

WIR HALTEN

DEN HAFEN AUF TIEFE



(Foto: B. Hochfeld, © HPA)

Umgang mit Baggergut aus dem Hamburger Hafen
Teilbericht: Umlagerung von Baggergut nach Neßsand
2017

Inhalt

Inhalt

1	Überblick.....	3
2	Randbedingungen.....	7
2.1	Abflussgeschehen.....	7
2.2	Gewässergüte.....	8
3	Baggermengen.....	9
3.1	Baggermengen nach Herkunft und Verbleib.....	9
3.2	Zeitliche Verteilung der Unterhaltungsaktivitäten.....	12
3.3	Einsatz von Wasserinjektionsgeräten und Schlickpflügen (Bed Leveller)	13
4	Peilungen und Volumenvergleich.....	17
5	Schadstoffuntersuchungen.....	19
5.1	Schadstoffbelastung der Sedimente.....	20
5.2	Ökotoxikologische Untersuchungen	22
5.3	Sauerstoffzehrungspotenzial der Sedimente	26
5.4	Betrachtung der Schadstofffrachten	26

Hamburg Port Authority
Hafeninfrastruktur Wasser
Oktober 2018

1 Überblick

Als gemeinsame fachliche Vereinbarung zwischen Umweltbehörde und HPA setzt das „**Handlungskonzept Umlagerung von Baggergut aus dem Hamburger Hafen in der Stromelbe**“ den Rahmen für die Wassertiefenunterhaltung des Hafens und seiner Zufahrten auf Hamburger Gebiet. Es hat zum Ziel die Unterhaltung der Wassertiefen in Hamburg sicherzustellen und gleichzeitig die ökologischen Auswirkungen zu minimieren, nicht zuletzt vor dem Hintergrund der Umsetzung europäischer Richtlinien und nationaler Gesetzgebung. Teil der Vereinbarung ist die jährliche Anfertigung eines Berichts über die Unterhaltungsaktivitäten und die begleitenden Untersuchungen. Dieser wird hiermit für das Jahr 2017 vorgelegt.

Bereits im letzten Bericht (2016) wurden einige Umstellungen vorgenommen, die sich aber im Wesentlichen auf die Form der Darstellung beschränken und somit insbesondere zum Ziel haben, die Verständlichkeit für die Lesenden zu erhöhen. Hierzu gehörte die Entscheidung, die Angabe von Baggermengen auf die Einheit **Tonnen Trockensubstanz** (tTS) umzustellen. Diese Art der Mengenangabe ist sowohl im internationalen Kontext üblich, z.B. im Berichtswesen der OSPAR, als auch für die Berichterstattung unserer Sedimentverbringung in die Nordsee bei „Tonne E3“ notwendig. Bis 2019 werden die Mengen übergangsweise als Tonnen (Trockensubstanz) und parallel, wie bisher üblich, als Kubikmeter angegeben.

Bei **Unterhaltungsmaßnahmen** fielen 2017 insgesamt 4,5 Mio. tTS Baggergut an, das entspricht 11,2 Mio. Kubikmetern (m³). Den Landbehandlungsanlagen in Francop und Moorburg wurden insgesamt 0,2 Mio. tTS bzw. 0,4 Mio. m³ schlickiges Material zugeführt. 2,9 Mio. tTS bzw. 7,2 Mio. m³ wurden bei Neßsand im Gewässer umgelagert.



Abb. 1: Bereich der Klappstelle vor der Elbinsel Neßsand (Foto: Falcon Crest, © HPA)

Ein frühzeitiges Umlagern im Oktober war auch 2017, trotz anhaltend schlechter hydrologischer Bedingungen, nicht erforderlich. Durch Nutzung der Möglichkeit, frisches Sediment in die Nordsee zur Tonne E3 zu verbringen, konnte regulär erst Anfang November mit der Umlagerung begonnen werden. Zur Verbringung in die Nordsee wird ein separater Jahresbericht vorgelegt. Durch den gesteigerten **Sedimentaustrag** wurde eine Entlastung des Feinsedimenthaushalts im Hamburger Baggerrevier erzielt, der sich auch in einer leichten Reduzierung der Umlagermengen von November 2017 bis Jahresende zeigt. Auf die Saison bezogen (November 2017 bis März 2018) zeigt sich sogar ein deutlicher Rückgang von 2,7 Mio. tTS auf 1,7 Mio. tTS wobei ein Teil des Rückgangs sicher auch auf höhere Oberwasserabflüsse Anfang 2018 zurückzuführen ist (Abb. 2). Eine konsequente Fortführung dieser Strategie des Austrags in den kommenden Jahren wird sich, so die Sicht der Experten, letztlich auch positiv auf die Reduzierung der Gesamtbaggermengen auswirken. Auch der Bund hat unterstützend eine entsprechende austragsorientiertere Umstellung seiner Unterhaltung stromab Hamburgs zugesichert.

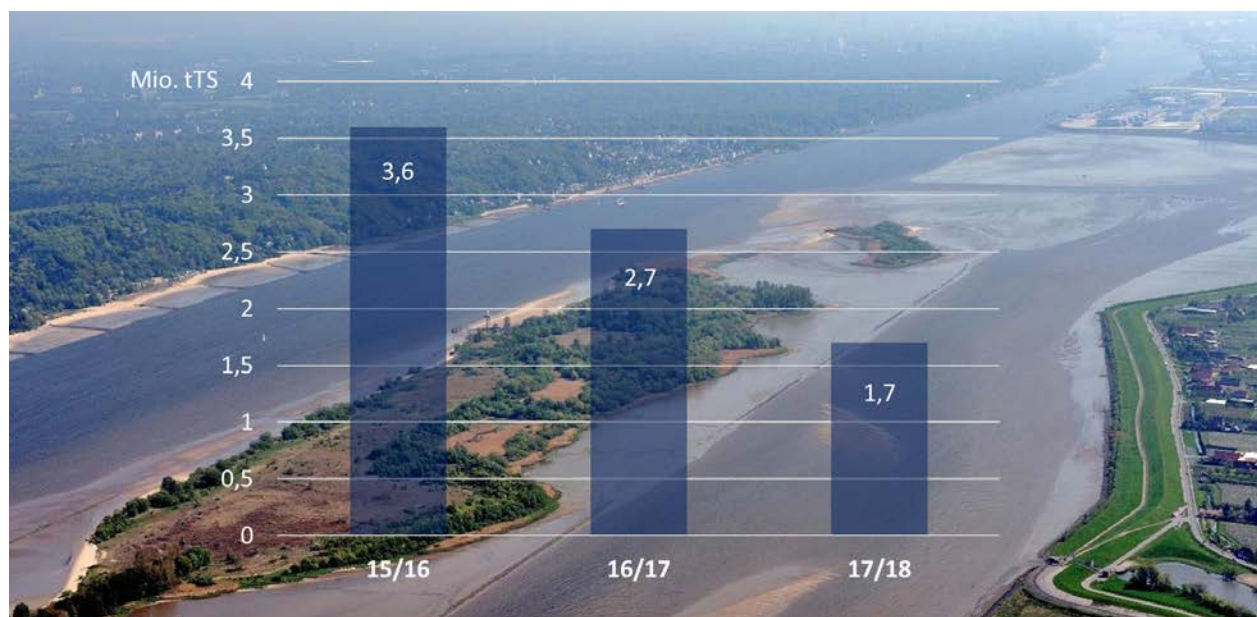


Abb. 2: Entwicklung der saisonalen Umlagermengen bei Neßsand (Foto: Falcon Crest, © HPA)

Die hohen Schwankungsbreiten der Sedimentation und die Dringlichkeit einer Systementlastung verdeutlichen, dass es weiterhin erforderlich sein wird, **alle Optionen** zu prüfen, mit der eine größere Flexibilität für die Wassertiefenunterhaltung erzielt werden kann. Hierzu zählen insbesondere die Prüfung alternativer Verbringstellen in der Nordsee und ergänzender Optionen in der Tideelbe, nicht zuletzt auch mit dem Ziel, die Umlagerstelle Neßsand und das innere Ästuar weiter zu entlasten. HPA bereitet derzeit einen - bislang beispiellosen - Genehmigungsantrag zur Verbringung von Baggergut in die Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) als Alternative oder Ergänzung zur Verbringung zur Tonne E3 vor. Im September 2017 wurde eine erste Erkundungsfahrt im Bereich einer möglichen Verbringstelle durchgeführt.

Im operativen Handeln hat sich der intensive Einsatz eines sogenannten **Bed-Levellers** weiterhin sehr bewährt. Mit Hilfe dieses leistungsstarken Schlickpflugs konnten insbesondere die Liegeplätze gut auf Tiefe gehalten werden. Turnusmäßig zieht das Gerät die überschüssigen Sedimente schonend in naheliegende Vorratsbereiche, ohne sie dabei unnötig aufzuwirbeln, so dass sie anschließend effizient von Laderaumsaugbaggern aufgenommen und umgelagert werden können. Diese Methode wird auch 2018 weiter zum Einsatz kommen.

Die Sorge um einen Anstieg der PCB-Gehalte im Hamburger Baggergut hat sich 2017 nicht bestätigt. Die Auswirkungen der PCB-Havarie (siehe <http://elsa-elbe.de/>) konnten zwar in den Schwebstoffen, die Hamburg von Oberstrom erreichten, weiterhin nachgewiesen werden, sie prägten sich aber nicht auf das frische zu baggernde Sediment in den Hafengebieten durch. Gleich-

wohl befinden sich vermutlich noch größere Mengen im System. Durch ein engmaschiges Monitoring wird sichergestellt, dass von diesen Mengen im Zusammenhang mit der Wassertiefenunterhaltung keine Gefährdung ausgeht. Gleichzeitig steht die Sanierung der Schadstoffquellen im Elbeinzugsgebiet weiter im Fokus der HPA. Ein Rechtsgutachten (Köck, Reese, 2018) im Auftrag der HPA hat die Anwendung der Bewirtschaftungsziele und Ausnahmen gem. §§ 27, 29, 30 WHG in Bezug auf Schadstoffeinträge aus Ober- und Mittelelbe, die sich in den Sedimenten des Hamburger Hafens ablagern untersucht und kommt zu dem Ergebnis, dass die Elbanrainer ihrer Verantwortung nicht im erforderlichen Maße nachkommen. Die HPA prüft nun gemeinsam mit den zuständigen Hamburger Behörden die möglichen Konsequenzen aus dieser rechtlichen Einschätzung. Sie unterstützt zudem eine Reihe von prioritären Sanierungsmaßnahmen, deren schnellstmögliche Umsetzung nun in der FGG-Elbe verbindlich verankert werden muss.

Auch das Forum Tideelbe hat im Jahr 2017 tatkräftig gearbeitet und nun eine erste Liste mit Maßnahmen vorgelegt, die jetzt vertieft auf ihre Wirksamkeit und Machbarkeit geprüft werden. Die laufende Arbeit des Forums wird auf der Website transparent dokumentiert (www.forum-tideelbe.de).

2 Randbedingungen

Situativ sind es vor allem zwei Faktoren, die die Wassertiefenunterhaltung kurzfristig beeinflussen können: Das Abflussgeschehen (Oberwasserabfluss) hat direkte Auswirkungen auf die Sedimentationsraten und damit die Baggermengen im Hamburger Raum. Ein niedriges langanhaltendes Oberwasser führt zu einer Anreicherung von Schwebstoffen im inneren Ästuar, zu hoher Sedimentation und damit zu hohen Baggermengen. Als zweites ist die Gewässergüte entscheidend: Niedrige Sauerstoffkonzentrationen können dazu führen, dass bestimmte Unterhaltungsaktivitäten aus ökologischen Gründen unterbleiben müssen.

2.1 Abflussgeschehen

Die Abflussmenge der Elbe, gemessen am Pegel Neu-Darchau, lag mit $577 \text{ m}^3/\text{s}$ im Jahresmittel (Kalenderjahr) erneut deutlich unterhalb des langjährigen Mittels von $697 \text{ m}^3/\text{s}$. Das Minimum lag bei $263 \text{ m}^3/\text{s}$ am 26. Juni. Nur im März lagen Abflusswerte über $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ mit einem Maximum von $1.280 \text{ m}^3/\text{s}$ am 4. März. Diese sehr geringen Oberwasserabflüsse sind das vierte Jahr in Folge auf die extreme Trockenheit im Elbeinzugsgebiet zurückzuführen.

In Abbildung 3 sind die Oberwasserabflüsse am Pegel Neu Darchau für die Jahre 2013 bis 2017 dargestellt.

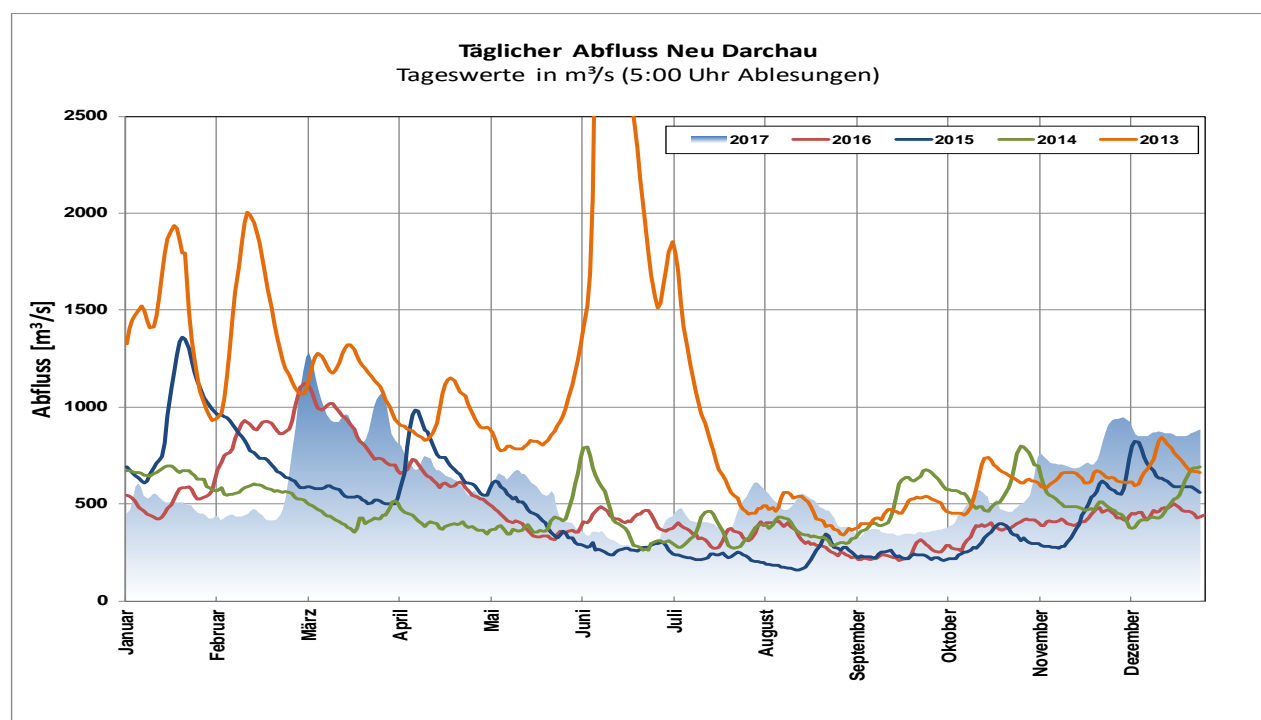


Abb. 3: Abfluss am Pegel Neu-Darchau der Jahre 2013 bis 2017. Außerhalb der Skalierung liegt der Spitzenabfluss im Juni 2013 mit $Q=4.050 \text{ m}^3/\text{s}$.

2.2 Gewässergüte

An der der Umlagerstelle nahe gelegenen Messstelle Seemannshöft erfolgen kontinuierliche Messungen zur Gewässergüte, u.a. der Parameter Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt. In Abbildung 4 sind die entsprechenden Tagesmittelwerte dargestellt.

Im Zeitraum vom 30.3. bis 7.11. betrug die Wassertemperatur mehr als 10 °C.

Die Sauerstoffgehalte lagen in der Zeit vom 26.05. bis 12.09. mit Unterbrechungen unterhalb von 6 mg O₂/l. Davon wurde an insgesamt 26 Tagen die für Fische kritische Grenze von 4 mg O₂/l unterschritten. Die HPA stellte an diesen Tagen ihre Unterhaltungsaktivitäten mit Wasserinjektionsgeräten und Bed-Leveller in schlickigen Bereichen vorsorglich ein. An vier Tagen lag der Sauerstoffgehalt unterhalb von 3 mg O₂/l. Der geringste gemessene Tagesmittelwert im Jahr 2017 betrug 2,8 mg O₂/l. Die Sauerstoffsituation stellte sich somit ungünstiger als in den vorangegangenen Jahren dar, ein Fischsterben blieb jedoch aus.

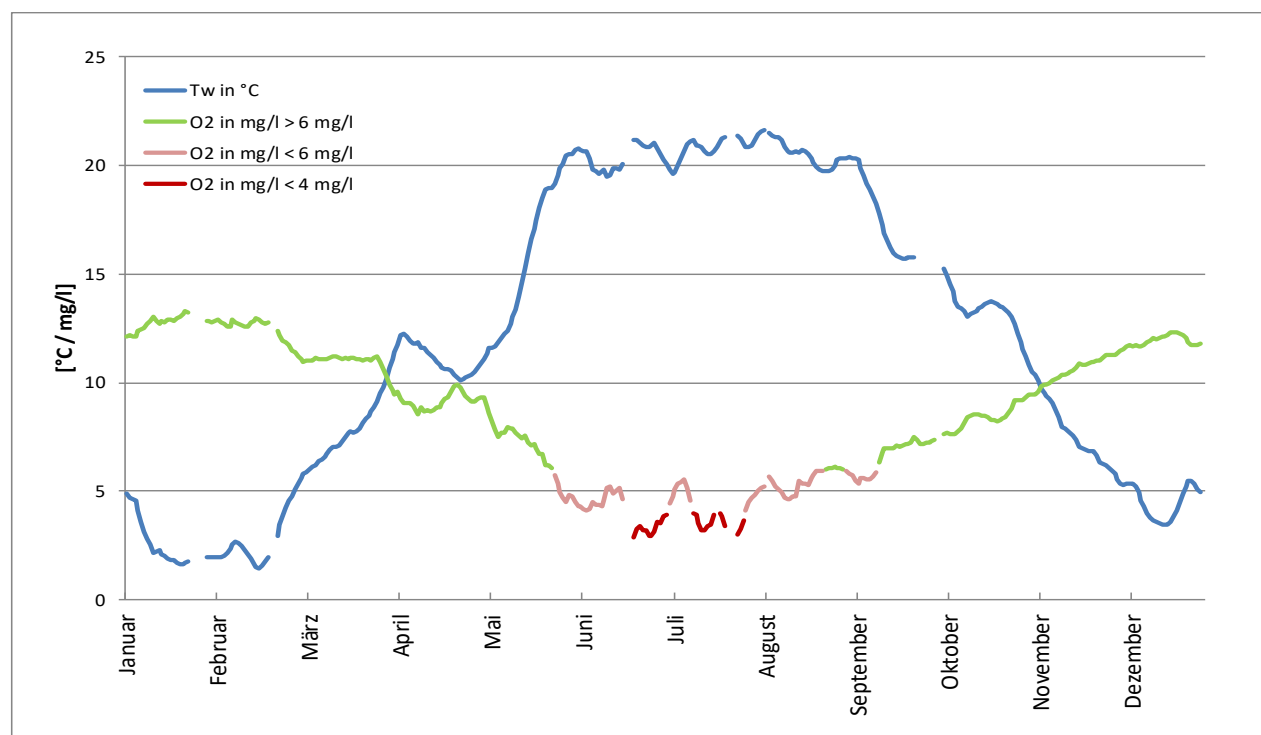


Abb. 4: Wassertemperatur und Sauerstoffgehalte als Tagesmittelwerte in 2017 an der Dauermessstelle Seemannshöft.

3 Baggermengen

Die Ermittlung der gebaggerten Mengen erfolgt auf Grundlage der je Transportvorgang (Hopperladung, Schute) dokumentierten Angaben (Datum, Herkunft, Verbleib, Ladungsgewicht, Volumen). Die Angaben erfolgten bislang in Kubikmeter Profilmaß und sind das Ergebnis einer empirisch entwickelten Näherungsberechnung aus den ermittelten Massenangaben (BASSIN). Um eine bessere Vergleichbarkeit zu erreichen, sollen die Mengen jetzt in Tonnen Trockensubstanz angegeben werden, so wie es etwa auch im Bereich der OSPAR üblich ist (vgl. <http://www.ospar.org/work-areas/eiha/dredging-dumping>). Auch im neuen Einvernehmen für die Verbringung von Hamburger Baggergut in die Nordsee sind die Mengen in tTS angegeben, und nicht mehr wie bislang in Kubikmeter Laderaumvolumen. Die Bezifferung der tatsächlich verbrachten Baggermenge ist auf diese Weise besser möglich, denn der stark volumenbestimmende Anteil des Transportwassers wird bei Nutzung der Tonnage nicht mengenmäßig miterfasst.

3.1 Baggermengen nach Herkunft und Verbleib

Im Jahr 2017 wurden im Bereich des Hafens und der Hamburger Elbe insgesamt rd. 5,04 Mio. tTS (bzw. 11,59 Mio. m³) Sediment gebaggert. Von diesen Baggerungen waren 4,54 Mio. tTS (bzw. 11,22 Mio. m³) für die eigentliche Wassertiefenunterhaltung erforderlich.

Tabelle 1 gibt einen Überblick der Baggermengen 2017 nach Verbleib. In Anlage 2 befindet sich ein detaillierter Überblick der gebaggerten Mengen, unterteilt nach Herkunft und Verbleib.

Tabelle 1: Baggermengen im Jahr 2017 nach Verbleib (gerundet)

Verbleib	m ³	t TS
Verbleib im Gewässer		
• Umlagerung bei Neßsand	7.216.500	2.852.700
• Verbringung in die Nordsee (Tonne E3)	3.637.800	1.460.400
• Boden zur Übertiefenverfüllung	233.500	279.000
Entnahme an Land		
• Boden zur Behandlung: Verwertung/Beseitigung	361.400	225.500
• Boden (mineralölverunreinigt) zur Behandlung: Beseitigung	0	0
• Sand für Baumaßnahmen der Baggergutbehandlung und – unterbringung	131.300	206.800
• Sand für Aufhöhungen	8.000	12.700
• Summe nur Wassertiefenunterhaltung*	11.215.700	4.538.600
Gesamtsumme	11.588.500	5.037.100

*Umlagerung + Verbringung + Boden zur Behandlung

Die Baggermengen der Unterhaltung liegen bei nahezu gleichbleibend ungünstigen hydrologischen Bedingungen in 2017 etwas unter den Mengen von 2016. Die Mengen der Umlagerung bei Neßsand lagen rund 200.000 m³ niedriger als im Vorjahr, die Mengen, die in die Nordsee verbracht, und die damit dauerhaft dem System entzogen wurden, blieben dagegen in etwa gleich. Durch diese Strategie des Austrags sollen mittelfristig auch die Gesamtmengen wieder sinken. Im Rahmen einer aktiven Geschiebebewirtschaftung hat die HPA auch im Jahr 2017 Sande aus der Unterhaltung der Klappstelle im Bereich der Riffelstrecke verrieselt, eine Praxis, die sich bereits 2016 bewährt hatte. Hierdurch soll auch die flutstrombremsende Sohlrauhigkeit erhalten werden. Eine Fortführung dieser Bewirtschaftung ist auch für 2018 vorgesehen.

Ein Vergleich der Mengenangaben m³ Profilmass zu tTS seit 2000 zeigt für das umgelagerte Baggergut nur geringe Varianzen (Abb. 5). Die Auswertung zeigt auch, dass die Effizienz der Baggerungen (gebaggerte Dichten) unabhängig von den Mengen und Sedimentationsverhältnissen über die Jahre auf einem annähernd gleichbleibend hohen Niveau liegt. Dies ist insbesondere auf eine effiziente Baggereinsatzplanung und eine eingespielte Gerätesteuerung zurückzuführen. Den Anreiz gibt ein vertragliches Bonus-Malus-System; besonders effiziente Baggerleistungen werden dabei belohnt.

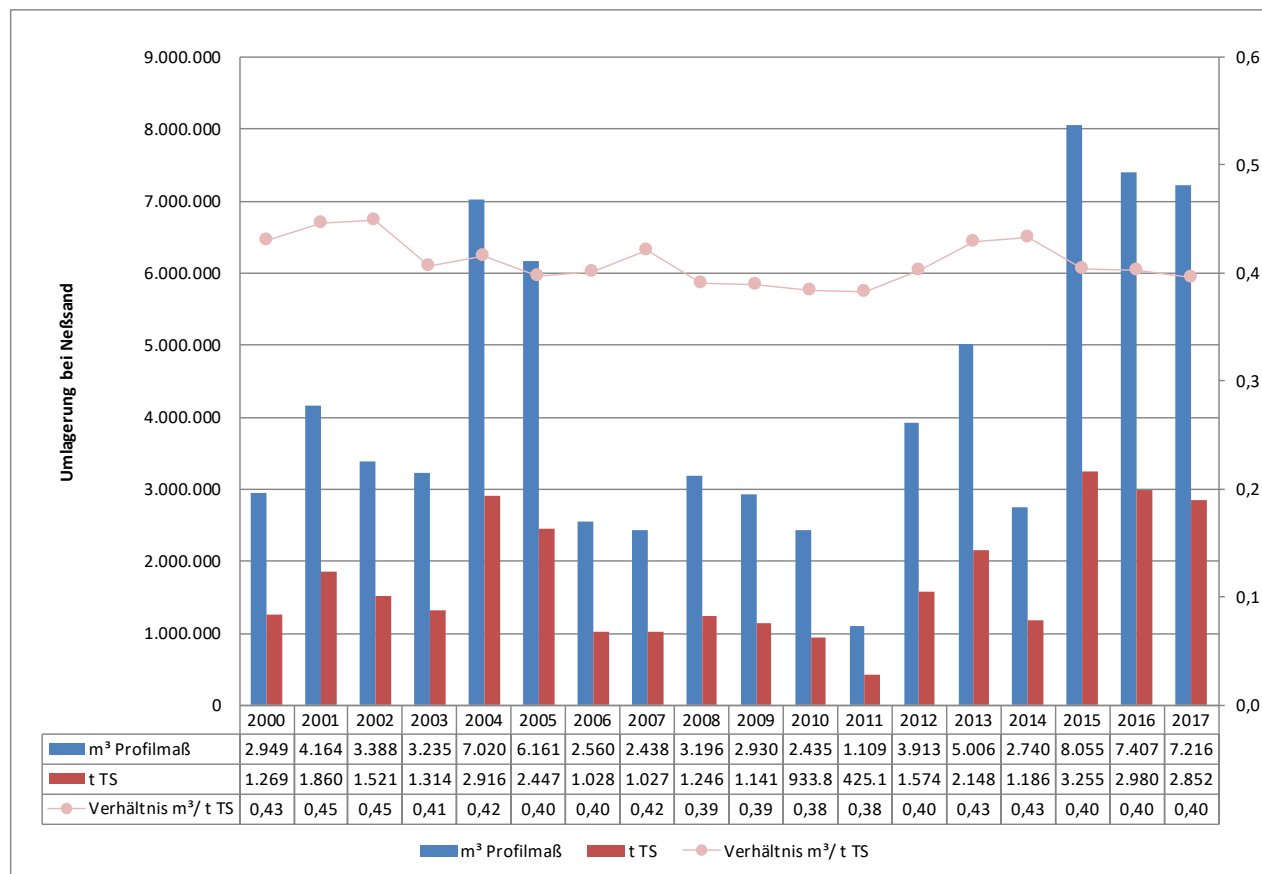


Abb. 5: Umlagerung Neßsand: Vergleich m³ Profilmaß zu Tonnen Trockensubstanz (tTS).

Betrachtet man die Entwicklung der Mengen der Umlagerung bei Neßsand einmal nicht jahresweise, sondern saisonweise zeigt sich eine deutliche Abnahme seit 2015/16 (vgl. Abb. 2). Die zeitliche Übereinstimmung mit der Intensivierung des Austrags in die Nordsee deutet darauf hin, dass diese Strategie erfolgreich war: Die Klappstelle Neßsand konnte entlastet werden und gleichzeitig konnte der Hafen trotz der anhaltend schlechten hydrologischen Situation ganzjährig bedarfsgerecht unterhalten werden.

3.2 Zeitliche Verteilung der Unterhaltungsaktivitäten

An der Klappstelle Neßsand im Bereich des Strom-Km 638 am südlichen Fahrwasserrand im Bereich des Tonnenstrichs vor der Landesgrenze wurden rund 2,85 Mio. tTS bzw. 7,22 Mio. m³ umgelagert. Die Umlagerungen bei Neßsand finden ausschließlich bei ablaufendem Wasser bzw. kurz vor einsetzen der Ebbe statt (Tidefenster). So ist gewährleistet, dass ein maximal möglicher Austrag erfolgt. In Abwägung zwischen den verschiedenen Schutz- und Erhaltungszielen und der Notwendigkeit der Wassertiefenunterhaltung für die Sicherung der Schifffahrt sollen im Zeitraum 1. April bis 6. November keine Umlagerungen nach Neßsand erfolgen. Eine vorgezogene Umlagerung, wie sie im Ausnahmefall in der Zeit vom 1. Oktober bis 6. November bei günstigen gewässerökologischen Bedingungen möglich ist, wurde auch 2017 nicht benötigt.

Stattdessen konnte der Austrag in die Nordsee auch im Sommer 2017 intensiv genutzt werden. Die neue Genehmigung mit Schleswig-Holstein gestattet seit 2016 auch die Beräumung anderer Hafengebiete außerhalb der Delegationsstrecke, soweit die strengen Freigabeanforderungen erfüllt werden. Hierdurch konnten 2017 auch in den Sommermonaten alle wesentlichen Hafengebiete gut unterhalten werden. Insgesamt wurden von Juni bis November 2017 rd. 1,46 Mio. tTS bzw. 3,64 Mio. m³ Baggergut in die Nordsee zur Tonne E3 verbracht.

Abbildung 6 gibt einen Überblick über die wöchentlichen Baggergutmengen (tTS) zur Umlagerung, zur Landbehandlung und Entsorgung sowie zur Verbringung in die Nordsee im Jahr 2017. Da sich sowohl die hydrologischen Bedingungen als auch die Genehmigungslagen nicht nennenswert verändert haben, zeigt sich ein nahezu identisches Bild wie im Vorjahr.

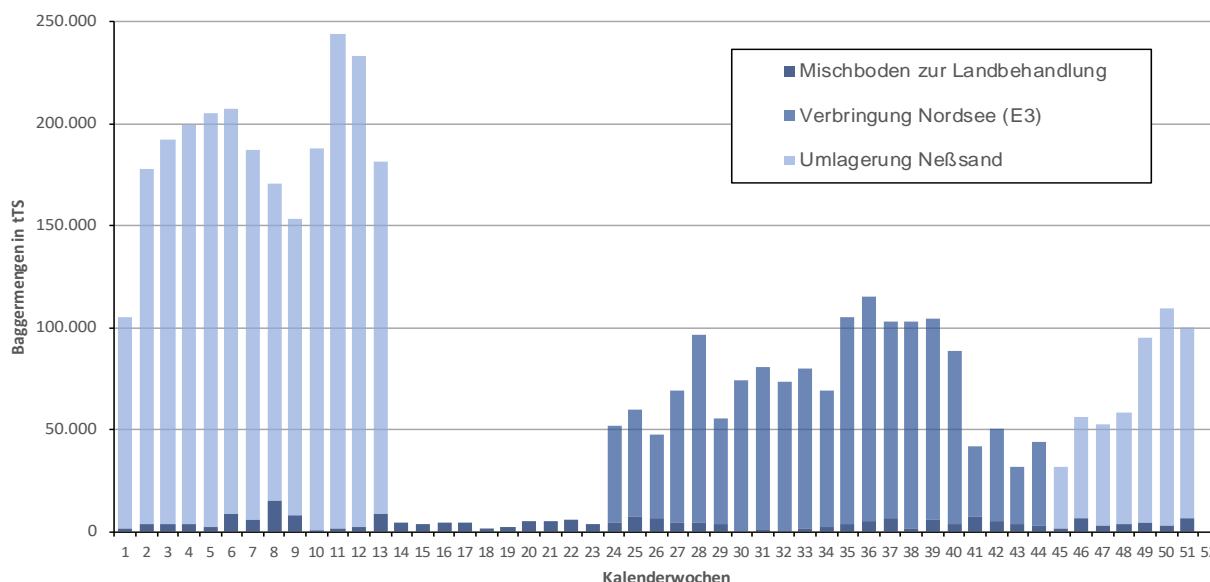


Abb. 6: Wöchentliche Baggergutmengen (tTS) der Umlagerung innerhalb Hamburgs (Neßsand) sowie Verbringung in die Nordsee (Tonne E3) und Landbehandlung für 2017.

3.3 Einsatz von Wasserinjektionsgeräten und Schlickpflügen (Bed Leveller)

Bei der **Wasserinjektionsbaggerung** wird das zu entfernende Sediment durch Wasserinjektion (WI) verflüssigt. Quer zur Fahrtrichtung des Schiffes wird ein Rohr dicht über die Gewässersohle geführt, in dem in engem Abstand Wasserstrahldüsen angeordnet sind. Durch diese wird Wasser mit relativ geringem Druck in das auf der nativen Gewässersohle befindliche Sediment eingestrahlt. Die dabei entstehende Suspensionsschicht aus Sediment und Wasser hat aufgrund ihrer höheren Dichte unter der Wirkung der Schwerkraft das Bestreben, sich nach allen Seiten auszubreiten. Dieses Abfließen wird so gesteuert, dass die Suspension in tiefere Gewässerteile fließt und dort erneut sedimentieren kann. Alternativ wird die Suspension tideabhängig in Bereiche größerer Strömung und Turbulenz gelenkt, aus denen der weitere Abtransport mit der natürlichen Strömung erfolgt. Solche Arbeiten erfolgen auch als Nachbearbeitung der Gewässersohle nach Einsätzen von Laderaumsaugbaggern („Hopperbagger“), um eine ebene Gewässersohle zu erzeugen. Ebenfalls kann ein Zuarbeiten zu den jeweiligen Hopperbaggern erfolgen, wenn sich z.B. das Sediment zu nah an der Kaimauer abgesetzt hat, um es mit einem großen Saugbagger direkt aufnehmen zu können. Gleichfalls werden damit kleinräumige Auflagen (Schlick- bzw. Sandlinsen) entfernt. Ein weiterer Schwerpunkt ist der Einsatz in der sogenannten Riffelstrecke (Stromelbe/Norderelbe). Dort liegt sandiges Material, das durch die vorherrschenden Strömungsbedingungen zu dünenartigen großen Riffeln aufgebaut wird, deren Spitzen dann als Untiefen mit dem Wasserinjektionsgerät gekappt werden müssen.



Abb. 7: Wasserinjektionsgerät Akke. (© HPA)

Grundsätzlich erfolgen Einsätze zur flächigen Verlagerung von Schlick nur in der Zeit vom 7. November bis 31. März. In der warmen Jahreszeit werden diese nur in nicht vermeidbarem Umfang bei bestimmten Gewässerbedingungen und nach vorheriger Anzeige bei der Behörde für Umwelt und Energie (BUE) durchgeführt. Zwingend erforderlich ist hingegen der WI-Einsatz nach Hoppeinsätzen, da erst hinterher die erforderlichen Wassertiefen nautisch zur Verfügung stehen. Bei Sauerstoffgehalten unter 4mg/l wurden keine WI-Arbeiten durchgeführt.

Die mit dem Wasserinjektionsverfahren bewegte Sedimentmenge ist schwer zu ermitteln, da Vor- und Nachpeilungen nicht immer zeitnah vorliegen, kleinräumig unterschiedliche Sedimentdichten vorhanden sind oder in der Riffelstrecke in der Bilanz aus einer bearbeiteten Fläche keine Sedimente ausgetragen werden. International gebräuchlich ist es deshalb, Einsatzstunden anzugeben.

Im Jahr 2017 kam das Wasserinjektionsverfahren insgesamt 1.681 Stunden zum Einsatz, knapp 140 Stunden weniger als im Vorjahr. 737 Einsatzstunden entfielen davon auf die Beseitigung natürlich entstandener lokaler Sandaufhöhungen in der Stromelbe (Riffelstrecke), sowie 778 Stunden auf Entfernung von Schlicklinsen. Lediglich 166 Stunden wurden Arbeiten zur Ebnung der Gewässersohle nach dem Einsatz von Hopperbaggern („TSHD“ = **T**ailing-**S**uction-**H**opper-**D**redger) durchgeführt. Hierfür kam 2017 erstmals auch der Schlickpflug zum Einsatz. Für eine Zuarbeit zum Hopperbagger wurden auch 2016 keine WI-Geräte eingesetzt. Hier hat sich stattdessen der Einsatz eines Bed Levellers (Schlickpflug) bewährt (s.u.). Abbildung 8 stellt die monatsweise Verteilung der Einsatzstunden für das Jahr 2017 dar.

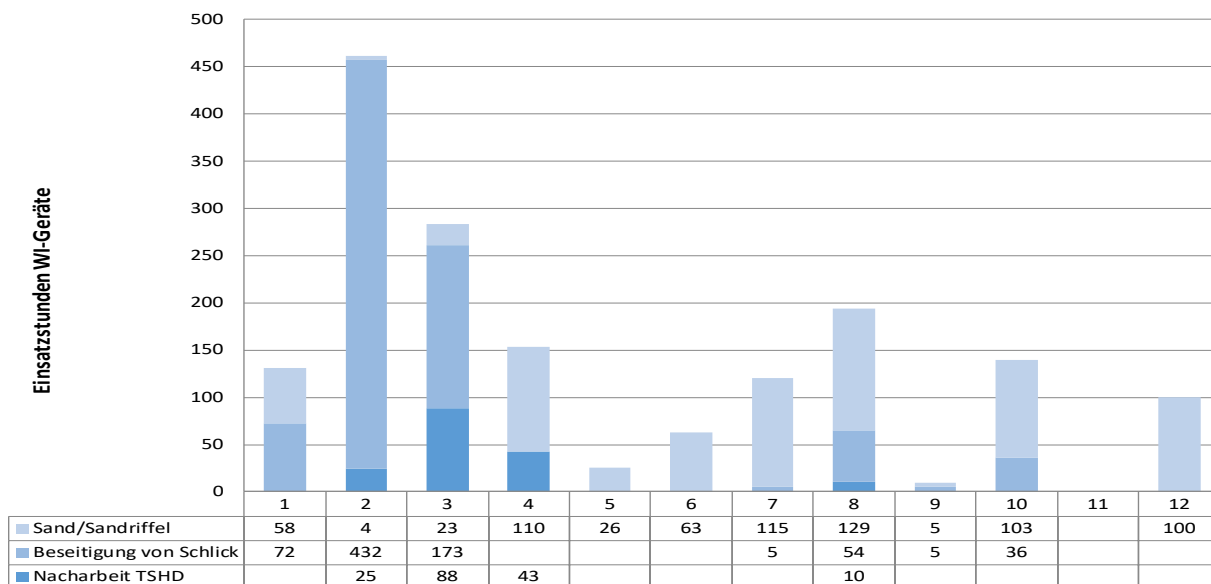


Abb. 8: Einsatzzeiten des Wasserinjektionsverfahrens 2017, monatsweise Darstellung, Januar (1) – Dezember (12).

Auch in 2017 hat sich der Einsatz eines leistungsstarken Schlickpflugs, des sogenannten **Bed Levellers Kees Jr** sehr bewährt (Abb. 9). Anders als beim Wasserinjektionsverfahren wird der Schlick nicht verflüssigt, sondern über kurze Entfernungen in einen anderen Bereich gezogen. Dadurch bleibt die Konsistenz des Schlicks überwiegend erhalten.



Abb. 9: Der Bed-Levellers *Kees Jr* im Einsatz. (Foto: B. Hochfeld, © HPA)

Das Gerät wurde insbesondere dazu eingesetzt, die Liegeplätze zu beräumen, sobald sie frei waren, und den Schlick in Vorratsbereiche zu verlagern, wo er ohne nennenswerte Dichteverluste von Laderaumsaugbaggern effizient aufgenommen werden kann. Die hohe Mobilität des Geräts erlaubt eine wirksame Unterhaltung der Liegeplätze, ohne dabei den Schiffsbetrieb zu stören.

Auch beim Bed Leveller ist es nicht praktikabel, die umgelagerten Mengen anzugeben, üblich sind auch hier die Einsatzstunden (Abb. 10). Das Gerät war ganzjährig durchgängig im Einsatz, insgesamt 3003 Stunden in 2017. Den Hauptteil der Arbeiten (1878 Stunden) machten dabei kleinräumige Schlickverlagerungen als Zuarbeit zu den Hopperbaggern aus (Liegeplätze). 225 Stunden wurde das Gerät zur Beseitigung von Sandriffeln eingesetzt, dabei wird ein spezieller Sandpflug montiert. 900 Stunden wurden Nacharbeiten nach den Hopperbaggereinsätzen zur Planierung der

Gewässersohle durchgeführt. Die Erfahrung zeigt, dass das Gerät sehr effizient und vielseitig einsetzbar ist und daher auch zukünftig zum festen Bestandteil der Unterhaltung gehören wird.

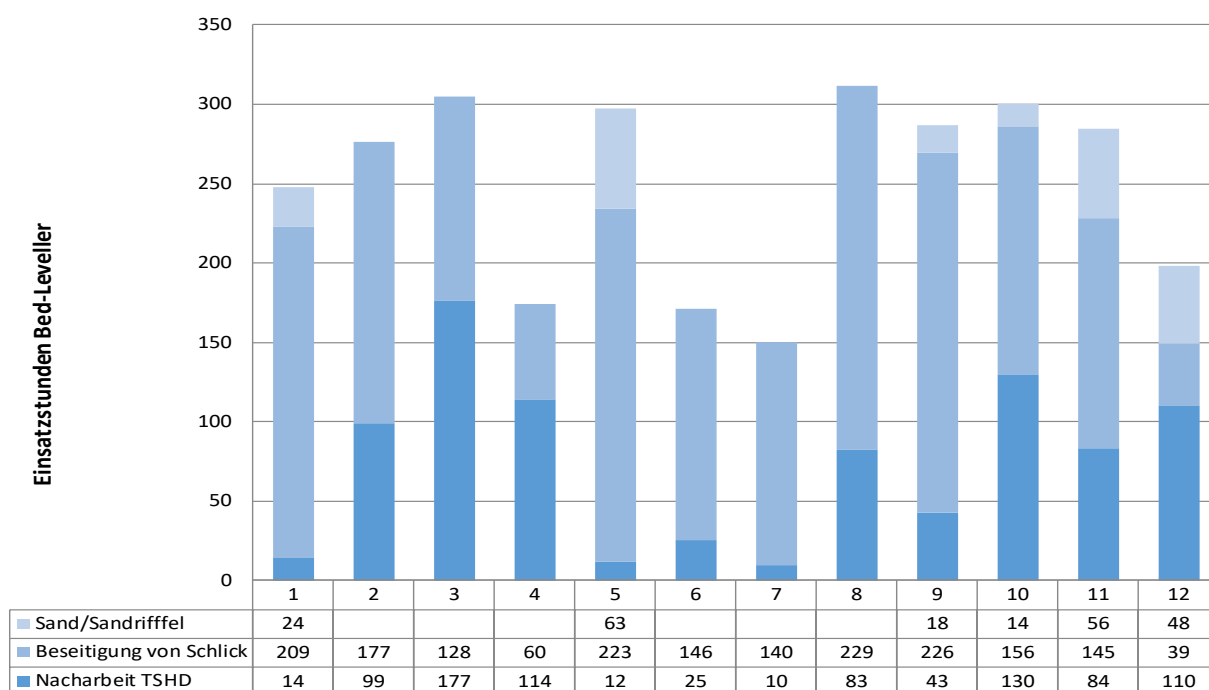


Abb. 10: Einsatzzeiten des Bed-Levellers *Kees Jr.* 2017, monatliche Darstellung, Januar (1) –Dezember (12).

Kleinere Arbeiten am Gewässergrund wurden außerdem vom HPA eigenen Schlickpflug *Otto Stockhausen* durchgeführt. Im Jahr 2017 fielen hierbei insgesamt 445 Leistungsstunden an.

4 Peilungen und Volumenvergleich

Im Zeitraum vom 03.11.2016 bis zum 28.11.2017 wurden fünf flächendeckende Peilungen im Umlagergebiet Neßsand durchgeführt. Das eingesetzte Flächenlotsystem Reson-MCS 2000 ermöglicht eine Erfassung der Gewässersohle mit einer Punktdichte von unter 1 m in Fahrtrichtung und 1 m quer zur Fahrtrichtung des Peilschiffes. Mit der verwendeten Peilfrequenz von 210 kHz beträgt die Genauigkeit der kinematisch gemessenen Tiefen bei den vorhandenen Tiefenverhältnissen $\pm 0,2$ m mit einer statistischen Sicherheit von $P=95\%$. Die Ortung des Peilschiffes erfolgte per RTK-PDGPS mit einer Genauigkeit von ca. $\pm 0,1$ m ebenfalls mit $P=95\%$.

Aus den Messdaten (pro Peilung ca. 1,85 Mio. Geländepunkte) werden jeweils digitale Geländemodelle für ein Gebiet (siehe Abbildung 11) von ca. 4200 x 400 m² mit den originären Tiefendaten erstellt und anschließend untereinander verglichen. Die daraus ermittelten Mengenänderungen sind in Abbildung 12 dargestellt. Die Aufsummierung der Auf- und Abträge ergibt für 2017 einen Auftrag von rd. 13.000 m³, obwohl insgesamt in dieses Gebiet rd. 7,2 Mio. m³ Baggergut verbracht wurden. Dabei sind die oben genannten Genauigkeiten zu berücksichtigen.

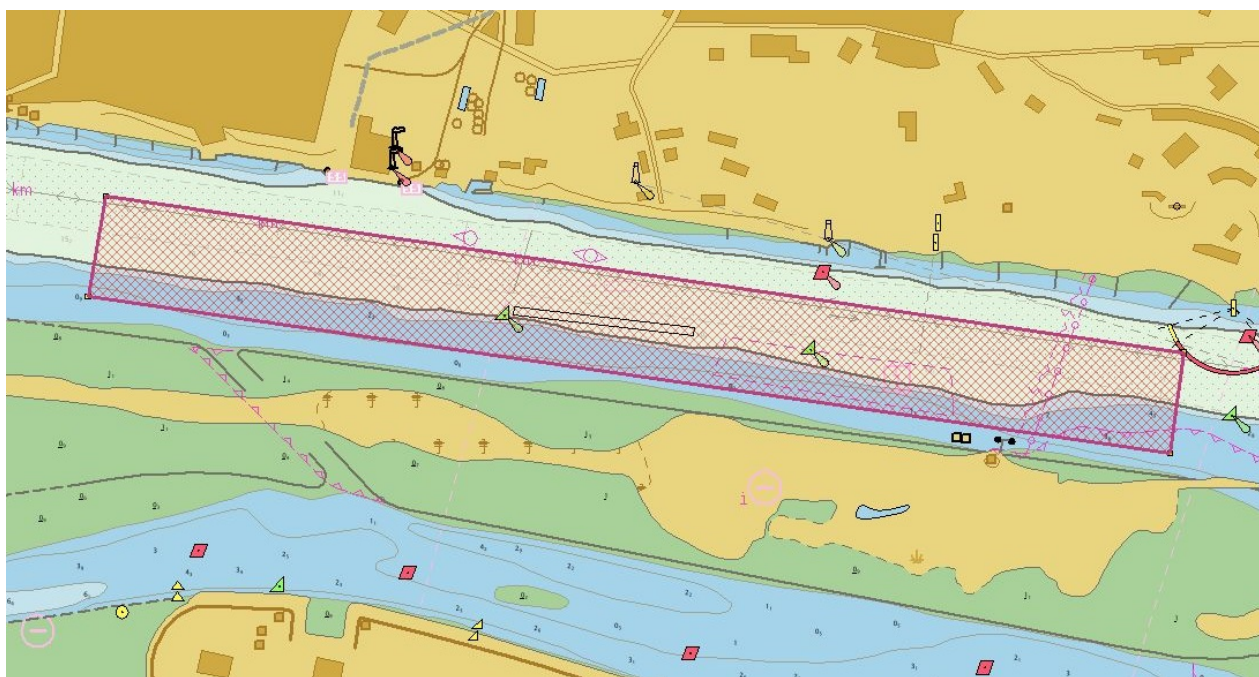


Abb. 11: Elektronische Seekarte (BSH) mit rot dargestelltem Kontrollgebiet vor Neßsand. Auf dem südlichen Tonnenstrich ist das Klappfeld in schwarz markiert.

Massenbewegungen 2017

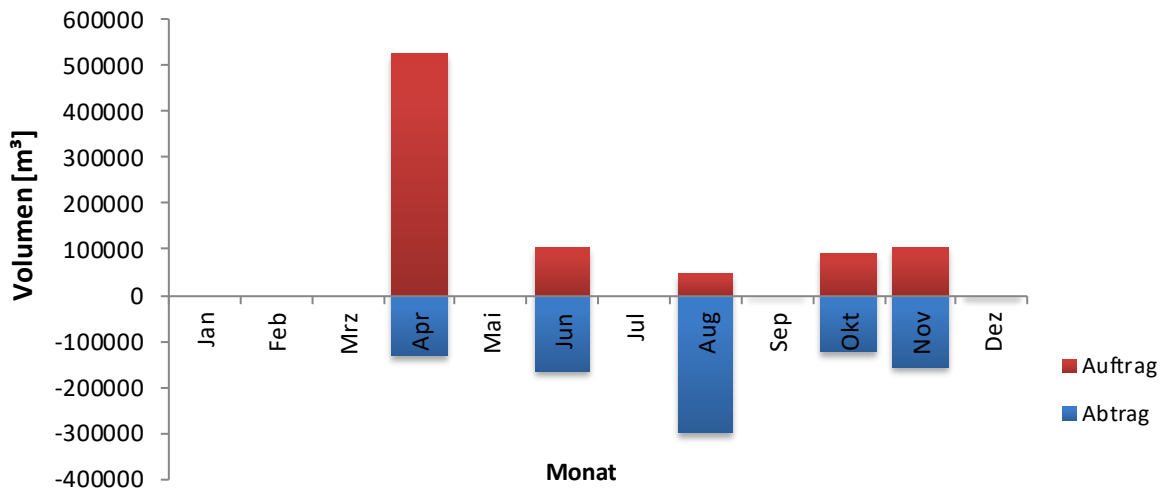


Abb. 12: Aus Peilungen berechnete Mengenbewegungen (Auf- und Abtrag) im Bereich Neßsand im Jahr 2017.

5 Schadstoffuntersuchungen

Die Belastung der Elbesedimente mit Schadstoffen stellt neben den Mengen die größte Herausforderung für die Wassertiefenunterhaltung des Hamburger Hafens dar. Die Schadstoffkonzentration des zu baggernden Sediments bestimmt letztlich, wie mit dem Sediment verfahren werden kann; kann es im Gewässer verbleiben, oder muss es an Land behandelt und entsorgt werden. Nicht zuletzt ist dies ein entscheidender Kostenfaktor. Betrachtet man die Schadstoffkonzentrationen der Kernproben der letzten Jahre (s. Anlage 4), so ist erkennbar, dass die Belastungskonzentrationen sich insgesamt auf einem stabilen niedrigen Niveau bewegen. Bei TBT z.B. ist sogar eine Abnahme deutlich erkennbar, ein Hinweis, dass das Verbot der Verwendung in Schiffsanstrichen wirkt. Unabhängig von langfristigen Trends unterliegen die Schadstoffkonzentrationen jedoch Schwankungen, die insbesondere von den hydrologischen Verhältnissen abhängen (Hochwasserereignisse, Oberwasserabfluss, Durchmischung).

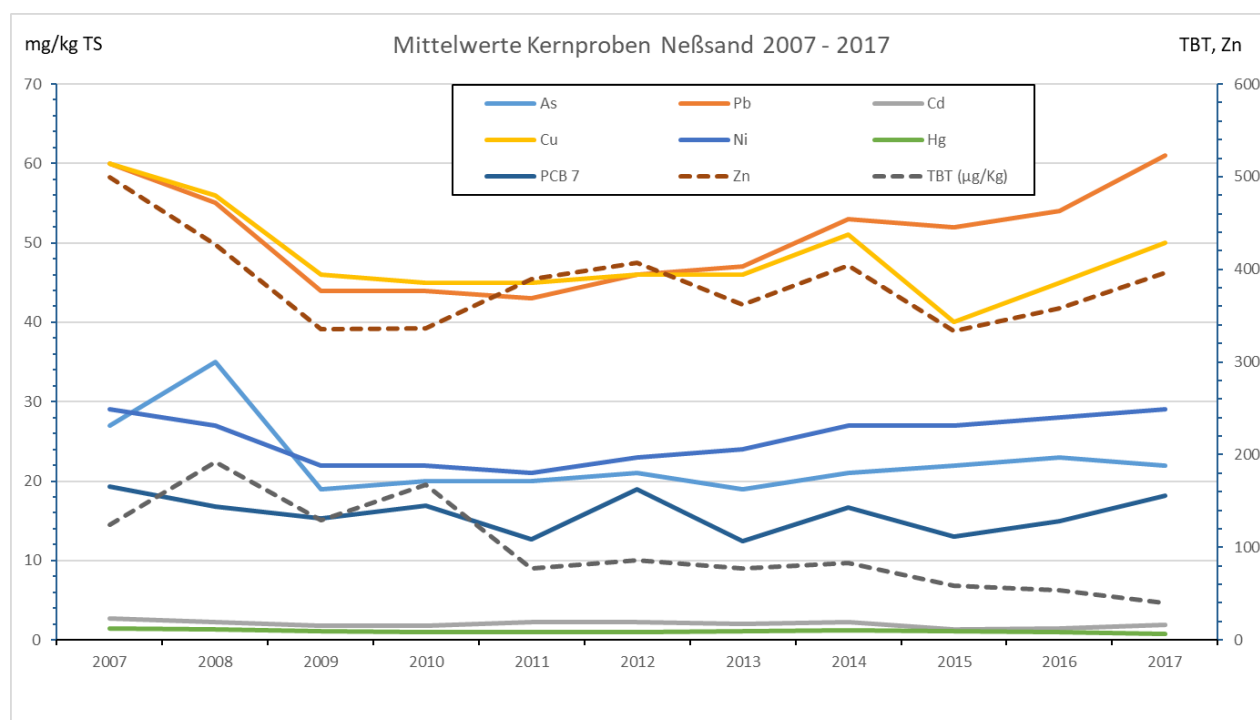


Abb. 13: Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen in Kernproben 2007 – 2017, Bestimmung in der Gesamtfraktion.

5.1 Schadstoffbelastung der Sedimente

Für die Beurteilung des anfallenden Baggerguts aus dem Hamburger Hafen wurden Untersuchungen hinsichtlich der Schadstoffbelastung gemäß der Handlungsvereinbarung zwischen BUE und HPA durchgeführt. Schadstoffuntersuchungen erfolgen sowohl an Sedimenten als auch an dem aufbereiteten Baggergut für die landseitige Verwertung bzw. Beseitigung:

- Zur Einschätzung der Entwicklung der Belastung der Sedimente werden in jedem Frühsommer an festgelegten Probennahmepunkten im Stromabschnitt von Geesthacht bis Wedel Oberflächenproben des frischen Sediments entnommen (Referenzbeprobung, 18 Proben). Diese Proben geben ein Abbild der momentanen Belastungssituation und lassen unter Berücksichtigung der Oberwasserführung eine Veränderung der Schadstoffbelastung über die Jahre erkennen. Die jährlich durchgeführte Beprobung fand am 3. und 4.7.2017 statt. Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen der Referenzbeprobung 2017 sind in Anlage 3 dargestellt.
- Die schon seit 2014 deutlich erhöhte Sedimentation von feinkörnigen Schwebstoffen im Hamburger Elbeabschnitt und die damit verbundenen Baggermengen erforderten einen erhöhten Aufwand an Untersuchungen für die Verbringung von Baggergut zu den Verbringstellen. Seit 2016 wurden neben den Baggerungen in der Stromelbe auch erstmalig Sedimente aus den Hafenbeckeneinfahrten in die Nordsee zur Tonne E3 verbracht. Für die Nordseeverbringungen wurden die erforderlichen Freigabeuntersuchungen ab April 2017 vorgenommen. Die Freigabeuntersuchungen für die Verbringung von Sedimenten zur Tonne E3 dienen gleichzeitig zur Ermittlung der Sedimentqualität für das Einbringen von Baggergut an der Klappstelle Neßsand. Hierfür wurde ein Datensatz von insgesamt 129 Sedimentkernen aus dem Jahr 2016 und dem Jahr 2017 hinsichtlich der Schadstoffgehalte untersucht. Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sind in der Anlage 4-1 und 4-2 dargestellt, getrennt in den Umlagerungszeitraum Januar bis März und November bis Dezember. Die Ergebnisse der ökotoxikologischen Untersuchungen aus dem Jahr 2017 sind in Anlage 5 abgebildet
- Die zusammengefassten Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen aus 2017 des an Land aufbereiteten Schlicks aus Entwässerungsfeldern sowie der METHA sind in Anlage 6 aufgeführt.

Die Belastung der frisch sedimentierten Schwebstoffe wird wesentlich durch den Oberwasserabfluss der Elbe geprägt. Die in Kapitel 2.1 aufgezeigte Abflusssituation bewirkte hohe Eintreibungen feinkörniger Sedimente in den Hafengebiete. Durch langanhaltende Perioden geringen Oberwassers wurde das nach Neßsand verbrachte Baggergut nicht nachhaltig aus dem Hamburger Gewässerabschnitt ausgetragen. Die Schadstoffbelastung des Sediments zeigt durch den hohen von Unterstrom (geringer belasteten) eingetragenen Schwebstoffanteil insgesamt ein niedriges Niveau.

Die Ergebnisse der Referenzbeprobung 2017 zeigen den Eintrag von geringer belasteten Schwebstoffen und Sedimenten von Unterstrom. Niedrige Befunde an Schwermetallen, gemessen in der Fraktion < 20 µm, sind der Hinweis auf diese Transport- und Einmischungsvorgänge. Mit einem mittleren Cadmiumgehalt von 2,2 mg/kg TS wird das Belastungsniveau der Vorjahre erreicht bzw. sogar unterschritten. Die spezifischen Gehalte der übrigen Metalle unterscheiden sich kaum von denen des Vorjahres. Die Maximalbefunde treten wieder in den frischen Sedimenten in der oberen Tideelbe oberhalb Hamburgs auf, bedingt durch den Sedimenteintrag aus der mittleren und oberen Elbe und der in diesem Bereich nicht vorhandenen Einmischung geringer belasteter Sedimente von Unterstrom.

Das bei Neßsand umgelagerte Baggergut stammt hauptsächlich aus Sedimentationsgebieten in den strömungsberuhigten Bereichen der Hafenbeckeneinfahrten und der Norder- und Süderelbe. Hier lagern sich überwiegend feinkörnige schwebstoffbürtige Sedimente ab. Der mittlere Schlickanteil (Feinkornanteil des Sediments der Fraktion < 63µm) liegt über 80 Gewichts-%. Bedingt durch die gleichbleibenden hydraulischen Randbedingungen ändert sich die Zusammensetzung der Sedimente in den Hauptsedimentationsbereichen nicht grundlegend. Der TOC-Gehalt des Sediments beträgt im Mittel mehr als 3,5 Gewichts-% TS.

Aufgrund der anhaltend hohen Einträge von unterstrombürtigen Schlickern ist die Konzentration von Metallen und Arsen in der Fraktion < 20 µm in den Sedimenten insgesamt in der gleichen Größenordnung geblieben bzw. geringfügig niedriger als in den Vorjahren. Eine wesentliche Änderung in der Belastungsstruktur der Sedimente ist hieraus nicht abzuleiten.

Die Anreicherungen von PCB-Verbindungen an den schwebstoffbürtigen Sedimenten und im Baggergut, die u.a. aufgrund eines Schadenfalles bei Abstrahlarbeiten an einer Stahlbrücke am Oberlauf der Elbe befürchtet wurde, sind nicht eingetreten. Die vorgefundenen PCB-Konzentrationen liegen in der gleichen Spanne wie in den Vorjahren. Es ist derzeit nicht davon auszugehen, dass die erhöhten PCB-Konzentrationen an Schwebstoffen, die seit 2015 an den oberstromgelegenen Schwebstoffmessstationen beobachtet wurden, zu einer Erhöhung der Gehalte im Hamburger Elbeabschnitt führen werden.

Bei den weiteren organischen Schadstoffen ist wie in den Vorjahren keine grundlegende Änderung in der Belastungsstruktur zu erkennen. Auffälligkeiten bei Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) und polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) traten nicht auf. Die untersuchten Gruppen der Chlorkohlenwasserstoffe HCH, DDT-Verbindungen und HCB zeigen ebenfalls das übliche Belastungsmuster. Wie bereits bei den Metallen beschrieben weisen die feinkörnigen Sedimente in den oberstrombeeinflussten Hafengebieten der Harburger Süderelbe die relativ höchsten Schadstoffanhaftungen auf, während die westlich gelegenen Hafenbecken an der Unterelbe die geringsten Anreicherungen an organischen Schadstoffen zeigen.

Die Belastung des Baggerguts mit Organozinnverbindungen ist weiterhin leicht rückläufig. Trotz des Verbotes von TBT-haltigen Schiffsanstrichen seit 2008 durch die IMO (International Maritime

Organisation) sind immer noch leicht erhöhte Gehalte von Organozinnverbindungen in den frischen, schwebstoffbürtigen Sedimenten zu beobachten. Die mittleren Gehalte an Tributylzinn (TBT) liegen für 2016/17 bei 57 bzw. für 2017 bei 41 µg OZV/kg TS. Außergewöhnliche Belastungen mit Organozinnverbindungen wurden nicht an den frisch sedimentierten Schlickern im Hafensbereich vorgefunden.

5.2 Ökotoxikologische Untersuchungen

Um die ökotoxikologische Wirkung der Sedimente zu erfassen, wird ein Teil der auf chemische Eigenschaften untersuchten Proben zusätzlich mit der limnischen Biotestbatterie analysiert. Hierzu werden Algen, Bakterien und Daphnien gemäß den Vorschriften der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) den Eluaten und Porenwässern der Sedimente ausgesetzt (BfG-Merkblatt, 2011¹). Die eintretenden Beeinträchtigungen der Organismen werden gemessen. Wie auch in den Vorjahren wurden diese Untersuchungen sowohl an den Oberflächensedimenten als auch an ausgewählten Kernproben durchgeführt.

Zur Beschreibung der ökotoxikologischen Wirkungen auf die unterschiedlichen Modellorganismen wird das von der BfG vorgegebene Verfahren angewandt. Hierbei wird die von einer Umweltprobe ausgehende Toxizität durch das Verhältnis charakterisiert, in dem eine Probe im Verhältnis 1:2 verdünnt werden muss, damit sie nicht mehr signifikant toxisch wirkt. Angegeben wird dieses als pT-Wert (pT0 (unverdünnt) bis pT6 (mindestens sechsmal verdünnt)). Den Sedimenten werden anschließend Toxizitätsklassen 0 bis VI zugeordnet. Werden mehrere Biotestverfahren eingesetzt, wird die Toxizitätsklasse der Umweltprobe durch den höchsten pT-Wert bestimmt.

Die Interpretation des Algentests kann durch auftretende Wachstumsförderungen erschwert werden, da diese mögliche Toxizitäten überdecken und somit zu falsch negativen Befunden führen. Andererseits können auch natürliche Faktoren der Testsysteme im Labor zu falsch positiven Befunden führen.

Die Daten der ökotoxikologischen Untersuchungen sind in Abbildung 14 und in Anlage 5 dargestellt. Da es in Hamburg noch keinen allgemein anerkannten Bewertungsmaßstab für diese Ergebnisse gibt, werden sie bisher nur unterstützend zur Charakterisierung der Sedimente herangezogen.

In den Gebieten Köhlbrand und Süderelbe wurden bereits Ende April 2017 insgesamt 24 Sedimente über die gesamte Schnitttiefe beprobt und anschließend ökotoxikologisch analysiert. Im Mai wurden die Hafenzufahrten Sandauhafen, Parkhafen und Vorhafen und im Juni die Gebiete der Delegationsstrecke Norderelbe Blatt 7 sowie die Norderelbe Blatt 6 / Strandhafen sowie die Hafenzufahrt Rethe Blatt 3 mit je 6 Sedimentkernen untersucht. Im Juli erfolgte die Beprobung des

¹ BfG-Merkblatt „Ökotoxikologische Baggergutuntersuchung“: http://www.bafg.de/Baggergut/DE/04_Richtlinien/merkblatt_ökotox.pdf (Stand: Juli 2015)

Köhlfleets mit ebenfalls 6 Proben sowie eine erneute Beprobung des hinteren Bereichs des Strandhafens mit einer Probe (Abbildung 14: P2 – Strandhafen hinten). Die Beprobung des Gebietes Rethe Blatt 3 wurde Anfang August an den gleichen Stationen wie Mitte Juni wiederholt. Im Oktober erfolgte dann die Beprobung und Analyse in den Gebieten Seehafen 4, Reiherstieg Vorhafen, Rethe Blatt 2 und Hansahafen sowie eine erneute Wiederholung der Beprobung des hinteren Strandhafensbereichs (Abbildung 14: P3 und P4 – Strandhafen hinten). Damit liegen für insgesamt 71 Proben ökotoxikologische Einstufungen vor.

Von allen drei Testverfahren weist, wie auch in den vergangenen Jahren häufig festgestellt, der Algentest im Mittel die höchsten Werte auf. Die Einzelwerte überstreichen dabei eine Spanne von pT0 (unbelastet) bis pT5 (hoch belastet). Der Medianwert liegt bei pT2 (gering belastet) und der arithmetische Mittelwert bei 1,9. Die höchsten Einzelwerte (pT5) werden an drei Porenwässern der Rethe der ersten Beprobung sowie an zwei Porenwässern aus dem hinteren Bereich des Strandhafens ermittelt. Der Köhlbrand zeigt mit Werten von durchgängig pT0 (unbelastet) die niedrigsten Werte.

Die Proben zeigen im Leuchtbakterientest mehrheitlich Werte von pT0 (unbelastet) bis pT2 (gering belastet). Der Medianwert liegt bei pT0 (unbelastet) und der arithmetische Mittelwert bei 0,8. Einige Proben weisen jedoch auch deutlich höhere Werte von bis zu pT5 (hoch belastet) und in einer Probe auch pT6 (sehr hoch belastet) auf (Abbildung 14). Wie auch beim Algentest werden die höchsten Werte bei der ersten Beprobung der Rethe Blatt 3 und im hinteren Teil des Strandhafens festgestellt.

Die Werte im Daphnientest liegen fast ausnahmslos niedrig mit Werten von pT0 (unbelastet) bis pT2 (gering belastet) mit einem Medianwert von pT1 (sehr gering belastet) und einem arithmetischen Mittel von 0,6. Lediglich in den Gebieten Harburger Seehafen und Reiherstieg Vorhafen wird im Eluat ein Wert von pT3 (mäßig belastet) ermittelt.

Für das Gebiet der Rethe3 und des Strandhafens fanden jeweils Nachbeprobungen statt. In der Rethe betrug der zeitliche Abstand zwischen beiden Beprobungen 8 Wochen. Der hintere Bereich des Strandhafens wurde nach vier und nach 16 Wochen nachbeprobt. Insbesondere in der Rethe zeigte sich ein deutlicher Unterschied in den Ergebnissen (Abbildung 14). Dies kann teilweise an einer Neusedimentation gelegen haben. Da aber auch die ursprünglich beprobte Sedimentschicht miterfasst wurde, ist dies sehr wahrscheinlich nicht der einzige Grund für die Abnahme der Toxizität. Weitere Gründe sind jedoch nicht bekannt.

Pro Kernprobe werden die drei Testverfahren sowohl an Porenwässern als auch an Eluaten durchgeführt, so dass insgesamt sechs pT-Werte ermittelt werden. Der jeweils Höchste bestimmt die Einstufung in die Toxizitätsklasse. In der Gesamtbewertung 2017 werden die Klassen II und III beide am häufigsten erreicht, gefolgt von den benachbarten Klassen IV und I (Anlage 5). Der Median aller Kernproben liegt für 2017 bei Klasse III (mäßige Belastung). Die höchsten Belastungen

ergeben sich zum einen bei der ersten Beprobung des Gebietes Rethel Mitte Juni und zum anderen bei den oberstromgelegenen Gebieten Harburger Seehäfen, Reiherstieg Vorhafen, Strandhafen / Norderelbe Blatt 6 sowie Hansahafen (Abbildung 14).

Von 2004 bis 2016 bewegten sich die Medianwerte der ökotoxikologischen Einstufung der Proben eines Jahres in den Klassen II bis IV. Zwischen 2011 und 2014 lag der Medianwert stabil in der Klasse III. Im Jahr 2015 und 2016 wurde mit einem Medianwert von II ein etwas niedrigerer Wert als in den vorangegangenen Jahren erreicht. Im Jahresbericht 2016 wurde vermutet, dies könnte an dem hohen Anteil von geringer belastetem Material gelegen haben, dass in diesen beiden Jahren von Unterstrom eingetragen wurde. Da die chemischen Werte zeigen, dass auch im Jahr 2017 weiterhin viel Material von Unterstrom eingetragen wurde (Abschn. 5.1), liegt der Medianwert aller Proben wieder in Klasse III und damit etwas höher als in den beiden vorangegangenen Jahren. Anzeichen für eine signifikante Erhöhung des ökotoxikologischen Potenzials der umzulagernden Sedimente im Vergleich zu den Werten aus dem Gesamtzeitraum von 2004 bis 2016 werden im Jahr 2017 insgesamt damit jedoch nicht festgestellt.

Die ökotoxikologische Analyse der Oberflächenproben an den Referenzmessstellen wird seit 2005 mit der oben beschriebenen Testpalette an Eluaten durchgeführt. Beprobte wird nur die oberste Sedimentschicht mit einer Schichtdicke von bis zu 5 cm. Die Analyse erfolgte 2017 an insgesamt 16 Stationen.

Die Referenzbeprobung zeigte im Juni 2017 im Algentest und im Leuchtbakterientest sehr variable Werte. Insgesamt wurde mit beiden Testverfahren eine Spanne von Werten von 0 (unbelastet) bis pT5 (hoch belastet) überstrichen. Im Algentest, der in der Testbatterie in der Regel das empfindlichste der drei Testverfahren ist, wurde im Medianwert pT3 festgestellt, während der Leuchtbakterientest einen Medianwert von pT1 aufwies. Mit dem Daphnientest wurden hingegen nur Werte von pT0 (unbelastet) bis pT2 (niedrig belastet) mit einem Medianwert von pT0 (unbelastet) festgestellt. Mit einem Klassen-Medianwert aller Proben von III (mäßige Belastung) liegen die Werte der Referenzbeprobung 2017 ähnlich derer aus vergangenen Jahren.

Die Beprobung der Oberflächensedimente der obersten frischen Schicht von 2 bis 5 cm stellt jedoch nur eine Momentaufnahme dar. Ausschlaggebend für die Charakterisierung der umzulagernden Sedimente sind die Ergebnisse der oben beschriebenen, über die gesamte Sedimentmächtigkeit repräsentativ beprobten Kerne.

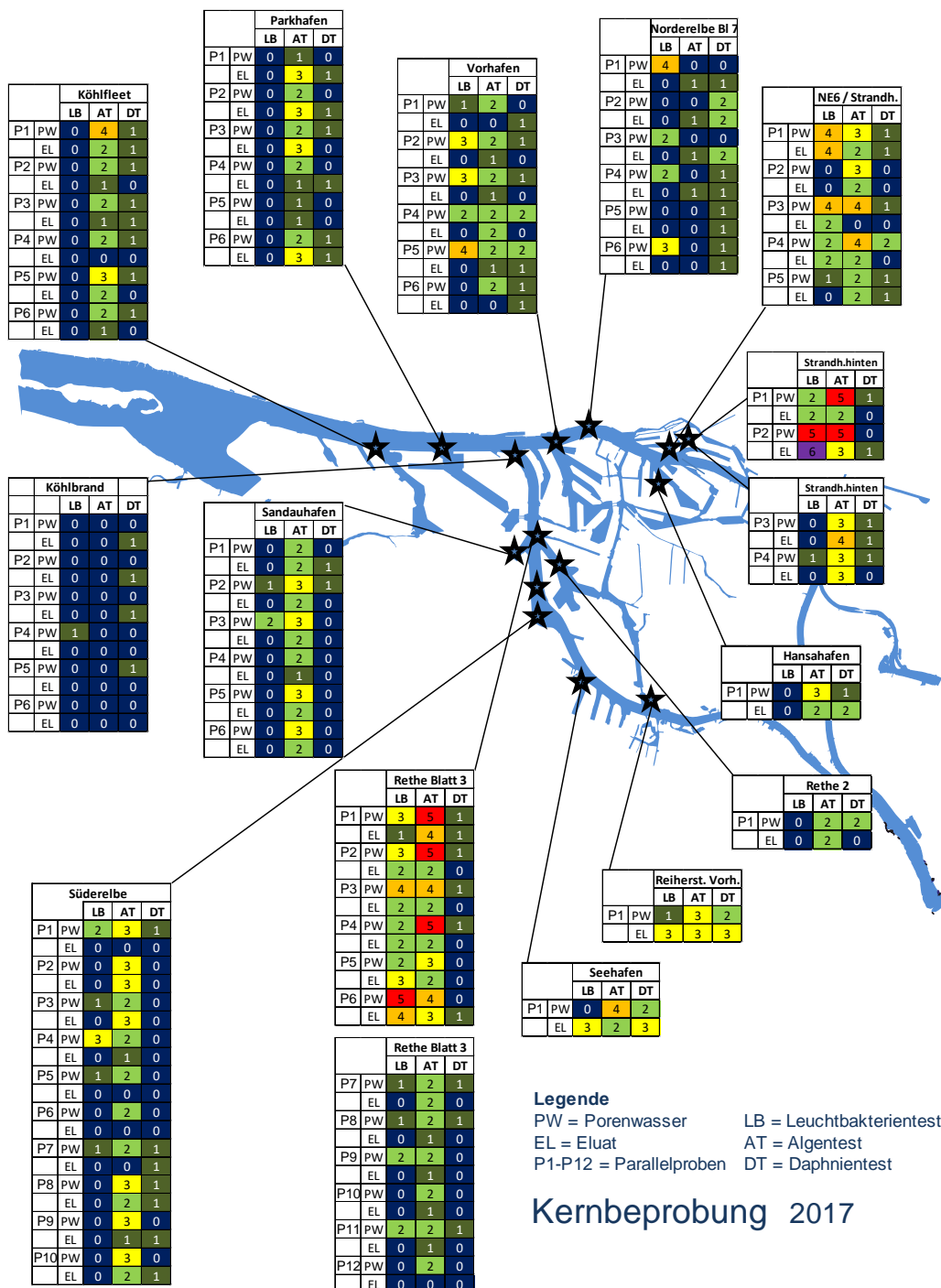


Abb. 14: Ökotoxikologische Untersuchungen an Sedimentkernen 2017.

5.3 Sauerstoffzehrungspotenzial der Sedimente

Bei der Umlagerung von Baggergut kann es durch die chemische und biologische Oxidation reduzierter Sedimente zu einer Sauerstoffzehrung im Gewässer kommen. Die Messung des Sauerstoffzehrungspotenzials von Sedimenten ermöglicht es, den Einfluss von Umlagerungsmaßnahmen auf die Gewässergüte abzuschätzen.

Die potenzielle Sauerstoffzehrung der zu baggernden Sedimente wurde im Untersuchungszeitraum 2016/17 an 78 Sedimentkernen bestimmt und für die Umlagerungen ab November an 48 Sedimentkernen untersucht. Ermittelt wurde die chemische Zehrung von Sauerstoff nach 180 Minuten, bezogen auf die Trockensubstanz. Die mittlere Zehrung lag bei 1,3 bzw. 1,7 g O₂/kg TS bei einer Spanne von 0,14 bis 2,7 g O₂/kg TS.

5.4 Betrachtung der Schadstofffrachten

Neben den ökologisch relevanten Konzentrationen können auch die Schadstofffrachten der verschiedenen im Tideelbereich maßgeblichen Sedimentströme betrachtet werden. Dabei kann man differenzieren in Einträge (also das, was schwebstoffgebunden von Oberstrom in den Hafen gelangt), in Verbleib im Gewässer (also das, was im Hamburger Raum umgelagert wird) und in Austrag (also Verbringung in die Nordsee) und Verbringung und Entsorgung an Land. Zusätzlich gibt es mit dem stromaufgerichteten Sedimenttransport (tidal pumping) auch erhebliche Einträge von Unterstrom in den Hafenbereich, die eine Bilanzierung erschweren.



Abb. 15: Behandlung von belastetem Baggergut: Trocknungspressen in der METHA. (Foto: B. Hochfeld, © HPA)

Tabelle 2: Stoffstromfrachten im Rahmen der Unterhaltungstätigkeit der HPA im Jahr 2017

Stoff	Einheit	Schwefstoff- eintrag in die Tideelbe	Geogene Hintergrund- konzentration	Verbleib im Gewässer		Austrag aus der Tideelbe			
		Hitzacker (2017) 437.000 tTS**	nach Prange * 1997 g/t	Umlagerung Neßsand 2.852.700 tTS		Landverbringung 225.500 tTS		Verbringung Nordsee 1.460.000 tTS	
				Schadstoff- fracht gesamt	Abschätzung hiervon geogene Fracht Elbe*	Schadstoff- fracht gesamt	Abschätzung hiervon geogene Fracht Elbe*	Schadstoff- fracht gesamt	Abschätzung hiervon geogene Fracht Elbe*
AS	t	7,6	24	66	68,5	9	5,4	25	35
Pb	t	21,3	29	161	82,7	24	6,5	69	42,3
Cd	t	1,2	0,4	4,5	1,14	1,04	0,09	1,8	0,58
Cu	t	17,4	32	129	91,3	47	7,2	58	46,7
Hg	t	0,4	0,3	2,47	0,86	0,54	0,07	1,2	0,44
Zn	t	216	150	1033	428	143	33,8	398	219
TBT	kg/Sn	3	k.A.	67,4	k.A.	41,3	k.A.	26	k.A.

berechnet basierend auf Prange 1997 *
Abschätzung Sedimenteintrag in die Tideelbe über das Wehr Geesthacht **

Nicht erfasst werden dabei der strömungsbedingte natürliche Austrag in Richtung Nordsee und die Festsetzung über stabile Sedimentationen, etwa im Deichvorland. Zur Ermittlung von Schadstofffrachten werden die bewegten Sedimentmassen mit der jeweiligen Konzentration der einzelnen Schadstoffe verrechnet.

Zur Einordnung der zunächst sehr hoch erscheinenden Werte (Tonnen!) ist es wichtig, diese in Relation zu setzen. Eine Möglichkeit dazu sind die geogenen Hintergrundbelastungen, also die Stoffmengen, die auch ohne anthropogene Belastungen in den Sedimenten enthalten sind. Prange et. al. (1997)² liefern hierzu Daten für die Elbe, die näherungsweise herangezogen werden können, allerdings nur für Schwermetalle. Deutlich wird, dass bereits die natürlicherweise im Sediment enthaltenen Schwermetallmengen in derselben Größenordnung liegen, wie die Frachten der betrachteten Fraktionen. Oder anders ausgedrückt: der geogene Anteil an den im Zuge der Unterhaltung bewegten Schadstofffrachten ist bereits erheblich.

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die berechneten bzw. abgeschätzten Schadstofffrachten in 2017. Zusätzlich ist in grober Näherung basierend auf Prange et al. (1997) angegeben, in welcher Größenordnung die bereits vorhandene geogene Hintergrundbelastung einzuordnen ist.

Die bei Neßsand umgelagerten und in die Nordsee verbrachten frischen Sedimente haben in der Regel nicht länger als ein Jahr am Gewässergrund gelegen. Ihre Belastung resultiert zum weit überwiegenden Teil aus dem Oberstrom.

² Prange, A. et al. (1997): Geogene Hintergrundwerte und zeitliche Belastungsentwicklung. GKSS.

Für die Frachtberechnungen bestehen unterschiedliche Herangehensweisen. Die Angabe der Jahresfracht für die Messstation Hitzacker bezieht sich auf Analysen des Schwebstoffs. Die Werte für die Verbringung an Land beruhen auf Analysen des Schlicks in der METHA. Die Daten für die Verbringung im Gewässer beziehen sich auf Konzentrationen, die an Kernproben im Gewässer ermittelt wurden bezogen auf die umgelagerte resp. in die Nordsee verbrachte Tonnage. Die im Gewässer umgelagerten Mengen verbleiben aufgrund der hydrologischen Verhältnisse zum Großteil im selben System, sie stellen daher im Grunde nur eine geringe Veränderung gegenüber einem System ohne kleinräumige Umlagerung dar. Die kleinräumigen Kreisläufe (Baggerung - Umlagerung - Rücktransport) erschweren somit eine klare Interpretation der Frachten.

Die Frachtermittlung kann also lediglich einen Anhaltspunkt für die Größenordnung liefern und dient nicht als vollständige geschlossene Bilanzierung. Ein weiterer Anhaltspunkt für die Einordnung der Frachten ergibt sich aus einem internationalen Vergleich wichtiger OSPAR-Länder (Abb. 16). Basierend auf den mittleren Frachten einiger Stoffe kann der Anteil der zur Tonne E3 verbrachten Schadstoffe in ein Verhältnis gesetzt werden. Die bei Neßsand umgelagerten Mengen, sind nicht Bestandteil dieser Erhebung. Es wird deutlich, dass die oft kritisierte Verbringung zur Tonne E3 nur einen Bruchteil der Frachten im europäischen Kontext ausmachen. Dabei müssen auch diese Frachten in Bezug zu den geogenen Frachten, bzw. zu den Frachten die auf natürlichem Wege über die Flüsse eingetragen werden, bewertet werden (s.o.). Die zur Tonne E3 verbrachten Mengen unterliegen zudem strengen Zulassungsaufgaben und werden als europaweit einzige von einem beispiellos umfangreichen Monitoring überwacht, welches sicherstellt, dass sich mögliche Effekte auf den unmittelbaren Einbringbereich begrenzen.

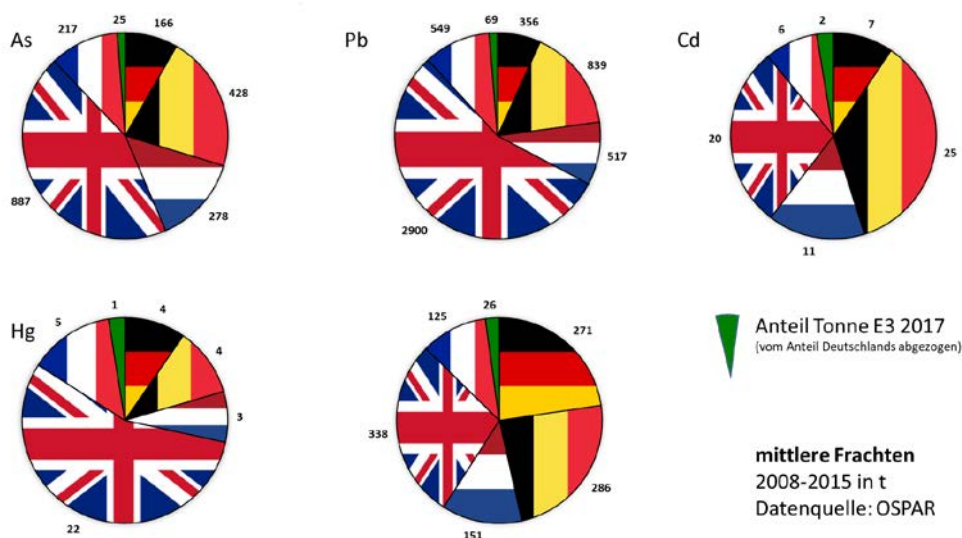
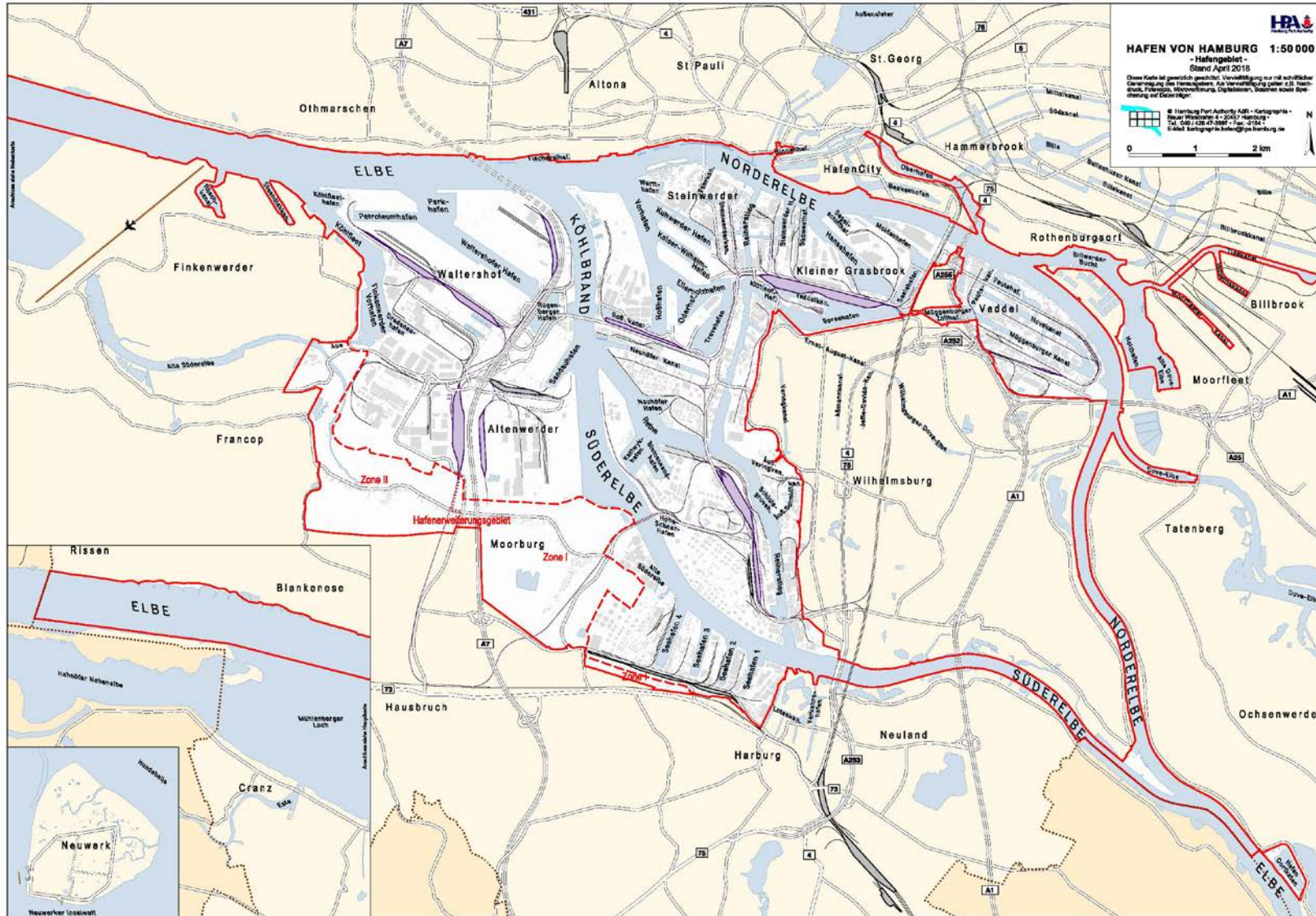


Abb. 16: Mittlere Frachten der direkten baggergutbürtigen Einbringung in die Nordsee 2008 - 2015 der OSPAR-Länder Großbritannien, Belgien, Niederlande, Frankreich und Deutschland im Vergleich der Frachten durch die Verbringung zu Tonne E3 im Jahr 2017 (inkl. geogener Hintergrundgehalte).

Anlage 1: Hafenplan



Anlage 2

Gebaggerte Mengen 2017 in Tonnen Trockensubstanz tTS (gerundet), unterteilt nach Herkunft und Verbleib

Herkunft	Verbleib im Gewässer			Entnahme an Land				Summe
	Umlagerung bei Neßsand (innerhalb Hamburgs)	Verbringung in die Nordsee (Tonne E3)	Boden zur Übertiefenverfüllung	Boden zur Behandlung: Verwertung/Beseitigung	Boden (mineralölverunreinigt) zur Behandlung: Beseitigung	Sand für Baumaßnahmen der Baggergutbehandlung und -unterbringung	Sand für Aufhöhungen	
Norderelbe	409.500	279.100	0	0	0	0	0	688.600
Süderelbe	302.600	306.800	100	23.600	0	199.400	0	832.500
Köhlbrand	144.000	396.100	0	100	0	0	0	540.200
Untereelbe	2.700	0	278.800	2.500	0	7.400	12.700	304.100
Mühlenberger Loch	0	0	0	3.100	0	0	0	3.100
Steendiekkanal	17.300	0	0	0	0	0	0	17.300
Nördl. Reiherstieg	56.700	0	0	14.500	0	0	0	71.200
Mittl. Reiherstieg	0	0	0	6.500	0	0	0	6.500
Südl. Reiherstieg	2.600	0	0	12.300	0	0	0	14.900
Rethe	349.600	0	0	0	0	0	0	349.600
Blumensandhafen	6.600	0	0	0	0	0	0	6.600
Neuhöfer Hafen	10.800	0	0	200	0	0	0	11.000
Hansahafen	47.200	0	0	0	0	0	0	47.200
Südwesthafen	4.100	0	0	0	0	0	0	4.100
Steinwerder Hafen	29.700	0	0	0	0	0	0	29.700
Wendemuthkai	0	0	0	0	0	0	0	0
Sandtorhafen	0	0	0	19.000	0	0	0	19.000
Elbufer	224.000	52.900	0	600	0	0	0	277.500
Kuhwerder Vorhafen	296.100	165.800	0	0	0	0	0	461.900
Kuhwerder Hafen	0	0	0	0	0	0	0	0
Kaiser-Wilhelm-Hafen	15.000	0	0	1.300	0	0	0	16.300

Herkunft	Verbleib im Gewässer			Entnahme an Land				Summe
	Umlagerung bei Neßsand (innerhalb Hamburgs)	Verbringung in die Nordsee (Tonne E3)	Boden zur Übertiefenverfüllung	Boden zur Behandlung: Verwertung/Beseitigung	Boden (mineralölverunreinigt) zur Behandlung: Beseitigung	Sand für Baumaßnahmen der Baggergutbehandlung und -unterbringung	Sand für Aufhöhungen	
Ellerholzhafen	27.500	0	0	0	0	0	0	27.500
Roßhafen	0	0	0	1.900	0	0	0	1.900
Sandauhafen	27.000	57.700	0	0	0	0	0	84.700
Parkhafen	426.100	142.800	0	0	0	0	0	568.900
Waltershöfer Hafen	13.900	0	0	1.700	0	0	0	15.600
Köhlfleet	340.100	59.200	0	0	0	0	0	399.300
Seehafen 1	0	0	0	4.100	0	0	0	4.100
Seehafen 2	9.000	0	0	0	0	0	0	9.000
Seehafen 3	0	0	0	9.700	0	0	0	9.700
Seehafen 4	0	0	100	1.400	0	0	0	1.500
Reiherstieg Vorhafen	18.400	0	0	0	0	0	0	18.400
Billwerder Bucht	22.500	0	0	11.000	0	0	0	33.500
Innere Durchfahrt	0	0	0	10.000	0	0	0	10.000
Fleete/Speicher	6.600	0	0	0	0	0	0	6.600
Müggelburger- und Hovekanal	0	0	0	36.600	0	0	0	36.600
Müggelburger Zollhafen	0	0	0	38.200	0	0	0	38.200
Spreehafen	35.000	0	0	20.400	0	0	0	55.400
Steinwerder Kanäle	8.100	0	0	6.800	0	0	0	14.900
Summe	2.852.700	1.460.400	279.000	225.500	0	206.800	12.700	5.037.100

Gebaggerte Mengen 2017 in m³ Profilmass BASSIN (gerundet), unterteilt nach Herkunft und Verbleib

Herkunft	Verbleib im Gewässer			Entnahme an Land				Summe
	Umlagerung bei Neßsand (innerhalb Hamburgs)	Verbringung in die Nordsee (Tonne E3)	Boden zur Übertiefenverfüllung	Boden zur Behandlung: Verwertung/Beseitigung	Boden (mineralölverunreinigt) zur Behandlung: Beseitigung	Sand für Baumaßnahmen der Baggergutbehandlung und -unterbringung	Sand für Aufhöhungen	
Norderelbe	993.300	657.300	0	0	0	0	0	1.650.600
Süderelbe	799.800	806.400	100	15.000	0	126.600	0	1.747.900
Köhlbrand	347.900	920.300	0	0	0	0	0	1.268.200
Untereelbe	7.400	0	233.400	1.600	0	4.700	8.000	255.100
Mühlenberger Loch	0	0	0	6.800	0	0	0	6.800
Steendiekkanal	45.300	0	0	0	0	0	0	45.300
Nördl. Reiherstieg	142.000	0	0	27.400	0	0	0	169.400
Mittl. Reiherstieg	0	0	0	13.100	0	0	0	13.100
Südl. Reiherstieg	6.600	0	0	23.400	0	0	0	30.000
Rethe	932.700	0	0	0	0	0	0	932.700
Blumensandhafen	17.000	0	0	0	0	0	0	17.000
Neuhöfer Hafen	28.400	0	0	100	0	0	0	28.500
Hansahafen	117.900	0	0	0	0	0	0	117.900
Südwesthafen	10.800	0	0	0	0	0	0	10.800
Steinwerder Hafen	75.300	0	0	0	0	0	0	75.300
Wendemuthkai	0	0	0	0	0	0	0	0
Sandtorhafen	0	0	0	30.400	0	0	0	30.400
Elbufer	553.200	131.800	0	700	0	0	0	685.700
Kuhwerder Vorhafen	774.800	434.000	0	0	0	0	0	1.208.800
Kuhwerder Hafen	0	0	0	0	0	0	0	0
Kaiser-Wilhelm-Hafen	37.800	0	0	1.200	0	0	0	39.000
Ellerholzhafen	72.000	0	0	0	0	0	0	72.000
Roßhafen	0	0	0	2.500	0	0	0	2.500

Herkunft	Verbleib im Gewässer			Entnahme an Land				Summe
	Umlagerung bei Neßsand (innerhalb Hamburgs)	Verbringung in die Nordsee (Tonne E3)	Boden zur Übertiefenverfüllung	Boden zur Behandlung: Verwertung/Beseitigung	Boden (mineralölverunreinigt) zur Behandlung: Beseitigung	Sand für Baumaßnahmen der Baggergutbehandlung und -unterbringung	Sand für Aufhöhungen	
Sandauhafen	67.000	152.400	0	0	0	0	0	219.400
Parkhafen	1.102.700	376.700	0	0	0	0	0	1.479.400
Waltershofener Hafen	35.800	0	0	2.000	0	0	0	37.800
Köhlfleet	899.400	158.900	0	0	0	0	0	1.058.300
Seehafen 1	0	0	0	7.700	0	0	0	7.700
Seehafen 2	24.500	0	0	0	0	0	0	24.500
Seehafen 3	0	0	0	21.000	0	0	0	21.000
Seehafen 4	0	0	0	2.700	0	0	0	2.700
Reiherstieg Vorhafen	14.300	0	0	0	0	0	0	14.300
Billwerder Bucht	27.700	0	0	18.100	0	0	0	45.800
Innere Durchfahrt	0	0	0	10.700	0	0	0	10.700
Fleete/Speicher	17.200	0	0	0	0	0	0	17.200
Müggelburger- und Hovekanal	0	0	0	69.400	0	0	0	69.400
Müggelburger Zollhafen	0	0	0	56.800	0	0	0	56.800
Spreehafen	44.300	0	0	39.600	0	0	0	83.900
Steinwerder Kanäle	21.400	0	0	11.200	0	0	0	32.600
Summe	7.216.500	3.637.800	233.500	361.400	0	131.300	8.000	11.588.500

Anlage 3

Statistische Auswertung der Referenzproben (Juli 2017)

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.-% OS	16	0	19,1	23,1	27,5	46,2	54,1
TOC (C)	Gew.-% TS	16	0	1,1	3,9	4,0	6,2	7,0
Siebanalyse								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	16	0	15,9	62,3	56,1	73,4	76,4
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	16	0	19,5	27,0	28,6	38,4	49,6
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	16	0	2,7	6,7	11,3	28,4	44,9
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	16	0	0,6	1,9	2,7	4,9	7,0
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	16	0	0,2	0,6	0,7	1,2	1,4
Fraktion 630 - 1000µm	Gew.-% TS	16	0	0,1	0,3	0,3	0,5	0,7
Fraktion 1000-2000µm	Gew.-% TS	16	1	<0,01	0,1	0,2	0,3	0,4
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	16	4	<0,01	0,2	0,2	0,6	0,7
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS							
Fraktion < 100 µm	Gew.-% TS							
Summenparameter								
Stickstoff	mg/kg TS	16	0	1140	4585	4730	7795	8510
Phosphor	mg/kg TS	16	0	590	1500	1594	2500	2700
Schwefel	mg/kg TS	16	0	1500	4350	4119	5300	5700
Metalle aus der Gesamtfraktion								
Arsen	mg/kg TS	16	0	8	24	22	28	30
Blei	mg/kg TS	16	0	19	64	61	85	90
Cadmium	mg/kg TS	16	0	0,5	1,0	1,9	5,2	6,0
Chrom	mg/kg TS	16	0	20	51	48	59	61
Kupfer	mg/kg TS	16	0	17	42	50	83	102
Nickel	mg/kg TS	16	0	12	32	29	36	38
Quecksilber	mg/kg TS	16	0	0,2	0,8	1,0	2,1	2,6
Zink	mg/kg TS	16	0	104	306	396	846	940
Metalle aus der Fraktion < 20 µm								
Arsen < 20 µm	mg/kg TS	16	0	24	27	28	32	36
Blei < 20 µm	mg/kg TS	16	0	67	74	77	90	107
Cadmium < 20 µm	mg/kg TS	16	0	0,8	1,1	2,2	5,6	7
Chrom < 20 µm	mg/kg TS	16	0	45	65	64	72	73
Kupfer < 20 µm	mg/kg TS	16	0	40	46	55	85	106
Nickel < 20 µm	mg/kg TS	16	0	30	38	37	40	41
Quecksilber < 20 µm	mg/kg TS	16	0	0,7	0,8	1,1	2,0	2,6
Zink < 20 µm	mg/kg TS	16	0	320	364	494	910	1080
Mineralölkohlenwasserstoffe								
Mineralöl	mg/kg TS	16	0	36	93	102	160	240
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	16	2	<10	14	15	22	33
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	16	0	29	80	87	139	210
Polycyclische Aromaten								

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Naphthalin	mg/kg TS	16	0	0,023	0,1	0,1	0,2	0,26
Acenaphtylen	mg/kg TS	16	4	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04
Acenaphthen	mg/kg TS	16	11	<0,01	<0,01	k.MW	0,02	0,03
Fluoren	mg/kg TS	16	1	<0,01	0,03	0,03	0,07	0,09
Phenanthren	mg/kg TS	16	0	0,02	0,05	0,06	0,14	0,17
Anthracen	mg/kg TS	16	0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,45
Fluoranthren	mg/kg TS	16	0	0,08	0,2	0,3	0,6	0,78
Pyren	mg/kg TS	16	0	0,07	0,2	0,2	0,5	0,67
Benz(a)anthracen	mg/kg TS	16	0	0,04	0,1	0,1	0,3	0,38
Chrysen	mg/kg TS	16	0	0,04	0,1	0,1	0,3	0,38
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	16	0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,37
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	16	0	0,03	0,1	0,1	0,1	0,20
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	16	0	0,05	0,1	0,1	0,3	0,35
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	16	0	0,01	0,03	0,04	0,10	0,11
Benzo(ghi)perylene	mg/kg TS	16	0	0,04	0,1	0,1	0,3	0,36
Indeno(1.2.3-cd)pyren	mg/kg TS	16	0	0,04	0,1	0,1	0,3	0,38
PAK Summe 6 g.BG	mg/kg TS	16	0	0,30	0,7	0,9	1,9	2,44
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	16	0	0,56	1,3	1,8	3,8	5,01
Polychlorierte Biphenyle								
PCB 28	µg/kg TS	16	0	0,26	0,9	1,2	2,5	3,1
PCB 52	µg/kg TS	16	0	0,28	0,7	1,0	2,1	2,8
PCB 101	µg/kg TS	16	0	0,56	1,9	2,1	3,7	4,3
PCB 118	µg/kg TS	16	0	0,3	1,0	1,1	2	2,4
PCB 138	µg/kg TS	16	0	1,0	3,4	3,9	7,5	8,4
PCB 153	µg/kg TS	16	0	1,3	4,3	5,1	9,6	11
PCB 180	µg/kg TS	16	0	0,92	2,8	3,7	7,5	9,5
PCB Summe 6 g.BG	µg/kg TS	16	0	4,32	13,8	17,1	32,9	38,9
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	16	0	4,62	14,6	18,2	34,9	41,3
Hexachlorcyclohexane								
alpha-HCH	µg/kg TS	16	0	0,22	0,4	0,8	1,7	3,3
beta-HCH	µg/kg TS	16	0	0,35	1,0	2,0	3,6	13
gamma-HCH	µg/kg TS	16	0	0,065	0,1	0,2	0,4	0,74
delta-HCH	µg/kg TS	16	0	0,18	0,4	0,6	1,3	2,5
epsilon-HCH	µg/kg TS	16	11	<0,01	<0,01	k.MW	0,3	0,72
DDT + Metabolite								
o,p'-DDE	µg/kg TS	16	0	0,11	0,3	0,4	0,9	1,3
p,p'-DDE	µg/kg TS	16	0	0,85	2,5	3,8	8,8	10
o,p'-DDD	µg/kg TS	16	0	1,1	3,0	4,7	10,9	15
p,p'-DDD	µg/kg TS	16	0	2,8	8,7	15,1	36,5	55
o,p'-DDT	µg/kg TS	16	0	0,14	0,5	1,1	3,0	5,5
p,p'-DDT	µg/kg TS	16	0	0,57	2,3	7,4	22	45
Chlorbenzole								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	16	0	0,33	0,9	1,4	2,7	4,6

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	16	0	1,3	4,3	7,2	16,5	27
Organozinnverbindungen								
Monobutylzinn	µg OZK/kg TS	16	0	7	18	24,3	58,5	78
Dibutylzinn	µg OZK/kg TS	16	0	5,9	14,5	20,3	39	73
Tributylzinn	µg OZK/kg TS	16	0	11	38	39,9	62,5	76
Tetrabutylzinn	µg OZK/kg TS	16	1	<1	2,4	5,8	15	34
Monooctylzinn	µg OZK/kg TS	16	4	<1	1,3	2,5	5,9	12
Diocetylzinn	µg OZK/kg TS	16	2	<1	1,7	3,2	8,7	12
Triphenylzinn	µg OZK/kg TS	16	16	<1	<1	k.MW	<1	<1
Tricyclohexylzinn	µg OZK/kg TS	16	16	<1	<1	k.MW	<1	<1
Sauerstoffzehrung								
O ₂ -Zehrung n. 180 min	g O ₂ /kg TS	16	0	0,09	1,35	1,8	3,65	4,1

Anlage 4-1

Statistische Auswertung der Kernproben 2016/17 des von Januar bis März vor Neßsand umgelagerten Materials aus der Delegationsstrecke der Elbe und dem Hamburger Hafen

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.-% OS	81	0	21,2	29,9	32,3	44,7	72,7
TOC (C)	Gew.-% TS	81	0	0,51	3,6	3,6	4,9	6,3
Siebanalyse								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	81	0	21,9	61,1	58,5	80,1	86,7
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	81	0	7,9	24,8	24,1	34	40,6
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	81	0	0,4	7,5	10,3	20,7	45,5
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	81	0	0,4	2,3	5,2	12,9	29,2
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	81	2	< 0,1	0,8	1,3	2,4	12,6
Fraktion 630 - 1000µm	Gew.-% TS	81	4	< 0,1	0,3	0,3	0,5	1,3
Fraktion 1000-2000µm	Gew.-% TS	81	32	< 0,1	0,1	0,2	0,4	1,8
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	81	49	< 0,1	< 0,1	k.MW	0,2	1
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	81	0	42,7	87,8	82,6	95,6	98,7
Fraktion < 100 µm	Gew.-% TS	81	0	63,3	96,2	92,9	98	99,7
Summenparameter								
Stickstoff	mg/kg TS	78	0	470	4090	3896	5803	8000
Phosphor	mg/kg TS	78	0	460	1400	1440	2286	3000
Schwefel	mg/kg TS	78	0	980	4100	3960	5131	6200
Metalle aus der Gesamtfraction								
Arsen	mg/kg TS	76	0	6	24	24	29	32
Blei	mg/kg TS	76	0	13	61	57	80	101
Cadmium	mg/kg TS	76	0	0,4	1,3	2	3,1	5,4
Chrom	mg/kg TS	76	0	23	53	54	75	87
Kupfer	mg/kg TS	76	0	13	46	46	68	87
Nickel	mg/kg TS	76	0	9	30	29	38	42
Quecksilber	mg/kg TS	76	0	0,2	0,8	0,9	1,6	2,2

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Zink	mg/kg TS	76	0	99	347	370	615	898
Metalle aus der Fraktion <20µm								
Arsen < 20 µm	mg/kg TS	81	0	23	32	32	37	40
Blei < 20 µm	mg/kg TS	81	0	66	82	84	95	123
Cadmium < 20 µm	mg/kg TS	81	0	1,3	1,8	2,2	4,1	6,1
Chrom < 20 µm	mg/kg TS	81	0	56	86	83	94	98
Kupfer < 20 µm	mg/kg TS	81	0	46	58	63	85	133
Nickel < 20 µm	mg/kg TS	81	0	35	42	41	45	47
Quecksilber < 20 µm	mg/kg TS	81	0	0,69	1,0	1,1	2,0	2,4
Zink < 20 µm	mg/kg TS	81	0	379	496	540	798	1034
Mineralölkohlenwasserstoffe								
Mineralöl	mg/kg TS	78	1	< 40	110	121	183	320
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	78	33	< 40	30	29	40	77
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	78	1	< 40	93	98	149,3	244
Polycyclische Aromaten								
Naphthalin	mg/kg TS	78	0	0,02	0,06	0,07	0,14	0,21
Acenaphtylen	mg/kg TS	78	55	< 0,01	< 0,01	k.MW	0,02	0,02
Acenaphthen	mg/kg TS	78	15	< 0,01	0,01	0,02	0,03	0,14
Fluoren	mg/kg TS	78	1	< 0,01	0,03	0,04	0,06	0,32
Phenanthren	mg/kg TS	78	0	0,04	0,13	0,14	0,24	0,32
Anthracen	mg/kg TS	78	1	< 0,01	0,05	0,06	0,08	0,84
<u>Fluoranthen</u>	mg/kg TS	78	0	0,05	0,22	0,24	0,42	0,62
Pyren	mg/kg TS	78	0	0,04	0,19	0,21	0,35	0,45
Benz(a)anthracen	mg/kg TS	78	0	0,02	0,09	0,10	0,19	0,25
Chrysen	mg/kg TS	78	0	0,02	0,10	0,11	0,20	0,28
<u>Benzo(b)fluoranthen</u>	mg/kg TS	78	0	0,01	0,14	0,14	0,23	0,29
<u>Benzo(k)fluoranthen</u>	mg/kg TS	78	1	< 0,01	0,07	0,07	0,09	0,15
<u>Benzo(a)pyren</u>	mg/kg TS	52	0	0,04	0,22	0,21	0,31	0,40
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	78	0	0,01	0,10	0,09	0,12	0,22
<u>Benzo(ghi)perylen</u>	mg/kg TS	78	6	< 0,01	0,02	0,03	0,04	0,06
<u>Indeno(1.2.3-cd)pyren</u>	mg/kg TS	78	0	0,02	0,10	0,10	0,15	0,18
<u>PAK Summe 6 g.BG</u>	mg/kg TS	78	0	0,01	0,11	0,11	0,15	0,27
<u>PAK Summe 16 g.BG</u>	mg/kg TS	78	0	0,12	0,75	0,76	1,13	1,52
Polychlorierte Biphenyle								
PCB 28	µg/kg TS	78	0	0,1	0,8	0,9	1,4	2,5
PCB 52	µg/kg TS	78	0	0,13	0,8	0,9	1,4	3,2
PCB 101	µg/kg TS	78	0	0,26	1,9	2,0	3,1	5,0
PCB 118	µg/kg TS	78	1	< 0,1	1,1	1,1	1,7	2,8
PCB 138	µg/kg TS	78	0	0,2	3,5	3,8	5,8	12,0
PCB 153	µg/kg TS	78	0	0,67	4,7	4,8	7,3	11,0
PCB 180	µg/kg TS	78	0	0,36	3,2	3,6	5,8	11,0
PCB Summe 6 g.BG	µg/kg TS	78	0	2,09	14,8	15,9	23,6	41,4
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	78	0	2,19	16,0	17,0	25,3	43,5
Hexachlorcyclohexane								
alpha-HCH	µg/kg TS	76	1	< 0,1	0,5	0,6	1,1	2,0
beta-HCH	µg/kg TS	76	0	0,17	1,1	1,3	2,2	4,2
gamma-HCH	µg/kg TS	76	5	< 0,1	0,2	0,2	0,3	0,8
delta-HCH	µg/kg TS	76	0	0,13	0,5	0,5	0,9	1,6
epsilon-HCH	µg/kg TS	49	40	< 0,1	< 0,1	k.MW	0,1	0,1

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
DDT + Metabolite								
o,p'-DDE	µg/kg TS	78	1	< 0,1	0,3	0,3	0,5	1,0
p,p'-DDE	µg/kg TS	78	0	0,36	3,0	3,4	6,1	9,0
o,p'-DDD	µg/kg TS	78	0	0,4	3,8	4,3	7,0	11,0
p,p'-DDD	µg/kg TS	78	0	0,1	9,5	10,6	19,2	26,0
o,p'-DDT	µg/kg TS	78	3	< 0,1	0,3	0,5	1,3	3,2
p,p'-DDT	µg/kg TS	78	0	0,19	2,0	4,0	10,6	32,0
Chlorbenzole								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	76	0	0,21	1,1	1,2	2,4	3,9
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	78	0	0,68	5,1	6,0	9,8	21,0
Organozinnverbindungen								
Monobutylzinn	µg OZK/kg TS	81	0	7	18	24	49	58
Dibutylzinn	µg OZK/kg TS	81	0	4	14	17	26	72
Tributylzinn	µg OZK/kg TS	81	0	18	50	57	91	250
Tetrabutylzinn	µg OZK/kg TS	81	0	1,5	5,6	7,8	17	41
Monooctylzinn	µg OZK/kg TS	81	67	< 1	< 1	k.MW	1,2	4,0
Diocetylzinn	µg OZK/kg TS	81	43	< 1	< 1	k.MW	2,7	6,0
Triphenylzinn	µg OZK/kg TS	81	74	< 1	< 1	k.MW	< 1	6,8
Tricyclohexylzinn	µg OZK/kg TS	81	80	< 1	< 1	k.MW	< 1	2,0
Sauerstoffzehrung								
O ₂ -Zehrung n. 180 min	g O ₂ /kg TS	78	0	0,14	1,3	1,3	2	2,3

Anlage 4-2

Statistische Auswertung der Kernproben aus dem zweiten Halbjahr 2017 des von November bis Dezember vor Neßsand umgelagerten Materials aus der Delegationsstrecke der Elbe und dem Hamburger Hafen

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.% OS	48	0	22,7	29,7	30,7	38,8	52,9
TOC (C)	Gew.% TS	48	0	1,5	3,9	3,9	4,9	5,2
Siebanalyse								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	48	0	24,4	59,1	56,3	68,5	71,0
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	48	0	22,4	28,8	29,5	34,6	45,1
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	48	0	3,3	8,55	9,9	18,4	29,4
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	48	0	0,6	1,7	3,2	6,9	19,8
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	48	0	0,1	0,5	0,7	1,6	2,2
Fraktion 630 - 1000µm	Gew.-% TS	48	3	< 0,1	0,2	0,2	0,3	0,6
Fraktion 1000-2000µm	Gew.-% TS	48	12	< 0,1	0,1	0,1	0,2	0,4
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	48	28	< 0,1	< 0,1	k.MW	0,2	0,4
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	48	0	48,5	88,5	85,8	95,1	95,6
Fraktion < 100 µm	Gew.-% TS	48	0	77,9	97,4	95,7	98,6	98,9
Summenparameter								
Stickstoff	mg/kg TS	48	0	1780	4165	4252	5486	8890
Phosphor	mg/kg TS	48	0	670	1500	1460	1730	1900
Schwefel	mg/kg TS	48	0	1700	4150	4008	4930	5300
Metalle aus der Gesamtfraction								
Arsen	mg/kg TS	48	0	10	23	21	24	26
Blei	mg/kg TS	48	0	27	59	56	63	65
Cadmium	mg/kg TS	48	0	0,6	1,4	1	1,8	2
Chrom	mg/kg TS	48	0	28	53	50	60	66
Kupfer	mg/kg TS	48	0	14	41	39	51	55
Nickel	mg/kg TS	48	0	15	31	29	33	35
Quecksilber	mg/kg TS	48	0	0,32	0,8	0,8	0,9	1,1
Zink	mg/kg TS	48	0	145	327	322	389	413
Metalle aus der Fraktion <20µm								
Arsen < 20 µm	mg/kg TS	48	0	25	30	31	37	42
Blei < 20 µm	mg/kg TS	48	0	74	81	82	89	100
Cadmium < 20 µm	mg/kg TS	48	0	1,1	1,7	1,7	2,2	2,8
Chrom < 20 µm	mg/kg TS	48	0	58	79	79	91	94
Kupfer < 20 µm	mg/kg TS	48	0	36	50	54	74	94
Nickel < 20 µm	mg/kg TS	48	0	35	41	41	46	48
Quecksilber < 20 µm	mg/kg TS	48	0	0,7	0,9	1,0	1,3	1,6
Zink < 20 µm	mg/kg TS	48	0	383	458	480	618	731
Mineralölkohlenwasserstoffe								
Mineralöl	mg/kg TS	48	0	47	95	94	123	150
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	48	8	< 10	14	17	22	87
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	48	0	15	77	78	104	133
Polycyclische Aromaten								
Naphthalin	mg/kg TS	48	0	0,03	0,07	0,07	0,08	0,10
Acenaphtylen	mg/kg TS	48	18	< 0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Acenaphthen	mg/kg TS	48	34	< 0,01	< 0,01	k.MW	0,01	0,01
Fluoren	mg/kg TS	48	0	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05
Phenanthren	mg/kg TS	48	0	0,06	0,12	0,12	0,14	0,18

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Anthracen	mg/kg TS	48	0	0,02	0,05	0,05	0,06	0,08
<u>Fluoranthen</u>	mg/kg TS	48	0	0,10	0,21	0,21	0,23	0,32
Pyren	mg/kg TS	48	0	0,09	0,18	0,18	0,20	0,28
Benz(a)anthracen	mg/kg TS	48	0	0,05	0,10	0,10	0,12	0,14
Chrysen	mg/kg TS	48	0	0,05	0,10	0,10	0,12	0,16
<u>Benzo(b)fluoranthen</u>	mg/kg TS	48	0	0,05	0,14	0,14	0,17	0,23
<u>Benzo(k)fluoranthen</u>	mg/kg TS	48	0	0,03	0,07	0,07	0,10	0,12
<u>Benzo(a)pyren</u>	mg/kg TS	48	0	0,09	0,21	0,21	0,26	0,35
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	48	0	0,05	0,10	0,10	0,13	0,17
<u>Benzo(ghi)perylen</u>	mg/kg TS	48	0	0,01	0,03	0,03	0,04	0,06
<u>Indeno(1.2.3-cd)pyren</u>	mg/kg TS	48	0	0,05	0,12	0,12	0,14	0,20
<u>PAK Summe 6 g.BG</u>	mg/kg TS	48	0	0,06	0,12	0,12	0,15	0,22
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	48	0	0,34	0,78	0,76	0,89	1,12
Polychlorierte Biphenyle								
PCB 28	µg/kg TS	48	0	0,5	0,9	0,9	1,1	1,3
PCB 52	µg/kg TS	48	0	0,4	0,8	0,8	1,0	1,1
PCB 101	µg/kg TS	48	0	1,0	1,9	1,9	2,4	2,8
PCB 118	µg/kg TS	48	0	0,5	1,1	1,1	1,3	1,8
PCB 138	µg/kg TS	48	0	1,5	3,2	3,2	4,1	5,0
PCB 153	µg/kg TS	48	0	2,1	4,3	4,3	5,4	7,0
PCB 180	µg/kg TS	48	0	1,4	2,9	2,9	3,5	5,0
PCB Summe 6 g.BG	µg/kg TS	48	0	6,9	14,2	13,9	17,2	20,7
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	48	0	7,4	15,3	15,0	18,4	22,5
Hexachlorcyclohexane								
alpha-HCH	µg/kg TS	48	0	0,2	0,4	0,4	0,5	0,9
beta-HCH	µg/kg TS	48	0	0,5	1,0	1,0	1,2	1,4
gamma-HCH	µg/kg TS	48	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
delta-HCH	µg/kg TS	48	0	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7
epsilon-HCH	µg/kg TS	48	35	< 0,1	< 0,1	k.MW	0,1	0,2
DDT + Metabolite								
o,p'-DDE	µg/kg TS	48	0	0,1	0,3	0,3	0,6	0,8
p,p'-DDE	µg/kg TS	48	0	1,3	3,1	3,1	3,8	4,8
o,p'-DDD	µg/kg TS	48	0	1,6	3,8	3,7	4,7	5,5
p,p'-DDD	µg/kg TS	48	0	4,2	9,3	9,7	13,3	19,0
o,p'-DDT	µg/kg TS	48	0	0,1	0,4	0,5	0,8	2,1
p,p'-DDT	µg/kg TS	48	0	0,3	2,1	2,3	3,7	8,1
Chlorbenzole								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	48	0	0,5	0,9	1,0	1,2	2,0
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	48	0	1,9	4,7	4,7	6,3	9,8
Organozinnverbindungen								
Monobutylzinn	µg OZK/kg TS	48	0	6,9	16	16	23	32
Dibutylzinn	µg OZK/kg TS	48	0	7,0	15	15	21	27
Tributylzinn	µg OZK/kg TS	48	0	16	37	41	59	120
Tetrabutylzinn	µg OZK/kg TS	48	0	1,1	2,9	2,9	4,0	6,8
Monooctylzinn	µg OZK/kg TS	48	24	< 1	< 1	k.MW	1,5	1,9
Diocetylzinn	µg OZK/kg TS	48	7	< 1	1,8	1,8	2,7	3,8
Triphenylzinn	µg OZK/kg TS	48	39	< 1	< 1	k.MW	2,6	9,9
Tricyclohexylzinn	µg OZK/kg TS	48	48	< 1	< 1	k.MW	1,0	1,0
Sauerstoffzehrung								
O ₂ -Zehrung n. 180 min	g O ₂ /kg TS	48	0	0,6	1,7	1,7	2,4	2,7

Anlage 5

Biotestuntersuchungen an Sedimentkernen

Zusammenstellung der durchgeführten Biotestuntersuchungen an Sedimentkernen aus der Elbe und dem Hamburger Hafen in 2017 für die Umlagerung von Baggergut vor Neßsand. (Leuchtbakterientest mit *Vibrio fischeri*; Algentest mit *Desmodesmus subspicatus*; Daphnientest mit *Daphnia magna*).

Eluat (n. BfG 1:3) pT-Stufe	Leuchtbakterientest n=71	Algentest n=71	Daphnientest n=71
pT 0	58	17	39
pT 1	1	19	27
pT 2	6	23	3
pT 3	3	10	2
pT 4	2	2	0
pT 5	0	0	0
≥ pT 6	1	0	0
Porenwasser			
pT-Stufe	n=71	n=71	n=71
pT 0	36	12	31
pT 1	11	2	33
pT 2	11	29	7
pT 3	6	17	0
pT 4	5	6	0
pT 5	2	5	0
≥ pT 6	0	0	0

Toxizitätsklasse	
Klasse	Anzahl n=71
0	1
I	7
II	24
III	24
IV	9
V	5
VI	1

Biotestuntersuchungen an Oberflächensedimenten 2017

Zusammenstellung der durchgeführten Biotestuntersuchungen an Oberflächensedimenten aus der Elbe und dem Hamburger Hafen in 2017 (Testumfang wie oben, nur Eluatuntersuchungen).

Eluat pT-Stufe	Referenz Juni 2017			
	Leucht. (LB) n=16	Algentest (AT) n=12*	Daphnient. (DT) n=16	Klasse n=16
pT 0	4	0	10	2
pT 1	5	5	5	4
pT 2	2	0	1	1
pT 3	3	3	0	5
pT 4	0	1	0	0
pT 5	2	3	0	4
≥ pT 6	0	0	0	0

* vier Proben ergaben lt. Labor im Algentest keine gültigen Ergebnisse

Anlage 6

Schadstoffbelastung des in der METHA klassierten Schlicks 2017

Parameter	Einheit	N	N <BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.-% OS	28	0	18,5	23,8	23,3	25,4	28
Glühverlust	Gew.-% TS	28	0	6,8	8,7	8,6	9,6	11,5
TOC (C)	Gew.-% TS	28	0	3	3,8	3,9	4,5	5,5
Siebanalyse								
Fraktion <20 µm	Gew.-%	28	0	40	46,1	47,5	53,7	58,5
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-%	28	0	19,4	27,1	26,7	31,2	32,5
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-%	28	0	7,2	13,9	13,7	18,0	22,4
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-%	28	0	4,6	8,9	9,7	14,9	16,9
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-%	28	0	0,4	1,7	2,1	3,8	6,6
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-%	28	1	<0,1	0,2	0,2	0,2	0,4
Fraktion > 1000 µm	Gew.-%	28	2	<0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
Parameter								
Calciumcarbonat n. Scheibler	mg/kg TS	28	0	73100	82350	85521	96610	121000
EOX	mg/kg TS	5	2	<0,5	0,67	1,59	3,42	4,5
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	5	0	1,3	3	5,2	10,2	14
PCDD/F (ITE)	ng/kg TS	5	0	60	66	84	121	135
pH-Wert am Feststoff	-							
Atmungsaktivität AT4	mg O2/g TS	1	0	<1	<1	k. MW	<1	3,3
Brennwert	MJ/kg	3	2	<1	<1	k.MW	<1	1,4
Eisen	mg/kg TS	2	0	29000	29500	29500	-	30000
Mangan	mg/kg TS	2	0	1700	1750	1775	-	1800
Stickstoff ges.	mg/kg TS	2	0	3840	4105	4238	-	4370
Phosphor ges.	mg/kg TS	2	0	2100	2150	2175	-	2200
Fluor ges.	mg/kg TS	2	0	64	112	136	-	160
Chlor ges.	mg/kg TS	2	0	250	270	280	-	290
Schwefel ges.	mg/kg TS	2	0	4500	4650	4725	-	4800
Calcium	mg/kg TS	2	0	40000	43000	44500	-	46000
Magnesium	mg/kg TS	2	0	5200	5350	5425	-	5500
Metalle aus der Gesamtfraktion								
Arsen	mg/kg TS	28	0	25	35,5	39,7	49,7	89
Blei	mg/kg TS	28	0	75	101	107	130	200
Cadmium	mg/kg TS	28	0	2,8	4,2	4,6	5,9	10
Chrom (ges.)	mg/kg TS	28	0	35	53	54	64	77
Kupfer	mg/kg TS	28	0	84	194	206	274	396
Nickel	mg/kg TS	28	0	23	31	32	38	58
Quecksilber	mg/kg TS	28	0	1,5	2,2	2,4	3,3	3,9
Zink	mg/kg TS	28	0	435	581	634	838,4	1140
Thallium	mg/kg TS	28	0	0,37	0,55	0,59	0,70	1,5
Mineralölkohlenwasserstoffe								

Parameter	Einheit	N	N <BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	28	0	130	270	336	592	1000
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	28	0	29	66	82	153	260
Extrahierbare lipophile Substanz	mg/kg OS	28	0	60	135	158	252	279
Extrahierbare lipophile Substanz	mg/kg TS	28	0	250	620	693	1100	1400
Polycyclische Aromaten								
Naphthalin	mg/kg TS	28	1	<0,05	0,16	0,18	0,30	0,47
Acenaphtylen	mg/kg TS	28	18	<0,05	< 0,05	k.MW	0,07	0,08
Acenaphthen	mg/kg TS	28	12	<0,05	0,05	0,07	0,10	0,33
Fluoren	mg/kg TS	28	1	<0,05	0,11	0,13	0,20	0,44
Phenanthren	mg/kg TS	28	0	0,27	0,51	0,62	1,00	1,8
Anthracen	mg/kg TS	28	0	0,09	0,19	0,20	0,32	0,36
Fluoranthren	mg/kg TS	28	0	0,66	1,05	1,12	1,8	2
Pyren	mg/kg TS	28	0	0,48	0,88	0,91	1,4	1,7
Benz(a)anthracen	mg/kg TS	28	0	0,3	0,46	0,51	0,74	0,92
Chrysen	mg/kg TS	28	0	0,28	0,50	0,52	0,80	0,92
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	28	0	0,22	0,46	0,52	0,79	1,2
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	28	0	0,11	0,25	0,28	0,42	0,69
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	28	0	0,2	0,42	0,43	0,64	0,96
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	28	0	0,22	0,35	0,40	0,71	0,8
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	28	1	<0,05	0,09	0,10	0,16	0,21
Benzo(ghi)perylene	mg/kg TS	28	0	0,21	0,34	0,39	0,66	0,84
Summe PAK *)	mg/kg TS	28	0	3,6	6	6,5	9,7	11,9
Polychlorierte Biphenyle								
PCB Nr. 28	µg/kg TS	28	8	<5	3,6	3,9	5,1	9,8
PCB Nr. 52	µg/kg TS	28	3	3	4,4	4,4	5,9	7,2
PCB Nr. 101	µg/kg TS	28	1	3	8,1	8,3	10,9	17
PCB Nr. 118	µg/kg TS	28	7	<10	4,0	4,4	6,1	9,5
PCB Nr. 138	µg/kg TS	28	0	5,2	13,5	14	17,6	28
PCB Nr. 153	µg/kg TS	28	0	4	11	11,1	14,3	22
PCB Nr. 180	µg/kg TS	28	0	3,2	8,2	9,0	11,9	19
Summe PCB *)	µg/kg TS	28	0	24	53	55	68	110
Hexachlorcyclohexane								
alpha-HCH	µg/kg TS	10	0	1,1	1,8	2,1	3,5	3,5
beta-HCH	µg/kg TS	10	0	1,7	3	3,4	5,6	6,7
gamma-HCH	µg/kg TS	10	9	<1	1	k.MW	<1	1
delta-HCH	µg/kg TS	5	5	<10	<10	k.MW	<10	<10
epsilon-HCH	µg/kg TS	5	5	<10	<10	k.MW	<10	<10
DDT + Metabolite								
o,p'-DDE	µg/kg TS	28	0	1,6	2,4	3,4	5,9	8,3
p,p'-DDE	µg/kg TS	28	0	9,7	13	15,1	20,1	30
o,p'-DDD	µg/kg TS	28	0	11	20	26,2	40,7	65
p,p'-DDD	µg/kg TS	28	0	31	59	77,1	131	150

Parameter	Einheit	N	N <BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
o,p'-DDT	µg/kg TS	28	1	<1	1,4	1,6	2,2	3,2
p,p'-DDT	µg/kg TS	28	0	3,3	19	16,4	24,2	26
Chlorbenzole								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	10	0	1,6	2,4	2,7	3,9	4,9
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	10	0	8,2	10,5	12	14,8	22
Organozinnverbindungen								
Mono-Butylzinn	µg/kg TS	28	0	26	62	65	94	120
Di-Butylzinn	µg/kg TS	28	0	52	94	93	123	180
Tri-Butylzinn	µg/kg TS	28	0	170	425	448	638	850
Tetra-Butylzinn	µg/kg TS	28	0	43	84	92	123	170
Mono-Octylzinn	µg/kg TS	28	27	<10	<10	k. MW	<10	11
Di-Octylzinn	µg/kg TS	28	17	<10	<10	k. MW	14	16
Tri-Cyclohexylzinn	µg/kg TS	28	28	<10	<10	k. MW	<10	<10
Tri-Phenylzinn	µg/kg TS	28	26	<10	<10	k. MW	<10	42
Eluatuntersuchungen								
Arsen	mg/l	28	0	0,003	0,013	0,017	0,037	0,066
Blei	mg/l	28	27	<0,001	<0,001	k. MW	<0,001	<0,001
Cadmium	mg/l	28	26	<0,000 3	<0,0003	k. MW	<0,0003	0,0007
Chrom VI	mg/l	28	28	<0,005	<0,005	k. MW	<0,005	<0,005
Chrom gesamt	mg/l	28	26	<0,001	<0,001	k. MW	<0,001	0,004
Kupfer	mg/l	28	16	<0,001	<0,001	k. MW	0,004	0,0260
Nickel	mg/l	28	1	<0,001	0,006	0,006	0,007	0,009
Quecksilber	mg/l	28	23	<0,000 2	<0,0002	k. MW	0,0003	0,0007
Zink	mg/l	28	11	<0,01	0,01	0,02	0,03	0,07
Cyanide, leicht freisetzbar	mg/l	28	28	<0,005	<0,005	k. MW	<0,005	<0,005
Gesamtphenol	mg/l	28	28	<0,005	<0,005	k. MW	<0,005	<0,005
AOX	mg/l	28	3	<0,01	0,02	0,03	0,05	0,13
pH-Wert im Eluat	-							
Leitfähigkeit	µS/cm	28	0	594	794	801	900	1030
Abdampfrückstand	mg/l	28	0	338	476	477,21	530	690
DOC	mg/l	28	0	9	15,5	15,4	19,6	26
Chlorid	mg/l	28	0	23	29	30	35	46
Sulfat	mg/l	28	0	124	188	193	230,3	362
Fluorid	mg/l	28	27	<0,5	<0,5	k. MW	<0,5	0,5
Ammonium-N	mg/l	28	0	9	18	19	26	29
Cyanide gesamt	mg/l	28	27	<0,005	<0,005	k. MW	<0,005	0,006
Antimon	mg/l	28	2	<0,001	0,002	0,002	0,004	0,006
Barium	mg/l	28	0	0,004	0,099	0,097	0,120	0,140
Molybdän	mg/l	28	0	0,004	0,013	0,012	0,015	0,017
Selen	mg/l	28	25	<0,002	<0,002	k. MW	<0,002	0,003

*) Summenberechnung mit der ganzen Bestimmungsgrenze bei Werten < BG
k. MW = Keine Mittelwertsberechnung, wenn >50% der Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen