



WIR HALTEN

DEN HAFEN AUF TIEFE

Foto: Boris Hochfeld

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

2023

Hamburg Port Authority
Hafeninfrastruktur Wasser
Dezember 2024

1	Überblick	4
2	Randbedingungen	7
2.1	Abflussgeschehen.....	7
2.2	Gewässergüte.....	8
3	Baggermengen	11
3.1	Baggermengen nach Herkunft und Verbleib.....	11
3.2	Zeitliche Verteilung der Unterhaltungsaktivitäten.....	12
3.3	Einsatz von Wasserinjektionsgeräten und Schlickpflügen (Bed Leveler)	14
4	Peilungen und Volumenvergleich	18
5	Schadstoffuntersuchungen	20
5.1	Schadstoffbelastung der Sedimente.....	21
5.2	Ökotoxikologische Untersuchungen	22
5.3	Sauerstoffzehrungspotenzial der Sedimente	28

Anhang

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 2023 vorgelegt.

Bei der **Wassertiefeninstandhaltung** fielen 2023 insgesamt rd. 4,28 Mio. tTS Baggergut an. Der Landbehandlung wurden insgesamt 0,129 Mio. tTS schlickiges Material zugeführt. 1,36 Mio. tTS wurden bei Neßsand im Gewässer umgelagert, 2,0 Mio. tTS in die Nordsee zur Tonne E3 verbracht. Zusätzlich konnten auch zwei Verbringstellen des Bundes anteilig für Material aus der Delegationsstrecke mitgenutzt werden: St. Margarethen mit 0,22 Mio. tTS und Neuer Lüchtergrund mit knapp 0,1 Mio. tTS. Hinzu kamen noch 0,4 Mio. tTS aus Sand für Baumaßnahmen und Aufspülungen, Boden zur Verklappung (Kolkverfüllung) und der Beseitigung von Grundhindernissen.



Abbildung 1: Der Hopperbagger *Ijsseldelta* auf dem Weg zur Umlagerstelle Neßsand (Foto: Boris Hochfeld).

Trotz der weiterhin sehr geringen Abflüsse konnte die Umlagerung an der Landesgrenze mit 1,36 Mio. tTS im Jahr 2023 gegenüber dem Vorjahr (1,9 Mio. tTS) weiter reduziert werden. Auch die Betrachtung der Saisonmengen (Abbildung 2) zeigt eine deutliche Abnahme der Kreislaufbaggermengen. Diese erfreuliche Entwicklung ist einem gesteigerten Austrag bei Tonne E3 und der Mitnutzung der beiden Verbringstellen des Bundes zuzurechnen und zeigt, dass ein gesteigerter Austrag insgesamt zu geringeren Baggermengen führen kann und dass diese Strategie durch die Erschließung weiterer Austragsoptionen weiterverfolgt wird.

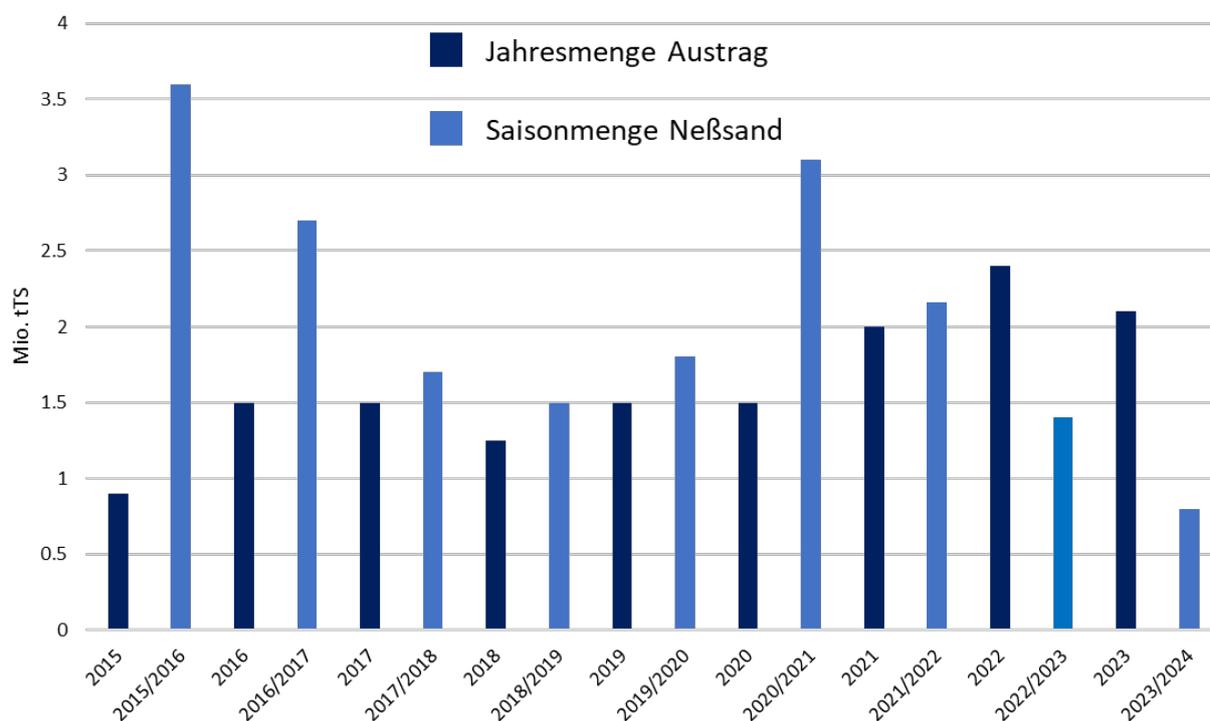


Abbildung 2: Baggermengen Austrag (Tonne E3 und Neuer Lüchtergrund) im Vergleich zur Umlagerung (Saison von November bis März).

Eine weitere Reduzierung der Kreislaufbaggerungen durch flexibel nutzbare zusätzliche Austragsoptionen ist ökologisch wie ökonomisch weiterhin dringend geboten. Berechnungen weisen darauf hin, dass mit einem kurzfristig gesteigerten Austrag, die Baggermengen und das Sedimentinventar im Hafen insgesamt und dauerhaft reduziert werden könnten, selbst bei anhaltend ungünstigen Randbedingungen. Neben der im Verfahren befindlichen Prüfung einer Verbringung in die Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) konnte im Sommer 2023 eine Anschlusslösung für die Verbringstelle Tonne E3 mit einer auf 2 Mio. tTS gesteigerten maximalen Jahresmenge erwirkt werden. Zu weiteren Optionen für ein nachhaltiges Sedimentmanagement sind die Länder und der Bund weiterhin im Gespräch.

Der schwebstoffgebundene Eintrag von Schadstoffen von Oberstrom hat sich auch 2023 auf einem niedrigen Niveau fortgesetzt. Maßgeblich für die geringen Einträge sind die zu geringen Oberwasserabflüsse, mit denen auch weniger Schwebstoffe aus dem Elbeeinzugsgebiet nach Hamburg gelangten. Nennenswerte Hochwasserwellen mit Spülstoß-Effekt blieben erneut aus. Die Umsetzung von Maßnahmen zur zielgerichteten Sanierung der Elbesedimente im Bereich der Oberlieger konnte auch 2023 nicht erwirkt werden. Dies ist nach wie vor eine der Ursachen dafür, dass in der Elbe der gute Zustand/das gute Potenzial nach Wasserrahmenrichtlinie derzeit verfehlt werden.

Das Ende 2022 fertiggestellte 30 ha große Flachwassergebiet Kreetsand wurde Anfang 2023 feierlich eingeweiht (Abbildung 3).



Abbildung 3: Das neue Flachwassergebiet Kreetsand bei der Eröffnung durch Umweltsenator Jens Kerstan, Wirtschaftssenatorin Melanie Leonhardt und HPA-Geschäftsführer Friedrich Stuhmann (Foto: Andreas Schmidt-Wiethoff).

2 Randbedingungen

Zwei Faktoren können die Wassertiefenunterhaltung im Hafen maßgeblich beeinflussen: Zuerst hat der Oberwasserabfluss der Mittelelbe Auswirkungen auf die Sedimentation und damit auf die Baggermengen in Hamburg. Hohe Abflüsse bewirken eine stromab gerichtete Verlagerung der Trübungszone der Elbe und sorgen insofern für niedrige Sedimentationsraten im Hafen. Länger anhaltende niedrige Abflüsse begünstigen hingegen eine Anreicherung von Schwebstoffen im inneren Ästuar und sorgen so für hohe Baggermengen im Hafen. Niedrige Abflüsse führen allerdings auch zu einem geringeren Schwebstoff- und damit auch Schadstoffeintrag aus dem Elbeeinzugsgebiet. Darüber hinaus ist für die Wassertiefenunterhaltung die Gewässergüte wichtig: Niedrige Sauerstoffkonzentrationen und/oder hohe Wassertemperaturen können dazu führen, dass bestimmte Unterhaltungsaktivitäten aus ökologischen Gründen unterbleiben müssen.

2.1 Abflussgeschehen

Der Abfluss aus der Mittelelbe (gemessen am Pegel Neu Darchau) betrug 2023 im Jahresmittel (Kalenderjahr) $556 \text{ m}^3/\text{s}$ und war damit erneut unterdurchschnittlich. Zum zehnten Mal in Folge seit 2013 lag der Jahresmittelwert des Abflusses deutlich unter dem langjährigen Mittelwert von knapp $700 \text{ m}^3/\text{s}$. Im Zeitraum 2014 bis 2023 wurde im Mittel hingegen lediglich ein Abfluss von $484 \text{ m}^3/\text{s}$ erreicht – das entspricht einem Defizit gegenüber dem langjährigen Mittel der Vorjahre von rund 30%. In 11 Monaten des Jahres 2023 wurde das jeweilige langjährige monatliche Abflussmittel nicht erreicht. Deutlich unterdurchschnittlichen fielen die (ohnehin schon abflussarmen) Sommermonate Juni bis September aus, relativ hohe Abflüsse gab es hingegen von März bis Mai. Gemessen an den Vorjahren gab es 2023 also ein recht hohes Frühjahrshochwasser, das dazu beigetragen hat, dass die anschließende Neusedimentation im Hafen gering ausfiel und die Verbringung von Baggergut zu Tonne E3 mangels baggerbarem Material erst deutlich später als in den Vorjahren erforderlich war.

Zum Ende des Jahres nahm der Abfluss deutlich zu, es gab eine beachtliche Hochwasserwelle, die es an der Elbe seit 2013 nicht gegeben hat. Der Scheitel der Welle wurde erst Anfang Januar 2024 (mit knapp $2.500 \text{ m}^3/\text{s}$) registriert; der höchste Dezember-Wert - und zugleich der Maximalwert des Jahres 2023 - betrug $1820 \text{ m}^3/\text{s}$ und wurde am 31.12.2023 erreicht. Somit lag auch der monatliche Mittelwert des Abflusses im Dezember 2023 deutlich über dem langjährigen Monatsmittel. Die Wirkungen dieses Hochwassers auf die Sedimentation im Hafen betreffen vornehmlich das Jahr 2024. Was die hydrologischen Randbedingungen für die Wassertiefeninstandhaltung 2023 angeht, können diese insgesamt – gemessen an den teils extrem trockenen Vorjahren – als deutlich besser eingestuft werden.

In Abbildung 4 sind die Oberwasserabflüsse am Pegel Neu Darchau für die Jahre 2015 bis 2023 dargestellt.

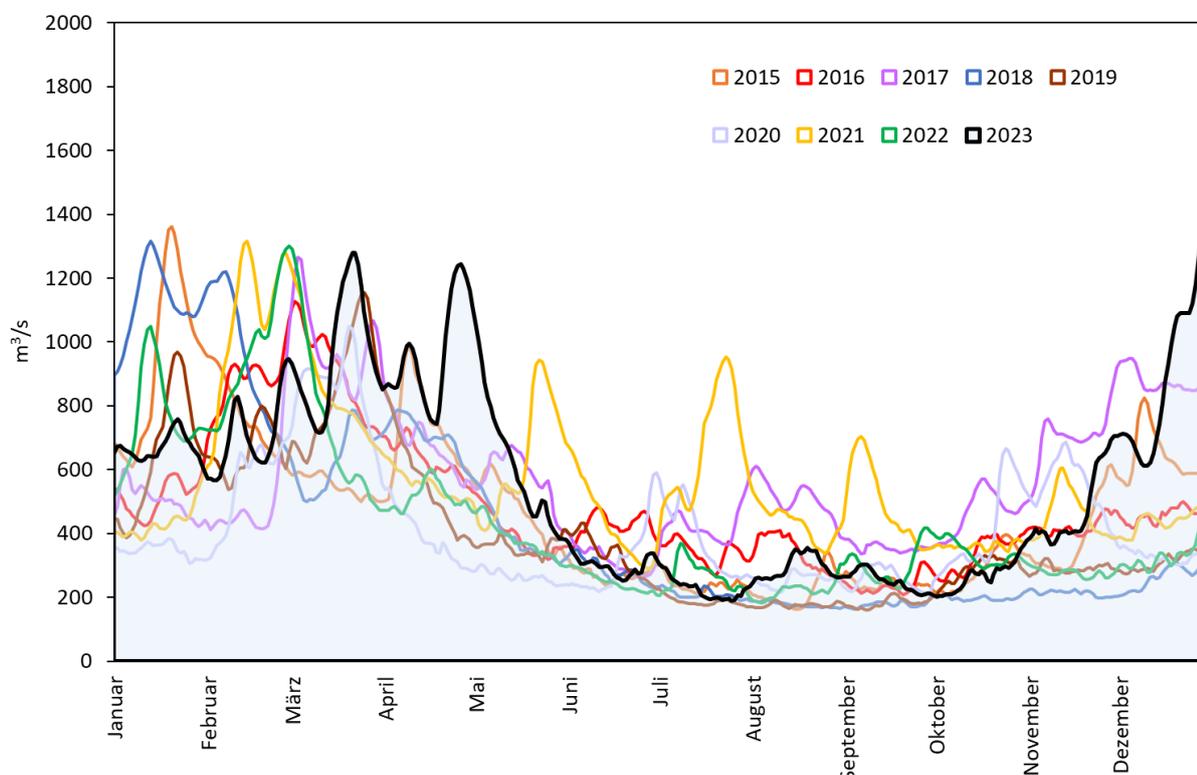


Abbildung 4: Abfluss der Jahre 2015 bis 2023 am Pegel Neu-Darchau (Basis: Tagesmittelwerte).

2.2 Gewässergüte

An der Messstelle Seemannshöft erfolgen durch das Institut für Hygiene und Umwelt kontinuierliche Messungen zur Gewässergüte, u.a. werden die Parameter Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt erfasst. In Abbildung 6 sind die entsprechenden Tagesmittelwerte des Jahres 2023 dargestellt.

Im Zeitraum vom 15. April bis 13. November, und damit in einer ähnlich (langen) Größenordnung wie im Vorjahr, betrug die Wassertemperatur mehr als 10° C. Die Maximaltemperatur des Jahres fiel mit 23,1° C am 26. Juni vergleichsweise gering aus, wurde aber zu einem ungewöhnlich frühen Zeitpunkt erreicht.

Die Sauerstoffsituation im Hafen stellte sich 2023 ähnlich unbefriedigend wie im Vorjahr dar (Abbildung 5): Der Sauerstoffgehalt in Seemannshöft sank an 80 Tagen (2022: 78) zeitweise oder ganztäglich unter die fischkritische Grenze von 4 mg/l, erstmals am 11. Juni, letztmalig – sehr spät - am 22. September. Das waren erneut deutlich mehr Sauerstoff-Mangeltage als 2021 (32)

und 2020 (35). Abbildung 6 veranschaulicht die Einordnung in die Langzeit-Statistik seit Ende der 1980er Jahre. Immerhin: Sehr niedrige Sauerstoffkonzentrationen mit unter 2 mg/l waren 2023 nicht zu verzeichnen.

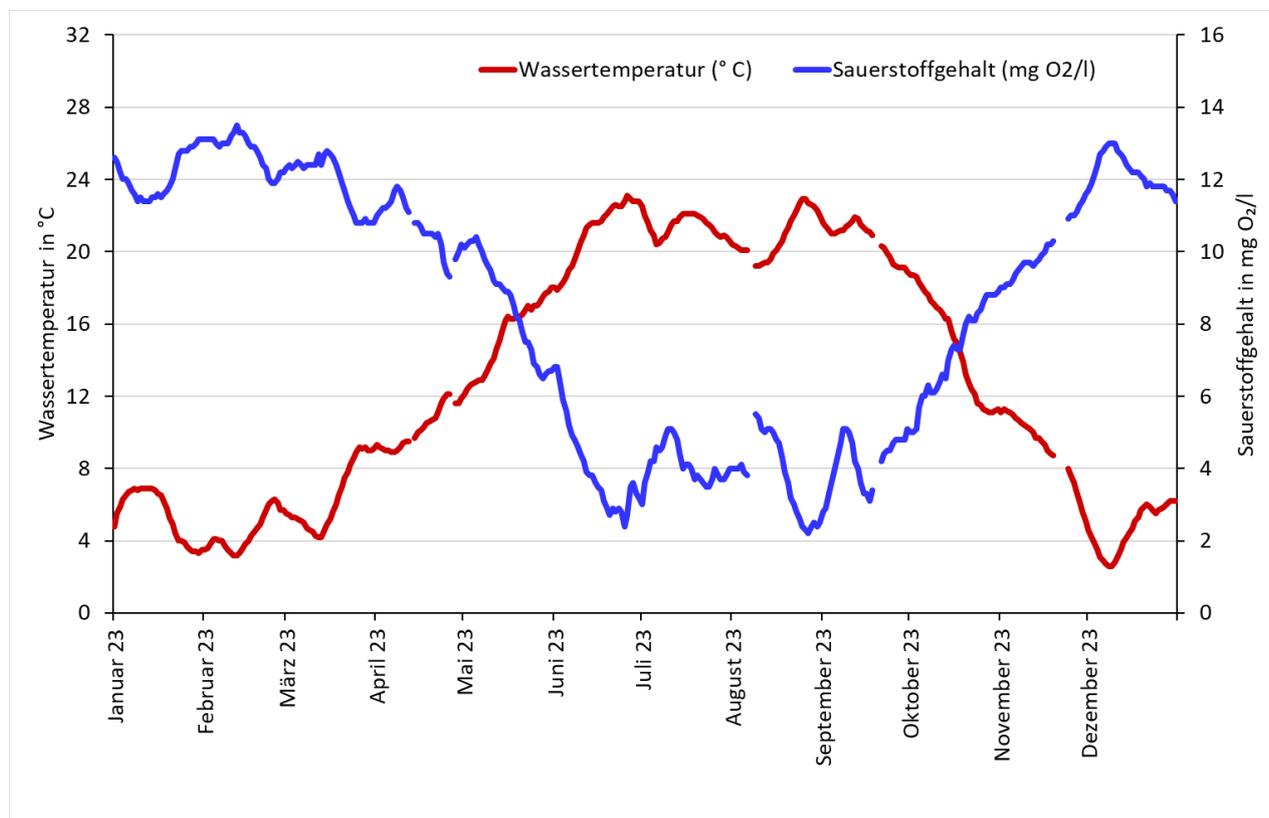


Abbildung 5: Wassertemperatur und Sauerstoffgehalte als Tagesmittelwerte im Jahr 2023 an der Dauer- messstelle Seemannshöft des IHU.

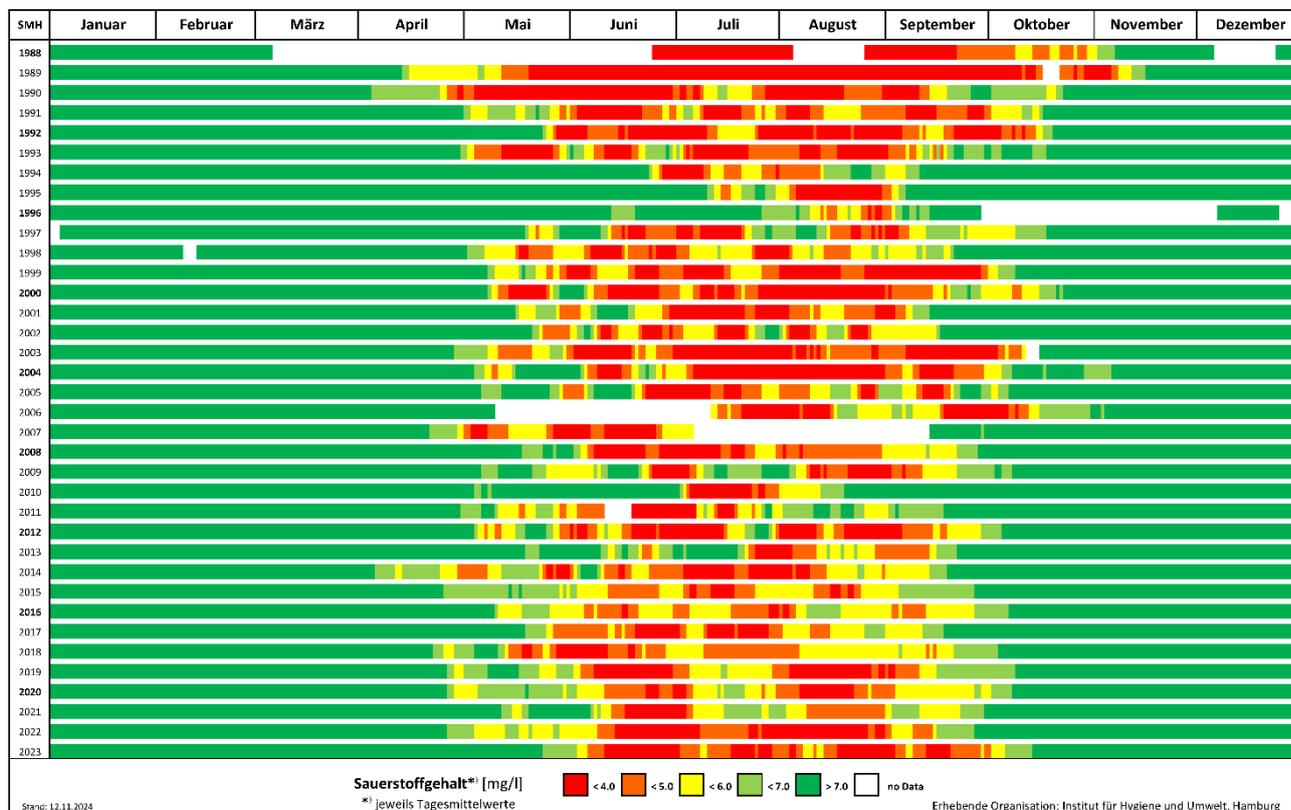


Abbildung 6: Jährliche Verläufe der Sauerstoffkonzentration in der Elbe bei Seemannshöft seit 1988.

3 Baggermengen

Die Ermittlung der gebaggerten Mengen erfolgt im Rahmen der sog. Hopperüberwachung auf Grundlage der je Transportvorgang (Hopperladung, Schute) dokumentierten Angaben (Datum, Herkunft, Verbleib, Ladungsgewicht, Volumen). Seit dem Jahr 2020 werden die Baggermengen der Hamburg Port Authority ausschließlich als Tonnen Trockensubstanz veröffentlicht. Die Angabe in nicht weiter spezifizierten Kubikmetern (m³) hat in der Vergangenheit immer wieder zu Missverständnissen geführt, da keine direkte Vergleichbarkeit zwischen einzelnen Baggermaßnahmen möglich war. Angaben in Kubikmetern müssen weitergehend spezifiziert werden, da der Wasseranteil eine zwingend erforderliche Größe für die Vergleichbarkeit darstellt. Es ist beispielsweise ein großer Unterschied, ob der Kubikmeter sich auf ein Laderaumvolumen in Bagger oder Schute bezieht, ein rechnerisches Aufmaß unter Berücksichtigung der Dichte darstellt oder als Profilmass an der Gewässersohle durch hydrographische Vermessung verstanden wird. Eindeutig hingegen ist die Angabe der Baggermengen in der Einheit Tonnen Trockensubstanz (tTS). Zudem ist diese Art der Mengenangabe im internationalen Kontext üblich, z. B. im Berichtswesen der OSPAR für welches die Bundesanstalt für Gewässerkunde entsprechende Daten für die Aktivitäten innerhalb Deutschlands übermittelt (vgl. <http://www.ospar.org/work-areas/eiha/dredging-dumping>).

3.1 Baggermengen nach Herkunft und Verbleib

Im Jahr 2023 wurden im Bereich des Hafens und der Hamburger Elbe insgesamt rd. 4,28 Mio. tTS Sediment gebaggert. Auch für Baggergut, welches einer Verwendung zugeführt wird (z.B. Baumaßnahmen, Kolkverfüllungen und Aufhöhungen) wird i.d.R. Material verwendet, dessen Entnahme gleichzeitig der Wassertiefeninstandhaltung dient (z.B. aus der Riffelstrecke, Sandlinsen hinter Brücken usw.).

Tabelle 1 gibt einen Überblick der Baggermengen 2023 nach Verbleib. In Anlage 2 befindet sich ein detaillierter Überblick der gebaggerten Mengen, unterteilt nach Herkunft und Verbleib.

Tabelle 1: Baggermengen im Jahr 2023 nach Verbleib (z.T. gerundet).

Verbleib	tTS
Verbleib im Gewässer	
• Umlagerung Neßsand	1.359.000
• Umlagerung St. Margarethen	222.000
• Umlagerung Neuer Lüchtergrund	101.000
• Verbringung Nordsee (Tonne E3)	2.063.000
• Boden zur Verklappung bei Strombaumaßnahmen	148.000
Entnahme an Land	
• Boden zur Behandlung: Verwertung/Beseitigung	129.000
• Sand für Baumaßnahmen der Baggergutbehandlung und – unterbringung	218.000
• Sand für Aufhöhungen	40.000
• Beseitigung Grundhindernisse	118
Summe	4.280.118

Die Baggermengen der Unterhaltung liegen trotz anhaltend ungünstiger hydrologischer Bedingungen 2023 erneut unter den Mengen des Vorjahres. Dieser Rückgang ist auch bei der Umlagerung Neßsand zu sehen, die um 0,55 Mio. tTS geringer ausfallen als im Vorjahr. Diese Entwicklung ist ein starker Hinweis darauf, dass die gesteigerten Austragsmengen bei Tonn E3 und die zusätzliche Nutzung der Verbringstelle Neuer Lüchtergrund seit 2021 zu einer Reduzierung der notwendigen Kreislaufbaggerungen beigetragen hat. Die Anlieferungsmengen zur Landbehandlung hielten sich auf etwas niedrigerem Niveau, wobei die behandelte Jahresmenge nahezu gleichgeblieben ist, da noch Material aufbereitet werden musste, welches im Vorjahr nicht behandelt werden konnte (Puffer Vorlagebecken).

Betrachtet man die Entwicklung der Mengen der Umlagerung bei Neßsand nicht jahresweise, sondern saisonweise kann erneut eine deutliche Abnahme gegenüber der Vorsaison (vgl. Abbildung 2) beobachtet werden. Datenmodelle zeigen jedoch, dass es einen nochmals erhöhten Sedimentaustrag braucht, um den Sedimentüberschuss im Hamburger Bereich abzubauen und die Baggermengen anschließend, auch bei anhaltend ungünstigen Abflüssen, auf einem stabilen niedrigen Niveau zu halten.

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 2023 rund 1,36 Mio. tTS umgelagert. Hierzu wurden nur maximal zwei Hopperbagger gleichzeitig eingesetzt. 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 nicht in Anspruch genommen.

Einen Überblick über die zeitliche Verteilung der Unterhaltungsarbeiten zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2: Zeitliche Verteilung und Mengen der Unterhaltung im Zeitraum Juni 2022 bis März 2023 (in Mio. tTS).

Verbringstelle	2022												2023												2024		
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3					
Neßsand							1.4														0.8						
Nordsee E3	1.87																		2.0								
St. Magarethen		0.09								0.2												0.1					
Neuer Lüchtergrund							0.47															0.5					

Abbildung 7 gibt einen Überblick über die wöchentlichen Baggergutmengen (tTS) im Jahr 2023 zur Umlagerung, zur Landbehandlung und Entsorgung sowie zur Verbringung in die Nordsee.

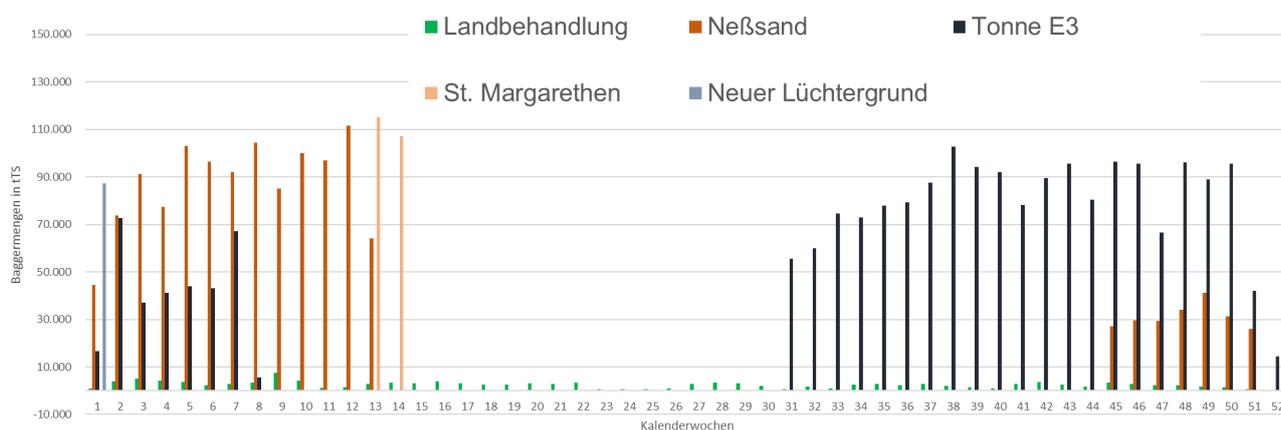


Abbildung 7: Wöchentliche Baggergutmengen (tTS) der Umlagerung (Neßsand, St. Margarethen, Neuer Lüchtergrund) sowie Verbringung in die Nordsee (Tonne E3) und Landbehandlung für 2023.

3.3 Einsatz von Wasserinjektionsgeräten und Schlickpflügen (Bed Leveler)

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 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 müssen auch als Nachbearbeitung der Gewässersohle nach Einsätzen von Laderaumsaugbaggern („Hopperbagger“) erfolgen, um eine ebene Gewässersohle auf neuer einheitlicher Tiefe 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, dass durch die vorherrschenden Strömungsbedingungen zu dünenartigen großen Riffeln aufgebaut wird, deren Spitzen dann als Untiefen mit dem Wasserinjektionsgerät gekappt werden müssen.



Abbildung 8: Das in Hamburg bewährte Wasserinjektionsgerät Akke. (Foto: Christian Jonas).

Gemäß Handlungskonzept 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 Umweltbehörde (BUKEA) durchgeführt. Zwingend erforderlich ist der WI-Einsatz nach Hoppereinsätzen, da erst hinterher die erforderlichen Wassertiefen nautisch voll zur Verfügung gestellt werden können.

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 2023 kam das Wasserinjektionsverfahren insgesamt 1.087 Stunden zum Einsatz, 371 weniger als im Vorjahr. 215 Einsatzstunden entfielen davon auf die Beseitigung natürlich entstandener lokaler Sandaufhöhungen in der Stromelbe (Riffelstrecke), sowie 410 Stunden auf Entfernung von Schlicklinsen. 462 Stunden wurden Arbeiten zur Ebnung der Gewässersohle nach dem Einsatz von Hopperbaggern durchgeführt. Abbildung 9 stellt die monatsweise Verteilung der Einsatzstunden für das Jahr 2023 dar.

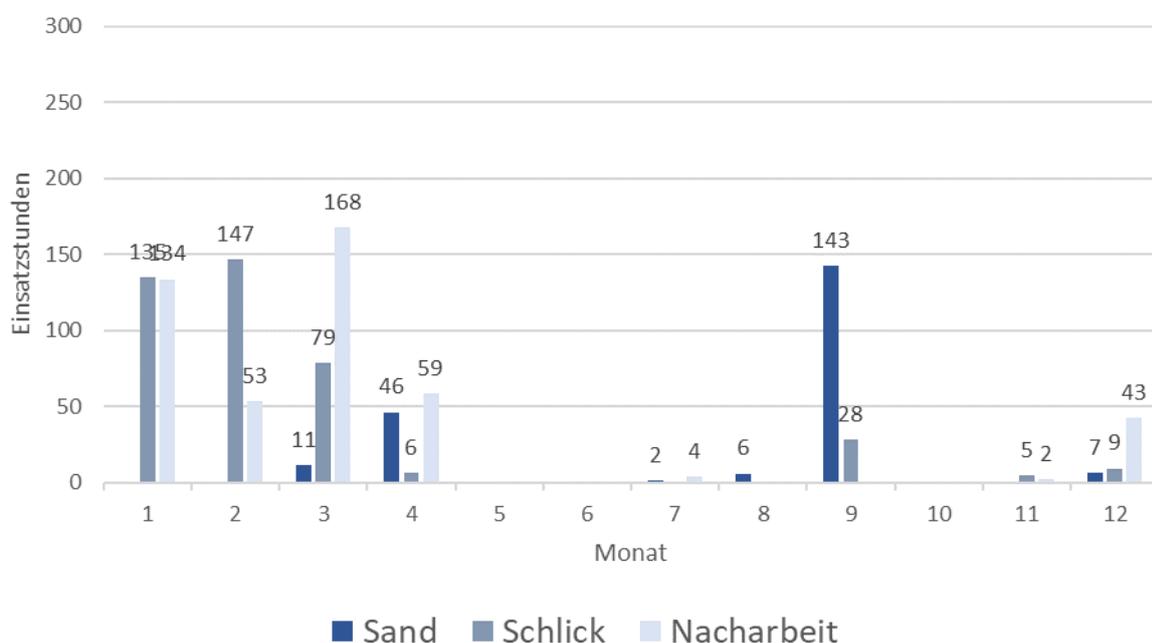


Abbildung 9: Einsatzzeiten (Stunden) des Wasserinjektionsverfahrens 2023, monatsweise Darstellung, Januar (1) bis Dezember (12).

Der Einsatz ein leistungsstarker Schlickpflüge (Bed Leveller) ist seit 2016 ein bewährter und unverzichtbarer Bestandteil der Unterhaltung (Abbildung 10). Anders als beim Wasserinjektionsverfahren wird der Schlick nicht verflüssigt, sondern über kurze Entfernungen mechanisch in einen anderen Bereich gezogen. Dadurch bleibt die Konsistenz des Schlicks überwiegend erhalten.

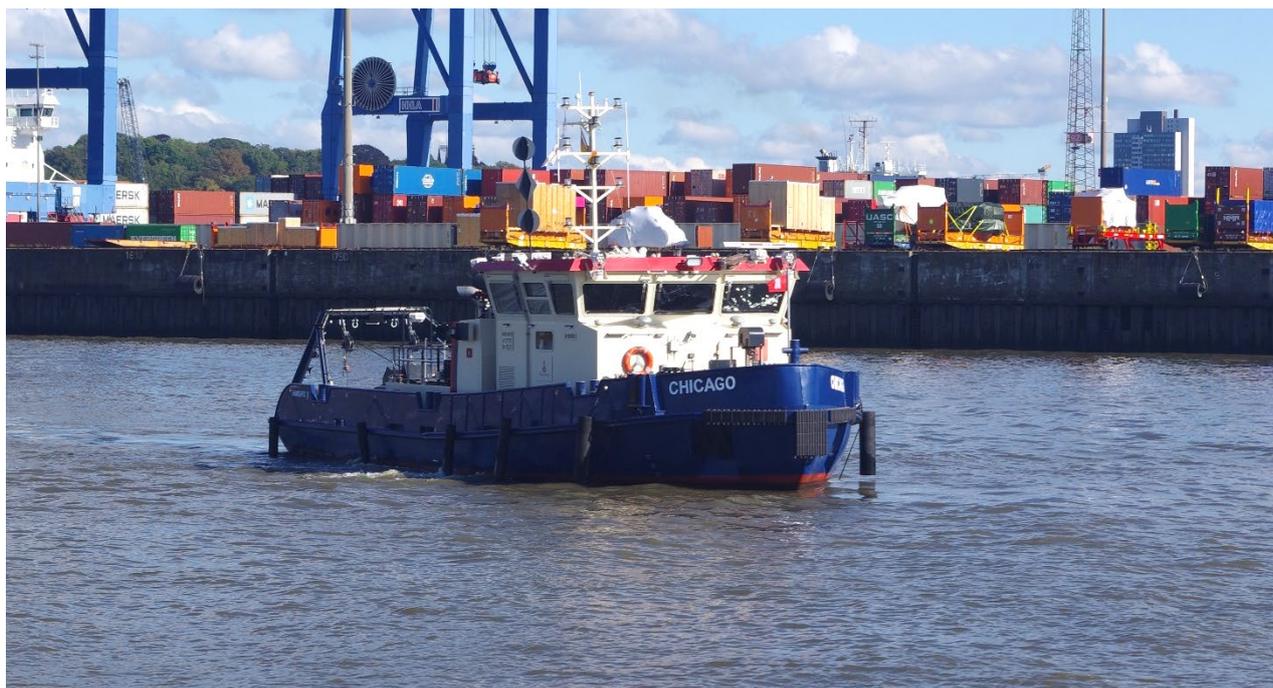


Abbildung 10: Der Schlickpflug Chicago (Flotte Hamburg) im Parkhafen (Foto: Boris Hochfeld).

Die Geräte werden 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 der Geräte erlaubt eine wirksame Unterhaltung der Liegeplätze, ohne dabei den Schiffsbetrieb zu stören.

Auch bei Bed Levellern ist es nicht praktikabel, die umgelagerten Mengen anzugeben, üblich sind auch hier die Einsatzstunden (Abbildung 11). Bed Leveller waren ganzjährig im Einsatz, 2023 insgesamt 3610 Stunden. Den Hauptteil der Arbeiten (2773 Stunden) machten dabei kleinräumige Schlickverlagerungen als Zuarbeit zu den Hopperbaggern aus (Liegeplätze). 725 Stunden wurden Nacharbeiten nach den Hopperbaggereinsätzen zur Planierung der Gewässersohle durchgeführt. Die Erfahrung zeigt, dass ein Schlickpflug sehr effizient und vielseitig einsetzbar ist und daher auch zukünftig fester Bestandteil der Unterhaltung bleiben wird.

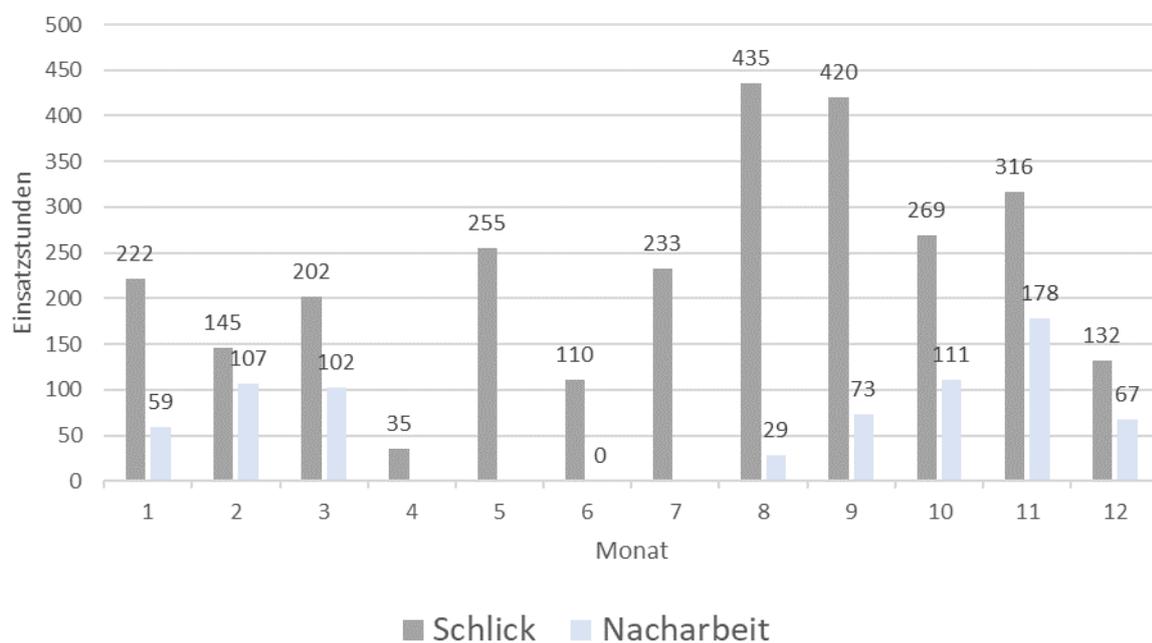


Abbildung 11: Einsatzzeiten (Stunden) der Bed-Leveller und des Schlickpflugs Otto Stockhausen 2023, monatsweise Darstellung, Januar (1) – Dezember (12).

4 Peilungen und Volumenvergleich

Im Zeitraum vom 07.12.2022 bis zum 12.12.2023 wurden 13 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 (Abbildung 13) von ca. 4200 x 400 m² mit den originären Tiefendaten erstellt und anschließend untereinander verglichen. Die daraus ermittelten Mengenänderungen sind in Abbildung 14 dargestellt. Die Aufsummierung der Auf- und Abträge ergibt für 2023 einen Auftrag von rd. 121.049m³. Dabei sind die oben genannten Genauigkeiten zu berücksichtigen.

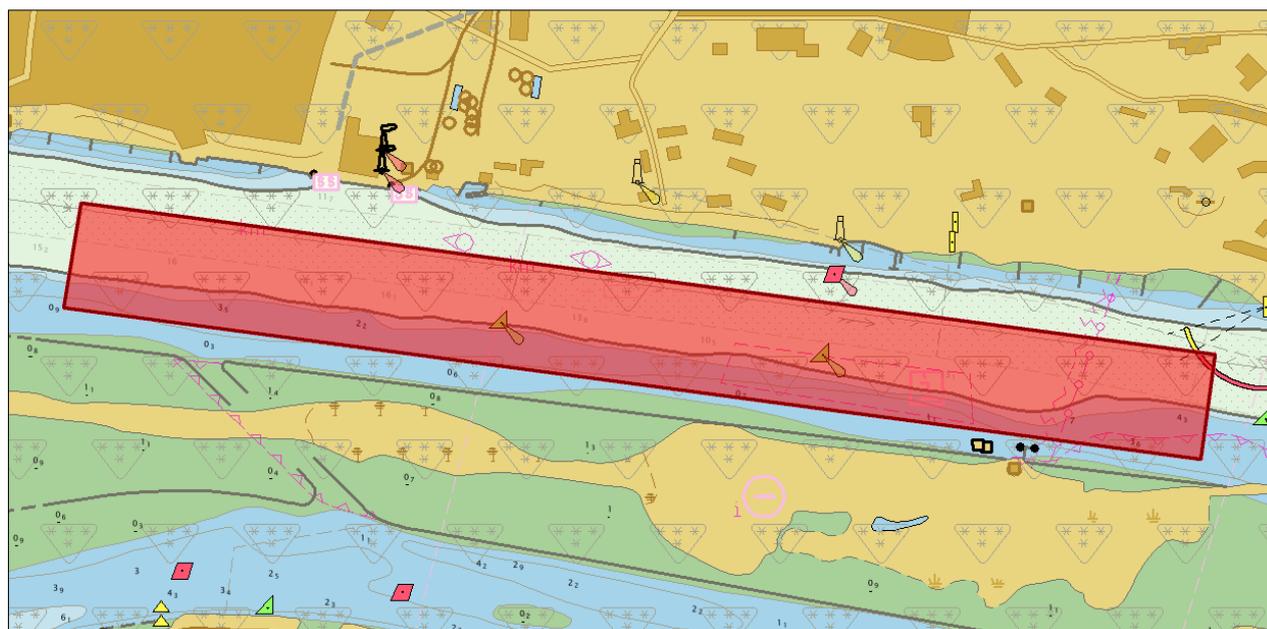


Abbildung 12: Elektronische Seekarte (BSH) mit rot dargestelltem Kontrollgebiet vor Neßsand.

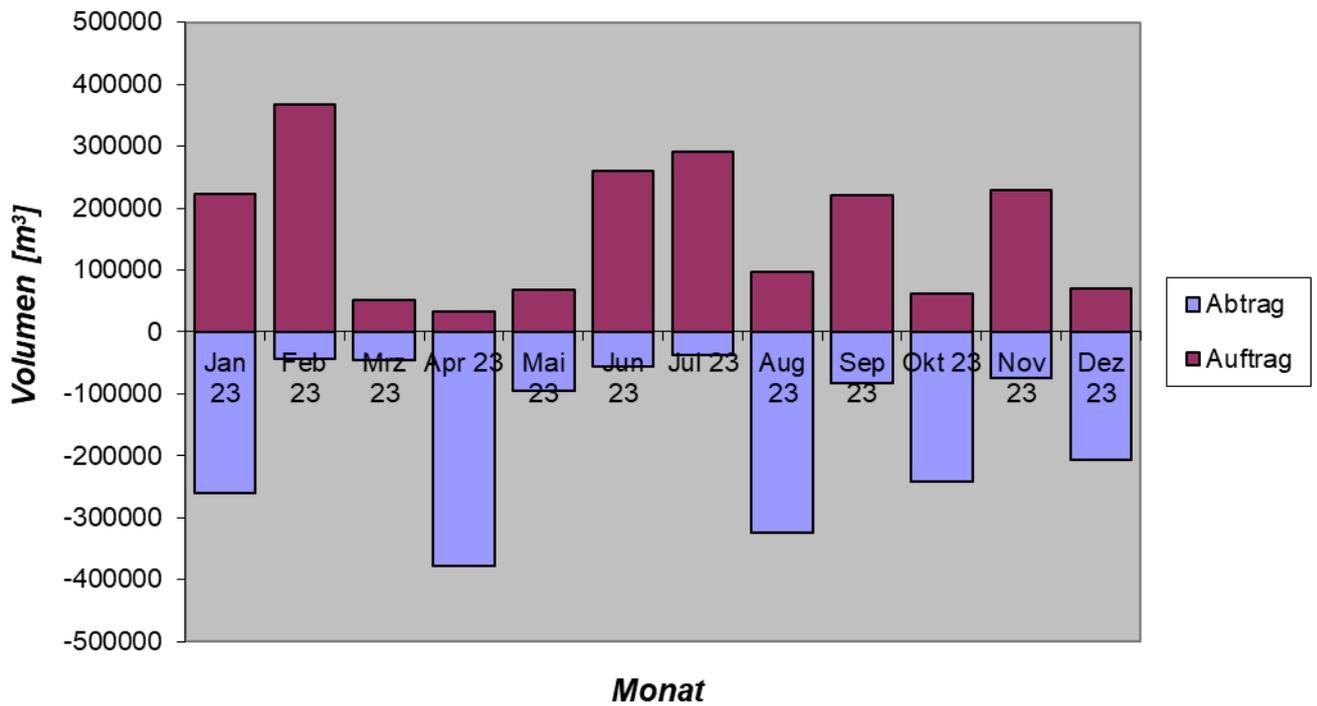


Abbildung 13: Aus Peilungen berechnete Mengenbewegungen (Auf- und Abtrag) im Bereich Neißsand im Jahr 2023.

5 Schadstoffuntersuchungen

Die Schadstoffbelastung der Elbesedimente stellt neben den Baggermengen die größte Herausforderung bei der Sicherung nautisch notwendiger Wassertiefen im Hamburger Hafen dar. Die Schadstoffgehalte sind ausschlaggebend für die Entscheidung, ob das Baggergut im Gewässer verbleiben kann oder an Land gebracht und dort behandelt und entsorgt werden muss, und sind somit ein entscheidender Kostenfaktor. Die Entwicklung der gemittelten Schadstoffkonzentrationen aus Kernproben der letzten Jahre (Abbildung 14) zeigt, dass die Stoffgehalte insgesamt auf einem stabilen, niedrigen Niveau liegen. Bei TBT ist sogar eine Abnahme deutlich erkennbar, ein Hinweis, dass das Verbot der organozinnhaltigen Antifoulinganstriche wirkt. Unabhängig von langfristigen Trends unterliegen die Schadstoffkonzentrationen im Hafen jedoch Schwankungen, die insbesondere von den hydrologischen Verhältnissen abhängen (Oberwasserabfluss, Hochwasserereignisse, Durchmischung).

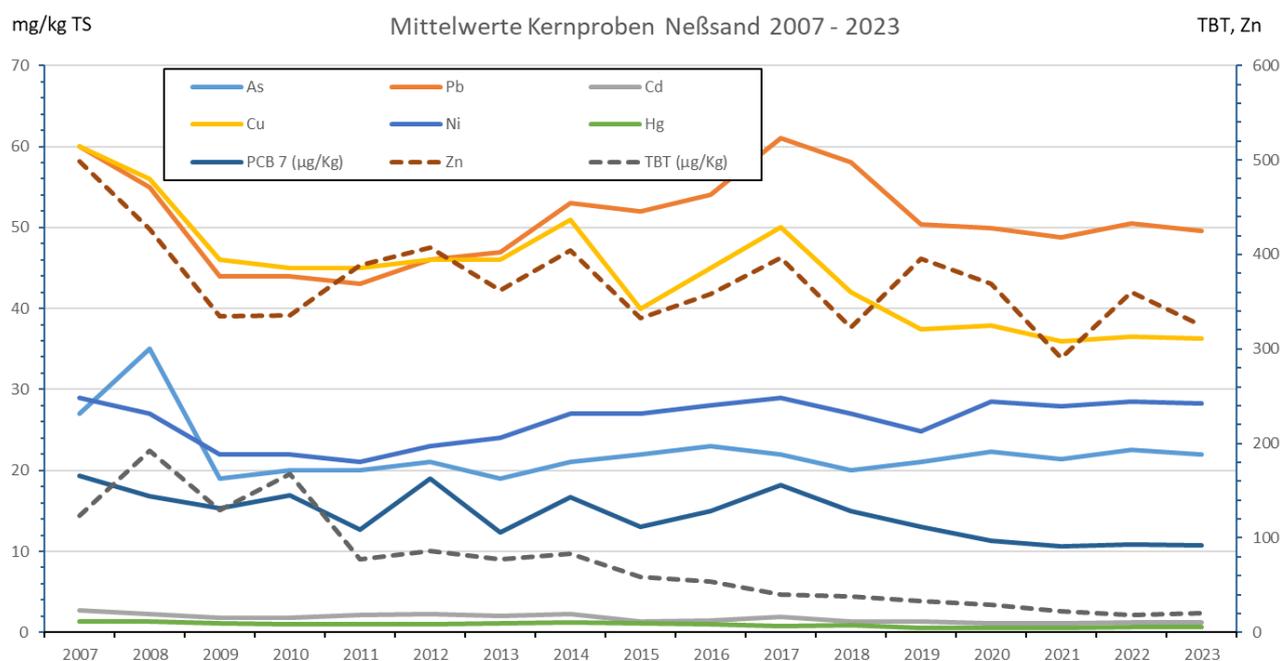


Abbildung 14: Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen in Kernproben 2007 – 2023, Bestimmung in der Gesamtfraktion.

5.1 Schadstoffbelastung der Sedimente

Die Beurteilung der Schadstoffgehalte des im Hamburger Hafen angefallenen Baggerguts erfolgte gemäß der Handlungsvereinbarung zwischen BSU (heute BUKEA) und HPA. Folgende Schadstoffuntersuchungen wurden an Sedimenten und auch an aufbereitetem Baggergut für die landseitige Verwertung bzw. Beseitigung durchgeführt:

- Zur Einschätzung der Entwicklung der Schadstoffgehalte der frischen Sedimente werden jedes Jahr im Frühsommer im Elbeabschnitt von Geesthacht bis Wedel Oberflächenproben an festgelegten Probenahmepunkten entnommen (Referenzbeprobung, 16 Proben). Diese Proben zeigen die aktuelle Belastungssituation auf und lassen, unter Berücksichtigung der Oberwasserführung, eine Veränderung der Belastung der Sedimente über die Jahre erkennen. Die jährliche Beprobung fand im Zeitraum vom 27.06. - 03.07.2023 statt. Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen der Referenzbeprobung 2023 sind in Anlage 4 dargestellt.
- Seit 2016 wird neben Baggergut aus der Delegationsstrecke auch Baggergut aus den Hafeneckeneinfahrten in die Nordsee zur Tonne E3 verbracht. Die für die Nordseeverbringungen erforderlichen Freigabeuntersuchungen werden meist jeweils im Frühjahr ab April vorgenommen. Diese Freigabeuntersuchungen können auch für die Ermittlung der Sedimentqualität von Baggergut, welches zur Klappstelle Neßsand verbracht wird, herangezogen werden. Für die Bewertung der Qualität der zu baggernden Sedimente wurden die Ergebnisse der Schadstoffanalysen von insgesamt 67 Sedimentkernen aus dem Jahr 2022 und 25 dem Jahr 2023 ausgewertet. Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sind in den Anlagen 5 und 6 dargestellt, getrennt in den Umlagerungszeitraum Januar bis März und November bis Dezember. Die Ergebnisse der ökotoxikologischen Untersuchungen aus dem Jahr 2023 sind in Anlage 7 zusammengestellt.
- Die zusammengefassten Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen des 2023 an Land in der METHA aufbereiteten Schlicks sind in Anlage 8 aufgeführt.

Die Schadstoffgehalte der frisch abgelagerten Sedimente werden maßgeblich durch das Abflussgeschehen beeinflusst. Durch den Eintrag großer Mengen gering belasteter Sedimente von Unterstrom kommt es bei langanhaltend niedrigem Oberwasserabfluss zu einer verstärkten Verdünnung der höher belasteten, oberstrombürtigen Sedimente. Wegen dieses Verdünnungseffektes liegt die Schadstoffbelastung der frischen Sedimente im Hafen, nach den Ergebnissen der Schadstoffuntersuchungen weiterhin auf niedrigem Niveau. Der Gradient abnehmender Schadstoffgehalte in Sedimenten von oberstrom nach unterstrom ist ein Beleg für die Einmischung unterstrombürtiger Schwebstoffe in die Sedimente im Bereich des Hafens.

So wurden die höchsten Schwermetallgehalte wieder in den frischen Sedimenten oberhalb Hamburgs im Bereich der oberen Tideelbe ermittelt. Hier sedimentieren stärker belastete Schwebstoffe und Sedimente aus der mittleren und oberen Elbe und der verdünnende Effekt der Einmischung geringer belasteter Sedimente von Unterstrom fehlt.

Der größte Teil des bei Neßsand umgelagerten Baggergutes stammt allerdings aus den strömungsberuhigten Bereichen der Hafeneinfahrten von Norder- und Süderelbe, in denen sich unter den seit 2014 anhaltenden hydrologischen Bedingungen überwiegend sehr feinkörnige schwebstoffbürtige Sedimente ablagern. Korrespondierend mit den sehr hohen Feinkornanteilen (Anteil Fraktion < 63µm über 85 Gewichts-% TS) sind diese Sedimente auch durch sehr hohe TOC-Gehalte von im Mittel 3,8 bzw. 3,7 Gewichts % TS charakterisiert (siehe Anhang Anlage 5 und 6).

Auch bezüglich der organischen Schadstoffe ist 2023, wie in den Vorjahren, keine grundlegende Änderung im Belastungsmuster zu erkennen. Auffälligkeiten bei den Gehalten an Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) und polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) traten keine auf. Gleiches gilt auch für die untersuchten Verbindungen aus der Stoffgruppe der Chlorkohlenwasserstoffe (PCB, HCH, DDT-Verbindungen und HCB).

Wie auch bei den Schwermetallen weisen die feinkörnigen Sedimente in den oberstrombeeinflussten Hafengebieten der Harburger Süderelbe die höchsten Gehalte an organischen Schadstoffen auf, während die Sedimente der stromab im Bereich der Unterelbe gelegenen Baggergebiete die geringsten Anreicherungen an organischen Schadstoffen zeigen.

Positiv ist weiterhin die anhaltende Abnahme der Gehalte an Organozinnverbindungen. Jedoch ist auch mehr als ein Jahrzehnt nach dem Verbot TBT-haltiger Schiffsanstriche durch die IMO (International Maritime Organisation 2003/2008) eine, wenn auch vergleichsweise geringe, Belastung der frischen, schwebstoffbürtigen Sedimente mit Organozinnverbindungen festzustellen. Die mittleren Gehalte an Tributylzinn (TBT) des im Frühjahr 2023 nach Neßsand verbrachten Baggergutes lagen im Mittel bei 15 µg/kg TS. Das im Herbst verbrachte Baggergut hatte einen mittleren TBT-Gehalt von 18 µg/kg TS.

Wie auch in den Vorjahren mit geringer Oberwassermenge führt die Verbringung von Baggergut bei Neßsand nur zu einem kurzzeitigen Sedimentaustrag aus dem Hamburger Hafen.

5.2 Ökotoxikologische Untersuchungen

Um die ökotoxikologische Wirkung der Sedimente zu erfassen, wird ein Teil der chemisch 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, 2024) und eintretende Beeinträchtigungen der Organismen gemessen. Diese Untersuchungen werden an den Oberflächensedimenten und an ausgewählten Kernproben durchgeführt.

Zur Beschreibung der ökotoxikologischen Wirkungen auf die verschiedenen Modellorganismen wird das von der BfG vorgegebene Verfahren angewandt. Hierbei wird die von einer Umweltprobe ausgehende Toxizität dadurch charakterisiert, wie oft eine Probe im Verhältnis 1:2 verdünnt wer-

den muss, damit sie keine signifikante Hemmwirkung gegenüber den Organismen zeigt. Angegeben wird dieses als pT-Wert (pT0 (unverdünnt) bis pT6 (mindestens sechsmal verdünnt)). Den Sedimenten werden anschließend Toxizitätsklassen 0 bis VI zugeordnet. Werden mehrere Bio-testverfahren eingesetzt, wird die Toxizitätsklasse der Probe durch den höchsten ermittelten 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 falsch positive Befunde verursachen.

Seit 2018 ist bei den ökotoxikologischen Analysen für die Verbringung des Baggergutes zur Tonne E3 nur noch die marine Testpalette als Bewertungsmaßstab anzusetzen. Daher erfolgen die Bio-testuntersuchungen für die Freigabe ausschließlich mit dem marinen Algentest und dem marinen Leuchtbakterientest. Die im Jahr 2023 erhobenen Daten (28 Proben in der Delegationsstrecke und 30 Proben in den Hafenzufahrten) der marinen Testpalette sind in Abbildung 15 der Vollständigkeit halber mit dargestellt. In Abbildung 16 und Anlage 7 sind die Ergebnisse der für die Umlagerung nach Neßsand bewertungsrelevanten limnischen Testpalette zusammengestellt. Da es nach wie vor keinen allgemein anerkannten Bewertungsmaßstab für die ökotoxikologischen Ergebnisse gibt, werden diese bisher nur unterstützend zur Charakterisierung der Sedimente herangezogen.

Die Sedimente, die 2023 für die Verbringung zur Tonne E3 vorgesehen waren, wurden im Zeitraum Mai bis Juni beprobt und mittels mariner Testpalette analysiert. In den Eluaten wird im marinen Algentest an der überwiegenden Mehrzahl (n=50) der Proben (n= 64) ein Wert von pT0 (unbelastet) ermittelt. Zwölf Proben zeigen einen pT1 (sehr gering belastet) und zwei Proben einen pT von 2 (gering belastet). Höhere pT-Werte wurden an den Eluaten; wie auch im Vorjahr, nicht bestimmt.

Im Algentest mit Porenwasser wird für vier Proben ein pT0, für 29 Proben jeweils ein Wert von pT1 (sehr gering belastet) und ebenfalls an 29 Proben ein Wert von pT2 (gering belastet) ermittelt. Zwei Proben zeigen einen pT-Wert von 3 (mäßig belastet). Die Medianwerte des marinen Algentests liegen damit, wie auch in den Vorjahren, auf sehr niedrigem Niveau (Eluat Median: pT0 (unbelastet); Porenwasser Median: pT1 (sehr gering belastet)). Die Mittelwerte liegen bei 1,5 (Porenwasser) und 0,3 (Eluat) und sind damit ebenfalls sehr niedrig.

Auch mittels Leuchtbakterientest wird 2023 an den Eluaten an der Mehrzahl (n=56) der Proben (n=64) ein Wert von pT0 (unbelastet) ermittelt. An je vier resp. drei Proben wird pT1 und pT2 festgestellt. Ein Wert von pT3 (mäßig belastet) ist an einer Probe bestimmt worden. Höhere pT-Werte wurden an den Eluaten im Leuchtbakterientest nicht gefunden. Der Medianwert der Eluate liegt bei pT0 (unbelastet) und der arithmetische Mittelwert bei 0,2. Beide Werte entsprechen denen des Jahres 2022.

Die Ergebnisse des Leuchtbakterientest an den Porenwässern zeigen für 56 Proben einen pT0 (unbelastet). Ein pT von 1 wurde an zwei Proben bestimmt. Weitere zwei Proben weisen einen pT

von 2 (gering belastet) auf. Ein Wert von pT3 wurde an den Porenwässern von drei Proben bestimmt. Eine Probe aus dem Köhlbrand zeigt einen pT von 4 (belastet). pT-Werte von 5 oder 6 wurden auch an den Porenwässern nicht ermittelt. Der Medianwert der Porenwässer liegt bei pT0 (unbelastet) und der arithmetische Mittelwert bei 0,3 und damit ebenfalls sehr niedrig.

Die Klasseneinstufung wird nur durch den schlechtesten Test der vier bestimmt. Hier liegt der Median aller Werte für die marine Klasse bei 2 und der arithmetische Mittelwert bei 1,5.

Die Sedimente zur Umlagerung nach Neßsand wurden im September und November 2023 beprobt. Untersuchungen mit der limnischen Testpalette wurden an insgesamt 19 Proben durchgeführt (s. Abbildung 16 und Anlage 7).

Von den drei Testverfahren (für Algen, Bakterien und Daphnien) weist, wie auch in den vergangenen Jahren sehr häufig festgestellt, der limnische Algentest im Mittel die höchsten Werte auf (siehe Anlage 7 und Abbildung 16).

An den Eluaten wurden Werte von pT0 (unbelastet) bis pT4 (belastet), bei den Porenwässern von pT1 (sehr gering belastet) bis pT4 (belastet) ermittelt (Abbildung 16), wobei die höchsten pT-Werte in den oberstromigen Gebieten Reiherstieg Vorhafen, Harburger Seehäfen und Strandhafen gefunden wurden. Der arithmetische Mittelwert der Porenwässer liegt bei 2,2, der Mittelwert der Eluate bei 2,0. Auch der Median von Porenwässern und Eluaten beträgt jeweils 2 (gering belastet).

Mittels Leuchtbakterientest wird an den Porenwässern nur pT0 und pT1 gefunden. In den Eluaten zweier Proben (Reiherstieg Vorhafen und Harburger Seehäfen) wurde jeweils ein Wert von pT 3 (mäßig belastet) festgestellt. Der Median der Ergebnisse für beide Testmedien liegt bei pT 0 (unbelastet) und der Mittelwert mit 0,1 (Porenwässer) und 0,4 (Eluate) ebenfalls sehr niedrig.

Im Daphnientest liegen die Werte bei beiden Testmedien ebenfalls mehrheitlich bei pT0 und pT1 und lediglich im Reiherstieg Vorhafen und Harburger Seehäfen bei pT3. Auch hier sind die Mittelwerte mit 0,5 für Porenwasser und 0,4 für Eluat sehr gering.

Pro Kernprobe werden die drei Testverfahren sowohl an Porenwässern als auch an Eluaten durchgeführt, so dass insgesamt sechs pT-Werte ermittelt werden. Für die Bestimmung der Toxizitätsklasse einer Probe wird das schlechteste Einzelergebnis aller angewendeten Test angegeben. In der Gesamtbewertung wird 2023 die Klasse II (geringe Belastung) am häufigsten erreicht, gefolgt von Klasse III (mäßige Belastung) (Anlage 7). Der Median aller Kernproben liegt für 2023 bei Klasse II (geringe Belastung). Das arithmetische Mittel der Klassen ergibt einen Wert von 2,0. Der Klassen-Median 2023 liegt mit einem Wert von II auf demselben Niveau wie in den Vorjahren 2020 bis 2023. Der Mittelwert ist mit 2,5 etwas höher.

Im Jahr 2019 wurde bisher der niedrigste Medianwert (I; sehr geringe Belastung) für die Toxizitätsklassen ermittelt. In den Jahren davor (2014 bis 2018) lagen die Werte bei II (geringe Belastung)

bis III (mäßige Belastung). Anzeichen für eine signifikante Erhöhung des ökotoxikologischen Potenzials der umzulagernden Sedimente im Vergleich zu den Werten aus dem Gesamtzeitraum von 2014 bis 2022 werden im Jahr 2023 damit nicht festgestellt.

Die ökotoxikologische Analyse der Oberflächenproben an den Referenzbeprobungsstellen wird seit 2005 mit der oben beschriebenen Testpalette an Eluaten durchgeführt. Beprobung wird nur die oberste Sedimentschicht mit einer Schichtdicke von bis zu 5 cm. Die Analyse erfolgte 2023 an insgesamt 16 Stationen. Die Ergebnisse sind in Anlage 7 aufgeführt.

Wie auch 2022 ist anhand der Ergebnisse der Referenzbeprobung vom Juni/Juli 2023 der Einfluss von oberstromigen Sedimenten auf die ökotoxikologische Belastung der Sedimente zu erkennen.

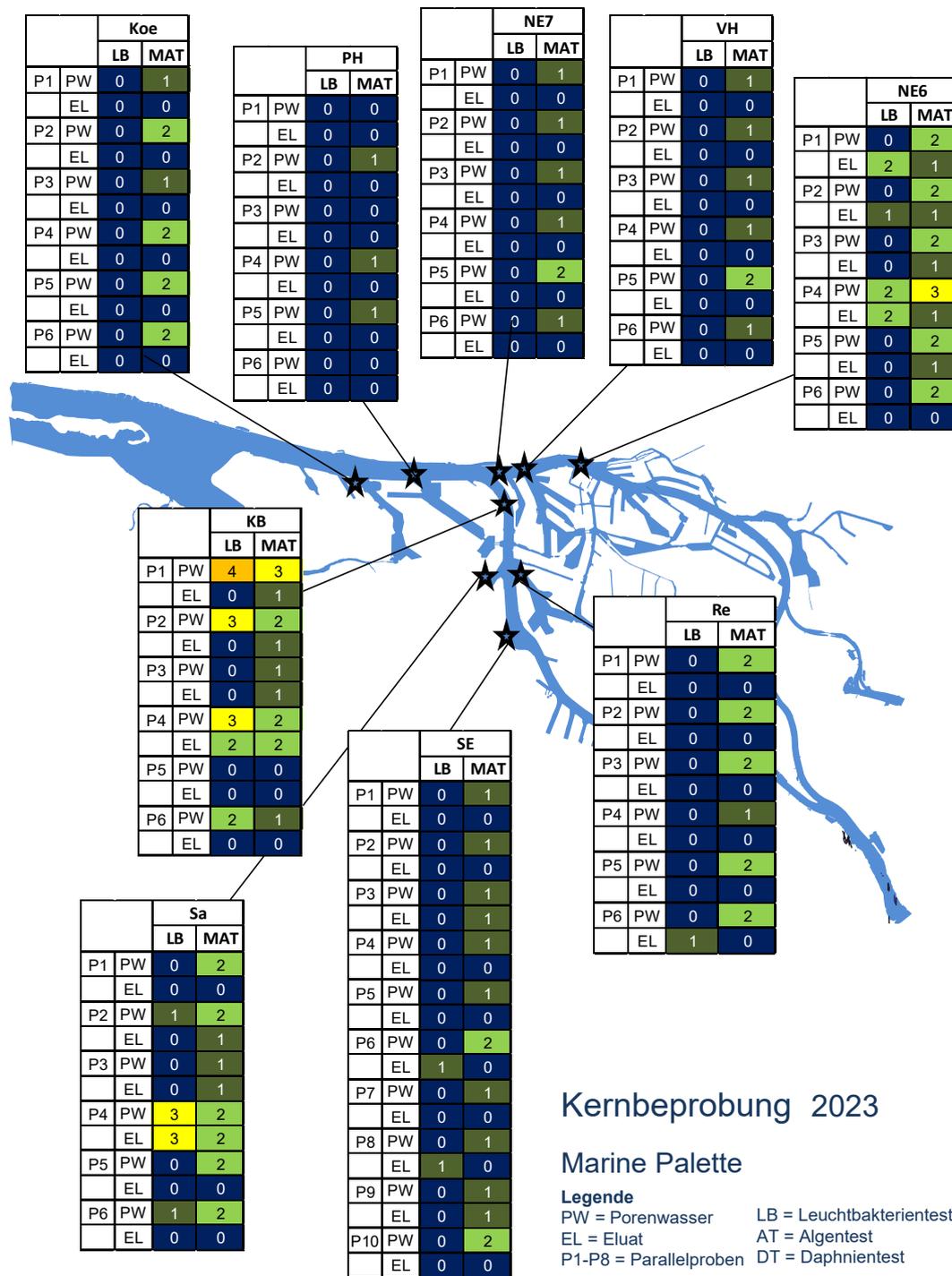
Der limnische Algentest zeigt auch hier die höchsten Werte der drei Testverfahren. Das Sediment bei Oortkaten wies mit einem pT-Wert von 5 (hoch belastet) den Maximalwert auf, gefolgt von den Standorten Reiherstieg Vorhafen und Seehafen 4 mit pT-Werten von 4 (belastet). Ein pT von 3 (mäßig belastet) wurde an den Stationen Stover Strand und Dove Elbe ermittelt. Vier Stationen zeigen einen Wert von pT 2 (gering belastet) und fünf Stationen einen pT-Wert von 1 (sehr gering belastet). Ein pT-Wert von 0 (unbelastet) wurde an den beiden unterstromigsten Stationen Wedel und Außeneste ermittelt.

Der Leuchtbakterientest ergab, wie auch der Algentest, für die Stationen Oortkaten, Seehafen 4 und Reiherstieg Vorhafen die höchsten Toxizitäten. Diese fielen mit pT3 jedoch geringer aus als im Algentest. Auch für die Station Stover Strand wurde ein pT von 3 (mäßig belastet) ermittelt. Drei Stationen weisen einen pT von 2 (gering belastet) auf. An zwei Stationen wurde ein pT-Wert von 1 (sehr gering belastet) ermittelt. Die Sedimente von sieben Standorten zeigen keine Toxizität im Leuchtbakterientest.

Im Daphnientest wurde mit pT2 (gering belastet) wie auch im Vorjahr am Standort Reiherstieg Vorhafen die höchste Toxizität festgestellt. Mit einem pT-Wert von 1 (sehr gering belastet) zeigen 2023 auch die Standorte Stover Strand, Oortkaten, Dove Elbe und Seehafen 4 eine leicht erhöhte Toxizität.

Mit einem Klassen-Medianwert aller Proben von II (gering belastet) liegen die Werte der Referenzbeprobung 2023 in der Spanne der Medianwerte der letzten Jahre (2022: Median I, 2021 Median III, 2018 und 2019 Median II).

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, die mit der limnischen Testpalette analysiert wurden.

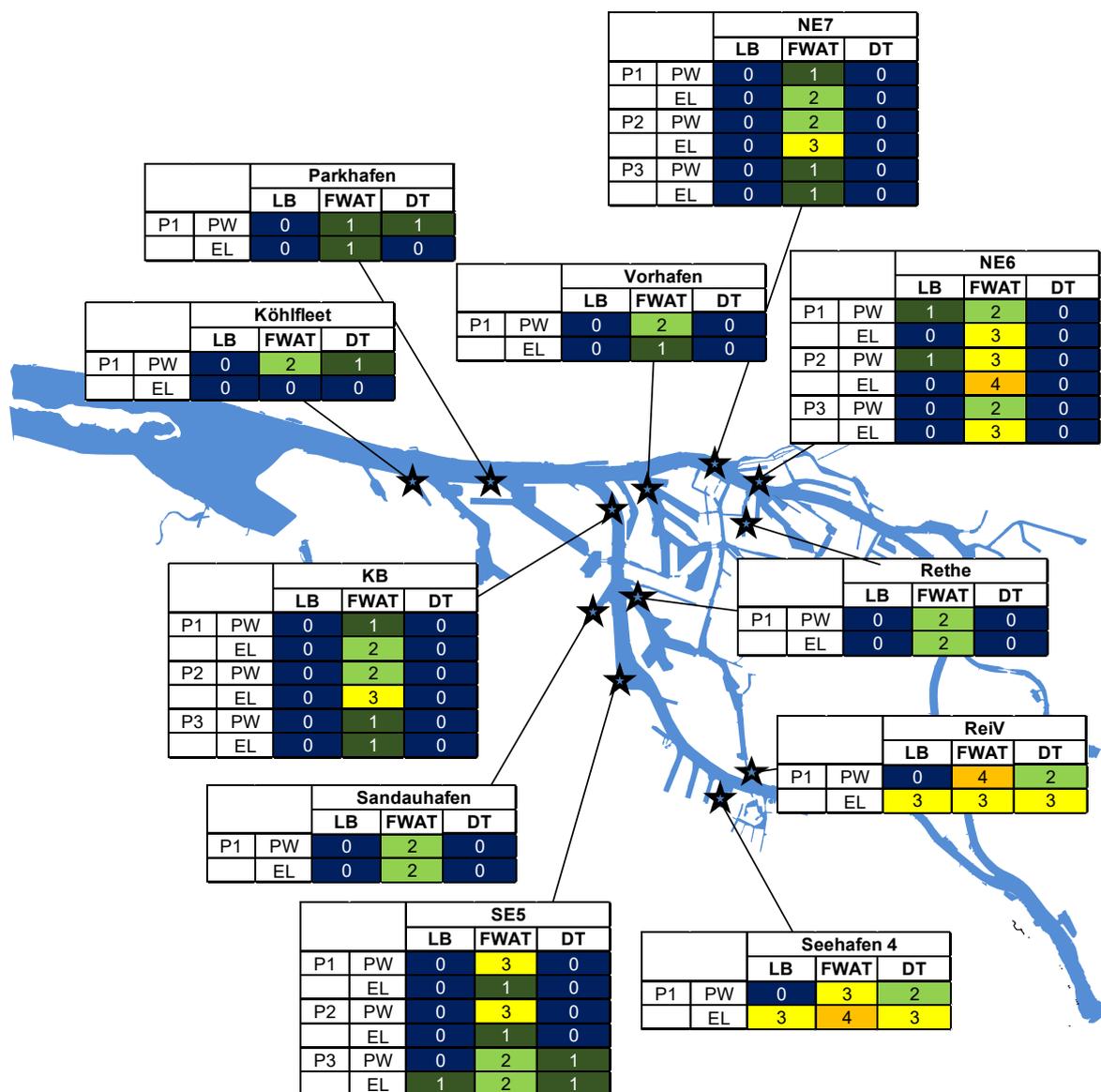


Kernbeprobung 2023

Marine Palette

Legende
 PW = Porenwasser LB = Leuchtbakterientest
 EL = Eluat AT = Algentest
 P1-P8 = Parallelproben DT = Daphnientest

Abbildung 15: Ökotoxikologische Untersuchungen an Sedimentkernen im Sommer 2023 (marine Testpalette).



Kernbeprobung 2023

Limnische Palette

Legende
 LB = Leuchtbakterientest
 PW = Porenwasser
 EL = Eluat
 AT = Algentest
 DT = Daphnientest

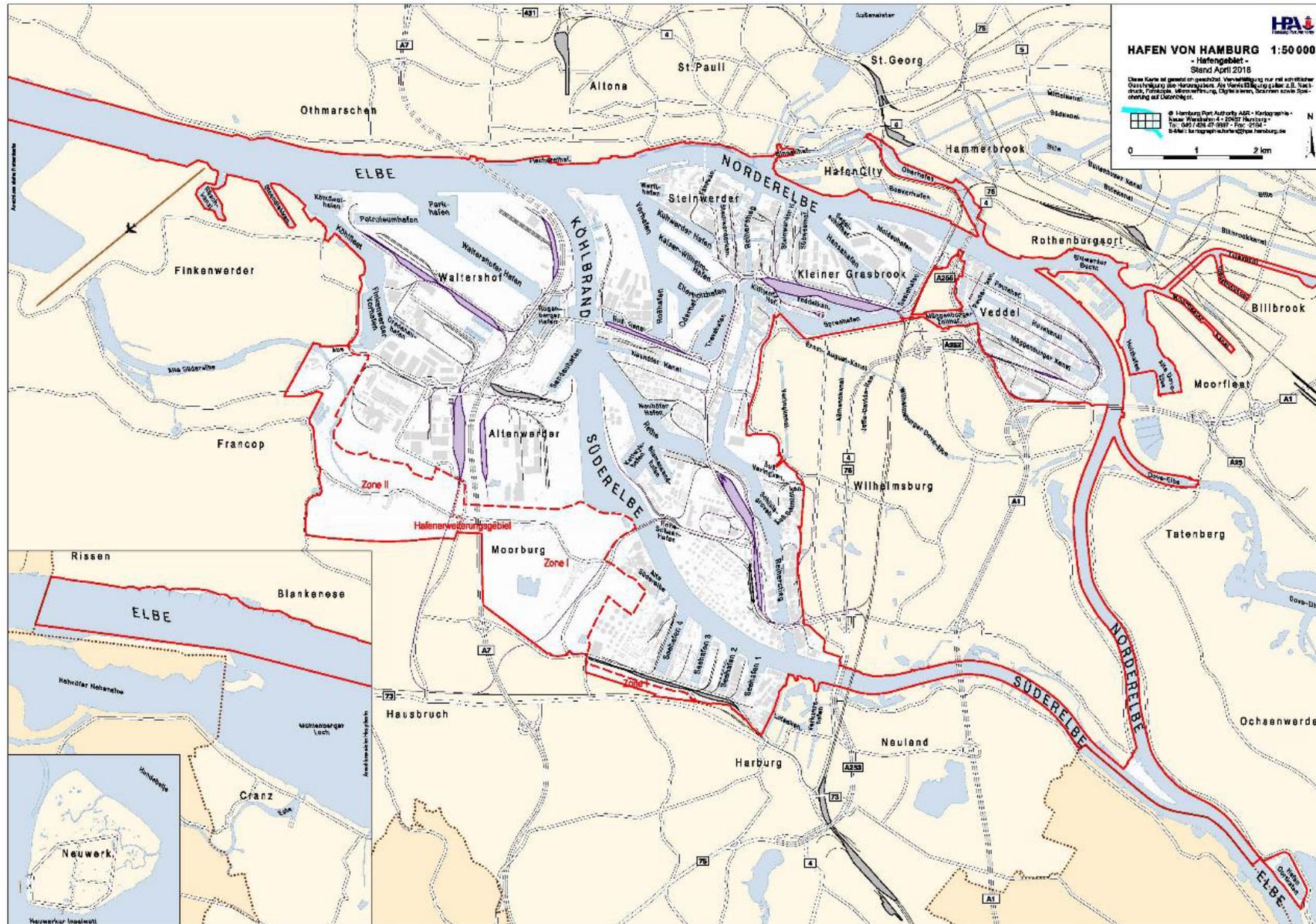
Abbildung 16: Ökotoxikologische Untersuchungen an Sedimentkernen im Herbst 2022 (limnische Testpalette).

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 2022/23 an 67 Sedimentkernen bestimmt und für die Umlagerungen ab November 2022 an 25 Sedimentkernen untersucht. Ermittelt wurde die chemische Zehrung von Sauerstoff nach 180 Minuten, bezogen auf die Trockensubstanz. Die mittlere Zehrung lag bei 1,5 g O₂/kg TS bei einer Spanne von 0,12 bis 3,1 g O₂/kg TS.

Anlage 1: Hafenanplan



Anlage 4: Statistische Auswertung der Referenzproben (Juni 2023).

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.-% OS	16	0	20,3	24,9	26,4	34,7	38,9
TOC (C)	Gew.-% TS	16	0	1,9	4,3	4,3	6,2	6,9
Siebanalyse								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	16	0	41,8	67,8	65,1	80,7	81,5
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	16	0	14,8	26,5	25,1	34,1	40,4
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	16	0	1,9	3,4	6,4	16,0	19,6
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	16	0	0,1	1,1	2,0	5,0	7,0
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	16	0	0,1	0,5	1,0	2,4	4,0
Fraktion 630 - 1000µm	Gew.-% TS	16	0	<0,1	0,2	0,2	0,4	0,9
Fraktion 1000-2000µm	Gew.-% TS	16	0	<0,1	0,2	0,2	0,4	0,5
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	16	0	<0,1	<0,1	k.MW	0,3	0,6
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	16	0	74,3	93,5	90,2	96,4	96,7
Fraktion < 100 µm	Gew.-% TS	16	0	88,8	97,7	96,6	99,0	99,1
Summenparameter								
Stickstoff	mg/kg TS	16	0	1860	4365	4598,8	6915	7720
Phosphor	mg/kg TS	16	0	780	1300	1376	2000	2200
Schwefel	mg/kg TS	16	0	2500	3600	3713	4500	4800
Metalle aus der Gesamtfraktion								
Arsen	mg/kg TS	16	0	14	25	22,9	27,5	28
Blei	mg/kg TS	16	0	27	52,5	49,8	61,5	64
Cadmium	mg/kg TS	16	0	0,48	0,9	1,5	3,6	4
Chrom	mg/kg TS	16	0	27	42	39,6	46,5	50
Kupfer	mg/kg TS	16	0	19	35	39,7	59,5	72
Nickel	mg/kg TS	16	0	19	30	28,1	33,5	35
Quecksilber	mg/kg TS	16	0	0,28	0,5	0,6	0,9	1,1
Zink	mg/kg TS	16	0	127	267	348,3	678	744
Metalle aus der Fraktion <20µm								
Arsen < 20 µm	mg/kg TS	16	0	26	29	28,5	29,5	31
Blei < 20 µm	mg/kg TS	16	0	58	67	68,4	77	78
Cadmium < 20 µm	mg/kg TS	16	0	0,58	0,9	1,7	3,9	4,6
Chrom < 20 µm	mg/kg TS	16	0	47	55	53,8	57,5	61
Kupfer < 20 µm	mg/kg TS	16	0	34	40	48	71,5	82
Nickel < 20 µm	mg/kg TS	16	0	34	36	36	37,5	38
Quecksilber < 20 µm	mg/kg TS	16	0	0,52	0,6	0,7	1,2	1,4
Zink < 20 µm	mg/kg TS	16	0	270	308,5	424,1	715	811
Mineralölkohlenwasserstoffe								
Mineralöl	mg/kg TS	16	0	51	135	141,7	210	230
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	16	0	11	24	25,2	41,3	44,7
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	16	0	39,8	113	117,1	170	191
Polycyclische Aromaten								
Naphthalin	mg/kg TS	16	0	0,027	0,05	0,1	0,11	0,13
Acenaphtylen	mg/kg TS	16	11	<0,01	0,01	k.MW	0,02	0,023

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Acenaphthen	mg/kg TS	16	11	<0,01	0,01	k.MW	0,01	0,019
Fluoren	mg/kg TS	16	0	0,011	0,02	0,0	0,04	0,043
Phenanthren	mg/kg TS	16	0	0,059	0,09	0,1	0,20	0,26
Anthracen	mg/kg TS	16	0	0,021	0,03	0,0	0,08	0,11
<u>Fluoranthen</u>	mg/kg TS	16	0	0,1	0,15	0,2	0,38	0,5
Pyren	mg/kg TS	16	0	0,09	0,13	0,2	0,34	0,45
Benz(a)anthracen	mg/kg TS	16	0	0,05	0,07	0,1	0,19	0,28
Chrysen	mg/kg TS	16	0	0,05	0,07	0,1	0,19	0,27
<u>Benzo(b)fluoranthen</u>	mg/kg TS	16	0	0,076	0,12	0,2	0,26	0,35
<u>Benzo(k)fluoranthen</u>	mg/kg TS	16	0	0,037	0,05	0,1	0,12	0,16
<u>Benzo(a)pyren</u>	mg/kg TS	16	0	0,054	0,08	0,1	0,20	0,29
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	16	1	<0,06	0,02	0,0	0,04	0,044
<u>Benzo(ghi)perylene</u>	mg/kg TS	16	0	0,062	0,10	0,1	0,20	0,26
<u>Indeno(1.2.3-cd)pyren</u>	mg/kg TS	16	0	0,068	0,11	0,1	0,20	0,26
<u>PAK Summe 6 g.BG</u>	mg/kg TS	16	0	0,401	0,60	0,8	1,31	1,82
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	16	0	0,753	1,1	1,5	2,48	3,47
Polychlorierte Biphenyle								
PCB 28	µg/kg TS	16	0	0,38	0,7	0,9	1,5	1,6
PCB 52	µg/kg TS	16	0	0,36	0,7	0,8	1,3	1,5
PCB 101	µg/kg TS	16	0	1	1,9	1,9	2,6	2,6
PCB 118	µg/kg TS	16	0	0,56	1	1	1,4	1,4
PCB 138	µg/kg TS	16	0	1,3	2,4	2,5	3,9	4,2
PCB 153	µg/kg TS	16	0	1,8	3,4	3,5	5,2	5,8
PCB 180	µg/kg TS	16	0	0,95	1,9	2,3	4	4,6
PCB Summe 6 g.BG	µg/kg TS	16	0	5,79	10,9	12	18,4	20,3
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	16	0	6,35	11,9	12,9	19,8	21,5
Hexachlorcyclohexane								
alpha-HCH	µg/kg TS	16	0	0,19	0,3	0,5	1	2,4
beta-HCH	µg/kg TS	16	0	0,41	0,7	1,1	1,8	4,2
gamma-HCH	µg/kg TS	16	0	0,061	0,1	0,1	0,2	0,49
delta-HCH	µg/kg TS	16	0	0,19	0,3	0,4	0,7	1,7
epsilon-HCH	µg/kg TS	16	11	<0,1	<0,1	k.MW	0,2	0,33
DDT + Metabolite								
o,p'-DDE	µg/kg TS	16	0	0,15	0,3	0,4	0,8	0,96
p,p'-DDE	µg/kg TS	16	0	1,1	2,5	3,8	7,3	7,4
o,p'-DDD	µg/kg TS	16	0	1,2	2,6	4	7,9	9,9
p,p'-DDD	µg/kg TS	16	0	3	6,6	9,8	19	23
o,p'-DDT	µg/kg TS	16	1	<0,1	0,2	0,8	2,2	3
p,p'-DDT	µg/kg TS	16	0	0,35	1,4	12,7	45	82
Chlorbenzole								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	16	0	0,34	0,615	0,9	1,80	2,3
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	16	0	1,6	3,75	5,8	12,00	17

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Organozinnverbindungen								
Monobutylzinn	µg OZK/kg TS	16	0	5,2	8,4	10,0	15,0	23
Dibutylzinn	µg OZK/kg TS	16	0	4	8,75	9,8	14,5	21
Tributylzinn	µg OZK/kg TS	16	0	4,6	14	15,7	23,5	37
Tetrabutylzinn	µg OZK/kg TS	16	13	<1	<1	k.MW	1,6	2,2
Monooctylzinn	µg OZK/kg TS	16	13	<1	<1	k.MW	1,2	3,1
Diocetylzinn	µg OZK/kg TS	16	9	<1	<1	k.MW	2,3	2,9
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

Anlage 5: Statistische Auswertung der Kernproben 2022/23 des von Januar bis März 2023 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	67	0	23	28,8	30,9	40,4	49,1
TOC (C)	Gew.-% TS	67	0	1,9	3,7	3,8	4,5	6,2
Siebanalyse								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	67	0	34,5	69,4	66,2	75,9	84,4
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	67	0	14,4	23,3	25	34,9	41
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	67	0	0,7	4,6	6	12,6	20
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	67	0	0,1	0,8	1,4	3,2	7,7
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	67	1	<0,1	0,5	0,8	2	4,6
Fraktion 630 - 1000µm	Gew.-% TS	67	5	<0,1	0,1	0,2	0,4	0,8
Fraktion 1000-2000µm	Gew.-% TS	67	9	<0,1	0,1	0,2	0,3	1,2
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	67	44	<0,1	<0,1	k.MW	0,3	1,5
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	67	0	70,9	92,8	91,2	96,1	98,8
Fraktion < 100 µm	Gew.-% TS	67	0	89,4	98,1	97,2	99,2	99,7
Summenparameter								
Stickstoff	mg/kg TS	67	0	1660	3830	4086	5482	8240
Phosphor	mg/kg TS	67	0	310	1400	1398	1840	2500
Schwefel	mg/kg TS	67	0	1000	4700	4551	5300	6400
Metalle aus der Gesamtfraktion								
Arsen	mg/kg TS	66	0	4,8	25	24,2	28	31
Blei	mg/kg TS	66	0	19	55	52,2	60	65
Cadmium	mg/kg TS	66	0	0,39	1	1,2	1,8	3,2
Chrom	mg/kg TS	66	0	7	47,5	46,4	59	64
Kupfer	mg/kg TS	66	0	12	37	37,5	50	87
Nickel	mg/kg TS	66	0	11	31	30	35	38
Quecksilber	mg/kg TS	66	0	0,23	0,54	0,53	0,64	0,84
Zink	mg/kg TS	66	0	101	280	291,6	406,5	572
Metalle aus der Fraktion < 20 µm								
Arsen < 20 µm	mg/kg TS	67	0	28	31	31,4	34	37
Blei < 20 µm	mg/kg TS	67	0	62	69	69,5	73,4	79
Cadmium < 20 µm	mg/kg TS	67	0	0,79	1	1,1	1,5	2,7
Chrom < 20 µm	mg/kg TS	67	0	48	62	62,4	76	85
Kupfer < 20 µm	mg/kg TS	67	0	36	43	44,1	50	70
Nickel < 20 µm	mg/kg TS	67	0	33	39	38	41	44
Quecksilber < 20 µm	mg/kg TS	67	0	0,37	0,54	0,53	0,62	0,8
Zink < 20 µm	mg/kg TS	67	0	306	349	364,9	430,8	592
Mineralölkohlenwasserstoffe								
Mineralöl	mg/kg TS	67	1	<20	130	118	174	210
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	67	12	<10	18	19,1	45,2	57,2
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	67	0	10,4	98,9	93,9	132,4	168

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Polycyclische Aromaten								
Naphthalin	mg/kg TS	67	0	0,032	0,05	0,06	0,08	0,19
Acenaphthylen	mg/kg TS	67	54	<0,01	<0,01	k.MW	0,01	0,014
Acenaphthen	mg/kg TS	67	49	<0,01	<0,01	k.MW	0,01	0,037
Fluoren	mg/kg TS	67	0	0,015	0,02	0,03	0,04	0,081
Phenanthren	mg/kg TS	67	0	0,064	0,09	0,11	0,15	0,21
Anthracen	mg/kg TS	67	0	0,02	0,03	0,03	0,05	0,06
Fluoranthen	mg/kg TS	67	0	0,10	0,15	0,16	0,21	0,34
Pyren	mg/kg TS	67	0	0,087	0,13	0,14	0,17	0,28
Benz(a)anthracen	mg/kg TS	67	0	0,056	0,08	0,09	0,12	0,2
Chrysen	mg/kg TS	67	0	0,048	0,07	0,08	0,1	0,16
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg TS	67	0	0,057	0,10	0,11	0,15	0,22
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg TS	67	0	0,029	0,05	0,05	0,07	0,11
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	67	0	0,048	0,08	0,08	0,1	0,17
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	67	6	<0,05	0,02	0,01	0,03	0,041
Benzo(ghi)perylen	mg/kg TS	67	0	0,047	0,09	0,09	0,12	0,19
Indeno(1.2.3-cd)pyren	mg/kg TS	67	0	0,058	0,10	0,11	0,16	0,21
PAK Summe 6 g.BG	mg/kg TS	67	0	0,352	0,58	0,61	0,8	1,22
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	67	0	0,719	1,13	1,18	1,53	2,291
Polychlorierte Biphenyle								
PCB 28	µg/kg TS	67	0	0,44	0,8	0,8	1	2,4
PCB 52	µg/kg TS	67	0	0,37	0,7	0,7	0,9	1,6
PCB 101	µg/kg TS	67	5	<0,1	1,6	1,5	1,9	3,1
PCB 118	µg/kg TS	67	0	0,45	0,8	0,8	1	1,8
PCB 138	µg/kg TS	67	0	1,2	2	2,1	2,6	4,5
PCB 153	µg/kg TS	67	0	1,7	2,8	3	3,6	5,9
PCB 180	µg/kg TS	67	0	0,95	1,6	1,7	2,2	4
PCB Summe 6 g.BG	µg/kg TS	67	0	4,94	9,4	9,9	12,1	21,5
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	67	0	5,41	10,1	10,8	13	23,3
Hexachlorcyclohexane								
alpha-HCH	µg/kg TS	67	0	0,093	0,3	0,3	0,4	1,1
beta-HCH	µg/kg TS	67	0	0,29	0,7	0,8	1,1	2,2
gamma-HCH	µg/kg TS	67	3	<0,05	0,1	0,1	0,1	0,25
delta-HCH	µg/kg TS	67	0	0,12	0,3	0,3	0,4	1,1
epsilon-HCH	µg/kg TS	67	60	<0,1	<0,1	k.MW	0,1	0,22
DDT + Metabolite								
o,p'-DDE	µg/kg TS	67	0	0,17	0,3	0,3	0,5	0,73
p,p'-DDE	µg/kg TS	67	0	1,2	2,3	2,6	3,1	7,1
o,p'-DDD	µg/kg TS	67	0	1,2	2,3	2,6	4,1	6,8
p,p'-DDD	µg/kg TS	67	0	3,2	6,5	7,4	10,4	24
o,p'-DDT	µg/kg TS	67	8	<0,1	0,2	0,3	0,6	1,6
p,p'-DDT	µg/kg TS	67	0	0,21	0,8	1,7	4,1	13

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Chlorbenzole								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	67	0	0,42	0,9	1	1,4	2,9
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	67	0	1,8	3,2	3,6	5,4	9,4
Organozinnverbindungen								
Monobutylzinn	µg OZK/kg TS	67	0	4,2	16	15,3	20	32
Dibutylzinn	µg OZK/kg TS	67	0	4,9	11	11	15	31
Tributylzinn	µg OZK/kg TS	67	0	12	20	21	30,4	41
Tetrabutylzinn	µg OZK/kg TS	67	18	<1	1,1	0,8	2,1	3,6
Monooctylzinn	µg OZK/kg TS	67	30	<1	1,1	0,4	1,7	3,7
Diocetylzinn	µg OZK/kg TS	67	18	<1	1,4	1,2	2,6	5,1
Triphenylzinn	µg OZK/kg TS	67	66	<1	<1	k.MW	<1	8,7
Tricyclohexylzinn	µg OZK/kg TS	67	67	<1	<1	k.MW	<1	<1
Sauerstoffzehrung								
O2-Zehrung n. 180 min	g O2/kg TS	67	0	0,12	1,4	1,5	2,1	3,1

Anlage 6: Statistische Auswertung der Kernproben aus dem zweiten Halbjahr 2023 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	25	0	24,3	29,2	30,4	37,7	40,9
TOC (C)	Gew.-% TS	25	0	2,2	3,6	3,7	4,6	5,4
Siebanalyse								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	25	0	36,3	64	61,8	73,1	74,7
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	25	0	19,8	25,7	26,9	38,9	44,6
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	25	0	2,6	6,4	7,5	15	16,9
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	25	0	0,6	1,6	1,9	3,5	3,9
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	25	0	0,2	0,6	1	2	6,2
Fraktion 630 - 1000µm	Gew.-% TS	25	0	0,1	0,3	0,4	0,6	2,7
Fraktion 1000-2000µm	Gew.-% TS	25	0	0,1	0,2	0,3	0,6	0,9
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	25	3	<0,1	0,2	0,2	0,4	0,8
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	25	0	78,3	90,6	88,7	94,5	95,2
Fraktion < 100 µm	Gew.-% TS	25	0	87,1	97	96,2	98,2	98,7
Summenparameter								
Stickstoff	mg/kg TS	25	0	2370	4600	4264	4818	6510
Phosphor	mg/kg TS	25	0	860	1200	1236	1400	1800
Schwefel	mg/kg TS	25	0	2700	4100	3936	4220	5000
Metalle aus der Gesamtfraktion								
Arsen	mg/kg TS	25	0	15	22	22,2	25,6	28
Blei	mg/kg TS	25	0	33	49	47,9	56,6	63
Cadmium	mg/kg TS	25	0	0,52	0,9	1	1,2	2,2
Chrom	mg/kg TS	25	0	28	46	45,3	53,6	62
Kupfer	mg/kg TS	25	0	21	35	35,8	48	56
Nickel	mg/kg TS	25	0	19	29	28,4	33,6	37
Quecksilber	mg/kg TS	25	0	0,27	0,6	0,6	0,9	1,2
Zink	mg/kg TS	25	0	164	270	265	317	421
Metalle aus der Fraktion < 20 µm								
Arsen < 20 µm	mg/kg TS	25	0	25	27	27,4	30,2	31
Blei < 20 µm	mg/kg TS	25	0	56	62	63,5	70,6	74
Cadmium < 20 µm	mg/kg TS	25	0	0,62	0,9	1,1	1,7	2,3
Chrom < 20 µm	mg/kg TS	25	0	47	53	55,2	66,4	81
Kupfer < 20 µm	mg/kg TS	25	0	33	39	41,5	54	57
Nickel < 20 µm	mg/kg TS	25	0	30	33	34,3	39,2	45
Quecksilber < 20 µm	mg/kg TS	25	0	0,36	0,7	0,6	0,8	0,94
Zink < 20 µm	mg/kg TS	25	0	267	316	332	403	496
Mineralölkohlenwasserstoffe								
Mineralöl	mg/kg TS	25	0	77	120	125,6	168	240
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	25	2	-10	15,9	21,8	44,5	47,8
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	25	0	60,7	92	103	133	204
Polycyclische Aromaten								
Naphthalin	mg/kg TS	25	0	0,036	0,05	0,06	0,1	0,18

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Acenaphthylen	mg/kg TS	25	24	<0,01	<0,01	k.MW	<0,01	0,012
Acenaphthen	mg/kg TS	25	19	<0,01	<0,01	k.MW	0,01	0,051
Fluoren	mg/kg TS	25	0	0,015	0,02	0,03	0,04	0,092
Phenanthren	mg/kg TS	25	0	0,055	0,08	0,1	0,13	0,36
Anthracen	mg/kg TS	25	0	0,021	0,03	0,03	0,04	0,053
Fluoranthen	mg/kg TS	25	0	0,079	0,12	0,15	0,22	0,32
Pyren	mg/kg TS	25	0	0,059	0,1	0,12	0,19	0,23
Benz(a)anthracen	mg/kg TS	25	0	0,05	0,07	0,07	0,09	0,14
Chrysen	mg/kg TS	25	0	0,041	0,06	0,07	0,09	0,14
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg TS	25	0	0,068	0,09	0,09	0,11	0,17
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg TS	25	0	0,032	0,05	0,05	0,06	0,084
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	25	0	0,044	0,08	0,08	0,11	0,16
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	25	0	0,014	0,02	0,02	0,02	0,035
Benzo(ghi)perylene	mg/kg TS	25	0	0,056	0,08	0,08	0,1	0,14
Indeno(1.2.3-cd)pyren	mg/kg TS	25	0	0,071	0,12	0,12	0,15	0,21
PAK Summe 6 g.BG	mg/kg TS	25	0	0,35	0,5	0,6	0,8	1,02
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	25	0	0,68	1	1,1	1,6	1,94
Polychlorierte Biphenyle								
PCB 28	µg/kg TS	25	0	0,45	0,8	0,9	1,4	1,6
PCB 52	µg/kg TS	25	0	0,36	0,8	0,8	1,3	1,4
PCB 101	µg/kg TS	25	0	0,69	1,6	1,7	2,3	4,5
PCB 118	µg/kg TS	25	0	0,47	0,8	0,9	1,3	1,3
PCB 138	µg/kg TS	25	0	1,4	2,2	2,3	3,1	3,9
PCB 153	µg/kg TS	25	0	2	3	3,1	4,3	4,9
PCB 180	µg/kg TS	25	0	1,1	1,6	1,7	2,4	2,6
PCB Summe 6 g.BG	µg/kg TS	25	0	6,85	10	10,6	14	16
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	25	0	7,45	10,7	11,5	15	16,8
Hexachlorcyclohexane								
alpha-HCH	µg/kg TS	25	0	0,18	0,4	0,5	0,6	1,7
beta-HCH	µg/kg TS	25	0	0,42	0,8	0,9	1,4	1,7
gamma-HCH	µg/kg TS	25	0	0,061	0,1	0,1	0,2	0,3
delta-HCH	µg/kg TS	25	0	0,17	0,3	0,4	0,5	0,58
epsilon-HCH	µg/kg TS	25	21	<0,1	<0,1	k.MW	0,1	0,14
DDT + Metabolite								
o,p'-DDE	µg/kg TS	25	0	0,13	0,3	0,3	0,5	0,52
p,p'-DDE	µg/kg TS	25	0	1,4	2,7	2,8	4,5	4,9
o,p'-DDD	µg/kg TS	25	0	1,1	2,6	2,8	4,3	5,6
p,p'-DDD	µg/kg TS	25	0	3,6	6,1	6,6	10,6	15
o,p'-DDT	µg/kg TS	25	0	0,1	0,2	0,3	0,4	1
p,p'-DDT	µg/kg TS	25	0	0,3	0,8	2,1	1,6	31
Chlorbenzole								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	25	0	0,4	0,9	0,9	1,4	1,6
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	25	0	1,9	3,2	3,2	4,3	5,5

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Organozinnverbindungen								
Monobutylzinn	µg OZK/kg TS	25	0	11	16	18	24	36
Dibutylzinn	µg OZK/kg TS	25	0	5,7	10	10,9	13,6	21
Tributylzinn	µg OZK/kg TS	25	0	11	21	21,1	29,8	36
Tetrabutylzinn	µg OZK/kg TS	25	10	<1	1,1	0,9	2,7	7,9
Monooctylzinn	µg OZK/kg TS	25	0	1,1	1,6	1,8	2,8	3,6
Diocetylzinn	µg OZK/kg TS	25	6	<1	1,6	1,6	3,2	8,4
Triphenylzinn	µg OZK/kg TS	25	23	<1	<1	k.MW	<1	1,4
Tricyclohexylzinn	µg OZK/kg TS	25	25	<1	<1	-1	<1	<1
Sauerstoffzehrung								
O2-Zehrung n. 180 min	g O2/kg TS	25	0	1	1,6	1,6	2,1	2,5

Anlage 7: Biotestuntersuchungen an Sedimentkernen. Zusammenstellung der durchgeführten Biotestuntersuchungen an Sedimentkernen aus der Elbe und dem Hamburger Hafen in 2023 für die Umlagerung von Baggergut vor Neßsand. (Leuchtbakterientest mit *Vibrio fischeri*; Algentest mit *Desmodesmus subspicata*; Daphnientest mit *Daphnia magna*).

Eluat pT-Stufe	Leuchtbakterientest n=19	Algentest n=19	Daphnientest n=19
pT 0	16	1	16
pT 1	1	7	1
pT 2	0	4	0
pT 3	0	2	0
pT 4	0	2	0
pT 5	0	0	0
≥ pT 6	0	0	0
Porenwasser			
pT-Stufe	n=19	n=19	n=19
pT 0	17	0	11
pT 1	2	3	6
pT 2	0	11	2
pT 3	0	4	0
pT 4	0	1	0
pT 5	0	0	0
≥ pT 6	0	0	0

Toxizitätsklasse	
Klasse	Anzahl
0	0
I	2
II	8
III	6
IV	3
V	0
VI	0

Biotestuntersuchungen an Oberflächensedimenten 2023

Zusammenstellung der durchgeführten Biotestuntersuchungen an Oberflächensedimenten aus der Elbe und dem Hamburger Hafen in 2023 (Testumfang wie oben, nur Eluatuntersuchungen).

Eluat pT-Stufe	Referenz Juni/Juli 2023			
	Leichtb. (LB) n=16	Algentest (AT) n=16	Daphnient. (DT) n=16	Klasse n=16
pT 0	7	3	11	2
pT 1	2	4	4	3
pT 2	3	4	1	6
pT 3	4	2	0	2
pT 4	0	2	0	2
pT 5	0	1	0	1
≥ pT 6	0	0	0	0

Anlage 8: Schadstoffbelastung des in der METHA klassierten Schlicks 2023.

1. Feststoff

Parameter	Einh.	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90 P	Max
Trockensubstanz	Gew.-%	30	0	21	24	24	26	29
Glühverlust	Gew.-% TS	30	0	5,9	7,5	7,4	8	10,1
TOC (C)	Gew.-% TS	30	0	2,6	3,3	3,2	3,5	3,9
Fraktion < 20 µm	Gew.-%	30	0	37,6	48,2	47,8	53,9	56,6
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-%	30	0	21,2	31,4	31,2	34,2	36,7
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-%	30	0	8,5	12,0	12,3	16,1	18,5
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-%	30	0	2,6	6,1	6,2	8,7	10,3
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-%	30	0	0,7	2,0	2,0	2,5	5,6
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-%	30	1	<0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
Fraktion > 1000 µm	Gew.-%	30	3	<0,1	0,2	0,2	0,4	0,6
Calciumcarbonat nach Scheibler	mg/kg TS	30	0	76.900	102.000	102.093	112.000	119.000
Kohlenwasserstoffe H53 (C10-C40)	mg/kg TS	30	2	<50	150	154	190	360
Schwerfl. Lipophile Stoffe (TS)	mg/kg TS	30	0	220	430	448	610	630
Benzol	mg/kg TS	30	30	<0,05	<0,05	k. MW	<0,05	<0,05
Toluol	mg/kg TS	30	30	<0,05	<0,05	k. MW	<0,05	<0,05
Ethylbenzol	mg/kg TS	30	30	<0,05	<0,05	k. MW	<0,05	<0,05
Summe Xylole	mg/kg TS	30	30	<0,05	<0,05	k. MW	<0,05	<0,05
Summe BTEX *)	mg/kg TS	30	30	<0,20	<0,20	k. MW	<0,20	<0,20
PCB-Nr. 28	µg/kg TS	30	30	<3,0	<3,0	k. MW	<3,0	<3,0
PCB-Nr. 52	µg/kg TS	30	30	<3,0	<3,0	k. MW	<3,0	<3,0
PCB-Nr. 101	µg/kg TS	30	2	<3,0	4,4	4,5	6,1	7,9
PCB-Nr. 118	µg/kg TS	30	27	<3,0	<3,0	k. MW	<3,0	4,0
PCB-Nr. 153	µg/kg TS	30	0	4,5	7,0	7,6	12,0	14,0
PCB-Nr. 138	µg/kg TS	30	0	3,1	5,5	6,7	9,8	15,0
PCB-Nr. 180	µg/kg TS	30	1	<3,0	4,7	5,0	7,1	8,0
Summe PCB *)	µg/kg TS	30	0	22,6	30,8	32,9	44,9	53,0
Naphthalin	mg/kg TS	30	12	<0,05	0,06	0,09	0,13	0,35
Acenaphthylen	mg/kg TS	30	28	<0,05	<0,05	k. MW	<0,05	<0,10
Acenaphthen	mg/kg TS	30	29	<0,05	<0,05	k. MW	<0,05	0,22
Fluoren	mg/kg TS	30	12	<0,05	0,05	0,07	0,08	0,36

Parameter	Einh.	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90 P	Max
Phenanthren	mg/kg TS	30	0	0,16	0,27	0,30	0,39	1,00
Anthracen	mg/kg TS	30	0	0,06	0,10	0,10	0,13	0,24
Fluoranthen	mg/kg TS	30	0	0,33	0,55	0,55	0,67	0,81
Pyren	mg/kg TS	30	0	0,26	0,41	0,43	0,52	0,60
Benz(a)anthracen	mg/kg TS	30	0	0,16	0,25	0,26	0,32	0,36
Chrysen	mg/kg TS	30	0	0,17	0,26	0,27	0,34	0,43
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg TS	30	0	0,17	0,27	0,27	0,31	0,36
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg TS	30	0	0,08	0,15	0,17	0,27	0,30
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	30	0	0,15	0,24	0,24	0,30	0,34
Benzo(ghi)perylen	mg/kg TS	30	0	0,13	0,22	0,23	0,30	0,39
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	30	19	<0,05	<0,05	k. MW	0,06	0,09
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	30	0	0,13	0,21	0,21	0,23	0,26
Summe PAK (16) *)	mg/kg TS	30	0	2,14	3,20	3,34	3,98	5,46
Arsen	mg/kg TS	10	0	19	24	24	26	28
Blei	mg/kg TS	10	0	54	62	63	68	70
Cadmium	mg/kg TS	10	0	1,9	2,4	2,4	2,6	2,6
Chrom ges.	mg/kg TS	10	0	30	38	39	46	47
Kupfer	mg/kg TS	10	0	74	89	96	113	142
Nickel	mg/kg TS	10	0	20	25	26	29	30
Quecksilber	mg/kg TS	10	0	0,66	0,94	0,98	1,10	1,60
Zink	mg/kg TS	10	0	345	405	403	433	434
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	10	0	1,8	2,0	2,2	2,6	3,3
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	10	0	5,5	6,3	6,6	8,2	8,3
o,p-DDE	µg/kg TS	10	3	<1	1	1	1	1
p,p-DDE	µg/kg TS	10	0	5	6	6	8	8
o,p-DDD	µg/kg TS	10	0	5	7	8	11	15
p,p-DDD	µg/kg TS	10	0	15	22	26	40	50
o,p-DDT	µg/kg TS	10	9	<1	<1	k. MW	<1	1
p,p-DDT	µg/kg TS	10	0	4	6	7	9	9
Hexachlorbutadien	µg/kg TS	10	10	<1,0	<1,0	k. MW	<1,0	<1,0
alpha-HCH	µg/kg TS	10	1	<1,0	1,2	1,4	1,8	2,5
beta-HCH	µg/kg TS	10	0	1,4	1,7	1,9	2,3	2,8
gamma-HCH	µg/kg TS	10	10	<1,0	<1,0	k. MW	<1,0	<1,0
EOX	mg/kg TS	5	2	<0,5	0,6	0,7	1,4	1,4
Cyanid ges.	mg/kg TS	5	2	<1,0	1,3	1,4	2,2	2,2
Thallium	mg/kg TS	10	7	<0,3	<0,3	k. MW	0,3	0,4
Atmungsaktivität AT4	mg O2/g	5	4	<1,0	<1,0	k. MW	1,1	1,1

Parameter	Einh.	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90 P	Max
Brennwert	MJ/kg	5	4	<1,00	<1,00	k. MW	1,20	1,20
Dioxine I-TEQ (NATO)	ng/kg TS	3	0	37,8	39,0	41,3	47,0	47,0
Eisen ges.	mg/kg TS	3	0	15.000	22.000	19.667	22.000	22.000
Stickstoff ges.	mg/kg TS	3	0	2.810	2.830	2.960	3.240	3.240
gesamt-Phosphor (als P)	mg/kg TS	3	0	1.100	1.500	1.367	1.500	1.500

2. Eluat

Arsen (As)	mg/l	30	0	0,003	0,007	0,012	0,023	0,026
Blei (Pb)	mg/l	30	29	<0,001	<0,001	k. MW	<0,001	0,001
Cadmium (Cd)	mg/l	30	30	<0,0003	<0,0003	k. MW	<0,0003	<0,0003
Chrom-VI (Cr-VI)	mg/l	30	30	<0,005	<0,005	k. MW	<0,005	<0,005
Chrom, ges. (Cr)	mg/l	30	30	<0,001	<0,001	k. MW	<0,001	<0,001
Kupfer (Cu)	mg/l	30	26	<0,001	<0,001	k. MW	0,001	0,002
Nickel (Ni)	mg/l	30	0	0,0022	0,0038	0,0039	0,0049	0,0056
Quecksilber (Hg)	mg/l	30	30	<0,0002	<0,0002	k. MW	<0,0002	<0,005
Zink (Zn)	mg/l	30	18	<0,010	<0,010	k. MW	0,016	0,088
Cyanid, leicht freisetzbar nach Elution (S4)	mg/l	30	30	<0,002	<0,002	k. MW	<0,002	<0,002
Phenol-Index (Gesamt)	mg/l	30	23	<0,005	<0,005	k. MW	0,012	0,015
AOX nach Elution (S4)	mg/l	30	18	<0,01	<0,01	k. MW	0,02	0,04
pH-Wert nach Elution (S4)	-	30	0	6,8	7,1	7,2	7,3	7,5
Leitfähigkeit nach Elution (S4)	µS/cm	30	0	461	709	696	775	841
Abdampfrückstand	mg/l	30	0	240	408	410	470	525
DOC	mg/l	30	0	8,3	11,0	11,4	14,0	19,0
Chlorid (Cl')	mg/l	30	0	4,0	29,0	30,8	42,0	46,0
Sulfat (SO4'')	mg/l	30	0	74	146	150	172	241
Fluorid (F') nach S4	mg/l	30	3	<0,20	0,26	0,27	0,32	0,48
Ammoniumstickstoff (NH4-N)	mg/l	30	0	6,6	16,0	15,0	19,0	20,0
Antimon (Sb)	mg/l	30	20	<0,001	<0,001	k. MW	0,001	0,002
Barium (Ba)	mg/l	30	0	0,061	0,095	0,095	0,110	0,120
Molybdän (Mo)	mg/l	30	0	0,004	0,009	0,009	0,014	0,020
Selen (Se)	mg/l	30	30	<0,002	<0,002	k. MW	<0,002	<0,002

*) Summenberechnung mit der ganzen Bestimmungsgrenze bei Werten < BG

k. MW = Keine Mittelwertberechnung, wenn >50% der Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen

Hamburg Port Authority

Neuer Wandrahm 4
20457 Hamburg

Tel.: +49 40 42847-0

www.hamburg-port-authority.de

www.tideelbe.info



WIR MACHEN HAFEN