

Untersuchungskonzept der ökologischen Auswirkungen von Meeressmülleimern Grundlagen für eine Pilotstudie



Februar 2022

Der Bericht ist eine eigenverantwortlich durch die Autoren erstellte Zuarbeit, welche der Unterstützung der Arbeiten der AG Seebasierte Einträge des Runden Tisches Meeressmüll dient.

Titel: Untersuchungskonzept der ökologischen Auswirkungen von Meeressmüllleimern. Grundlagen für eine Pilotstudie

Autoren: Romina Hanisch (Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG), Kirsten Dau (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz), Heike Büttner (Bundesanstalt für Gewässerkunde), Fabian Große (Bundesanstalt für Gewässerkunde), Thomas Taupp (Bundesanstalt für Gewässerkunde)

Fotos: Romina Hanisch (NPorts), Christian Bruch



Bezug:

Den vorliegenden Bericht erhalten Sie digital als pdf-Version unter: www.muell-im-meer.de

Alle in diesem Dokument veröffentlichten Informationen, Adressen und Bilder sind mit größter Sorgfalt recherchiert. Dennoch kann für die Richtigkeit keine Gewähr übernommen werden.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des angegebenen Kontakts unzulässig.

Zitiervorschlag:

Hanisch, R., Dau, K., Büttner, H., Große, F., Taupp, T. (2022). Untersuchungskonzept der ökologischen Auswirkungen von Meeressmüllleimern. S. 17. <https://muell-im-meer.de/ergebnisse/zuarbeiten>.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
1.1	Müll im Meer	4
1.2	Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie	4
1.3	Runder Tisch Meeresmüll	5
1.4	Ziel des Untersuchungskonzepts	5
2.	Untersuchungsgebiet	6
3.	Meeresmülleimer	8
3.1	Historie	8
3.2	Einsatz in Deutschland	8
3.3	Beschreibung Meeresmülleimer	8
4.	Untersuchungskonzept	10
4.1	Untersuchungsstandorte	10
4.2	Untersuchungszeitraum	10
4.3	Probenahme	11
4.4	Datenerhebung	12
5.	Auswertung	13

Abkürzungsverzeichnis

AG LBE	Arbeitsgruppe Landbasierte Einträge
AG SBE	Arbeitsgruppe Seebasierte Einträge
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
FFH-RL	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie
IMO	Internationale Seeschiffahrts-Organisation (engl. International Maritime Organization)
MARPOL	Internationales Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe
MSRL	Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie
RTM	Runder Tisch Meeresmüll
UAG	Unterarbeitsgruppe
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der von NPorts betriebenen Häfen mit Markierung der Häfen, in denen aktuell Meeresmülleimer installiert sind (grüne Kreise) (Quelle: NPorts).....	8
---	---

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakteristika der drei Häfen von NPorts, in denen Meeresmülleimer eingesetzt werden..	7
Tabelle 2: Überblick „taxonomische“ Bestimmung.....	13

1. Einleitung

1.1 Müll im Meer

Die Verschmutzung der Meere durch anthropogene Abfälle wird als eines der wichtigsten globalen Umweltprobleme unserer Zeit gesehen (CBD 2012). Sie ist in dem Ausmaß, wie wir sie derzeit erleben, ein zunehmendes ökologisches, gesellschaftliches und wirtschaftliches Problem. Gelangen Kunststoffe in die Umwelt, weisen sie hier eine sehr hohe Beständigkeit auf und stellen mit über 80% den größten Anteil des Meeresmülls dar (gemessen anhand von Müllzählungen an europäischen Stränden; Europäische Kommission, 2018).

Meeresmüll hat schwerwiegende Folgen für die Meeresumwelt, die dort lebenden Tiere und Pflanzen und möglicherweise auch für uns Menschen. Eine aktuelle Literaturschau zeigt, dass mittlerweile weltweit fast 4000 marine Arten von negativen Interaktionen mit Meeresmüll betroffen sind (Tekman et al., Stand 2021). Verstrickung in und Aufnahme von Müllteilen aufgrund von Verwechslung mit Nahrung machen dabei über 60% der Fälle aus. Betroffene Individuen werden geschwächt, innerlich oder äußerlich verletzt und verenden teils nach langem Leiden. Darüber hinaus siedeln sich Arten auf umhertreibendem Müll an. Eine großräumige Verdriftung der Müllteile kann daher auch zu einer Einschleppung invasiver Arten führen (Tekmann et al., Stand 2021). Mit der Zeit zersetzen sich Kunststoffe in immer kleinere Teile, sogenanntes Mikroplastik. Meereslebewesen verwechseln Mikroplastikpartikel mit Nahrung und nehmen dabei auch die enthaltenen Additive auf. Weiterhin kann Meeresmüll zu einer Verhärtung des Meeresbodens und einer Bedeckung von benthischen Lebensgemeinschaften führen. Außerdem verursacht Plastikmüll hohe Kosten, z.B. bei der Reinigung von Stränden (Mouat et al. 2010, Werner et al. 2016).

Die Quellen von Meeresmüll variieren je nach geographischer Lage. An der deutschen Nordseeküste sind seeseitige Aktivitäten (im wesentlichen Fischerei, sowie kommerzielle Schifffahrt, aber auch Sportbootaktivitäten und sonstige maritime Industrie) für 60 % der Mülleinträge verantwortlich und landseitige Aktivitäten (im wesentlichen Freizeit- und Tourismusaktivitäten sowie Hafenbetrieb, landbasierte Industrie und Gewerbe, Müllentsorgung und –abfuhr, sowie Abwasser) für 40% (Schaefer et al. 2019). Der Hafenbetrieb in kommerziellen Häfen trägt mit 8 % dazu bei (Schäfer et. al 2019). Schwimmende, sogenannte Meeresmülleimer (engl.: seabin), die mit Hilfe einer Tauchpumpe ständig Oberflächenwasser ansaugen und Partikel über einen Filter zurückhalten, stellen einen guten Ansatz zur Entfernung des in Hafenbecken angetroffenen Mülls dar und verhindern den Eintrag des Mülls in die Meere.

1.2 Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie

Im Jahr 2008 trat die Europäische Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL, 2008/56/EG) (EU-Com 2008 b) in Kraft. Durch sie wurden die Mitgliedsstaaten rechtsverbindlich aufgefordert, Maßnahmen zu ergreifen, um bis spätestens 2020 einen guten Umweltzustand der Meere zu erreichen. In Deutschland wird die Umsetzung der MSRL durch die gemeinsame Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Nord- und Ostsee (BLANO) koordiniert, wobei auch relevante Aspekte der regionalen Meeresschutzkonventionen (OSPAR, HELCOM) einfließen. Darüber hinaus werden auch die EU-Wasserrahmenrichtlinie, die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und die Vogelschutz-Richtlinie einbezogen, soweit sie für den Meeresschutz Relevanz besitzen.

Die MSRL definiert elf qualitative Deskriptoren zur Festlegung eines guten Umweltzustandes der Meere. Deskriptor 10 lautet „Die Eigenschaften und Mengen der Abfälle im Meer haben keine schädlichen Auswirkungen auf die Küsten- und Meeresumwelt.“

Die Umsetzung der MSRL begann 2010 mit einem ersten sechsjährigen Zyklus von Zustandsbewertung, Beschreibung des guten Umweltzustandes (Good Environmental Status, GES), Festlegung der konkreten Umweltziele, Umsetzen eines Umweltmonitorings und Festlegung eines Maßnahmenprogramms.

Im Jahr 2018 erfolgte eine Aktualisierung der Zustandsbewertung der deutschen Nord- und Ostseegewässer. Bezüglich Meeresmüll ist der Gute Umweltzustand nicht erreicht. Müll am Strand,

Meeresboden, Meeresoberfläche und in der Wassersäule belasten die deutschen Nord- und Ostseegewässer unverändert. Im Bewertungszeitraum gab es keine Anzeichen für eine Abnahme der Belastung (BMU 2018a, BMU 2018b).

Derzeit läuft die Fortschreibung des Maßnahmenprogramms für den dritten Zyklus (2022–2027). In diesem Zuge erfolgt die Überarbeitung der Maßnahme UZ5-07: „Reduzierung des bereits vorhandenen Mülls im Meer“. Anders als im ersten Zyklus werden „Meeresmülleimer“ als ein Teilaspekt von UZ5-07 explizit adressiert. Um zukünftig den in Hafenecken an der Wasseroberfläche befindlichen Müll regelmäßig abzusammeln, sollen die Einsatzmöglichkeiten dieser „Meeresmülleimer“ in einem Praxistest geprüft werden. Der Fokus liegt dabei auf folgenden Aspekten:

- a. Praxistest in zwei niedersächsischen Häfen
- b. Ermittlung des Aufwands für den Betreiber
- c. Ermittlung der Wirksamkeit über entnommene Müllmengen und –arten
- d. Ermittlung der Auswirkungen auf Fauna und Flora: entnommene Mengen und Zusammensetzung der Organik (z.B. Treibsel, Holz, Federn) und Lebewesen (z.B. Fische)
- e. Beeinflussende Parameter auf die Wirksamkeit, z.B. Wetter und Strömung
- f. Bekanntmachung und ggf. Empfehlung für die Maßnahme in Abhängigkeit von Hafenecke, Größe, Nutzung etc.

1.3 Runder Tisch Meeresmüll

Ziel des Runden Tisches Meeresmüll ist es, Maßnahmenvorschläge gegen Meeresmüll zu konkretisieren und zu operationalisieren. Dies beinhaltet u. a. die Erarbeitung sektorübergreifender Lösungen in einem Dialog zwischen Expert*innen.

Um die verschiedenen Themenbereiche abzudecken, wurden zwei thematische Arbeitsgruppen (AG) gegründet – die AG Seebasierte Einträge und die AG Landbasierte Einträge. Zur Begleitung der Arbeiten zu Meeresmülleimern wurde in der AG Seebasierte Einträge eine themenspezifische Unterarbeitsgruppe (UAG) gegründet, die UAG „Seabin“. Von dieser wurde das vorliegende Papier eigenverantwortlich erstellt.

1.4 Ziel des Untersuchungskonzepts

Der von der MSRL-Maßnahme UZ5-07 vorgesehene Praxistest wird seit 2020 in den niedersächsischen landeseigenen Seehäfen der NPorts durchgeführt und stetig ausgeweitet (www.nports.de/nachhaltigkeit/projekte/seabin/). In diesem Zusammenhang wird die Praxistauglichkeit überprüft, der Aufwand für die Betreiber ermittelt und Daten zu den durchschnittlich gesammelten Müllmengen erhoben.

Die „Ermittlung der ökologischen Auswirkungen“ (s. Absatz 1.2, Unterpunkt d) steht noch aus. Erste Erfahrungen aus der Praxis vermitteln den Eindruck, dass die Meeresmülleimer keine wesentlichen negativen Auswirkungen auf Lebewesen oder das Ökosystem im Hafen verursachen. Daten gibt es zu dieser Einschätzung bislang jedoch nicht. Nach Kenntnisstand der Autoren gibt es auch für die übrigen international eingesetzten Meeresmülleimer keine datenbasierte Betrachtung der ökologischen Wirkung. Hinweise zu ökologischen Auswirkungen sollen daher nun durch eine Untersuchung exemplarisch in ausgewählten NPorts-Häfen ermittelt werden. Das vorliegende Untersuchungskonzept unterbreitet einen Vorschlag für die Beprobung und die Analysen.

In einem ersten Schritt soll ein Pilotprojekt durchgeführt werden, um zu klären, ob sich auf Basis der Menge und Zusammensetzung der durch die Meeresmülleimer gefangenen Fauna grundsätzlich Hinweise auf bedenkliche negative ökologische Wirkungen ableiten lassen. In diesem Zusammenhang soll auch die gesammelte Organik näher betrachtet werden sowie die Menge und Zusammensetzung des Mülls. Auf Basis der Ergebnisse des Pilotprojekts wird ggf. im Nachgang zu entscheiden sein, ob eine wesentlich umfangreichere Studie zu den ökologischen Auswirkungen erforderlich ist. Die übergeordneten Ziele der vorliegenden Untersuchung sind:

- Ermittlung des qualitativen und quantitativen Vorkommens mariner Fauna in den Fängen von Meerestümmeimern, unter Berücksichtigung der räumlichen und zeitlichen Variabilität anhand von exemplarischen Untersuchungen in ausgewählten Seehäfen in Niedersachsen
- Ermittlung der Wirkung potenzieller Einflussfaktoren, insbesondere Menge und Zusammensetzung des organischen Materials und des Mülls. Analyse möglicher Zusammenhänge mit der Windrichtung und –stärke.
- Beurteilung der Ergebnisse. Auf Basis der Ergebnisse wird zu entscheiden sein, ob Hinweise auf eine deutliche ökologische Beeinträchtigung durch Meerestümmeimer vorliegen oder ob der Einsatz von Meerestümmeimern unter ökologischen Gesichtspunkten in Häfen als unbedenklich gesehen werden kann.

Der Fokus der faunistischen Betrachtungen liegt dabei v.a. auf Arten, die umwelt- und naturschutzrelevant sind. Dabei sind v.a. Fische und Fischlarven, sowie epibenthische mobile Makrozoobenthosarten zu berücksichtigen. Zooplankton wird mit Ausnahme von Quallen unter naturschutzfachlichen Gesichtspunkten für eine Einschätzung der ökologischen Wirkungen von Meerestümmeimern als eher sekundär und daher für eine Datenerhebung im Rahmen der Pilotstudie als nicht erforderlich gesehen. Eine Datenerhebung zum Vorkommen von Quallen, Organik (z.B. Totholz, Treibsel, Blätter) und Müll wird wiederum empfohlen, da diese Fraktionen des Fangs einen Einfluss sowohl auf die Art und Menge der erfassten Fauna, als auch ihren physischen Zustand haben können.

Darüber hinaus leisten diese Daten einen wichtigen Beitrag für die Klärung weiterer im Rahmen der Maßnahmenumsetzung zu betrachtender Punkte (s. Abschnitt 1.2). So ist beispielsweise die Müllmenge und deren Zusammensetzung für eine Einschätzung der Wirksamkeit der Maßnahme von Bedeutung (Abschnitt 1.2, Unterpunkt c). Eine Unterteilung nach Makro-, Meso- und Mikromüll erlaubt diese Wirksamkeit differenziert zu betrachten und darüber hinaus auch Zusammenhänge mit Art und Menge der Fauna beurteilen zu können. Letztendlich lassen sich aus den Zahlen zu Organik, Quallen, Treibsel und Müll auch Rückschlüsse auf den erforderlichen Aufwand des Betreibers (Abschnitt 1.2, Unterpunkt b) ziehen.

2. Untersuchungsgebiet

Umschlag als potenzielle Eintragsquelle für Müll

Die Meerestümmeimer werden aktuell in den NPorts-Häfen Emden, Wilhelmshaven und Cuxhaven eingesetzt.

Der Seehafen Emden ist der drittgrößte Seehafen Deutschlands. Der Standort besteht aus einem tideoffenen Außenhafen und dem tideunabhängigen Binnenhafen, der durch eine Schleuse zugänglich ist. Schwerpunktartig werden hier Neufahrzeuge umgeschlagen und sämtliche Logistikdienstleistungen für Automobilhersteller erbracht. Zu den wesentlichen Umschlaggütern zählen außerdem Forstprodukte (Zellulose, Papier, Holz etc.), Projektladung (vor allem On- und Offshore Windenergiekomponenten) sowie flüssige und feste Massengüter.

Der Hafen in Wilhelmshaven besteht aus einem äußeren Tiefwasserhafen und einem tideunabhängigen inneren Hafen. Dieser für die vorliegende Studie relevante Binnenhafen ist ausgerüstet für den Umschlag von Massengut, Containern, Kühlladungen, Lebensmitteln, Stückgut und Projektladungen.

Der Hafen Cuxhaven ist ein wichtiger Hafen für den RoRo-Verkehr sowie den Umschlag von Stückgütern, Stahlprodukten, Projektladungen sowie PKWs und gilt als wichtiger Logistikknotenpunkt an der Nordseeküste. Darüber hinaus ist Cuxhaven ein wichtiger Standort für die Verschiffung von Offshore-Windenergieladungen bzw. deren Projektladungen.

Lage der Häfen von NPorts mit Meerestümmeimern

Die drei Häfen, Emden, Wilhelmshaven und Cuxhaven, liegen an der niedersächsischen Küste. In Tabelle 1 wird eine Übersicht einiger Charakteristika der vorgelagerten Gewässer für diese Häfen

gegeben. Die Hafengebiete in denen Seabins eingesetzt werden, sind überwiegend von dem offenen Gewässer durch Schleusen getrennt, d.h., es gibt hier keinen unmittelbaren Einfluss der Tide. Abgeschlossene Industrie- und Marinehäfen weisen oftmals spezifische Umweltbedingungen auf. Die im vorliegenden Untersuchungskonzept für eine Beprobung vorgesehenen Seabins in Emden und Wilhelmshafen befinden sich alle im Binnenbereich der jeweiligen Häfen.

Tabelle 1: Charakteristika der drei Häfen von NPorts, in denen Meeresmülleimer eingesetzt werden

Hafen	Einflussgebiet	Wasserkörper nach WRRL*	Salinität
Emden	Ems	Übergangsgewässer	Mesohalin
Wilhelmshaven	Jadebusen	Euhalines Wattenmeer	Euhalin
Cuxhaven	Elbe	Grenzbereich Übergangsgewässer - polyhalines Wattenmeer	Polyhalin

* Quelle: NLWKN (2010)

Schutzstatus

Weder die Hafengebiete noch die unmittelbar an die Häfen angrenzenden Bundeswasserstraßen unterliegen einem Schutzstatus, z.B. nach FFH.

Der Seehafen in Emden grenzt unmittelbar an das FFH-Gebiet „Unter- und Außenems“. Der Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer im Bereich des Dollarts liegt in rd. 2 km Entfernung vom Untersuchungsgebiet in südöstlicher Richtung. In westlicher Richtung beginnt er in einer Entfernung von rd. 15 km auf der Höhe von Rysum.

Gegenüber des Vorhafens der Seeschleuse des Binnenhafens Wilhelmshaven erstreckt sich auf der östlichen Seite der Jade in einer Entfernung von rd. 2 km der Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Auch der südlich vom Hafen befindliche Jadebusen hat diesen Schutzstatus, ebenso wie die westliche Seite der Jade in einer Entfernung von rd. 12 km.

Unmittelbar Cuxhaven vorgelagert liegt das FFH-Gebiet Unterelbe. Nordwestlich befindet sich in wenigen Kilometern Entfernung der Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer

Besiedlung

Industrie- und Marinehäfen werden in Niedersachsen im Rahmen der behördlichen Überwachung des ökologischen Zustands der Küsten- und Übergangsgewässer weitestgehend nicht berücksichtigt (NLWKN 2010). Eine Ausnahme stellt das Rapid-Assessment für Neobiota dar (<https://www.neobiota-plattform.de/eras/>), was an ausgewählten Standorten den Anteil der Neobiota ermittelt. Die grundsätzliche aktuelle zoobenthische Besiedlung der niedersächsischen Häfen wird dadurch aber nicht erfasst. Insgesamt ist die aktuelle faunistische Besiedlung der Häfen nur unzureichend bekannt. Es wird davon ausgegangen, dass sie neben Einträgen durch Schiffe von der Fauna der vorgelagerten und einmündenden Gewässer geprägt ist. Bei der Fischfauna wäre z.B. als potenzielle Art die Finte (*Alosa fallax*) zu nennen, der hier aufgrund ihres Status als FFH-Art des Anhangs II eine besondere Schutzwürdigkeit zukommt. Ein sporadisches Auftreten einzelner Exemplare in den vorgelagerten Gewässern ist nicht auszuschließen und damit auch nicht gänzlich in den Häfen. Es liegen eine Reihe von Untersuchungen in den vorgelagerten Gebieten vor, die für eine grobe Einordnung der potenziellen Fischfauna und des Makrozoobenthos herangezogen werden können (z.B. Nehring et al. 2000, BioConsult 2006, NLWKN 2010, Dähnhardt et al. 2012). Auch sollte geprüft werden, inwieweit bestehende Gutachten zu einigen Häfen (Emden, Wilhelmshaven) oder zu Hafenteilen aus Genehmigungsverfahren und Umweltverträglichkeitsuntersuchungen ggf. für Hinweise genutzt werden können.

Ökologische Lebensgemeinschaften unterliegen saisonalen Veränderungen, die vor allem an die Wassertemperaturen sowie die damit einhergehende Nahrungsverfügbarkeit gekoppelt sind. Die Vegetationsperiode des Phytoplanktons liegt zwischen März und Oktober, was zugleich der „Hauptsaison“ des Zooplanktons entspricht. Auch die küstennahe Fischgemeinschaft unterliegt saisonalen Veränderungen (Dähnhardt et al. 2012), einhergehend mit spezifischen Reproduktions-, Aufwuchs- und Wanderzeiten. So wurden im Unterlauf der Ems z.B. Fischlarven der Heringsartigen (Clupeidae) vor allem im April angetroffen (S. Schulze, Pers. Mitteil.). Finten hingegen laichen temperaturabhängig v.a. von Anfang Mai bis Anfang Juni (BioConsult 2006).

3. Meerestmülleimer

3.1 Historie

Das „Seabin Project“ wurde 2015 in Australien entwickelt. Inzwischen werden weltweit über 860 Seabins in Hfen, Marinas und Flüssen eingesetzt. Insgesamt wurden weltweit bislang 2.633 t Mll gesammelt (Stand 08.02.2022).

Der Seabin stellt eine vergleichsweise gntige und einfache Methode dar, um in kleinem Maastab Mll von der Wasseroberflche ruhiger Gewsser zu entfernen.

Das „Seabin Project“ hat zum Ziel durch Wissenschaft, Technologie und vor allem auch Bewusstseinsbildung zu einer Lsung des Problems von Meerestmll beizutragen. Der Ansatz wurde inzwischen mit einer Vielzahl von Auszeichnungen gewrdigt (<https://seabinproject.com>, letzter Zugriff: 10.03.2022).

3.2 Einsatz in Deutschland

Der Seabin wird seit einigen Jahren auch in Deutschland eingesetzt, z.B. seit 2018 im Sportboothafen Arnis (gelegen an der Schlei in Schleswig-Holstein), seit 2020 in drei Seehfen in Niedersachsen (Betreiber NPorts), sowie seit 2021 im Seehafen Bremerhaven (Betreiber bremenports).

Fallbeispiel Niedersachsen

In Niedersachsen wurde der erste Seabin im Jahr 2020 eingesetzt. Inzwischen werden insgesamt sieben Seabins in den Hfen Cuxhaven (1), Emden (3) und Wilhelmshaven (3) von NPorts betrieben (Stand 2022, R. Hanisch, pers. Mitteilung). Der Einsatz der Seabin-Technologie soll die professionellen Abfallbeseitigungskonzepte von NPorts ergnzen. Seit November 2020 wurden insgesamt 987 Liter Kunststoff-Mllber die Meerestmllleimer gesammelt (Stand 09.02.2022). Standort- und wetterbedingt kann es erforderlich sein die Seabins temporär nicht einzusetzen.



Abbildung 1: Lage der von NPorts betriebenen Hfen. Markiert sind Hfen mit Meerestmllleimern (grüne Kreise) (Quelle: NPorts).

3.3 Beschreibung Meerestmllleimer

Der Seabin ist ein schwimmender Mllleimer, der mit einer Tauchpumpe ausgestattet ist, die beständig Wasser ansaugt und durch ein Auffangnetz leitet. Dabei bleiben Partikel im Fangbeutel (Maschenweite 2 mm) zurck und das Wasser fliebt zurck in das Hafenbecken. Zurckgehalten

werden z.B. große Mikroplastikpartikel von 2 – 5 mm, Mesomüll (>5 – 25 mm), sowie Makromüll (>25 mm) (Galgani et al. 2013).

Zusätzlich wird mit dieser Technologie Organik wie z.B. Algen und Blätter zurückgehalten. Optional können Seabins mit Ölpads ausgestattet werden, um so kleine Mengen an Öl abzuscheiden.

Bislang sind die Auswirkungen auf Meeresorganismen nach Kenntnis der Autoren noch nicht durch belastbare Daten überprüft worden.

Meeresmülleimer („seabins“)

Schwimmende Meeresmülleimer – auf Englisch auch „seabins“ genannt – tragen zur Bekämpfung von Meeresmüll in geschützten Gewässerbereichen bei, z.B. in kommerziellen großen Häfen, Marinas oder Sportboothäfen. Sie erzeugen einen Sog auf der Wasseroberfläche und fangen dabei schwimmende Abfälle auf. Ein Meeresmülleimer kann bis zu 20 kg Material aufnehmen.



© Christian Bruch

Neben Müll werden aber auch organische Materialien wie Blätter, Algen und Treibsel eingesogen. Inwieweit auch marine Organismen eingesogen werden, ist bislang nicht durch belastbare wissenschaftliche Daten untersucht worden.

Link: www.nports.de/nachhaltigkeit/projekte/seabin/

Quelle: Stybel et al (2022)

Einsatzort

Als Einsatzort ist ein guter Zugang zum Entleeren Voraussetzung. Er kann entweder fest installiert werden (z.B. an einer Kaimauer) oder an schwimmenden Pontons bzw. Schwimmstegen. Installiert an schwimmenden Pontons/Schwimmstegen bewegt sich der Meeresmülleimer mit dem Tidenhub bzw. variablen Wasserständen auf und ab.

Inwieweit Hafengebiete verschmutzt werden, hängt u. a. mit dem Wind und der Strömung zusammen, da diese Faktoren schwimmendes Material in bestimmte Hafenecken treiben und dort ansammeln. Der Meeresmülleimer sollte daher möglichst in speziellen „Problembereichen“ im Hafen installiert werden (Hanisch 2019).

Die maximale Strömungsgeschwindigkeit am Einsatzort sollte 1,5 Knoten nicht überschreiten und die Wellenhöhe sollte nicht über 0,3 Metern liegen. Unterhalb des Seabins sollte eine Wassersäule von 1,2 Metern auch bei niedrigen Wasserständen gewährleistet sein.

Häfen als relativ kontrollierbare Orte gestalten sich somit als optimale Umgebung für den Einsatz der Seabin-Technologie (Hanisch 2019).

Technische Daten

Der Meeresmülleimer benötigt eine Eintauchtiefe von mindestens 1,25 m. Das Ansaugen erfolgt über eine Tauchpumpe, die für eine Pumpleistung von 25.000 Liter pro Stunde (~ 7 L/s) ausgelegt ist. Die maximale Ansauggeschwindigkeit liegt bei 4 Knoten (7,41 km/h bzw. 2,06 m/s). Die Stromzufuhr erfolgt über einen Anschluss an eine 230-V-Steckdose. Die Stromstärke der Pumpe beträgt 2,5 A und die Leistung liegt bei 500 W. Die Länge des mitgelieferten Kabels ist 6 m. Es fallen Stromkosten in

Höhe von ca. 4,08 € basierend auf einem Preis von ca. 34 ct/kWh und einer Betriebsdauer von 24 h an (Stand Februar 2022).

Die innere Einsaugöffnung der eingesetzten Meerestümmeleimer hat einen Durchmesser von 50 cm, der äußere Rand von knapp 57 cm. Der Fangbeutel hat ein Fassungsvermögen von 20 L und kann bis zu 20 kg Material fassen. Die Maschenweite des eingesetzten Netzbeutels beträgt 2 mm. Es wird empfohlen, den Netzbeutel zweimal täglich zu kontrollieren und bei Bedarf zu entleeren. Der Meerestümmeleimer sollte regelmäßig kontrolliert und mindestens einmal im Monat intensiv gereinigt werden.

Die Fangmenge pro Tag ist vor allem abhängig von der Menge des im Hafen vorhandenen Mülls. Im Durchschnitt liegt die tägliche Fangmenge an den Standorten von NPorts bei rund 1,5 bis 4 kg (www.nports.de/media/hafenplus/Projekte/Seabin/NPorts-SEABIN-Broschuere.pdf, <https://bremenports.de/seabin-sammelt-plastik-aus-dem-kaiserhafen/>).

4. Untersuchungskonzept

Die Untersuchung legt den Fokus auf die Erarbeitung von ersten Hinweisen zu ökologischen Auswirkungen von Meerestümmeleimern. In diesem ersten Ansatz wird auf die Beprobung von Referenzstationen verzichtet, um die Studie nicht zu überfrachten. Für Spezifikationen zum generellen Fokus der Untersuchung wird auf Kapitel 1.4 verwiesen.

4.1 Untersuchungsstandorte

Die Zusammensetzung der Fauna variiert lokal in Abhängigkeit von den vorherrschenden Rahmenbedingungen, wie z.B. Salinität, Temperatur und Wasserqualität. In Tabelle 1 wird eine Übersicht der Charakteristika der Häfen gegeben, in denen aktuell bereits Meerestümmeleimer eingesetzt werden.

Um die Rahmenbedingungen in niedersächsischen Häfen an der Küste repräsentativ abzudecken, wird vorgeschlagen, die Untersuchungen in den Häfen von Emden und Wilhelmshaven durchzuführen. Diese beiden Häfen decken die beiden Extreme der vorliegenden Salinität ab. Darüber hinaus liegt der Emdener Hafen im Einzugsgebiet eines Flusses (Ems), während der Standort Wilhelmshaven vorrangig durch das Küstengewässer geprägt ist. Bei der Auswahl der Untersuchungsstandorte wurden auch Aspekte wie Zugänglichkeit der Anlagen für Dritte und deren Betreuung durch NPorts-Mitarbeiter vor Ort berücksichtigt.

In jedem der beiden Häfen erfüllt jeweils ein Meerestümmeleimer die erforderlichen Rahmenbedingungen bezüglich Zugänglichkeit. Pro Hafen ist somit jeweils ein Meerestümmeleimer in der Untersuchung zu berücksichtigen.

4.2 Untersuchungszeitraum

Im saisonalen Verlauf ist eine Veränderung der von den Auswirkungen von Meerestümmeleimern potenziell betroffenen Arten bzw. Artengruppen zu erwarten (vergl. Kapitel 2. Untersuchungsgebiet).

Um die Auswirkungen von Meerestümmeleimern auf die Fauna über die übliche Einsatzperiode der Tümmeleimer hinweg einschätzen zu können, wird empfohlen, mit der Untersuchung den Zeitraum vom Frühjahr bis zum Herbst repräsentativ abzudecken, vorzugsweise von April bis September. Auf diese Weise würde sichergestellt, dass auch potenziell vorkommende Larven der Heringsartigen erfasst würden. Es wird vorgeschlagen mindestens einen Erfassungstermin pro Monat pro Hafen vorzusehen.

Es sollte dabei darauf geachtet werden, dass die Erfassungstage repräsentativ den jeweiligen Monat abdecken. Bei einer Erfassung pro Monat wäre die Mitte des Monats zu empfehlen, bei mehr Erfassungen pro Monat ist der Zeitpunkt entsprechend anzupassen.

4.3 Probenahme

Anzahl Fänge pro Tag und Fangdauer

Aufgrund der Menge des vorkommenden Mülls ist eine Entleerung des Meerestümmeimers in Emden nach bisherigen Erfahrungen in der Regel mindestens zwei Mal pro Tag erforderlich, in Wilhelmshaven ist eine einzige Entleerung pro Tag ausreichend. Entsprechend sollte die Fangdauer im Rahmen der vorliegenden Untersuchung angepasst werden.

Um die Vergleichbarkeit der Fänge zu gewährleisten sollten in beiden Häfen zwei Fänge pro Tag durchgeführt werden. Die Fangdauer sollte möglichst lang sein und es wird eine Fangdauer von mindestens drei Stunden vorgeschlagen.

Zu erhebende Begleitdaten

Für jeden Fang werden folgende Rahmenparameter aufgenommen: Datum, Uhrzeit Fangbeginn und -ende, Tidephase, Wassertiefe, gefilterte Wassermenge, notwendige weitere abiotische Parameter, wie z. B. Sauerstoffkonzentration, Wassertemperatur und Leitfähigkeit, weitere Parameter zum Wetter, wie z. B. Windstärke und Windrichtung.

Der Messung der gefilterten Wassermenge bzw. dessen Volumen (m^3) kommt eine besondere Bedeutung zu, da darüber die verschiedenen Fänge später standardisiert werden (Anzahl oder Gewicht der zu untersuchenden Fraktionen des Fangs/ m^3). Die Ermittlung des Wasservolumens ist daher elementar. Wie dies erfolgen soll, ist über einen Praxistest zu ermitteln. Als potenziell geeignete Optionen werden hier z. B. eine Wasseruhr zwischen Sackende und Pumpe oder ein Strömungsmesser am Sackeinlass gesehen.

Vorgehen Probenahme

Der Fangbeginn ist der Zeitpunkt, an dem der Meerestümmeimer im Wasser ist und die Pumpe eingeschaltet wird. Das Fangende ist der Zeitpunkt, zu dem der Meerestümmeimer ausgeschaltet und aus dem Wasser genommen wird.

Der Meerestümmeimer wird zu Beginn des Fangs mittels Wasserschlauch gut gesäubert, um am Netz anhaftende Tiere, Algen und Verstopfungen gründlich zu entfernen.

Am Ende des Fangs wird der Meerestümmeimer über ein Sieb mit einer Maschenweite von 1 mm konzentriert. Die am Netz anhaftenden Organismen werden gründlich mit Seewasser in das Sieb gespült (mittels Schlauch). Alle am Netz anhaftenden Partikel sollen ausgespült sein.

Insgesamt sind anschließend folgende Fraktionen des Fangs zu bearbeiten:

- Müll (Makro-, Meso- und größeres Mikromüll)
- Organik (z.B. Federn, Treibsel, Totholz)
- Fischfauna (Fische und Fischlarven)
- Epifauna des Makrozoobenthos
- Zooplankton, Fokus Quallen

Der Makro- und Mesomüll (alle visuell erkennbaren Müllteile > 5 mm), die Organik, die Fische, das größere Makrozoobenthos (mobile Epifauna) und Quallen werden aus dem Sieb entnommen und dabei mit Seewasser abgespritzt (mittels Spritzflasche), um ggf. anhaftende Organismen in das Sieb zu spülen. Alternativ kann ein grobmaschiges Sieb verwendet werden, um die großen von den kleinen Fraktionen zu trennen. Die genannten Kategorien werden getrennt und zur weiteren Analyse verwahrt, z.B. in einer Tüte oder Schale. Die weitere Analyse kann vor Ort erfolgen. Alternativ ist es möglich, die weitere Bestimmung im Labor vorzunehmen.

Der verbleibende Teil des Fangs enthält eine Mischung verschiedener Fraktionen, die aufgrund ihrer geringen Größe vor Ort nicht weiter ausgewertet werden können. Er setzt sich überwiegend aus Fischlarven, größerem Mikroplastik, kleinerer mobiler Epifauna des Makrozoobenthos und Zooplankton zusammen. Diese Mischung wird in eine Probeflasche überführt (z. B. 1 L Kautex). Das Sieb wird gut mit der Spülflasche ausgespült, um alle Partikel zu erfassen. Die Probe wird in 5% Formol konserviert, alternativ in 96%iges Ethanol. Die weitere Bearbeitung der Probe erfolgt im Labor.

Die einzelnen Schritte sind in der Praxis zu erproben und ggf. zu optimieren.

4.4 Datenerhebung

Es wird empfohlen, folgende Kategorisierung und Datenerhebung der Bestandteile des Fangs vorzunehmen:

Fische

Die Fische werden bis zur Art taxonomisch bestimmt (soweit wie möglich), gezählt und die Gesamtbiomasse (Feuchtgewicht) pro Art erfasst. Die Totallänge ist auf 1 cm (below) genau zu messen, ggf. in repräsentativen Unterproben.

Weiterhin wird empfohlen, den Gesundheitszustand der Fische zu erfassen, anhand von vorab festzulegenden Kriterien, wie z. B. tot, lebend, Pilzbefall, fehlende Schuppen, äußere Verletzungen. Der Fokus liegt darauf, eingesogene Totfunde zu identifizieren und darüber hinaus durch den Seabin hervorgerufene Verletzungen zu registrieren, die zu einer Beeinträchtigung des Gesundheitszustands der Fische geführt haben.

Fischlarven

Die Fischlarven werden im Labor mittels Mikroskop bis zur bestimmbaren taxonomischen Ebene (Familie, Gattung, Art) bestimmt, und gezählt. In anderen Untersuchungen zu Fischlarven (in der Weser) wurden pro Fangtermin i.d.R. um die vier Arten angetroffen (BioConsult 2006), sodass der Aufwand für die taxonomische Analyse überschaubar sein sollte.

Makrozoobenthos

Alle mit dem Auge erkennbaren Organismen werden möglichst vor Ort taxonomisch bis auf Artebene bestimmt, soweit möglich, und gezählt. Es wird davon ausgegangen, dass es sich um wenige Individuen und überwiegend um eine beschränkte Anzahl unterschiedlicher Arten der mobilen Epifauna handeln wird. Gegebenenfalls ist die taxonomische Bestimmungstiefe den Gegebenheiten anzupassen oder eine repräsentative Unterprobe zu bearbeiten.

Zooplankton

Die Berücksichtigung des Zooplanktons beschränkt sich auf größere Quallen. Quallen (z.B. Ohrenqualle *Aurelia aurita*) werden vor Ort gezählt und gewogen. Das übrige Zooplankton wird nicht taxonomisch untersucht, optional könnte die Gesamtbiomasse erhoben werden.

Makro- und Mesomüll (> 5 mm)

Die größeren Müllteile werden möglichst vor Ort ausgewertet. Es wird darauf hingewiesen, dass Müllteile aus bearbeitetem Holz als Teil des Mülls zu erfassen sind, während Totholz Teil des organischen Materials (s.u.) ist. Die Müllteile werden mittels Messung auf Millimeterpapier in die Makro- (> 25 mm) und Mesomüllfraktionen (> 5 - 25 mm) unterteilt (Haseler et al. 2020). Die Kategorisierung der Müllteile erfolgt in Anlehnung an die J-Liste der „Joint List of Litter Categories for Marine Macrolitter Monitoring“ (Fleet et al. 2021) bzw. deren deutsche Übersetzung (Schulz et al. In Press). Pro Kategorie wird die Anzahl der Müllteile pro Müllkategorie ermittelt und das Gesamtgewicht (Feuchtgewicht) pro Kategorie erhoben.

Mikromüll (2 – 5 mm)

Die Auswertung der Probe erfolgt im Labor. Die Mikroplastikpartikel werden von potenziell verbleibenden Mesolitterpartikeln über Messungen auf Millimeter-Papier getrennt (für Details siehe Haseler et al. 2020). Es werden aufgrund ihrer Eigenschaften optisch ähnliche Partikel gruppiert (z.B. Folie/Hartplastik, Stücke bzw. Fetzen/Fäden/Kugeln oder ggf. auch nach Farben) und die Anzahl pro Gruppe ermittelt. Eine spätere chemische Analyse ist aufgrund der vorherigen Konservierung in 5% Formol nicht möglich.

Organik

Das organische Material wird nach durch den/die Probenehmer:in festzulegenden Erfassungskriterien unterteilt, z. B. Federn, Algen (Rot-/ Grün-/Braunalgen), Seegras, Falllaub, Totholz und Treibsel. Für jede Kategorie wird die Anzahl und das Feuchtgewicht ermittelt. Die Datenerhebung erfolgt möglichst vor Ort.

Überblick

In Tabelle 2 wird ein Überblick über die Vorschläge der zu erhebenden Parameter aufgelistet. Es wird davon ausgegangen, dass ein Teil der Kategorien der Proben aus den Fängen nach ein wenig Einarbeitung bereits vor Ort bestimmt werden kann, z. B. Fische, Makrozoobenthos, Quallen, Makro- und Mesomüll, sowie die Organik. Im Labor werden Fischlarven und Mikromüll bestimmt.

Tabelle 2: Überblick Datenerhebung

Kategorie	Abundanz	Biomasse	Taxonomische Ebene	Ort der Bestimmung
Fische	x	x (FG)	Artebene, soweit wie möglich, Länge/Individium, Abundanz/Art, Biomasse/Art	vor Ort (soweit möglich)
Fischlarven	X	-	Artebene, soweit wie möglich. Ansonsten bis zur bestimmbaren Ebene (z.B. Familie, Gattung)	Labor
Makrozoobenthos (mobile Epifauna)	X	-	Artebene, soweit wie möglich	vor Ort (soweit möglich)
Zooplankton (Quallen)	x	x (FG)	für das Großtaxa „Quallen“: Anzahl Individuen und Gesamtbiomasse pro Fang (restliches Zooplankton: optional Gesamtbiomasse)	vor Ort
Makromüll	x	X (FG)	Kategorisierung nach J-Liste Fleet et al. 2021, Schulz et al. Prep.).	vor Ort (soweit möglich)
Mesomüll (> 5 – 25 mm)	x	X (FG)	Kategorisierung nach J-Liste Fleet et al. 2021, Schulz et al. Prep.).	vor Ort (soweit möglich) & Labor
Mikromüll (hier 2 - 5 mm)	x	-	Gruppierung ähnlicher Teile (z.B. Folienstücke, Farbpartikel, Hartplastik, Microbeads, Styroporkugeln, etc.)	Labor
Organik	x	X (FG)	Gruppierung ähnlicher Teile (z.B. Federn, Algen, Seegrass, Laub, Totholz, Treibsel, etc.).	vor Ort (soweit möglich)

5. Auswertung

Insgesamt werden Fänge aus zwei Häfen erhoben, die ein bzw. zwei Mal pro Monat beprobt wurden über einen Zeitraum von sechs Monaten, jeweils mit zwei Fängen pro Fangtag. Insgesamt liegen damit 24 Proben der Auswertung zugrunde (bei einem Fang pro Monat).

Alle Fänge werden über das befischte Wasservolumen pro Fang standardisiert.

Die Daten werden im Hinblick auf die eingangs in Kapitel 1.4 formulierten Zielsetzungen ausgewertet. Die Ergebnisse sollen einen Überblick über die betroffenen Tierarten und erfassten Müllkategorien geben sowie räumliche und zeitliche Unterschiede bzw. Veränderungen aufzeigen. Nach Bedarf soll ein möglicher Zusammenhang zwischen Gesamtfang und Zusammensetzung und physischem Zustand der gefangenen Fauna betrachtet werden.

Die darauf basierende Einordnung der Ergebnisse erfolgt zum einen über einen Abgleich mit dem Gefährdungsstatus der Arten, z.B. über die Rote Liste, den FFH-Arten oder die nach BNatSchG geschützten Arten. Darüber hinaus werden die qualitativen und quantitativen Ergebnisse anhand vorhandener Literatur eingeordnet, um potenzielle ökologischen Auswirkungen einzuschätzen.

Auf Basis der Ergebnisse wird zu entscheiden sein, ob Hinweise auf eine deutliche ökologische Beeinträchtigung der Hafengebiete durch Meeresmülleimer vorliegen oder ob der Einsatz von Meeresmülleimern unter ökologischen Gesichtspunkten in Häfen als unbedenklich eingestuft werden kann.

Literaturverzeichnis

BMU (2018a): Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018. Aktualisierung der Anfangsbewertung nach § 45c, der Beschreibung des guten Zustands der Meeresgewässer nach § 45d und der Festlegung von Zielen nach § 45e des Wasserhaushaltsgesetzes zur Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie. 191 S.

BMU (2018b): Zustand der deutschen Ostseegewässer 2018. Aktualisierung der Anfangsbewertung nach § 45c, der Beschreibung des guten Zustands der Meeresgewässer nach § 45d und der Festlegung von Zielen nach § 45e des Wasserhaushaltsgesetzes zur Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie. 194 S.

BMZ (2021): Die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. URL: https://www.bmz.de/de/themen/2030_agenda/.

BioConsult (2006). Untersuchungen zur Reproduktion der Finte (*Alosa fallax fallax*, Lacépède 1803) in der Unterweser. Bericht erstellt im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamts Bremerhaven. <https://docplayer.org/75435919-Untersuchungen-zur-reproduktion-der-finte-alosa-fallax-fallax-lacepede-1803-in-der-unterweser.html>

CBD – Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2016). Marine Debris: Understanding, Preventing and Mitigating the Significant Adverse Impacts on Marine and Coastal Biodiversity, Montreal, Technical Series No. 83, 78 pages

Dänhardt, A. & Vorberg, R. (2012) Die räumlich-zeitliche Variabilität der Fischfauna im Wattenmeervor dem Hintergrund der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie. Analyse von Fischmonitoringdaten aus der Jade und dem Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer. Fachgutachten im Auftrag des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz und des Landesbetriebes für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein. Buchholz in der Nordheide, 31. Juli 2012, 92 Seiten.

EU-COM. 2008b. Directive 2008/56/EC of the European parliament and of the council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:164:0019:0040:EN:PDF>

EU-COM. 2010. Commission decision of 1 September 2010 on criteria and methodological standards on good environmental status of marine waters. (2010/477/EU).

Europäische Kommission (2018). Meeresabfälle nach Kategorie, https://www.europarl.europa.eu/resources/library/images/20181011PHT15766/20181011PHT15766_original.png (Zugriff: 03.01.2020)

Fleet, D., Vlachogianni, Th. und Hanke, G. (2021). A Joint List of Litter Categories for Marine Macrolitter Monitoring. EUR 30348 EN, Publications Office of the European Union, Luxemburg, 2021, ISBN 978-92-76-21445-8, doi:10.2760/127473, JRC121708

Galgani, F., Hanke, G., Werner, S., Oosterbaan, L., Nilsson P., Fleet, D., Kinsey S., Thompson, R., van Franeker, J., Vlachogianni, T., Scoullou, M., Veiga, J., Palatinus, A., Matiddi, M., Maes, T., Korpinen, S., Budziak, A., Leslie, H., Gago, J., Liebezeit, G. (2013). Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas. MSFD Technical Subgroup on Marine Litter. 128 p. <https://mcc.jrc.ec.europa.eu/documents/201702074014.pdf>

Grid Arendal (2021): UNEA Resolutions on Marine Litter. URL: <https://unea.marinelitter.no/>.

Hanisch, R. (2019). Die Umsetzungsmöglichkeiten des "Seabin Project" an den landeseigenen Seehäfen Niedersachsens. Bachelorarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Engineering (B.Eng.). Angefertigt im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen – Bauwirtschaft des Fachbereichs Bauwesen der Jade Hochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth am Standort Oldenburg. S. 96

IMO MEPC 73 (2018): "Resolution MEPC.310(73)". Action plan to adress marine litter from ships

IMO MEPC 74 (2019): "MEPC 74- WP.10." Follow-up work emanating from the action plan to address marine plastic litter from ships.

IMO (2021): Introduction to IMO. URL: <https://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx> (gesehen am: 01.02.2021).

Haseler, M, Balciunas, A., Hauk, R., Sabliauskaite, V., Chubareno, I., Schernewski, G. (2020). Marine Litter Pollution in Baltic Sea Beaches – Application of the Sand Rake Method. *Front. Environ. Sci*, doi: doi.org/10.3389/fenvs.2020.599978

HELCOM 2015, Regional Action Plan for Marine Litter in the Baltic Sea. 20 pp. URL: <https://helcom.fi/media/publications/Regional-Action-Plan-for-Marine-Litter.pdf>

HELCOM 2021. HELCOM Recommendation 42-13/3 on the Regional Action Plan on Marine Litter. URL: <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/12/HELCOM-Recommendation-42-43-3.pdf>

Mouat, J., Lozano, R. L. & Bateson, H. (2010). Economic Impacts of marine litter. KIMO International, pp. 105. Retrieved November 29, 2013

Nehring, S., Leuchs, H. (2001). Das BfG-Ästuarmonitoring in Eider, Elbe, Jade und Weser. Jahresbericht 2000. S. 93-95.

NLWKN (2010). Umsetzung der EG-WRRL – Bewertung des ökologischen Zustands der niedersächsischen Übergangs- und Küstengewässer (Stand: Bewirtschaftungsplan 2009) Küstengewässer und Ästuare 1/2010. 59 S.

OSPAR Commission 2014. Marine Litter Regional Action Plan. URL: <https://www.ospar.org/documents?v=34422>

Schäfer, E, Scheele, U. & Papenjohann, M. (2019): Erfassung der Quellen der Mülleinträge ins Meer an der deutschen Nordseeküste: Praxisanwendung der Matrix-Scoring-Methode. Bericht erstellt im Auftrag des NLWKN und des LKN-SH.

Schulz, M., Dau, K., Fleet, D.M. und Gräwe, D. (in Prep.). Harmonisierte Erfassungsprotokolle für Müll am Strand auf Grundlage der „Joint List of Litter Categories“. Runder Tisch Meeresmüll, AG Seebasierte Einträge.

Stybel, N., Effelsberg, N., Dau, K. (2022). Hinweise zur Durchführung von küstennahen umweltgerechten Müllsammelaktionen: Best-Practice-Beispiele. Runder Tisch Meeresmüll, AG Seebasierte Einträge. S. 22. <https://muell-im-meer.de/ergebnisse/hinweise-zur-durchfuehrung-von-kuestennahen-umweltgerechten-muellsammelaktionen-best>

Tekman, M.B., Gutow, L., Macario, A., Haas, A., Walter, A., Bergmann, M. (2021): Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung. AWI-Litterbase. (abgerufen am 14.12.2021), https://litterbase.awi.de/interaction_detail

Werner, S., Budziak, A., van Franeker, J., Galgani, F., Hanke, G., Maes, T., Matiddi, M., Nilsson, P., Oosterbaan, L., Priestland, E., Thompson, R., Veiga, J. and Vlachogianni, T. (2016): Harm caused by Marine Litter. MSFD GES TG Marine Litter Thematic Report. JRC Technical report. 92 p. EUR 28317 EN; DOI: 10.2788/69036