
Chrom	mg/kg TS	32	0	17	29	29	35	37
Kupfer	mg/kg TS	32	0	4,3	8,5	8,3	10	11
Nickel	mg/kg TS	32	0	8,2	13	13	17	17
Quecksilber	mg/kg TS	32	0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2
Zink	mg/kg TS	32	0	39	72	72	88	105
<b>Metalle aus der Fraktion &lt;20 µm</b>								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	32	0	21	28	28	32	36
Blei <20 µm	mg/kg TS	32	0	44	67	67	86	105
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	32	0	0,2	0,4	0,4	0,7	1,2
Chrom <20 µm	mg/kg TS	32	0	64	80	80	89	98
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	32	0	19	25	25	31	32
Nickel <20 µm	mg/kg TS	32	0	33	36	36	37	40
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	32	0	0,1	0,4	0,4	0,7	0,9
Zink <20 µm	mg/kg TS	32	0	125	184	186	236	279
<b>Mineralölkohlenwasserstoff</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	32	17	<20	<20	k.MW	28	33
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	32	32	<10	<10	k.MW	<10	<10
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	32	0	10	16	17	23	27
<b>Polycyclische Aromaten</b>								
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	32	0	0,2	0,4	0,4	0,7	1,1
<b>Polychlorierte Biphenyle</b>								
PCB 28	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,2	0,2	0,3	0,7
PCB 52	µg/kg TS	32	11	<0,1	0,1	0,1	0,2	0,5
PCB 101	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,3	0,4	0,6	1,1
PCB 118	µg/kg TS	32	0	0,1	0,3	0,3	0,5	0,9
PCB 138	µg/kg TS	32	0	0,1	0,4	0,5	0,8	2,0
PCB 153	µg/kg TS	32	0	0,2	0,7	0,8	1,3	2,7
PCB 180	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,3	0,4	0,6	1,8
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	32	0	0,8	2,4	2,8	4,4	8,7

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
<b>Hexachlorcyclohexane</b>								
alpha-HCH	µg/kg TS	32	15	<0,05	0,1	0,1	0,1	0,1
gamma-HCH	µg/kg TS	32	32	<0,05	<0,05	k.MW	<0,05	<0,05
<b>DDT und Metabolite</b>								
p,p'-DDE	µg/kg TS	32	2	<0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
p,p'-DDD	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,3	0,4	0,7	1,1
p,p'-DDT	µg/kg TS	32	31	<0,1	<0,1	k.MW	<0,1	0,1
<b>Chlorbenzole</b>								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	32	11	<0,1	0,1	0,2	0,2	0,5
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,3	0,4	0,4	3,9
<b>Organozinnverbindungen</b>								
Monobutylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	3	<1	3,4	3,4	5,0	15
Dibutylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	31	<1	<1	k.MW	<1	1,9
Tributylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	31	<1	<1	k.MW	<1	3,3
Tetrabutylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	32	<1	<1	k.MW	<1	<1
Triphenylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	32	<1	<1	k.MW	<1	<1
Tricyclohexylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	32	<1	<1	k.MW	<1	<1
<b>Sonstiges</b>								
Sum PCDD/F(I-TE)(NATO/CCMS)	ng/kg TS	4	0	2,1	2,3	3,0	4,4	5,2
<b>umgerechnet auf &lt; 63 µm</b>								
<b>Mineralölkohlenwasserstoffe &lt;63µm</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	32	17	<20	<20	k.MW	59,2	89,7
<b>Polycyclische Aromaten &lt;63µm</b>								
PAK Sum6 g.BG	mg/kg TS	32	0	0,2	0,4	0,4	0,6	1,0
<b>Polychlorierte Biphenyle &lt;63µm</b>								
PCB 28	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,4	0,5	0,7	0,9
PCB 52	µg/kg TS	32	11	<0,1	0,2	0,2	0,4	0,7
PCB 101	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,6	0,7	1,2	1,7
PCB 118	µg/kg TS	32	0	0,3	0,6	0,6	1,1	1,5
PCB 138	µg/kg TS	32	0	0,4	0,8	0,9	1,5	2,7
PCB 153	µg/kg TS	32	0	0,6	1,3	1,5	2,6	3,6
PCB 180	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,5	0,7	1,3	2,4
PCB Summe7 g. BG	µg/kg TS	32	0	2,0	4,5	5,1	8,8	12
<b>Hexachlorcyclohexane &lt;63µm</b>								
alpha-HCH	µg/kg TS	32	15	<0,05	0,1	0,1	0,2	0,2
gamma-HCH	µg/kg TS	32	32	<0,05	<0,05	k.MW	<0,05	<0,05
<b>DDT + Metabolite &lt; 63µm</b>								
o,p DDE	µg/kg TS	32	32	<0,1	<0,1	k.MW	<0,1	<0,1
p,p'-DDE	µg/kg TS	32	2	<0,1	0,4	0,4	0,6	1,0
o,p-DDD	µg/kg TS	32	16	<0,1	0,0	k.MW	0,5	0,7
p,p'-DDD	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,6	0,7	1,3	1,9
o,p-DDT	µg/kg TS	32	32	<0,1	<0,1	k.MW	<0,1	<0,1
p,p'-DDT	µg/kg TS	32	31	<0,1	<0,1	k.MW	<0,1	0,1
<b>Chlorbenzole &lt; 63µm</b>								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	32	11	<0,1	0,2	0,3	0,5	1,7
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,5	0,9	0,9	12,5

BG = Bestimmungsgrenze, Werte < BG als ganze BG angenommen (worst-case-Annahme), k.MW = wenn > 50 % der Proben < BG wurde kein Mittelwert berechnet

**Tabelle A 13 Statistik der chemischen Analysen der Sedimente an der Verbringstelle E3 (Sept 2014)**

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.% OS	20	0	56,0	60,6	62,0	67,1	79,3
TOC (C)	Gew.% TS	20	0	0,1	0,8	0,8	1,0	1,1
<b>Siebanalyse</b>								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	20	0	6,1	32,0	29,7	38,5	44,5
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	20	0	0,6	16,6	16,1	22,4	25,9
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	20	0	2,6	27,9	26,2	32,5	34,3
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	20	0	7,6	15,3	21,2	34,1	57,8
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	20	0	0,7	2,6	5,4	5,7	53,9
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-% TS	20	1	<0,1	0,2	0,5	0,6	4,1
Fraktion 1000-2000 µm	Gew.-% TS	20	0	0,1	0,2	0,3	0,5	1,3
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	20	0	0,1	0,5	0,6	1,5	2,2
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	20	0	6,7	49,9	45,8	61,0	66,3
<b>Summenparameter</b>								
Stickstoff	mg/kg TS	20	0	233	1020	966	1221	1370
Phosphor	mg/kg TS	20	0	500	2550	2348	3230	3900
Schwefel	mg/kg TS	20	0	150	425	405	451	500
<b>Metalle aus der Gesamtfraktion</b>								
Arsen	mg/kg TS	20	0	1,4	8,2	7,5	9,2	11
Blei	mg/kg TS	20	0	3,0	20	18	25	26
Cadmium	mg/kg TS	20	1	<0,1	0,3	0,3	0,3	0,4
Chrom	mg/kg TS	20	0	3,8	21	19	26	28
Kupfer	mg/kg TS	20	0	4,1	9,2	9,7	12	13
Nickel	mg/kg TS	20	0	2,0	11	9,8	13	13
Quecksilber	mg/kg TS	20	2	<0,01	0,2	0,1	0,2	0,2
Zink	mg/kg TS	20	0	25	78,5	78	93,5	100
<b>Metalle aus der Fraktion &lt;20 µm</b>								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	20	0	20	25,5	25	29	30
Blei <20 µm	mg/kg TS	20	0	63	70	71	74	77
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	20	0	0,5	0,6	0,8	1,5	1,8
Chrom <20 µm	mg/kg TS	20	0	53	63	62	65	67
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	20	0	27	33	37	51	66
Nickel <20 µm	mg/kg TS	20	0	32	33,5	34	36	37
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	20	0	0,4	0,6	0,6	0,9	1,1
Zink <20 µm	mg/kg TS	20	0	184	221	253	385	440
<b>Mineralölkohlenwasserstoff</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	20	7	<20	22	23	26	37
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	20	19	<10	<10	k.MW	<10	12,0
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	20	1	<10	19	19	23	34
<b>Polycyclische Aromaten</b>								
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	20	0	0,2	0,5	0,6	0,8	1,3
<b>Polychlorierte Biphenyle</b>								
PCB 28	µg/kg TS	20	1	<0,1	0,3	0,2	0,3	0,4
PCB 52	µg/kg TS	20	1	<0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
PCB 101	µg/kg TS	20	1	<0,1	0,3	0,4	0,5	0,8
PCB 118	µg/kg TS	20	1	<0,1	0,3	0,3	0,4	0,4
PCB 138	µg/kg TS	20	0	0,2	0,6	0,7	0,9	1,4
PCB 153	µg/kg TS	20	0	0,3	0,8	0,9	1,2	1,9
PCB 180	µg/kg TS	20	0	0,2	0,4	0,5	0,7	1,4
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	20	0	1,1	2,9	3,1	4,0	6,0

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
<b>Hexachlorcyclohexane</b>								
alpha-HCH	µg/kg TS	20	8	<0,05	0,1	0,2	0,2	1,3
gamma-HCH	µg/kg TS	20	17	<0,05	<0,05	k.MW	0,1	0,1
<b>DDT und Metabolite</b>								
p,p'-DDE	µg/kg TS	20	1	<0,1	0,4	0,4	0,6	0,9
p,p'-DDD	µg/kg TS	20	0	0,2	0,9	1,1	2,0	2,9
p,p'-DDT	µg/kg TS	20	7	<0,1	0,3	1,1	4,8	6,4
<b>Chlorbenzole</b>								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	20	2	<0,1	0,2	0,2	0,3	1,2
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	20	1	<0,1	0,6	1,1	1,8	8,4
<b>Organozinn-</b>								
Monobutylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	1	<1	6,6	6,7	11	11
Dibutylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	1	<1	2,3	2,5	3,7	4,2
Tributylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	1	<1	7,7	11	17	55
Tetrabutylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	11	<1	<1	k.MW	3,1	29
Triphenylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	20	<1	<1	k.MW	<1	<1
Tricyclohexylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	20	<1	<1	k.MW	<1	<1
<b>Sonstiges</b>								
Sum PCDD/F(I-TE(NATO/CCMS))	ng/kg TS	3	0	4,1	4,3	4,8	5,7	6,0
<b>umgerechnet auf &lt; 63</b>								
<b>Mineralölkohlenwasserstoffe &lt;63µm</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	19	6	<20	42	39	55	86
<b>Polycyclische Aromaten &lt;63µm</b>								
PAK Sum6 g.BG	mg/kg TS	19	0	0,3	0,5	0,7	1,5	2,2
<b>Polychlorierte Biphenyle &lt;63µm</b>								
PCB 28	µg/kg TS	19	0	0,4	0,5	0,6	0,7	1,1
PCB 52	µg/kg TS	19	0	0,2	0,3	0,4	0,5	1,3
PCB 101	µg/kg TS	19	0	0,4	0,6	1,0	1,5	5,1
PCB 118	µg/kg TS	19	0	0,5	0,6	0,7	0,9	2,2
PCB 138	µg/kg TS	19	0	0,9	1,2	1,8	2,6	9,9
PCB 153	µg/kg TS	19	0	1,1	1,6	2,5	3,5	13
PCB 180	µg/kg TS	19	0	0,5	0,7	1,4	2,1	9,9
PCB Summe7 g. BG	µg/kg TS	19	0	4,1	5,6	8,4	12	43
<b>Hexachlorcyclohexane &lt;63µm</b>								
alpha-HCH	µg/kg TS	19	7	<0,05	0,1	0,5	0,8	4,8
gamma-HCH	µg/kg TS	19	16	<0,05	<0,05	k.MW	0,2	0,5
<b>DDT +Metabolite &lt;63µm</b>								
o,p DDE	µg/kg TS	19	18	<0,1	<0,1	k.MW	<0,1	0,4
p,p'-DDE	µg/kg TS	19	0	0,4	0,7	1,0	1,8	3,3
o,p-DDD	µg/kg TS	19	0	0,2	0,6	1,2	2,6	6,1
p,p'-DDD	µg/kg TS	19	0	0,7	1,7	3,2	6,3	16
o,p-DDT	µg/kg TS	19	15	<0,1	<0,1	k.MW	0,7	2,3
p,p'-DDT	µg/kg TS	19	6	<0,1	0,6	2,8	10	17
<b>Chlorbenzole &lt;63µm</b>								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	19	1	<0,1	0,3	0,6	1,0	4,4
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	19	0	0,6	1,3	2,9	4,8	22

BG = Bestimmungsgrenze, Werte < BG als ganze BG angenommen (worst-case-Annahme), k.MW = wenn > 50 % der Proben < BG wurde kein Mittelwert berechnet

**Tabelle A 14 Statistik der chemischen Analysen der Sedimente im Umfeld der Verbring-  
stelle (Sept 2014)**

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.% OS	32	0	51,2	58,4	59,0	65,9	70,1
TOC (C)	Gew.% TS	32	0	0,4	0,9	0,9	1,2	1,4
<b>Siebanalyse</b>								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	32	0	18,9	37,6	37,8	48,3	52,4
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	32	0	5,7	18,9	19,6	31,3	42,0
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	32	0	9,3	23,0	26,3	41,0	52,5
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	32	0	1,4	9,5	10,7	17,1	32,7
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	32	0	0,5	2,4	4,1	10,7	21,4
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-% TS	32	0	0,1	0,3	0,4	1,0	1,5
Fraktion 1000-2000 µm	Gew.-% TS	32	1	<0,1	0,2	0,3	0,5	0,7
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	32	0	0,1	0,6	0,8	1,3	5,6
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	32	0	24,6	60,0	57,4	75,4	81,1
<b>Summenparameter</b>								
Stickstoff	mg/kg TS	32	0	553	1090	1044	1329	1420
Phosphor	mg/kg TS	32	0	1200	3250	3688	5790	6900
Schwefel	mg/kg TS	32	0	270	435	426	490	590
<b>Metalle aus der Gesamtfraktion</b>								
Arsen	mg/kg TS	32	0	5	10	10	14	15
Blei	mg/kg TS	32	0	11	22	22	28	32
Cadmium	mg/kg TS	32	1	<0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
Chrom	mg/kg TS	32	0	15	24	24	31	38
Kupfer	mg/kg TS	32	0	4,3	8,8	9,2	12	15
Nickel	mg/kg TS	32	0	7,5	12	12	15	16
Quecksilber	mg/kg TS	32	0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,7
Zink	mg/kg TS	32	0	43	73	74	97	107
<b>Metalle aus der Fraktion &lt;20 µm</b>								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	32	0	17	25	25	31	38
Blei <20 µm	mg/kg TS	32	0	42	67	67	80	87
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	32	0	0,2	0,4	0,4	0,6	0,9
Chrom <20 µm	mg/kg TS	32	0	41	58	59	73	76
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	32	0	19	27	26	30	33
Nickel <20 µm	mg/kg TS	32	0	29	32	33	35	36
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	32	0	0,1	0,4	0,4	0,6	0,8
Zink <20 µm	mg/kg TS	32	0	114	179	180	235	251
<b>Mineralölkohlenwasserstoff</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	32	11	<20	21	24	28	67
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	32	32	<10	<10	k.MW	<10	<10
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	32	3	<10	19	19	24	63
<b>Polycyclische Aromaten</b>								
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	32	0	0,2	0,4	0,5	0,7	0,9
<b>Polychlorierte Biphenyle</b>								
PCB 28	µg/kg TS	32	0	0,1	0,3	0,3	0,4	0,9
PCB 52	µg/kg TS	32	11	<0,1	0,1	0,2	0,3	0,5
PCB 101	µg/kg TS	32	0	0,1	0,3	0,3	0,7	0,9
PCB 118	µg/kg TS	32	0	0,1	0,3	0,3	0,6	0,8
PCB 138	µg/kg TS	32	0	0,2	0,4	0,5	1,1	1,4
PCB 153	µg/kg TS	32	0	0,3	0,7	0,8	1,6	2,0
PCB 180	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,3	0,3	0,8	1,0
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	32	0	1,0	2,6	2,8	5,4	7,4

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
<b>Hexachlorcyclohexane</b>								
alpha-HCH	µg/kg TS	32	28	<0,05	<0,05	k.MW	0,1	0,1
gamma-HCH	µg/kg TS	32	31	<0,05	<0,05	k.MW	<0,05	0,1
<b>DDT und Metabolite</b>								
p,p'-DDE	µg/kg TS	32	6	<0,1	0,2	0,2	0,4	0,7
p,p'-DDD	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,3	0,4	0,7	1,4
p,p'-DDT	µg/kg TS	32	27	<0,1	<0,1	k.MW	0,1	0,2
<b>Chlorbenzole</b>								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	32	14	<0,1	0,1	0,1	0,2	0,3
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	32	3	<0,1	0,3	0,3	0,5	1,4
<b>Organozinnverbindungen</b>								
Monobutylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	9	<1	3,3	3,3	5,3	10
Dibutylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	17	<1	<1	k.MW	1,9	2,4
Tributylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	17	<1	<1	k.MW	3,0	6,3
Tetrabutylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	29	<1	<1	k.MW	1,0	3,2
Triphenylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	32	<1	<1	k.MW	<1	<1
Tricyclohexylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	32	<1	<1	k.MW	<1	<1
<b>Sonstiges</b>								
Sum PCDD/F(I-TE)(NATO/CCMS)	ng/kg TS	4	0	1,4	4,6	4,3	6,5	6,5
<b>umgerechnet auf &lt; 63 µm</b>								
<b>Mineralölkohlenwasserstoffe &lt;63µm</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	32	11	<20	32	36	54	130
<b>Polycyclische Aromaten &lt;63µm</b>								
PAK Sum6 g.BG	mg/kg TS	32	0	0,2	0,4	0,4	0,6	1,0
<b>Polychlorierte Biphenyle &lt;63µm</b>								
PCB 28	µg/kg TS	32	0	0,1	0,5	0,5	0,9	1,2
PCB 52	µg/kg TS	32	11	<0,1	0,2	0,3	0,6	0,6
PCB 101	µg/kg TS	32	0	0,2	0,5	0,6	1,1	1,9
PCB 118	µg/kg TS	32	0	0,2	0,6	0,6	0,9	1,5
PCB 138	µg/kg TS	32	0	0,3	0,9	1,0	1,3	3,0
PCB 153	µg/kg TS	32	0	0,5	1,2	1,4	2,2	4,4
PCB 180	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,4	0,6	0,9	2,6
PCB Summe7 g. BG	µg/kg TS	32	0	1,6	4,6	5,0	7,8	15
<b>Hexachlorcyclohexane &lt;63µm</b>								
alpha-HCH	µg/kg TS	32	28	<0,05	<0,05	k.MW	0,1	0,1
gamma-HCH	µg/kg TS	32	31	<0,05	<0,05	k.MW	<0,05	0,1
<b>DDT + Metabolite &lt; 63µm</b>								
o,p DDE	µg/kg TS	32	31	<0,1	<0,1	k.MW	<0,1	0,1
p,p'-DDE	µg/kg TS	32	6	<0,1	0,4	0,4	0,8	1,4
o,p-DDD	µg/kg TS	32	17	<0,1	<0,1	k.MW	0,3	0,6
p,p'-DDD	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,6	0,7	1,1	1,9
o,p-DDT	µg/kg TS	32	31	<0,1	<0,1	k.MW	<0,1	0,2
p,p'-DDT	µg/kg TS	32	27	<0,1	<0,1	k.MW	0,1	0,3
<b>Chlorbenzole &lt; 63µm</b>								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	32	14	<0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	32	3	<0,1	0,4	0,5	0,7	2,9

BG = Bestimmungsgrenze, Werte < BG als ganze BG angenommen (worst-case-Annahme), k.MW = wenn > 50 % der Proben < BG wurde kein Mittelwert berechnet

**Tabelle A 15 Ermittlung der Messunsicherheit anhand von Doppelbestimmungen (Daten 2005 bis 2014)**

Parameter	Nordseeproben			
	bestimmt in Frakt. < 20 µm		bestimmt in Gesamtfraktion	
Anorganische Parameter	Messunsicherheit in %	Anzahl Doppelbestimmungen > BG**	Messunsicherheit in %	Anzahl Doppelbestimmungen > BG**
Arsen	6,3	91	8,0	56
Blei	7,3	91	8,5	56
Cadmium	14,5	91	16,6	54
Chrom	9,2	91	13,3	56
Kupfer	10,3	91	11,2	56
Nickel	9,5	91	10,4	56
Quecksilber	22,4	90	33,5	50
Zink	9,6	91	7,1	56
<b>Organische Parameter</b>	<b>bestimmt in Gesamtfraktion</b>			
PAK (Summe aus 6 / 16)	25 / 22	90 / 90		
Mineralöl-KW (C10-C40)	n.b.			
PCB (Summe aus 7)	23	73		
pp-DDE	16	40		
pp-DDD	18	54		
pp-DDT	88	11		
Hexachlorbenzol	42	44		
Organozinnverbindungen	20*			

\*ermittelt aus Ringversuchen, Messunsicherheit aus Doppelbestimmungen ist deutlich höher

Die Messunsicherheit aus Doppelbestimmungen wird nach einem Verfahren des Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie ermittelt (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2002), Analysenverfahren – Fachgremium Altlastenanalytik, Teil 6. Handbuch Altlasten Band 7)

\*\* Anzahl Doppelbestimmungen > BG: In die Berechnung gehen nur Doppelbestimmungen mit ein, bei denen beide Werte oberhalb der Bestimmungsgrenze liegen

**Tabelle A 16 Ergebnisse der ökotoxikologischen Testbatterien an Sedimenten der Verbringstelle E3 und Umfeld (Juli 2014)**

Verbringstelle (n = 17)*				
	Porenwasser(PW)	Leuchtbakterientest	Algentest	Toxizitätsklasse
pTStufe	Eluate (EL)	Anzahl	Anzahl	Anzahl
pT0	PW	16	15	14
	EL	17	17	
pT1	PW	0	2	2
	EL	0	0	
pT2	PW	1	0	1
	EL	0	0	
pT3	PW	0	0	0
	EL	0	0	
pT4	PW	0	0	0
	EL	0	0	
pT5	PW	0	0	0
	EL	0	0	
pT6	PW	0	0	0
	EL	0	0	
Umfeld der Verbringstelle (n=20)				
pT0	PW	19	18	17
	EL	20	19	
pT1	PW	1	2	3
	EL	0	1	
pT2	PW	0	0	0
	EL	0	0	
pT3	PW	0	0	0
	EL	0	0	
pT4	PW	0	0	0
	EL	0	0	
pT5	PW	0	0	0
	EL	0	0	
pT6	PW	0	0	0
	EL	0	0	

Auf der Verbringstelle 14 Proben und 3 verdeckte Doppelbestimmung (n=17).

#### Ergebnisse des Amphipodentests

Mariner Amphipodentest (Anzahl n = 37)	Anzahl Proben Labor 1		
	≤ 20 % (Prozent Hemmung)	>20 % (Prozent Hemmung)	> 40 % (Prozent Hemmung)
Verbringstelle (n=17)	11	6	0
1,5-km Ring (n=5)	2	3	0
2-km Ring (n=5)	1	4	0
6-km Ring (n=5)	2	3	0
Referenz (n=5)	5	0	0

Hemmung < 20 % nicht toxisch, > 20 % leicht toxisch, > 40 % toxisch (Klassifikation nach einer Empfehlung der BfG)

Auf der Verbringstelle 14 Proben und 3 verdeckte Doppelbestimmungen DB (n=17). 2 DB bestätigen ein nicht toxisches Ergebnis. 1 verdeckte DB mit ≥ 20 % und ≤ 20 % Hemmung.

**Tabelle A 17 Ergebnisse der ökotoxikologischen Testbatterien an Sedimenten der Verbringstelle E3 und Umfeld (September 2014)**

Verbringstelle (n = 17)*				
	Porenwasser(PW)	Leuchtbakterientest	Algentest	Toxizitätsklasse
pTStufe	Eluate (EL)	Anzahl	Anzahl	Anzahl
pT0	PW	15	16	14
	EL	17	16	
pT1	PW	1	0	2
	EL	0	0	
pT2	PW	0	0	0
	EL	0	1	
pT3	PW	1	0	1
	EL	0	0	
pT4	PW	0	0	0
	EL	0	0	
pT5	PW	0	0	0
	EL	0	0	
pT6	PW	0	0	0
	EL	0	0	
Umfeld der Verbringstelle (n=20)				
pT0	PW	20	13	13
	EL	20	20	
pT1	PW	0	5	5
	EL	0	0	
pT2	PW	0	1	1
	EL	0	0	
pT3	PW	0	1	1
	EL	0	0	
pT4	PW	0	0	0
	EL	0	0	
pT5	PW	0	0	0
	EL	0	0	
pT6	PW	0	0	0
	EL	0	0	

Auf der Verbringstelle 14 Proben und 3 verdeckte Doppelbestimmung (n=17).

#### Ergebnisse des Amphipodentests

Mariner Amphipodentest (Anzahl n = 37)	Anzahl Proben Labor 1		
	≤ 20 % (Prozent Hemmung)	>20 % (Prozent Hemmung)	> 40 % (Prozent Hemmung)
Verbringstelle (n=17)	17	0	0
1,5-km Ring (n=5)	5	0	0
2-km Ring (n=5)	5	0	0
6-km Ring (n=5)	5	0	0
Referenz (n=5)	5	0	0

Hemmung < 20 % nicht toxisch, > 20 % leicht toxisch, > 40 % toxisch (Klassifikation nach einer Empfehlung der BfG)

Auf der Verbringstelle 14 Proben und 3 verdeckte Doppelbestimmungen DB (n=17). 3 DB bestätigen ein nicht toxisches Ergebnis.

**Tabelle A 18 Belastung der Sedimente der Wattmessstellen Schleswig-Holsteins in 2014**

		n	Min	Median	Mittel	Max	07-13'	Vergleich*
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	8	9	13	19	41	2 – 73	1,4 – 22
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	8	30	46	47	68	8,7 – 92	3,4 – 38
TOC Feststoff	Gew.-% TS	8	0,4	0,6	0,8	1,5	0,09 – 3,2	
<b>Metalle (analysiert in Fraktion &lt;20µm)</b>								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	8	28	32	32	36	18 – 56	10 - 33
Blei <20 µm	mg/kg TS	8	46	57	57	69	39 – 92	9 - 99
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	8	0,25	0,32	0,34	0,50	0,2 – 0,7	0,12 - 1,4
Chrom <20 µm	mg/kg TS	8	47	79	75	86	37 – 123	55 -130
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	8	23	26	26	29	16 – 60	8 - 28
Nickel <20 µm	mg/kg TS	8	26	37	35	41	26 – 56	25 - 58
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	8	0,2	0,4	0,4	0,6	0,2 – 1,1	0,04 - 0,6
Zink <20 µm	mg/kg TS	8	163	190	192	225	139 – 354	90 - 330
<b>Organische Schadstoffe (Gesamtfraktion)</b>								
Mineralöl***	mg/kg TS	8	<20	<20	21	27	< 20 – 53	
PAK Summe 16	mg/kg TS	8	<0,16	0,20	0,21	0,28	< 0,16 – 0,50	
PCB Summe 7	µg/kg TS	8	0,88	1,25	1,22	1,54	< 0,7 – 3,7 (15)	
alpha-HCH	µg/kg TS	8	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,05 – < 0,1	
beta-HCH	µg/kg TS	8	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	< 0,1 – < 0,1	
gamma-HCH	µg/kg TS	8	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,05 – < 0,1	
o,p'-DDE	µg/kg TS	8	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	< 0,1 – < 0,5	
p,p'-DDE	µg/kg TS	8	<0,1	<0,1	0,11	0,13	< 0,1 – < 0,5	
o,p'-DDD	µg/kg TS	8	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	< 0,1 – < 0,5	
p,p'-DDD	µg/kg TS	8	<0,1	0,16	0,17	0,34	< 0,1 – 0,61	
o,p'-DDT	µg/kg TS	8	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	< 0,1 – < 0,5	
p,p'-DDT	µg/kg TS	8	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	< 0,1 – 2,4	
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	8	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	< 0,1 - < 0,5	
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	8	<0,1	0,15	0,16	0,26	< 0,1 – 0,9	
Monobutylzinn	µg OZK/kg	8	< 1	< 1	1,1	1,3	< 1,0 – 5,4	
Dibutylzinn	µg OZK/kg	8	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1,0 – 1,3	
Tributylzinn	µg OZK/kg	8	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1,0 – 3,7	
Tetrabutylzinn	µg OZK/kg	8	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1,0 – 1,2	

PAK-Summe 16 und PCB Summe 7 mit ganzer Bestimmungsgrenze

\* Vergleichswerte für Körnung und Schwermetalle von Messstellen des LANU (Büsum, Oland, List, Langeneß, Südfall Heverstrom) aus dem Zeitraum 1999 – 2004 (n=15, für Fraktion < 63 µm n=10)

\*\*\* Wechsel der Bestimmungsgrenze ab 2. Quartal 2010 von < 50 mg/kg auf < 20 mg/kg TS

' 07-13 Minimum-Maximumwerte der Wattmessstellen Schleswig-Holstein 2007-2013 (n=52). Ein hoher PCB-Wert in Klammern als Ausreißer, s. Zwischenbericht der BfG 2008