

**WIR HALTEN**

**DEN HAFEN AUF TIEFE**



Strandaufspülung in Wittenberge. Foto: C. Jonas, HPA

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

**2021**

---

Hamburg Port Authority  
Hafeninfrastruktur Wasser  
Dezember 2022

<b>1</b>	<b>Überblick .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Randbedingungen .....</b>	<b>9</b>
2.1	Abflussgeschehen.....	9
2.2	Gewässergüte.....	10
<b>3</b>	<b>Baggermengen .....</b>	<b>13</b>
3.1	Baggermengen nach Herkunft und Verbleib.....	13
3.2	Zeitliche Verteilung der Unterhaltungsaktivitäten.....	14
3.3	Einsatz von Wasserinjektionsgeräten und Schlickpflügen (Bed Leveler) .....	16
<b>4</b>	<b>Peilungen und Volumenvergleich .....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>Schadstoffuntersuchungen .....</b>	<b>23</b>
5.1	Schadstoffbelastung der Sedimente.....	24
5.2	Ökotoxikologische Untersuchungen .....	25
5.3	Sauerstoffzehrungspotenzial der Sedimente .....	31

**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 2021 vorgelegt.

Bei der **Wassertiefeninstandhaltung** fielen 2021 insgesamt 6,1 Mio. tTS Baggergut an. Den Landbehandlungsanlagen in Francop und Moorburg wurden insgesamt 0,19 Mio. tTS schlackiges Material zugeführt. 3,3 Mio. tTS wurden bei Neßsand im Gewässer umgelagert, 1,5 Mio. tTS in die Nordsee zur Tonne E3 verbracht. Erstmals konnten auch zwei Verbringstellen des Bundes anteilig für Material aus der Delegationsstrecke mitgenutzt werden: St. Margarethen mit 0,4 Mio. tTS und Neuer Lüchtergrund mit knapp 0,5 Mio. tTS. Hinzu kamen noch 0,22 Mio. tTS aus Sand für Baumaßnahmen und Aufspülungen, Boden zur Verklappung (Kolkverfüllung) und der Beseitigung von Grundhindernissen.

2021 wurde zudem die Anpassung der Fahrrinne abgeschlossen. Dazu musste zunächst in den Ausbaubereichen sämtliches Unterhaltungsbaggergut entfernt werden, bevor die gewachsenen Ausbauböden - sauber getrennt - gebaggert und in die Unterwasserablagerungsfläche Neufelder Sand eingebaut werden konnten. Um die Freigabe der neuen Ausbautiefen Anfang 2022 sicherstellen zu können, musste eine vollständige Unterhaltung in den Ausbaubereichen erfolgen.



Abbildung 1: Das LNG betriebene Containerschiff *CMA CGM Jaques Saade* weicht die neu angepasste Fahrinne ein (Foto: J. Kück).

Aufgrund der weiterhin sehr geringen Abflüsse wurde die Umlagerung an der Landesgrenze im November und Dezember 2020 so gering wie möglich gehalten (0,34 Mio. tTS). So konnte der Rücktransport von der Umlagerstelle und die Bildung von Sedimentsuspensionsschichten im Hafen weitestgehend reduziert werden. In der Folge bestand jedoch in den Monaten Januar bis April 2021 ein erhöhter Unterhaltungsbedarf. In der zweiten Jahreshälfte (November und Dezember 2021) wurden bei erneut sehr schlechten Abflüssen 0,5 Mio. tTS umgelagert.

Zur Verbringung in die Nordsee wird ein separater Jahresbericht vorgelegt. Durch den leicht gesteigerten **Sedimentaustrag** konnte gewisse eine Entlastung des Feinsedimenthaushalts im Hamburger Baggerrevier erzielt werden, so dass die Jahresumlagermenge 2021 zwar deutlich gestiegen ist, die Saisonmenge 2021/2022 jedoch gesenkt werden konnte (Abbildung 2). Es bleibt deutlich, dass die zur Verfügung stehenden Mengen für einen Sedimentaustrag (Tonne E3, Neuer Lüchtergrund) unter den anhaltend extrem schlechten Abflussverhältnissen nicht ausreichen, um den Sedimentüberschuss im Hamburger Raum abzubauen.

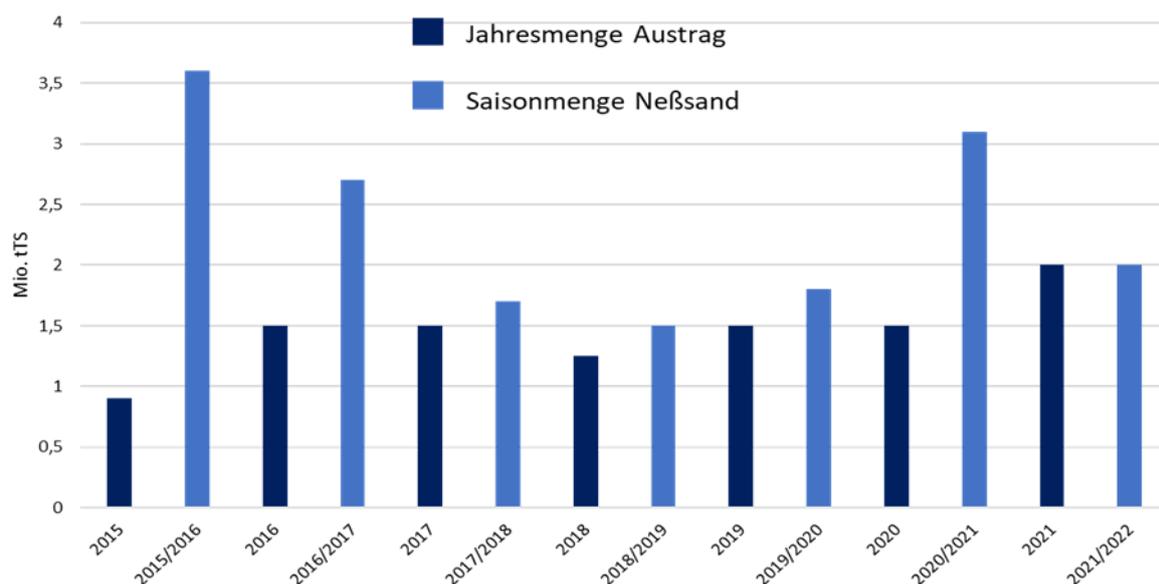


Abbildung 2: Baggermengen Austrag (Tonne E3 und Neuer Lüchtergrund) im Vergleich zur Umlagerung (Saison von November bis März).

Eine weitere Reduzierung der Kreislaufbaggerungen durch flexibel nutzbare zusätzliche Austragsoptionen ist daher ökologisch wie ökonomisch 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. Hamburg verfolgt diesen Ansatz daher mit Nachdruck und prüft derzeit weitere Austragsoptionen in der Tideelbe und der Deutschen Bucht (Abbildung 3).



Abbildung 3: Derzeit in Nutzung oder Prüfung befindliche Umlager- und Verbringstellen für Baggergut aus Hamburg.

So hat die HPA im Juni 2022 einen – verfahrensrechtlich bislang beispiellosen - Genehmigungsantrag zur Verbringung von Baggergut in die Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) beim BSH eingereicht. Bis eine Genehmigung erteilt werden kann, muss jedoch im Anschluss ein mehrjähriger iterativer Prozess durchlaufen werden, der auch ein umfangreiches vorlaufendes Monitoring und eine Stakeholderbeteiligung umfasst.

Auch eine Anschlusslösung für die Verbringstelle Tonne E3 wurde fachlich weiter bearbeitet. Im November 2022 wurde für Baggergut aus der Delegationsstrecke zudem ein Antrag auf naturschutzfachliches Einvernehmen für eine Verbringstelle in der Hamburger Außenelbe bei der zuständigen BUKEA gestellt. Grundlage sind umfangreiche Fachgutachten und eine Auswirkungsprognose, die die Unbedenklichkeit dieser Unterhaltungsmaßnahme aufzeigen.

Der Schlickpflug ist ein unverzichtbarer Bestandteil einer effizienten Wassertiefenunterhaltung geworden, denn mit ihm können schnell und präzise überschüssige Sedimente im Bereich der Liegeplätze entfernt werden. Der Schlickpflug zieht diese Sedimente in tiefere Bereiche, ohne sie aufzuwirbeln, so dass sie dort anschließend konzentriert und effizient von einem Laderaumsaugbagger aufgenommen werden können. Aufgrund der guten Ergebnisse dieser Technik und einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung hat die Flotte Hamburg auch ein eigenes Gerät bauen lassen.

Der schwebstoffgebundene Eintrag von Schadstoffen von Oberstrom hat sich auch 2021 auf einem niedrigen Niveau fortgesetzt. Maßgeblich für die geringen Einträge sind die geringen Oberwasserabflüsse, mit denen auch weniger Schwebstoffe aus dem Elbeeinzugsgebiet nach Hamburg gelangten. Nennenswerte Hochwasserwellen blieben erneut aus. Die Umsetzung von Maßnahmen zur zielgerichteten Sanierung der Elbesedimente im Bereich der Oberlieger konnte auch 2021 nicht erwirkt werden. Dies ist nach wie vor eine der Ursachen dafür, dass in der Elbe der gute Zustand/das gute Potenzial nach Wasserrahmenrichtlinie und in der Nordsee der gute Umweltzustand nach Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie derzeit verfehlt werden.

Das Forum Tideelbe wurde im September 2020 abgeschlossen. Ein umfangreicher Ergebnisbericht mit Empfehlungen für das weitere Vorgehen in Bezug auf die Umsetzung von Strombaumaßnahmen ist auf der Website verfügbar ([www.forum-tideelbe.de](http://www.forum-tideelbe.de)). Derzeit wird bei der BUKEA über Art und Form einer Fortsetzung des Prozesses entschieden. Die Fertigstellung des 30 ha großen Flachwassergebiets Kreetsand erfolgt Ende 2022 (Abbildung 4).



Abbildung 4: Das neue Flachwassergebiet Kreetsand kurz vor Fertigstellung (Foto: Holger Weitzel, 2022).

## 2 Randbedingungen

Situativ sind es vor allem zwei Faktoren, die die Wassertiefenunterhaltung beeinflussen können: Zum einen hat der Oberwasserabfluss der Mittelelbe direkte Auswirkungen auf die Sedimentationsraten und damit die Baggermengen im Hamburger Raum. Hohe Abflüsse bewirken eine stromabgerichtete Verlagerung der natürlichen Trübungszone der Elbe und sorgen insofern für niedrige Sedimentationsraten im Hafen. Ein niedriger, langanhaltender Abfluss führt hingegen zu einer Anreicherung von Schwebstoffen im inneren Ästuar, zu hoher Sedimentation und damit zu hohen Baggermengen im Hamburger Hafen. Niedrige Abflüsse führen allerdings auch zu einem geringeren Schwebstoff- und damit auch Schadstoffeintrag aus dem Elbeeinzugsgebiet. Zum anderen ist für die Wassertiefenunterhaltung die Gewässergüte entscheidend: Niedrige Sauerstoffkonzentrationen und/oder hohe Wassertemperaturen können dazu führen, dass bestimmte Unterhaltungsaktivitäten aus ökologischen Gründen unterbleiben müssen.

### 2.1 Abflussgeschehen

Der Abfluss der Elbe, gemessen am Pegel Neu Darchau, war 2021 mit  $567 \text{ m}^3/\text{s}$  im Jahresmittel (Kalenderjahr) erneut unterdurchschnittlich. Zum achten Mal in Folge seit 2013 lag der Jahresmittelwert des Abflusses deutlich unter dem langjährigen Mittelwert – wobei 2021 von diesen acht Niedrigwasserjahren immerhin noch den höchsten Wert aufwies. Hierzu hat der relativ niederschlagsreiche Sommer beigetragen, der zu mehreren kleinen Abflusswellen führte. Diese hatten zur Folge, dass in einigen Monaten die langjährigen Mittelwerte des Abflusses fast erreicht (Mai und August) oder sogar übertroffen wurden (Juli und September). Außerdem führten sie dazu, dass es 2021 keine extrem niedrigen Abflüsse gab – der niedrigste Wert betrug immerhin  $288 \text{ m}^3/\text{s}$ . Und nur an drei Tagen lag der Abfluss 2021 unter  $300 \text{ m}^3/\text{s}$ . Das sah in den Vorjahren ganz anders aus: 2018 wurden 196 Tage mit Abflüssen unter  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  gezählt, 2019 waren es 155 und 2020 122 Tage.

Mit  $1316 \text{ m}^3/\text{s}$  fiel der 2021er Maximalwert wiederum sehr bescheiden aus. Schon in den Vorjahren (seit 2014) lagen die Höchstwerte des Abflusses in dieser Größenordnung. Zur Einordnung: Der größte Abfluss der letzten 8 Jahre (2014 - 2021) beträgt  $1360 \text{ m}^3/\text{s}$  (erreicht am 20. Januar 2015). In den 8 Jahren zuvor (2006 - 2013) wurde ein solcher Wert an 334 Tagen übertroffen. Ein kräftiger, nachhaltig stromab gen Nordsee gerichteter Transport von Sedimenten in der Tideelbe fand somit leider auch 2021 nicht statt, so dass die hydrologischen Randbedingungen für die Wassertiefeninstandhaltung im Hafen auch im vergangenen Jahr als schlecht bezeichnet werden müssen. Eine derart ausgeprägte und langanhaltende Zeitspanne hat es während der über 120-jährigen Datenaufzeichnungen noch nicht gegeben.

In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind die Oberwasserabflüsse am Pegel Neu Darchau für die Jahre 2013 bis 2021 dargestellt.

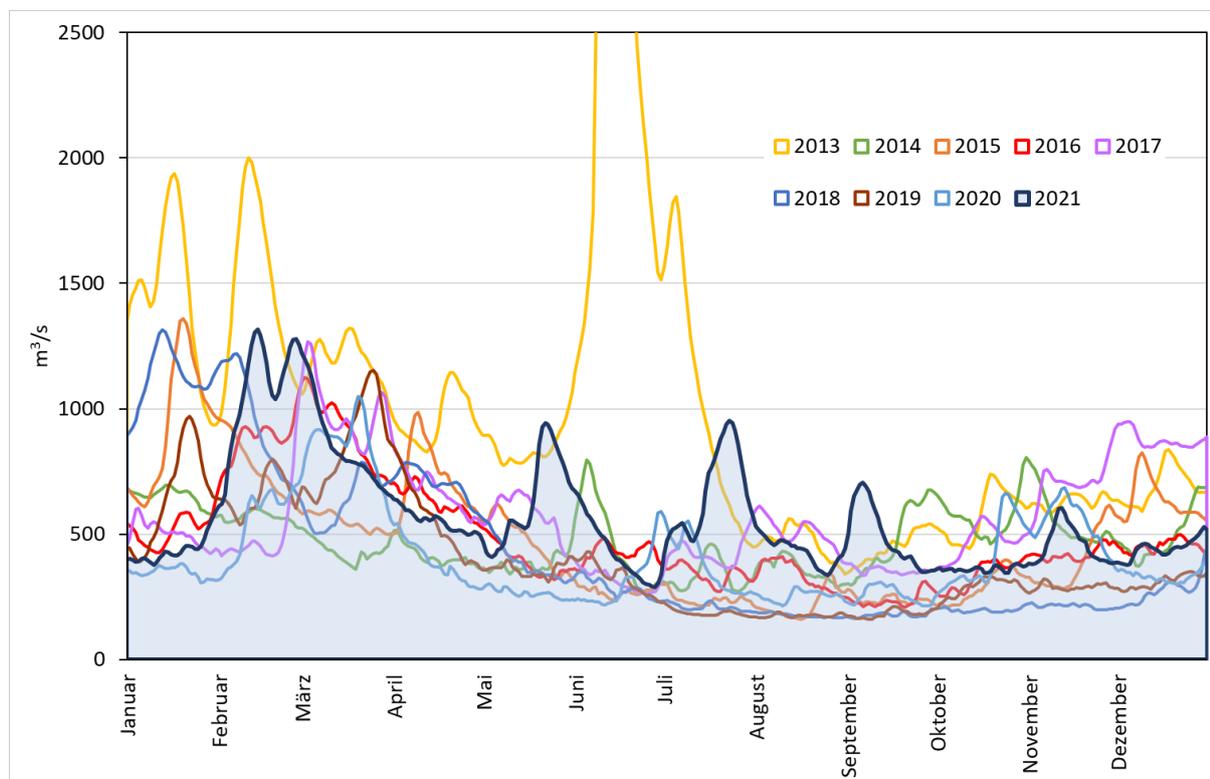


Abbildung 5: Abfluss der Jahre 2013 bis 2021 am Pegel Neu-Darchau (Tagesmittelwerte). Außerhalb der Skalierung liegt der Spitzenabfluss im Juni 2013 mit  $Q=4.050 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 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 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind die entsprechenden Tagesmittelwerte des Jahres 2021 dargestellt.

Im Zeitraum vom 21. April bis 9. November, und damit etwa eine Woche kürzer als im Vorjahr, betrug die Wassertemperatur mehr als  $10^\circ \text{ C}$ . Die Maximaltemperatur wurde am 17. und 18. Juli mit  $24,2^\circ \text{ C}$  registriert.

Bei der Sauerstoffsituation im Hafen gab es 2021 Licht und Schatten (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**): Zwar sank der Sauerstoffgehalt in Seemannshöft insgesamt „nur“ an 32 Tagen unter die fischkritische Grenze von  $4 \text{ mg/l}$  (erstmalig am 16. Juni, letztmalig am 25. August). Allerdings war Ende Juni (bei hohen Wassertemperaturen von bis zu  $23,5^\circ \text{ C}$ ) eine Phase mit sehr niedrigen Sauerstoffkonzentrationen mit Werten unter  $2 \text{ mg/l}$  zu verzeichnen. Diese war mit fünf Tagen zum Glück nur recht kurz.

Bei Sauerstoffgehalten unter 4 mg/l wurde aus Gewässerschutzgründen auf den Einsatz von Schlickpflug und Wasserinjektionsgeräten in schlickigen Bereichen verzichtet.

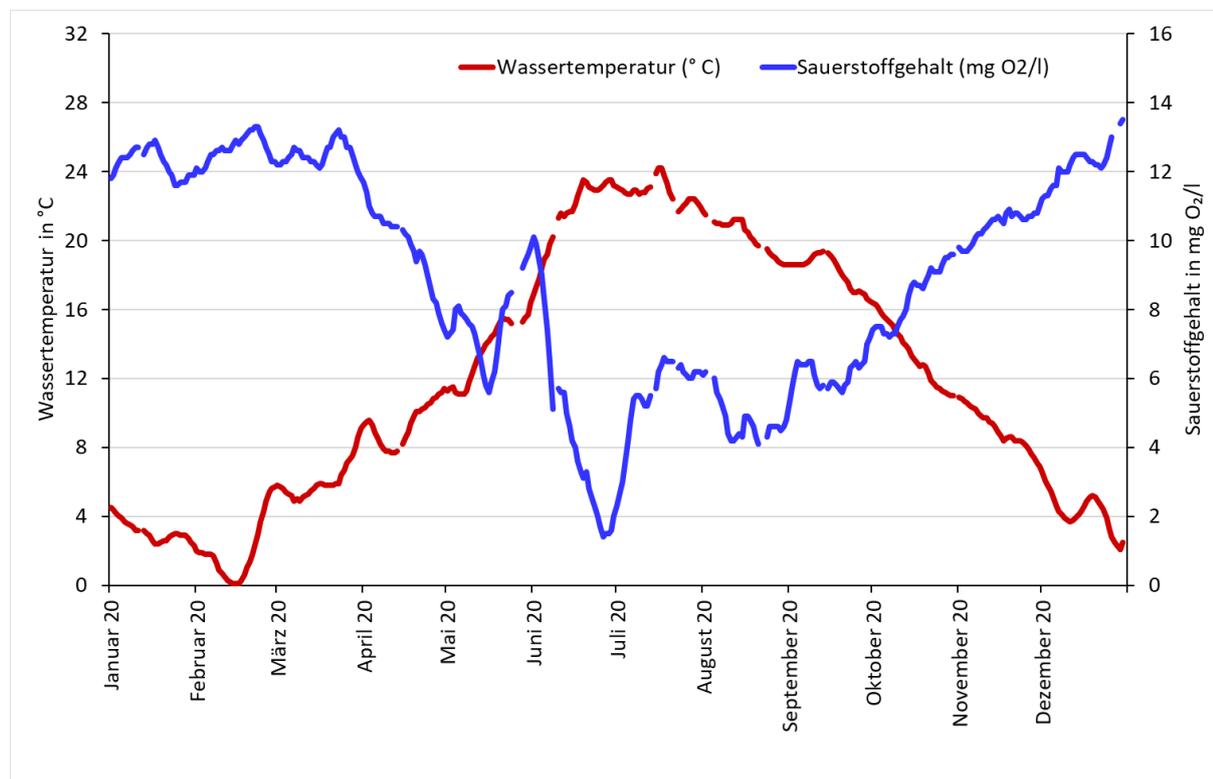


Abbildung 6: Wassertemperatur und Sauerstoffgehalte als Tagesmittelwerte im Jahr 2021 an der Dauer- messstelle Seemannshöft des IHU.

Abbildung 7 zeigt die Entwicklung der Tage mit niedriger Sauerstoffkonzentration von 1965 bis 2022 (August) an der Messstelle Seemannshöft. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass vor Allem die besonders kritischen Sauerstoffsituation in den letzten zwei Jahrzehnten deutlich abgenom- men haben. Hier macht sich insbesondere die drastische Reduzierung direkter Einleitungen aus primären Schadstoffquellen im Oberlauf der Elbe bemerkbar.

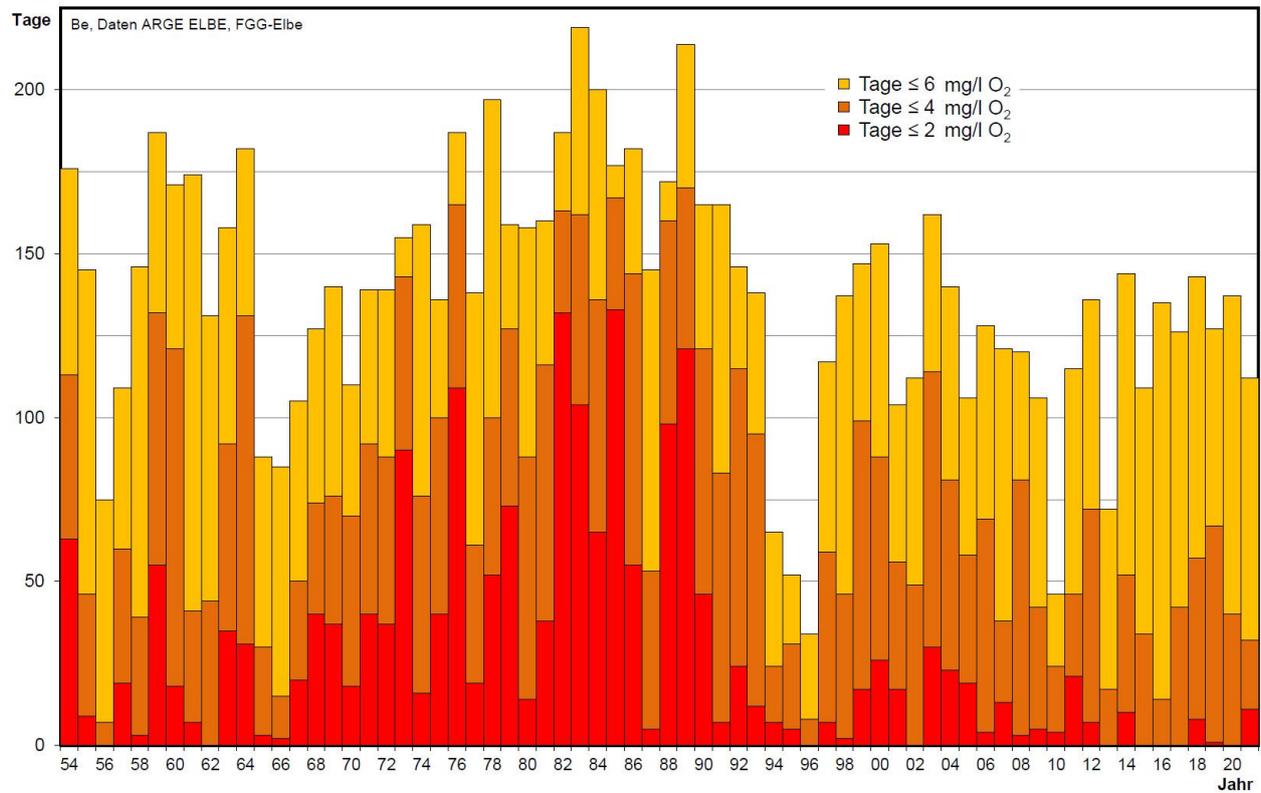


Abbildung 7: Anzahl der Tage niedriger Sauerstoffkonzentration in der Elbe bei Seemannshöft (Quelle: BUKEA).

### 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 (m<sup>3</sup>) hat in der Vergangenheit immer wieder zu Missverständnissen geführt, da keine direkte Vergleichbarkeit zwischen einzelnen Baggermaßnahmen möglich war. Angaben in Kubikmeter 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 2021 wurden im Bereich des Hafens und der Hamburger Elbe insgesamt rd. 6,1 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 2021 nach Verbleib. In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** befindet sich ein detaillierter Überblick der gebaggerten Mengen, unterteilt nach Herkunft und Verbleib.

Tabelle 1: Baggermengen im Jahr 2021 nach Verbleib (gerundet).

Verbleib	tTS
<b>Verbleib im Gewässer</b>	
• Umlagerung Neßsand	3.267.000
• Umlagerung St. Margarethen	434.000
• Umlagerung Neuer Lüchtergrund	483.000
• Verbringung Nordsee (Tonne E3)	1.535.000
• Boden zur Verklappung bei Strombaumaßnahmen	104.000
<b>Entnahme an Land</b>	
• Boden zur Behandlung: Verwertung/Beseitigung	194.000
• Sand für Baumaßnahmen der Baggergutbehandlung und – unterbringung	111.000
• Sand für Aufhöhungen	7.000
• Beseitigung Grundhindernisse	300
<b>Summe</b>	<b>6.135.300</b>

Die Baggermengen der Unterhaltung liegen bei anhaltend ungünstigen hydrologischen Bedingungen 2021 deutlich über den Mengen von 2020. Insbesondere die Mengen der Umlagerung bei Neßsand lag mangels ausreichender Austragsalternativen rund 1,27 Mio. tTS höher als im Vorjahr. Die zulässigen Mengen bei Tonne E3 wurden wie im Vorjahr ausgeschöpft. Hinzu kamen erstmalig 0,43 Mio. tTS zur Umlagerung bei St. Margarethen und 0,48 Mio. tTS beim Neuen Lüchtergrund. Die Mengen zu Landbehandlung hielten sich auf dem Niveau des Vorjahres.

Betrachtet man die Entwicklung der Mengen der Umlagerung bei Neßsand nicht jahresweise, sondern saisonweise kann jedoch wieder eine deutliche Abnahme gegenüber der Vorsaison (vgl. Abbildung 2) beobachtet werden. Dies zeigt, dass die gesteigerten Austragsmengen (Tonne E3 plus Neuer Lüchtergrund) einen Effekt haben. Auch die Nutzung der Umlagerstelle St. Margarethen hat einen gewissen Effekt, denn von dort benötigt das Sediment rund dreimal länger, um zurück in den

Hafen zu gelangen. 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 rund 3,3 Mio. tTS umgelagert. Hierzu wurden teilweise bis zu vier 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 auch 2020 nicht in Anspruch genommen. Allerdings wurde die Umlagerung bei günstigen Verhältnissen (höhere Abflüsse, geringe Temperaturen, gute Sauerstoffgehalte und keine Laichaktivität der Finte bis zum 12. April ausgedehnt, um dem hohen Unterhaltungsbedarf nachzukommen.

Vom 1. April bis zum 14. April wurden anschließend zwei Hopperbagger eingesetzt, die ausschließlich die neue Begegnungsstrecke auf Hamburger Gebiet beräumt haben. Dort wurden rund 420.000 tTS gebaggert und zur Umlagerstelle St. Margarethen verbracht.

Nach Abschluss der Umlagersaison folgt immer eine Phase der Konsolidierung und Neusedimentation. Anhaltend geringe Oberwasserabflüsse und hohe Sedimentationsraten haben zu der Entscheidung geführt, auch 2021 wieder frühzeitig mit der Verbringung in die Nordsee zu beginnen. Die ersten Freigaben lagen Anfang Juni vor und am 18. Juni konnte dann begonnen werden. Hierzu wurden zwei Laderaumsaugbagger eingesetzt. Sukzessive wurden die Gebiete Köhlbrand, Süderelbe, Norderelbe, Parkhafen, Waltershofer Hafen, Sandauhafen, Vorhafen, Rethe und Köhlfleet bearbeitet. Bis Ende Oktober wurden so 1,5 Mio. tTS zur Tonne E3 verbracht.

Anschließend erfolgte nochmals eine Beräumung der neuen Begegnungsstrecke sowie anderer Gebiete in der Hamburger Bundeswasserstraße. 480.000 tTS Baggergut wurden dazu auf die Verbringstelle Neuer Lüchtergrund gebracht.

Abbildung 8 gibt einen Überblick über die wöchentlichen Baggergutmengen (tTS) zur Umlagerung, zur Landbehandlung und Entsorgung sowie zur Verbringung in die Nordsee im Jahr 2021.

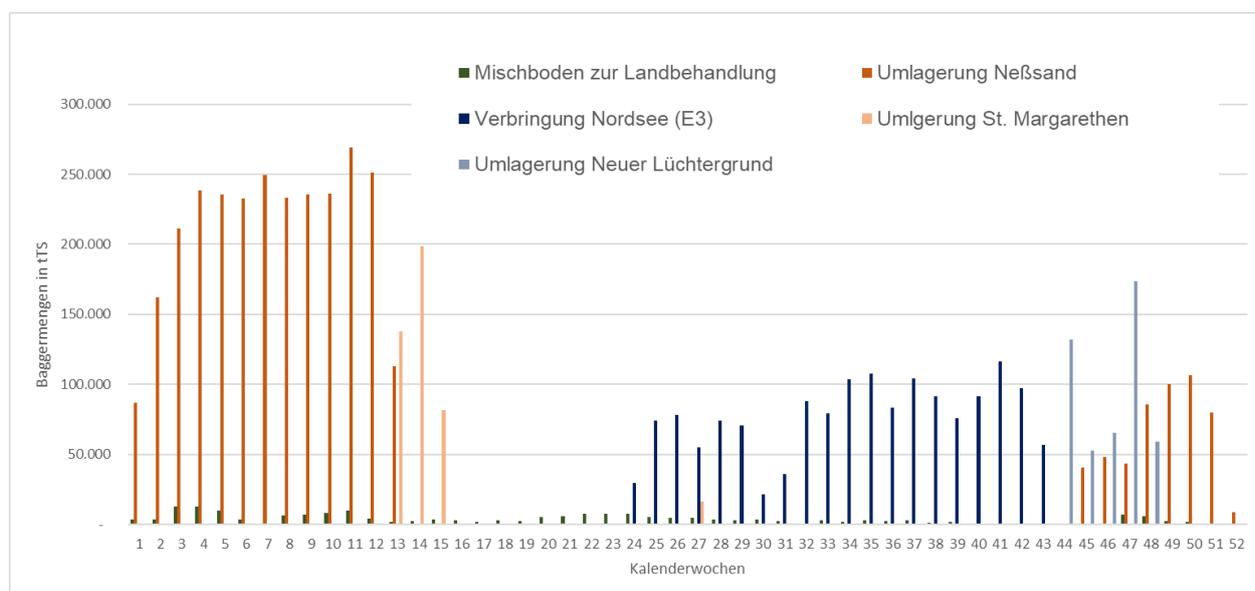


Abbildung 8: Wöchentliche Baggergutmengen (tTS) der Umlagerung innerhalb Hamburgs (Neßsand) sowie Verbringung in die Nordsee (Tonne E3) und Landbehandlung für 2021.

### 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 9: Wasserinjektionsgerät Akke im Einsatz auf der Riffelstrecke (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 hingegen der WI-Einsatz nach Hoppereinsätzen, da erst hinterher die erforderlichen Wassertiefen nautisch voll zur Verfügung gestellt werden können. 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 2021 kam das Wasserinjektionsverfahren insgesamt 1.343 Stunden zum Einsatz, 672 mehr als im Vorjahr. 373 Einsatzstunden entfielen davon auf die Beseitigung natürlich entstandener lokaler Sandaufhöhungen in der Stromelbe (Riffelstrecke), sowie 475 Stunden auf Entfernung

von Schlickklinsen. 495 Stunden wurden Arbeiten zur Ebnung der Gewässersohle nach dem Einsatz von Hopperbaggern durchgeführt. Abbildung 10 stellt die monatsweise Verteilung der Einsatzstunden für das Jahr 2021 dar.

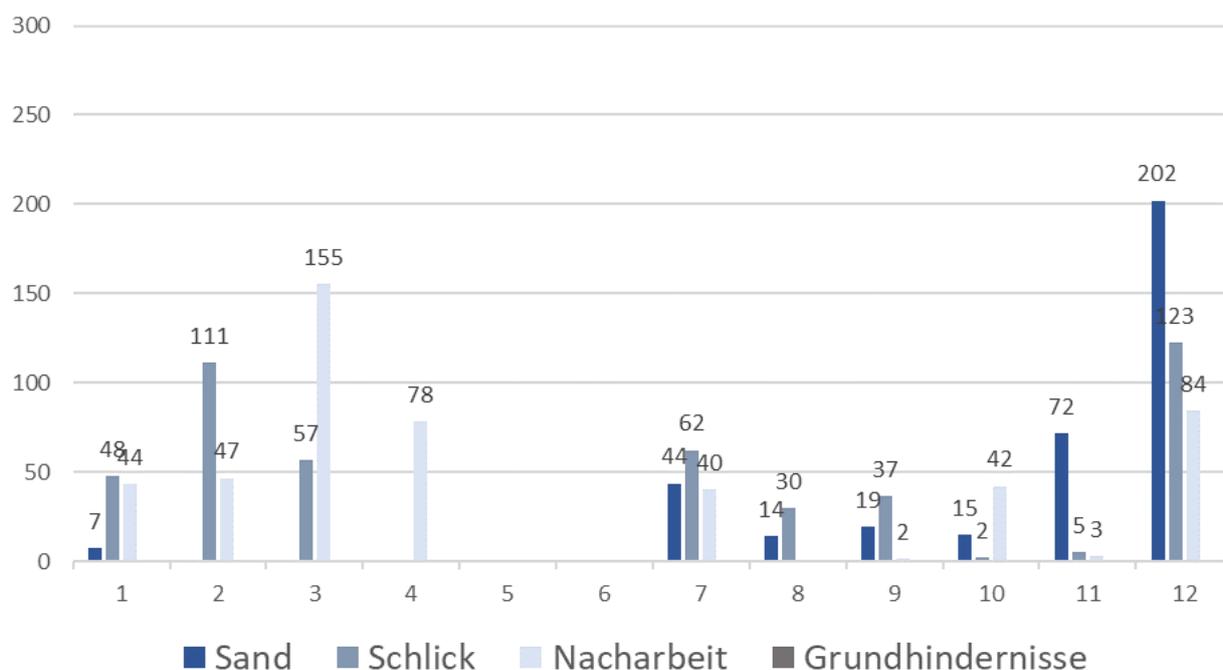


Abbildung 10: Einsatzzeiten (Stunden) des Wasserinjektionsverfahrens 2021, monatsweise Darstellung, Januar (1) bis Dezember (12).

Der Einsatz eines leistungsstarken Schlickpflugs, des sogenannten **Bed Levellers Kees Jr.** ist seit 2016 ein bewährter und unverzichtbarer Bestandteil der Unterhaltung (Abbildung 11). 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 11: Der Bed Leveler Kees Jr. in der Norderelbe (Foto: Boris Hochfeld).

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 (Abbildung 12). Das Gerät *Kees Jr.* war ganzjährig durchgängig im Einsatz, 2021 insgesamt 2843 Stunden. Den Hauptteil der Arbeiten (2144 Stunden) machten dabei kleinräumige Schlickverlagerungen als Zuarbeit zu den Hopperbaggern aus (Liegeplätze). 3 Stunden wurde das Gerät zur Beseitigung von Sandriffeln eingesetzt, dabei wird ein spezieller Sandpflug montiert. 694 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 fester Bestandteil der Unterhaltung bleiben wird.

Kleinere Arbeiten am Gewässergrund wurden außerdem vom HPA-eigenen Schlickpflug *Otto Stockhausen* durchgeführt. Im Jahr 2020 fielen hierbei insgesamt 112 Leistungsstunden an, überwiegend zur Schlickbeseitigung.

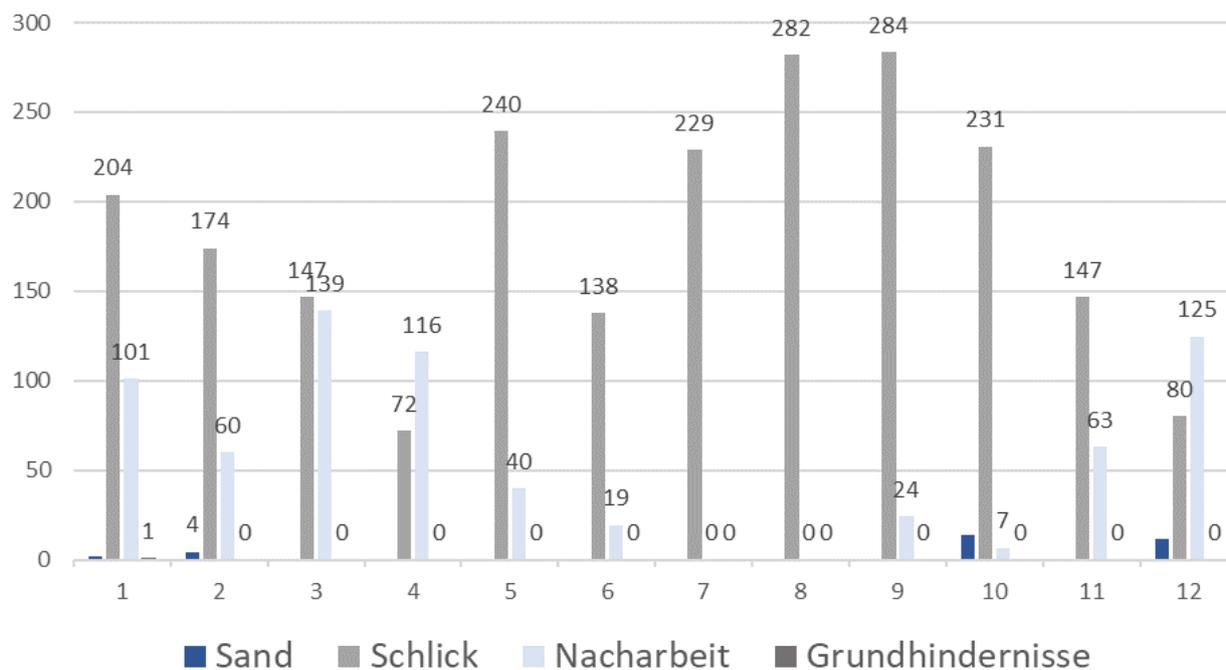


Abbildung 12: Einsatzzeiten (Stunden) des Bed-Levellers Kees Jr. und des Schlickpflugs *Otto Stockhausen* 2021, monatsweise Darstellung, Januar (1) – Dezember (12).

## 4 Peilungen und Volumenvergleich

Im Zeitraum vom 09.12.2020 bis zum 01.12.2021 wurden 12 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 m<sup>2</sup> 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 2020 einen Auftrag von rd. 595.000 m<sup>3</sup>. Dabei sind die oben genannten Genauigkeiten zu berücksichtigen.

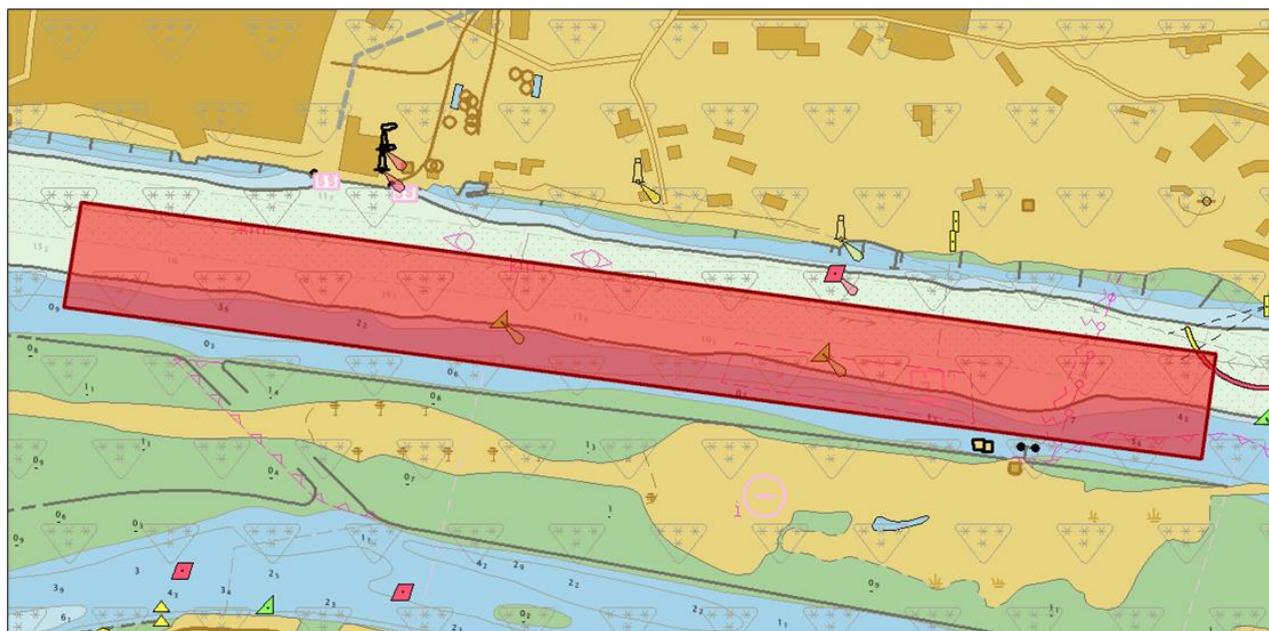


Abbildung 13: Elektronische Seekarte (BSH) mit rot dargestelltem Kontrollgebiet vor Neßsand.

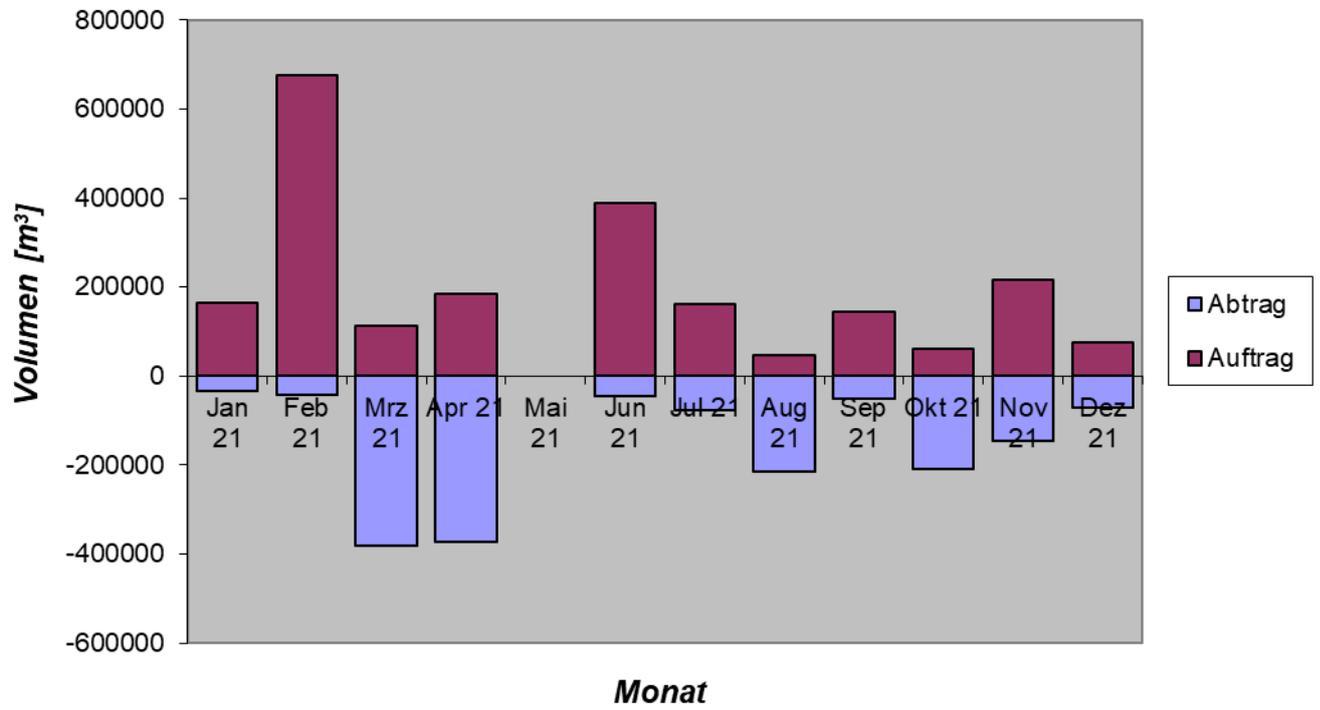


Abbildung 14: Aus Peilungen berechnete Mengenbewegungen (Auf- und Abtrag) im Bereich Neßsand im Jahr 2021.

## 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 15) zeigt, dass die Stoffgehalte insgesamt auf einem stabilen, niedrigen Niveau liegen, bzw. leicht abgenommen haben. 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).

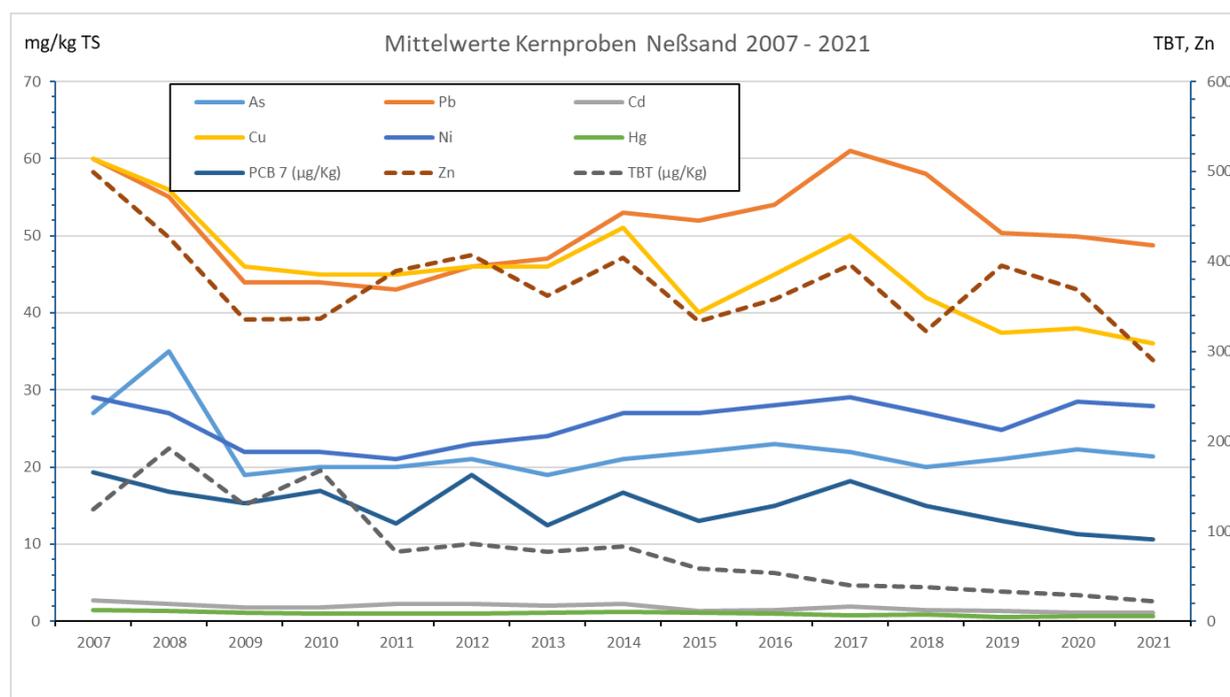


Abbildung 15: Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen in Kernproben 2007 – 2021, Bestimmung in der Gesamtfraktion.

## 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 28.06. - 04.07.2021 statt. Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen der Referenzbeprobung 2021 sind in Anlage 4 dargestellt.
- Seit 2016 wird neben Baggergut aus der Delegationsstrecke auch Baggergut aus den Hafenbeckeneinfahrten in die Nordsee zur Tonne E3 verbracht. Die 2020 und 2021 für die Nordseeverbringungen erforderlichen Freigabeuntersuchungen wurden 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 173 Sedimentkernen aus dem Jahr 2020 und 149 dem Jahr 2021 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 2021 sind in Anlage 7 zusammengestellt.
- Die zusammengefassten Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen des 2021 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 80 Gewichts-% TS) sind diese Sedimente auch durch sehr hohe TOC-Gehalte von im Mittel > 3,2 bzw. 3,9 Gewichts % TS charakterisiert (siehe Anhang Anlage 5 und 6).

Auch bezüglich der organischen Schadstoffe ist im Berichtsjahr, 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 für die untersuchten Verbindungen aus der Stoffgruppe der Chlor-kohlenwasserstoffe (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 Abnahme der Gehalte an Organozinnverbindungen. Die Gehalte sind weiterhin rückläufig. 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 2021 nach Neßsand verbrachten Baggergutes lagen im Mittel bei 27 µg/kg TS. Das im Herbst verbrachte Baggergut hatte einen mittleren TBT-Gehalt 19 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 analysierten 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, 2015) und eintretende Beeinträchtigungen der Organismen gemessen. Wie in den Vorjahren wurden diese Untersuchungen 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 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 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 zu falsch positiven Befunden führen.

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 Biotestuntersuchungen für die Freigabe ausschließlich mit dem marinen Algentest und dem marinen Leuchtbakterientest. Die 2021 erhobenen Daten (25 Proben in der Delegationsstrecke und 27 Proben in den Hafenzufahrten) der marinen Testpalette sind in Abbildung 16 der Vollständigkeit halber mit dargestellt. In Abbildung 17 und Anlage 7 sind die Ergebnisse der für die Umlagerung nach Neßsand beurteilungsrelevanten 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 für die Verbringung zur Tonne E3 vorgesehen waren, wurden im Zeitraum Mai bis Juli 2021 beprobt und mittels mariner Testpalette analysiert. In den Eluaten wird im marinen Algentest an der überwiegenden Mehrheit (n=43) der Proben (n= 52) ein Wert von pT0 (unbelastet) ermittelt. Fünf Proben zeigen einen pT1 (sehr gering belastet) und vier Proben einen pT-Wert von 2 (gering belastet). Höhere pT-Werte wurden an den Eluaten nicht bestimmt. Im Algentest mit Porenwasser wird für 18 Proben ein pT 0, für 20 Proben jeweils ein Wert von pT1 (sehr gering belastet) und an 14 Proben ein Wert von pT2 (gering belastet) (vgl. Anlage 7)) ermittelt. Dementsprechend liegen die Medianwerte des marinen Algentests im Eluat bei pT 0 (unbelastet) und im Porenwasser bei pT1 (sehr gering belastet). Die Mittelwerte liegen bei 0,9 (Porenwasser) und 0,3 (Eluat) und sind damit sehr niedrig.

Auch mittels Leuchtbakterientest werden an den Eluaten an der überwiegenden Mehrheit (n=41) der Proben (n=52) Werte von pT 0 (unbelastet) ermittelt. pT 1 wird an vier Proben ermittelt, pT 2 an einer Probe. Höhere pT Werte von pT 3 (mäßig belastet) und pT 4 (belastet) werden an vier bzw. zwei Proben ermittelt, wobei die beiden Proben mit den höchsten pT-Werten aus dem Sandauhafen und der Rethe stammen. Die Ergebnisse des Leuchtbakterientest an den Porenwässern zeigen für 25 Proben einen pT 0 (unbelastet). Ein pT von 1 wurde an acht Proben bestimmt. Sechs Proben weisen einen pT von 2 (gering belastet) auf. pT 3 wurde an den Porenwässern von acht Proben detektiert. Zwei Proben aus der Rethe und drei Proben aus dem Sandauhafen zeigten jeweils einen pT von 4 (belastet) im Leuchtbakterientest mit Porenwasser. Der Medianwert der Porenwässer liegt bei pT1 (sehr gering unbelastet) und der arithmetische Mittelwert bei 1,2.

Die Sedimente zur Umlagerung nach Neßsand wurden im Zeitraum August bis November 2021 an insgesamt 11 Stationen beprobt und mit der limnischen Testpalette ökotoxikologisch analysiert (s. Abbildung 17 und Anlage 7).

Von den drei Testverfahren (für Algen, Bakterien und Daphnien) weist, wie auch in den vergangenen Jahren häufig festgestellt, der limnische Algentest im Mittel die höchsten Werte auf. Allerdings werden mittels limnischem Algentest in den Porenwässern und den Eluaten nur Werte von pT 0 (unbelastet) bis maximal pT 2 (gering belastet) ermittelt (Abbildung 17). Der arithmetische Mittelwert der Ergebnisse des Tests an den Porenwässern liegt bei 1,3. An den Eluaten wurde im Mittel ein pT-Wert von 1,6 bestimmt). Der Medianwert liegt bei Porenwässern und Eluaten bei pT 2 (gering belastet).

Mittels Leuchtbakterientest wird an den Eluaten fast ausschließlich (9 von 11 Proben) ein Wert von pT 0 (unbelastet) ermittelt. In den Eluaten zweier Proben (Reiherstieg Vorhafen, Harburger Seehäfen) wurde mit pT 1 (gering belastet) ein geringer ökotoxikologischer Effekt festgestellt. Dementsprechend liegt auch der Medianwert bei pT 0 (unbelastet) und der Mittelwert mit 0,2 ebenfalls sehr niedrig. Am Porenwasser zeigt sich ein umgekehrtes Bild. So wird hier an zwei Proben ein pT-Wert von 0 ermittelt und an neun Proben ein pT-Wert von 1 (sehr gering belastet).

Im Daphnientest liegen die Werte bei beiden Testmedien wie auch beim limnischen Algentest zwischen pT 0 (unbelastet) und pT 2 (gering belastet) und sind damit ebenfalls ausnahmslos auf niedrigem Niveau. Der Medianwert der Porenwässer und der Eluate liegt bei pT 1 (sehr gering belastet), der arithmetische Mittelwert bei 0,8 für die Porenwässer und 1,1 für die Eluate.

Insgesamt konnten im Jahr 2021 wieder nur geringe Unterschiede zwischen den Gebieten festgestellt werden, wobei die Toxizitäten etwa zu gleichen Teilen auf dem Daphnientest mit Eluaten und dem limnischen Algentest mit Porenwässern beruhen (Für die Bestimmung der Toxizitätsklasse einer Probe wird das schlechteste Einzelergebnis der angewendeten Test angegeben).

Pro Kernprobe werden die drei Testverfahren sowohl an Porenwässern als auch an Eluaten durchgeführt, so dass insgesamt sechs pT-Werte ermittelt werden. In der Gesamtbewertung wird 2021 die Klasse II am häufigsten erreicht, gefolgt von Klasse I (Anlage 7). Der Median aller Kernproben liegt für 2020 bei Klasse II (geringe Belastung). Das arithmetische Mittel der Klassen ergibt einen Wert von 1,5.

In den Jahren 2004 bis 2017 bewegten sich die Medianwerte der ökotoxikologischen Analysen der Proben 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, der in diesen beiden Jahren von Unterstrom eingetragen wurde. Auch wenn die chemischen Werte zeigten, dass auch in den Jahren 2017 und 2018 weiterhin viel Material von Unterstrom eingetragen wurde (s. Jahresbericht 2017 und Jahresbericht 2018), lag der Medianwert aller Proben wieder in Klasse III. Das Jahr 2019

war ebenfalls von niedrigem Oberwasser und damit großen Materialeinträgen von Unterstrom geprägt. Der Medianwert aller Kernproben lag erstmals in Klasse I und damit niedriger als in allen vorherigen Jahren. Im Jahr 2021 liegt der Klassen-Median wie auch im Vorjahr bei II (geringe Belastung).

Anzeichen für eine signifikante Erhöhung des ökotoxikologischen Potenzials der umzulagernden Sedimente im Vergleich zu den Werten aus dem Gesamtzeitraum von 2004 bis 2020 werden im Jahr 2021 damit nicht festgestellt.

Die ökotoxikologische Analyse der Oberflächenproben an den Referenzbeprobungsstellen wird seit 2005 mit der oben beschriebenen Testpalette an Eluaten durchgeführt. Beprobt wird nur die oberste Sedimentschicht mit einer Schichtdicke von bis zu 5 cm. Die Analyse erfolgte 2021 an insgesamt 16 Stationen.

Anhand der Ergebnisse der Referenzbeprobung vom Juni 2021 ist der Einfluss von oberstromigen Sedimenten 2021, im Gegensatz zu vorherigen Jahren, kaum zu erkennen.

Der Algentest zeigt 2021 an allen Stationen Werte über pT 1. Die höchsten pT-Werte (pT 5; hoch belastet) wurden an den Stationen Strandhafen, Reiherstieg Vorhafen und Rethe Einfahrt ermittelt. pT-Werte von 4 (belastet) wurden mittels Algentest an den Eluaten der Proben von den Stationen Außeneste, Hansahafen, Sandauhafen und Seehafen 4 bestimmt. Der Leuchtbakterientest ergab für die Stationen Strandhafen (pT 5), Seehafen 4 (pT 5) und Reiherstieg Vorhafen (pT 4) ebenfalls erhöhte Toxizitäten. Im Daphnientest wurden die höchsten pT-Werte mit jeweils pT 2 an den Standorten Seehafen 4 und Reiherstieg Vorhafen ermittelt. Mit einem Klassen-Medianwert aller Proben von III (mäßig belastet) liegen die Werte der Referenzbeprobung 2021 höher als in den drei vorangegangenen Jahren und auf dem Niveau von 2017.

Die Beprobung der Oberflächensedimente der obersten frischen Schicht von 2 bis 5 cm stellt jedoch nur eine Momentaufnahme dar. Gerade im Sommer kann es zu kurzzeitig auftretenden toxischen Effekten kommen z.B. durch Umsatzprozesse abgestorbener Algenbiomasse nach einer Algenblüte. 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.

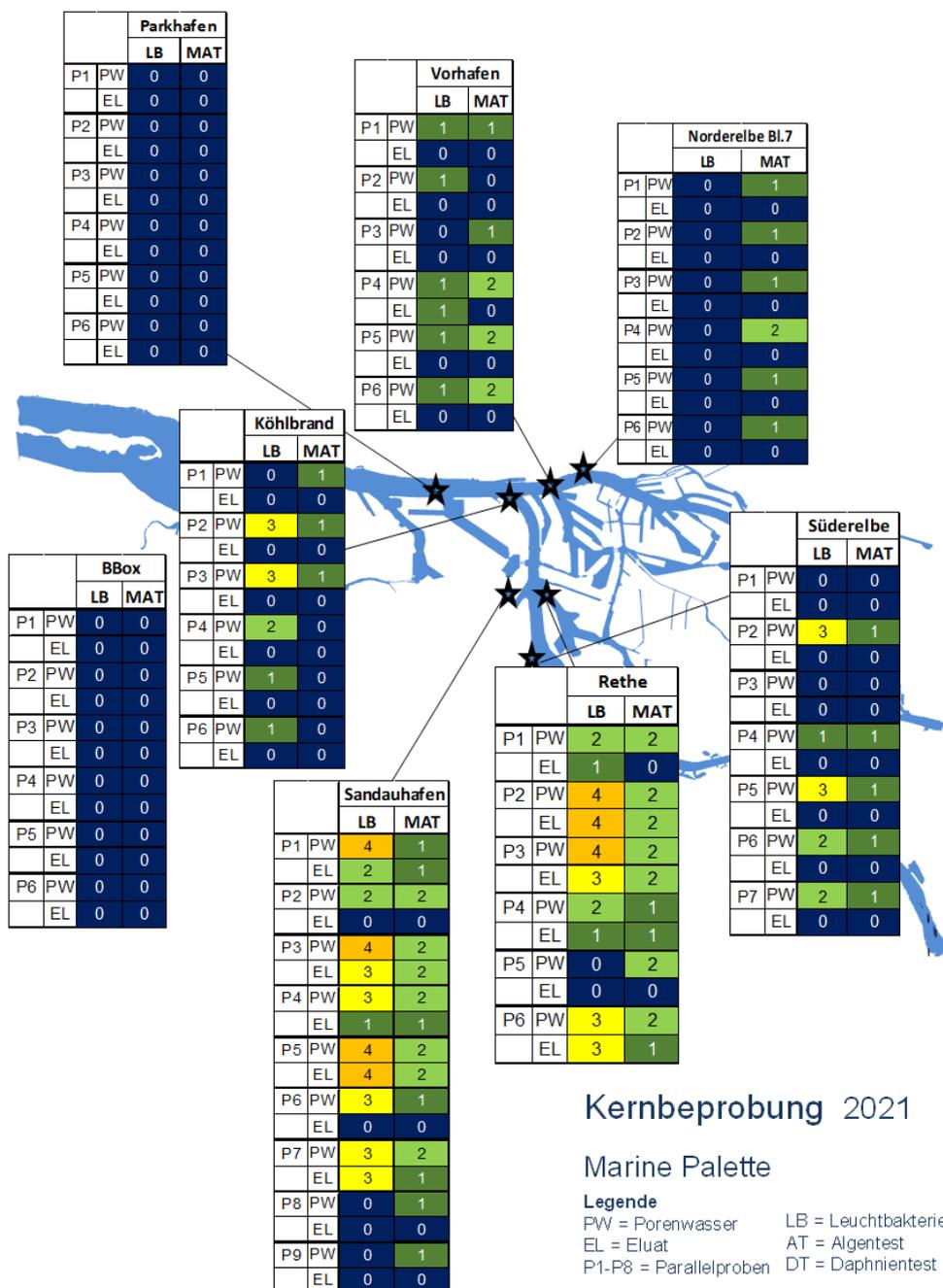
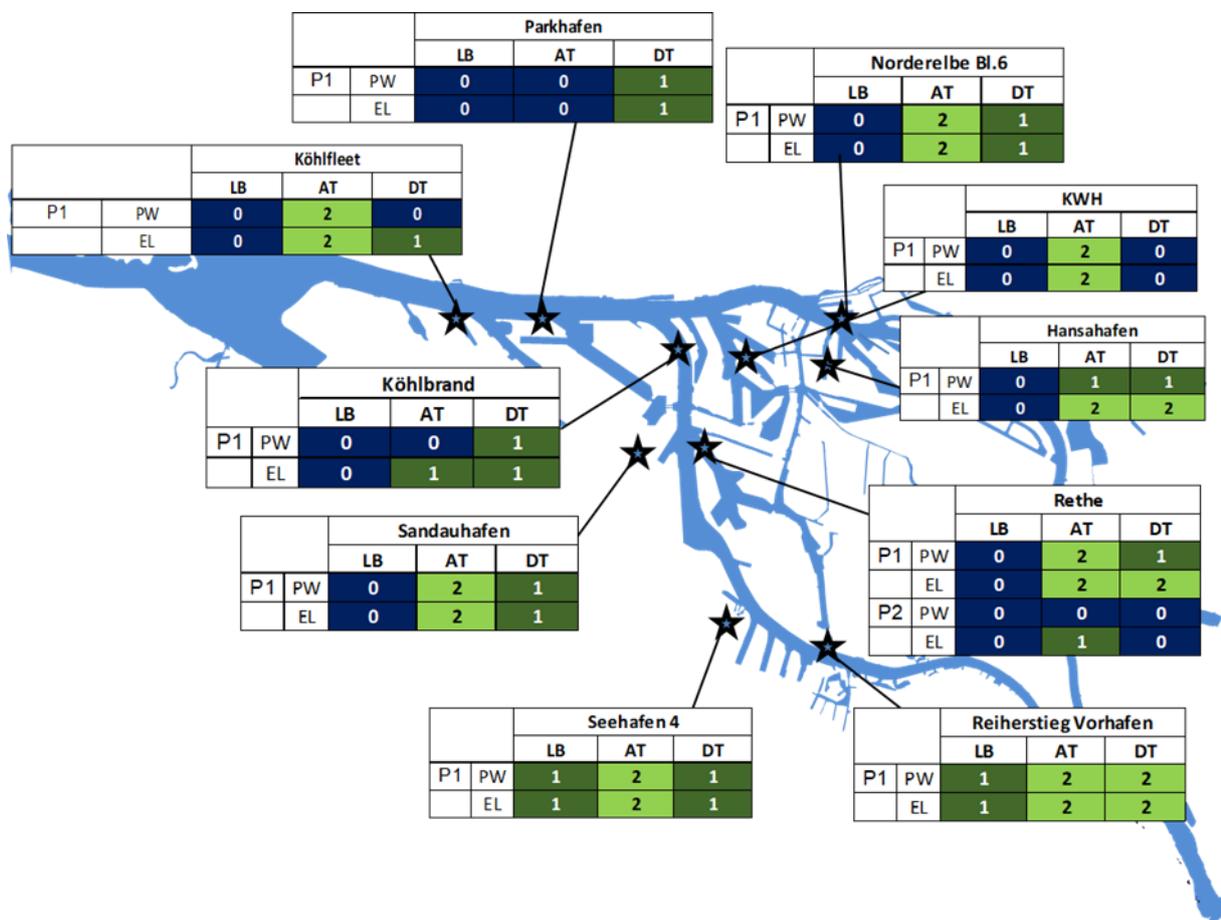


Abbildung 16: Ökotoxikologische Untersuchungen an Sedimentkernen im Sommer 2021 (marine Testpalette).



## Kernbeprobung 2021

### Legende

PW = Porenwasser  
EL = Eluat

LB = Leuchtbakterientest  
AT = Algentest  
DT = Daphnientest

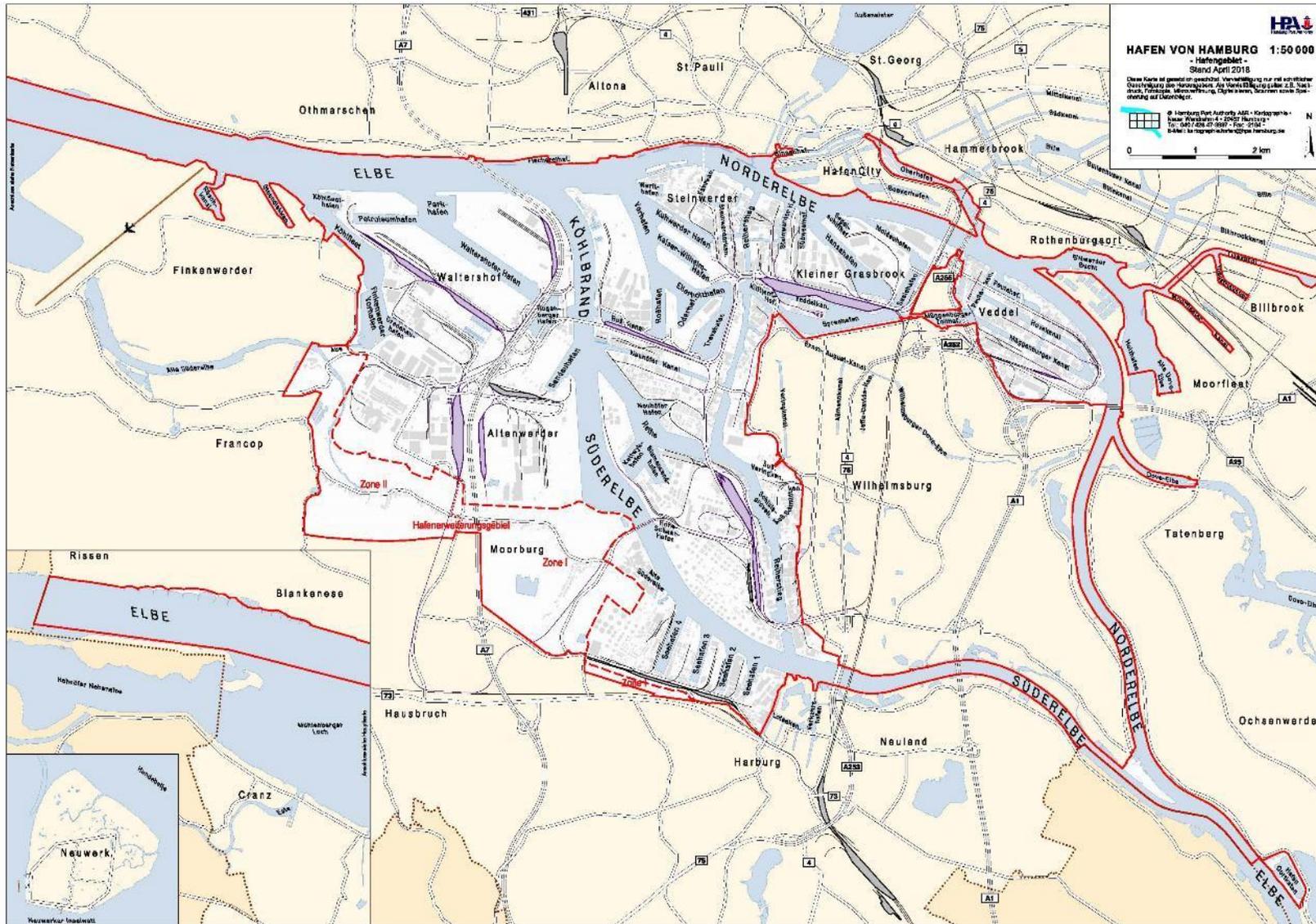
Abbildung 17: Ökotoxikologische Untersuchungen an Sedimentkernen im Herbst 2021 (limnische Testpalette).

### 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 2020/21 an 172 Sedimentkernen bestimmt und für die Umlagerungen ab November 2021 an 140 Sedimentkernen untersucht. Ermittelt wurde die chemische Zehrung von Sauerstoff nach 180 Minuten, bezogen auf die Trockensubstanz. Die mittlere Zehrung lag bei 1,3 g O<sub>2</sub>/kg TS bei einer Spanne von 0,23 bis 3 g O<sub>2</sub>/kg TS.

Anlage 1: Hafenanplan





Ort	1_1 Sedi- ment zur Umlage- rung	1_3 Umla- gerung Nordsee (E3)	1_4 Umla- gerung Scheelen- kuhlen	1_5 Klapp- stelle Neuer Lüchter- grund	2_1 Mibo zur Be- handlung	2_2 Sand für Baumaßnah- men der Bag- gergutbe- handlung und -unterbrin	3_1 Sand für Aufhö- hungen (Sand In- vest_)	3_2 Boden zu Verklap- pung bei Strombau- maßnahmen	5 Entsor- gung Grundhin- dernisse	SUMME
Seehafen 1	1436									1436
Seehafen 2	2345									2345
Seehafen 3	5633									5633
Seehafen 4	6243									6243
Reiherstieg Vorhafen	6091									6091
Billwerder Bucht					9403					9403
Innere Durchfahrt					5492					5492
Fleete/Speicher	4907				379					5286
Peutekanal					30262					30262
Muegg.-Hovek.oestl.T.					5687					5687
Muegg.Zollh.m.Durchf.					1000					1000
Spreehafen					32423					32423
Steinwerder Kanale	2704									2704
SUMME 1. Hj 2020	2763542	135291	417544	0	140909	0	6769	6457	214	3470726

Anlage 3: Gebaggerte Mengen 2021 in Tonnen Trockensubstanz tTS, unterteilt nach Herkunft und Verbleib, 2. Halbjahr (Herkunft SSC).

Ort	1_1 Sedi- ment zur Umlage- rung	1_3 Umla- gerung Nordsee (E3)	1_4 Umla- gerung Scheelen- kuhlen	1_5 Klapp- stelle Neuer Lüchter- grund	2_1 Mibo zur Behand- lung	2_2 Sand für Baumaßnahmen der Baggergut- behandlung und -unterbrin	3_1 Sand für Aufhö- hungen (Sand In- vest_)	3_2 Boden zu Verklappung bei Strom- baumaßnah- men	5 Entsor- gung Grundhin- dernisse	SUMME
Suederelbe (2-3)						59038				59038
Norderelbe (6-7)		162034		245169					7	407210
Suederelbe	40936	296188							8	337132
Koehlbrand	22219	216184		7966						246369
Untereelbe	19628	27670	15971	230192		51959		97581		443001
Noerdl.Reiherstieg	85616									85616
Mittl. Reiherstieg					6536				15	6551
Rethe	17175	48281			291					65747
Neuhoefer Hafen	18302									18302
Steinwerder Hafen					11230					11230
Elbufer	8673									8673
Kuhwerder Vorhafen	56930	283498							27	340455
Kuhwerder Hafen	19253								15	19268
Sandauhafen	18058	32782			443					51283
Parkhafen	68345	291347							8	359700
Waltershofer Hafen	5406	41434							8	46848
Koehlfleet	117453									117453
Billwerder Bucht									22	22
Innere Durchfahrt					637					637
Fleete/Speicher					4599					4599
Peutekanal					899					899
Muegg.-Hovek.westl.T.					18145					18145
Muegg.-Hovek.oestl.T.					1773					1773
Muegg.Zollh.m.Durchf.					8888					8888
Kreetsand Spadenlander Busch	5935									5935
SUMME 2. HJ 2021	503929	1399418	15971	483327	53441	110997		97581	110	2664774

Anlage 4: Statistische Auswertung der Referenzproben (Juni 2021).

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.-% OS	16	0	19,4	22,6	25,4	36,7	45,7
TOC (C)	Gew.-% TS	16	0	1,9	4,7	4,7	6,8	7,5
<b>Siebanalyse</b>								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	16	0	31,7	77,2	71	83,6	85,3
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	16	0	10,6	15,3	16,5	23,5	25
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	16	0	2	3,8	8,7	22,7	38,6
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	16	0	0,4	1,6	2,5	5,9	9,4
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	16	0	0,2	0,5	0,7	1,3	2,6
Fraktion 630 - 1000µm	Gew.-% TS	16	1	<0,1	0,2	0,2	0,3	0,6
Fraktion 1000-2000µm	Gew.-% TS	16	0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	16	1	<0,1	0,1	0,2	0,3	0,4
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	16	0	54,6	93,5	87,5	96,1	96,3
Fraktion < 100 µm	Gew.-% TS	16	0	87,6	97,2	96,2	98,4	98,7
<b>Summenparameter</b>								
Stickstoff	mg/kg TS	16	0	1160	5005	4576	6460	8550
Phosphor	mg/kg TS	16	0	810	1600	1704	2200	3200
Schwefel	mg/kg TS	16	0	2600	4950	4619	5250	6100
<b>Metalle aus der Gesamtfraction</b>								
Arsen	mg/kg TS	16	0	13	25,5	24,6	27,5	36
Blei	mg/kg TS	16	0	26	56,5	54,3	60	91
Cadmium	mg/kg TS	16	0	0,67	1,4	1,9	3,8	6,3
Chrom	mg/kg TS	16	0	22	40	39,2	43,5	65
Kupfer	mg/kg TS	16	0	19	38	42,4	56	103
Nickel	mg/kg TS	16	0	16	30	28,4	32	37
Quecksilber	mg/kg TS	16	0	0,38	0,7	0,9	1,3	3,3
Zink	mg/kg TS	16	0	143	330	411	706	1050
<b>Metalle aus der Fraktion &lt;20µm</b>								
Arsen < 20 µm	mg/kg TS	16	0	27	28	29	30,5	40
Blei < 20 µm	mg/kg TS	16	0	66	69	72,9	81,5	112
Cadmium < 20 µm	mg/kg TS	16	0	0,7	1,2	2	4,2	7,2
Chrom < 20 µm	mg/kg TS	16	0	49	66,5	65,8	70	89
Kupfer < 20 µm	mg/kg TS	16	0	35	44,5	53,9	81	131
Nickel < 20 µm	mg/kg TS	16	0	36	39	39,8	42	48
Quecksilber < 20 µm	mg/kg TS	16	0	0,46	0,6	0,9	1,5	3,4
Zink < 20 µm	mg/kg TS	16	0	299	366	480	764	1110
<b>Mineralölkohlenwasserstoffe</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	16	0	75	140	164,4	215	450
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	16	2	<10	17,5	20	29,5	52,4
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	16	0	65,2	124	145	190	401
<b>Polycyclische Aromaten</b>								
Naphthalin	mg/kg TS	16	0	0,023	0,06	0,09	0,20	0,3
Acenaphtylen	mg/kg TS	16	9	<0,01	<0,01	k.MW	0,02	0,04

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Acenaphthen	mg/kg TS	16	11	<0,01	<0,01	k.MW.	0,02	0,03
Fluoren	mg/kg TS	16	0	0,011	0,03	0,03	0,06	0,10
Phenanthren	mg/kg TS	16	0	0,051	0,11	0,14	0,25	0,41
Anthracen	mg/kg TS	16	0	0,02	0,04	0,06	0,11	0,17
<u>Fluoranthen</u>	mg/kg TS	16	0	0,09	0,18	0,24	0,48	0,73
Pyren	mg/kg TS	16	0	0,08	0,15	0,21	0,41	0,64
Benz(a)anthracen	mg/kg TS	16	0	0,05	0,09	0,12	0,23	0,33
Chrysen	mg/kg TS	16	0	0,05	0,08	0,11	0,23	0,3
<u>Benzo(b)fluoranthen</u>	mg/kg TS	16	0	0,06	0,13	0,16	0,27	0,42
<u>Benzo(k)fluoranthen</u>	mg/kg TS	16	0	0,04	0,08	0,1	0,17	0,26
<u>Benzo(a)pyren</u>	mg/kg TS	16	0	0,06	0,1	0,14	0,26	0,4
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	16	0	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06
<u>Benzo(ghi)perylene</u>	mg/kg TS	16	0	0,06	0,11	0,13	0,21	0,33
<u>Indeno(1.2.3-cd)pyren</u>	mg/kg TS	16	0	0,07	0,13	0,15	0,23	0,34
<u>PAK Summe 6 g.BG</u>	mg/kg TS	16	0	0,39	0,72	0,91	1,6	2,48
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	16	0	0,73	1,33	1,73	3,14	4,86
<b>Polychlorierte Biphenyle</b>								
PCB 28	µg/kg TS	16	0	0,41	0,9	1,2	2,1	4,1
PCB 52	µg/kg TS	16	0	0,38	0,7	1,0	1,6	3,2
PCB 101	µg/kg TS	16	0	1	1,9	2,3	3,7	5,5
PCB 118	µg/kg TS	16	0	0,45	0,9	1	1,6	2,4
PCB 138	µg/kg TS	16	0	1,0	2,3	2,8	5,3	7,1
PCB 153	µg/kg TS	16	0	1,4	3,1	3,9	7,1	9,8
PCB 180	µg/kg TS	16	0	0,92	2	2,6	5,4	7,9
PCB Summe 6 g.BG	µg/kg TS	16	0	5,1	11	13,7	26,1	35,6
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	16	0	5,55	11,9	14,8	27,7	38
<b>Hexachlorcyclohexane</b>								
alpha-HCH	µg/kg TS	16	0	0,15	0,3	0,7	1,5	3,1
beta-HCH	µg/kg TS	16	0	0,39	0,9	1,4	2,7	5,2
gamma-HCH	µg/kg TS	16	1	<0,05	0,1	0,1	0,3	0,48
delta-HCH	µg/kg TS	16	0	0,19	0,3	0,5	1,2	2
epsilon-HCH	µg/kg TS	16	11	<0,1	<0,1	k.MW	0,3	0,39
<b>DDT + Metabolite</b>								
o,p'-DDE	µg/kg TS	16	0	0,18	0,4	0,6	1,0	1,7
p,p'-DDE	µg/kg TS	16	0	1,2	3,4	4,3	7,7	13
o,p'-DDD	µg/kg TS	16	0	1,5	3,5	4,6	9,1	11
p,p'-DDD	µg/kg TS	16	0	3,8	9,8	15,6	31,5	65
o,p'-DDT	µg/kg TS	16	9	0,44	<0,5	k.MW	2,4	3,9
p,p'-DDT	µg/kg TS	16	0	0,21	1,9	4,1	11	12
<b>Chlorbenzole</b>								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	16	0	0,35	0,9	1,2	2,4	3,6
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	16	0	1,6	4,8	7,8	15	36

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
<b>Organozinnverbindungen</b>								
Monobutylzinn	µg OZK/kg TS	16	0	10	17,5	34,1	45	240
Dibutylzinn	µg OZK/kg TS	16	0	6	9,1	15,1	22,5	85
Tributylzinn	µg OZK/kg TS	16	0	7,8	16,5	22,3	23,5	110
Tetrabutylzinn	µg OZK/kg TS	16	0	1,2	2,8	5,2	8,6	34
Monooctylzinn	µg OZK/kg TS	16	8	<1	1	1,7	3,3	8
Diocetylzinn	µg OZK/kg TS	16	5	<1	1,5	2,5	5,6	9,9
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 2020/21 des von Januar bis März 2021 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	173	0	18,6	31,6	35,1	54,3	70,2
TOC (C)	Gew.-% TS	173	0	0,63	3,4	3,2	4,5	5,2
<b>Siebanalyse</b>								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	173	0	8,3	56,4	53,5	74,5	85,6
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	173	0	6	25,6	26,1	34,5	45,5
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	173	0	1	8,5	11,3	25,2	46,4
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	173	0	0,1	1,8	6,2	18,3	54,3
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	173	0	0,1	1,0	2,1	4,2	25,6
Fraktion 630 - 1000µm	Gew.-% TS	173	23	<0,1	0,2	0,3	0,8	3,0
Fraktion 1000-2000µm	Gew.-% TS	173	32	<0,1	0,1	0,2	0,4	1,9
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	163	63	<0,1	0,1	0,3	0,6	13,8
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	173	0	16,1	87,3	79,6	95,6	98,6
Fraktion < 100 µm	Gew.-% TS	173	0	22,6	96,5	90,9	99,0	99,7
<b>Summenparameter</b>								
Stickstoff	mg/kg TS	173	0	542	3660	3458	4800	7560
Phosphor	mg/kg TS	173	0	240	1300	1218	1560	1900
Schwefel	mg/kg TS	137	0	760	4100	3768	5140	5600
<b>Metalle aus der Gesamtfraktion</b>								
Arsen	mg/kg TS	169	0	4,8	22,0	20,5	27,0	29
Blei	mg/kg TS	169	0	12	48,0	45,9	63,0	70
Cadmium	mg/kg TS	169	0	0,25	1,1	1,0	1,5	2,5
Chrom	mg/kg TS	169	0	9,7	47,0	46,4	70,0	86
Kupfer	mg/kg TS	169	0	12	36,0	34,4	43,0	52
Nickel	mg/kg TS	169	0	6,9	28,0	26,6	35,2	42
Quecksilber	mg/kg TS	169	0	0,16	0,6	0,6	0,9	1,1
Zink	mg/kg TS	169	0	70	286	267	354	499
<b>Metalle aus der Fraktion &lt; 20 µm</b>								
Arsen < 20 µm	mg/kg TS	169	0	24	29,0	29,1	32,0	34
Blei < 20 µm	mg/kg TS	169	0	51	72,0	72,3	81,0	86
Cadmium < 20 µm	mg/kg TS	169	0	0,7	1,3	1,4	1,9	3,1
Chrom < 20 µm	mg/kg TS	169	0	49	66,0	69,6	97,0	106
Kupfer < 20 µm	mg/kg TS	169	0	34	48,0	49,1	61,0	78
Nickel < 20 µm	mg/kg TS	169	0	31	38,0	38,9	47,0	49
Quecksilber < 20 µm	mg/kg TS	169	0	0,55	0,8	0,8	1,0	1,3
Zink < 20 µm	mg/kg TS	169	0	297	390	398	476	613
<b>Mineralölkohlenwasserstoffe</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	173	3	<20	94,0	89,1	140,0	210
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	173	48	<20	15,0	11,9	25,8	33
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	173	1	<10	78,3	73,8	110,0	173
<b>Polycyclische Aromaten</b>								
Naphthalin	mg/kg TS	173	2	0,012	0,05	0,05	0,07	0,095

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Acenaphthylen	mg/kg TS	173	125	<0,01	<0,01	k.MW	0,01	0,023
Acenaphthen	mg/kg TS	173	137	<0,01	<0,01	k.MW	0,02	0,025
Fluoren	mg/kg TS	173	6	<0,01	0,02	0,02	0,03	0,041
Phenanthren	mg/kg TS	173	0	0,024	0,09	0,09	0,12	0,16
Anthracen	mg/kg TS	173	2	<0,01	0,04	0,04	0,05	0,3
Fluoranthen	mg/kg TS	173	0	0,033	0,15	0,15	0,21	0,28
Pyren	mg/kg TS	173	0	0,029	0,13	0,13	0,18	0,24
Benz(a)anthracen	mg/kg TS	173	0	0,015	0,07	0,07	0,10	0,14
Chrysen	mg/kg TS	173	0	0,018	0,08	0,08	0,10	0,14
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg TS	173	0	0,019	0,10	0,10	0,13	0,22
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg TS	173	1	<0,01	0,05	0,05	0,06	0,34
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	173	0	0,017	0,07	0,07	0,10	0,19
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	173	25	<0,01	0,02	0,02	0,03	0,07
Benzo(ghi)perylen	mg/kg TS	173	0	0,016	0,08	0,08	0,10	0,13
Indeno(1.2.3-cd)pyren	mg/kg TS	173	1	<0,01	0,09	0,08	0,12	0,16
PAK Summe 6 g.BG	mg/kg TS	173	0	0,111	0,53	0,53	0,71	1,06
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	173	0	0,261	1,04	1,04	1,38	1,995
<b>Polychlorierte Biphenyle</b>								
PCB 28	µg/kg TS	173	1	<0,1	0,6	0,6	0,8	1,2
PCB 52	µg/kg TS	173	0	0,13	0,6	0,6	0,8	2,6
PCB 101	µg/kg TS	173	0	0,35	1,4	1,4	1,9	2,3
PCB 118	µg/kg TS	173	0	0,19	0,8	0,8	1,3	1,9
PCB 138	µg/kg TS	173	0	0,65	2,0	2,0	3,1	4
PCB 153	µg/kg TS	173	0	0,81	2,7	2,7	4,0	4,8
PCB 180	µg/kg TS	173	0	0,4	1,6	1,6	2,6	4
PCB Summe 6 g.BG	µg/kg TS	173	0	2,47	9,0	8,9	12,9	15,71
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	173	0	2,68	9,9	9,7	13,9	17,01
<b>Hexachlorcyclohexane</b>								
alpha-HCH	µg/kg TS	173	2	<0,1	0,3	0,3	0,5	0,94
beta-HCH	µg/kg TS	173	0	0,14	0,8	0,8	1,2	1,8
gamma-HCH	µg/kg TS	173	19	<0,1	0,1	0,1	0,2	0,52
delta-HCH	µg/kg TS	173	2	<0,1	0,3	0,4	0,5	1,4
epsilon-HCH	µg/kg TS	137	121	<0,1	<0,1	k.MW	0,1	0,14
<b>DDT + Metabolite</b>								
o,p'-DDE	µg/kg TS	173	7	<0,1	0,3	0,3	0,5	0,9
p,p'-DDE	µg/kg TS	173	0	0,43	2,2	2,2	3,3	5,5
o,p'-DDD	µg/kg TS	173	0	0,49	2,6	3,1	5,9	19
p,p'-DDD	µg/kg TS	173	0	1,3	5,7	6,2	9,7	39
o,p'-DDT	µg/kg TS	173	43	<0,1	0,2	0,3	0,5	2
p,p'-DDT	µg/kg TS	173	3	<0,1	0,8	1,4	3,4	18
<b>Chlorbenzole</b>								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	173	0	0,14	0,7	0,7	1,0	1,7
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	173	0	0,58	3,4	3,4	5,2	14

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
<b>Organozinnverbindungen</b>								
Monobutylzinn	µg OZK/kg TS	173	0	1,1	21,0	20,8	31,0	43
Dibutylzinn	µg OZK/kg TS	173	1	<1	11,0	10,7	14,0	33
Tributylzinn	µg OZK/kg TS	173	0	1,3	25,0	26,6	36,0	110
Tetrabutylzinn	µg OZK/kg TS	173	19	<1	2,1	3,6	8,8	50
Monooctylzinn	µg OZK/kg TS	173	98	<1	<1	k.MW	1,9	1,3
Diocetylzinn	µg OZK/kg TS	173	106	<1	<1	k.MW	1,9	25
Triphenylzinn	µg OZK/kg TS	173	158	<1	<1	k.MW	<1	19
Tricyclohexylzinn	µg OZK/kg TS	173	173	<1	<1	k.MW	<1	<1
<b>Sauerstoffzehrung</b>								
O2-Zehrung n. 180 min	g O2/kg TS	172	0	0,23	1,1	1,1	1,8	2,8

Anlage 6: Statistische Auswertung der Kernproben aus dem zweiten Halbjahr 2021 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	149	0	18,5	28,8	29,7	37,0	50,6
TOC (C)	Gew.-% TS	149	0	1,8	3,9	3,9	4,7	5,3
<b>Siebanalyse</b>								
Fraktion < 20 µm	Gew.-% TS	149	0	13,1	63,5	61,1	76,7	88,1
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-% TS	149	0	5,6	27,1	26,9	34,9	42,2
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-% TS	149	0	1,7	6,2	7,1	11,7	31,7
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-% TS	149	0	0,4	1,5	3,1	8,4	35
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-% TS	149	1	<0,1	0,5	1,3	2,7	15,1
Fraktion 630 - 1000µm	Gew.-% TS	149	6	<0,1	0,2	0,2	0,4	3,2
Fraktion 1000-2000µm	Gew.-% TS	149	14	<0,1	0,1	0,2	0,4	2
Fraktion > 2000 µm	Gew.-% TS	140	68	<0,1	0,1	0,2	0,3	4
Fraktion < 63 µm	Gew.-% TS	149	0	41,3	91,1	88,0	95,2	97,5
Fraktion < 100 µm	Gew.-% TS	149	0	56,5	97,3	95,1	98,7	99,4
<b>Summenparameter</b>								
Stickstoff	mg/kg TS	140	0	1480	4020	3936	4865	5550
Phosphor	mg/kg TS	140	0	470	1400	1354	1600	1700
Schwefel	mg/kg TS	140	0	1600	4700	4511	5210	5600
<b>Metalle aus der Gesamtfraktion</b>								
Arsen	mg/kg TS	149	0	10	24,0	22,7	26,0	27
Blei	mg/kg TS	149	0	21	54,0	51,5	60,2	67
Cadmium	mg/kg TS	149	0	0,45	1,3	1,3	1,7	3,4
Chrom	mg/kg TS	149	0	18	46,0	46,1	58,0	66
Kupfer	mg/kg TS	149	0	16	38,0	37,4	44,0	66
Nickel	mg/kg TS	149	0	13	30,0	28,9	34,0	38
Quecksilber	mg/kg TS	149	0	0,25	0,6	0,6	0,8	1
Zink	mg/kg TS	149	0	116	314	313	374	592
<b>Metalle aus der Fraktion &lt; 20 µm</b>								
Arsen < 20 µm	mg/kg TS	149	0	25	29,0	29,8	33,0	47
Blei < 20 µm	mg/kg TS	149	0	63	71,0	72,1	77,0	140
Cadmium < 20 µm	mg/kg TS	149	0	0,79	1,4	1,5	1,8	4,4
Chrom < 20 µm	mg/kg TS	149	0	49	64,0	65,4	74,0	86
Kupfer < 20 µm	mg/kg TS	149	0	37	45,0	46,6	51,0	100
Nickel < 20 µm	mg/kg TS	149	0	32	39,0	39,0	42,0	48
Quecksilber < 20 µm	mg/kg TS	149	0	0,52	0,7	0,7	0,8	1,2
Zink < 20 µm	mg/kg TS	149	0	333	402	415	457	780
<b>Mineralölkohlenwasserstoffe</b>								
Mineralöl	mg/kg TS	149	0	44	130	133	190	280
Mineralöl C10-C20	mg/kg TS	149	31	<10	15,5	17,6	23,5	63
Mineralöl C21-C40	mg/kg TS	140	0	34,7	118	112	155	229
<b>Polycyclische Aromaten</b>								
Naphthalin	mg/kg TS	149	11	<0,01	0,05	0,05	0,07	0,11

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Acenaphthylen	mg/kg TS	149	109	<0,01	<0,01	k.MW	0,01	0,014
Acenaphthen	mg/kg TS	149	138	<0,01	<0,01	k.MW	<0,01	0,032
Fluoren	mg/kg TS	149	12	<0,01	0,02	0,02	0,03	0,057
Phenanthren	mg/kg TS	149	0	0,035	0,09	0,10	0,12	0,2
Anthracen	mg/kg TS	149	1	<0,05	0,04	0,04	0,05	0,1
Fluoranthren	mg/kg TS	149	0	0,062	0,16	0,17	0,21	0,45
Pyren	mg/kg TS	149	0	0,052	0,14	0,15	0,18	0,39
Benz(a)anthracen	mg/kg TS	149	0	0,033	0,08	0,08	0,10	0,23
Chrysen	mg/kg TS	149	0	0,03	0,08	0,08	0,10	0,2
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	149	109	<0,01	<0,01	k.MW	0,01	0,014
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	149	138	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,032
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	149	0	0,032	0,09	0,09	0,11	0,26
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	149	19	<0,01	0,02	0,02	0,03	0,068
Benzo(ghi)perylen	mg/kg TS	149	10	<0,01	0,09	0,09	0,13	0,22
Indeno(1.2.3-cd)pyren	mg/kg TS	149	7	<0,01	0,11	0,11	0,14	0,26
PAK Summe 6 g.BG	mg/kg TS	149	0	0,245	0,63	0,65	0,80	1,68
PAK Summe 16 g.BG	mg/kg TS	149	0	0,473	1,17	1,22	1,48	3,088
<b>Polychlorierte Biphenyle</b>								
PCB 28	µg/kg TS	149	9	<3	0,8	0,5	0,9	1,2
PCB 52	µg/kg TS	149	9	<3	0,7	0,4	0,8	1,4
PCB 101	µg/kg TS	149	9	<3	1,6	1,3	1,9	2,2
PCB 118	µg/kg TS	149	9	<3	0,8	0,6	1,0	1,1
PCB 138	µg/kg TS	149	1	<3	2,2	2,2	2,6	5,4
PCB 153	µg/kg TS	149	1	<3	3,1	3,0	3,5	4,1
PCB 180	µg/kg TS	149	5	<3	1,8	1,7	2,3	4,1
PCB Summe 6 g.BG	µg/kg TS	149	0	3,74	10,3	10,5	12,3	22,5
PCB Summe 7 g.BG	µg/kg TS	149	0	4,05	11,1	11,5	13,2	25,5
<b>Hexachlorcyclohexane</b>								
alpha-HCH	µg/kg TS	149	9	<0,1	0,3	0,3	0,4	0,63
beta-HCH	µg/kg TS	149	2	<0,1	0,8	0,8	1,2	1,7
gamma-HCH	µg/kg TS	149	13	<0,1	0,1	0,0	0,1	0,17
delta-HCH	µg/kg TS	140	1	<0,1	0,4	0,4	0,5	0,87
epsilon-HCH	µg/kg TS	140	132	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,19
<b>DDT + Metabolite</b>								
o,p'-DDE	µg/kg TS	149	9	<0,1	0,4	0,3	0,4	0,51
p,p'-DDE	µg/kg TS	149	0	1,1	3,0	3,1	3,7	6,5
o,p'-DDD	µg/kg TS	149	0	0,48	3,1	3,1	3,9	6,4
p,p'-DDD	µg/kg TS	149	0	1	8,0	8,6	12,2	24
o,p'-DDT	µg/kg TS	149	20	<0,1	0,3	0,3	0,6	2,5
p,p'-DDT	µg/kg TS	149	2	<0,1	1,9	2,7	5,7	17
<b>Chlorbenzole</b>								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	149	0	0,35	0,9	0,9	1,0	1,7
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	149	0	1,5	4,0	4,4	6,0	15

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
<b>Organozinnverbindungen</b>								
Monobutylzinn	µg OZK/kg TS	149	0	7	18,0	18,1	23,0	34
Dibutylzinn	µg OZK/kg TS	149	0	3,3	8,9	9,3	11,0	36
Tributylzinn	µg OZK/kg TS	149	0	7,7	18,0	18,5	22,0	79
Tetrabutylzinn	µg OZK/kg TS	149	15	<1	2,2	1,8	3,3	12
Monooctylzinn	µg OZK/kg TS	149	34	<1	1,2	1,3	1,7	3,9
Diocetylzinn	µg OZK/kg TS	149	36	<1	1,3	1,5	1,9	8,4
Triphenylzinn	µg OZK/kg TS	149	149	<1	<1	k.MW	<1	<1
Tricyclohexylzinn	µg OZK/kg TS	149	145	<1	<1	k.MW	<1	10
<b>Sauerstoffzehrung</b>								
O2-Zehrung n. 180 min	g O2/kg TS	140	0	0,59	1,6	1,6	2,3	3

Anlage 7: Biotestuntersuchungen an Sedimentkernen. Zusammenstellung der durchgeführten Biotestuntersuchungen an Sedimentkernen aus der Elbe und dem Hamburger Hafen in **2021** für die Umlagerung von Baggergut vor Neßsand. (Leuchtbakterientest mit *Vibrio fischeri*; Algentest mit *Desmodesmus subspicata*; Daphnientest mit *Daphnia magna*).

Eluat (n. BfG 1:3) pT-Stufe	Leuchtbakterien- test n=11	Algentest n=11	Daphnien- test n=11
pT 0	9	4	5
pT 1	2	5	3
pT 2	0	2	6
pT 3	0	0	0
pT 4	0	0	0
pT 5	0	0	0
≥ pT 6	0	0	0
Porenwas- ser pT-Stufe	n=11	n=11	n=11
pT 0	2	3	3
pT 1	9	1	7
pT 2	0	7	1
pT 3	0	0	0
pT 4	0	0	0
pT 5	0	0	0
≥ pT 6	0	0	0

Toxizitätsklasse	
Klasse	Anzahl n=11
0	1
I	3
II	7
III	0
IV	0
V	0
VI	0

## Biotestuntersuchungen an Oberflächensedimenten 2021

Zusammenstellung der durchgeführten Biotestuntersuchungen an Oberflächensedimenten aus der Elbe und dem Hamburger Hafen in 2021 (Testumfang wie oben, nur Eluatuntersuchungen).

Eluat pT-Stufe	Referenz Juni 2021			
	Leichtb. (LB) n=16	Algentest (AT) n=16	Daphnient. (DT) n=16	Klasse n=16
pT 0	6	0	12	0
pT 1	2	0	2	0
pT 2	2	6	2	6
pT 3	3	3	0	3
pT 4	1	4	0	3
pT 5	2	3	0	4
≥ pT 6	0	0	0	0

Anlage 8: Schadstoffbelastung des in der METHA klassierten Schlicks 2021.

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Trockensubstanz	Gew.-% OS	29	0	19,2	24,3	24,0	26,1	26,7
Glühverlust	Gew.-% TS	29	0	6,7	7,4	7,5	8,0	9,1
TOC (C)	Gew.-% TS	29	0	2,4	3,2	3,2	3,4	3,7
<b>Siebanalyse</b>								
Fraktion <20 µm	Gew.-%	29	0	42,9	49,3	49,9	55,3	56,5
Fraktion 20 - 63 µm	Gew.-%	29	0	13,9	25,4	24,8	29,1	30,8
Fraktion 63 - 100 µm	Gew.-%	29	0	8,7	14,2	14,6	18,8	21,2
Fraktion 100 - 200 µm	Gew.-%	29	0	3,9	7,6	7,9	12,0	14,4
Fraktion 200 - 630 µm	Gew.-%	29	0	0,9	1,6	2,6	5,6	7,7
Fraktion 630 - 1000 µm	Gew.-%	29	4	<0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
Fraktion > 1000 µm	Gew.-%	29	8	<0,1	0,1	0,1	0,2	0,5
<b>Parameter</b>								
<b>Metalle aus der Gesamtfraktion</b>								
Arsen	mg/kg TS	10	0	22	26	27	32	34
Blei	mg/kg TS	10	0	53	74	71	85	92
Cadmium	mg/kg TS	10	0	2	3	3	3	4
Chrom (ges.)	mg/kg TS	10	0	36	44	45	54	59
Kupfer	mg/kg TS	10	0	57	104	101	125	203
Nickel	mg/kg TS	10	0	24	27	27	31	32
Quecksilber	mg/kg TS	10	0	0,9	1,4	1,4	1,8	1,9
Zink	mg/kg TS	10	0	323	429	435	517	559
Thallium	mg/kg TS	10	1	<0,3	0,35	0,37	0,44	0,47
<b>Mineralölkohlenwasserstoffe</b>								
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	29	0	100	170	182	254	340
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	29	0	27	46	50	74	98
Extrahierbare lipophile Substanz	mg/kg OS	29	9	<25	89	73	122	160
Extrahierbare lipophile Substanz	mg/kg TS	29	9	<100	360	299	484	600
<b>Polycyclische Aromaten</b>								
Naphthalin	mg/kg TS	29	7	<0,05	0,08	0,09	0,15	0,18
Acenaphtylen	mg/kg TS	29	27	<0,05	<0,05	k. MW	<0,05	0,07
Acenaphthen	mg/kg TS	29	16	<0,05	<0,05	k. MW	0,06	0,11
Fluoren	mg/kg TS	29	6	<0,05	0,08	0,08	0,11	0,21
Phenanthren	mg/kg TS	29	0	0,18	0,39	0,41	0,54	1,10
Anthracen	mg/kg TS	29	0	0,08	0,15	0,16	0,22	0,28
Fluoranthen	mg/kg TS	29	0	0,44	0,68	0,77	1,10	1,50
Pyren	mg/kg TS	29	0	0,35	0,55	0,61	0,86	1,10
Benz(a)anthracen	mg/kg TS	29	0	0,24	0,36	0,37	0,50	0,80
Chrysen	mg/kg TS	29	0	0,20	0,33	0,34	0,46	0,71
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg TS	29	0	0,19	0,31	0,36	0,51	0,66

Parameter	Einheit	N	n<BG	Min	Median	Mittel	90.P	Max
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg TS	29	0	0,08	0,17	0,18	0,25	0,34
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	29	0	0,16	0,29	0,32	0,47	0,54
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	29	0	0,17	0,32	0,32	0,47	0,58
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	29	7	<0,05	0,08	0,08	0,11	0,13
Benzo(ghi)perylene	mg/kg TS	29	0	0,16	0,26	0,29	0,43	0,51
Summe PAK <sup>1)</sup>	mg/kg TS	29	0	2,68	4,01	4,49	6,06	8,46
<b>Polychlorierte Biphenyle</b>								
PCB Nr. 28	µg/kg TS	29	26	<3	<3	k. MW	3,4	4,3
PCB Nr. 52	µg/kg TS	29	22	<3	<3	k. MW	3,6	5,2
PCB Nr. 101	µg/kg TS	29	6	<3	3,9	4,8	7,4	15,0
PCB Nr. 118	µg/kg TS	29	21	<3	<3	k. MW	4,0	7,1
PCB Nr. 138	µg/kg TS	29	0	4,9	8,2	9,1	13,2	22,0
PCB Nr. 153	µg/kg TS	29	0	3,8	6,3	6,9	9,8	16,0
PCB Nr. 180	µg/kg TS	29	0	3,3	5,4	6,1	9,0	13,0
Summe PCB <sup>1)</sup>	µg/kg TS	29	0	24,2	32,8	36,6	50,6	81,3
<b>Hexachlorcyclohexane</b>								
alpha-HCH	µg/kg TS	10	0	1,0	1,8	1,8	2,3	2,4
beta-HCH	µg/kg TS	10	0	1,5	2,1	2,2	2,8	2,8
gamma-HCH	µg/kg TS	10	10	<1	<1	k. MW	<1	<1
delta-HCH	µg/kg TS							
epsilon-HCH	µg/kg TS							
<b>DDT + Metabolite</b>								
o,p'-DDE	µg/kg TS	10	4	<1	1,2	1,68	2,69	3,5
p,p'-DDE	µg/kg TS	10	0	4,8	7,2	8,0	12,2	14,0
o,p'-DDD	µg/kg TS	10	0	4,3	8,5	10,4	16,9	25,0
p,p'-DDD	µg/kg TS	10	0	16,0	33,0	36,0	49,7	83,0
o,p'-DDT	µg/kg TS	10	5	<1	1,1	k. MW	1,3	1,5
p,p'-DDT	µg/kg TS	10	0	3,8	7,4	9,4	15,1	25,0
<b>Chlorbenzole</b>								
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	10	0	1,6	2,1	2,1	2,4	2,8
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	10	0	5,1	7,0	7,4	9,7	11
<b>Organozinnverbindungen</b>								
Mono-Butylzinn	µg/kg TS	29	0	19	57	65	93	140
Di-Butylzinn	µg/kg TS	29	0	11	43	43	62	70
Tri-Butylzinn	µg/kg TS	29	0	24	130	136	216	300
Tetra-Butylzinn	µg/kg TS	29	0	12	44	47	65	91
Mono-Octylzinn	µg/kg TS	29	29	<10	<10	k. MW	<10	<10
Di-Octylzinn	µg/kg TS	29	28	<10	<10	k. MW	<10	12
Tri-Cyclohexylzinn	µg/kg TS	29	29	<10	<10	k. MW	<10	<10
Tri-Phenylzinn	µg/kg TS	29	29	<10	<10	k. MW	<10	<10
<b>Eluatuntersuchungen</b>								
Arsen	mg/l	29	0	0,004	0,008	0,01	0,017	0,023

Parameter	Einheit	N n<BG		Min	Median	Mittel	90.P	Max
Blei	mg/l	29	29	<0,001	<0,001	k. MW	<0,001	<0,001
Cadmium	mg/l	29	29	<0,0003	<0,0003	k. MW	<0,0003	<0,0003
Chrom VI	mg/l	29	29	<0,005	<0,005	k. MW	<0,005	<0,005
Chrom gesamt	mg/l	29	29	<0,001	<0,001	k. MW	<0,001	<0,001
Kupfer	mg/l	29	24	<0,001	<0,001	k. MW	0,0012	0,0017
Nickel	mg/l	29	0	0,003	0,0041	0,0043	0,0053	0,0063
Quecksilber	mg/l	29	29	<0,0002	<0,0002	k. MW	<0,0002	<0,0002
Zink	mg/l	29	26	<0,01	<0,01	k. MW	0,0102	0,017
Cyanide, leicht freisetzbar	mg/l	29	29	<0,002	<0,002	k. MW	<0,002	<0,002
Gesamphenol	mg/l	29	13	<0,005	0,0056	0,0099	0,0152	0,082
AOX	mg/l	29	6	<0,01	0,02	0,02	0,04	0,09
pH-Wert im Eluat	-	29	0	6,7	7,2	7,2	7,5	7,5
Leitfähigkeit	µS/cm	29	0	606	724	738	815,6	907
Abdampfrückstand	mg/l	29	0	324	406	410	468,4	521
DOC	mg/l	29	0	6,6	11	11,8	16	26
Chlorid	mg/l	29	0	36	44	45	53,2	54
Sulfat	mg/l	29	0	98	129	134	150	185
Fluorid	mg/l	29	1	<0,18	0,29	0,31	0,36	0,51
Ammonium-N	mg/l	29	0	13	16	16	19	20
Cyanide gesamt	mg/l	29	22	<0,002	<0,002	k. MW	0,002	0,002
Antimon	mg/l	29	11	<0,001	0,0011	0,0004	0,00132	0,0015
Barium	mg/l	29	0	0,067	0,095	0,095	0,11	0,12
Molybdän	mg/l	29	0	0,0063	0,0084	0,0088	0,0114	0,017
Selen	mg/l	29	29	<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](http://www.hamburg-port-authority.de)



**WIR MACHEN HAFEN**