

Umgang mit Baggergut aus dem Hamburger Hafen

Verbringung von Baggergut zur Tonne E3

Kurzbericht 2015

Hamburg Port Authority
Hafeninfrastruktur
Infrastruktur Wasser

März 2017

Warum wurde Hamburger Baggergut in die Nordsee gebracht?

Um die Zufahrt zum Hamburger Hafen zu sichern, werden die erforderlichen Wassertiefen durch regelmäßige Baggerungen in der Tideelbe¹ erhalten. Dabei werden große Mengen von zumeist frischen (d.h. nicht älter als 1 Jahr) Elbesedimenten² gebaggert. Diese frischen Sedimente aus den Hafenbecken und deren Zufahrten werden bis zur Hamburger Landesgrenze bei Wedel transportiert und dort wieder dem Fluss zurückgegeben. Ältere Sedimente mit häufig höheren Schadstoffbelastungen werden dagegen aufwendig in Hamburg an Land behandelt und anschließend deponiert.

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. Im Jahr 2015 war das Unterhaltungserfordernis noch größer, so dass insgesamt erstmalig mehr als 11 Mio. m³ bewegt werden mussten (Abb. 1). Für den Anstieg seit 2004 gibt es eine Vielzahl von Ursachen, sowohl natürlichen als auch menschlichen Ursprungs. Dazu gehören zum Beispiel die Veränderungen der Gezeiten und des Flussbettes, Auffüllungen und Verlandungen des Gewässersystems, Eindeichungen mit entsprechendem Verlust an Überflutungsflächen und Flachwassergebieten sowie Hafenbauten, aber auch Fahrrinnenvertiefungen (zuletzt 1999). Mit der Flut werden große Sedimentmengen flussaufwärts transportiert und nur zum Teil werden diese mit der schwächeren Ebbeströmung wieder zurück in Richtung Nordsee gebracht. Durch diesen sogenannten Tidal Pumping Effekt wird ein Teil des bei Wedel umgelagerten Baggergutes wieder in Richtung Hafen transportiert. Es entstehen unerwünschte Kreisläufe. Zusätzlich hat die Wassermenge, die aus dem gesamten Einzugsgebiet der Elbe von der Quelle an nach Hamburg kommt (Oberwasserabfluss), einen entscheidenden Einfluss auf den Sedimenttransport in der Tideelbe. Hohe Oberwasserabflüsse, insbesondere bei Hochwasserereignissen, transportieren die Sedimente verstärkt von Hamburg in Richtung Nordsee mit entsprechend geringeren oder sogar ausbleibenden Sedimentablagerungen im Hamburger Hafen. Kommt hingegen nur eine geringe Wassermenge aus der oberen und mittleren Elbe in die Tideelbe, spielt der Flutstrom und damit auch der Tidal Pumping Effekt beim natürlichen Sedimenttransport eine größere Rolle. Bei niedrigen Oberwasserbedingungen lagern sich folglich mehr Sedimente im Hamburger Hafen ab, die Baggermengen steigen.

Um unerwünschte Kreislaufbaggerungen vor allem bei niedrigen Oberwasserabflüssen kurzfristig zu durchbrechen, erteilte das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein erstmalig im Juli 2005 ein bis Ende 2008 befristetes Einvernehmen, Baggergut aus dem hamburgischen Elbebereich in die Nordsee zu verbringen. 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 darin benannten Maßnahmen kurzfristig nicht wirksam umgesetzt und Sedimentkreisläufe noch nicht ausreichend durchbrochen werden konnten, erteilte das Land Schleswig-Holstein im August 2008 noch einmal ein befristetes Einvernehmen, welches aufgrund des hohen Baggerbedarfs bis einschließlich Juni 2016 verlängert wurde. Die ab 2008 vereinbarte Gesamtmenge von 6,5 Mio. m³ blieb im Zuge der Verlängerung unverändert.

¹ Tideelbe: der durch Ebbe und Flut beeinflusste Bereich der Elbe von der Mündung bis zum Wehr Geesthacht.

² Sedimente: Ablagerungen aus Schlick und Sand.

Entwicklung der Baggermengen HPA, 2000 - 2015

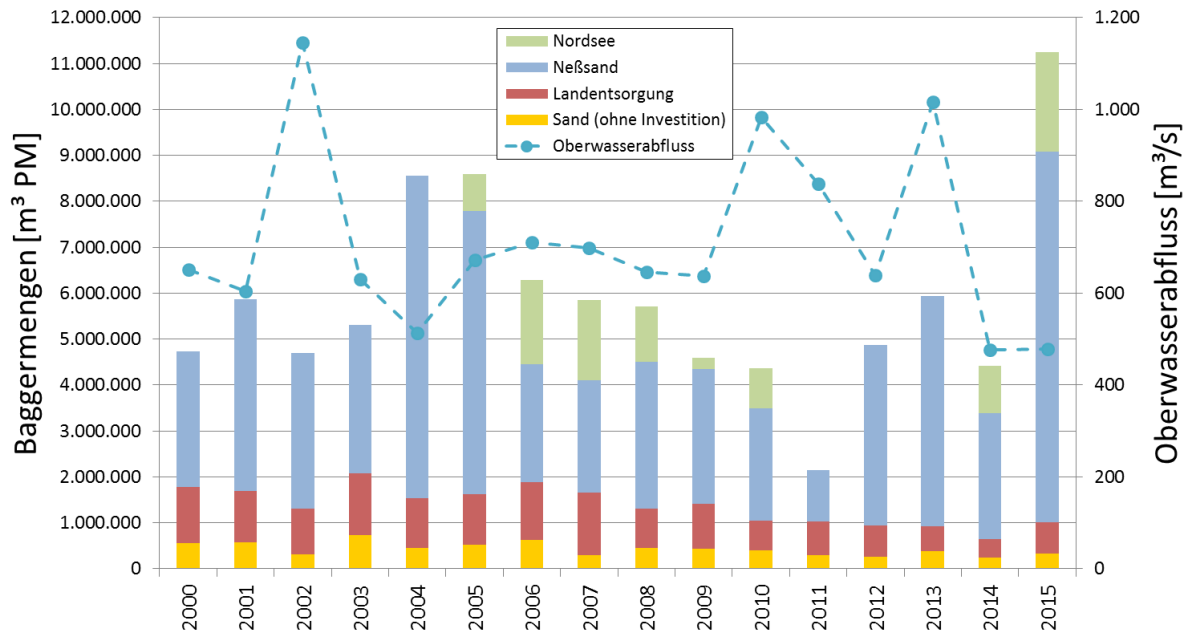


Abb. 1 Entwicklung der Baggermengen der HPA zur Erhaltung der Wassertiefen seit dem Jahr 2000 sowie Entwicklung des mittleren Oberwasserabflusses der Elbe

Welches Baggergut aus Hamburg kam 2005 - 2015 in die Nordsee?

Die Regelung des bis zum Juni 2016 verlängerten Einvernehmens aus dem Jahr 2008 für die Verbringung von Baggergut zur Tonne E3 bezieht sich ausschließlich auf den Hamburger Teil der Bundeswasserstraße mit den Teilbereichen Nordereibe, Köhlbrand und Südereibe (Abb. 2). Die frischen Sedimente wurden vor der Baggerung hinsichtlich ihres Schadstoffgehalts und ihrer ökotoxikologischen Wirkungen umfangreich untersucht. Dabei mussten die im Einvernehmen festgelegten Maßgaben eingehalten werden.

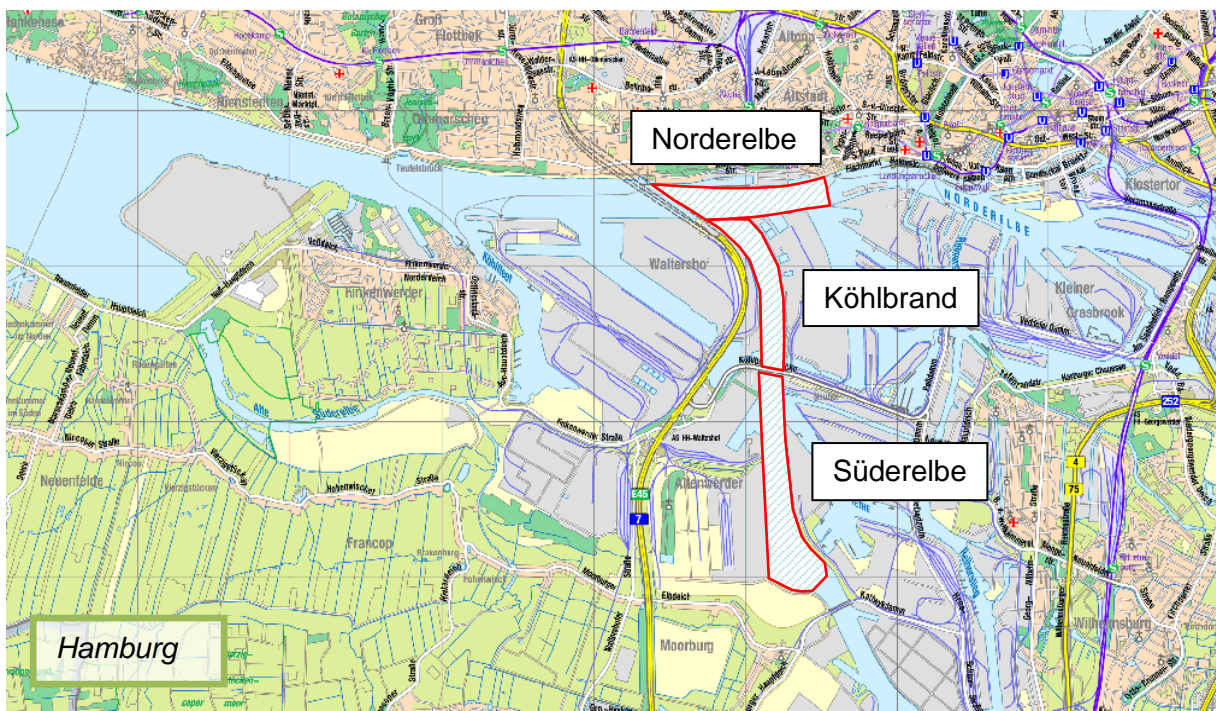


Abb. 2 Bereiche der Elbe in Hamburg, aus denen gemäß Einvernehmen frische Sedimente für die Nordsee Tonne E3 gebaggert wurden.

Wohin wurde das Hamburger Baggergut 2005-2010 sowie 2014 und 2015 in die Nordsee gebracht?

Für das Hamburger Baggergut wurde ein Gebiet in der Nordsee begrenzt mit 1 km Radius festgelegt. Die Schüttstelle „Tonne E3“ liegt bei den Koordinaten 54°03'N und 07°58'E (Abb. 3).

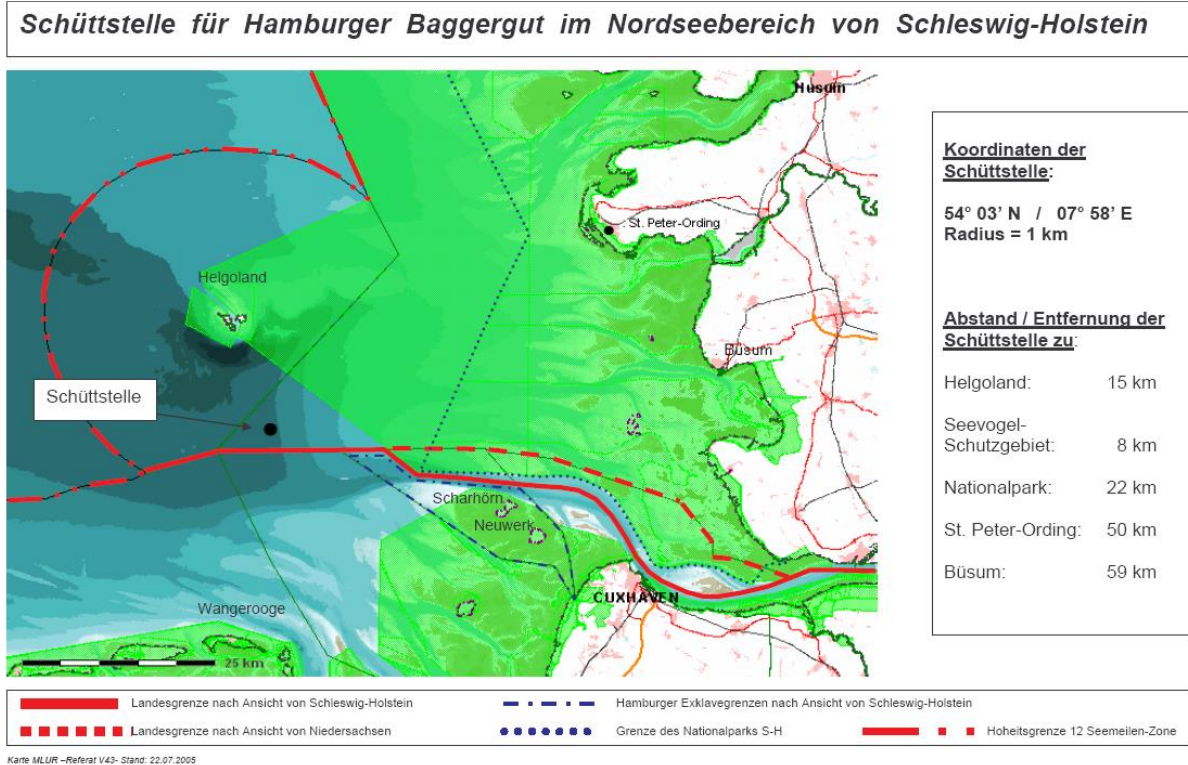


Abb. 3 Lage der Schüttstelle Nordsee Tonne E3 und der Schutzgebiete (aus der Einvernehmensklärung des Landes Schleswig-Holstein vom 26.07.2005)

Wieviel Hamburger Baggergut wurde in die Nordsee gebracht und was war besonders im Jahr 2015?

Zwischen Oktober 2005 und Januar 2008 wurden gemäß dem ersten Einvernehmen mit dem Land Schleswig-Holstein insgesamt 4,5 Mio. m³ Hamburger Baggergut in das Nordseegebiet Tonne E3 gebracht.

In einem zweiten Einvernehmen von August 2008 wurde befristet eine weitere Baggergutmenge von 6,5 Mio. m³ bewilligt, die von Hamburg aber aufgrund guter natürlicher Bedingungen mit nur 2 Mio. m³ bis Februar 2010 in Anspruch genommen wurde. Denn in den Jahren 2010 und 2011 war der Oberwasserabfluss der Elbe außergewöhnlich hoch, sodass auf natürlichem Weg mehr Sedimente mit dem gestärkten Ebbestrom Richtung Nordsee transportiert wurden (siehe Erläuterungen im 1. Abschnitt und Abb. 1). Somit lagerten sich im Hamburger Hafen weniger Sedimente ab, die gebaggert werden mussten. Mit 2012 folgte ein Jahr mit außerordentlich niedrigem Abfluss, wodurch die Baggernotwendigkeiten bis ins Frühjahr 2013 deutlich anstiegen. Das ungewöhnlich ausgeprägte Hochwasser in 2013 führte dazu, dass der Bedarf ab Mitte des Jahres sehr gering war. Der darauf folgende Zeitraum war eher durch unterdurchschnittliches Abflussgeschehen gekennzeichnet. Das üblicherweise durch die Schneeschmelze bedingte im Frühjahr auftretende Hochwasser fiel in 2014 aus. Dadurch kam es bereits im Frühjahr 2014 zu einem deutlichen Anstieg der Sedimentation. Im Sommer 2014 wurde die Verbringung daher wieder aufgenommen und es wurde ca. 1 Mio m³ Baggergut in die Nordsee verbracht.

Auch im Sommer 2015 war das Oberwasser sehr niedrig und die Sedimentation in den Hauptbaggergebieten demzufolge entsprechend hoch. Von Juli 2015 bis Oktober 2015 wurden daraufhin rd. 2 Mio m³ zur Tonne E3 in die Nordsee verbracht. Mit einer bewilligten Gesamtmenge von 6,5 Mio m³ im Jahr 2008 und einer von 2008 bis 2015 verbrachten Baggergutmenge von rund 5,0 Mio m³ war die im Einvernehmen von 2008 bewilligte Gesamtmenge damit Ende 2015 noch nicht ausgeschöpft.

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

Die Verbringung wurde vom 20.7.2015 bis 17.10.2015 mit dem Laderaumsaugbagger Alexander von Humboldt durchgeführt (Laderaumvolumen: 9000 m³), siehe Abbildung 4. Vom 8.9.2015 bis zum 23.10.2015 wurde der Laderaumsaugbagger Francis Beaufort verwendet (Laderaumvolumen: 11300 m³). Über einen Zeitraum von 5 Wochen (8.9.2015 bis 17.10.2015) waren damit zwei Bagger gleichzeitig im Einsatz.

Aus dem Köhlbrand wurden insgesamt 718.000 m³ (entsprechend 354.000 TDS), aus der Norderelbe 677.000 m³ (entsprechend 331.000 TDS) und aus der Süderelbe 614.000 m³ (entsprechend 248.000 TDS) entnommen. Mit einer durchschnittlichen Umlaufzeit von 14,9 Stunden wurde in insgesamt 207 Umläufen eine Gesamtmenge von 2.009.000 m³ (Laderaumvolumen) entsprechend 932.500 t TS (Tonnen Trockensubstanz) in die Nordsee verbracht.



Abb. 4 Laderaumsaugbagger Alexander von Humboldt in beladenem Zustand

Durch die Verbringung zur Tonne E3 konnte eine spürbare Entlastung in der Wassertiefenstandhaltung erreicht werden.

Welche Kontrolluntersuchungen wurden 2015 im Nordseegebiet Tonne E3 durchgeführt?

Zur Beobachtung der mit der Verbringung verbundenen Auswirkungen in der Nordsee wurden im Rahmen des Monitorings das Wasser, der Meeresboden, Bodentiere (Makrozoobenthos) und die Schadstoffanreicherung in Organismen sowie ökotoxikologische Wirkungen analysiert. Für das gesamte Untersuchungsgebiet wurde ein Probenahmeraster festgelegt. Um das zentrale Probenraster der Verbringungsstelle liegen umhüllende Probenahmerringe und vier Strahlen nach Südost, Südwest, Nordwest und Nordost, die bis in zwölf Kilometer Entfernung reichen, sowie ein nördlich gelegenes, von den Verbringungen unbeeinflusstes Referenzgebiet.

Abbildung 5 zeigt die 125 Monitoringstationen des erweiterten Messprogramms, welches ab August 2008 durchgeführt wurde.

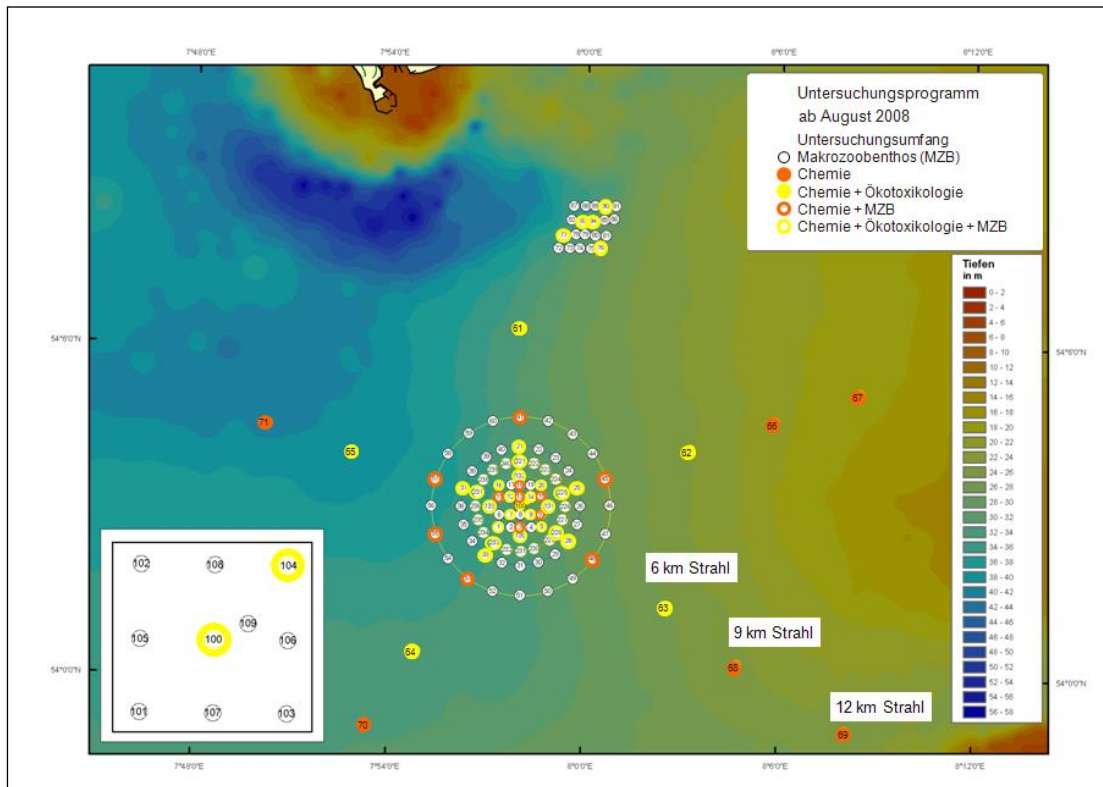


Abb. 5 Lageplan der 125 Monitoringstationen im Bereich der Schüttstelle Tonne E3 (Karte der BfG, verändert, Maßstab 1:125000)

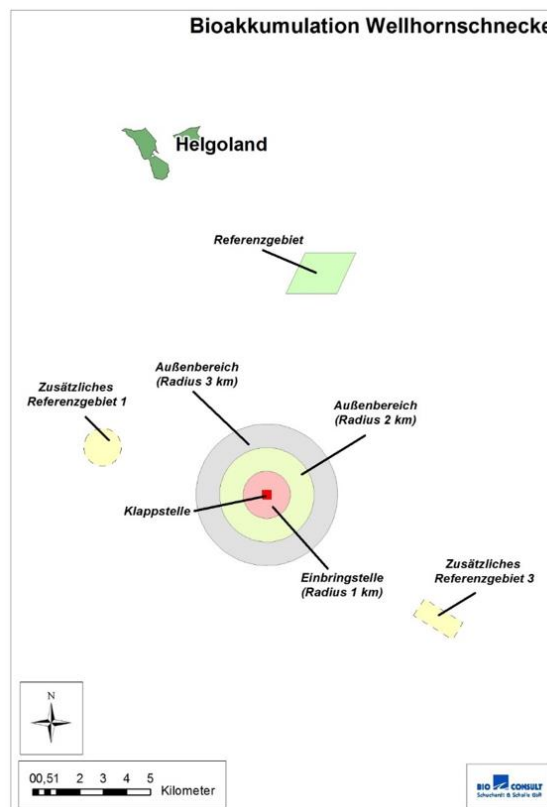


Abb. 6 Lageplan der Gebiete für die Bioakkumulationsuntersuchung der Wellhornschnecke

Weiterhin wurden zwei Referenzgebiete für Bioakkumulationsuntersuchungen südöstlich und nordwestlich des Verbringbereiches eingerichtet, die in 2007 bzw. 2009 zusätzlich ins Probenahmeraster aufgenommenen wurden (Abb. 6), sowie fünf Wattmessstellen in niedersächsischen und schleswig-holsteinischen Gewässern, die seit 2007 ebenfalls Bestandteil des Überwachungsprogramms sind (Abb. 17).

Nach einem verbringungsfreien Zeitraum (Frühjahr 2010 bis Sommer 2014) wurde die Baggergutausbringung im Jahr 2014 und 2015 fortgesetzt. Bei der Interpretation der Daten ist zu berücksichtigen, dass die zweite Beprobungskampagne für Sedimente, Makrozoobenthos und Bioakkumulation in der Pfeffermuschel im September 2015 während der zu diesem Zeitpunkt noch nicht abgeschlossenen Baggergutverbringung stattfand. Der Einfluss der Baggergutverbringung in 2015 kann daher abschließend nur durch die nächste Verbringkampagne, die im April 2016 stattfand und die im nächsten Bericht dargestellt wird, beurteilt werden.

Im Jahr 2015 wurden zwei Monitoringkampagnen durchgeführt. Die erste fand im Mai vor der Verbringkampagne, die zweite im September noch während der laufenden Baggergutverbringung statt. Zu beiden Beprobungen wurden in einem abgestuften Untersuchungsprogramm an den in Abb. 5 dargestellten Probenahmepunkten an 110 Proben Benthosuntersuchungen, an 52 Proben chemische und an 34 Proben ökotoxikologische Untersuchungen durchgeführt. Bioakkumulationsuntersuchungen wurden zu beiden Beprobungen an der Pfeffermuscheln (2x29 Proben) und der Wellhornschnecke (1x90, 1x140 Proben) sowie einmalig an der Kliesche (1x60 Proben) durchgeführt.

Lagestabilität des bei Tonne E3 eingebrachten Hamburger Baggergutes

In den Jahren 2005 bis 2015 wurden insgesamt 16 Peilungen (Tiefenmessungen) durchgeführt, um sicherzustellen, dass das Baggergut räumlich begrenzt auf der Schüttstelle liegen geblieben ist und die geforderte Wassertiefe von mindestens 25 m eingehalten wurde. Als Überblick ist in Abbildung 7 ein West-Ost-Schnitt stark überhöht dargestellt.

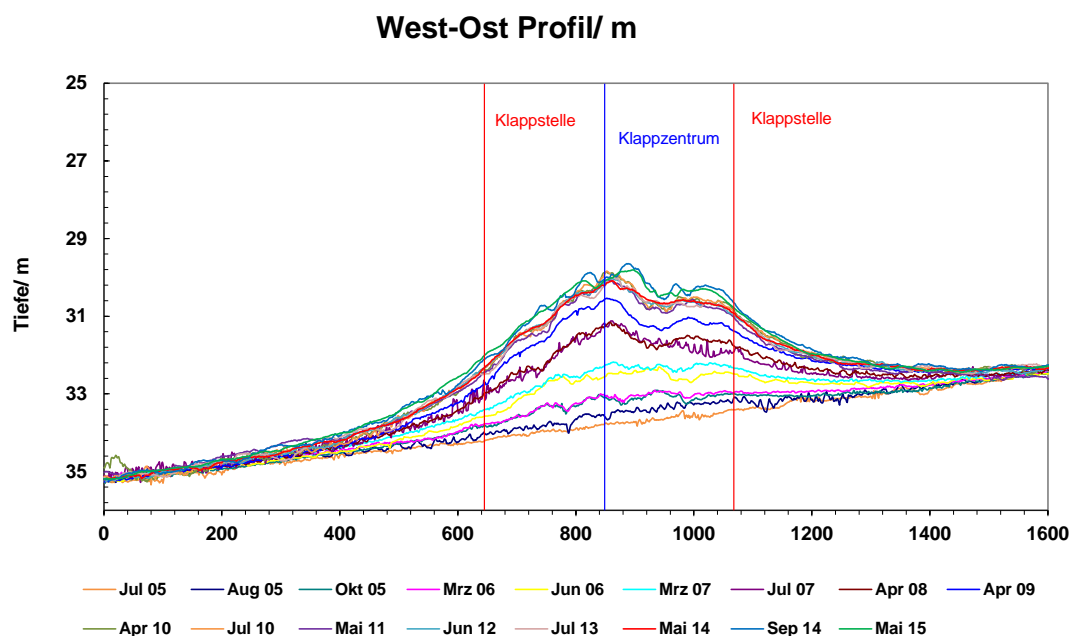


Abb. 7 Querprofile (West-Ost) der Peilungen über der Schüttstelle Tonne E3 von 2005 bis 2015 (Darstellung stark überhöht)

Vor Beginn der Baggergutverbringungen 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. Seit Frühjahr 2010 fanden keine weiteren Verbringungen statt, so dass sich die Tiefenlinien in den folgenden Jahren im Rahmen der Peilungengenauigkeit von 0,3 m kaum veränderten.

Um sicherzustellen, dass keine Beeinträchtigungen der Umwelt durch weiträumige Verdriftungen eintraten, wurden verschiedene Untersuchungen für eine Einschätzung des Ausmaßes der Materialverlagerungen herangezogen:

- Regelmäßige Peilungen im Verbringbereich (2005 – 2015)
- Analyse des Meeresbodens (Korngrößenverteilung³ und Sedimentchemie) sowohl im Verbringbereich als auch an den o.g. über einen weiten Umkreis verteilten Monitoringstationen (2005 – 2015)
- Messungen der Sedimentchemie an Wattmessstellen auf schleswig-holsteinischem und niedersächsischem Gebiet (2005 – 2015)
- ADCP-Untersuchungen⁴ zur Verfolgung der Schwebstoffwolke während der Verbringung (2005)
- Mathematische Simulationen der Verdriftung (2005 und 2006)

Mit den Untersuchungsdaten und Modellierungen konnte zusammenfassend folgendes festgestellt werden: Das Material sinkt innerhalb kurzer Zeit zu Boden und breitet sich dort allenfalls als räumlich begrenzte bodennahe Dichteströmung seitlich aus. Ungefähr zwei Drittel des bei der Tonne E3 im Zeitraum 2005 bis 2010 sowie in 2014 und 2015 eingebrachten Materials kommen im Bereich des 1-km-Kreises zur Ablagerung. Die Untersuchungen im verbringungs-freien Zeitraum (Frühjahr 2010 bis Sommer 2014) haben gezeigt, dass dies Material dort weiterhin aufgefunden wird. Entstehende, über den 1-km-Kreis hinaus reichende Trübungswolken sind nach spätestens 4 bis 5 Stunden und einer Entfernung von 8 km als Konzentrationen nicht mehr zu erfassen. Erhöhte Schadstoffkonzentrationen in der Umgebung außerhalb des direkten Verbringbereichs werden bis 2015 einschließlich nicht festgestellt und sind nach den Ergebnissen der mathematischen Simulationen auch nicht zu erwarten. Eine Beeinträchtigung sowohl von näher gelegenen Gebieten, wie z.B. Helgoland und Schutzgebieten, als auch von den weiter entfernten Wattflächen durch die Verdriftungen kann nach diesen Ergebnissen ausgeschlossen werden.

Korngrößenverteilung des Meeresbodens

Die Ermittlung der Korngrößenverteilung des Meeresbodens (Sedimente) lässt zusammen mit anderen Untersuchungen Rückschlüsse auf die Lagestabilität des Baggergutes innerhalb der Schüttstelle zu.

Auf der Verbringstelle wurde im Zeitraum 2005 - 2015 im Vergleich zur Situation vor Beginn der Baggergutverbringung eine Änderung der Korngrößenverteilung der Sedimente festgestellt. Hauptsächlich im Bereich des 1-km-Kreises befindet sich jetzt vorwiegend sandiges Material.

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 angrenzenden Bereichen befinden sich schlückigere Ablagerungen. Die Ausbreitung der Baggergutaufgabe ist in Nordwest-Ost-Südost-Richtung orientiert. Sie reicht bis zum Rand des 1-km-Kreises und hat im Südosten auch den 1,5-km-Kreis erreicht. Die Ergebnisse der Texturanalysen zeigen durch einen höheren Feinsandanteil, dass eventuell auch der 2-km-Kreis erreicht sein könnte. Höhere Schadstoffgehalte im Vergleich zur Umgebung werden hier jedoch bisher nicht ermittelt (Abb. 8).

³ Korngrößenverteilung: Mengenanteile der verschiedenen Korngrößen in einem Sediment.

⁴ ADCP-Untersuchungen: akustische Messungen von Strömungsgeschwindigkeiten und Abflüssen, die auch Rückschlüsse auf die Schwebstoffgehalte zulassen (*Acoustic Doppler Current Profiler*).

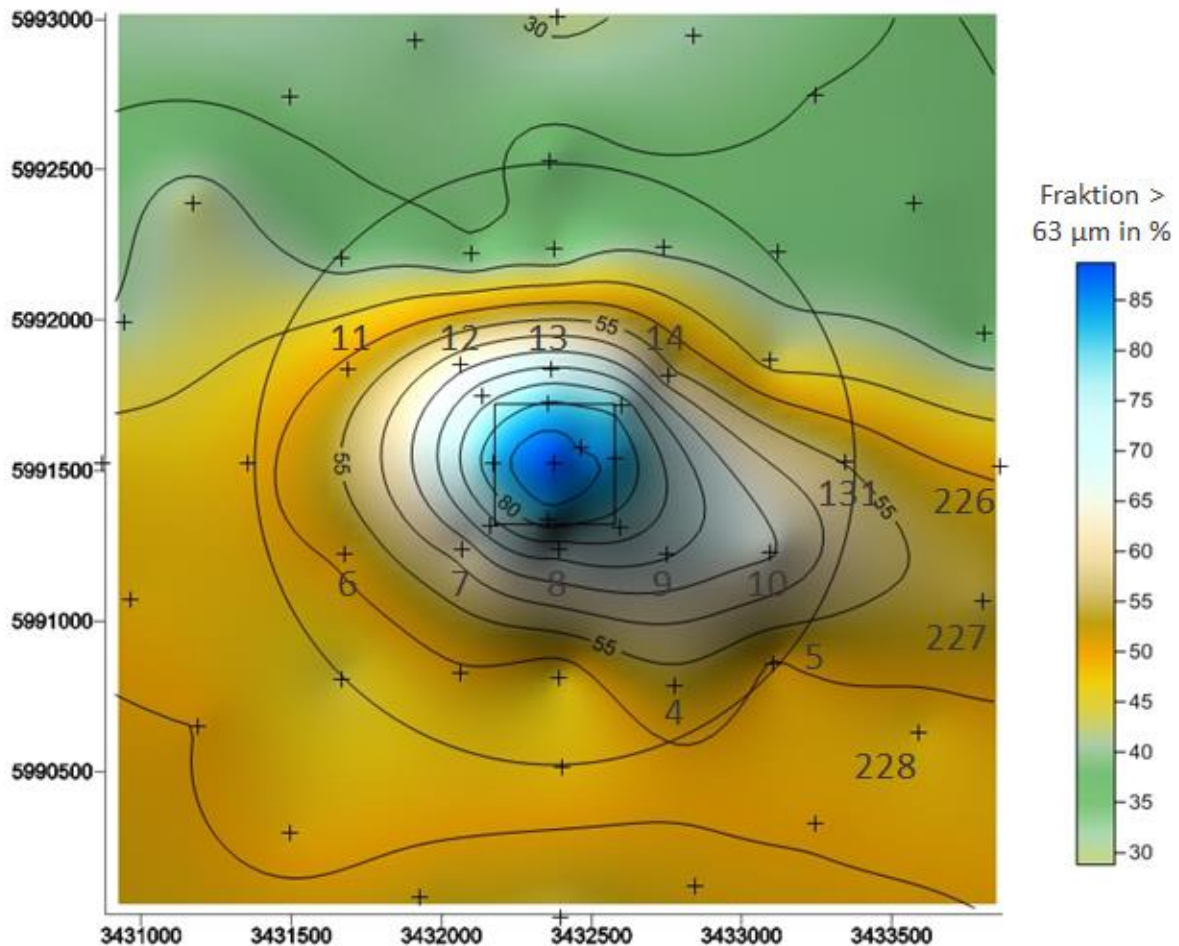


Abb. 8 Verteilung der Sandfraktion (Fraktion > 63 µm) im Bereich der Verbringstelle in Prozent (Wert pro Station = Mittelwert aus 13 Kampagnen von Sommer 2008 bis September 2015)

Schadstoffbelastung der Sedimente (Sedimentchemie)

Die Schadstoffbelastungen an der Schüttstelle und dessen Umfeld, einschließlich Referenzgebieten, werden mittels Sedimentprobenahmen und chemischer Analysen regelmäßig untersucht. Es lässt sich feststellen, dass sich im Juli 2014, insgesamt 4,5 Jahre nach dem vorläufigen Ende der Baggergutverbringungen, das grundlegende Bild der Schadstoffbelastung in der Baggergutaufgabe nicht verändert hatte.

Für die Mehrzahl der organischen Schadstoffe (PAK, PCB, HCH-Verbindungen, HCB, DDT und Metabolite sowie zinnorganische Verbindungen) sowie für Kupfer, Zink, Cadmium und Quecksilber wird für 2015 innerhalb des 1-km-Kreises weiterhin eine Konzentrationserhöhung in Relation zur Nullbeprobung in 2005 festgestellt. Mineralöl, Dioxine, Arsen, Chrom, Nickel und Blei weisen hingegen keine Erhöhung auf.

Insgesamt lässt sich zwischen dem Ende der Baggergutverbringung in 2010 bis zum Sommer 2012 bei mehreren Schadstoffen eine Abnahme der Konzentration feststellen. Vom Sommer 2012 bis Sommer 2014 erfolgte hingegen keine weitere Abnahme. Nach der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung in 2014 und in 2015 wurde erwartungsgemäß eine erneute Zunahme der Schadstoffkonzentration festgestellt. Diese Gehalte liegen in der Spanne derer aus dem ersten Verbringungszeitraum, vgl. Abbildung 10.

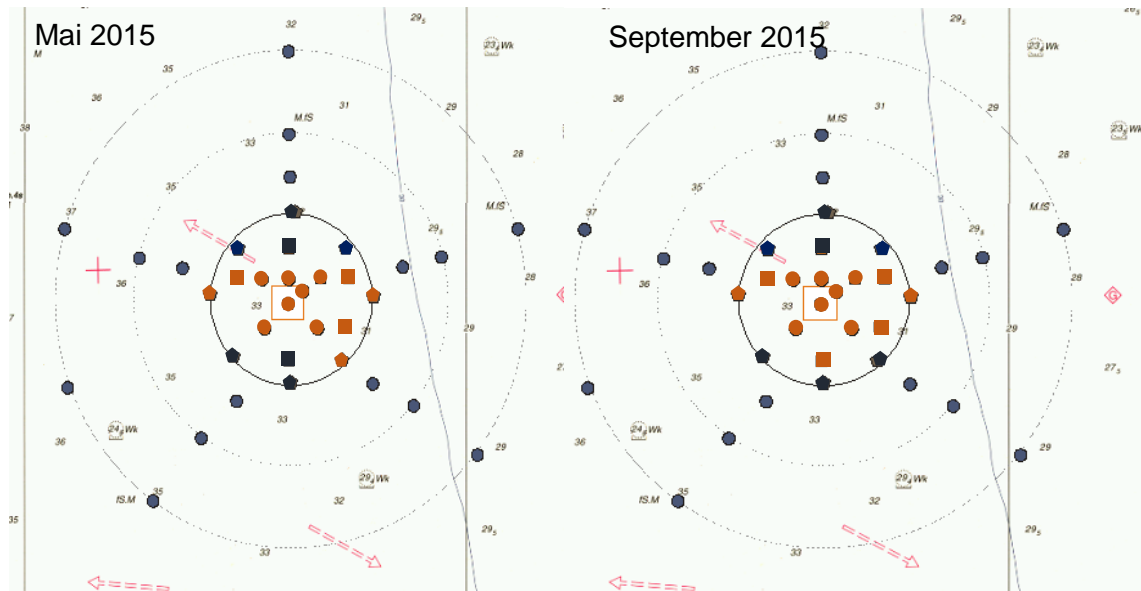


Abb. 9 Probenstellen mit / ohne Änderung der Schadstoffbelastung in 2015

Ausschnitt der Seekarte mit Klappzentrum bis 3-km-Ring bei Tonne E3.

Kreis: 1-km-Mitte. Quadrat: 1-km-Außen. Fünfeck 1-km-Rand.

Orangene Symbole: Schadstoffbelastung erhöht gegenüber Hintergrundwert (nach graphischer Auswertung, weiteres s. Text).

Blaue Symbole: Keine Erhöhung der Schadstoffbelastung im Vergleich zum Hintergrund.

Im Folgenden werden die Einzelergebnisse unter Einbeziehung der Daten von 2015 nur kurz zusammengefasst: Die Änderung der Konzentration von sechs Parametern über die Zeit ist exemplarisch in Abbildung 10 aufgeführt. Es wird deutlich, dass die höchsten Belastungen des ersten Verbringungszeitraums von Oktober 2005 bis Juli 2006 aufgetreten sind. Zum März 2010, direkt nach der letzten Verbringekampagne, liegen die Werte hingegen niedriger.

Nach Ende der Baggergutverbringung Anfang 2010 bis zum Sommer 2012 wird für einige Schadstoffe eine signifikante Abnahme ermittelt (z.B. Cadmium, Quecksilber, DDT-Metabolite, β -HCH).

Nach der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung wird für eine Reihe von Schadstoffen (Cadmium, Kupfer, Quecksilber, Zink, DBT) im September 2014 sowie zu beiden Terminen im Mai 2015 im 1-km-Kreis gegenüber Juli 2014 erwartungsgemäß wieder eine signifikante⁵ Zunahme festgestellt. Auch einige andere Schadstoffe zeigen nach der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung einen Anstieg, der zwar gegenüber den Werten aus dem Juli 2014 nicht signifikant war, dafür aber zum Teil gegenüber den Werten aus 2012 und / oder 2013. Dies betrifft die Summe 16 der PAK (Sept14, Mai15, Sept15), α -HCH und HCB (Sept14, Sept15) sowie β -HCH (Sept14). Für die PCB Summe 7 wird hingegen bei allen drei Terminen nach dem Sommer 2014 keine Zunahme ermittelt.

Im September 2014 sowie zu beiden Terminen in 2015, nach der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung, wird damit erwartungsgemäß für die Mehrzahl der Schadstoffe eine Erhöhung der Gehalte in den Greiferproben im Vergleich zum verbringungsfreien Zeitraum ermittelt. Diese Gehalte liegen in der Spanne derer aus dem ersten Verbringungszeitraum.

⁵ nach Friedmans ANOVA mit anschließendem Wilcoxon-Matched-Pairs Test zu Vergleich der Termine. Hierbei werden für die Termine 2010 bis 2014 alle Stationen im 1-km-Kreis miteinander verglichen (n = 20)

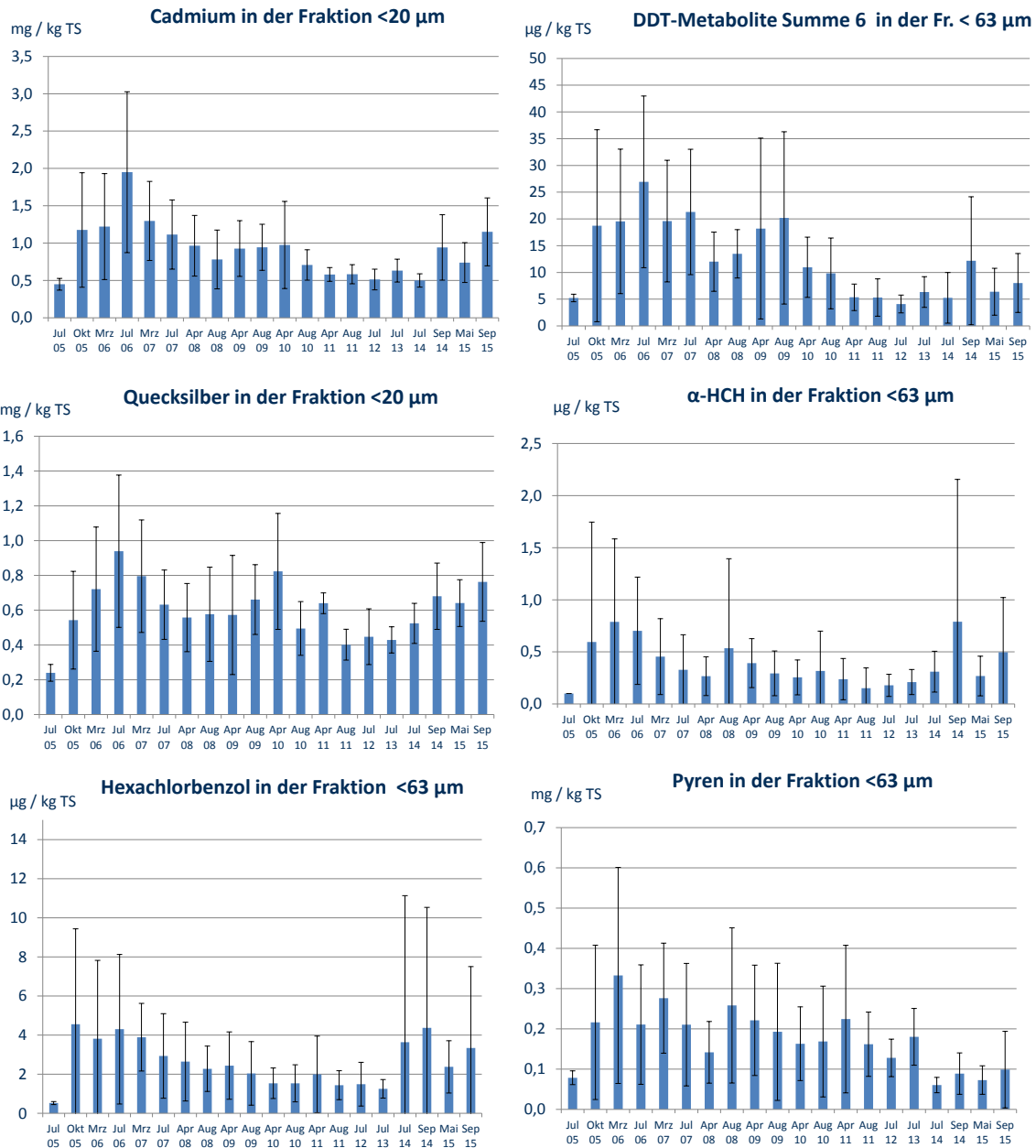


Abb. 10 Gehalte von sechs Schadstoffparametern (exemplarisch) über den Zeitraum 2005 bis 2015 im 1-km-Kreis als arithmetische Mittelwerte pro Beprobungstermin. Balken geben Standardabweichungen an. Es wurden nur Stationen mit einbezogen, die bereits 2005 Teil des Untersuchungsprogramms waren (n = 12) (Der relativ hohe Mittelwert der HCB-Konzentration im Juli 2014 beruht nur auf einem hohen Messwert und bedeutet keinen signifikanten Anstieg.)

Ökotoxikologische Untersuchungen

Mithilfe von ökotoxikologischen Untersuchungen können die Auswirkungen von Schadstoffen auf Lebewesen erfasst werden. An ausgewählten Proben von der Schüttstelle Tonne E3 wurden Algen- und Leuchtbakterientests durchgeführt, die eine Einstufung der Sedimente in eine Toxizitätsklasse (pT-Klasse) ergeben - von Null (Toxizität nicht nachweisbar) bis VI (sehr hoch toxisch belastet). Dies entspricht einer Bewertung entsprechend des Merkblattes „Ökotoxikologische Baggergutuntersuchung“ der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) von 2011⁶.

⁶ http://www.bafg.de/Baggergut/DE/04_Richtlinien/merkblatt_oekotox.pdf?__blob=publicationFile

Nach der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung im Sommer 2014 werden zu den folgenden drei Terminen (September 2014, Mai 2015, September 2015) jeweils nur vereinzelte geringe bis maximal mäßige Toxizitäten festgestellt, während an der Mehrzahl der Proben sowohl auf dem 1-km-Kreis als auch in der näheren und weiteren Umgebung keine Toxizität ermittelt wird. Eine durch die Wiederaufnahme der Baggergutverbringung bedingte Beeinträchtigung durch eine Toxizitätserhöhung in den Sedimenten wird damit nicht festgestellt (Abb. 11).

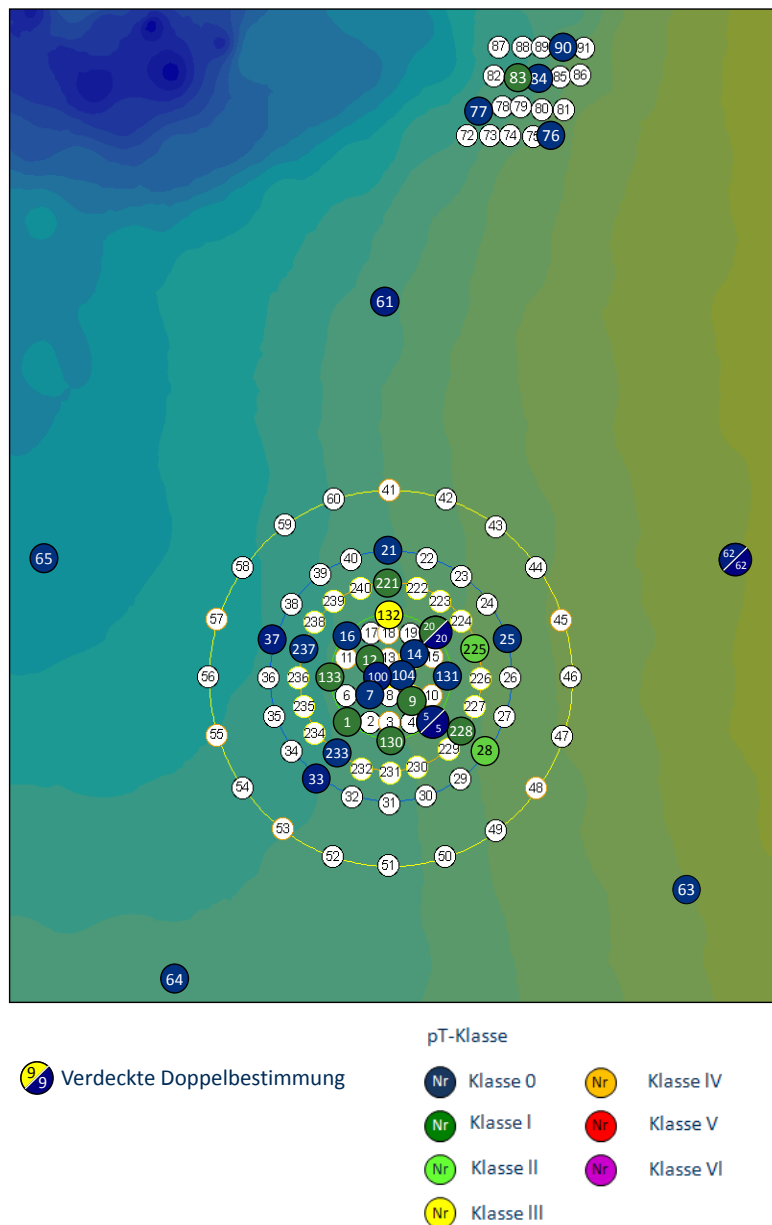


Abb. 11 Verteilungsmuster der ökotoxikologischen Befunde im Verbringungsgebiet bei E3 im September 2015

Meeresbodenbesiedlung - Makrozoobenthos Untersuchungen

Als Makrozoobenthos werden Tiere am Gewässerboden bezeichnet, die mit dem bloßem Auge noch erkennbar sind, wie zum Beispiel Wasserschnecken, Muscheln, Krebstiere, Insektenlarven und Würmer. Es wurde untersucht, ob Vorkommen und Anzahl dieser Organismen durch die Verbringung beeinflusst waren.

Die Erstuntersuchung vor der Baggergutverbringung im Jahr 2005 ergab für das Makrozoobenthos das zu erwartende, für diesen Teil der Nordsee typische Artenspektrum. Seit der

ersten Verbringkampagne bis zum Jahr 2010 wies das direkte Klappzentrum niedrigere Besiedlungskennwerte für Artenzahl und Artenvielfalt als die umliegenden Gebiete auf. Die Ergebnisse zeigen, dass diese verklappungsbedingte Beeinträchtigung zwischen 2006 bis 2010 relativ konstant blieb. Außer der direkten Wirkung durch Bodenüberdeckung bei den Verklappungen kann auch die Korngrößenveränderung hin zu einem sandigeren Untergrund zu der beobachteten Verarmung der Makrozoobenthosgemeinschaft im Klappzentrum beigetragen haben.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die faunistischen Ergebnisse während des ersten Verklappungszeitraums 2005 bis 2010 deutliche baggergutbedingte Einflüsse auf die Benthosgemeinschaft auf dem Klappzentrum und den angrenzenden Stationen im 1-km-Kreis zeigten. Diese haben sich über die Zeit der Verbringung hinweg nicht wesentlich verändert. Von 2010 bis zum Sommer 2014, im verbringungs-freien Zeitraum, waren Anzeichen einer Erholung zu erkennen..

Im Zeitraum September 2014 bis September 2015, nach der Wiederaufnahme der Verklappungen, zeigt sich erneut ein deutlicher Einfluss der Baggergutverbringung auf die faunistischen Indikatoren. Dieser entspricht in der Größenordnung in etwa dem aus dem ersten Verklappungszeitraum. Abbildung 12 zeigt die mittlere Artenzahl über den gesamten Zeitraum von 2005 bis 2015:

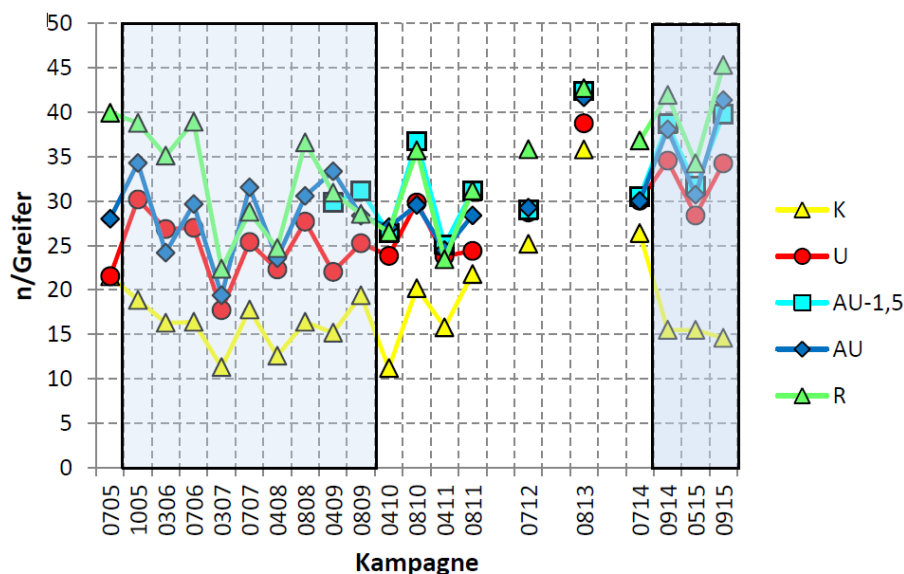


Abb. 12 Saisonale und interannuelle Entwicklung der mittleren Artenzahl des Makrozoobenthos in den einzelnen Teilgebieten. Die grau unterlegten Flächen zeigen an, in welchen Zeitintervallen Verklappungen stattfanden. K: direkter Einbringungsbereich, U: Einbringstelle 1,0 km Ring, AU-1,5: Außenbereich 1,5 km Ring, AU: Außenbereich, R: Referenzgebiet

Schadstoffanreicherung in Organismen (Bioakkumulation)

Zusätzlich zur Untersuchung der Besiedlung des Meeresbodens mit Bodentieren wurde auch die Schadstoffanreicherung in diesen Organismen (Bioakkumulation) in 2015 ermittelt. Dazu wurden Wellhornschnecken (*Buccinum undatum*) und Pfeffermuscheln (*Abra alba*) analysiert. Untersuchungen des Fisches Kliesche (*Limanda limanda*), die zwischen 2009 und 2011 erfolgten, wurden entsprechend der Auflagen seit 2013 wieder ins Untersuchungsprogramm aufgenommen.

Wellhornschnecke

Wellhornschnecken (*Buccinum undatum*) sind räuberisch lebende und aasfressende Organismen, die in der Nahrungskette sehr weit oben stehen und daher ein hohes Bioakkumulationspotenzial aufweisen. Die Proben wurden auf Schwermetalle (Cadmium, Blei, Kupfer, Nickel, Zink) und Arsen, PCB (Summe 7), chlororganische Verbindungen (DDT und Metabolite,

Octachlorstyrol, Hexachlorbenzol, HCH) und zinnorganische Verbindungen (MBT, DBT, TBT, TeBT) sowie den Fettgehalt untersucht. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass während der ersten Phase der Baggergutverbringung bis zum Frühjahr 2010 eine Anreicherung der zinnorganischen Verbindungen, von Hexachlorbenzol, von Octachlorstyrol und der DDT-Metabolite in den Tieren des Klappzentrums und z.T. auch des 1-km-Kreises aufgetreten ist.

Das quantitative Vorkommen der Wellhornschnecken wurde durch die Baggergutverbringungen nicht beeinträchtigt. Die Tiere des Klappzentrums waren jedoch tendenziell etwas kleiner als die der übrigen Gebiete.

Ebenfalls wurde eine Altersbestimmung der Wellhornschnecken durchgeführt. Dies erfolgte über das Operculum der Wellhornschnecken - ein horniger Deckel, der an der Oberseite des Fußes aufsitzt und in der Regel erkennbare Jahresringe bildet, über die sich das Alter der Tiere bestimmen lässt (Abb.13). Hierbei ist allerdings zu beachten, dass nicht auf allen Opercula deutliche Jahresringe zu erkennen sind und die Datierung deshalb nicht an allen Proben möglich ist.

Im Jahr 2014 wurde an 128 der auch auf Schadstoffanreicherung untersuchten Tiere eine Datierung durchgeführt, wobei sich 116 Tieren ein Alter zuordnen lies. Im Jahr 2015 wurden 76 Tiere, an denen auch Schadstoffe untersucht wurden, datiert. Eine Altersbestimmung war bei 70 Tieren möglich.



Abb. 13 Wellhornschnecke mit Gehäusedeckel (Operculum)

Die Untersuchung der Opercula zeigte, dass die in 2013 bis 2015 untersuchten Tiere mehrheitlich zwischen 7 und 12 Jahre alt waren (Abb. 14). Eine Beziehung zwischen Alter und Gehäusehöhe der Tiere war nur schwach ausgeprägt. Zwischen dem Alter der Tiere und ihrer Schadstoffkonzentration wurden in den drei Jahren nur wenige und dann sehr schwach signifikante, positive Korrelationen ermittelt. Dies ist nicht überraschend, wenn man bedenkt, dass das Altersspektrum der Tiere der untersuchten Tiere eher eng ausgeprägt ist.

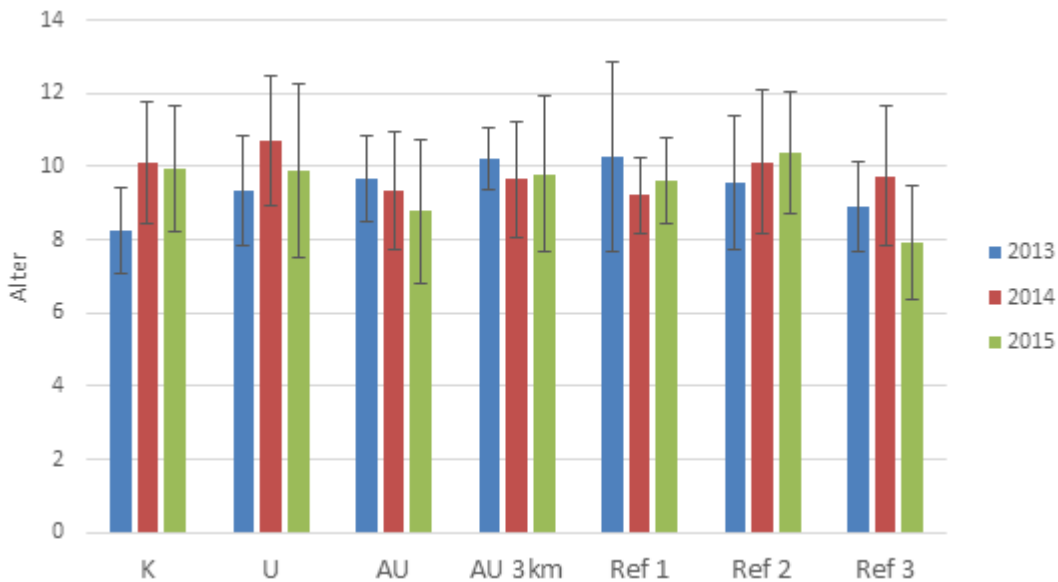


Abb. 14 Mittleres Alter der Wellhornschncken (Altersdatierung über Opercula) in den einzelnen Gebieten in 2013, 2014 und 2015 (Gebiete in allen drei Jahren nicht signifikant verschieden, ANOVA, $p < 0,05$, $n=92$ (13), $n=114$ (14) und $n=70$ (15)).

Nach der Wiederaufnahme der Baggergutverbringung im Sommer 2014 wurde im September 2014 und im September 2015 eine signifikante Anreicherung von op-DDD auf dem Klappzentrum und der Verbringstelle in Relation zu den Referenzgebieten ermittelt, vgl. Abbildung 15. Hier könnte sich ein Effekt der Wiederaufnahme der Verbringungen andeuten. Auch die Werte für pp-DDD sind ab September 2014 angestiegen, zeigen bis September 2015 aber noch keinen signifikanten Unterschied zu den Referenzgebieten 2 und 3. Für die anderen DDT-Metabolite sowie für ihre Summe wird bis September 2015 keine baggergutbedingte Anreicherung festgestellt.

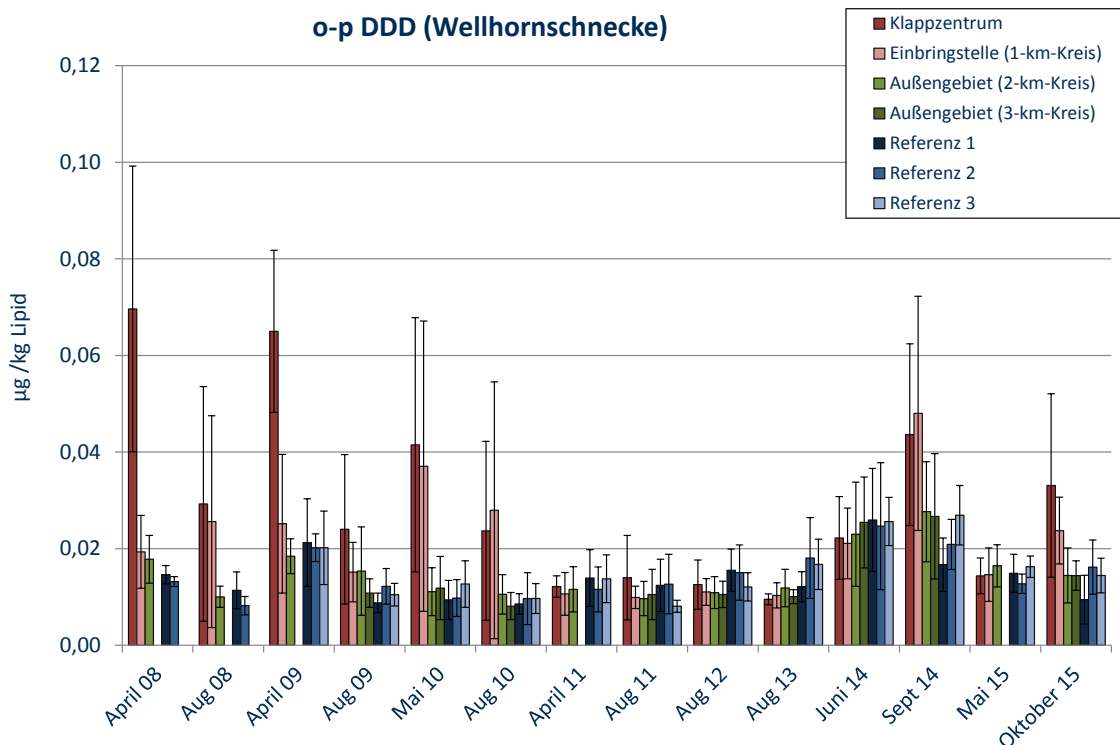


Abb. 15 Belastung der Wellhornschncken mit o,p-DDD in 2008 bis 2015 (Bezugsbasis Lipid)

Die Konzentration an zinnorganischen Verbindungen hat in 2011 deutlich abgenommen. Dennoch wird in 2014 und in 2015, wie auch im verbringungsfreien Zeitraum, weiterhin eine signifikante baggergutbedingte Anreicherung an DBT in den Tieren auf dem Klappzentrum festgestellt. Das Konzentrationsniveau dieser Verbindungen ist durch die Wiederaufnahme der Baggergutverbringungen jedoch noch nicht wieder angestiegen.

Die PCB-Verbindungen und die Schwermetalle zeigen in 2015, wie auch in den vorangegangenen Jahren ermittelt, weiterhin im Referenzgebiet 1 und teilweise auch im Referenzgebiet 2, signifikant höhere Konzentrationen in den Tieren im Vergleich zum Verbringbereich.

Auffällig ist, dass die Imposex-Rate in den vergangenen Jahren seit 2011 im Gesamtgebiet deutlich zurückgegangen ist. Ursache hierfür ist vermutlich das Wirksamwerden des TBT-Verbot von 2003/2008. Ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten des Imposex-Phänomens und der Baggergutverbringung kann aus den Daten dieser Untersuchung bisher nicht abgeleitet werden.

Pfeffermuschel

Während Wellhornschnecken (*Buccinum undatum*) räuberisch lebende und aasfressende Organismen sind, die in der Nahrungskette sehr weit oben stehen und daher ein hohes Bioakkumulationspotenzial aufweisen, ist die Pfeffermuschel (*Abra alba*) ein wenig mobiler, direkt im Sediment lebender Organismus mit einem relativ kurzen Lebenszyklus. Wegen ihrer filtrierenden Ernährungsweise ist die Art eher einer niedrigen Trophieebene zuzuordnen.

Proben der Pfeffermuschel (*Abra alba*) wurden zwischen 2005 und 2015 bei insgesamt 19 Beprobungskampagnen gewonnen und auf Schadstoffe analysiert. 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).

Bei der Pfeffermuschel führt die hohe Anzahl von Tieren, die pro Probe gepoolt werden müssen, zu einer sehr geringen Variabilität der Parallelproben eines Gebietes. Hinzu kommt, dass Unterschiede im Ernährungszustand (Fettgehalt) und der Größe der Populationen in den jeweiligen Gebieten zu einer anderen Höhe der Schadstoffanreicherung führen können. Daher werden bei einem Vergleich der Proben eines Termins bereits bei geringfügigen Abweichungen signifikante Unterschiede zwischen den Gebieten festgestellt, ohne dass folglich hierfür eine externe Ursache, wie beispielsweise die Baggergutverbringung, verantwortlich sein muss. Daher wurde mit der E3-Monitoringarbeitsgruppe vereinbart, bei der Interpretation der Ergebnisse nicht nur die Daten eines Termins, sondern auch den Verlauf über die Zeit zu bewerten. Als signifikant erhöht im Verbringgebiet und der Umgebung werden dabei Effekte bewertet, bei denen eine signifikante Erhöhung oberhalb der über die Gesamtzeit in den Referenzgebieten (Referenz und 6-km) ermittelten Hintergrundwerte des jeweiligen Parameters aufgetreten ist.

Die Schwermetallgehalte in den Pfeffermuscheln zeigten von 2009 bis 2014 keinen Hinweis auf eine baggergutbedingte Anreicherung. Zu beiden Terminen in 2015 werden bei allen Schwermetallen signifikante Gebietsunterschiede ermittelt, wobei die jeweils höchsten Werte je nach Schwermetall und Termin auf der Einbringstelle, in einer in den 1,5-km-Kreis hineinragenden Ausbuchtung der Baggergutaufgabe (s. u.) und im Referenzgebiet ermittelt wurden (exemplarisch in Abbildung 16 für Cadmium). Werden die Werte aller Beprobungstermine betrachtet, ist für keines der Schwermetalle ein Trend einer Anreicherung im Verbringbereich zu erkennen. Die Werte aller Schwermetalle liegen in 2015 zu beiden Terminen innerhalb der Spanne, die in den vergangenen Jahren seit 2009 auch im Referenzgebiet und im 6-km-Kreis ermittelt wurde und damit im Bereich des Hintergrundes. Von einer baggergutbedingten Anreicherung von Schwermetallen in Pfeffermuscheln ist demgemäß in 2015, wie auch in den vorangegangenen Jahren, weiterhin nicht auszugehen.

Im Zeitraum 2009 bis 2015 kam es an insgesamt fünf von 12 Untersuchungsterminen zu einer signifikanten Anreicherung von DDT-Metaboliten im Bereich der Verbringstelle, die sehr wahrscheinlich auf die Baggergutausbringung zurückzuführen ist. Zudem wird im September 2014, nach der Wiederaufnahme der Verbringung, sowie im September 2015 ebenfalls eine signifikante baggergutbedingte Anreicherung von PCB-Kongeneren auf der Verbringstelle ermittelt.

Im September 2015 wird zudem eine signifikante Anreicherung der betreffenden Parameter auch im 1,5-km-Kreis ermittelt. Die Tiere konnten zu diesem Termin nur in dem südöstlichen Bereich des 1,5-km-Kreises entnommen werden, in den die Baggergutaufgabe unmittelbar hineinragt (Abb. 8, Station 227 sowie nördlich davon). An anderen Bereichen des 1,5-km-Kreises wurden hingegen keine Proben entnommen. Daher ist es nicht überraschend, dass hier eine baggergutbedingte Anreicherung ermittelt wurde. Eine baggergutbedingte Anreicherung im 2-km-Kreis wird hingegen nicht festgestellt. Eine baggergutbedingte Anreicherung anderer organischer Schadstoffe sowie von Schwermetallen wird über den Gesamtzeitraum ebenfalls nicht festgestellt.

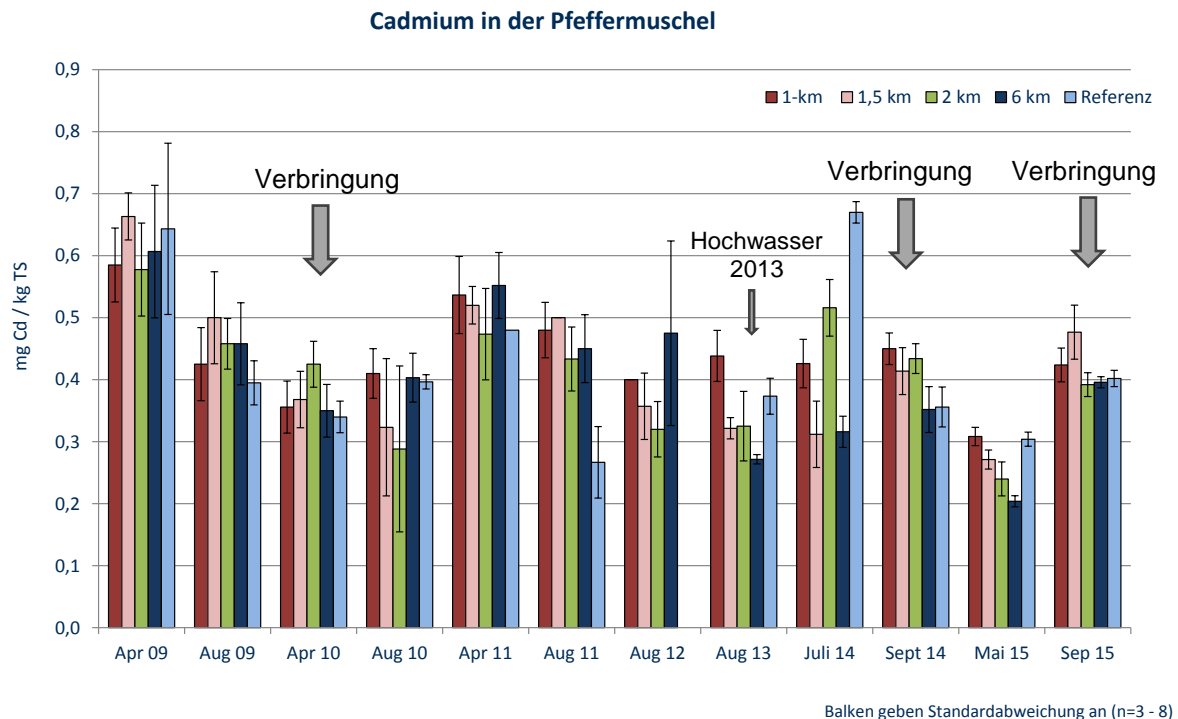


Abb. 16 Belastung der Pfeffermuschel mit Cadmium von 2009 bis 2015

Zusätzliche Untersuchungen von Sedimenten an verschiedenen Wattmessstellen

Für beide schleswig-holsteinischen Wattmessstellen ist eine quartalsweise Beprobung und damit die Gewinnung von insgesamt 8 Proben vorgesehen. An der Station Holmer Siel konnten 2015 die Proben nicht im Sommerhalbjahr gewonnen werden. Stattdessen wurden eine Probe im ersten Quartal und drei Proben im vierten Quartal entnommen. An der Station Wesselburener Loch wurden 7 Proben über das Jahr 2015 verteilt gewonnen. Insgesamt liegen damit also 11 Proben vor.

In 2015 zeigen die Feinkornanteile < 63 µm an der Station Holmer Siel mit 24 bis 41 % wiederum eine hohe Variabilität, wobei keine rein schlickigen Sedimente angetroffen wurden. Auch die Sedimente der Station Wesselburener Loch weisen mit 19 bis 47 % eine weite Spanne an Feinfraktion auf. Insgesamt lag der Feinkornanteil deutlich oberhalb von 10 % und kann damit als ausreichend bezeichnet werden.

Die Schwermetallkonzentration der Proben aus 2015 liegt innerhalb der Spannweite, die auch seit 2007 an diesen Wattmessstellen festgestellt wurde. Die Mittelwerte der Wattmessstellen 2015 bewegen sich zudem auf dem Niveau der regionalen Hintergrundbelastung, die an fünf schleswig-holsteinischen Messstationen des LANU im Zeitraum 1999 – 2004 ermittelt wurde.

Die organischen Schadstoffe bewegen sich in 2015 größtenteils unterhalb der Bestimmungsgrenze, vereinzelt auch knapp darüber. Im Februar bis April 2015 wurden Gehalte oberhalb der Bestimmungsgrenze von Mono- und Dibutylzinn an der Position Wesselburener Loch ermittelt (im Maximum 17 µg/kg TS). Eine Ursache für diese temporäre Abweichung ist nicht bekannt. Bei den weiteren Probenahmen im Mai, Juli, Oktober und Dezember 2015 lagen die

Werte an dieser Station wieder unter der Bestimmungsgrenze. Insgesamt entsprechen die in 2015 ermittelten Werte denen aus den vorangegangenen Jahren.

Die Analysen der drei Messstationen aus dem Niedersächsischen Wattenmeer sowie dem Schwebstoffsammler in Norderney werden von der BfG im Rahmen ihres Jahresberichts 2015 / 2016 ausgewertet und dort zusammen mit den Ergebnissen der Wattmessstellen aus Schleswig-Holstein ausführlich dargestellt. Dieser Bericht wird voraussichtlich im 4. Quartal 2017 vorgelegt.

Eine Akkumulation bzw. eine Beeinträchtigung der Küstenregionen durch verdriftetes Baggergut lässt sich nach Auswertung der BfG aus den seit 2007 bis 2015 erhobenen Daten der schleswig-holsteinischen und der niedersächsischen Wattmessstellen nicht ableiten.



Abb. 17 Lage der Wattmessstellen (Karte: BfG)

Was wird an der Tideelbe unternommen, um die Baggermengen im Hamburger Gebiet zu reduzieren?

Um die Menge der mit dem Flutstrom stromaufwärts transportierten Sedimente nachhaltig zu reduzieren, beschäftigen sich die HPA und WSV auch mit strombaulichen Maßnahmen. Mit Gründung des „Forums Tideelbe“ soll auch der Dialog mit der Region zielgerichtet fortgesetzt werden. Eines der zentralen Ziele der neuen Kooperationsstruktur ist es, Maßnahmen zu priorisieren und zu konkretisieren, die die Strömungs- und Sedimentationsdynamik in der Tideelbe positiv beeinflussen können. Im Dialogforum Tideelbe wurden bereits über 20 mögliche Strombaumaßnahmen – z.B. Schaffung von Flutraum, die Aktivierung und Wiederanbindung von Nebelben – entlang der Untereelbe diskutiert und erstbewertet. Die Teilnehmer des Forums haben sich dafür ausgesprochen, die Diskussion über diese Maßnahmen im Rahmen einer neuen Kooperationsstruktur schnellstmöglich zu konkretisieren – orientiert an Ästuargemeinschaften, die international bereits in anderen Flussmündungsgebieten bestehen. Das diesbezügliche Forum trat im Herbst 2016 erstmals zusammen.

Der Prozess kann als Weichenstellung für den zukünftigen Umgang mit Sedimenten an der Tideelbe verstanden werden. Weitere Informationen finden sich unter www.dialogforum-tideelbe.de.