

Umgang mit Baggergut aus dem Hamburger Hafen

Teilbericht

Verbringung von Baggergut zur Tonne E3

Bericht über den Zeitraum 1.1.2011 bis 31.12.2011



INHALTSVERZEICHNIS

1.	Veranlassung	1
2.	Entwicklung in den Jahren 2005 bis 2011	1
3.	Charakterisierung der Sedimente aus der Delegationsstrecke	5
3.1	Chemische Belastung	5
3.2	Ökotoxikologische Wirkung	7
4.	Monitoring im Verbringungsgebiet	9
4.1	Peilungen im Bereich der Einbringungsstelle	9
4.2	Verbleib des zur Tonne E3 verbrachten Sediments	9
4.3	Wasserphase	10
4.4	Beprobung der Sedimente	11
4.4.1	Körnung und Schadstoffbelastung der Sedimente	12
4.4.2	Ökotoxikologische Belastung	17
4.5	Bioakkumulation	24
4.5.1	Bioakkumulation in der Wellhornschncke	24
4.5.2	Bioakkumulation in der Pfeffermuschel	29
4.5.3	Bioakkumulation in der Kliesche	31
4.6	Makrozoobenthos	33
4.7	Fischfauna	34
4.8	Avifauna und marine Säuger	35
4.9	Wattmessstellen	35
5.	Übersicht über die Erfüllung der Maßgaben der Einvernehmenserklärung	37
6.	Ausblick	43

Anhang

Hamburg Port Authority

Hafeninfrastruktur

Infrastruktur Wasser

15. Mai 2012 / rev. 13. Januar 2013

1. Veranlassung

Gemäß Einvernehmen des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (MLUR) zur Verbringung von Elbesedimenten aus dem Bereich Hamburgs zur Verbringungsstelle E3 hat die HPA dem MLUR „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“.

Die Maßnahme ist bis einschließlich des Jahres 2011 befristet. Der vorliegende Bericht enthält Daten und Angaben aus dem Jahr 2011 sowie eine kurze Gesamtübersicht über die im Zeitraum 2005 bis 2011 zur Tonne E3 verbrachten Sedimente. Für detailliertere Ergebnisse aus früheren Untersuchungen wird auf die Berichte der Jahre 2005 bis 2010 verwiesen.

2. Entwicklung in den Jahren 2005 bis 2011

Während die bei Unterhaltungsmaßnahmen vor dem Jahr 2000 anfallenden Baggergutmengen etwa 2 Mio. m³ pro Jahr betragen, stiegen sie 2004 und 2005 auf 8 bis 9 Mio. m³ an. Veränderte Sedimentationsbedingungen führten dazu, dass im Hamburger Bereich umgelagertes Sediment zeitweise mit der Strömung nur begrenzt aus diesem Elbabschnitt natürlich weiter stromab befördert wurde. 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

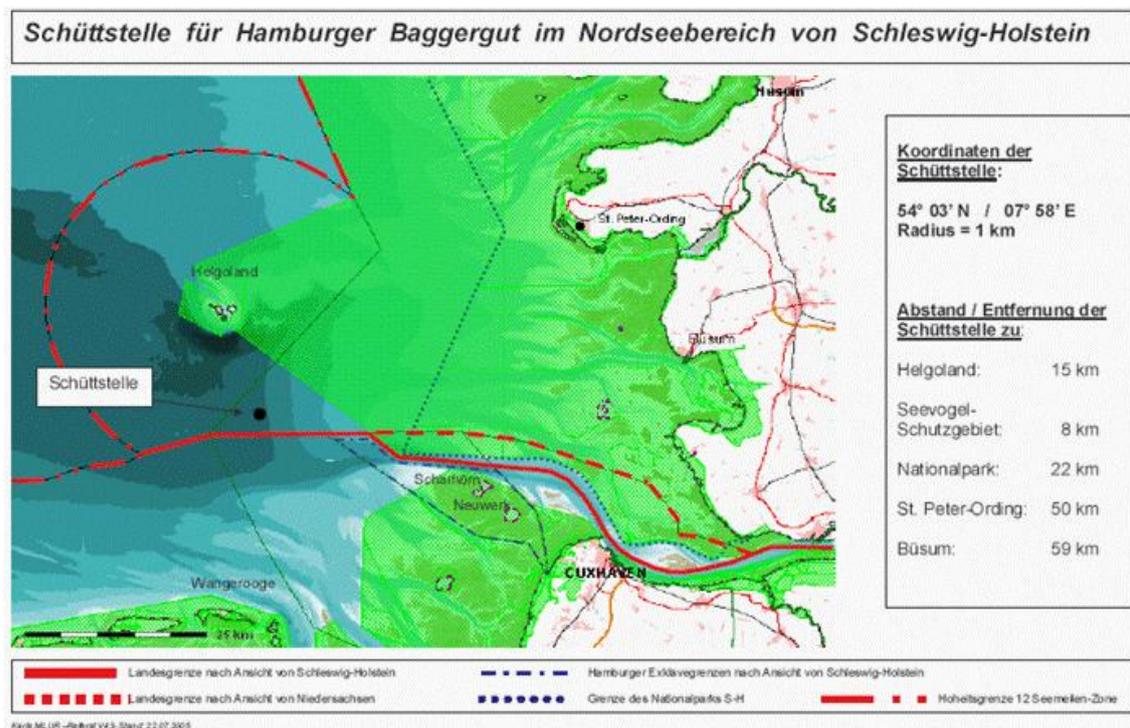


Abb. 2-1 Lageplan der Verbringungsstelle und der Schutzgebiete (aus der Einvernehmenserklärung des Landes Schleswig-Holstein vom 26.7.2005)

Jahreszeit aus ökologischen Gründen nicht zulässig sind und mehrfaches Umlagern die Umwelt zudem mehrfach belastet.

Das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (MLUR)¹ hat im Juli 2005 sein Einvernehmen erteilt, befristet bis zum 31.12.2008 insgesamt rund 4,5 Mio. m³ Baggergut in die Nordsee zu verbringen. Parallel hat 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 (Abb. 2-1 mit Schutzgebietsgrenzen).

Im Rahmen dieses Einvernehmens wurden zwischen Oktober 2005 und Januar 2008 insgesamt 4,5 Mio. m³ zur Tonne E3 verbracht. Im Ergebnis sind die Baggergutmengen 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 noch einmal das Einvernehmen für die befristete Verbringung von Sedimenten aus der an Hamburg delegierten Strecke der Bundeswasserstraße Elbe. Das Einvernehmen sieht die Verbringung von insgesamt 6,5 Mio. m³ Baggergut zwischen dem 01.08.2008 und dem 31.12.2011 vor und ist an insgesamt 26 Maßgaben geknüpft.

Seit Beginn der Verbringung im Jahr 2005 wird im Bereich der Tonne E3 ein intensives Monitoring durchgeführt, bei dem auch die Schadstoffanreicherung (Bioakkumulation) in Organismen untersucht wird. Für das Jahr 2008 wurde eine statistisch signifikante Anreicherung verschiedener organischer Schadstoffe in Wellhornschnellen des Klappzentrums im Vergleich zu denen der Referenzgebiete ermittelt (E3-Jahresbericht der HPA, 2009). Nach Vorliegen dieser Untersuchungsergebnisse im März 2009 hat die HPA umgehend das MLUR über diese Erkenntnisse informiert und entsprechend den Maßgaben zunächst keine Sedimente in die Nordsee verbracht. Zudem wurde die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) mit einer Stellungnahme beauftragt.

Darin kam die BfG zu dem Ergebnis, dass durch die festgestellte verbringungsbedingte Bioakkumulation keine erheblichen Beeinträchtigungen auf die betrachteten spezifischen Erhaltungsziele (gute Ernährungsbedingungen, geringe Schadstoffbelastung und gute Wasserqualität) zu erwarten sind. Im Hinblick auf die Bestandsgrößen von Arten sowie auf die Funktion von Lebensraumtypen wurde aufgrund der Geringfügigkeit potenzieller Auswirkungen ebenfalls nicht mit erheblichen Beeinträchtigungen gerechnet.

Im Ergebnis wurden zwischen MLUR und HPA weitere Auflagen und Minimierungsmaßnahmen vereinbart, die als zusätzliche Maßgaben in eine modifizierte Einvernehmensregelung vom 28. Juli 2009 aufgenommen wurden. Auf Grundlage dieses revidierten Einvernehmens wurden von Dezember 2009 bis Februar 2010 erneut Sedimente in die Nordsee verbracht.

¹ seit 2012 Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (MELUR)

Im weiteren Jahresverlauf war die Oberwasserführung ungewöhnlich hoch. 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. Aufgrund der geringen Menge an Sediment war eine weitere Verbringung von Sedimenten zur Tonne E3 im Jahr 2010 nicht notwendig (s. auch E3-Jahresbericht der HPA, 2010).

Im Jahr 2011 wurde kein Sediment aus dem Hamburger Bereich zur Tonne E3 verbracht. Damit beläuft sich die seit dem Jahr 2008 in insgesamt zwei Kampagnen (August bis Oktober 2008 und Dezember 2009 bis Februar 2010) verbrachte Menge auf rund 2 Mio m³ (Laderaumvolumen). Zusammen mit den 4,5 Mio m³, die zwischen 2005 und 2007 verbracht wurden, beträgt die Gesamtmenge des zur Tonne E3 transportierten Sediments damit 6,5 Mio m³ (Abb. 2-2). Davon entfallen 2,55 Mio m³ auf den Köhlbrand, 1,88 Mio m³ auf das Gebiet der Norderelbe und 2,10 Mio m³ auf die Süderelbe.

Abb. 2-3 zeigt die Entwicklung der Baggergutmengen der Jahre 2000 bis 2011 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 m³ und damit wieder deutlich niedriger (Anmerkung zur Abb. 2-3: 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 (Abb. 2-4). 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 Frühsommer in einem eher durchschnittlichen Bereich. Anfang August 2011 kam es jedoch erneut zu einem Anstieg auf 850 m³/s, gefolgt von einem langsamen Abfall des Oberwassers bis zum Oktober.

Die Oberwasserverhältnisse im Spätsommer 2011 führten zu einer geringen Sedimentation im Hamburger Hafen, da mit stärker ebbgerichtetem Strom mehr Schwebstoffe in Richtung Elbmündung bewegt und damit das Tidal Pumping verringert wird. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass auch durch eine geänderte Verbringungsstrategie im Bereich der WSV eine deutliche Reduktion der Baggerkreisläufe erreicht werden konnte.

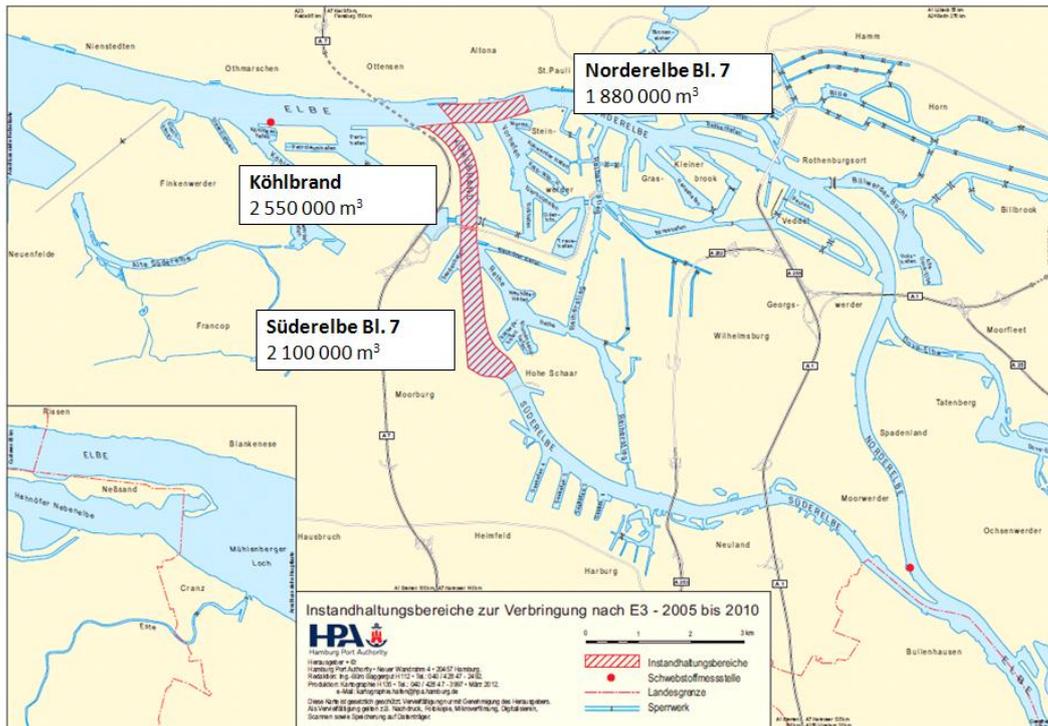


Abb. 2-2 Herkunft und Menge der im Gesamtzeitraum 2005 bis 2010 in die Nordsee verbrachten Sedimente (Laderaumvolumen)

HPA-H141-1

**Mengenentwicklung gebaggelter Sedimente
im Hafen und in der Stromelbe**

25.03.2012

Baggermengen 2000 bis 2011

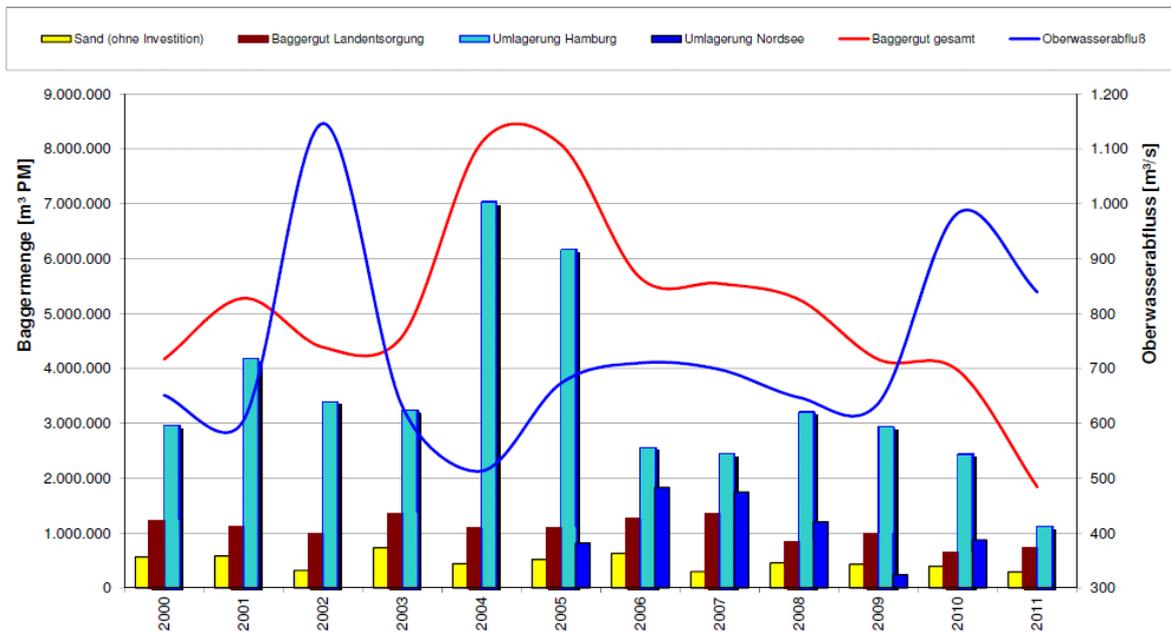


Abb. 2-3 Übersicht über Baggergutmengen und Verbleib sowie Oberwasserabfluss 2000 – 2011

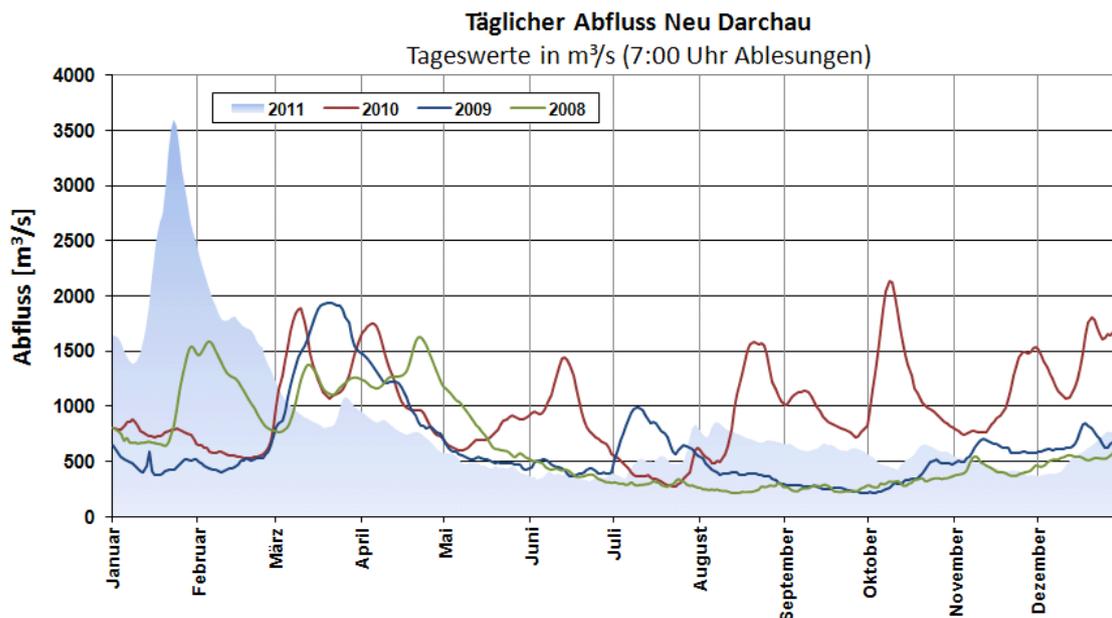


Abb. 2-4 Abfluss am Pegel Neu-Darchau [m³/s], Gegenüberstellung der Jahreskurven 2008 bis 2011

3. Charakterisierung der Sedimente aus der Delegationsstrecke

Zwischen Februar 2010 und Dezember 2011, dem Endpunkt der im Einvernehmen genehmigten Verbringung, wurde kein Sediment zur Tonne E3 in der Nordsee verbracht. Eine Charakterisierung der Sedimente aus der Delegationsstrecke des Jahres 2011 erübrigt sich daher. Auch im Jahresbericht 2010 wurde auf eine Darstellung der Qualität der Sedimente aus der Delegationsstrecke verzichtet (E3-Jahresbericht der HPA, 2010).

Da das Bezugsjahr des vorliegenden Berichts das letzte der genehmigten Verbringungsmaßnahme darstellt, wird im Folgenden eine kurze Charakterisierung der insgesamt im Zeitraum 2005 bis Anfang 2010 zur Tonne E3 verbrachten Sedimente vorgenommen. Ein Überblick über die chemischen und ökotoxikologischen Analysen des Gesamtzeitraums findet sich in Tab A 1 bis Tab A 11. Hierbei sind die drei Gebiete der Delegationsstrecke (Norderelbe, Köhlbrand, Süderelbe) jeweils getrennt aufgeführt.

3.1 Chemische Belastung

Zwischen 2005 und 2009 fanden insgesamt 7 Freigabeuntersuchungen statt. Hierbei wurden die Sedimente auf ihre chemische und ökotoxikologische Wirkung hin untersucht und nach HABAK-WSV (1999) bewertet. Das Messprogramm der HABAK-WSV wurde dabei an ausgewählten Proben um die Parameter Dioxin/Furan sowie um die Bestimmung der Schwermetall-Gesamtgehalte erweitert.

Im November 2009 wurde die HABAK-WSV (1999) von den „Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern = GÜBAK“ abgelöst. In den Tabellen Tab A 1, Tab A 3 und Tab A 5 findet sich eine Bewertung der chemischen Parameter nach der HABAK-WSV (1999), in den Tabellen Tab A 2, Tab A 4 und Tab A 6 ist eine Bewertung nach GÜBAK (2009) aufgeführt. Von der Aufstellung ausgeschlossen sind die Beprobungen aus dem

Frühjahr 2009 sowie aus dem Juni/Juli 2009, da diese nicht die Funktion von Freigabeuntersuchungen hatten (E3-Jahresbericht der HPA, 2010).²

Bei einem Vergleich der drei Gebiete der Delegationsstrecke untereinander zeigt sich, dass die Süderelbe zu allen Beprobungsterminen höhere Anteile an Feinfraktion (Fraktion < 20 µm resp. < 63 µm) sowie höhere Anteile an Gesamtkohlenstoff aufweist als die Norderelbe und der Köhlbrand. Dementsprechend liegen auch die Gehalte an in der Gesamtfraction ermittelten Nährstoffen, Schwermetallen und organischen Schadstoffen in der Süderelbe signifikant höher als in den anderen beiden Gebieten ($\alpha < 0,05$). Eine Ausnahme bildet TBT, dessen Konzentration im Sediment sich zwischen den drei Gebieten über den Gesamtzeitraum nicht unterscheidet.

Die Feinfraktion < 20 µm aus der Süderelbe weist, bedingt durch die stärkere Oberstrom-Prägung dieses Gebietes, für die Mehrzahl der ermittelten Schadstoffe (Blei, Cadmium, Kupfer, Quecksilber, Zink, HCH-Verbindungen, DDT und Metabolite, Pentachlorbenzol, Hexachlorbenzol) ebenfalls eine signifikant höhere Konzentration auf als die der anderen beiden Gebiete. Kein Unterschied in der Belastung der Feinfraktion wird hingegen für die PAK-Verbindungen und die polychlorierten Biphenyle (PCB) ermittelt.

Auch wenn die einzelnen Beprobungstermine in den drei Gebieten z.T. Unterschiede in der Sedimentbelastung aufweisen: Ein zeitlicher Trend ist für die überwiegende Mehrzahl der untersuchten Parameter nicht auszumachen. Zwischen 2005 und 2007 ist eine gewisse, statistisch signifikante Abnahme der Mineralölbelastung in dem Gebiet der Süderelbe 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 zeigen beide Parameter dann keine weitere Abnahme mehr.

Die in der Fraktion < 20 µm ermittelten Metallgehalte weisen für Arsen, Cadmium, Kupfer, Quecksilber und Zink mehrheitlich und für Nickel und Blei vereinzelt Werte zwischen Richtwert 1 und 2 der HABAK-WSV (1999) auf. Chrom liegt in allen Proben unterhalb des unteren Richtwertes. Eine Überschreitung des oberen Richtwertes wird in keiner der Proben festgestellt.

Die Mehrzahl der Schwermetall-Richtwerte der GÜBAK (2009) wurde im Vergleich zur HABAK-WSV (1999) etwas abgesenkt; der untere Richtwert für Arsen und Nickel wurde hingegen angehoben. Nach der GÜBAK (2009) werden die Werte für Kupfer, Cadmium, Quecksilber und Zink aller drei Baggerbereiche ebenfalls mehrheitlich zwischen Richtwert 1 und Richtwert 2 eingeordnet. Aufgrund der Absenkung dieser Richtwerte werden jedoch auch Überschreitungen des oberen Richtwertes festgestellt. Arsen und Blei liegen vereinzelt zwischen RW1 und RW2, während die unteren Richtwerte für Chrom und Nickel in keiner der Proben erreicht werden (Tab A 2, Tab A 4, Tab A 6).

Nach der GÜBAK (2009) werden die organischen Schadstoffe auf die Fraktion < 63 µm statt wie bisher auf die Fraktion < 20 µm normiert. Die Richtwerte wurden im Vergleich zur HABAK-WSV (1999) teilweise abgesenkt (PCB, HCB, pp-DDD, Kohlenwasserstoffe) oder blieben gleich (PeCB, pp-DDE, pp-DDT); lediglich für die HCH-Isomere wurden sie leicht angehoben.

Wie ein Vergleich der Tabellen Tab A 1 bis Tab A 6 zeigt, führt die Einordnung der organischen Schadstoffe nach GÜBAK (2009) für die Summe an PAK-Verbindungen, Mineralöl, α - und γ -HCH sowie Pentachlorbenzol in einzelnen Fällen zu einer etwas günstigeren Bewertung als nach der HABAK-WSV (1999), während die Einstufung der PCB-Summen in allen drei Gebieten unverän-

² An insgesamt 6 von 154 Probenahmepunkten (zwei in 2007 und vier in 2009) zeigten die Analysen, dass das Sediment nach den Kriterien der Einvernehmensregelung für eine Verbringung in die Nordsee nicht geeignet war. Das Material aus diesen Bereichen wurde deshalb gesondert entnommen (s. E3-Jahresberichte der HPA, 2007; 2009). Die entsprechenden Analysen sind in den Tabellen im Anhang dennoch mit enthalten.

dert bleibt. Die Konzentration der Sedimente an DDT und seinen Metaboliten sowie an Hexachlorbenzol überschreitet auch nach der GÜBAK (2009) die oberen Richtwerte und bedingt damit eine Einstufung der Sedimente in den Fall 3.

Damit ist die Gesamt-Einstufung der Sedimente nach beiden Regelwerken identisch, auch wenn die Einstufung nach GÜBAK (2009) im Detail bei den Schwermetallen zu einer etwas ungünstigeren und bei den organischen Schadstoffen zu einer etwas günstigeren Bewertung führt als nach der HABAK (1999).

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 µg/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 zwischen 2005 bis 2007 ermittelten 90-Perzentil-Werte nicht übersteigen darf (Ziffer 10, Ziffer 11, Kapitel 5).

Die arithmetischen Mittelwerte der einzelnen Teilbereiche der chemischen Parameter ab 2008 übersteigen die Mittelwerte aus 2005 bis 2007 nicht. Eine Überschreitung der Perzentile resp. des TBT-Kriteriums wurde in 2009 an insgesamt 4 Proben festgestellt. Das Material aus diesen Bereichen wurde deshalb gesondert entnommen (s. E3-Jahresbericht der HPA, 2009). Damit wurde das Einvernehmen für die Verbringung in die Nordsee hinsichtlich der chemischen Parameter über den Gesamtzeitraum eingehalten.

3.2 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 limnische und der marine Leuchtbakterientest und der Daphnientest jeweils am Porenwasser und am Eluat angewendet. Da der limnische und der marine Leuchtbakterientest im Porenwasser identisch sind, ergeben sich damit insgesamt 9 Testverfahren. Zusätzlich wird der Amphipodentest durchgeführt, bei dem die Tiere direkt mit dem Sediment in Kontakt gelangen.

Die ökotoxikologischen Wirkungen der Proben aus den 7 Freigabeuntersuchungen zwischen Herbst 2005 und Sommer 2009 sind in Tab A 7 bis Tab A 9 aufgeführt. In allen drei Gebieten wird über die Gesamtzeit mit der limnischen Testpalette im Mittel die Klasse III (mäßig toxisch) festgestellt, während die marinen Bioteste die Klasse II (gering toxisch) ausweisen. Sowohl bei der limnischen als auch bei der marinen Testpalette ist jeweils der Algentest das empfindlichste der

Verfahren. Dieser ist damit überwiegend für die Einstufung der Probe in die jeweilige Toxizitätsklasse verantwortlich.

Die Süderelbe zeigt sowohl mit dem Daphnientest, dem limnischen Algentest als auch mit dem marinen Algentest etwas höhere Toxizitäten an als die anderen beiden Gebiete (Unterschied signifikant mit $\alpha < 0,05$). Mittels limnischen und marinen Leuchtbakterientests werden hingegen keine Gebietsunterschiede festgestellt.

Ein Anstieg oder Abfall der Toxizitäten über den Gesamtzeitraum 2005 bis 2009 ist nicht festzustellen (Tab A 10, Tab A 11). Im Trend liegen die mit den Algentests (limnisch und marin) gewonnenen Werte in 2007 etwas höher als zu Beginn und zum Ende des Untersuchungszeitraums, wobei diese Differenz nur für den marinen Algentest signifikant ist ($\alpha < 0,05$).

Mittels Amphipodentest (Kontakttest mit dem Schlickkrebs *Corophium volutator*) wurden sowohl nicht toxische, leicht toxische als auch toxische Werte ermittelt (Tab A 7 - Tab A 9). Sie 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 nur bedingt aussagekräftig anzusehen.

Im Einvernehmen mit dem Land Schleswig-Holstein aus dem Jahr 2009 wird gefordert, dass Sedimente, die ab 2008 verbracht werden, nicht signifikant höher belastet sein dürfen als zwischen 2005 und 2007 verbrachte (Kapitel 5, Ziffer 10). Zudem dürfen sie keine signifikante ökotoxikologische Verschlechterung der Sedimentqualität an der Einbringstelle erwarten lassen. Proben der Toxizitätsklasse V und VI dürfen nicht verbracht werden (Kapitel 5, Ziffer 12 und 13).

Eine Erhöhung der ökotoxikologischen Belastung in den Jahren 2008 und 2009 im Vergleich zu der aus dem Zeitraum 2005 bis 2007 wurde nicht ermittelt. In 2007 wurde an zwei Probenahmepunkten eine Toxizitätsklasse von V festgestellt. Dieses Material wurde extra ausgebaggert (s. E3-Jahresbericht der HPA, 2007). Die Bedingungen aus dem Einvernehmen wurden damit eingehalten.

Im Jahresbericht 2007 wurde erwähnt, dass die BfG eine vertiefte Untersuchung zur Ermittlung von für die Biotestreaktion möglicherweise verantwortlichen Schadstoffgruppen in Elbesedimenten durchführen wird. Dieses Projekt wurde 2010 abgeschlossen. Es wurde neben Ammonium als einer „Wirkkomponente“ mittels Festphasen-Extraktion noch eine zweite mit lipophilen Eigenschaften ermittelt. Experimente zu physiko-chemischen Eigenschaften zeigten eine sehr geringe Flüchtigkeit sowie thermische Stabilität dieser Komponente an. Eine chemische Identifizierung erfolgte nicht. Laut Screening-Analysen kann es sich aber nicht um einen „klassischen Elbeschadstoff“ handeln.

In 2011 wurde von der BfG und der RWTH Aachen ein Anschlussprojekt begonnen, das Ende 2012 beendet werden wird. Es handelt sich um weiterführende chemische und ökotoxikologische Sedimentuntersuchungen im Elbeeinzugsgebiet. Ziel der in fünf Untersuchungsabschnitte gegliederten Studie ist die Ermittlung des Einflusses unterschiedlicher Parameter auf gemessene Effekte der Algentoxizität für Sedimentproben aus dem Elbeeinzugsgebiet. Im Einzelnen sollen der partikuläre Anteil im Testgut, die Fraktion der gelösten Huminstoffe, die Sauerstoffverfügbarkeit während der Aufbereitung sowie die nach Extraktion zur Festphasenanreicherung verbleibende Algentoxizität untersucht werden. Darüber hinaus sollen Target-Screening und Non-Target-Screening Analysen (GC/MS, LC/MS) an phytotoxischen Sedimentproben durchgeführt werden, um ggf. stoffliche Kandidaten für die Algentoxizität zu isolieren und so eine umfassende Identifizierung von organischen Wirkkontaminanten zu ermöglichen.

4. Monitoring im Verbringungsereich

4.1 Peilungen im Bereich der Einbringungsstelle

In den Jahren 2005 bis 2011 wurden insgesamt 11 Peilungen durchgeführt. Als Überblick dieser Peilungen ist ein West-Ost-Schnitt in Abb. 4-1 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. Zwischen Frühjahr 2010 und Frühjahr 2011 fanden keine weiteren Verbringungen statt, so dass sich die Höhenlinie kaum verändert hat. Der geringfügige Unterschied zwischen beiden Peilungen liegt innerhalb der Messgenauigkeit, die in diesem Gewässerbereich bei in etwa 30 cm liegt.

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. Die Aufhöhung des Meeresbodens lässt sich bis in 450 bis 550 m Entfernung vom Klappzentrum gut erkennen (Abb. 4-1). Am Außenrand der Einbringstelle mit dem Radius von 1-km liegen die Höhenveränderungen zwischen 2011 und 2005 im Rahmen der Peilgenauigkeit.

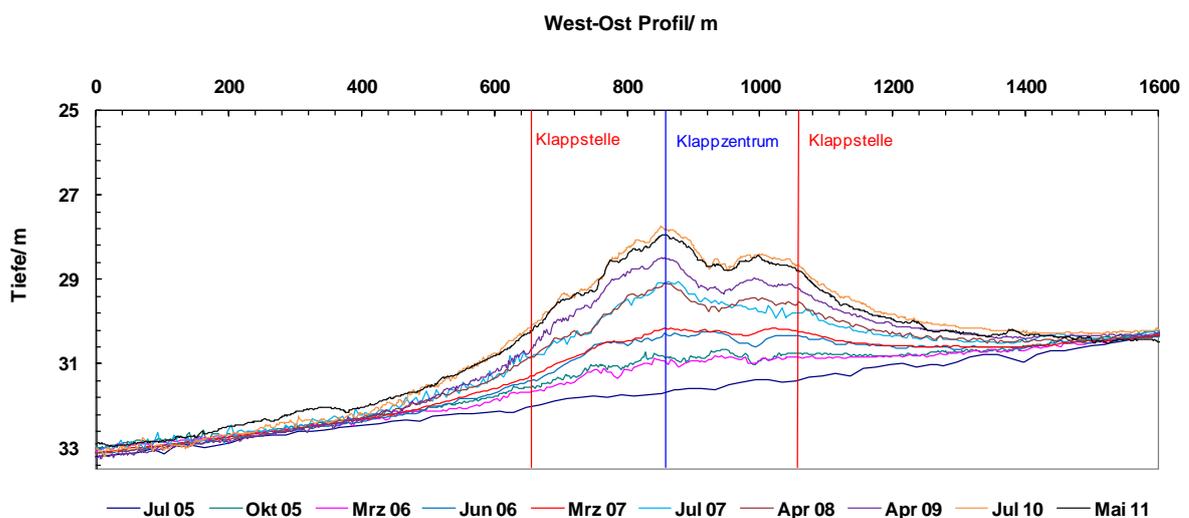


Abb. 4-1 Querprofile (West-Ost) der Peilungen über den Einbringbereich von 2005 bis 2011 (Darstellung stark überhöht)

4.2 Verbleib des zur Tonne E3 verbrachten Sediments

In 2011 wurde kein weiteres Sediment zur Tonne E3 verbracht. Die zwischen 2005 und 2010 ausgebrachten Sedimente haben im Bereich des 1-km-Kreises eine flache Aufhöhung gebildet, die sich zwischen 2010 und 2011 nicht wesentlich verändert hat (Abschn. 4.1).

Aufgrund der Peilgenauigkeit von 30 cm und der damit verbundenen Messgenauigkeit ist auf dieser Grundlage keine präzise Volumenermittlung des auf die Einbringstelle verbrachten Mate-

rials möglich (E3-Jahresbericht der HPA, 2010). Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse dieser Volumenermittlung, die mit Hilfe der Peilungsdaten von 2011 durchgeführt wurde, stellen somit nur eine Abschätzung dar und sind unter diesem Vorbehalt zu betrachten.

Zunächst wurde die Volumendifferenz im 1-km-Kreis zwischen 2005, vor Beginn der Verbringungen, und 2011 ermittelt. Werden die Peilungsdaten mit den Texturdaten kombiniert, so zeigt sich, dass das Baggergut eine Westnordwest-Ostsüdost 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 (Abb. 4-3 für die Textur). Ihr Gesamtvolumen beträgt ungefähr 1,2 Mio m³.

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 Verbringstelle abgeschätzt. Nach dieser Rechnung werden von den insgesamt von 2005 bis 2010 zur Tonne E3 verbrachten feinen Fraktionen des Baggergutes (< 20 µm und 20 bis 63 µm) jeweils zwischen 30 und 40 % noch im Bereich der Verbringstelle 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. Für die größeren Sande ist hingegen von einem vollständigen Verbleib auf der Klappstelle auszugehen.

Diese Rechnung ist aufgrund der Unsicherheiten unter anderem bei Peilgenauigkeit und den Annahmen für Lagerungsdichten nur als eine sehr grobe Abschätzung zu verstehen.

Wie in den Jahresberichten 2005 und 2006 dargestellt, wurde die Ausbreitung der durch die Verklappung hervorgerufenen Trübungswolke von der Bundesanstalt für Wasserbau mit Hilfe eines numerischen Modells berechnet (E3-Jahresbericht der HPA, 2005; 2006). Diese Berechnungsergebnisse wurden in 2005 mit verklappungsbegleitenden Messungen zur Ausbreitung der Trübungswolken mittels ADCP sowie mit Schwebstoffmessungen in Wasserproben abgeglichen. Diese Untersuchungen wurden in den Folgejahren nicht fortgeführt, da nach Einschätzung der BfG nicht mit einer Änderung der Schwebstoffdynamik zu rechnen ist.

Die mathematische Simulation zeigt eine weiträumige Ausdehnung von sehr geringen Schwebstoffgehalten kleiner als 0,01 mg/l. Derartig geringe Konzentrationen lassen sich nur auf Grund eines Berechnungsmodells darstellen und sind messtechnisch nicht mehr zu erfassen. Sie sind auch vor dem Hintergrund der natürlichen Schwebstoffgehalte im Wasserkörper der Deutschen Bucht zu bewerten, die von wenigen mg/l bis zu deutlich über 30 mg/l im küstennahen Bereich und in der Elbemündung betragen können.

Eine Beeinträchtigung sowohl von näher gelegenen Gebieten, wie z.B. Helgoland, als auch von den weiter entfernten Wattflächen durch die Verdriftungen kann nach diesen Ergebnissen ausgeschlossen werden (s. auch Ergebnisse der Wattmessstellen im Abschn.4.9).

4.3 Wasserphase

Für 2009 waren Untersuchungen 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 in der warmen Jahreszeit möglich. Da von 2009 bis 2011 keine Verklappungen im anvisierten Zeitfenster zwischen Juni und September stattgefunden haben, wurde das vorgesehene Messprogramm nicht durchgeführt. Für Untersuchungsergebnisse aus der Wasserphase auf früheren Jahren sei auf die E3-Jahresberichte der HPA der Jahre 2005 bis 2008 verwiesen.

4.4 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 (Abb. 4-2). Das gesamte Untersuchungsgebiet wurde in die Einbringstelle (1-km Radius), zwei umhüllende Ringe in zwei und drei Kilometer Abstand zum Zentrum der Einbringstelle, 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 wurden 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

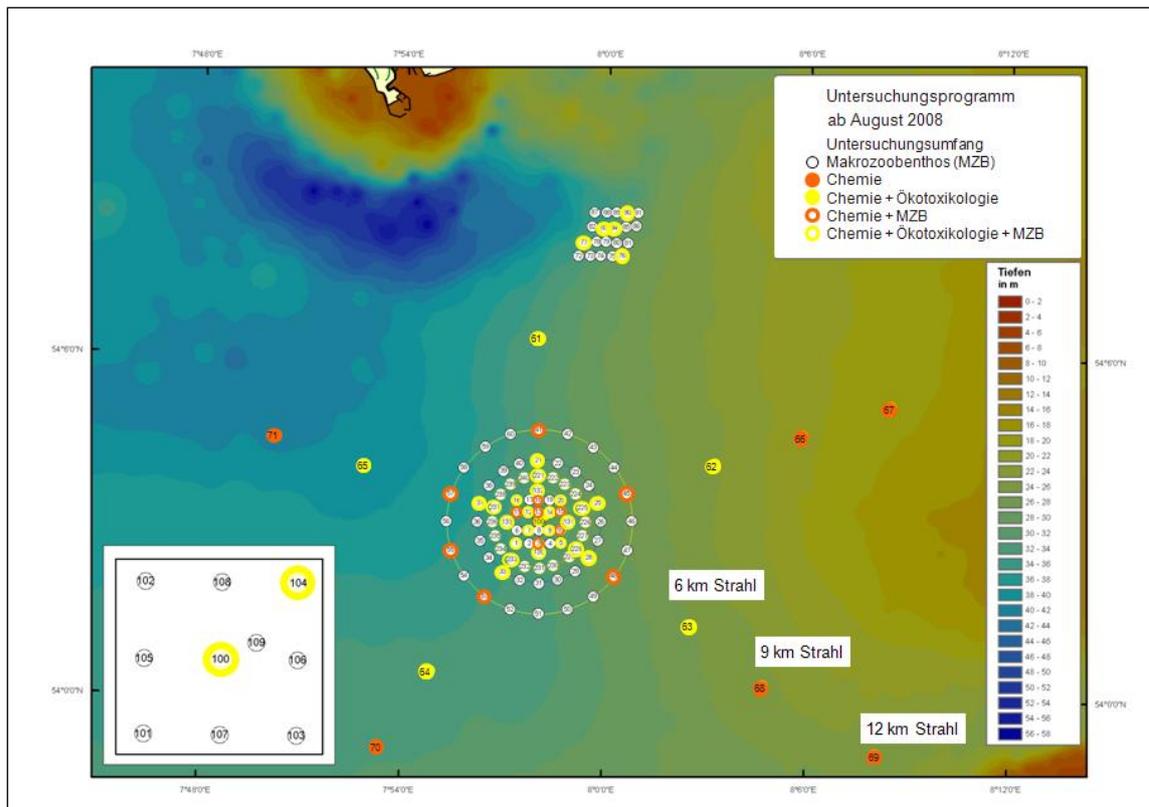


Abb. 4-2 Lageplan der Einbringstelle, des Außengebietes und des Referenzgebietes (Karte der BfG, verändert, Maßstab 1:125000)

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 (Abb. 4-2).

Die erste Probennahme 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 Verbringungskampagne stattfand, wurden zusätzlich zehn Proben im 400*400 m Feld im Zentrum der Einbringstelle genommen (Abb. 4-2). Dieses Gebiet wird im Folgenden als „Klappzentrum“ bezeichnet. Für die Positionen im Klappzentrum sowie für die ab 2008 neu hinzugekommenen Positionen innerhalb der Einbringstelle und im 1,5-km Ring liegt somit keine Nullbeprobung vor.

Im April und im August 2011 wurden in einem abgestuften Untersuchungsprogramm an 114 Proben Benthosuntersuchungen, an 125 Proben Korngrößenanalysen, an 52 Proben chemische und an 34 Proben ökotoxikologische Untersuchungen durchgeführt (Tabelle 4-1). Die Sedimentproben wurden mit einem Van-Veen-Greifer mit Klappen entnommen und auf einen Parameterumfang gemäß den Anforderungen der HABAK-WSV (1999) resp. der GÜBAK (2009) untersucht. Die Daten dieser Erhebungen werden sowohl im räumlichen als auch im zeitlichen Vergleich ausgewertet.

Tabelle 4-1 Anzahl der pro Termin (April 2011 und August 2011) beprobten Stationen

Ort	Bereich	Textur	Schadstoffe	Bioteste	Benthos
Klappzentrum	400x400 m	10	2	2	10
Einbringstelle	1-km	24	18	12	20
Nahfeld	1,5-km	20	5	5	20
	2-km	20	5	5	20
	3-km	20	6		20
Fernfeld	6-km	5	5	5	
	9-/12-km	6	6		
Referenz		20	5	5	20
Summe		125	52	34	110

4.4.1 Körnung und Schadstoffbelastung der Sedimente

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. Auf der Einbringstelle wird im Vergleich zur Nullbeprobung eine Änderung des anstehenden Sohlmaterials festgestellt. Wie auch in den Jahresberichten der vergangenen Jahre dargestellt, ist der Sandanteil in diesem Bereich im Vergleich zur Nullbeprobung deutlich erhöht, während der Feinkornanteil abgenommen hat. Dieser Effekt ist auf die Kornsortierung zurückzuführen, die aufgrund der unterschiedlichen Sinkgeschwindigkeiten der verschiedenen Bestandteile des eingebrachten Materials auftritt.

Durch einen Vergleich der Korngrößen und der Peilungen von 2005 und 2011 lässt sich abschätzen, dass etwa 60 bis 70 % des Feinkornanteils < 63 µm des insgesamt zwischen 2005 und 2010 verbrachten Baggergutes aus dem Bereich der unmittelbaren Einbringstelle verdriftet sind (Abschn. 4.2). Die Änderung der Sedimentzusammensetzung wird in 2010 und 2011 bis zum Rand der Einbringstelle registriert. Im Bereich der Station 227 (Abb. 4-2) wird der 1,5-km-Kreis knapp erreicht. (Abb. 4-3). Für eine detailliertere Auswertung der Kornzusammensetzung in den einzelnen Bereichen sei auf den Jahresbericht der BfG für das Jahr 2010 / 2011 verwiesen.

Neben den von der HABAK-WSV (1999) resp. der GÜBAK (2009) geforderten chemischen Parametern wurden in 2011 wie auch in den vorangegangenen Jahren die für die Elbe relevanten Dioxine und Furane an ausgewählten Proben auf der Einbringstelle, im 12-km-Strahl und im Refe-

renzgebiet untersucht. Die Bestimmung der Schwermetall-Gesamtgehalte erfolgte - ebenfalls in Ergänzung zur HABAK-WSV (1999) und zur GÜBAK (2009) - an allen Proben.

Bei dem Vergleich von chemischen Analysenergebnissen ist zu berücksichtigen, dass die Gehalte vieler 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 HABAK-WSV (1999) die Schwermetalle in der Fraktion $< 20 \mu\text{m}$ gemessen. Die organischen Verbindungen werden aus methodischen Gründen in der Gesamtfraktion ermittelt und anschließend auf die Fraktion $< 20 \mu\text{m}$ umgerechnet. Die GÜBAK (2009) sieht bei den Schwermetallen ebenfalls eine Messung in der Fraktion $< 20 \mu\text{m}$ vor, bei den organischen Schadstoffen erfolgt jedoch eine Normierung auf die Fraktion $< 63 \mu\text{m}$.

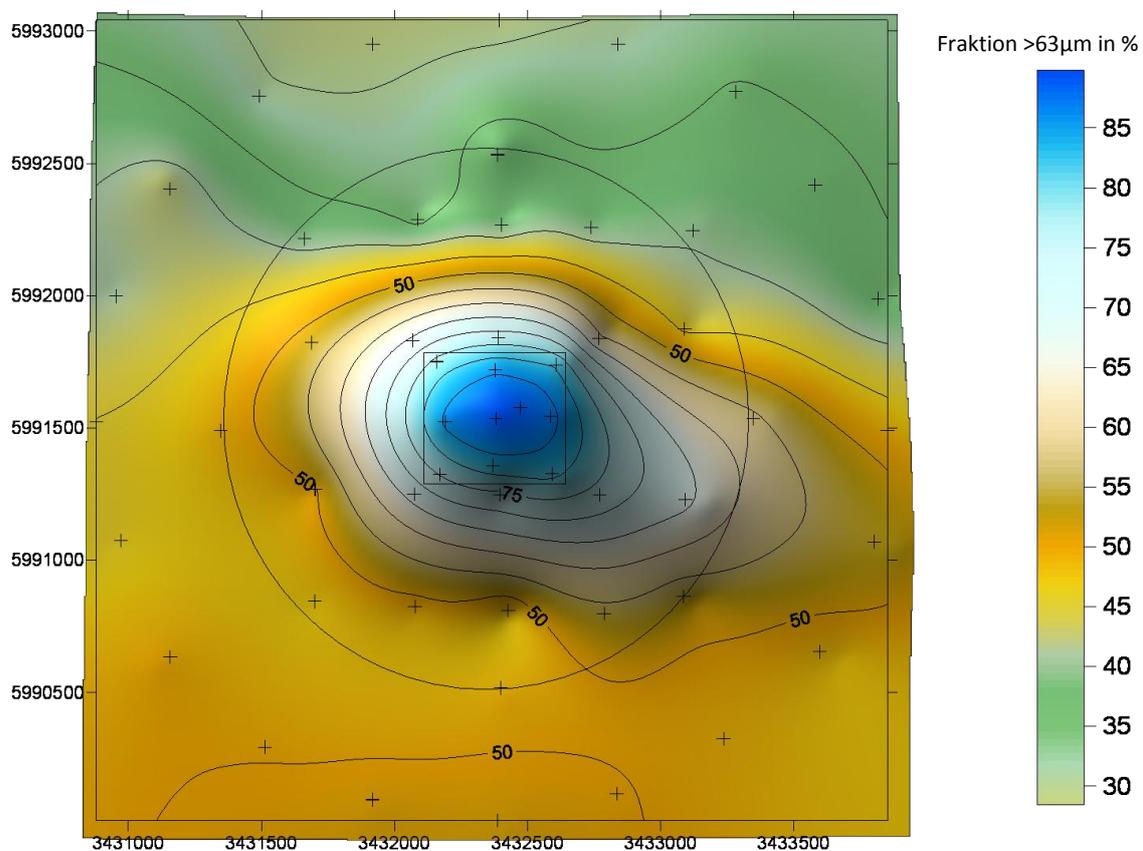


Abb. 4-3 Verteilung der Sandfraktion (Fraktion $> 63 \mu\text{m}$) im Bereich der Verbringstelle in Prozent

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 Messunsicherheit wurde aus verdeckten Doppelbestimmungen der Kampagnen 2005 bis 2011 errechnet (Tab A 16). Sie stellt in der vorliegenden Auswertung den Bereich 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 10 %. Die Werte für Cadmium und Quecksilber liegen bei 15 resp. 18 %. Die PAK-Verbindungen, die DDT-Isomere sowie die PCB-Verbindungen zeigen Messunsicherheiten von 15 bis 25 %, während die Werte für Hexachlorbenzol und pp-DDT noch darüber liegen (Tab A 16).

Durch einen Vergleich der Untersuchungsergebnisse der beiden Probennahmekampagnen in 2011 mit den Daten aus 2005 wird dann in einem ersten Schritt anhand von Graphiken abgeschätzt, ob es an einzelnen Punkten Veränderungen gegenüber dem Ausgangszustand gegeben hat. Ein Unterschied der Parameterkonzentration erscheint wahrscheinlich, wenn sich die Messunsicherheiten der Messwerte nicht überlappen. Hierdurch können naturgemäß nur Stationen verglichen werden, die in 2005 bereits Teil des Untersuchungsprogramms waren. In der vorliegenden Auswertung werden hierbei die organischen Parameter sowohl auf die Fraktion < 20 µm als auch auf die Fraktion < 63 µm normiert betrachtet.

In einem zweiten Schritt werden die Beprobungsstationen statistisch verglichen. Die Gebiete beider Beprobungstermine in 2011 werden einer zweifaktoriellen Varianzanalyse unterzogen (Faktoren Gebiet und Termin). 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.

Quecksilber in der Fraktion < 20 µm

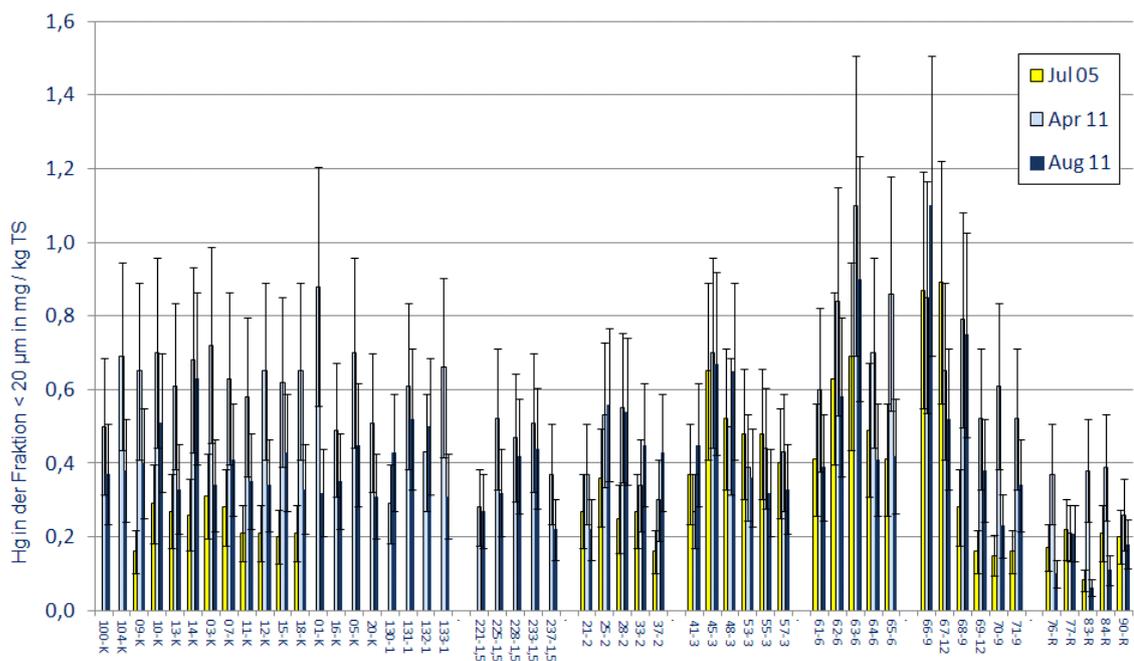


Abb. 4-4 Quecksilbergehalte in der Fraktion <20 µm vom Juli 2005 (gelbe Säulen) und 2011 (blaue Säulen). Die Fehlerbalken repräsentieren die Messunsicherheiten. Die zwei Säulen am linken Rand stellen Proben aus dem Klappzentrum dar (100-K, 104-K)

Um eine für die Durchführung der Statistik notwendige annähernd gleichmäßige Stichprobengröße zu erhalten, wurde die Einbringstelle in drei Bereiche (1-km-Mitte, 1-km-Außen, 1-km-Rand) unterteilt (Abb. 4-5). 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, Re-

ferenz). In den Tabellen Tab A 12 bis Tab A 15 sind die Messergebnisse aller Parameter für die Einbringstelle E3 und deren Umgebung einschließlich des Referenzgebietes jeweils für die April- und die Augustbeprobung 2011 angegeben.

Die in 2011 vorgefundene Schadstoffbelastung im Bereich des Einbringgebietes (Radius 1 km) und der direkten Schüttstelle (400*400 m) zeigt gegenüber den Ergebnissen aus dem Jahr 2010 nur geringfügige Veränderungen. Werden die Schadstoffgehalte der Beprobungstermine von der Nullbeprobung bis zum August 2011 verglichen, scheint sich bei einigen Parametern mittlerweile ein Rückgang der Schadstoffbelastung anzudeuten (u.a. Cadmium, Zink, HCH-Verbindungen, Verbindungen der DDX-Gruppe). Eine ausführliche Darstellung findet sich hierzu im BfG-Bericht 2010/2011. Ob dieser Rückgang einen realen Trend darstellt (z.B. durch Überdeckung und Einmischung neu sedimentierter Schlicke) oder auf durch die Heterogenität des Sediments bedingten Fluktuationen zurückzuführen ist, wird anhand der Daten aus dem nachsorgenden Monitoring 2012 und 2013 überprüft werden.

In Abb. 4-4 sind exemplarisch die im Einbringgebiet gemessenen Quecksilberkonzentrationen in den Sedimenten vor Beginn der Verbringungen (Juli 2005) denen des Jahres 2011 gegenübergestellt. Die Proben wurden in der Grafik entsprechend ihrer Zugehörigkeit zu den einzelnen Gebieten gruppiert. An fast allen Probennahmepunkten der Einbringstelle ist auch weiterhin ein Anstieg im Vergleich zur Nullbeprobung in 2005 festzustellen.

Tabelle 4-2 Veränderung von Schadstoffgehalten im Bereich der Einbringstelle (Vergleich der Beprobungen 2011 mit der Nullbeprobung 2005)

<p>a) Gestiegene Gehalte</p> <ul style="list-style-type: none"> – Cadmium in Fraktion <20 µm – Zink in Fraktion <20 µm * – Quecksilber in Fraktion <20 µm *** – Kupfer in Fraktion < 20 µm** – zinnorganische Verbindungen* <p>Normiert auf Fraktion < 20 und <63 µm:</p> <ul style="list-style-type: none"> – PCB Summe 7* – PAK Summe 6/16* – HCB* – PeCB* – HCH-Isomere* – DDT und Metabolite* 	<p>b) Kein Anstieg</p> <ul style="list-style-type: none"> – Arsen in Fraktion < 20 µm – Nickel in Fraktion <20 µm – Chrom in Fraktion <20 µm – Blei in Fraktion <20 µm – Dioxine/Furane – Kohlenwasserstoffe – Gesamtgehalte Arsen, Blei, Cadmium, Nickel, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Zink
--	---

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

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

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

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 (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 Schad-

stoffe (u.a. Cadmium < 20 µm, DDT und Metabolite, PCB Summe 7) werden hier höhere Werte festgestellt.

Für die in der Feinfraktion < 20 µm ermittelten Gehalte an Quecksilber, Cadmium, Kupfer und Zink wird eine signifikante Erhöhung im Bereich der Einbringstelle im Vergleich zu den übrigen Gebieten festgestellt (Tabelle 4-2). Für die Schwermetalle Arsen, Blei, Chrom und Nickel wird, wie auch in den vorangegangenen Jahren, keine baggergutbedingte Anreicherung im 1-km-Kreis ermittelt. Die Gesamtgehalte an Schwermetallen sind aufgrund des hohen Sandanteils im Klappzentrum erwartungsgemäß mit die niedrigsten aller untersuchten Stationen.

Die Konzentrationserhöhung der organischen Schadstoffe auf der Einbringstelle entspricht der der vorangegangenen Jahre, auch wenn sich bei einigen Parameter (u.a. DDX, HCH-Verbindungen) mittlerweile ein Rückgang anzudeuten scheint. Die Parameter PAK Summe 6 und Summe 16, PCB Summe 7, HCH-Isomere sowie DDT, HCB und Metabolite weisen über beide Termine in 2011 betrachtet dennoch sowohl normiert auf die Fraktion < 20 µm als auch auf die Fraktion < 63 µm im 1-km-Kreis weiterhin signifikant erhöhte Werte im Vergleich zur Nullbeprobung auf (Tabelle 4-2). Nach der Auswertung der BfG (BfG 2013) wird jedoch kein Unterschied für PAK der Summe 6 und PCB Summe 7 (normiert auf < 20 µm) für August 2011 im Vergleich zur Nullbeprobung in 2005 ermittelt. Im Randbereich des 1-km-Kreises, für den keine Vergleichsdaten aus 2005 vorliegen, wird mittels Varianzanalyse keine signifikant erhöhte Konzentration dieser Parameter festgestellt, kann aber aufgrund der fehlenden Vergleichsdaten letztlich auch nicht ausgeschlossen werden (Abb. 4-5).

Im April 2011 wurden an zwei Stationen innerhalb der Einbringstelle hohe TBT-Konzentrationen von 360 und 60 µg/kg TS ermittelt. Eine Nachbestimmung beider Proben ergab Werte unterhalb von 20 µg/kg TS. Dies zeigt, dass es sich bei den hohen Werten vermutlich um TBT in partikulärer Form gehandelt hat, welches nicht gleichmäßig verteilt vorliegt. Die Konzentration an TBT und Metaboliten der übrigen Stationen auf der Einbringstelle im April und August 2011 entspricht der der vorangegangenen Jahre (Tab A 12, Tab A 14). Eine Konzentrationserhöhung außerhalb des 1-km-Kreises wird ebenfalls nicht festgestellt.

Dioxine und Furane wurden zwischen 2005 und August 2011 an jeweils drei Stationen an der Einbringstelle und an drei Stationen im Referenzgebiet sowie an einer Station im 12-km-Strahl ermittelt. Die Werte in allen drei Gebieten liegen in 2011 zwischen 0,6 und 4 ng I-TEq (NATO/CCMS). Unterschiede zwischen den Gebieten sind nicht festzustellen. Die in der Vergangenheit ermittelten Höchstwerte im 12-km-Strahl von 12 und 16 ng I-TEq (NATO/CCMS) sind seit 2008 nicht mehr aufgetreten.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die chemischen Untersuchungen der Sedimentproben des Jahres 2011 entweder vergleichbare oder niedrigere Werte im Vergleich zum vorangegangenen Jahr aufzeigen. Auf der Schüttstelle findet sich vorwiegend sandiges Material wieder. Das ist darin begründet, dass während des Entleerungsprozesses des Hopperbaggers sandiges Material im Vergleich zu feinkörnigem schneller zu Boden sinkt. In den umliegenden Bereichen befinden sich schlackigere Ablagerungen.

Wie in den Vorjahren sind an mehreren Probennahmepunkten innerhalb der Einbringstelle (1-km-Kreis) verglichen mit der Nullbeprobung aus 2005 erhöhte Schwermetallbelastungen in der Feinfraktion festzustellen. Dies betrifft vor allem die Konzentration an Quecksilber, Kupfer, Cadmium und Zink. Arsen, Chrom, Nickel und Blei weisen keine Erhöhung auf.

Auch für die Mehrzahl der organischen Schadstoffe (PAK, PCB, α-HCH, HCB, DDT und Metabolite sowie zinnorganische Verbindungen) wird für 2011 innerhalb der Einbringstelle (1-km-Kreis) weiterhin eine Konzentrationserhöhung in Relation zur Nullbeprobung in 2005 festgestellt.

Damit bestätigt sich das auch in früheren Kampagnen zu erkennende Bild. Im Zentrum des Verbringungsgebietes, in dem die Sedimente tatsächlich verklappt werden, hat sich auf dem Meeresgrund eine flache Aufhöhung aus Elbesedimenten ausgebildet. Das Material verteilt sich auf der Einbringestelle innerhalb des 1-km-Kreises, so dass in diesem Bereich erhöhte Gehalte an einigen Schwermetallen und organischen Stoffen festgestellt werden.

Für eine detailliertere Auswertung insbesondere über einen möglichen Rückgang der Schadstoffbelastung im Bereich des 1-km-Kreises sei auf den Jahresbericht der BfG für 2010 / 2011 verwiesen.

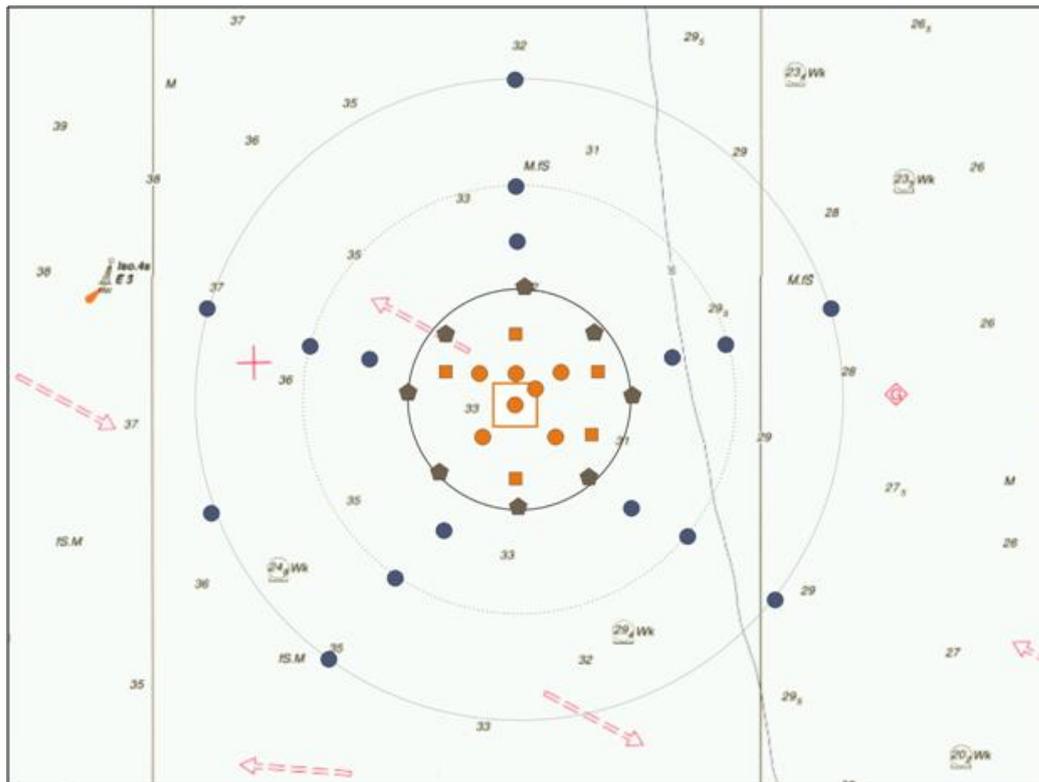


Abb. 4-5 Probenstellen mit / ohne Änderung der Schadstoffbelastung

Ausschnitt der Seekarte mit Einbringestelle bis 3-km-Ring bei Tonne E3. Kreis: 1-km-Mitte, Quadrat: 1-km-Außen, Sechseck 1-km-Rand. Punkte mit im Vergleich zu 2005 erhöhten Schadstoffgehalten sind orange, Punkte mit nicht erhöhter Schadstoffbelastung sind blau eingefärbt. Braune Punkte bedeuten vermuteten Anstieg der Belastung

4.4.2 Ökotoxikologische Belastung

An ausgewählten Sedimenten wurden ökotoxikologische Untersuchungen mit der marinen Bio-testpalette (mariner Algentest Porenwasser und Eluat, mariner Leuchtbakterientest Porenwasser und Eluat, Corophiumtest) durchgeführt. Die Testergebnisse von Algen- und Leuchtbakterientest führen zur Einstufung in eine pT-Klasse, 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 Schwertmuschellarven im Sediment zu einer großen Menge abgestorbener Organismen in den Probenansätzen führte, die Störungen im Testansatz verursacht haben³. Die übrigen Proben wurden als nicht resp. sehr gering toxisch eingestuft.

Im Jahr 2010 kam es auf der Klapp- und Einbringstelle wiederholt zu ökotoxikologischen Effekten. Diese waren höchstwahrscheinlich nur zu einem Teil auf Störungen durch Organismen zurückzuführen (s. E3-Jahresbericht der HPA, 2010). Zur Ergebnisüberprüfung der festgestellten Befunde wurde in Absprache mit der E3-Monitoringarbeitsgruppe im November 2010 eine kurzfristige Nachuntersuchung des Verbringbereichs durchgeführt. Dabei sollte zum einen die Persistenz der Effekte überprüft werden. Zum anderen sollte durch eine sehr sorgfältige Aufnahme der Organismen im Sediment abgeklärt werden, in wie weit der starke Besatz mit Organismen als Ursache der erhöhten ökotoxikologischen Befunde in Frage kommt.

Parallel wurde die BfG zur Abklärung der Befunde mit einer Stellungnahme beauftragt. Nach Auswertung aller vorliegenden ökotoxikologischen Untersuchungen kam sie unter anderem zu dem Schluss, dass die vorliegenden Untersuchungsergebnisse keine nachhaltige ökotoxikologische Belastung des Verbringbereichs erwarten ließen. Nicht klar war allerdings, wie schnell sich die gefundenen Wirkungen nach Beendigung der Verbringungen zurückbilden werden.

Das ökotoxikologische Monitoring für 2011 wurde daher nach Absprache in der Monitoring-Arbeitsgruppe an die ermittelten Befunde angepasst und erweitert. Zum einen wurde der marine Algentest im Frühjahr 2011 auf der Einbringstelle und im Sommer 2011 im gesamten Gebiet parallel bei einem zweiten Labor durchgeführt. Zum anderen wurden zu beiden Terminen jeweils einige Proben von der BfG zur Qualitätssicherung analysiert. Darüber hinaus wurden die Vorschriften zur Aufarbeitung und Probenlagerung weiter verschärft, um in allen Laboren möglichst identische Bedingungen für die Aufarbeitung zu schaffen.

Die Ergebnisse der ökotoxikologischen Analysen von Labor 1 aus dem Frühjahr und dem Sommer 2011 sind in Abb. 4-6 und Abb. 4-7 dargestellt sowie in Tab A 10 und Tab A 11 aufgeführt. Im April 2011 wurden vom Labor toxische Effekte im marinen Algentest festgestellt, die vom Rand der Einbringstelle bis zum 6-km-Kreis reichten. Die niedrigsten Toxizitäten wurden an Proben innerhalb der Einbringstelle und im Referenzgebiet gefunden (Abb. 4-6). Die Daten aus den Peilungen, den Texturanalysen sowie den chemischen Untersuchungen zeigten keine Anhaltspunkte für eine nennenswerte Verdriftung in diesem Zeitraum, die eine Erklärung für das Auftreten der Toxizitäten außerhalb der Einbringstelle liefern könnte. Daher ist nicht davon auszugehen, dass

³ Organismen können sich störend auf die ökotoxikologischen Sedimentuntersuchungen auswirken, wenn sie in einem zu hohen Anteil in den Sedimentproben enthalten sind. In den entnommenen und luftdicht verschlossenen Sedimentproben können die unbeabsichtigt entnommenen Organismen nicht lange überleben – sie sterben ab und zersetzen sich anschließend, was zu den festgestellten ökotoxikologischen Befunden geführt haben kann.

die gefundenen Effekte außerhalb der Verbringstelle auf die Baggergutverbringung aus dem Winter 2009/2010 zurückzuführen sind. Im August 2011 werden die höchsten Toxizitäten wieder auf der Einbringstelle ermittelt (Abb. 4-7). Auch wenn vereinzelt höhere Anteile an Organismen in den Proben festgestellt wurden, zeigen diese in 2011 mit Ausnahme einer Probe keinen Zusammenhang mit den aufgetretenenen Toxizitäten.

Im Labor 2 wurden ebenfalls zu beiden Terminen Toxizitäten ermittelt, jedoch überwiegend nicht in den gleichen Proben wie im Labor 1 (nicht dargestellt). Die von der BfG mittels marinen Algentestes festgestellten Toxizitätswerte lagen tendenziell niedriger als die von Labor 1 und von Labor 2.

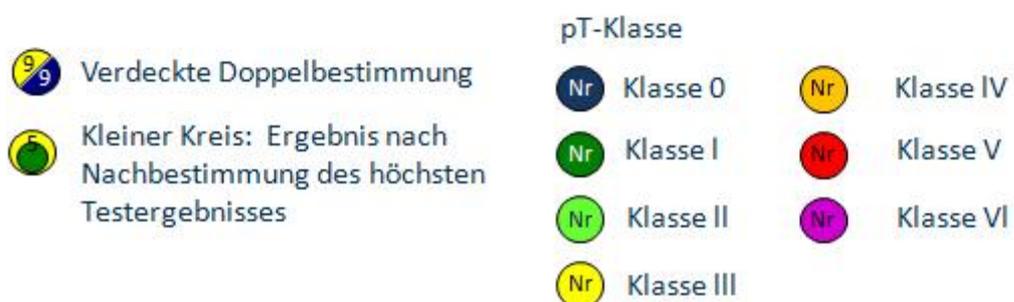
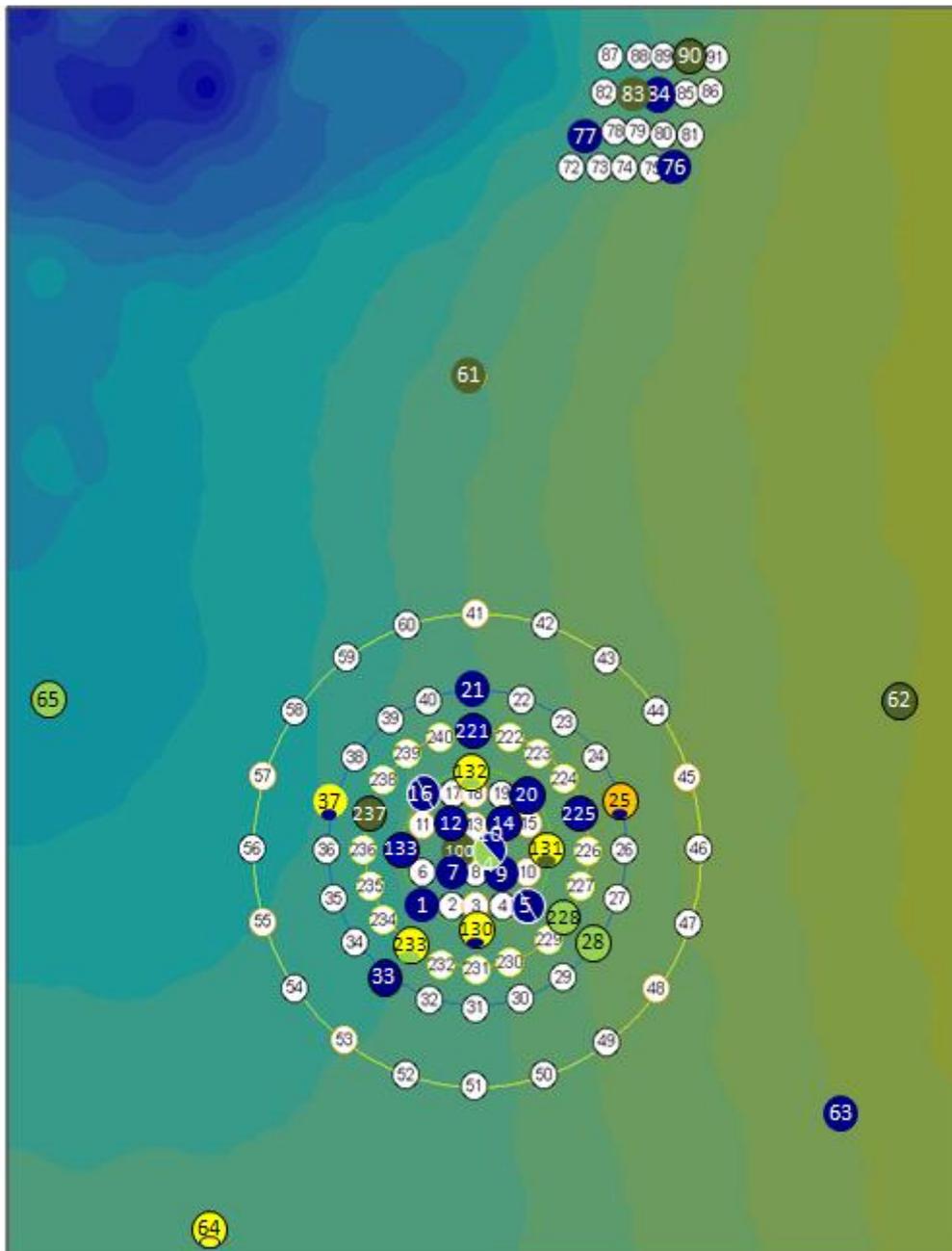


Abb. 4-6 Verteilungsmuster der ökotoxikologischen Befunde im Verbringungsgebiet bei E3 im April 2011 (Messergebnisse vom Labor 1)

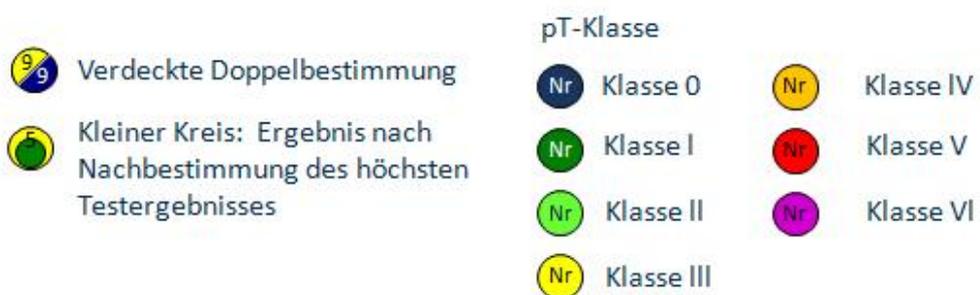
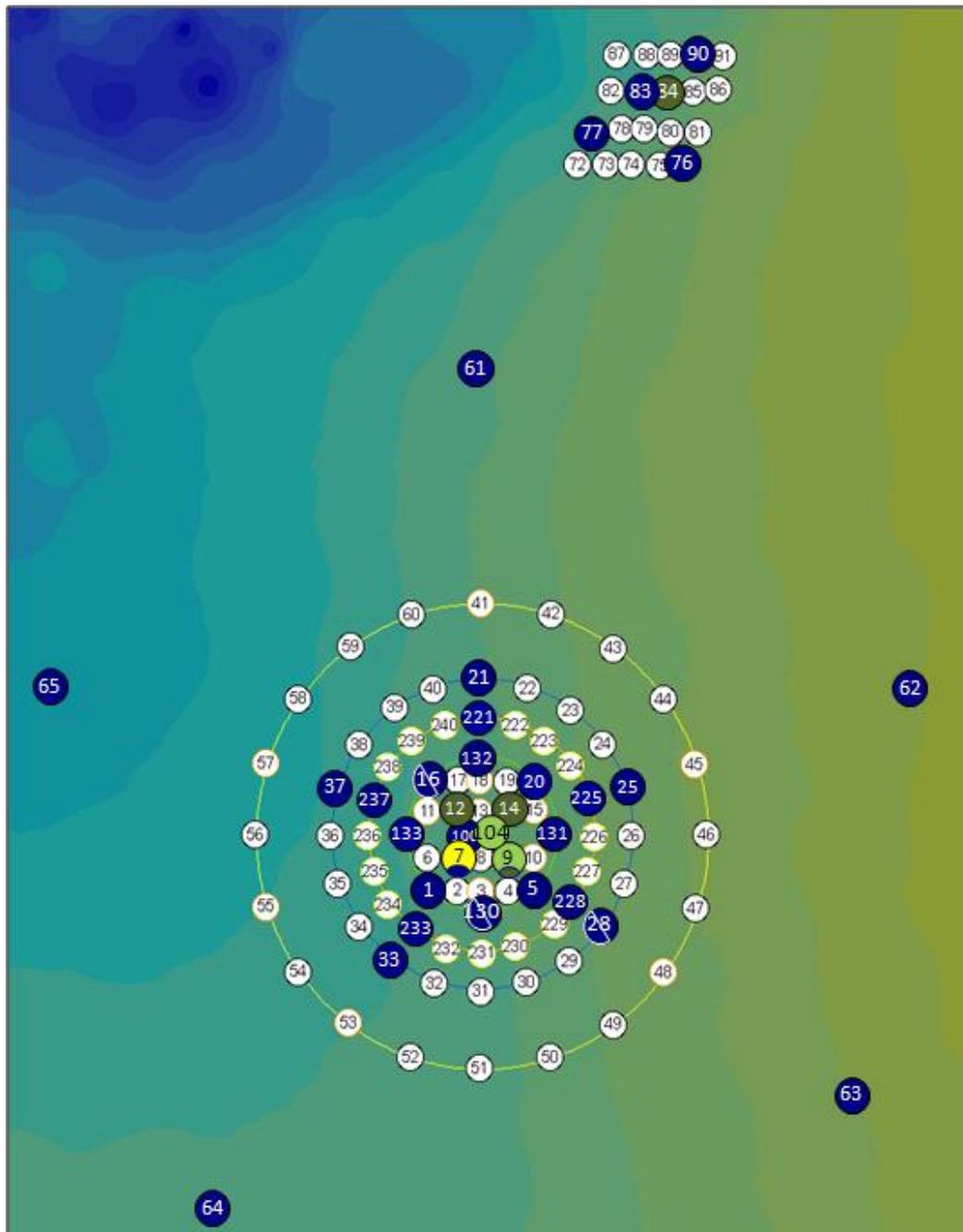
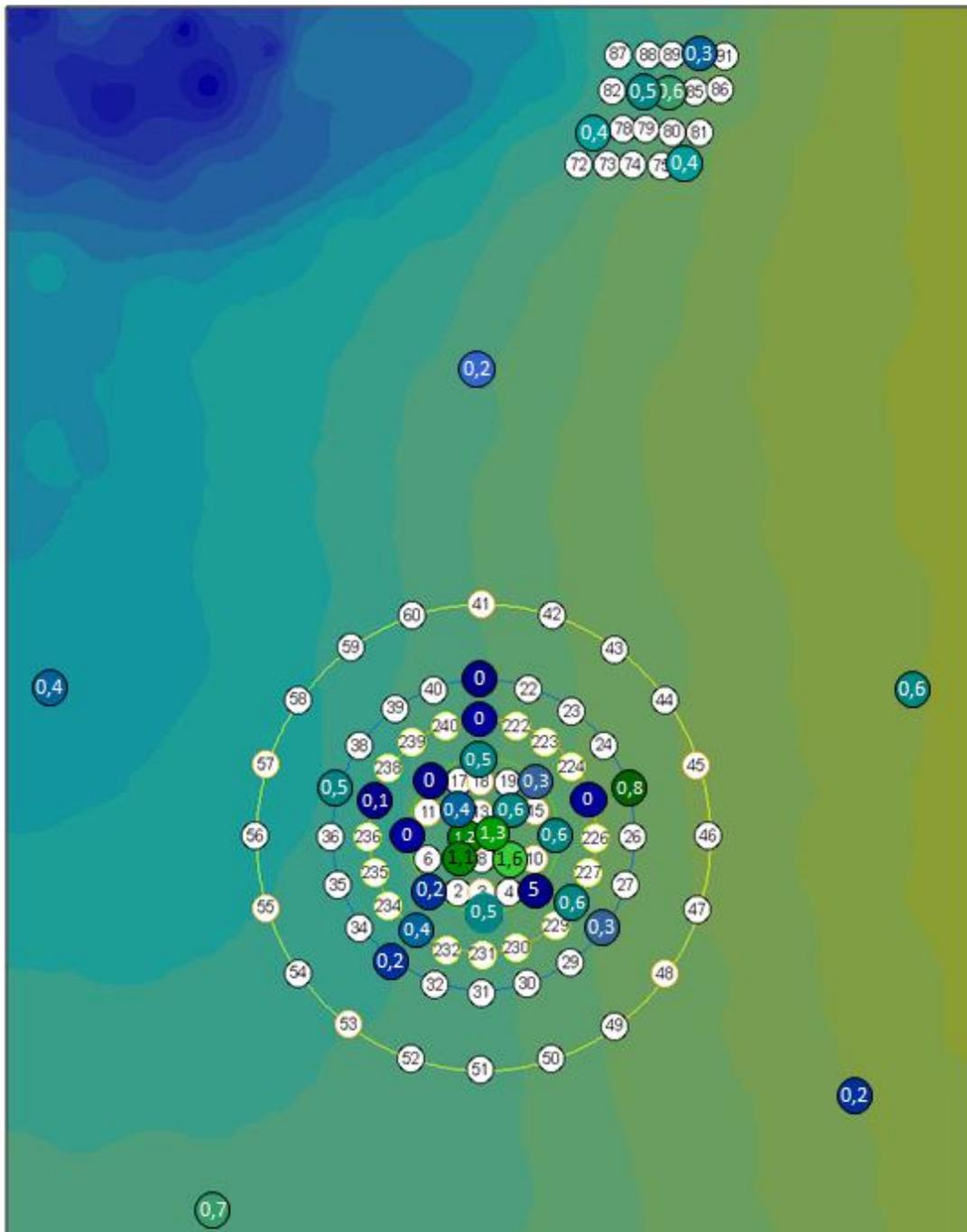


Abb. 4-7 Verteilungsmuster der ökotoxikologischen Befunde im Verbringungsgebiet bei E3 im August 2011 (Labor 1)



Zahlenangaben:

arithmetischer Mittelwert der pT-Klasse als Mittelwert aus allen Terminen 2010 und 2010, Daten aller Labore

pT-Klasse

mariner Leuchtbakterientest, mariner Algentest, Porenwasser und Eluat

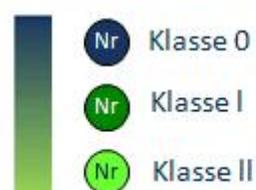


Abb. 4-8 Mittlere pT-Werte der Jahre 2010 und 2011, alle Termine, alle Labore

Die in den Jahren 2010 und 2011 aufgetretenen Toxizitäten im marinen Algentest zeigen eine größere räumliche Variabilität und sie sind nur eingeschränkt reproduzierbar. Sowohl der marine als auch der limnische Algentest sind, wie in Abschnitt 3.2 dargestellt, sehr sensibel. Dennoch ist eine gewisse, wenn auch nicht signifikante Tendenz zu höheren Werten auf der Klapp- und Einbringstelle erkennbar, die durch das ausgebrachte Baggergut verursacht sein könnte und die im Mittel zwischen pT 1 und pT 2 und damit im sehr gering toxischen bis gering toxischen Bereich liegt (nicht signifikant nach KW-Test, Post-Hoc Nemenyi, $p < 0,05$, Abb. 4-8 und in Tabelle 4-3). Unklar ist in diesem Zusammenhang, warum vor 2010 in immerhin 9 Kampagnen keine derartige Wirkung festgestellt wurde. Eine möglicherweise durch das Baggergut bedingte Erhöhung der ökotoxikologischen Wirkungen ausserhalb der Einbringstelle wurde nicht ermittelt. Das Einvernehmen gemäß Ziffer 12 und 14 ist damit eingehalten (Abschn. 5)

Im Rahmen des nachsorgenden Monitorings wird die weitere Entwicklung der ökotoxikologischen Wirkung der Sedimente im Verbringgebiet verfolgt werden. Die methodischen Kontrolluntersuchungen werden in 2012 ebenfalls fortgeführt.

Tabelle 4-3 Mittlere pT-Klassen der Jahre 2010 und 2011 (alle Termine, mariner Algentest und Leuchtbakterientest). Zahlen geben arithmetischen Mittelwert an, Werte in Klammern Median

	Mittelwert	Anzahl	Mittelwert	Anzahl	Mittelwert	Anzahl	Mittelwert	Anzahl
	Alle	Alle	Labor 1	Lab1	Labor 2	Lab2	BfG	BfG
1km Zentrum	1,0 (1)	61	1,2 (1)	33	1,1 (0)	18	0,4 (0)	10
1km Rand	0,4 (0)	74	0,4 (0)	44	0,4 (0)	24	0,3 (0)	6
1,5 km	0,2 (0)	33	0,3 (0)	21	0,2 (0)	10	0,0 (0)	2
2 km	0,4 (0)	28	0,5 (0)	21	0,0 (0)	5	0,0 (0)	2
6 km	0,4 (0)	28	0,4 (0)	21	0,4 (0)	5	0,5 (0,5)	2
Referenz	0,4 (0)	29	0,1 (0)	22	1,6 (2)	5	0,5 (0,5)	2

Amphipodentest

Mittels Amphipodentest wurden in den Jahren 2005 bis 2008 von vereinzelt Werten abgesehen keine Toxizitäten ermittelt (E3-Jahresberichte der HPA, 2005 bis 2008). Im Jahr 2009 wurden zu beiden Beprobungsterminen und in allen Gebieten höhere Werte als in den vorangegangenen Jahren gefunden (E3-Jahresbericht HPA, 2009). Da dieser Anstieg auch im durch die Verbringungen unbeeinflussten Referenzgebiet festgestellt wurde, lag der Verdacht auf einen systematischen Fehler nahe.

Zur Abklärung des Befundes wurde im Herbst 2009 aus allen Gebieten Material entnommen und in zwei Handelslaboren getestet. Die hohen Befunde von Labor 1, das die bisherigen Analysen durchgeführt hat, wurden dadurch bestätigt. Das zweite Labor stellte deutlich niedrigere Werte im nicht toxischen Bereich fest.

Die Prüfung eines externen Gutachters ergab keine Hinweise auf eine fehlerhafte Testdurchführung in einem der beiden Labore. Als wahrscheinlichste Ursache wurde ein systematischer Fehler bedingt durch eine zunehmende Erhöhung der Empfindlichkeit der in Dauerkultur gehaltenen Tiere des Labors 1 auch gegenüber nicht belasteten Sedimenten angesehen. Labor 2 verwendet für die Analysen Freilandorganismen.

Das Labor 1 entnahm daraufhin eine frische *Corophium*-population aus dem Freiland, die erneut in Dauerkultur gehältert wurde. Die Analysen beider Monitoringkampagnen des Jahres 2010 wurden parallel an beide Labore vergeben. In 2010 ermittelte das Labor 1 nur noch vereinzelt leicht toxische Werte (E3-Jahresbericht der HPA, 2010). Diese traten in allen Gebieten gleichmäßig auf, so dass nicht von einer Beeinflussung durch die Baggergutverbringung auszugehen ist. Labor 2 ermittelte bei der Verwendung von Freilandorganismen an allen Proben nicht toxische Werte. Es ließ sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Empfindlichkeit der Tiere gegenüber unbelastetem Kontrollsediment und dem Testsediment ableiten, so dass die festgestellten Unterschiede in der Einstufung wahrscheinlich tatsächlich auf Unterschiede in der Empfindlichkeit der verwendeten *Corophium*-populationen zurückzuführen waren.

Die Ergebnisse aus dem Jahr 2011 sind in Tab A 17 und Tab A 18 dargestellt. Im Frühjahr 2011 wurden die Analysen der Einbringstelle noch einmal zur Sicherheit parallel an das Labor 2 vergeben, im Sommer erfolgten die Analysen nur im Labor 1. Wie den Tabellen zu entnehmen ist, wurde in 2011 zu beiden Terminen lediglich an jeweils einer Probe im Labor 1 eine leichte Toxizität ermittelt. Die übrigen Proben lagen alle im nicht toxischen Bereich. Auch das Labor 2 ermittelte im Frühjahr 2011 an allen Proben nicht toxische Werte.

Damit ist insgesamt nicht von einer durch die Verbringung von Baggergut bedingten Toxizität der Sedimente im Kontakttest mit dem Schlickkrebs *Corophium volutator* auszugehen.

4.5 Bioakkumulation

Neben der akuten und chronischen Toxizität von Schadstoffgehalten auf Organismen verschiedener Trophieebenen wird auch die Schadstoffanreicherung in Organismen (Bioakkumulation) untersucht. Gemäß dem am 28. Juli 2009 modifizierten Einvernehmen mit dem Land Schleswig-Holstein darf kein Baggergut eingebracht werden, das außerhalb der Einbringstelle eine mittels statistischer Testverfahren signifikante Bioakkumulation erwarten lässt. Die bereits begonnenen Untersuchungen an der Wellhornschncke (*Buccinum undatum*) und der Pfeffermuschel (*Abra alba*) sollten laut Einvernehmen fortgeführt und erweitert sowie durch ein innerhalb der Monitoringgruppe im Detail noch abzustimmendes Schadstoffmonitoring bei Fischen ergänzt werden. Zur Erfüllung der letztgenannten Bedingung wurde im Herbst 2009 mit einem Fischmonitoring an der Kliesche (*Limanda limanda*) begonnen, das bis 2011 fortgeführt wurde (Abschn. 4.5.3).

4.5.1 Bioakkumulation in der Wellhornschncke

Wellhornschncken (*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 Wellhornschncken im Rahmen der Befischungen aus den Gebieten Klappzentrum, Einbringstelle, Außengebiet und Referenzgebiet entnommen und auf Schadstoffanreicherung (Bioakkumulation) untersucht. Zusätzlich erfolgt seitdem eine Analyse der Bestandsdichte und Altersstruktur in diesen Gebieten. 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 (Abb. 4-9).

Für das Jahr 2008 wurde eine statistisch signifikante Anreicherung verschiedener organischer Schadstoffe in Wellhornschncken des Klappzentrums im Vergleich zu denen der Referenzgebiete ermittelt (Abschn. 2). Als Konsequenz aus diesem Befund wurde die bestehende Einvernehmensregelung modifiziert und weitere Auflagen und Minimierungsmaßnahmen aufge-

nommen. Dazu gehörte auch eine Erweiterung des Monitoringprogramms der Wellhornschnecke ab Sommer 2009, vor allem um die gefundenen Effekte räumlich besser eingrenzen zu können.

In 2008 und im Frühjahr 2009 wurden jeweils 10 Tiere pro Gebiet entnommen. Diese wurden für die Analytik zu zweit gepoolt, so dass je 5 Proben pro Gebiet und damit insgesamt 30 Proben vorlagen (Tabelle 4-4). Um die Ergebnisse des Jahres 2008 abzusichern, insbesondere um die Bioakkumulation in den Wellhornschnecken räumlich differenzierter zu beurteilen und um das künftige Monitoring auf dieser Grundlage zu optimieren, wurde kurzzeitig der Probenumfang deutlich erhöht (Tabelle 4-4). Im Sommer 2009 sowie im Frühjahr und im Sommer 2010 wurden im direkten Klappzentrum und in den drei Referenzgebieten je 20 Tiere entnommen. Die Einbringstelle und das Außengebiet (2-km-Kreis) wurden jeweils in 4 Teilgebiete (Nord, Süd, Ost, West) unterteilt, aus denen je 10 Tiere entnommen wurden. Zudem wurde der 3-km-Kreis in West- und Ostrichtung mit ebenfalls 10 Tieren beprobt (Tabelle 4-4, Abb. 4-9, 3-km-Kreis entspricht dem dortigen äußeren Ring). Aufgrund von Verbesserungen in der Analytik des Handelslabors mussten die Tiere nicht mehr gepoolt analysiert werden, so dass von diesen Terminen insgesamt jeweils 180 Einzelproben vorliegen.

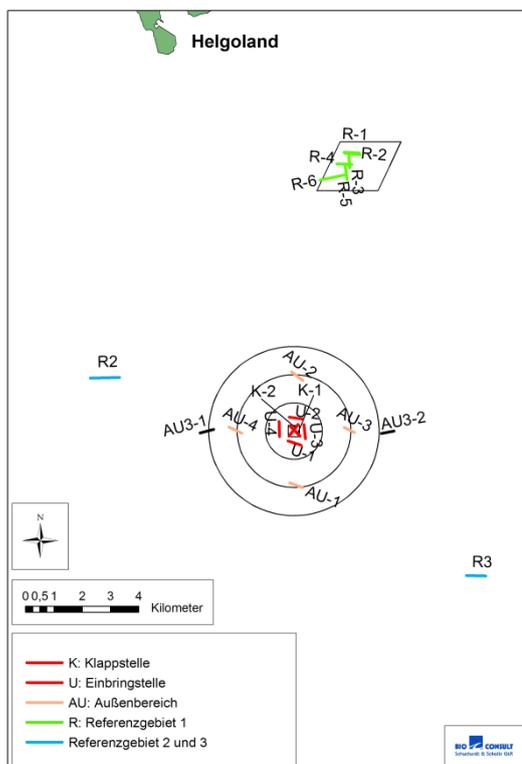


Abb. 4-9 Lage der Holz der Wellhornschneckenbeprobung ab August 2009

Mit diesen Ergebnissen lag ein ausreichend großer Datensatz zur Anpassung des Monitoringprogramms für 2011 vor, die in Absprache mit der E3-Monitoringarbeitsgruppe mit dem Ziel weiterhin aussagekräftiger und statistisch verlässlicher Untersuchungen erfolgte. Danach wurden im Sommer 2011 alle Gebiete räumlich differenziert mit dem vollständigen Parameterumfang beprobt, wobei eine Parallelenzahl von 10 pro Teilgebiet als angemessen angesehen werden kann. Im Frühjahr 2011 erfolgte eine Analyse nur der zinnorganischen und der

chlororganischen Verbindungen auf der Einbringstelle, den Referenzgebieten sowie im 2-km-Kreis, um eine eventuelle Ausbreitung über den 1-km-Kreis hinaus frühzeitig detektieren zu können (Tabelle 4-4). Der Forderung aus dem revidierten Einvernehmen vom 28. Juli 2009 nach einer Erweiterung des Monitoringprogramms (Ziffer 20, Abschn. 5) wird mit dem für 2011 gewählten Parameterumfang weiterhin entsprochen.

Alle Proben wurden auf chlororganische (DDT und Metabolite, Octachlorstyrol, Hexachlorbenzol, HCH) und zinnorganische (MBT, DBT, TBT, TeBT) Verbindungen sowie den Fettgehalt analysiert. Die Bestimmung von PCB (Summe 7), Schwermetallen (Cadmium, Blei, Kupfer, Nickel, Zink) und Arsen erfolgte in den Jahren 2010 und 2011 nur zu den beiden Sommerbeprobungen, da diese beiden Parametergruppen in den vorangegangenen Jahren keinen Trend zu einer baggergutbedingten Anreicherung in den Tieren des Verbringbereichs erkennen ließen.

Tabelle 4-4 Anzahl Proben für Bioakkumulationsanalysen an der Wellhornschnecke

	2008		2009		2010		2011	
	Frühjahr	Sommer	Frühjahr	Sommer	Frühjahr	Sommer	Frühjahr	Sommer
Untersuchungsbereich	Anzahl*	Anzahl*	Anzahl*	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Klappzentrum 400*400m	5	5	5	20	20	20	10	10
Einbringstelle 1km Radius	5	5	5	4x10	4x10	4x10	10	4x10
Nahfeld 2km Radius	5	5	5	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10
Nahfeld 3km Radius	0	0	0	2x10	2x10	2x10	0	2x10
Referenzgebiet 1	5	5	5	20	20	20	10	10
Referenzgebiet 2	5	5	5	20	20	20	10	10
Referenzgebiet 3	5	5	5	20	20	20	10	10
Gesamt	30	30	30	180	180	180	90	140
Gesamt pro Jahr	60		360 (140)**		230 (140)***			

Anzahl* 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

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

Die Untersuchungen zur Bestandsdichte und Altersstruktur zeigen, dass die Wellhornschnecke das Untersuchungsgebiet intensiv besiedelt. Dichten von über 100 Individuen pro Hektar wurden zwischen 2006 und 2011 häufig festgestellt. Auf dem Klappzentrum, der Einbringstelle und im Außengebiet unterlag das Vorkommen über den 6jährigen Untersuchungszeitraum einer außerordentlich hohen sowohl räumlichen als auch zeitlichen Variabilität. Ein klares Muster war dabei nicht zu erkennen. Lediglich im Referenzgebiet wurden über den Gesamtzeitraum konstant sehr wenige Tiere angetroffen. Ein Zusammenhang zwischen den Verbringungen und dem quantitativen Vorkommen der Wellhornschnecke wurde im Rahmen dieser Untersuchung damit nicht festgestellt.

Im Jahr 2011 wurden im Frühjahr in allen vier Gebieten höhere Bestandsdichten ermittelt als im Sommer. Der Maximalwert mit über 300 Individuen pro Hektar wurde dabei im 1-km-Kreis detektiert, gefolgt von ca. 240 Individuen pro Hektar auf dem Klappzentrum. Im Sommer lagen die Werte im Außengebiet mit 100 Individuen pro Hektar höher als in den anderen drei Teilgebieten. Wie bereits in den Vorjahren ermittelt, war auch in 2011 die Bestandsdichte im Referenzgebiet die niedrigste der vier Teilgebiete.

In 2006 bis zum Frühjahr 2011 wurde wiederholt festgestellt, dass die Tiere auf dem Klappzentrum etwas kleiner waren als in den übrigen Gebieten. Die Größenverteilung deutete auf einen höheren Anteil juveniler Tiere in der Population hin. Im Sommer 2011 war die Längenhäufigkeitsverteilung in allen Teilgebieten identisch. TBT wirkt gerade bei jungen Tieren wachstumshemmend, so dass eine Wirkung auf die Größe der Tiere im Klappzentrum nicht ganz ausgeschlossen, mit der vorliegenden Untersuchung jedoch auch nicht belegt werden kann.

Bereits in den Jahren 2008 bis 2010 wurde festgestellt, dass die Belastung der Wellhornschncke mit Schwermetallen und PCBs in den Referenzgebieten teilweise signifikant höher liegt als im Einbringbereich. Auch in 2011 zeigen diese Parameter keine baggergutbedingten Anreicherungen sowie einen Trend zu höheren Werten in der Referenz 1 und der Referenz 2 (nicht dargestellt). In beiden Gebieten weisen die Schnecken auch signifikant höhere Schalengewichte auf als im übrigen Untersuchungsbereich. Dies könnte auf ein höheres mittleres Alter der Tiere hindeuten.

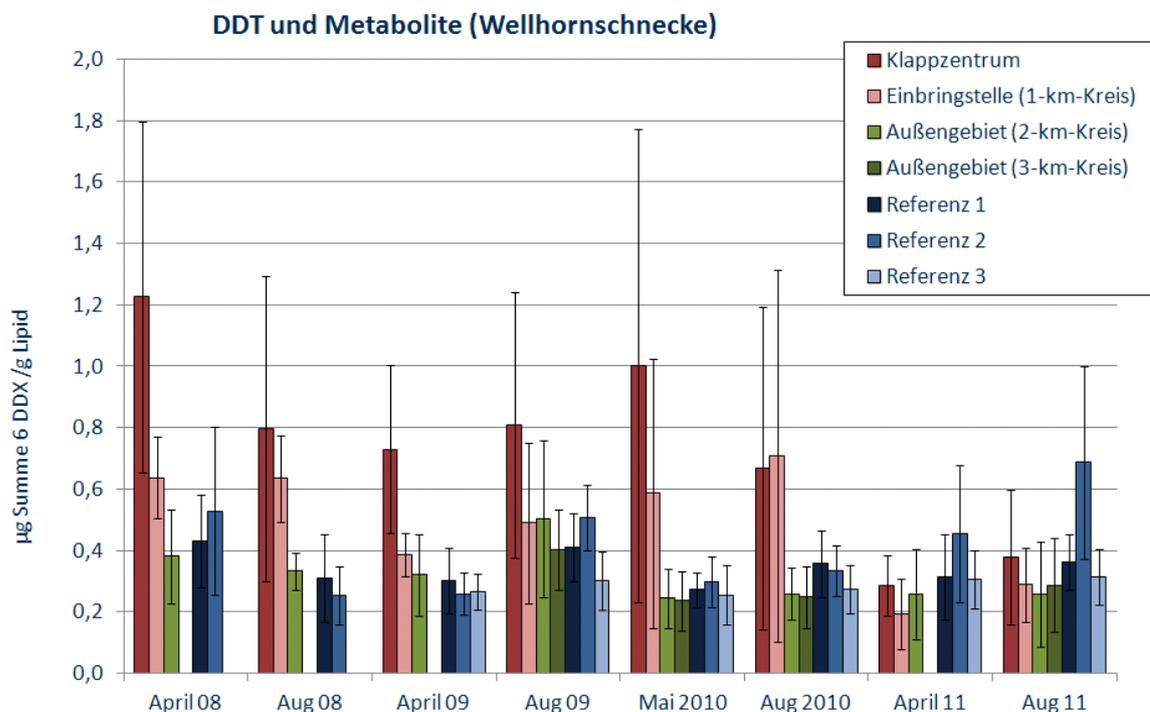


Abb. 4-10 Belastung der Wellhornschncken mit DDT und Metaboliten von 2008 bis 2011 (Bezugsbasis Lipid)

In den Jahren 2008 bis 2010 wurde auf dem direkten Klappzentrum und teilweise auch im 1-km-Kreis eine signifikante Anreicherung der Parameter pp-DDE, pp-DDD und op-DDD ermittelt, die in etwa das Doppelte der Hintergrundbelastung betrug (Abb. 4-10). Im Jahr 2011 wird für keinen der untersuchten DDT-Metabolite eine derartige Anreicherung mehr festgestellt (Abb. 4-10). Dies ist insofern überraschend, als dass sich das Muster der Sedimentbelastung nicht wesentlich verändert hat. Unter Umständen hat die Bioverfügbarkeit der chlororganischen Verbindungen seit der letzten Verbringung abgenommen. Die weitere zeitliche Entwicklung der DDX-Anreicherungen wird im nachsorgenden Monitoring in 2012 und 2013 überprüft werden.

Für g-HCH wird im April 2011 sowohl auf dem direkten Klappzentrum als auch im Referenzgebiet 1 eine geringfügige signifikante Anreicherung gegenüber den Referenzgebieten 2 und 3 festgestellt, die die doppelte Bestimmungsgrenze jedoch nicht überschreitet. Werte in dieser Größenordnung wurden bereits in allen Gebieten im August 2009 ermittelt. Hierbei scheinen serienbedingte Effekte eine Rolle zu spielen. Für August 2011 liegen die HCH-Werte unter oder sehr knapp an der Bestimmungsgrenze. Hinweise auf eine baggergutbedingte Anreicherung von HCH-Verbindungen sind aus dieser räumlichen und zeitlichen Verteilung daher nicht abzuleiten.

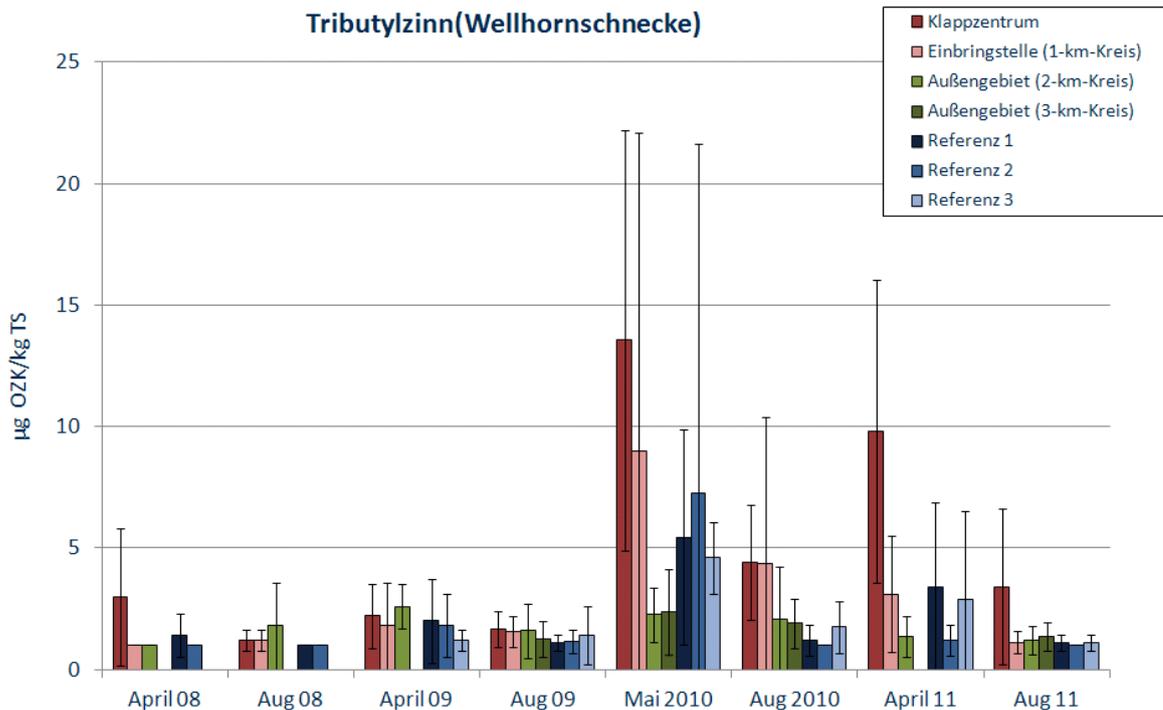


Abb. 4-11 Belastung der Wellhornschnecken mit TBT in 2008 bis 2011 (Bezugsbasis Trockensubstanz)

Die baggergutbedingte Anreicherung an Octachlorstyrol und Hexachlorbenzol, über die im HPA-Jahresbericht 2010 berichtet wurde, ist in 2011 nicht mehr zu beobachten. Die Werte für Octachlorstyrol bewegen sich mehrheitlich unter der Bestimmungsgrenze. Hexachlorbenzol zeigt eine geringfügige signifikante Anreicherung in den Schnecken des Referenzgebietes 1 im Vergleich zu denen der Referenzgebiete 2 und 3.

In den Jahren 2008 bis 2010 wurde eine signifikante Anreicherung der zinnorganischen Abbauprodukte MBT und DBT auf Klapp- und Einbringstelle ermittelt. In 2010 wurde erstmalig auch eine Anreicherung von TBT auf dem Klappzentrum festgestellt (E3-Jahresbericht der HPA, 2010; Abb. 4-11). Eine Anreicherung für MBT und DBT sowie von TBT in den Tieren des Klappzentrums wird auch in 2011 ermittelt, wobei die Werte denen aus 2010 vergleichbar sind (Abb. 4-11).

Die Imposexwerte zeigen zu den bisherigen 10 Terminen eine hohe räumliche und zeitliche Variabilität. In den einzelnen Gebieten sind im Mittel zwischen 10 und 40 % der Weibchen von Imposex betroffen. Davon befindet sich die überwiegende Mehrheit im Anfangsstadium der Vermännlichung (Stadium 1). Weibchen mit einem ausgeprägten Penishomolog (Stadium 3) werden nur vereinzelt festgestellt.

Im Jahr 2011 werden je nach Teilgebiet und Termin bei 0 bis 20 % der Weibchen Imposex-Merkmale ermittelt. Da im Frühjahr 2011 zudem keine Tiere in dem fortgeschrittenen Stadium 3 gefunden wurden, liegt der Penis-Klassifizierungsindex (PCI) zu diesem Termin auf dem bisher niedrigsten Niveau im Gesamtzeitraum 2007 bis 2011 (Tabelle 4-5).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in insgesamt 6 von 10 Untersuchungen die Weibchen auf dem direkten Klappzentrum einen Imposex-Wert der Klasse B aufweisen, der auf eine Exposition gegenüber einer TBT-Konzentration unter den für TBT entwickelten Umweltbewertungskriterien der OSPAR schließen lässt. Die Weibchen aus dem 1-km-Kreis zeigen in insgesamt 5 von 10 Untersuchungen einen Imposex-Wert der Klasse B. Zu allen anderen Untersuchungszeitpunkten wird durch Imposex-Werte der Klasse C angezeigt, dass die Tiere einer TBT-Konzentration ausgesetzt gewesen sein müssen, die über den für TBT entwickelten Umweltbewertungskriterien liegt (Tabelle 4-5). In den Referenzgebieten 1 und 2 wird lediglich zu zwei Terminen die Klasse B, zu den übrigen Untersuchungsterminen jedoch die Klasse C ermittelt (Tabelle 4-5). Da die Bewertungsklasse C damit zu verschiedenen Zeiten in allen Teilgebieten, unabhängig von der Nähe zur Einbringstelle und den belasteten Sedimenten identifiziert wurde, ist auf der gegenwärtigen Datenbasis und einer nicht auszuschließenden Vorbelastung ein Zusammenhang zwischen Baggergutverbringung und der Ausprägung des Imposexphänomens nicht zu erkennen.

Damit ist aus den vorliegenden Befunden weder eine Verringerung der Wellhornschneckendichte noch eine Erhöhung der Imposex-Merkmale durch die Verbringungen abzuleiten. Die Ergebnisse der Bioakkumulationsuntersuchung für 2011 zeigen eine signifikante Erhöhung der Parameter MBT, DBT sowie TBT in den Tieren des Klappzentrums und des 1-km-Kreises. Diese bewegt sich in resp. etwas unterhalb der Größenordnung, die auch in den vergangenen Jahren ermittelt wurde. Außerhalb des 1-km-Kreises wird keine baggergutbedingte Erhöhung der Bioakkumulation nachgewiesen und die diesbezügliche Einvernehmensregelung folglich eingehalten.

Eine Erhöhung der DDT-Metabolite sowie der Parameter OCS und HCB in den Tieren des Klappzentrums, wie sie für 2010 festgestellt wurde, wird in 2011 nicht nachgewiesen. Ob sich dieser Trend der abnehmenden Bioakkumulation so fortsetzt, wird im Rahmen des nachsorgenden Monitorings überprüft werden.

Tabelle 4-5 Bewertung der TBT-spezifischen biologischen Effekte (Imposexlevel als PCI) bei der Wellhornschnecke in den Untersuchungen von 2007 – 2011 (Klasse B nach OSPAR: grün, Klasse C nach OSPAR: gelb, Diagramm von BioConsult, Erläuterung s. Text)

	April 2007	August 2007	April 2008	Juli 2008	März 2009	Juli 2009	Mai 2010	September 2010	Mai 2011	August 2011
K	0,11	0,48	0,30	0,04	0,71	0,21	0,26	0,30	0,04	0,05
U	0,72	0,43	0,21	0,52	1,00	0,16	0,13	0,06	0,24	0,36
AU	0,44	0,43	0,33	0,38	0,61	0,52	0,21	0,62	0,00	0,19
R	1,13	0,75	0,17	0,50	0,63	0,50	1,08	0,52	0,06	0,30
ZR 1	0,35	0,55	0,83	0,64	0,52	0,73	0,16	0,40	0,20	0,40

4.5.2 Bioakkumulation in der Pfeffermuschel

Proben der Pfeffermuschel (*Abra alba*) wurden zwischen 2005 und 2011 bei insgesamt 13 Beprobungskampagnen gewonnen und auf Schadstoffe analysiert. Die Entnahme der Muscheln erfolgte zu allen Beprobungsterminen an der Einbringstelle, im 2-km-Ring, im 6-km-Ring und im Referenzgebiet. Ab August 2008 wurde zusätzlich der 1,5-km-Ring beprobt. Die Beprobung der Pfeffermuschel wurde im Verlauf der Untersuchungen zur Optimierung der Analytik und statisti-

schen Auswertung intensiviert. Während bis zum Jahre 2008 zwischen 700 und 1100 Pfeffermuscheln pro Kampagne gesammelt wurden, waren es von 2009 bis 2011 pro Jahr jeweils mehr als 5000 Organismen, in 2010 sogar mehr als 10.000.

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. In Tabelle 4-6 sind Einwaagen und Anzahl der in 2011 gewonnenen Parallelen aufgeführt. Im Referenzgebiet war in 2011 zu beiden Terminen die Abundanz der Muscheln sehr gering. Daher konnten dort im Frühjahr keine und im Sommer nur drei Parallelen auf chlororganische Verbindungen analysiert werden. In den übrigen vier Gebieten stand hingegen ausreichend Material zur Verfügung.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgt nach Rücksprache mit der BfG auf Trockensubstanz, da die an Mischproben durchgeführte Fettbestimmung nicht genau genug ist, um zwischen den Lipidgehalten der Muscheln einzelner Gebiete zu differenzieren. Die Daten der Jahre 2005 bis 2007 zeigen gewisse räumliche und zeitliche Schwankungen. Eine Tendenz zu einer erhöhten Bioakkumulation im Klappzentrum und auf der Einbringstelle war jedoch nicht zu verzeichnen. Im August 2008 kam es zu Schwierigkeiten bei der Analyse der chlororganischen Verbindungen, so dass die Daten dieses Termins unter Umständen als nicht zuverlässig angesehen werden müssen. Im Jahr 2009 wurde zu einem der beiden Termine (August 2009) eine signifikante Differenz zwischen der Einbringstelle und dem geringer belasteten Referenzgebiet für die Summe der DDX-Verbindungen ermittelt, die in ihrer absoluten Höhe mit 1 µg/kg TS als niedrig einzustufen ist (Abb. 4-12).

Tabelle 4-6 Anzahl Individuen, Einwaage und Parallelen für die Bestimmung der Pfeffermuscheln in 2011

		1-km	1,5-km	2-km	6-km	Referenz
April 10	Anzahl	727	1027	817	615	34
	Einwaage ¹	0,9 – 1,3	0,9 – 1,1	1,0 – 1,2	1,0 – 1,2	-
	Parallelen	6	6	5 ²	6	1 ³
Aug 10	Anzahl	654	1340	650	1072	458
	Einwaage ¹	1,0 – 1-1	1,0	1,0 – 1,1	1,0 – 1,1	0,8 – 1,0
	Parallelen	5	7	6	6	3

¹ Einwaage für chlororganische Parameter in g

² Verlust 1 Probe

³ nur SM

Die Muscheln wiesen im Frühjahr 2010 hohe Lipidgehalte von im Mittel 12 % auf. Daher resultieren auch die höheren Gehalte an chlororganischen Verbindungen zu diesem Termin (Abb. 4-12). Die Summe der DDT-Metabolite zeigt zu beiden Beprobungskampagnen in 2010 einen signifikanten Unterschied zwischen der Einbringstelle und dem Referenzgebiet von etwas über 2 µg/kg TS,

jedoch keinen zwischen Einbringstelle und 6-km-Kreis (Abb. 4-12). Hierbei könnte auch eine Vorbelastung eines Teilbereichs des 6-km-Kreises im Bereich der Elbfahne eine Rolle gespielt haben, der bereits vor Beginn der Baggergutverbringungen etwas höhere Schadstoffgehalte aufwies als die übrigen Gebiete (s. auch E3-Jahresbericht der HPA, 2010). Eine geringfügige baggergutbedingte Anreicherung von DDT-Metaboliten in den Pfeffermuscheln der Einbringstelle in den Jahren 2009 und 2010 erscheint somit wahrscheinlich, ist aufgrund der Datenlage jedoch nicht ganz sicher zu belegen. Im Jahr 2011 ist hingegen keine Erhöhung der DDT-Metabolite in den Pfeffermuscheln des 1-km-Kreises mehr festzustellen (Abb. 4-12).

Hinweise auf eine baggergutbedingte Anreicherung von Schwermetallen, OCS, HCH-Verbindungen und Hexachlorbenzol in den Pfeffermuscheln werden in 2011, wie auch bereits in den vorangegangenen Jahren, nicht ermittelt.

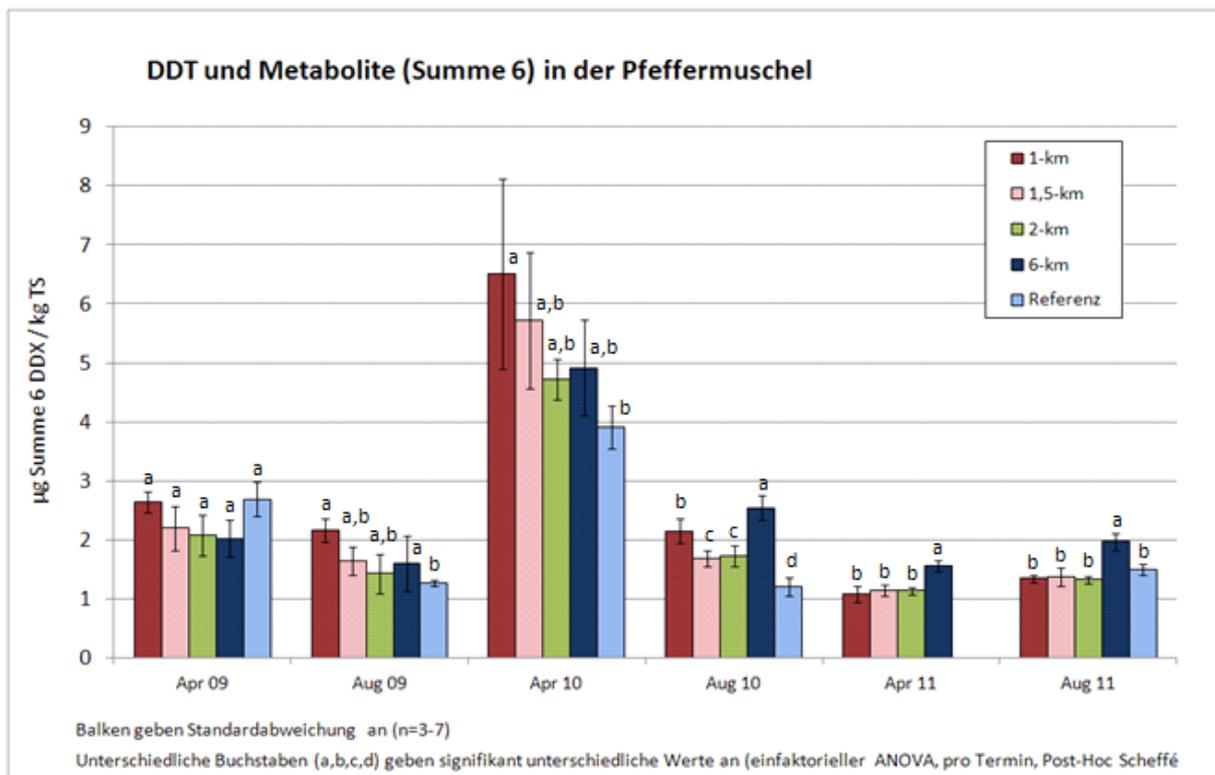


Abb. 4-12 Belastung der Pfeffermuschel mit DDT und Metaboliten von 2009 bis 2011

4.5.3 Bioakkumulation in der Kliesche

Im Einvernehmen mit dem Land Schleswig-Holstein vom 1. August 2008, geändert am 28. Juli 2009, wird ein zusätzliches Bioakkumulationsmonitoring an Fischen gefordert. Die Rahmenbedingungen für die Durchführung dieses Fischmonitorings wurden kurzfristig zwischen dem MLUR, der BfG und HPA abgestimmt. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurde die Untersuchung an die Vorgaben des BLMP 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/Einbringstelle, Außengebiet, erstes Refe-

renzgebiet und zusätzliches Referenzgebiet (Abb. 4-13) 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 und 2011 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.

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 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.

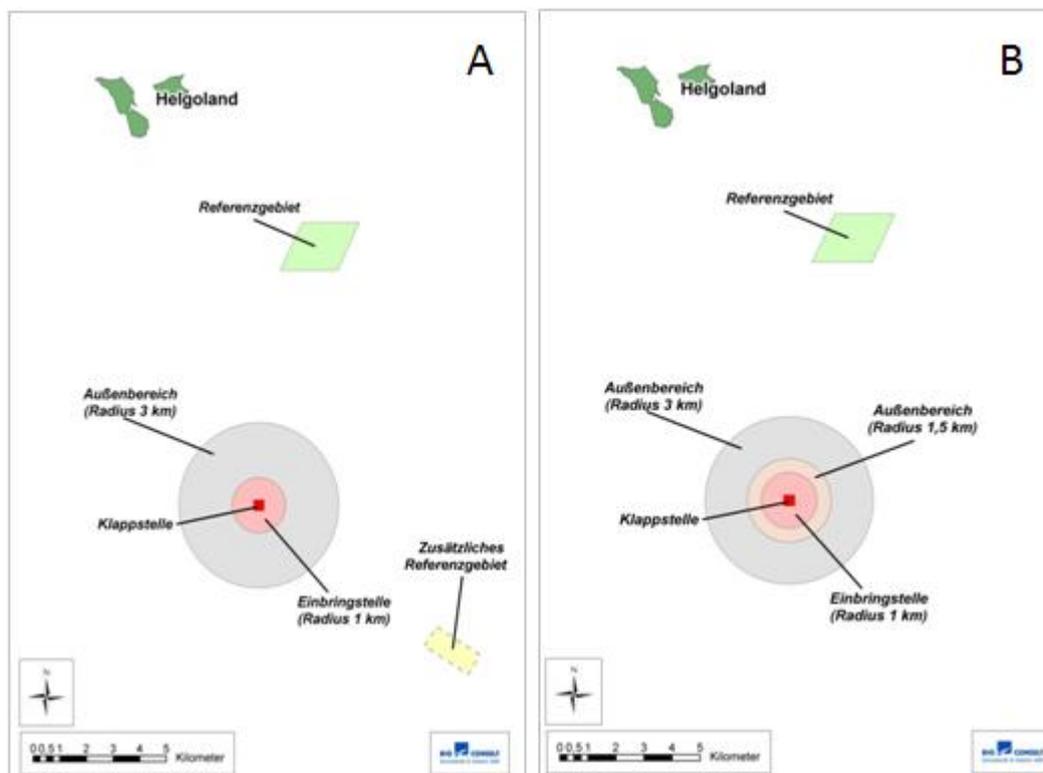


Abb. 4-13 Gebiete des Klieschenmonitorings (A) und der Makrozoobenthosbeprobung (B)

In allen drei Untersuchungsjahren wurde 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. 2010 und 2011 erfolgte eine Altersdatierung an allen auf Schadstoffgehalte untersuchten Tieren. Die Altersstruktur der Klieschen war dabei in allen drei Jahren ähnlich: Knapp die Hälfte der Tiere war ungefähr 2 Jahre, die übrigen mehrheitlich 3 und 4 Jahre alt. Jüngere sowie ältere Tiere (5 bis 8 Jahre) wurden nur vereinzelt gefunden.

Statistisch signifikante Altersunterschiede zwischen den Gebieten wurden in den drei Jahren jeweils nicht festgestellt.

Die statische Auswertung der Leberproben wurde sowohl auf Lipide als auch bezogen auf Trockensubstanz durchgeführt, die der Muskelproben aufgrund der geringeren Lipidgehalte nur bezogen auf Trockensubstanz. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gebieten werden in 2011 bei den Leberproben bei ungefähr der Hälfte der Parameter ermittelt. Die PCB-Verbindungen zeigen dabei eine Tendenz zu höheren Werten im zusätzlichen Referenzgebiet, während die DDT-Metabolite in den Fischen des Referenzgebietes höher liegen als die in denen des Außengebietes. Signifikant höhere Konzentrationen auf der Einbringstelle im Vergleich zum Außengebiet und zur zusätzlichen Referenz werden für Hexachlorbenzol ermittelt. Zinnorganische Verbindungen liegen größtenteils unterhalb der Bestimmungsgrenze. Bei keinem der Parameter wird ein signifikanter Unterschied zwischen der Einbringstelle und dem Referenzgebiet festgestellt. Die Muskelproben zeigen bei keinem der Parameter signifikante Unterschiede zwischen den Gebieten. Hinweise auf eine baggergutbedingte Anreicherung von Schadstoffen in den Klieschen sind damit aus den Daten nicht abzuleiten.

4.6 Makrozoobenthos

Zeitgleich zur Probennahme für die chemischen und ökotoxikologischen Analysen wurden Sedimentproben für die Untersuchung der Makrozoobenthos-Gemeinschaft entnommen. Das gesamte Untersuchungsgebiet umfasste mit der Einbringstelle (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 (Abb. 4-13). An jeder Station wurde eine Makrozoobenthosprobe mit einem Van-Veen-Greifer (0,1 m² Grundfläche) entnommen. Die Siebmaschenweite betrug 1 mm. Die Siebrückstände wurden mit Alkohol konserviert und die Tiere im Labor soweit möglich bis zur Art bestimmt und quantifiziert. Anschließend folgte die Biomassenbestimmung (aschefreies Trockengewicht) auf Ebene der Großtaxa (2005) bzw. auf Artebene (seit 2006). Bei der Auswertung wurde ein räumlicher Vergleich der vier Teilgebiete durchgeführt und anschließend die Veränderung der Makrozoobenthos-Assoziation über die Zeit analysiert. 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 Einbringungsgebietes für die Makrozoobenthos-Gemeinschaft gefunden.

Das direkte Klappzentrum (K, 400*400 m) wies seit der ersten Verbringkampagne bis zum Jahr 2010 niedrigere Besiedlungskennwerte (Artenzahl, Artenvielfalt, z.T. auch Besiedlungsdichte) auf als die umliegenden Gebiete. Die Ergebnisse zeigten, dass diese verklappungsbedingten Beeinträchtigungen über die Zeit relativ konstant blieben. 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. Im Jahr 2011 lagen die Parameter Artenzahl und Besiedlungsdichte auf dem Klappzentrum weiterhin niedriger als in den umliegenden Gebieten. Auch die multivariaten Analysen deuteten auf eine andere Gemeinschaftsstruktur im Klappzentrum im Vergleich zur Umgebung hin. Die Artenvielfalt (d.h. der Diversitätsindex) unterschied sich in 2011 im Teilgebiet K jedoch nicht mehr von der im 1-km-Kreis, im 1,5-km-Kreis sowie im Außengebiet. Ob diese festgestellte Angleichung der Diversitätswerte als Hinweis auf eine beginnende Erho-

lung der Makrozoobenthos-Assoziation im Teilgebiet K zu bewerten ist, ist aufgrund der noch geringen Datengrundlage derzeit nicht belastbar zu belegen.

In den vergangenen Jahren wurden mehrfach Massenvorkommen von Organismen (Polychaet *Scalibregma inflatum* Sommer 2006, Polychaet *Owenia fusiformis* Sommer 2008, Bivalvia *Ensis americanus* Sommer 2009) sowie eine hohe Rekrutierung von juvenilen Schlangensterne der Gattung *Ophiura* im April 2008 auf dem Klappzentrum festgestellt. Die Ursache hierfür 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. In 2010 wurde eine Erhöhung der Gesamtbiomasse im Klappzentrum festgestellt, das damit die höchste Biomasse aller Teilgebiete aufwies. Dieser Anstieg war unter anderem auf den Rekrutierungserfolg und den seit 2009 erfolgten Größenzuwachs der biomassereichen Muschel *Ensis americanus* zurückzuführen. Diese Entwicklung setzte sich in 2011 in etwas abgeschwächter Form fort. Weiterhin wurde die Biomasse auf dem Klappzentrum durch das Vorkommen von mittlerweile ziemlich großen und damit schweren Schwertmuscheln bestimmt. Das Klappzentrum wies auch in 2011 die höchste Biomasse aller Teilgebiete auf.

Für das die eigentliche Klappstelle umgebende Gebiet der Einbringstelle (1-km-Kreis) konnten in früheren Kampagnen zwischen 2005 und 2010 verklappungsbedingte Effekte auf die mittlere Artenzahl, die Besiedlungsdichte sowie die Artenvielfalt z.T. nicht ganz ausgeschlossen werden. In 2011 werden lediglich, wie auch schon in den vorangegangenen Jahren, bei faunistischen Kennwerten (MDS-Plots) an den Stationen des 1-km-Kreises, die dem Klappzentrum direkt benachbart sind, ähnliche Werte wie im Klappzentrum ermittelt. Lokale Effekte der Sedimentverbringungen sind daher auf das Teilgebiet des 1-km-Kreises nicht auszuschließen.

Im 1,5-km-Kreis, im Außengebiet und im Referenzgebiet wurden auf der vorhandenen Datengrundlage keine Hinweise auf verklappungsbedingte Wirkungen ermittelt. Dominante Arten in allen drei Gebieten waren, wie auch bereits im Jahr 2010 festgestellt, der Schlangensterne *Amphiura filiformis* und die Kleine Linsenmuschel *Mysella bidentata*.

4.7 Fischfauna

Zur Erfassung der Fischfauna, insbesondere der am Boden lebenden Fischarten, wurden zu den Beprobungsterminen im Mai und im September 2011 auf der Einbringstelle, 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 alle Fische auf Artniveau bestimmt und ihre Länge gemessen, die Anzahl pro Art ermittelt und das Gesamtgewicht pro Art erfasst. Um die bisherigen Betrachtungsebenen, die auf die Identifikation einer möglichen Veränderung der Gemeinschaftsstruktur fokussieren, zu erweitern, wurde von Frühjahr 2009 bis zum Sommer 2011 auch der Aspekt „Fischkrankheiten“ in die Untersuchung einbezogen.

Wie auch in den Vorjahren wird das für diesen Teil der Nordsee typische Artenspektrum ermittelt. Im Frühjahr 2011 wird die Gesamt-Abundanz vorwiegend von der Kliesche dominiert, die insbesondere auf der Klappstelle in sehr hohen Anzahlen vertreten ist. Scholle und Steinpicker zeigen hingegen in allen vier Gebieten ein relativ gleichmäßiges Vorkommen. Im Sommer 2011 ist der Steinpicker die im Gesamtgebiet dominierende Art.

Die Untersuchungen zeigen bei den Parametern Gesamt-Abundanz und Biomasse einen möglichen, schwachen Einfluss der Baggergutverbringungen an, der vor dem Hintergrund der räumlichen und zeitlichen Variabilität jedoch nicht eindeutig zu belegen ist. Bei den Parametern Artenzahl und Diversität werden keine systematischen Unterschiede festgestellt.

Die Untersuchung der „Fischkrankheiten“ umfasste alle äußerlich sichtbaren Krankheitsanzeichen. Knapp 6,5 % der im Frühjahr 2011 und 3,1 % der im Sommer 2011 im Untersuchungsgebiet erfassten Fische weisen äußere Krankheitssymptome bzw. Anomalien oder Parasitenbefall auf. Hierbei entfallen die größten Prozentanteile auf eine Fehlpigmentierung von Schollen und Flundern. Eine Überpigmentierung der Kliesche wird in 2011 hingegen nur im Frühjahr ermittelt.

Die Gesamtrate der Krankheiten (alle Fischarten, alle Symptome) liegt – bei allerdings nur sehr eingeschränkter Vergleichbarkeit aufgrund der noch nicht sehr umfangreichen Datenlage – nicht höher als die festgestellten Befallsraten verschiedener Krankheiten der Kliesche in der Nordsee (u.a. Lang und Wosniak, 2008; www.bsh.de/de/Das_BSH/Veranstaltungen/MUS/2008/Dokumente/Lang_P.pdf). Ein Zusammenhang zwischen Krankheitsanzeichen und der Baggergutverbringung ist daher nach der derzeitigen Datenlage nicht zu erkennen.

4.8 Avifauna und marine Säuger

Im Rahmen des Monitorings wurden Wirkungen in Bezug auf Seevögel und Meeressäuger nicht speziell untersucht, da eine direkte Beeinträchtigung durch die Verklappungen nicht zu erwarten ist. Nach Auswertung der derzeitigen Datenlage und bei jetzigem Wissensstand wird auch eine Anreicherung von Schadstoffen über die Nahrungskette bei diesen Top-Prädatoren nicht messbar sein, da ihre Nahrungsgebiete im Vergleich zum Verbringungsgebiet wesentlich größer sind (s. Bericht der BfG aus dem Jahr 2009).

4.9 Wattmessstellen

Die Sedimente der Messstationen Wesselburener Loch und Holmer Fährle zeigen in 2011 einen sehr niedrigen Feinanteil der Fraktion < 20 µm, der in 5 von insgesamt 7 Proben weniger als 10 % beträgt (Tab A 19). Die vorgefundenen Metallgehalte der Fraktion < 20 µm unterscheiden sich in 2011 für Blei, Cadmium, Nickel, Zink, Kupfer und Chrom nicht von dem bekannten Verteilungsmuster der Metallbelastung von Wattsedimenten. Die Werte für Arsen liegen in den Proben des Holmer Siels aus den letzten drei Quartalen in 2011 etwas höher als in den vorangegangenen Jahren (Unterschied signifikant mit $p < 0,05$, U-Test nach MW, $n=17$ zu $n=3$). Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Feinkornanteile sich in diesen Proben z.T. deutlich unter 10 % bewegen und die repräsentative Gewinnung der Feinfraktion somit erschwert gewesen sein könnte (s. E3-Jahresbericht der HPA, 2010). In den ersten beiden Quartalen 2012 lag der Arsenwert dann wieder im Bereich der vorangegangenen Jahre, während der Feinkornanteil ebenfalls wieder angestiegen war. Auffällig ist ein relativ hoher Wert für Quecksilber von 1,1 mg/kg in der Fraktion < 20 µm im Wesselburener Loch, der im Dezember 2011 ermittelt wurde (Tab A 19). Der Feinkornanteil ist in dieser Probe mit 30 % der höchste aller Proben aus 2011. Im 1. Quartal 2012 wurde hingegen wieder ein Wert auf dem Niveau der Hintergrundbelastung ermittelt, so dass nicht von einem dauerhaften Anstieg der Quecksilberbelastung auszugehen ist.

Die organischen Schadstoffe bewegen sich in 2011 größtenteils unterhalb der Bestimmungsgrenze, vereinzelt auch knapp darüber (Tab A 19). Damit entsprechen die in 2011 ermittelten Werte denen aus den vorangegangenen Jahren.

Die Analysen der Messstationen aus dem Niedersächsischen Wattenmeer werden von der BfG im Rahmen ihres Jahresberichts 2010 / 2011 ausgewertet und sind dort zusammen mit den Ergebnissen der Wattmessstellen aus Schleswig-Holstein ausführlich dargestellt. Eine Akkumulation durch verdriftetes Baggergut lässt sich nach Aussage der BfG aus diesen Ergebnissen nicht ableiten (BfG, 2013).



Abb. 4-14 Wattmessstellen

5. 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. Das Einvernehmen erstreckt sich für 2011 auf folgende zulässige Jahreshöchstmengen: Norderelbe 300.000 m³ / Süderelbe 600.000 m³ / Köhlbrand 600.000 m³ // Summe Baggermenge Einvernehmensbereich: 1,5 Mio m³.

Es wurde in 2011 kein Sediment zur Tonne E3 verbracht. Punkt 1 bis 14 der Einvernehmenserklärung sind daher für 2011 nicht relevant.

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

s. Punkt 0

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

s. Punkt 0

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.

s. Punkt 0

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.

s. Punkt 0

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.

s. Punkt 0

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

s. Punkt 0

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.

s. Punkt 0

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.

s. Punkt 0

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

s. Punkt 0

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.

s. Punkt 0

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

s. Punkt 0

12. Maßgabe in der geänderten Fassung des Einvernehmens vom 28. Juli 2009 (Änderungen *kursiv*): Baggergut, dessen Schadstoffqualität eine signifikante ökotoxikologische Ver-

schlechterung der Sedimentqualität an oder signifikante Bioakkumulation außerhalb der Einbringstelle erwarten lässt, darf nicht eingebracht werden.

s. Punkt 0

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

s. Punkt 0

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

s. Punkt 0

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.a. Maßgabe 18). Das aktuelle, in der Monitoringarbeitsgruppe abgestimmte Konzept der BfG datiert auf den 31.3.2011. Für die Zeit des nachsorgenden Monitorings wurde ebenfalls ein Konzept erarbeitet und in der Monitoringgruppe abgestimmt (Stand 29.5.2012).

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. die Ergebnisse der Wattmessstellen in Schleswig-Holstein und Niedersachsen ergeben keine erkennbare Beeinflussung gesetzlich geschützter und touristisch genutzter Gebiete. 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) und um die seit 2007 vierteljährlich untersuchten Wattmessstellen, sowie die in diesem Bericht dargestellte 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 21.3.2011 sowie am 22.11.2011 statt. Das Protokoll der Sitzung vom 21.3.2011 wurde aufgrund des erforderlichen Abstimmungsprozesses am 2.5.2011 fertiggestellt. Das Protokoll der Sitzung vom 22.11.2011 wurde am 23.12.2011 im Entwurf an die Teilnehmer der Monitoring-Arbeitsgruppe versandt.

Das aktuelle (ggf. halbjährlich) fortzuschreibende Monitoringkonzept wurde im November 2010 von der BfG als Entwurf vorgelegt, und mit Stand vom 31.3.2011 innerhalb der Monitoring-AG abgestimmt.

Das nachsorgende Monitoring nach Abschluss der Maßnahme wird nach Rücksprache in der Arbeitsgruppe Monitoring die Jahre 2012 und 2013 umfassen. Für das nachsorgende Monitoring wurde ebenfalls ein Konzept erarbeitet und mit Stand vom 29.5.2012 in der Monitoringarbeitsgruppe abgestimmt.

19. Um sicherzustellen, dass auch Auswirkungen auf niedersächsische Gewässer auszuschließen sind, müssen in Absprache mit dem MLUR 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 Wellhornschnecke (*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 eingeführt. Als Fischart wurde in Abstimmungen mit dem MLUR und der BfG die Kliesche ausgewählt. In den Jahren 2009, 2010 und 2011 wurde jeweils eine Fischbeprobung im Zeitraum September bis Oktober durchgeführt.

Im April 2011 stand aufgrund eines im Referenzgebiet zu geringen Vorkommens zu wenig Pfeffermuschel-Material für die Analytik zur Verfügung. Im August 2011 wurden wieder mehr Pfeffermuscheln im Referenzgebiet angetroffen, das Vorkommen war jedoch weiterhin vergleichsweise gering. Daher konnten zu diesem Termin nur drei Parallelen statt der angestrebten fünf gewonnen werden. In den übrigen im April und August 2011 beprobten Gebieten war die Anzahl gesammelter Pfeffermuscheln ausreichend, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten.

Im August 2009 wurde das Monitoring der Wellhornschnecke von insgesamt 60 Proben im Jahr 2008 auf insgesamt 210 Proben erweitert. Dabei wurden die Proben auf der Einbringstelle und im 2-km-Kreis in vier Untergruppen getrennt nach Himmelsrichtungen entnommen. Zudem wurde der 3-km-Kreis in das Untersuchungsprogramm mit aufgenommen. Im Jahr 2010 wurden zu beiden Terminen jeweils 180 Proben entnommen und auf die kritischen Parametergruppen der chlororganischen und zinnorganischen Schadstoffe analysiert. Die PCB und Schwermetalle, die

bisher keine Tendenz zur Anreicherung im Einbringungsgebiet zeigten, wurden nach Abstimmung in der AG Monitoring daher zur Beweissicherung nur zum Sommer-Termin 2010 an insgesamt 140 Proben untersucht.

Im Sommer 2011 wurden alle Gebiete räumlich differenziert beprobt, wobei eine Parallelenanzahl von 10 pro Teilgebiet als angemessen angesehen wurde. Im Frühjahr 2011 erfolgte eine Analyse nur der zinnorganischen und der chlororganischen Verbindungen im 1-km-Kreis, den Referenzgebieten sowie im 2-km-Kreis, um eine eventuelle Ausbreitung über den 1-km-Kreis hinaus frühzeitig detektieren zu können.

Das Bioakkumulationsmonitoring ist 2011 im Vergleich zu 2009 erheblich erweitert. 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 2010/2011 der BfG.

23. Die HPA hat dem MLUR 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.

Der erste halbjährliche Kurzbericht für das Jahr 2011 wurde dem MLUR am 11.7.2011 übersandt. Der zweite halbjährliche Kurzbericht für das Jahr 2011 wird zusammen mit dem vorliegenden Bericht vorgelegt.

24. Die HPA hat dem MLUR 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 2010/2011 der BfG.

25. Die HPA hat darüber hinaus gegenüber dem MLUR mindestens einmal jährlich über die Umsetzung der jeweiligen Maßnahmen aus dem Strombau- und Sedimentmanagementkonzept 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. Ein

entsprechender Bericht zum Stand der Umsetzung wurde dem MLUR am 29.2.2012 per e-Mail übersandt.

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).

Im Frühjahr 2010 wurde die zweite Befliegung durchgeführt. Die Auswertung der Luftbilder verzögerte sich aufgrund von Schwierigkeiten der ausführenden Firma bei der Bearbeitung der Daten. Daher wurden die fertig gestellten Luftbilder mit den dazu gehörigen Daten erst im März 2012 an das MLUR übersandt. In 2011 wurde aufgrund der Verzögerung in der Auswertung von 2010 keine Befliegung durchgeführt. Eine weitere Befliegung wurde im Jahr 2012 durchgeführt. Anschließend in 2013 erfolgt von HPA eine Auswertung aller drei Befliegungen hinsichtlich Veränderungen im Ästuar, die dem MLUR zur Verfügung gestellt werden wird.

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 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.

Bevor über eine mögliche Abdeckung der Baggergutverbringungsstelle („Capping“) bei der Tonne E3 entschieden wird, werden auf Empfehlung der BfG und nach Abstimmung mit dem MLUR noch die weiteren Ergebnisse der Monitoringkampagnen nach Abschluss der Baggergutverbringung abgewartet, um die bisher aus den vorliegenden Monitoringergebnissen gezogenen Schlussfolgerungen zu den von der Verbringungsstelle ausgehenden Umweltrisiken zu überprüfen und evtl. Hinweise auf die weitere Entwicklung der Bioakkumulation zu erhalten.

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 2011 grundsätzlich eingehalten. Abweichungen von den Maßgaben wurden mit dem MLUR abgestimmt. Sie sind unter den vorgenannten Punkten jeweils aufgeführt und begründet.

6. Ausblick

Ende des Jahres 2011 ist das befristete Einvernehmen des Landes Schleswig-Holstein zur Sedimentverbringung zur Tonne E3 abgelaufen. Anlass für die Verbringung waren die gestiegenen Baggergutmengen im Hamburger Bereich des Elbeästuars und die Erkenntnis hier bestehender Sedimentkreisläufe. Insgesamt wurden zwischen 2005 und 2010 6,5 Mio. m³ Sediment zur Tonne E3 verbracht.

Vor dem Hintergrund der gestiegenen Sedimentmengen haben HPA und WSV im Jahr 2008 das Strombau- und Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe vorgelegt, das eine ganze Reihe von Maßnahmen vorsieht. Dazu gehören Umstellungen der Umlagerungen bei der WSV; seitdem wird das Baggergut aus dem Bereich des WSA Hamburg in den Bereich Elbe-km 690 umgelagert. Diese Umstellungen haben zusammen mit der Verbringung zur Tonne E3 dazu geführt, dass die zu baggernden Sedimentmengen in Hamburg wieder deutlich gesunken sind. Im Jahr 2011 betrug die gesamte Baggergutmenge in Hamburg nur noch rd. 2,4 Mio. m³. Dazu hat auch die hohe Oberwassersituation der Jahre 2010 und 2011 maßgeblich beigetragen.

Im Jahr 2011 wurde das Strombau- und Sedimentmanagementkonzept von HPA und WSV einer fachlich-wissenschaftlichen Evaluation durch internationale Experten unterzogen. Zentrale Ergebnisse waren u.a., dass das Konzept innovativ und problemadäquat ist, Perspektiven für ein „zukunftsfähiges Elbeästuar“ aufweist und dass bereits durchgeführte bzw. geplante Maßnahmen Schritte in die richtige Richtung darstellen. Es sollte im Rahmen eines erweiterten Gesamtmanagements zusammen mit anderen Akteuren weiterentwickelt werden.

Diese Weiterentwicklung soll im Rahmen eines öffentlichen Dialogprozesses erfolgen, der aktuell vorbereitet wird. Im Rahmen des Sedimentmanagements wird eine so genannte Systemstudie für den Umgang mit Feinsedimenten im Elbeästuar erstellt. Dabei sollen mögliche Verbring- und Managementoptionen untersucht werden. Der Betrachtungsraum reicht von Geesthacht bis Helgoland, potenzielle Verbringoptionen werden ohne Vorfestlegung gleichrangig betrachtet. Dabei sind die Anforderungen des Gewässer-, Natur- und Meeresschutzes zu berücksichtigen.

Gleichfalls von hoher Bedeutung sind die Arbeiten der Arbeitsgruppen von FGG Elbe und IKSE zum Sedimentmanagement für die gesamte Elbe, deren Ergebnisse in 2013 vorliegen sollen. Hier sind einerseits Maßnahmen zu identifizieren, mit denen die Schadstoffbelastung der Elbesedimente weiter reduziert werden kann und sind weiterhin Empfehlungen zum Umgang mit Sedimenten im Elbegebiet zu entwickeln.

Um die Zugänglichkeit zum Hamburger Hafen sichern zu können, sind Revier- und Verwaltungsgrenzen übergreifende Lösungen zu entwickeln. Mit der abgeschlossenen Verbringung zur Tonne E3 konnte dazu ein wesentlicher Beitrag geleistet werden. Die genannten Aktivitäten stellen den Rahmen dar, diese Sicherung auch zukünftig gewährleisten zu können.

ANHANG

Klappstelle 7° 58' E 54° 03' N

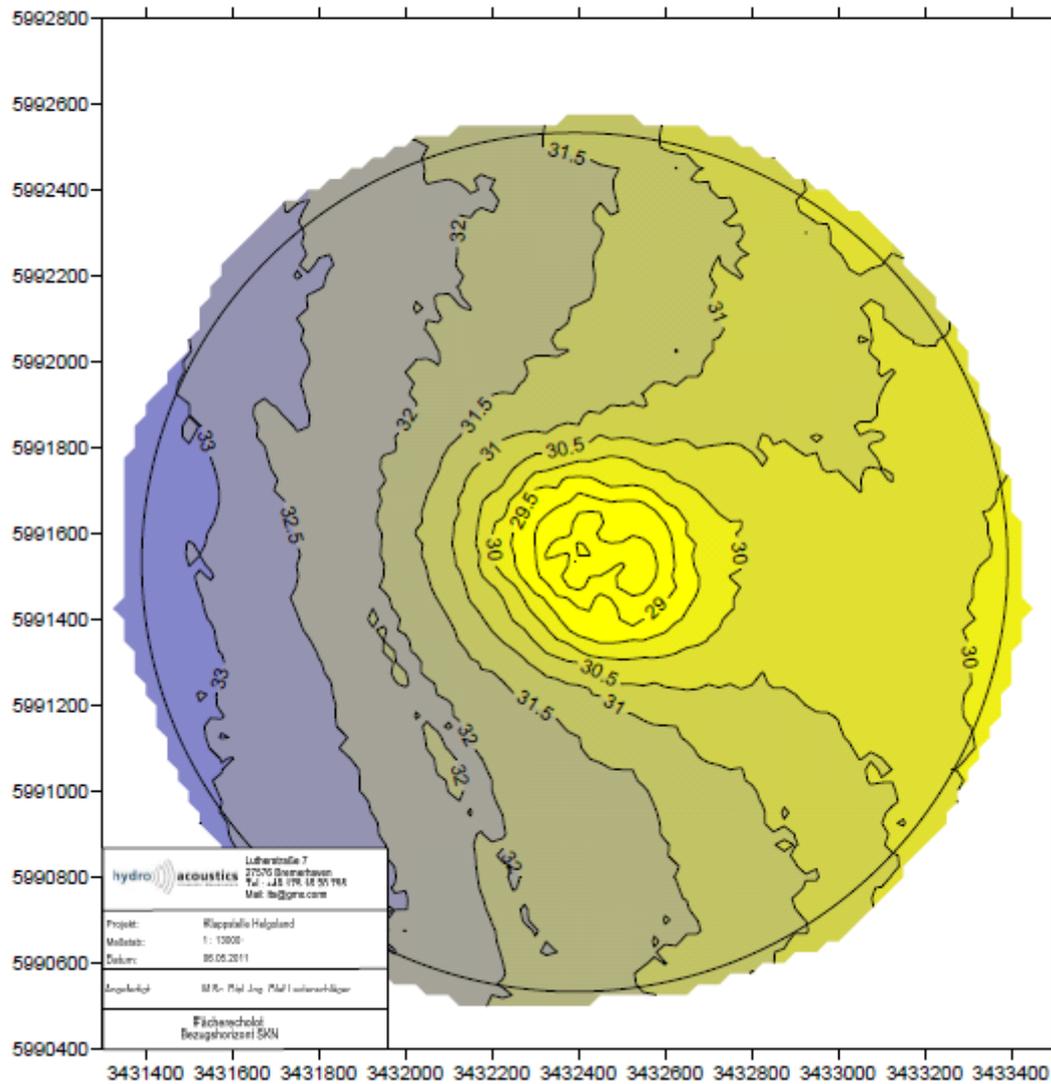


Abbildung A 1 Bathymetrie im 2 km-Umkreis um die Klappstelle vom Juni 2011

Tab A 1 Statistik der chemischen Analyse der verbrachten Sedimente aus dem Köhlbrand Freigaben 2005-2009, Einordnung der Wert nach der HABAK-WSV

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.% OS	54	0	40,1	54,5	54,3	64,1	69,2
TOC (C)	Gew.% TS	54	0	0,7	2,0	2,1	2,9	4,7
Siebanalyse								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	54	0	8,0	30,3	28,9	37,5	59,1
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	54	0	7,5	22,3	22,5	28,7	30,6
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	53	0	14,0	25,1	25,5	30,9	54,3
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	54	0	2,0	16,5	19,4	28,8	67,7
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	54	0	0,3	1,5	3,2	6,7	24,5
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-% TS	53	4	<0	0,2	0,4	1,0	2,1
Fraktion 1000-2000 µm	Gew.-% TS	54	8	<0	0,2	0,3	0,8	2,0
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	54	22	<0	0,0	0,3	0,7	3,3
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	54	0	15,5	53,3	51,4	62,5	83,2
Summenparameter								
Stickstoff	mg/kg TS	54	0	700	2200	2212	2983	5000
Phosphor	mg/kg TS	54	0	420	890	904	1170	1460
Schwefel	mg/kg TS	43	0	1000	2400	2361	2880	3300
Metalle aus der Gesamtfraction								
Arsen	mg/kg TS	30	0	4	13	13	16	19
Blei	mg/kg TS	30	0	13	28	28	36	39
Cadmium	mg/kg TS	30	0	0,5	1,1	1,0	1,3	1,7
Chrom	mg/kg TS	30	0	12	25	26	37	55
Kupfer	mg/kg TS	30	0	10	28	27	33	34
Nickel	mg/kg TS	30	0	5	15	16	20	32
Quecksilber	mg/kg TS	30	0	0,2	0,6	0,6	0,8	0,8
Zink	mg/kg TS	30	0	82	208	200	252	274
Metalle aus der Fraktion <20 µm								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	54	0	24	36	36	40	42
Blei <20 µm	mg/kg TS	54	0	67	89	90	102	128
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	54	0	1,7	2,8	2,9	3,8	4,7
Chrom <20 µm	mg/kg TS	54	0	51	78	79	93	125
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	54	0	53	71	74	90	107
Nickel <20 µm	mg/kg TS	54	0	31	44	42	47	51
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	54	0	1,0	1,7	1,7	2,2	2,5
Zink <20 µm	mg/kg TS	54	0	410	626	627	794	880
Mineralölkohlenwasserstoff								
Mineralöl	mg/kg TS	54	1	<42	82	97	147	290
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	49	40	<9	<25	k.MW	25	32
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	43	1	<25	67	82	128	260
Polycyclische Aromaten								
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	54	0	0,55	1,15	1,35	1,46	11,8
Polychlorierte Biphenyle								
PCB 28	µg/kg TS	54	35	<0,5	<0,5	k.MW	1,3	2,8
PCB 52	µg/kg TS	54	12	<0,5	0,6	0,7	1,1	1,6
PCB 101	µg/kg TS	54	1	<0,5	1,3	1,3	1,9	2,4
PCB 118	µg/kg TS	54	4	<0,5	0,7	0,8	1,1	1,5
PCB 138	µg/kg TS	54	0	0,8	2,2	2,4	3,1	5,3
PCB 153	µg/kg TS	54	0	1,0	3,0	3,3	4,7	6,7
PCB 180	µg/kg TS	54	0	0,6	2,1	2,2	3,2	5,0
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	54	0	4,4	10,7	11,4	15,2	21,8

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Hexachlorcyclohexane								
alpha-HCH	µg/kg TS	54	1	<0,1	0,4	0,5	0,8	1,2
gamma-HCH	µg/kg TS	54	18	<0,1	0,1	0,2	0,4	1,2
DDT + Metabolite								
p,p'-DDE	µg/kg TS	53	0	0,6	2,4	2,5	3,8	6,0
p,p'-DDD	µg/kg TS	53	0	1,7	7,0	7,4	10,0	14,0
p,p'-DDT	µg/kg TS	53	2	<0,5	2,1	2,8	5,2	24,0
Chlorbenzole								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	54	5	<0,37	0,8	0,8	1,2	1,8
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	54	0	0,5	4,4	4,7	7,2	12,0
Organozinnverbindungen								
Monobutylzinn (OZK)	µg /kg TS	54	0	6	28	29	46	61
Dibutylzinn (OZK)	µg /kg TS	54	0	5	15	16	24	35
Tributylzinn (OZK)	µg /kg TS	54	0	34	75	99	157	340
Tetrabutylzinn (OZK)	µg /kg TS	54	1	<1	10	10	17	23
Triphenylzinn (OZK)	µg /kg TS	45	52	<1	<1	k.MW	<1	4
Tricyclohexylzinn (OZK)	µg /kg TS	48	48	<1	<1	k.MW	<1	<1
Sonstige								
O ₂ -Zehrung n. 180 min	g O ₂ /kg TS	52	0	0,2	0,8	0,8	1,1	1,7
umgerechnet auf < 20 µm								
Mineralölkohlenwasserstoffe <20µm								
Mineralöl	mg/kg TS	52	0	179	322	338	559	848
Polycyclische Aromaten <20µm								
PAK Sum6 g.BG	mg/kg TS	52	0	1,01	1,89	2,34	3,43	16,9
Polychlorierte Biphenyle <20µm								
PCB 28	µg/kg TS	52	33	<0,5	<0,5	k.MW	4,3	12,5
PCB 52	µg/kg TS	52	11	<0,5	2,2	2,3	3,1	13,5
PCB 101	µg/kg TS	52	1	<0,5	4,1	5,0	7,4	21,2
PCB 118	µg/kg TS	52	3	<0,5	2,4	2,8	3,9	11,5
PCB 138	µg/kg TS	52	0	3,4	7,2	9,1	14,3	35,6
PCB 153	µg/kg TS	52	0	5,4	9,9	12,6	18,5	59,6
PCB 180	µg/kg TS	52	0	2,8	6,9	8,3	13,7	28,6
PCB Summe7 g. BG	µg/kg TS	52	0	13,6	33,3	41,7	59,9	176,9
Hexachlorcyclohexane <20µm								
alpha-HCH	µg/kg TS	52	1	<0,1	1,6	1,7	2,2	11,5
gamma-HCH	µg/kg TS	52	17	<0,1	0,4	0,7	1,2	9,6
DDT + Metabolite <20µm								
o,p DDE	µg/kg TS	45	43	<0,5	<0,5	k.MW	<0,5	2,6
p,p'-DDE	µg/kg TS	51	0	2,2	8,3	9,0	11,4	26,0
o,p-DDD	µg/kg TS	45	0	3,2	9,4	10,2	13,9	18,6
p,p'-DDD	µg/kg TS	51	0	6,6	25,1	27,8	35,0	134,6
o,p-DDT	µg/kg TS	45	37	<0,5	<0,5	k.MW	2,7	11,5
p,p'-DDT	µg/kg TS	51	2	<0,5	7,8	10,0	17,3	81,4
Summe 6 DDX	µg/kg TS	45	0	13,5	54,6	57,4	78,8	157,4
Chlorbenzole <20µm								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	52	5	<0,5	2,4	2,6	4,3	5,6
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	52	0	1,9	15,1	16,5	24,5	69,2

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

Schadstoffparameter der HABAK sind farblich eingeordnet, Richtwert 1 grün eingefärbt, > Richtwert 2 gelb eingefärbt // Material zur Verbringung mit n=52 statt n=54 (s. Text)

Tab A 2 Statistik der chemischen Analyse der verbrachten Sedimente aus dem Köhlbrand, Freigaben 2005-2009, Einordnung der Wert nach der GÜBAK (2009)

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
TOC (C)	Gew.% TS	54	0	0,7	2,0	2,1	2,9	4,7
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	54	0	8,0	30,3	28,9	37,5	59,1
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	54	0	16	53	51	63	83
Stickstoff	mg/kg TS	54	0	700	2200	2212	2983	5000
Phosphor	mg/kg TS	54	0	420	890	904	1170	1460
Metalle aus der Fraktion <20 µm								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	54	0	24	36	36	40	42
Blei <20 µm	mg/kg TS	54	0	67	89	90	102	128
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	54	0	1,7	2,8	2,9	3,8	4,7
Chrom <20 µm	mg/kg TS	54	0	51	78	79	93	125
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	54	0	53	71	74	90	107
Nickel <20 µm	mg/kg TS	54	0	31	44	42	47	51
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	54	0	1,0	1,7	1,7	2,2	2,5
Zink <20 µm	mg/kg TS	54	0	410	626	627	794	880
Organozinnverbindungen								
Tributylzinn (OZK)	µg /kg TS	54	0	34	75	99	157	340
umgerechnet auf < 63 µm								
Mineralölkohlenwasserstoffe <63µm								
Mineralöl	mg/kg TS	54	1	<50	161	186	302	474
<i>Polycyclische Aromaten <63µm</i>								
PAK Sum16 g.BG	mg/kg TS	47	0	1,25	2,12	2,8	3,41	22,15
Polychlorierte Biphenyle <63µm								
PCB 28	µg/kg TS	54	35	<0,5	<0,5	k.MW	2,8	4,9
PCB 52	µg/kg TS	54	12	<0,5	1,2	1,3	2,2	4,9
PCB 101	µg/kg TS	54	1	<0,5	2,3	2,8	4,3	11,0
PCB 118	µg/kg TS	54	4	<0,5	1,4	1,5	2,2	4,2
PCB 138	µg/kg TS	54	0	1,8	4,1	4,9	7,3	13,5
PCB 153	µg/kg TS	54	0	2,9	5,8	6,8	9,6	21,7
PCB 180	µg/kg TS	54	0	1,5	4,1	4,5	7,9	11,0
PCB Summe7 g. BG	µg/kg TS	54	0	8,2	19,1	23,0	32,1	64,3
Hexachlorcyclohexane <63µm								
alpha-HCH	µg/kg TS	54	1	<0,1	0,9	1,0	1,2	5,7
gamma-HCH	µg/kg TS	54	18	<0,1	0,2	0,4	0,9	3,5
DDT + Metabolite <63µm								
o,p DDE	µg/kg TS	47	45	<0,5	<0,5	k.MW	<0,5	1,5
p,p'-DDE	µg/kg TS	53	0	1,2	4,9	5,1	6,8	17,4
o,p-DDD	µg/kg TS	47	0	1,7	5,4	5,9	7,9	20,6
p,p'-DDD	µg/kg TS	53	0	3,5	14,6	15,4	19,2	49,0
o,p-DDT	µg/kg TS	47	39	<0,5	<0,5	k.MW	1,4	6,6
p,p'-DDT	µg/kg TS	53	2	<0,5	4,6	5,5	9,0	46,6
Summe 6 DDX	µg/kg TS	47	0	7,9	31,3	33,0	42,0	90,1
Chlorbenzole <63µm								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	54	5	<0,5	1,4	1,6	2,2	7,1
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	54	0	1,0	8,5	9,7	13,1	45,9

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

Schadstoffparameter der GÜBAK sind farblich eingeordnet, Richtwert 1 grün eingefärbt, > Richtwert 2 gelb eingefärbt // Material zur Verbringung mit n=52 statt n=54 (s. Text)

**Tab A 3 Statistik der chemischen Analyse der verbrachten Sedimente aus der Süderelbe
Freigaben 2005-2009, Einordnung der Wert nach der HABAK-WSV**

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.% OS	44	0	27,9	43,0	43,4	51,5	63,2
TOC (C)	Gew.% TS	44	0	1,3	3,4	3,5	4,9	5,4
Siebanalyse								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	44	0	17,4	41,9	42,6	54,3	58,3
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	44	0	16,1	28,0	27,4	33,3	36,0
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	43	0	5,0	13,2	14,3	20,9	42,0
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	44	0	0,2	7,9	8,8	14,4	32,2
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	44	0	0,1	3,7	4,8	11,2	13,6
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-% TS	43	1	<0,1	0,6	1,0	2,4	3,5
Fraktion 1000-2000 µm	Gew.-% TS	44	4	<0,1	0,5	0,8	2,0	3,9
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	44	19	<0,1	0,1	0,7	2,4	5,3
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	44	0	40,8	69,8	70,0	84,7	90,9
Summenparameter								
Stickstoff	mg/kg TS	44	0	1400	3730	3684	4510	6650
Phosphor	mg/kg TS	44	0	840	1500	1454	1770	1900
Schwefel	mg/kg TS	43	0	1800	3700	3709	4600	5010
Metalle aus der Gesamtfraktion								
Arsen	mg/kg TS	33	0	10	21	20	24	28
Blei	mg/kg TS	33	0	23	45	47	58	69
Cadmium	mg/kg TS	33	0	0,8	2,0	2,0	2,4	3,0
Chrom	mg/kg TS	33	0	20	37	38	50	59
Kupfer	mg/kg TS	33	0	20	42	42	50	59
Nickel	mg/kg TS	33	0	12	21	22	29	32
Quecksilber	mg/kg TS	33	0	0,3	1,0	1,0	1,3	1,5
Zink	mg/kg TS	33	0	146	348	343	441	493
Metalle aus der Fraktion <20 µm								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	44	0	31	37	37	41	42
Blei <20 µm	mg/kg TS	44	0	84	93	95	108	111
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	44	0	2,8	3,9	3,9	4,6	5,3
Chrom <20 µm	mg/kg TS	44	0	57	74	73	86	101
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	44	0	71	86	88	98	136
Nickel <20 µm	mg/kg TS	44	0	34	44	43	47	49
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	44	0	1,6	1,9	1,9	2,2	2,5
Zink <20 µm	mg/kg TS	44	0	561	723	722	817	937
Mineralölkohlenwasserstoff								
Mineralöl	mg/kg TS	44	1	<50	165	197	330	520
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	43	25	<17	<25	k.MW	44	77
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	43	0	37	141	170	290	453
Polycyclische Aromaten								
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	44	0	0,91	1,86	1,82	2,18	2,62
Polychlorierte Biphenyle								
PCB 28	µg/kg TS	44	8	<0,5	0,9	0,9	1,5	2,6
PCB 52	µg/kg TS	44	1	<0,5	0,9	1,0	1,4	1,9
PCB 101	µg/kg TS	44	0	0,8	1,8	1,8	2,2	2,8
PCB 118	µg/kg TS	44	1	<0,5	1,1	1,1	1,4	1,7
PCB 138	µg/kg TS	44	0	1,8	3,7	3,6	4,6	5,2
PCB 153	µg/kg TS	44	0	2,1	3,9	4,0	5,1	6,7
PCB 180	µg/kg TS	44	0	1,8	2,9	3,0	3,7	4,6
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	44	0	8,3	15,7	15,5	18,2	23,9

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Hexachlorcyclohexane								
alpha-HCH	µg/kg TS	44	0	0,4	0,9	1,0	1,5	2,3
gamma-HCH	µg/kg TS	44	5	<0,1	0,3	0,3	0,5	1,2
DDT + Metabolite								
p,p'-DDE	µg/kg TS	44	0	1,7	4,8	4,9	6,4	8,2
p,p'-DDD	µg/kg TS	44	0	4,5	13,5	14,1	18,7	25,0
p,p'-DDT	µg/kg TS	44	0	1,0	5,5	7,6	13,4	37,0
Chlorbenzole								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	44	0	0,6	1,5	1,6	2,1	2,7
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	44	0	2,7	8,4	9,2	13,0	29,0
Organozinnverbindungen								
Monobutylzinn (OZK)	µg /kg TS	44	0	18	44	55	103	141
Dibutylzinn (OZK)	µg /kg TS	44	0	8	19	20	32	35
Tributylzinn (OZK)	µg /kg TS	44	0	22	71	79	138	180
Tetrabutylzinn (OZK)	µg /kg TS	44	0	8	16	18	25	35
Triphenylzinn (OZK)	µg /kg TS	44	44	<1	<1	k.MW	<1	<1
Tricyclohexylzinn (OZK)	µg /kg TS	44	44	<1	<1	k.MW	<1	<1
Sonstige								
O ₂ -Zehrung n. 180 min	g O ₂ /kg TS	43	0	0,4	1,0	1,1	1,6	2,3
umgerechnet auf < 20 µm								
Mineralölkohlenwasserstoffe <20µm								
Mineralöl	mg/kg TS	44	1	<50	381	460	819	1353
Polycyclische Aromaten <20µm								
PAK Sum6 g.BG	mg/kg TS	44	0	1,32	2,18	2,10	2,50	2,86
Polychlorierte Biphenyle <20µm								
PCB 28	µg/kg TS	44	8	<0,5	2,1	2,1	3,3	8,6
PCB 52	µg/kg TS	44	1	<0,5	2,2	2,4	3,2	4,9
PCB 101	µg/kg TS	44	0	2,7	4,2	4,3	5,4	5,9
PCB 118	µg/kg TS	44	1	<0,5	2,6	2,5	3,0	3,9
PCB 138	µg/kg TS	44	0	5,2	8,6	8,7	11,2	13,7
PCB 153	µg/kg TS	44	0	5,7	9,9	9,6	12,2	14,5
PCB 180	µg/kg TS	44	0	4,6	7,3	7,2	9,0	11,5
PCB Summe7 g. BG	µg/kg TS	44	0	25,7	35,6	36,8	44,0	52,3
Hexachlorcyclohexane <20µm								
alpha-HCH	µg/kg TS	44	0	0,9	2,2	2,4	4,1	6,4
gamma-HCH	µg/kg TS	44	5	<0,1	0,6	0,8	1,2	3,9
DDT + Metabolite <20µm								
o,p DDE	µg/kg TS	43	28	<0,5	<0,5	k.MW	1,6	2,1
p,p'-DDE	µg/kg TS	44	0	7,0	11,4	11,7	14,0	27,0
o,p-DDD	µg/kg TS	43	0	6,3	13,0	12,6	15,1	18,9
p,p'-DDD	µg/kg TS	44	0	17,2	31,8	33,9	42,2	82,2
o,p-DDT	µg/kg TS	43	12	<0,5	1,5	2,0	3,6	14,2
p,p'-DDT	µg/kg TS	44	0	2,7	12,6	18,0	35,7	75,7
Summe 6 DDX	µg/kg TS	43	0	37,5	72,8	76,1	102,1	150,7
Chlorbenzole <20µm								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	44	0	2,0	3,4	3,7	5,0	5,9
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	44	0	11,1	20,0	21,9	29,1	61,2

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

Schadstoffparameter der HABAK sind farblich eingeordnet, Richtwert 1 grün eingefärbt, > Richtwert 2 gelb eingefärbt // Material zur Verbringung mit n=43 statt n=44 (s. Text)

Tab A 4 Statistik der chemischen Analyse der verbrachten Sedimente aus der Süderelbe Freigaben 2005-2009, Einordnung der Wert nach der GÜBAK (2009)

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
TOC (C)	Gew.% TS	44	0	1,3	3,4	3,5	4,9	5,4
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	44	0	17,4	41,9	42,6	54,3	58,3
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	44	0	41	70	70	85	91
Stickstoff	mg/kg TS	44	0	1400	3730	3684	4510	6650
Phosphor	mg/kg TS	44	0	840	1500	1454	1770	1900
Metalle aus der Fraktion <20 µm								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	44	0	31	37	37	41	42
Blei <20 µm	mg/kg TS	44	0	84	93	95	108	111
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	44	0	2,8	3,9	3,9	4,6	5,3
Chrom <20 µm	mg/kg TS	44	0	57	74	73	86	101
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	44	0	71	86	88	98	136
Nickel <20 µm	mg/kg TS	44	0	34	44	43	47	49
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	44	0	1,6	1,9	1,9	2,2	2,5
Zink <20 µm	mg/kg TS	44	0	561	723	722	817	937
Organozinnverbindungen								
Tributylzinn (OZK)	µg /kg TS	44	0	22	71	79	138	180
umgerechnet auf < 63 µm								
Mineralölkohlenwasserstoffe <63µm								
Mineralöl	mg/kg TS	44	1	<50	228	277	479	758
Polycyclische Aromaten <63µm								
PAK Sum16 g.BG	mg/kg TS	43	0	1,69	2,58	2,62	3,21	3,57
Polychlorierte Biphenyle <63µm								
PCB 28	µg/kg TS	44	8	<0,5	1,3	1,3	1,9	3,9
PCB 52	µg/kg TS	44	1	<0,5	1,5	1,4	1,9	2,7
PCB 101	µg/kg TS	44	0	1,8	2,6	2,6	3,0	3,2
PCB 118	µg/kg TS	44	1	<0,5	1,6	1,5	1,9	2,2
PCB 138	µg/kg TS	44	0	3,4	5,2	5,2	6,6	7,1
PCB 153	µg/kg TS	44	0	3,4	5,8	5,8	7,4	8,8
PCB 180	µg/kg TS	44	0	2,9	4,3	4,4	5,3	6,9
PCB Summe7 g. BG	µg/kg TS	44	0	16,5	22,4	22,2	26,4	30,6
Hexachlorcyclohexane <63µm								
alpha-HCH	µg/kg TS	44	0	0,6	1,3	1,4	2,2	3,6
gamma-HCH	µg/kg TS	44	5	<0,1	0,4	0,5	0,7	1,8
DDT + Metabolite <63µm								
o,p DDE	µg/kg TS	43	28	<0,5	<0,5	k.MW	1,0	1,3
p,p'-DDE	µg/kg TS	44	0	4,2	7,1	7,0	8,8	12,4
o,p-DDD	µg/kg TS	43	0	4,2	7,9	7,7	9,1	11,9
p,p'-DDD	µg/kg TS	44	0	11,0	20,8	20,3	26,5	37,8
o,p-DDT	µg/kg TS	43	12	<0,5	1,0	1,3	2,2	8,8
p,p'-DDT	µg/kg TS	44	0	1,6	7,8	10,7	21,6	40,7
Summe 6 DDX	µg/kg TS	43	0	22,9	45,3	46,5	59,6	93,2
Chlorbenzole <63µm								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	44	0	1,2	2,1	2,2	3,0	3,7
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	44	0	6,6	12,2	13,2	18,2	42,0

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

Schadstoffparameter der GÜBAK sind farblich eingeordnet, Richtwert 1 grün eingefärbt, > Richtwert 2 gelb eingefärbt // Material zur Verbringung mit n=43 statt n=44 (s. Text)

**Tab A 5 Statistik der chemischen Analyse der verbrachten Sedimente aus der Norderebbe
Freigaben 2005-2009, Einordnung der Wert nach der HABAK-WSV**

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.% OS	56	0	41,7	56,7	55,8	65,8	71,4
TOC (C)	Gew.% TS	56	0	0,6	1,7	1,8	2,8	3,9
Siebanalyse								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	56	0	6,5	22,7	22,6	34,0	41,9
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	56	0	5,0	22,7	21,8	33,1	42,2
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	54	0	17,0	29,1	29,1	38,0	46,1
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	56	0	2,8	21,0	22,3	37,8	51,2
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	56	0	0,2	2,2	4,4	14,2	23,9
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-% TS	54	1	<0	0,3	0,4	1,0	1,6
Fraktion 1000-2000 µm	Gew.-% TS	56	8	<0	0,1	0,3	0,6	1,0
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	56	29	<0	<0,1	k.MW	0,2	1,0
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	56	0	14,4	44,1	44,4	63,9	76,7
Summenparameter								
Stickstoff	mg/kg TS	56	0	549	1820	1847	2880	3440
Phosphor	mg/kg TS	56	0	330	755	752	1100	1200
Schwefel	mg/kg TS	48	0	750	2000	1972	2930	3400
Metalle aus der Gesamtfraktion								
Arsen	mg/kg TS	34	0	5	12	12	19	20
Blei	mg/kg TS	34	0	8	25	25	35	41
Cadmium	mg/kg TS	34	0	0,3	0,8	0,8	1,3	1,4
Chrom	mg/kg TS	34	0	9	22	24	34	42
Kupfer	mg/kg TS	34	0	13	22	23	33	35
Nickel	mg/kg TS	34	0	5	13	14	20	23
Quecksilber	mg/kg TS	34	0	0,1	0,5	0,5	0,7	0,8
Zink	mg/kg TS	34	0	70	159	169	255	276
Metalle aus der Fraktion <20 µm								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	56	0	20	37	36	42	46
Blei <20 µm	mg/kg TS	56	0	60	89	88	95	122
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	56	0	1,7	2,7	2,7	3,3	4,1
Chrom <20 µm	mg/kg TS	56	0	50	77	77	94	116
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	56	0	44	74	75	91	115
Nickel <20 µm	mg/kg TS	56	0	30	44	43	49	57
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	56	0	1,2	1,6	1,6	1,9	2,3
Zink <20 µm	mg/kg TS	56	0	310	588	584	677	870
Mineralölkohlenwasserstoff								
Mineralöl	mg/kg TS	56	19	<41	64	81	115	310
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	54	42	<5	<25	k.MW	29	60
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	48	5	<25	51	64	114	250
Polycyclische Aromaten								
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	56	0	0,39	0,87	0,96	1,16	3,64
Polychlorierte Biphenyle								
PCB 28	µg/kg TS	56	41	<0,5	<0,5	k.MW	1,8	2,0
PCB 52	µg/kg TS	56	28	<0,5	0,0	0,7	1,1	1,8
PCB 101	µg/kg TS	56	1	<0,5	1,0	1,1	1,6	2,9
PCB 118	µg/kg TS	56	14	<0,37	0,6	0,7	0,9	1,5
PCB 138	µg/kg TS	56	1	<0,5	1,8	2,0	2,9	5,5
PCB 153	µg/kg TS	56	1	<0,5	2,2	2,4	3,8	7,3
PCB 180	µg/kg TS	56	1	<0,5	1,5	1,7	2,7	5,2
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	56	0	3,7	8,3	9,3	13,5	25,3

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Hexachlorcyclohexane								
alpha-HCH	µg/kg TS	56	0	0,1	0,3	0,3	0,5	1,4
gamma-HCH	µg/kg TS	56	23	<0,1	0,1	0,2	0,4	1,2
DDT + Metabolite								
p,p'-DDE	µg/kg TS	53	1	<0,5	1,9	2,1	3,4	4,4
p,p'-DDD	µg/kg TS	53	0	1,3	4,9	5,4	8,5	14,0
p,p'-DDT	µg/kg TS	53	10	<0,5	1,0	1,3	2,4	5,3
Chlorbenzole								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	56	23	<0,25	0,5	0,6	0,8	1,4
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	56	0	0,8	2,6	3,0	5,3	6,9
Organozinnverbindungen								
Monobutylzinn (OZK)	µg /kg TS	56	0	7	27	31	51	142
Dibutylzinn (OZK)	µg /kg TS	56	0	6	12	15	22	33
Tributylzinn (OZK)	µg /kg TS	56	0	23	71	97	181	430
Tetrabutylzinn (OZK)	µg /kg TS	56	0	2	8	10	16	33
Triphenylzinn (OZK)	µg /kg TS	56	55	<1	<1	k.MW	<1	1
Tricyclohexylzinn (OZK)	µg /kg TS	50	49	<1	<1	k.MW	<1	3
Sonstige								
O ₂ -Zehrung n. 180 min	g O ₂ /kg TS	52	0	0,3	0,6	0,8	1,2	1,8
umgerechnet auf < 20 µm								
Mineralölkohlenwasserstoffe <20µm								
Mineralöl	mg/kg TS	54	18	<50	236	305	698	1429
Polycyclische Aromaten <20µm								
PAK Sum6 g.BG	mg/kg TS	54	0	0,93	1,83	2,16	3,45	12,2
Polychlorierte Biphenyle <20µm								
PCB 28	µg/kg TS	54	39	<0,5	<0,5	k.MW	6,1	9,1
PCB 52	µg/kg TS	54	26	<0,5	1,9	2,1	4,6	12,5
PCB 101	µg/kg TS	54	1	<0,5	4,3	5,3	8,4	16,7
PCB 118	µg/kg TS	54	13	<0,5	2,3	2,6	4,7	12,5
PCB 138	µg/kg TS	54	1	<0,5	7,8	8,9	14,3	19,9
PCB 153	µg/kg TS	54	1	<0,5	9,3	10,7	16,8	26,4
PCB 180	µg/kg TS	54	1	<0,5	6,5	7,5	12,0	18,8
PCB Summe7 g. BG	µg/kg TS	54	0	9,5	34,6	38,9	59,4	103
Hexachlorcyclohexane <20µm								
alpha-HCH	µg/kg TS	54	0	0,6	1,3	1,5	2,6	4,1
gamma-HCH	µg/kg TS	54	22	<0,1	0,4	0,8	1,7	5,1
DDT + Metabolite <20µm								
o,p DDE	µg/kg TS	46	46	<0,5	<0,5	k.MW	<0,5	<0,5
p,p'-DDE	µg/kg TS	51	1	<0,5	9,4	9,4	12,9	19,0
o,p-DDD	µg/kg TS	46	0	4,3	9,4	9,7	12,9	20,0
p,p'-DDD	µg/kg TS	51	0	10,8	23,0	25,0	38,2	66,7
o,p-DDT	µg/kg TS	46	42	<0,5	<0,5	k.MW	<0,5	11,4
p,p'-DDT	µg/kg TS	51	9	<0,5	4,8	5,5	9,3	22,7
Summe 6 DDX	µg/kg TS	46	0	19,7	49,1	49,9	71,4	112
Chlorbenzole <20µm								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	54	21	<0,5	1,7	1,8	3,2	5,8
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	54	0	6,5	12,0	13,1	19,2	28,1

BG = Bestimmungsgrenze, Werte < BG als ganze BG angenommen (worst-case-Annahme), k.MW = wenn > 50 % der Proben < BG wurde kein Mittelwert berechnet // Schadstoffparameter der HABAK sind farblich eingeordnet, Richtwert 1 grün eingefärbt, > Richtwert 2 gelb eingefärbt // Material zur Verbringung mit n=52 statt n=56 (s. Text)

Tab A 6 Statistik der chemischen Analyse der verbrachten Sedimente aus der Nordereibe Freigaben 2005-2009, Einordnung der Wert nach der GÜBAK (2009)

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
TOC (C)	Gew.% TS	56	0	0,6	1,7	1,8	2,8	3,9
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	56	0	6,5	22,7	22,6	34,0	41,9
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	56	0	14	44	44	64	77
Stickstoff	mg/kg TS	56	0	549	1820	1847	2880	3440
Phosphor	mg/kg TS	56	0	330	755	752	1100	1200
Metalle aus der Fraktion <20 µm								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	56	0	20	37	36	42	46
Blei <20 µm	mg/kg TS	56	0	60	89	88	95	122
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	56	0	1,7	2,7	2,7	3,3	4,1
Chrom <20 µm	mg/kg TS	56	0	50	77	77	94	116
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	56	0	44	74	75	91	115
Nickel <20 µm	mg/kg TS	56	0	30	44	43	49	57
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	56	0	1,2	1,6	1,6	1,9	2,3
Zink <20 µm	mg/kg TS	56	0	310	588	584	677	870
Organozinnverbindungen								
Tributylzinn (OZK)	µg /kg TS	56	0	23	71	97	181	430
umgerechnet auf < 63 µm								
Mineralölkohlenwasserstoffe <63µm								
Mineralöl	mg/kg TS	56	19	<50	126	162	295	764
Polycyclische Aromaten <63µm								
PAK Sum16 g.BG	mg/kg TS	48	0	1,06	1,89	2,38	3,20	15,4
Polychlorierte Biphenyle <63µm								
PCB 28	µg/kg TS	56	41	<0,5	<0,5	k.MW	3,4	5,1
PCB 52	µg/kg TS	56	28	<0,5	0,2	1,1	2,4	4,3
PCB 101	µg/kg TS	56	1	<0,5	2,3	2,7	4,2	6,5
PCB 118	µg/kg TS	56	14	<0,5	1,2	1,3	2,2	4,3
PCB 138	µg/kg TS	56	1	<0,5	4,1	4,6	7,1	12,4
PCB 153	µg/kg TS	56	1	<0,5	5,1	5,6	8,3	16,4
PCB 180	µg/kg TS	56	1	<0,5	3,2	4,0	6,5	12,0
PCB Summe7 g. BG	µg/kg TS	56	0	5,0	17,8	20,5	28,9	57,0
Hexachlorcyclohexane <63µm								
alpha-HCH	µg/kg TS	56	0	0,4	0,6	0,7	1,2	2,1
gamma-HCH	µg/kg TS	56	23	<0,1	0,2	0,4	1,1	2,5
DDT + Metabolite <63µm								
o,p DDE	µg/kg TS	48	48	<0,5	<0,5	k.MW	<0,5	<0,5
p,p'-DDE	µg/kg TS	53	1	<0,5	4,4	4,6	6,5	11,6
o,p-DDD	µg/kg TS	48	0	2,8	4,6	4,6	6,1	8,5
p,p'-DDD	µg/kg TS	53	0	5,0	11,6	12,1	15,7	29,5
o,p-DDT	µg/kg TS	48	43	<0,5	<0,5	k.MW	0,7	5,3
p,p'-DDT	µg/kg TS	53	10	<0,5	2,4	2,7	4,1	12,8
Summe 6 DDX	µg/kg TS	48	0	12,9	23,6	24,6	33,3	44,0
Chlorbenzole <63µm								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	56	23	<0,5	1,0	1,0	1,6	2,3
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	56	0	3,4	6,1	6,8	9,3	21,7

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

Schadstoffparameter der GÜBAK sind farblich eingeordnet, Richtwert 1 grün eingefärbt, > Richtwert 2 gelb eingefärbt // Material zur Verbringung mit n=52 statt n=56 (s. Text)

Tab A 7 Ergebnisse der ökotoxikologischen Testbatterien an Sedimenten aus dem Köhlbrand (2005 bis 2009, alle Freigabebeprobungen, extra verbrachte Probe aus 2007 ausgeschlossen)

Limnische Biotests (n = 49)				
pT-Stufe	Porenwasser (PW) Eluate (EL)	Leucht- bakterientest Anzahl	Algentest Anzahl	Daphnien- test Anzahl
pT0	PW	38	7	6
	EL	47	14	25
pT1	PW	3	7	22
	EL	0	13	22
pT2	PW	4	11	20
	EL	2	8	2
pT3	PW	3	19	1
	EL	0	9	0
pT4	PW	1	5	0
	EL	0	5	0
pT5	PW	0	0	0
	EL	0	0	0

Toxizitätsklasse limnisch	
Klasse	Anzahl
0	1
I	4
II	14
III	19
IV	11
V	0
VI	0

Limnischer Kontakttest	Hemmung (Anzahl)	
Arthrobacter globiformis	< 40 %	> 40 %
Hemmung 1g FG [%]	42	3
Hemmung 2g FG [%]	34	11
Hemmung 3g FG [%]	24	21

Marine Biotests (n = 49)				
pTStufe	Porenwasser (PW) Eluate (EL)	Leuchtbakterientest* Anzahl*	Algentest Anzahl	Toxizitätsklasse Anzahl
pT0	PW	38	8	2
	EL	47	20	
pT1	PW	3	15	15
	EL	1	17	
pT2	PW	4	11	13
	EL	1	1	
pT3	PW	3	8	8
	EL	0	6	
pT4	PW	1	7	11
	EL	0	5	

*PW Leuchtbakterien marin und limnisch identisch

Mariner Amphipodentest Mortalität Corophium volutator (%)	Hemmung (Anzahl)		
	< 20 %	> 20 %	> 40 %
Anzahl n = 49	39	1	9

Hemmung > 20 % leicht toxisch, > 40 % toxisch (Klassifikation nach einer Empfehlung der BfG)
Toxizität s. Text Abschn. 3.2

Tab A 8 Ergebnisse der ökotoxikologischen Testbatterien an Sedimenten aus der Süderelbe (2005 bis 2009, alle Freigabebeprobungen, extra verbrachte Probe aus 2007 ausgeschlossen)

Limnische Biotests (n = 39)					Toxizitätsklasse limnisch			
pT-Stufe	Porenwasser (PW) Eluate (EL)	Leucht- bakterientest Anzahl	Algentest Anzahl	Daphnien- test Anzahl	Klasse	Anzahl		
pT0	PW	32	2	1	0	0		
	EL	35	5	6				
pT1	PW	4	3	4			I	1
	EL	3	7	23			II	7
pT2	PW	3	10	23			III	16
	EL	1	12	7			IV	15
pT3	PW	0	12	10	V	0		
	EL	0	8	3	VI	0		
pT4	PW	0	12	1				
	EL	0	7	0				
pT5	PW	0	0	0				
	EL	0	0	0				

Limnischer Kontakttest	Hemmung (Anzahl)	
Arthrobacter globiformis	< 40 %	> 40 %
Hemmung 1g FG [%]	37	2
Hemmung 2g FG [%]	21	18
Hemmung 3g FG [%]	10	29

Marine Biotests (n = 39)				
pTStufe	Porenwasser (PW) Eluate (EL)	Leuchtbakterientest* Anzahl*	Algentest Anzahl	Toxizitätsklasse Anzahl
pT0	PW	32	3	1
	EL	35	5	
pT1	PW	3	7	4
	EL	3	15	
pT2	PW	3	16	19
	EL	0	9	
pT3	PW	0	8	9
	EL	0	8	
pT4	PW	0	5	6
	EL	1	2	

*PW Leuchtbakterien marin und limnisch identisch

Mariner Amphipodentest Mortalität Corophium volutator (%)	Hemmung (Anzahl)		
	< 20 %	> 20 %	> 40 %
Anzahl n = 39	32	3	4

Hemmung > 20 % leicht toxisch, > 40 % toxisch (Klassifikation nach einer Empfehlung der BfG)
Toxizität s. Text Abschn. 3.2

Tab A 9 Ergebnisse der ökotoxikologischen Testbatterien an Sedimenten aus der Norderelbe (2005 bis 2009, alle Freigabebeprobungen, extra verbrachte Probe aus 2007 ausgeschlossen)

Limnische Biotests (n = 43)				
pT-Stufe	Porenwasser (PW) Eluate (EL)	Leucht- bakterientest Anzahl	Algentest Anzahl	Daphnien- test Anzahl
pT0	PW	34	9	7
	EL	38	16	18
pT1	PW	2	5	16
	EL	5	2	22
pT2	PW	5	16	19
	EL	0	8	2
pT3	PW	2	9	0
	EL	0	11	1
pT4	PW	0	4	0
	EL	0	6	0
pT5	PW	0	0	0
	EL	0	0	0

Toxizitätsklasse limnisch	
Klasse	Anzahl
0	0
I	3
II	13
III	18
IV	9
V	0
VI	0

Limnischer Kontakttest	Hemmung (Anzahl)	
Arthrobacter globiformis	< 40 %	> 40 %
Hemmung 1g FG [%]	43	6
Hemmung 2g FG [%]	31	12
Hemmung 3g FG [%]	25	18

Marine Biotests (n = 43)				
pTStufe	Porenwasser (PW) Eluate (EL)	Leuchtbakterientest* Anzahl*	Algentest Anzahl	Toxizitätsklasse Anzahl
pT0	PW	34	5	4
	EL	41	20	
pT1	PW	2	15	10
	EL	2	13	
pT2	PW	5	20	19
	EL	0	3	
pT3	PW	2	3	7
	EL	0	4	
pT4	PW	0	0	3
	EL	0	3	

*PW Leuchtbakterien marin und limnisch identisch

Mariner Amphipodentest Mortalität Corophium volutator (%)	Hemmung (Anzahl)		
	< 20 %	> 20 %	> 40 %
Anzahl n = 43	35	5	3

Hemmung > 20 % leicht toxisch, > 40 % toxisch (Klassifikation nach einer Empfehlung der BfG)
Toxizität s. Text Abschn. 3.2

Tab A 10 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
2005-1	2,2 a,b	6	2,2 a	6	3,5 a	4
2006-1	1,7 b	6	3,3 a	6	2,0 a	4
2006-2	3,2 a,b	6	3,2 a	5	3,2 a	5
2007-1*	3,0 a,b	6	3,2 a	9	3,0 a	5
2007-2	3,3 a	6	2,8 a	5	3,4 a	5
2008-1	3,0 a,b	11	2,7 a	6	3,4 a	8
2009-2*	3,0 a,b	8	1,8 a	6	3,3 a	8
Gesamt	2,7	49	2,8	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 Nemenyi, $p < 0,05$ (*extra verbrachte Proben ausgeschlossen (n=6, s. Text))

Tab A 11 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	1,8 a,b	6	1,8 a	6	2,8 a	4
2006-1	1,2 b	6	0,7 a	6	2,0 a	4
2006-2	1,5 a,b	6	2,6 a	5	2,0 a	5
2007-1*	3,5 a,b	6	2,7 a	11	3,4 a	5
2007-2	4,0 a	6	1,2 a	5	2,4 a	5
2008-1	1,5 a,b	11	1,8 a	6	1,9 a	8
2009-2*	2,5 a,b	8	2,0 a	6	2,5 a	8
Gesamt	2,2	49	1,9	43	2,4	39

a,b = unterschiedliche Buchstaben geben signifikant verschiedene Beprobungstermine jeweils eines Baggergebietes an. Durchgeführter Test: Kruskal-Wallis / H-Test mit Post-Hoc Nemenyi, $p < 0,05$ (*extra verbrachte Proben ausgeschlossen (n=6, s. Text))

Tab A 12 Statistik der chemischen Analysen an der Einbringstelle E3 (1-km-Ring, April 2011)

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.% OS	20	0	56	62,9	64,0	70,0	75,0
TOC (C)	Gew.% TS	20	0	0,3	0,9	0,8	1,0	1,1
Siebanalyse								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	20	0	8,2	28,2	25,7	36,7	37,4
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	20	0	2,5	22,7	19,8	26,6	28,0
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	20	0	4,2	27,7	26,1	33,3	35,6
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	20	0	7,9	15,8	22,5	46,1	55,4
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	20	0	1,1	2,2	4,7	8,7	28,2
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-% TS	20	0	0,1	0,3	0,3	0,5	0,9
Fraktion 1000-2000 µm	Gew.-% TS	20	0	0,1	0,3	0,3	0,4	0,4
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	20	0	0,1	0,6	0,6	1,2	1,3
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	20	0	10,7	51,5	45,5	62,6	65,4
Summenparameter								
Stickstoff	mg/kg TS	20	0	264,0	946,5	867,3	1153,0	1180
Schwefel	mg/kg TS	20	0	690,0	3000,0	2974,5	4530,0	5300
Phosphor	mg/kg TS	20	0	220,0	410,0	411,0	511,0	530
Metalle aus der Gesamtfraction								
Arsen	mg/kg TS	20	0	3,3	9,2	9	12	14,0
Blei	mg/kg TS	20	0	7,6	22,5	20,2	28	28,0
Cadmium	mg/kg TS	20	1	<0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
Chrom	mg/kg TS	20	0	7,3	27,5	26,4	36,2	38,0
Kupfer	mg/kg TS	20	0	9	12	12,2	13,1	15,0
Nickel	mg/kg TS	20	0	3,2	12	11,6	15,1	16,0
Quecksilber	mg/kg TS	20	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Zink	mg/kg TS	20	0	28,0	69,0	68,5	84,2	87,0
Metalle aus der Fraktion < 20 µm								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	20	0	21,0	28,0	28,2	32	33
Blei <20 µm	mg/kg TS	20	0	65,0	75,0	75,3	79,3	84,0
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	20	0	0,4	0,6	0,6	0,7	0,8
Chrom <20 µm	mg/kg TS	20	0	70,0	90,5	89,8	98	106,0
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	20	0	26,0	33,5	34,2	38,1	41,0
Nickel <20 µm	mg/kg TS	20	0	33,0	39,0	38,8	41,1	44,0
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	20	0	0,3	0,6	0,6	0,7	0,9
Zink <20 µm	mg/kg TS	20	0	167,0	215,0	215,3	241,1	247,0
Mineralölkohlenwasserstoff								
Mineralöl	mg/kg TS	20	20	<20	<20	k.MW	<20	<20
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	20	20	<10	<10	k.MW	<10	<10
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	20	11	<13	<10	k.MW	13,2	17,0
Polycyclische Aromaten								
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	20	0	0,36	0,44	0,51	0,65	1,35
Polychlorierte Biphenyle								
PCB 28	µg/kg TS	20	2	<0,1	0,26	0,26	0,35	0,46
PCB 52	µg/kg TS	20	1	<0,1	0,14	0,14	0,19	0,22
PCB 101	µg/kg TS	20	0	0,26	0,36	0,4	0,54	0,76
PCB 118	µg/kg TS	20	0	0,17	0,31	0,32	0,43	0,44
PCB 138	µg/kg TS	20	0	0,37	0,57	0,65	0,9	1,4
PCB 153	µg/kg TS	20	0	0,58	0,8	0,9	1,16	1,9
PCB 180	µg/kg TS	20	0	0,25	0,36	0,49	0,9	1,3
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	20	0	2,1	2,85	3,17	4,37	6,22

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Hexachlorcyclohexane								
alpha-HCH	µg/kg TS	20	9	<0,05	0,06	0,07	0,11	0,18
gamma-HCH	µg/kg TS	20	18	<0,05	<0,05	k.MW	0,05	0,06
DDT + Metabolite								
p,p'-DDE	µg/kg TS	20	0	0,1	0,28	0,28	0,33	0,47
p,p'-DDD	µg/kg TS	20	0	0,26	0,59	0,63	0,84	1,1
p,p'-DDT	µg/kg TS	20	14	<0,1	<0,1	k.MW	0,28	3,4
Chlorbenzole								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	20	4	<0,1	0,15	0,15	0,2	0,4
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	20	0	0,2	0,36	0,56	1,05	2,5
Organozinnverbindungen								
Monobutylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	0	1,8	5,6	5,27	7,41	7,6
Dibutylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	2	<1	1,45	3,8	2,03	47
Tributylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	0	1,7	7,45	27,73	23,9	362,0
Tetrabutylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	19	<1	<1	k.MW	<1	6,9
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
Sonstige								
Sum PCDD/F(I-TE(NATO/CCMS))	ng/kg TS	3	0	0,6	2,8	2,4	3,7	3,9
umgerechnet auf < 20 µm								
Mineralölkohlenwasserstoffe <20µm								
Mineralöl	mg/kg TS	19	19	<20	<20	k.MW	<20	<20
Polycyclische Aromaten <20µm								
PAK Sum6 g.BG	mg/kg TS	19	0	0,54	0,91	1,17	1,75	4,31
Polychlorierte Biphenyle <20µm								
PCB 28	µg/kg TS	19	1	<0,1	1,07	1,03	1,43	1,68
PCB 52	µg/kg TS	19	0	0,33	0,54	0,61	0,9	1,37
PCB 101	µg/kg TS	19	0	0,88	1,42	1,69	2,86	4,35
PCB 118	µg/kg TS	19	0	0,92	1,28	1,33	1,73	2,73
PCB 138	µg/kg TS	19	0	1,26	2,05	2,76	4,68	8,7
PCB 153	µg/kg TS	19	0	2,07	3,19	3,74	6,18	10,56
PCB 180	µg/kg TS	19	0	0,85	1,6	2,1	3,58	8,07
PCB Summe7 g. BG	µg/kg TS	19	0	7,14	11,33	13,27	21,4	37,45
Hexachlorcyclohexane <20µm								
alpha-HCH	µg/kg TS	19	8	<0,05	0,25	0,3	0,61	1,15
gamma-HCH	µg/kg TS	19	17	<0,05	<0,05	k.MW	0,09	0,35
DDT + Metabolite <20µm								
o,p DDE	µg/kg TS	19	19	<0,1	<0,1	k.MW	<0,1	<0,1
p,p'-DDE	µg/kg TS	19	0	0,61	1,11	1,18	1,75	2,1
o,p-DDD	µg/kg TS	19	0	0,37	1,19	1,28	2,54	2,61
p,p'-DDD	µg/kg TS	19	0	0,88	2,8	2,84	4,76	6,21
o,p-DDT	µg/kg TS	19	16	<0,1	<0,1	k.MW	0,54	1,43
p,p'-DDT	µg/kg TS	19	13	<0,1	<0,1	k.MW	2,14	9,29
Chlorbenzole <20µm								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	19	3	<0,1	0,55	0,62	0,95	2,35
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	19	0	0,63	1,64	2,55	4,89	12,10

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

Tab A 13 Statistik der chemischen Analysen im Umfeld der Einbringstelle E3 (April 2010)

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.% OS	32	0	49,3	59,0	60	69,1	72,7
TOC (C)	Gew.% TS	32	0	0,4	0,9	0,9	1,2	1,2
Siebanalyse								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	32	0	13,9	35,4	34,1	44,2	55,7
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	32	0	12,6	26,7	26,3	38,8	47,9
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	32	0	7,5	24,2	24,7	39,1	52,4
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	32	0	0,8	8,5	9,2	15,1	25,6
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	32	0	0,3	1,8	4,1	10,6	22,8
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-% TS	32	0	0,1	0,3	0,4	1	2,3
Fraktion 1000-2000 µm	Gew.-% TS	32	2	<0,1	0,3	0,4	0,7	1,6
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	32	2	<0,1	0,6	0,8	1,6	3,6
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	32	0	27,2	60,4	60,4	81,8	85,6
Summenparameter								
Stickstoff	mg/kg TS	32	0	515	1050	1044	1246	1490
Schwefel	mg/kg TS	32	0	1300	4450	4556	7090	9100
Phosphor	mg/kg TS	32	0	320	450	451	539	620
Metalle aus der Gesamtfraction								
Arsen	mg/kg TS	32	0	4,3	12	11,5	14,9	18,0
Blei	mg/kg TS	32	0	12,0	24,0	24,1	30,9	43,0
Cadmium	mg/kg TS	32	2	<0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
Chrom	mg/kg TS	32	0	19,0	35,0	33,4	41,9	47,0
Kupfer	mg/kg TS	32	0	5,9	12,0	11,3	14,0	17,0
Nickel	mg/kg TS	32	0	7,3	15,0	14,1	17,9	22,0
Quecksilber	mg/kg TS	32	0	0	0,1	0,2	0,2	0,5
Zink	mg/kg TS	32	0	37,0	68,5	71,1	90,9	127,0
Metalle aus der Fraktion <20 µm								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	32	0	22	28,0	28,6	33,0	37
Blei <20 µm	mg/kg TS	32	0	41,0	72,5	70,9	87	97
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	32	0	0,1	0,4	0,5	0,7	1
Chrom <20 µm	mg/kg TS	32	0	61,0	87	86,6	95,7	103
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	32	0	20,0	28,0	28,8	34	41
Nickel <20 µm	mg/kg TS	32	0	27,0	39,0	38,2	41	43
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	32	0	0,2	0,5	0,5	0,8	1,1
Zink <20 µm	mg/kg TS	32	0	120,0	178,0	184,2	236,9	268,0
Mineralölkohlenwasserstoff								
Mineralöl	mg/kg TS	32	24	<20	<20	k.MW	33	46
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	32	29	<10	<10	k.MW	10	16
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	32	16	<10	<10	k.MW	23,8	41
Polycyclische Aromaten								
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	32	0	0,18	0,36	0,42	0,62	1,14
Polychlorierte Biphenyle								
PCB 28	µg/kg TS	32	3	<0,1	0,21	0,24	0,41	0,54
PCB 52	µg/kg TS	32	0	<0,1	0,12	0,16	0,32	0,5
PCB 101	µg/kg TS	32	0	0,12	0,31	0,38	0,66	1,2
PCB 118	µg/kg TS	32	0	0,12	0,3	0,34	0,62	0,92
PCB 138	µg/kg TS	32	0	0,18	0,46	0,58	0,9	2
PCB 153	µg/kg TS	32	0	0,27	0,72	0,9	1,67	2,8
PCB 180	µg/kg TS	32	0	0,13	0,3	0,39	0,6	1,5
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	32	0	1,03	2,41	2,98	5,2	9,02

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Hexachlorcyclohexane								
alpha-HCH	µg/kg TS	32	26	<0,05	<0,05	k.MW	0,06	0,11
gamma-HCH	µg/kg TS	32	31	<0,05	<0,05	k.MW	<0,05	0,05
DDT + Metabolite								
p,p'-DDE	µg/kg TS	32	2	<0,1	0,23	0,26	0,41	0,96
p,p'-DDD	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,31	0,39	0,72	1,9
p,p'-DDT	µg/kg TS	32	29	<0,1	<0,1	k.MW	0,1	0,21
Chlorbenzole								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	32	20	<0,1	<0,1	k.MW	0,14	0,69
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	32	2	<0,1	0,21	0,27	0,39	1,6
Organozinnverbindungen								
Monobutylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	2	<1	4,6	4,8	6,8	15,0
Dibutylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	22	<1	<1	k.MW	1,7	2,7
Tributylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	18	<1	<1	k.MW	3,1	4,4
Tetrabutylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	31	<1	<1	k.MW	<1	1,8
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
Sonstige								
Sum PCDD/F(I-TE(NATO/CCMS))	ng/kg TS	4	0	0,66	1,75	1,92	3,02	3,50
umgerechnet auf < 20 µm								
Mineralölkohlenwasserstoffe <20µm								
Mineralöl	mg/kg TS	32	24	<20	<20	k.MW	115,9	183,7
Polycyclische Aromaten <20µm								
PAK Sum6 g.BG	mg/kg TS	32	0	0,18	0,62	0,68	0,99	1,77
Polychlorierte Biphenyle <20µm								
PCB 28	µg/kg TS	32	3	<0,1	0,61	0,68	1,18	1,46
PCB 52	µg/kg TS	32	8	<0,1	0,35	0,43	1,01	1,35
PCB 101	µg/kg TS	32	0	0,28	0,94	1,15	1,77	4,62
PCB 118	µg/kg TS	32	0	0,26	0,91	1,02	1,66	3,04
PCB 138	µg/kg TS	32	0	0,46	1,5	1,76	2,41	7,69
PCB 153	µg/kg TS	32	0	0,74	2,33	2,72	4,46	10,77
PCB 180	µg/kg TS	32	0	0,39	0,94	1,19	1,83	5,77
PCB Summe7 g. BG	µg/kg TS	32	0	2,34	7,79	8,94	13,88	34,69
Hexachlorcyclohexane <20µm								
alpha-HCH	µg/kg TS	32	26	<0,05	<0,05	k.MW	0,18	0,24
gamma-HCH	µg/kg TS	32	31	<0,05	<0,05	k.MW	<0,05	0,11
DDT + Metabolite <20µm								
o,p DDE	µg/kg TS	32	31	<0,1	<0,1	k.MW	<0,1	0,26
p,p'-DDE	µg/kg TS	32	2	<0,1	0,69	0,76	1,26	2,11
o,p-DDD	µg/kg TS	32	9	<0,1	0,39	0,5	1,03	1,78
p,p'-DDD	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,89	1,13	2,13	4,17
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	29	<0,1	<0,1	k.MW	0,1	0,67
Chlorbenzole <20µm								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	32	20	<0,1	<0,1	k.MW	0,49	1,84
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	32	2	<0,1	0,64	0,79	1,13	4,27

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

Tab A 14 Statistik der chemischen Analysen an der Einbringstelle E3 (August 2011)

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.% OS	20	0	56,9	63,3	63,9	69,8	74,7
TOC (C)	Gew.% TS	20	0	0,3	0,9	0,8	1,0	1,2
Siebanalyse								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	20	0	3,9	23,9	23,7	34,3	38,9
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	20	0	2,8	20,4	17,9	26,1	27,3
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	20	0	7,1	28,4	27,2	34,5	36,0
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	20	0	8,6	18,5	23,9	47,6	49,3
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	20	0	1,2	2,4	6,0	11,9	37,4
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-% TS	20	0	0,1	0,2	0,3	0,6	1,6
Fraktion 1000-2000 µm	Gew.-% TS	20	1	<0,1	0,3	0,3	0,5	0,7
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	20	0	0,1	0,6	0,7	1,1	2,4
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	20	0	6,7	45,3	41,7	59,8	63,2
Summenparameter								
Stickstoff	mg/kg TS	20	0	275	903	858	1331	1410
Phosphor	mg/kg TS	20	0	680	3050	2744	3930	4500
Schwefel	mg/kg TS	20	0	190	400	367	440	450
Metalle aus der Gesamtfraktion								
Arsen	mg/kg TS	20	0	3,2	8,5	8,4	11,1	13,0
Blei	mg/kg TS	20	0	6,0	19,5	17,9	24,0	28,0
Cadmium	mg/kg TS	20	1	<0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
Chrom	mg/kg TS	20	0	7,6	26,0	24,7	32,2	41,0
Kupfer	mg/kg TS	20	0	9,8	12,0	11,8	13,1	15,0
Nickel	mg/kg TS	20	0	2,8	9,0	8,2	11,0	16,0
Quecksilber	mg/kg TS	20	0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2
Zink	mg/kg TS	20	0	36,0	77,5	72,8	88,2	98,0
Metalle aus der Fraktion <20 µm								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	20	0	22,0	26,5	26,9	29,2	32,0
Blei <20 µm	mg/kg TS	20	0	57,0	68,0	67,9	76,1	78,0
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	20	0	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8
Chrom <20 µm	mg/kg TS	20	0	74,0	87,5	87,5	97,1	98,0
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	20	0	24,0	28,5	30,6	36,2	44,0
Nickel <20 µm	mg/kg TS	20	0	33,0	38,0	37,1	39,1	40,0
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	20	0	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
Zink <20 µm	mg/kg TS	20	0	185,0	219,0	224,3	248,5	293,0
Mineralölkohlenwasserstoff								
Mineralöl	mg/kg TS	20	5	<20	24,5	24,0	28,1	31,0
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	20	20	<10	<10	k.MW	<10	<10
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	20	0	12,0	21,5	19,5	23,2	25,0
Polycyclische Aromaten								
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	20	0	0,32	0,40	0,42	0,54	0,70
Polychlorierte Biphenyle								
PCB 28	µg/kg TS	20	2	<0,1	0,19	0,19	0,27	0,35
PCB 52	µg/kg TS	20	8	<0,1	0,10	0,12	0,16	0,21
PCB 101	µg/kg TS	20	0	0,18	0,32	0,36	0,48	0,80
PCB 118	µg/kg TS	20	0	0,13	0,26	0,26	0,37	0,42
PCB 138	µg/kg TS	20	0	0,34	0,54	0,62	0,99	1,00
PCB 153	µg/kg TS	20	0	0,61	0,87	0,94	1,40	1,7
PCB 180	µg/kg TS	20	0	0,19	0,41	0,51	0,98	1,2
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	20	0	1,84	2,85	2,99	4,25	5,02

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Hexachlorcyclohexane								
alpha-HCH	µg/kg TS	20	15	<0,05	<0,05	k.MW	0,09	0,15
gamma-HCH	µg/kg TS	20	20	<0,05	<0,05	k.MW	<0,05	<0,05
DDT + Metabolite								
p,p'-DDE	µg/kg TS	20	0	0,13	0,23	0,24	0,37	0,42
p,p'-DDD	µg/kg TS	20	0	0,27	0,64	0,65	0,98	1,4
p,p'-DDT	µg/kg TS	20	8	<0,1	0,11	0,33	0,93	1,6
Chlorbenzole								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	20	3	<0,1	0,13	0,13	0,16	0,18
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	20	0	0,21	0,37	0,44	0,76	0,92
Organozinnverbindungen								
Monobutylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	0	3,6	7,2	7,3	9,7	14
Dibutylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	0	1,5	2,5	2,4	2,8	3,4
Tributylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	0	2,3	11,5	11,4	20	32,0
Tetrabutylzinn (OZK)	µg /kg TS	20	17	<1	<1	k.MW	1,5	2,6
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
Sonstige								
Sum PCDD/F(I-TE(NATO/CCMS))	ng/kg TS	3	0	0,3	2,5	1,9	2,8	2,9
umgerechnet auf < 20 µm								
Mineralölkohlenwasserstoffe <20µm								
Mineralöl	mg/kg TS	18	3	<20	86,2	90,8	133,5	217,4
Polycyclische Aromaten <20µm								
PAK Sum6 g.BG	mg/kg TS	18	0	0,53	0,87	0,98	1,57	1,89
Polychlorierte Biphenyle <20µm								
PCB 28	µg/kg TS	18	1	<0,1	0,82	0,77	1,01	1,18
PCB 52	µg/kg TS	18	7	<0,1	0,37	0,36	0,69	0,9
PCB 101	µg/kg TS	18	0	0,56	1,37	1,46	2,67	2,99
PCB 118	µg/kg TS	18	0	0,69	1,06	1,09	1,39	1,54
PCB 138	µg/kg TS	18	0	1,06	2,20	2,69	5,22	5,97
PCB 153	µg/kg TS	18	0	1,94	3,25	4,13	8,56	9,6
PCB 180	µg/kg TS	18	0	0,59	1,6	2,35	5,36	6,78
PCB Summe7 g. BG	µg/kg TS	18	0	5,54	11,03	12,84	24,91	28,36
Hexachlorcyclohexane <20µm								
alpha-HCH	µg/kg TS	18	14	<0,05	<0,05	k.MW	0,5	0,94
gamma-HCH	µg/kg TS	18	18	<0,05	<0,05	k.MW	<0,05	<0,05
DDT + Metabolite <20µm								
o,p DDE	µg/kg TS	18	18	<0,1	<0,1	k.MW	<0,1	<0,1
p,p'-DDE	µg/kg TS	18	0	0,5	1,02	1,04	1,72	1,98
o,p-DDD	µg/kg TS	18	1	<0,1	0,99	1,15	2,28	2,74
p,p'-DDD	µg/kg TS	18	0	0,82	2,36	2,94	5,75	6,6
o,p-DDT	µg/kg TS	18	16	<0,1	<0,1	k.MW	0,27	1,3
p,p'-DDT	µg/kg TS	18	8	<0,1	0,36	1,62	4,97	7,55
Chlorbenzole <20µm								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	18	2	<0,1	0,53	0,56	0,92	1,03
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	18	0	0,66	1,73	2,05	3,64	5,17

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

Tab A 15 Statistik der chemischen Analysen im Umfeld der Einbringstelle (August 2011)

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.% OS	32	0	51,9	58,0	59,5	67,5	69,3
TOC (C)	Gew.% TS	32	0	0,4	1,0	0,9	1,1	1,5
Siebanalyse								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	32	0	8,2	30,1	31,1	42,9	56,8
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	32	0	11,2	21,7	23,0	32,3	40,5
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	32	0	10,1	26,4	27,3	41,8	46,5
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	32	0	0,7	10	10,7	14,7	26,2
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	32	0	0,2	2,6	5	13,8	27,5
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-% TS	32	2	<0,1	0,4	1,2	1,9	18
Fraktion 1000-2000 µm	Gew.-% TS	32	0	0,1	0,4	0,6	1	2,2
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	31	4	<0,1	1,1	1,1	2,3	3,5
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	32	0	20,7	56,4	54,1	73,7	82,5
Summenparameter								
Stickstoff	mg/kg TS	32	0	499	1080	1021	1189	1520
Phosphor	mg/kg TS	32	0	1200	4000	3909	5960	6200
Schwefel	mg/kg TS	32	0	280	420	413	480	620
Metalle aus der Gesamtfraction								
Arsen	mg/kg TS	32	0	5,5	11,0	10,4	13,0	15,0
Blei	mg/kg TS	32	0	12,0	23,0	22,2	27,8	43,0
Cadmium	mg/kg TS	32	1	<0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
Chrom	mg/kg TS	32	0	17,0	31	29,9	36,9	40,0
Kupfer	mg/kg TS	32	0	6,1	11	11	13,8	18,0
Nickel	mg/kg TS	32	0	4,6	11	10,6	14,0	15,0
Quecksilber	mg/kg TS	32	1	<0,01	0,1	0,1	0,2	0,5
Zink	mg/kg TS	32	0	47,0	78,5	77,2	96,7	144,0
Metalle aus der Fraktion <20 µm								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	32	0	23,0	28,5	28,5	33,9	36,0
Blei <20 µm	mg/kg TS	32	0	42,0	65	65,4	77,7	92,0
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	32	0	0,3	0,5	0,5	0,8	1
Chrom <20 µm	mg/kg TS	32	0	68,0	83,5	84,3	92,0	98,0
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	32	0	18,0	26,0	25,6	28,0	37,0
Nickel <20 µm	mg/kg TS	32	0	30,0	36,5	36,4	38,9	48,0
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	32	0	0,1	0,4	0,4	0,7	1,1
Zink <20 µm	mg/kg TS	32	0	128,0	191,0	197,6	232,7	310,0
Mineralölkohlenwasserstoff								
Mineralöl	mg/kg TS	32	6	<20	24,5	28,4	42,8	62
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	32	31	<10	<10	k.MW	<10	36,0
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	32	2	<10	20,5	21,9	34,3	54,0
Polycyclische Aromaten								
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	32	0	0,18	0,39	0,45	0,72	1,51
Polychlorierte Biphenyle								
PCB 28	µg/kg TS	32	6	<0,1	0,18	0,23	0,32	0,98
PCB 52	µg/kg TS	32	17	<0,1	<0,1	k.MW	0,2	0,8
PCB 101	µg/kg TS	32	0	0,11	0,26	0,36	0,66	1,7
PCB 118	µg/kg TS	32	0	0,13	0,29	0,36	0,69	1,6
PCB 138	µg/kg TS	32	0	0,14	0,46	0,58	1,17	2,4
PCB 153	µg/kg TS	32	0	0,22	0,74	0,9	1,67	4
PCB 180	µg/kg TS	32	1	<0,1	0,3	0,38	0,72	1,8
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	32	0	0,91	2,38	2,95	5,75	13,28

Parameter	Einheit	Anzahl	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Hexachlorcyclohexane								
alpha-HCH	µg/kg TS	32	29	<0,05	<0,05	k.MW	0,05	0,16
gamma-HCH	µg/kg TS	32	31	<0,05	<0,05	k.MW	<0,05	0,1
DDT + Metabolite								
p,p'-DDE	µg/kg TS	32	3	<0,1	0,2	0,25	0,4	1,3
p,p'-DDD	µg/kg TS	32	0	0,13	0,3	0,45	0,83	2,9
p,p'-DDT	µg/kg TS	32	28	<0,1	<0,1	k.MW	0,2	0,4
Chlorbenzole								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	32	20	<0,1	<0,1	k.MW	0,17	0,42
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	32	4	<0,1	0,21	0,22	0,32	0,7
Organozinnverbindungen								
Monobutylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	0	2,2	6,2	6,43	9,9	11
Dibutylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	16	<1	0,25	k.MW	2,38	2,6
Tributylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	13	<1	1,8	2,05	4,09	5
Tetrabutylzinn (OZK)	µg /kg TS	32	29	<1	<1	k.MW	1	2,3
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
Sonstige								
Sum PCDD/F(I-TE(NATO/CCMS))	ng/kg TS	4	0	0,8	1,6	1,5	2	2,1
umgerechnet auf < 20 µm								
Mineralölkohlenwasserstoffe <20µm								
Mineralöl	mg/kg TS	32	6	<20	90,7	95,9	162,9	329,3
Polycyclische Aromaten <20µm								
PAK Sum6 g.BG	mg/kg TS	32	0	0,31	0,67	0,8	1,47	1,9
Polychlorierte Biphenyle <20µm								
PCB 28	µg/kg TS	32	6	<0,1	0,6	0,64	1,25	2,02
PCB 52	µg/kg TS	32	17	<0,1	<0,1	k.MW	0,64	1,99
PCB 101	µg/kg TS	32	0	0,3	0,93	1,23	2,37	5,21
PCB 118	µg/kg TS	32	0	0,45	1,02	1,25	2,54	4,27
PCB 138	µg/kg TS	32	0	0,56	1,62	1,96	3,83	6,64
PCB 153	µg/kg TS	32	0	0,79	2,48	2,99	5,49	9,48
PCB 180	µg/kg TS	32	1	<0,7	1,04	1,24	2,53	3,71
PCB Summe7 g. BG	µg/kg TS	32	0	2,75	8,03	9,65	18,18	32,37
Hexachlorcyclohexane <20µm								
alpha-HCH	µg/kg TS	32	29	<0,05	<0,05	k.MW	0,05	0,33
gamma-HCH	µg/kg TS	32	30	<0,05	<0,05	k.MW	<0,05	0,1
DDT + Metabolite <20µm								
o,p DDE	µg/kg TS	32	31	<0,1	<0,1	k.MW	<0,1	0,47
p,p'-DDE	µg/kg TS	32	3	<0,1	0,6	0,8	1,8	2,68
o,p-DDD	µg/kg TS	32	12	<0,1	0,33	0,47	1,18	2,27
p,p'-DDD	µg/kg TS	32	0	0,6	1,01	1,48	2,52	5,98
o,p-DDT	µg/kg TS	32	31	<0,1	<0,1	k.MW	<0,1	0,25
p,p'-DDT	µg/kg TS	32	28	<0,1	<0,1	k.MW	0,5	1,23
Chlorbenzole <20µm								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	32	20	<0,1	<0,1	k.MW	0,4	0,9
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	32	4	<0,1	0,7	0,7	1,03	1,95

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

Tab A 16 Ermittlung der Messunsicherheit anhand von Doppelbestimmungen (Daten 2005 bis 2011)

Parameter	Nordseeproben	
	ermittelt an 71 Doppelbestimmungen	
Anorganische Parameter	Messunsicherheit in %	Anzahl Doppelbestimmungen > BG**
bestimmt in der Fraktion < 20 µm		
Arsen	6	71
Blei	8	71
Cadmium	15	71
Chrom	9	71
Kupfer	11	71
Nickel	10	71
Quecksilber	18	70
Zink	10	71
Organische Parameter		
bestimmt in Gesamtfraction		
PAK (Summe aus 6 / 16)	25 / 22	70 / 70
Mineralöl-KW (C10-C40)	n.b.	n.b.
PCB (Summe aus 7)	14	53
pp-DDE	17	23
pp-DDD	19	37
pp-DDT	66	6
Hexachlorbenzol	48	26
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

Tab A 17 Ergebnisse der ökotoxikologischen Testbatterien an Sedimenten der Einbringstelle E3 und Umfeld (April 2011)

Einbringstelle (n = 14)				
	Porenwasser (PW)	Leuchtbakterientest	Algentest	Toxizitätsklasse
pTStufe	Eluate (EL)	Anzahl	Anzahl	Anzahl
pT0	PW	13	10 (11)	10 (11)
	EL	14	12 (13)	
pT1	PW	1	1 (2)	1 (2)
	EL	0	0 (1)	
pT2	PW	0	1	0 (1)
	EL	0	0	
pT3	PW	0	2 (0)	3 (0)
	EL	0	2 (0)	
pT4	PW	0	0	0
	EL	0	0	
Umfeld der Einbringstelle (n = 20)				
pT0	PW	18	9 (11)	8 (10)
	EL	20	17 (18)	
pT1	PW	2	4	5
	EL	0	2	
pT2	PW	0	4	3 (4)
	EL	0	0	
pT3	PW	0	2 (1)	3 (1)
	EL	0	1 (0)	
pT4	PW	0	1 (0)	1 (0)
	EL	0	0	

Werte in Klammern geben die Ergebnisse unter Einbeziehung der Wiederholungsuntersuchungen an.

Ergebnisse des Amphipodentests

Mariner Amphipodentest (Anzahl n = 34)	Anzahl Proben Labor 1			Anzahl Proben Labor 2		
	≤ 20 % (Prozent Hemmung)	>20 % (Prozent Hemmung)	> 40 % (Prozent Hemmung)	≤ 20 % (Prozent Hemmung)	>20 % (Prozent Hemmung)	> 40 % (Prozent Hemmung)
Einbringstelle (n=14)	13	1	0	14	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 % leicht toxisch, > 40 % toxisch (Klassifikation nach einer Empfehlung der BfG)

Tab A 18 Ergebnisse der ökotoxikologischen Testbatterien an Sedimenten der Einbringstelle E3 und Umfeld (August 2011)

Einbringstelle (n = 14)				
	Porenwasser (PW)	Leuchtbakterientest	Algentest	Toxizitätsklasse
pTStufe	Eluate (EL)	Anzahl	Anzahl	Anzahl
pT0	PW	12	10 (11)	9 (10)
	EL	14	14	
pT1	PW	1	2 (3)	2 (3)
	EL	0	0	
pT2	PW	1	1 (0)	2 (1)
	EL	0	0	
pT3	PW	0	1 (0)	1 (0)
	EL	0	0	
pT4	PW	0	0	0
	EL	0	0	
Umfeld der Einbringstelle (n=20)				
pT0	PW	20	19	19
	EL	20	20	
pT1	PW	0	1	1
	EL	0	0	
pT2	PW	0	0	0
	EL	0	0	
pT3	PW	0	0	0
	EL	0	0	
pT4	PW	0	0	0
	EL	0	0	

Werte in Klammern geben die Ergebnisse unter Einbeziehung der Wiederholungsuntersuchungen an.

Ergebnisse des Amphipodentests

Mariner Amphipodentest (Anzahl n = 34)	Anzahl Proben Labor 1		
	≤ 20 % (Prozent Hemmung)	>20 % (Prozent Hemmung)	> 40 % (Prozent Hemmung)
Einbringstelle (n=14)	13	1	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 % leicht toxisch, > 40 % toxisch (Klassifikation nach einer Empfehlung der BfG)

Tab A 19 Belastung der Sedimente der Wattmessstellen Schleswig-Holsteins in 2011

		n	Min	Median	Mittel	Max	07-10' n=32	Vergleich* n = 5
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	7	3	9	11	30	3 – 73	
TOC Feststoff	Gew.-% TS	7	0,3	0,4	0,6	1,6	0,13 – 2,6	
Metalle (Frakt. <20µm)								
Arsen <20 µm	mg/kg TS	7	29	40	41	56	18 – 38	24/29**
Blei <20 µm	mg/kg TS	7	58	67	64	71	39 – 70	9-74
Cadmium <20 µm	mg/kg TS	7	0,3	0,4	0,4	0,6	0,2 – 0,6	0,12-0,86
Chrom <20 µm	mg/kg TS	7	69	81	80	89	37 – 101	
Kupfer <20 µm	mg/kg TS	7	23	27	27	35	16 – 60	14-31
Nickel <20 µm	mg/kg TS	7	33	35	36	41	26 – 48	34/40**
Quecksilber <20 µm	mg/kg TS	7	0,4	0,5	0,6	1,1	0,2 – 0,7	0,04-0,40
Zink <20 µm	mg/kg TS	7	159	205	200	215	139 – 354	90-250
Organische Schadstoffe (Gesamtfraktion)								
Mineralöl***	mg/kg TS	7	< 20	< 20	22	32	< 20 – < 50	
PAK Summe 16	mg/kg TS	7	< 0,16	0,20	0,20	0,50	< 0,16 – 0,50	
PCB Summe 7	µg/kg TS	7	<0,7	0,8	0,9	1,8	< 0,7 –3,7 (15)	
alpha-HCH	µg/kg TS	7	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05 – < 0,1	
beta-HCH	µg/kg TS	7	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1 – < 0,1	
gamma-HCH	µg/kg TS	7	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05 – < 0,1	
o,p'-DDE	µg/kg TS	7	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1 – < 0,5	
p,p'-DDE	µg/kg TS	7	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,16	< 0,1 – < 0,5	
o,p'-DDD	µg/kg TS	7	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,11	< 0,1 – < 0,5	
p,p'-DDD	µg/kg TS	7	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,30	< 0,1 – < 0,5	
o,p'-DDT	µg/kg TS	7	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1 – < 0,5	
p,p'-DDT	µg/kg TS	7	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1 – 2,4	
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	7	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1 - < 0,5	
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	7	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,22	< 0,1 – 0,9	
Monobutylzinn	µg OZK/kg	7	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,7	< 1,0 – 5,4	
Dibutylzinn	µg OZK/kg	7	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0 – 1,3	
Tributylzinn	µg OZK/kg	7	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0 – 3,7	
Tetrabutylzinn	µg OZK/kg	7	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0 – 1,2	

PAK-Summe 16 und PCB Summe 7 mit ganzer Bestimmungsgrenze

* Vergleichswerte aus: JAMP-BLMP-Bericht 1999-2002. Meeresumwelt 1999-2002, Bundesländermessprogramm für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee, Werte ermittelt vom LANU SH, für Küstenbereich Schleswig-Holstein (n=5)

** Belastung Wattbereiche Mittelwert 1997-2003 (NLWKN) / Mittelwert 1998 – 2004 (LANU) nach BfG (2010)

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

‘ 07-10 Minimum-Maximumwerte der Wattmessstellen Schleswig-Holstein 2007-2010 (n=32). Ein hoher PCB-Wert in Klammern als Ausreißer, s. Zwischenbericht der BfG 2008