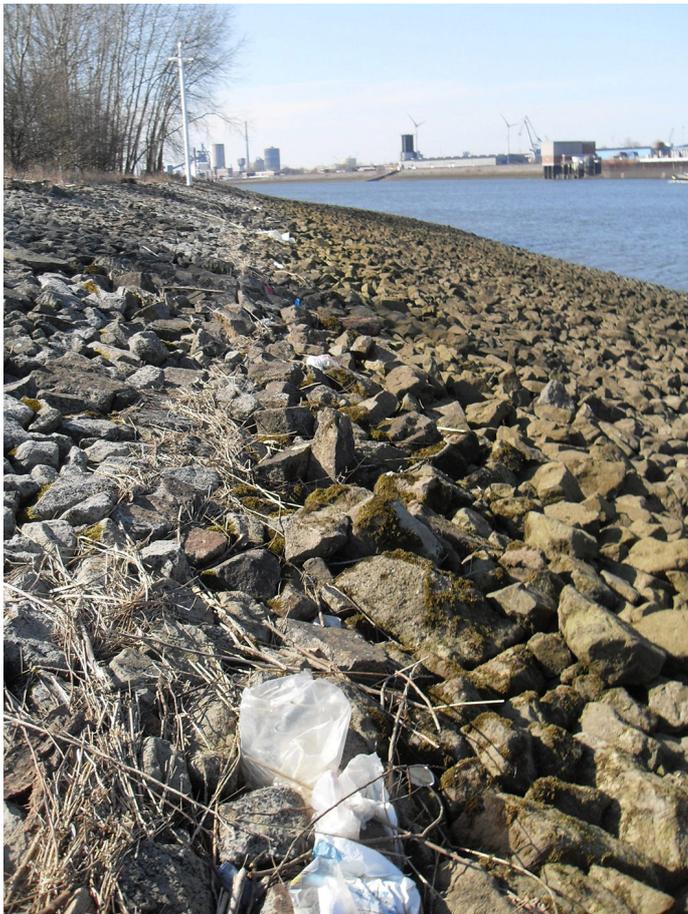


Müll in der Nordsee – Pilotprojekt zur Relevanz des Eintragspfades Ästuar am Beispiel der Unterweser

Untersuchung vor dem Hintergrund der
Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL)



Auftraggeber:
Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr
Freie Hansestadt Bremen

31. Juli 2013

Auftraggeber: Freie Hansestadt Bremen
Der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa
Ansgaritorstraße 2
28195 Bremen

Titel: Müll in der Nordsee – Pilotprojekt zur Relevanz des Eintragspfades
Ästuar am Beispiel der Unterweser
Studie vor dem Hintergrund der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie
(MSRL)

Auftragnehmer: BIOCONSULT
Schuchardt & Scholle GbR

Reeder-Bischoff-Str. 54
28757 Bremen
Telefon 0421 · 620 71 08
Telefax 0421 · 620 71 09

Klenkendorf 5
27442 Gnarrenburg
Telefon 04764 · 92 10 50
Telefax 04764 · 92 10 52

Internet www.bioconsult.de
eMail info@bioconsult.de

Bearbeiter: Dr. Bastian Schuchardt (BioConsult)
Dipl.-Biol. Svenja Beilfuß (BioConsult)

Mit Beiträgen von:
Kapt. Thomas Reincke (IMTRES)
Dipl.-Umweltwiss. Oliver Hofmann (BUND)
Dipl.-Meeresbiol. Nadja Ziebarth (BUND)
Prof. Dr. Gerd Liebezeit (MarChemConsult)
M.Sc. Fatehi Dubaish (MarChemConsult)

Datum: 31. Juli 2013

Inhalt

Zusammenfassung	7
1. Hintergrund und Ziel	10
1.1 Müll in der Nordsee als Umweltproblem.....	11
1.2 Müll und Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie.....	14
2. Ansatz und Methodik	15
2.1 Makromüll	15
2.2 Mikromüll	17
2.3 Übersicht Probenahmen und Bearbeitung.....	18
3. Betrachtungsraum	20
4. Makromüll	21
4.1 Eintragspfad Oberwasser.....	21
4.1.1 Methoden Rechengut	21
4.1.2 Ergebnisse Rechengut.....	22
4.2 Austragspfad Treibselentfernung	22
4.2.1 Methoden Treibselentfernung	22
4.2.2 Ergebnisse Treibsel	22
4.3 Austragspfad Verbleib im Vorland	23
4.3.1 Methoden Verbleib im Vorland	23
4.3.2 Ergebnisse Müll Verbleib im Vorland.....	23
4.4 Akkumulationsort MThw-Linie (Strand).....	24
4.4.1 Methoden Strandsammlungen	24
4.4.2 Ergebnisse Strandsammlungen	27
4.5 Transportpfad Wassersäule	35
4.5.1 Methoden Wassersäule.....	35
4.5.2 Ergebnisse Wassersäule	35
5. Mikropartikel	37
5.1 Mikroplastik in der Wassersäule	37
5.1.1 Methoden Mikroplastik Wasser.....	37
5.1.2 Ergebnisse Mikroplastik Wasser	37
5.2 Mikroplastik im Sediment.....	39
5.2.1 Methoden Mikroplastik Sediment.....	39
5.2.2 Ergebnisse Mikroplastik Sediment	39
5.3 Mikroplastik in Fischmägen	40
5.3.1 Methoden Mikroplastik Fische	40
5.3.2 Ergebnisse Mikroplastik Fische	40
6. Diskussion, Schlussfolgerungen und Hinweise	42
6.1 Welche Bedeutung hat das Weserästuar als Eintragspfad?	42
6.2 Diskussion von Ansatz und Methoden.....	44
6.3 Hinweise zu weiterführenden Untersuchungen.....	46
6.4 Hinweise zur Minderung des Mülleintrags in das Weserästuar	47
Literatur.....	50

Anhang 1 53
Anhang 2 54
Anhang 3 55

Abbildungen und Tabellen

Abb. 1:	Blässhuhn auf Müll nistend (links, Quelle: Svenja Beilfuß) und von Fischereinetz strangulierter Seehund (rechts, Quelle: Salko de Wolf, EcoMare).....	13
Abb. 2:	Die Orte der Probenahmen (grau) dieser Studie im Weserästuar (Probenahmeorte Wassersäule Mikropartikel Transekte nicht abgebildet).	18
Abb. 3:	Geltungsbereich MSRL Nordsee.....	20
Abb. 4:	Die Weser beim Kraftwerk Dörverden (links) und die Rechenanlage (rechts) (Quelle: Anhang 1).	21
Abb. 5:	Die Lankenauer Weserinsel von oben mit der erfassten Strecke (gelb markiert; links) und das mit einer Steinschüttung befestigte Ufer (rechts) (Quelle: Anhang 2).	25
Abb. 6:	100 m-Strecke an den Spülsäumen der Juliusplate (Quelle: Anhang 1).....	25
Abb. 7:	Anfangs- und Endpunkt der Sammelstrecke auf dem Harriersand (Quelle: Anhang 1).	26
Abb. 8:	Sammelstrecke am Deichsicherungsweg in Bremerhaven (Quelle: Anhang 1).	26
Abb. 9:	Das gemittelte Gewicht der gefunden Müllmenge von vier Strandsammlungen über ein Jahr (Lankenauer Weserinsel sechs Sammlungen, ohne große Holzteile).....	27
Abb. 10:	Das mittlere Müllgewicht der Strandsammlungen über das Jahr verteilt (Juliusplate, Harriersand und Bremerhaven ohne vorherige Grundreinigung; Lankenauer Weserinsel ohne große Holzteile).	28
Abb. 11:	Die durchschnittliche Anzahl der gefunden Müllteile von vier Strandsammlungen über ein Jahr (Lankenauer Weserinsel sechs Sammlungen, Juliusplate 2. Sammlung ohne Zigarettenstummel).	29
Abb. 12:	Der durchschnittliche Anteil der Müllfraktionen nach der Anzahl der Müllteile auf einem Kilometer Weserstrand bei vier Strandsammlungen pro Ort in einem Jahr (Lankenauer Weserinsel sechs Sammlungen pro Jahr).	30
Abb. 13:	Der durchschnittliche Anteil der Müllfraktionen nach Gewicht der Müllteile auf einem Kilometer Weserstrand bei vier Strandsammlungen pro Ort in einem Jahr (Lankenauer Weserinsel sechs Sammlungen pro Jahr, jedoch ohne große Holzteile).	31
Abb. 14:	Die durchschnittlichen Anteile der Verursachergruppen hervorgehend aus den Strandsammlungen auf der Juliusplate, dem Harriersand und dem Seedeich bei Bremerhaven (Von Land: Herkunft nicht immer eindeutig; Quelle: Anhang 1).....	32
Abb. 15:	Lose Folien am Neustädter Hafen (links) und zwei Rohverpackungen Gemüsepfannen (rechts) (Quelle: Anhang 2).	32
Abb. 16:	Grobe Zuordnung der auf der Lankenauer Weserinsel gefundenen Müllanzahl zu möglichen Quellen (Quelle: Anhang 2).	33
Abb. 17:	Der Müll beider Hols in Bremerhaven im Mai (links) und September 2012 (rechts) (Quelle: Anhang 1).	35

Abb. 18:	Der Müll beider Hols in Farge im Mai (oben, links: Ebbe, rechts: Flut) und September 2012 (unten) (Quelle: Anhang 1).	36
Abb. 19:	Die Mittelwerte der Mikroplastikmassen im Juli-Transekt 2012 mit Standardabweichung (Quelle: Anhang 3).	38
Abb. 20:	Mantatrawler (links, Quelle: C-MORE) für die Wasseroberfläche und Ponton-Beprobungsgerät von TWEEHUYSEN (2013) mit einem Oberflächennetz und einem Suspensionsnetz darunter (rechts).	45
Tab. 1:	Übersicht über die Untersuchungsmethoden und ihre räum- und zeitliche Verteilung (hellgrün = Probenahme).	18
Tab. 2:	Die bei Strandsammlungen der Anzahl nach am häufigsten vorgefundenen Gegenstandsgruppen (teils nach Gebrauchsgegenständen zusammengefasste OSPAR-Gruppen).	34
Tab. 3:	Anzahl der Mikropartikel in einem Liter Probenwasser als Mittelwert der in der Unterweser genommenen Proben (Wassersäule Probennahme November 2012, Kläranlage Probennahmen Juli und Oktober 2012; s. Anhang 3).	38
Tab. 4:	Mikroplastikzusammensetzung in 5 g Oberflächensedimenten an 5 Probenahmestellen (s. Anhang 3).	40

Zusammenfassung

Das Ziel der Europäischen Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) ist es, einen guten Zustand der Meeresumwelt bis zum Jahr 2020 zu erreichen. Der "Gute Umweltzustand" schließt auch den Aspekt Müll im Meer ein. Bislang sind Art und Menge des aus den Ästuaren in die Nordsee eingebrachten Mülls weitestgehend unklar. Vor dem Hintergrund der Umsetzung der MSRL in Deutschland hat der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr der Freien Hansestadt Bremen das Büro Bio-Consult Schuchardt & Scholle 2012 mit einer Pilotstudie zu Vorkommen, Verteilung und Transportpfaden von Müll sowie möglichen Erfassungsmethoden im inneren Weserästuar, der Unterweser, beauftragt. Die Studie wurde in Zusammenarbeit mit IMTRES (Kapt. T. Reincke), MarChemConsult (Prof. Dr. G. Liebezeit; M.Sc. F. Dubaish) und dem BUND Landesverband-Bremen Umweltdienstleistungsgesellschaft mbH (Dipl.-Umweltwiss. O. Hofmann; Dipl.-Meeresbiol. N. Ziebarth) erstellt. Die Einzelberichte, für die die jeweiligen Autoren die Verantwortung tragen, sind dieser Studie als Anhang beigelegt.

Die Studie soll eine erste Orientierung liefern, ob, wie und in welchem Umfang auch die Mülleinträge aus den Ästuaren bei einem zukünftigen Monitoring im Rahmen der MSRL berücksichtigt werden sollten.

Dazu ist ein Probenahmedesign entwickelt und exemplarisch umgesetzt worden, das versucht verschiedene Transportpfade von Makromüll und Mikroplastik in der Unterweser qualitativ und quantitativ abzuschätzen. Zur Untersuchung des Makromülls wurden 4 mal über ein Jahr der „Eintragspfad Oberwasser“ über das Rechengut am Kraftwerk in Dörverden und der „Akkumulationsort MThw-Linie“ über Strandsammlungen an 3 Lokationen erfasst. Als Sonderuntersuchung wurde 6 mal auf der stadtnahen Lankenauer Weserinsel das Müllaufkommen erfasst. Die Betrachtung des „Transportpfads Wassersäule“ erfolgte mittels Hamennetz und die Beprobung der (potentiellen) „Austragspfade Treibselentfernung“ und „Verbleib im Vorland“ wurden einmalig im Frühjahr nach der Sturmflutzeit durchgeführt. Die Untersuchungen erfolgten soweit möglich entsprechend OSPAR-Protokoll, wobei zusätzlich das Gewicht und Volumen des Mülls aufgenommen wurde. Der untersuchte Müll wurde nach Abschluss der Untersuchung fachgerecht entsorgt. Die Erfassung des Mikroplastiks beinhaltete den „Eintragspfad Kläranlage“, den „Transportweg Wassersäule“, den (potentiellen) „Ablagerungsort Sedimente“ und den möglichen „Wirkort Fischmägen“ anhand post-larvaler Finten und Stinte.

Makromüll

Der **Eintrag von Oberstrom** kann an den Rechenanlagen der Kraftwerkseinläufe grundsätzlich gut erfasst werden; es sind dazu allerdings Vereinbarungen mit dem Betreiber erforderlich. Durch die Rechenanlagen werden größere Mengen von Müll aus dem System entfernt. An Wehren wo kein Rechengut anfällt, sollte geprüft werden, ob die Möglichkeit besteht Rechengut aus dem Gewässer zu entfernen.

Die **Ufersammlungen** zeigen sowohl eine starke zeitliche als auch räumliche Variabilität hinsichtlich Zusammensetzung und Quantität des Mülls; der Plastikmüll macht ca. 82% der Müllteile aus.

Als wesentliche Quellen konnten individueller Wegwurf¹ und Verwehungen identifiziert werden. Die Hochwasserlinie stellt nur einen temporären Akkumulationsort dar; die weiteren Transportwege sind unklar. Im Vergleich mit Strandsammlungen an der Nordseeküste (durchschnittlich 712 Teile/100 m) zeigen die Ergebnisse für die Unterweser eine deutlich geringere Müllakkumulation (durchschnittlich 85 Teile/100 m). Es war zu erkennen, dass Richtung Nordsee der Müllanteil der Verursachergruppe „Seeschiff“ zunahm. Die OSPAR-Methodik, mit der die Strandsammlungen an der Küste erfolgen, ist auch im Ästuar anwendbar; eine zusätzliche Erfassung von möglichen Quellen und Gewicht ist empfehlenswert, wenn der Aufwand vertretbar ist.

Die **Sonderuntersuchung** auf der **Lankenauer Weserinsel** war Teil der Ufersammlungen, spiegelte jedoch zusätzlich den Mülleintrag der Großstadt Bremen und der angrenzenden Häfen wider. Die Zusammensetzung der Müllfraktionen sowie der Anteil der verschiedenen Quellen des Mülls blieb über das Jahr gesehen weitgehend konstant. Trotz der saisonal detaillierteren Erfassung konnte eine vermehrte Erholungsnutzung im Sommer nicht aufgezeigt werden; die winterlichen Kohltouraktivitäten spiegelten sich jedoch in der Zusammensetzung des Glasmülls wider.

Die **Treibselsammlungen** zeigen, dass das am Deichfuß akkumulierte Treibsel größere Mengen an Müll enthält. Durch die Treibsel-Räumung der Deichverbände werden erhebliche Müllmengen aus dem Ästuar entfernt und erreichen damit nicht die Nordsee.

Die Erfassung des **Mülls im Vorland** nach der Sturmflutsaison hat gezeigt, dass im landwirtschaftlich genutzten und (stärker) im ungenutzten Vorland Müll längerfristig oder dauerhaft verbleibt. Die weiteren Transportwege dieses Mülls sind unklar.

Der Transport in der **Wassersäule** kann mit einem kommerziellen Hamenkutter gut erfasst werden; obwohl die transportierten Müllkonzentrationen relativ gering sind, summiert sich der jährliche Austrag zu einer größeren Menge. Der Transport bodennah und an der Oberfläche (ein vermutlich quantitativ wichtiger Pfad) konnte mit dem kommerziellen Hamenkutter nicht erfasst werden; für eine systematische Untersuchung müssten spezielle Beprobungsgeräte gefertigt werden.

Die Ergebnisse der orientierenden Untersuchung zu Transportwegen von Plastikmüll im inneren Weserästuar zeigen insgesamt, dass größere Mengen im System vorhanden sind. Dabei besteht ein Austausch zwischen verschiedenen Systemkompartimenten (Wassersäule, Strand, Vorland u.a.). Der Eintrag erfolgt nur zum kleineren Teil von Oberstrom, der größere Teil, ohne dass dieser quantifiziert werden kann, erfolgt über individuellen Wegwurf und Verwehungen. Die MThw-Linie ist ein überwiegend temporärer Ablagerungsort für Plastik; das Vorland scheint sowohl temporärer als auch längerfristiger Ablagerungsort zu sein. Über die aus Gründen der Deichsicherheit erfolgende Treibselentfernung werden größere Mengen Plastikmüll aus dem System entfernt; dies gilt auch für die Entsorgung von Rechengut an den Kraftwerkseinläufen Oberstrom. Der Austrag aus dem System in die Nordsee erfolgt über den Transportpfad Wassersäule. Die Untersuchung ergibt entsprechend ihres orientierenden Charakters nur erste Hinweise auf die quantitative Relevanz der verschiedenen Pfade.

Insgesamt wird jedoch deutlich, dass das Ästuar einerseits eine gewisse Filterfunktion hat, in dem besonders an der Oberfläche transportierter Müll mit dem Treibsel akkumuliert und entfernt wird

¹ Definition individueller Wegwurf: Aktiver Wegwurf oder passives Liegenlassen durch einzelne Personen oftmals durch strukturelle Schwächen im öffentlichen Abfallmanagement begünstigt.

(in der Größenordnung könnte diese Menge etwa der von Oberstrom in das Ästuar transportierten entsprechen). Andererseits findet auch im inneren Ästuar ein nicht unerheblicher Mülleintrag statt. Grundsätzlich ist der hier entwickelte Ansatz geeignet, für eine Bilanzierung geeignete Daten zu generieren.

Die orientierende Erfassung des Makromülls hat gezeigt, dass die Betrachtung der einzelnen Probenahmeorte zu recht unterschiedlichen Ergebnissen führt, in denen sich die spezifischen örtlichen Bedingungen widerspiegeln. Ein repräsentatives Ergebnis erfordert also immer die Untersuchung mehrerer Probenahmeorte. Durch die Erfassung von 4 hinsichtlich mehrerer Faktoren unterschiedlicher Standorte ist es für die Strandsammlungen plausibel, dass sie in ihrer Gesamtheit Hinweise auf Zusammensetzung und Mengen des Strandmülls liefern, die grundsätzlich auch auf die benachbarten Ästuarie übertragen werden können.

Mikroplastik

Die erstmalige Untersuchung von Mikroplastik im inneren Weserästuar zeigt, dass in allen untersuchten Matrices (Wassersäule, Sediment, Mägen juveniler Fische) der Unterweser Mikroplastik vorhanden ist. Die Quellen für das Mikroplastik sind unklar; die Bremische Kläranlage Seehausen scheint jedoch kein hervorgehobener Eintragspfad zu sein. Die Dichte der Partikel im Ästuarlängsschnitt (Wassersäule) variiert sehr stark; ein klares Muster ist auf der Grundlage der orientierenden Messungen nicht erkennbar. Eine Akkumulation im Bereich der ästuarinen Trübungszone könnte möglich sein. Die Konzentrationen in den ästuarinen Sedimenten sind geringer als in Sedimenten des Küstenraums. Ob diese ersten orientierenden Ergebnisse auf die benachbarten Ästuarie zu übertragen sind, ist unklar.

Monitoring

Die Abschätzungen der vorliegenden orientierenden Untersuchung zeigen, dass Makromüll in größerer Menge im Weserästuar transportiert wird und vermutlich die Ästuarie als Eintragspfad in die Nordsee bei einem zukünftigen Monitoring im Rahmen der MSRL berücksichtigt werden müssen. Vor diesem Hintergrund empfehlen wir die Etablierung eines langfristigen Makromüllmonitorings des Transportpfades „Wassersäule“. Dazu können die Hamenuntersuchungen genutzt werden, die im Rahmen des WRRL-Monitorings regelmäßig durchgeführt werden. Dies ist dieses Jahr auch bereits begonnen worden. Dies ist mit nur geringen zusätzlichen Kosten möglich. Dabei sollten jedoch zusätzliche auch Geräte eingesetzt werden, um parallel zum Hamennetz den grund- und den oberflächennahen Transport von Müll erfassen zu können. Zusätzlich sollte ein langfristiges Strand-Monitoring entsprechend OSPAR auch in den Ästuarie aufgebaut werden, um an die OSPAR-Ergebnisse der Nordseeküste anzuknüpfen. Der Aspekt des Mikromülls muss durch stärker grundlagenorientierte Untersuchungen besser in seiner Relevanz auf die Umwelt verstanden und die Methodik vereinheitlicht werden, bevor ein kontinuierliches Monitoring Sinn macht.

Minderung

Die Studie hat gezeigt, dass der in die Unterweser eingetragene Müll v.a. aus individuellem Wegwurf und Verwehungen stammt, so dass eine Reihe von Hinweisen zur Reduzierung dieser Einträge gemacht werden können.

1. Hintergrund und Ziel

Im Juni 2008 wurde die Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, MSRL) veröffentlicht. Übergeordnetes Ziel der Richtlinie ist es, einen guten Zustand der Meeresumwelt bis zum Jahr 2020 zu erreichen. Die MSRL folgt dem Ökosystemansatz und erfordert deshalb eine ganzheitliche Betrachtungsweise: so erfolgt zunächst eine Erhebung des biologischen Zustandes einzelner Meeresregionen. Zusätzlich sollen parallel die anthropogenen Belastungen identifiziert und der Grad ihres Einflusses auf die Meeresökosysteme in den Subregionen bestimmt werden.

Jeder Mitgliedstaat ist aufgefordert, für seine Meeresgewässer einen nationalen Aktionsplan aufzustellen, um das Gesamtziel des guten Zustands der Meeresumwelt und die dazu beitragenden Umweltziele mit geeigneten Maßnahmen zu erreichen. Dies hat in aktiver Zusammenarbeit mit anderen Mitgliedstaaten und mit Drittländern zu geschehen.

Zentrale Schritte der Umsetzung der MSRL sind bzw. waren:

- Durchführung einer Anfangsbewertung zur Erfassung des aktuellen Umweltzustands und der Auswirkungen des menschlichen Handelns auf den Umweltzustand bis spätestens 15. Juli 2012;
- Beschreibung des guten Umweltzustands bis 15. Juli 2012;
- Festlegung von Umweltzielen, die Richtschnur für das Erreichen des guten Zustands der Meeresumwelt sind, und entsprechenden Indikatoren für jede Meeresregion auf der Grundlage der Anfangsbewertung bis 15. Juli 2012;
- Aufstellung der Überwachungsprogramme für die laufende Bewertung und regelmäßige Aktualisierung der Ziele bis zum 15. Juli 2014.
- Erstellung und Umsetzung von Maßnahmenprogrammen bis 2015 bzw. 2016.

Die nationale Umsetzung der MSRL in Deutschland findet derzeit statt, wesentlich gesteuert durch eine Arbeitsgruppe aus Vertretern der Küstenländer und des Bundes.

Der Gute Umweltzustand der MSRL schließt auch den Aspekt Müll im Meer ein. Dazu sind entsprechende Umweltziele zu formulieren und Monitoring- und gfs. Maßnahmenprogramme zu entwickeln. Vor diesem Hintergrund hat der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr der Freien Hansestadt Bremen das Büro BioConsult Schuchardt & Scholle 2012 mit einer Studie beauftragt, die erste Orientierung dazu liefern soll, ob, wie und in welchem Umfang auch die Mülleinträge aus den Ästuarren bei einem zukünftigen Monitoring im Rahmen der MSRL berücksichtigt werden sollten.

1.1 Müll in der Nordsee als Umweltproblem

Meeresmüll befindet sich an der Wasseroberfläche, in der Wassersäule, auf dem Meeresgrund, im Spülsaum an Stränden sowie in Meeresorganismen. Durch Wellen und Strömungen verteilt sich der Müll und stellt somit weltweit ein gravierendes Umweltproblem dar. Im UN Umwelt-Programm (UNEP 2005) werden marine Abfälle als "alle langlebigen, gefertigten oder verarbeiteten beständigen Materialien, die durch Wegwürfe oder als herrenloses Gut in die Meeresumwelt gelangen" definiert.

Quellen

Müll kann von Land aus in Meer gelangen oder auf See erzeugt werden. Nach der GESAMP (United Nations Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution) stammen 80% des Meeresmülls von Land und 20% entstehen durch Aktivitäten auf See (SHEAVLY 2005, UNEP 2005). Die hohe Vielfalt der Müllteile an deutschen Meeresstränden und die Zusammensetzung des Mülls, der während der OSPAR-Projekt-Erfassungen im Zeitraum 2002–2003 und über die letzten zehn Jahre an deutschen Kontrollstrecken beobachtet wurde, zeigen, dass die Schifffahrt, die Fischerei und Offshore-Einrichtungen die wesentlichen Verursacher der seeseitigen Müllverschmutzungen der deutschen Nordseestrände sind. Die relativen Anteile des Mülls, die einer dieser Quellen zugeordnet werden kann, kann allerdings nicht ermittelt werden. In der südlichen Nordsee stammen 30% des Mülls eindeutig aus der Fischerei (Netze, Netzreste usw.), weitere Anteile des Mülls stammen wahrscheinlich ebenfalls von Fischereiaktivitäten (Verpackungen usw. aus dem Betrieb der Fischereischiffe (FLEET 2003, UNEP 2005, UBA 2010). Doch auch Aquakultur- und Offshore-Anlagen sowie Freizeitaktivitäten tragen einen Teil dazu bei (VAN FRANEKER & MEIJBOOM 2002, UBA 2010). Des Weiteren kann Müll über Wind und Strömungen in die Nordsee gelangen. Von Land gelangt der Müll hauptsächlich durch Abwässer, Mülldeponien, illegale Müllbeseitigung an der Küste, durch Tourismus und Freizeitaktivitäten sowie durch Flüsse ins Meer (UNEP 2005, UBA 2010).

Mengen und Art des Mülls

Zur Zeit gibt es keine zuverlässigen Daten über Eintragungsmengen für die Nordsee. Nach einer älteren Schätzungen von OSPAR (1995) werden ca. 20.000 t Müll pro Jahr in die Nordsee eingebracht, wovon 70% absinken und im oder auf dem Meeresboden lagern, 15% im Wasser treiben und 15% an die Strände gespült werden (THE OCEAN CONSERVANCY 2004). Es wird geschätzt, dass sich allein 600.000 m³ Müll auf und im Meeresboden der Nordsee befinden (OSPAR 1995). Die Plastikmüllteile am Strand machen mehr als 70% des marinen Abfalls aus und da Kunststoff, Metall und Glas sich nicht so schnell abbauen, stellen sie eine weit größere Gefahr für die Umwelt dar als Papier, Holz, Gummi, Textilien oder Leder (OSPAR 2009). Plastik wird mit einer Abbaupzeit von bis zu 450 Jahre nur von Aluminiumdosen mit bis zu 500 Jahren sowie Netzen aus Nylon mit einer Abbaupzeit von bis zu 600 Jahren übertroffen (NOAA & UNEP 2011, HELMEPA 2009, UBA 2010). Die Beständigkeit des Plastiks wird durch Faktoren wie Temperatur des Wassers, der Menge der UV-B Strahlung sowie biotische Prozesse in der Umwelt beeinflusst. Die physikalische, biologische und chemische Degradation führt zu immer kleineren Plastikteilen, dem Mikroplastik (ANDRADY 2011).

Zum Mikroplastik zählen „Plastikpartikel, die kleiner als 5 mm sind“ (ARTHUR et al. 2009), nach Angaben des NOAA Marine Debris Program umfasst Mikromüll Partikel den Größenbereich von 0,3–5 mm. Diese mikroskopisch kleinen Plastikpartikel reichern sich in der Meeresumwelt an. So wurden in der KIMO Studie an der Schwedischen Westküste 150–2.400 Partikel pro m³ in Planktonnet-

zen mit einer Maschenweite von 80 µm nachgewiesen (NORÉN 2007). Generell kann bei der Herkunft des Mikroplastiks zwischen primären und sekundären Mikroplastikpartikeln unterschieden werden. Zum primären Mikroplastik zählen Basispellets, das sind granuläre Partikel als Grundmaterial der Plastikproduktion, die in Transportcontainer über die Weltmeere geschifft werden, Granulate aus Kosmetika und Hygieneprodukten, wie Peelings und Zahnpasta, Reinigungsmittel, die in Reinigungsstrahlern, zum Beispiel auf Werften eingesetzt werden oder mikroskopische Partikel, die in der Medizin als Vektor für Wirkstoffe von Arzneien angewendet werden sowie Fasern. Fasern entstehen z.B. aus gewaschenen Fleece-Kleidungsstücken. Pro Waschgang gelangen bis zu 2.000 Kunstfasern über Fließgewässer in die Meeresumwelt, da sie von den Klärwerken nicht zurückgehalten werden können (BROWNE et al. 2011). Sekundäres Mikroplastik sind Plastikfragmente, die aus größeren Teilen in situ durch Verwitterung, mechanische Belastung und photochemischen Abbau entstehen.

Für die Nordsee zeigt eine belgische Studie (DE MEESTER 2008), dass im allgemeinen Fasern über kugelförmige Partikel und Filmfragmente dominieren. Lediglich in Proben von Hafensedimenten wurden Pellets gefunden. Aus den Continuous Plankton Recorder-Daten gibt es Hinweise, dass die Anzahl von Mikroplastik-Partikeln über die letzten 40 Jahre in der Nordsee zugenommen hat (EDWARDS et al. 2007).

Umweltfolgen

Müll im Meer stellt eine große Gefahr für die Umwelt dar, besonders für Meereslebewesen wie Seevögel, Schildkröten, Fische, Delfine und Wale. Ein Review des Secretariat of the Convention on Biological Diversity schildert, dass die Auswirkungen von Meeresmüll bereits bei 663 Arten nachgewiesen wurde (CBD 2012). Treibende Abfälle können sessiler Organismen verdriften und fremde potentiell gefährliche Arten einführen (WINSTON 1982, ALIANI & MOLCARD 2003). Meerestiere können sich im Müll, wie z.B. in Tüten, Leinen oder Netzen, verfangen oder diesen verschlucken (HARTWIG et al. 1985, CAMPHUYSEN 2008, Abb. 1). Dabei besteht die Gefahr des Ertrinkens bei Arten die Luft atmen oder des Erstickens bei Fischen die sich für die Atmung ständig bewegen müssen. Verhedderte Tiere können verhungern oder sind eine leichte Beute, außerdem können Gliedmaßen eingeschnürt und auch das Wachstum sowie die Reproduktion gehemmt werden. Das Verschlucken von Plastikpartikel kann bei Tieren das Gefühl von Sättigung erzeugen und dadurch die Ernährung beeinträchtigen. Des Weiteren kann Müll den Verdauungstrakt verletzen und zu Infektionen führen oder den Nahrungsweg verschließen und somit zum Tode führen. Die Aufnahme von kontaminierten Abfällen sowie die Freisetzung von gefährlichen Chemikalien aus dem Müll nach dem Verschlucken stellen weitere Gefahren für marine Lebewesen dar (OSPAR 2009). Mehr als eine Million Seevögel und 100.000 Meeressäuger und Schildkröten sterben jedes Jahr weltweit durch marine Abfälle (UNEP 2004). In der Nordsee wurden bei 94 % der Eissturmvögel (*Fulmarus glacialis*) Plastik im Magen gefunden (VAN FRANEKER & SNS FULMAR STUDY GROUP 2008).

Umweltfolgen durch Mikroplastik

Die Wirkungen von Mikroplastik sind noch weitgehend unerforscht. Mikroskopisch kleine Plastikpartikel liegen in derselben Größenordnung wie Plankton. Deswegen besteht eine größere Gefahr dass sie aufgenommen werden und eine größere Anzahl von Tiere kann betroffen sein. Bei Amphipoden, Cirripeden (THOMPSON et al. 2004), Polychaeten, Echinodermen, Bryozoen, Mollusken (WARD &

SHUMWAY 2004) und Chordaten wie Salpen (MOORE et al. 2001) wurde bereits nachgewiesen, dass sie Plastik aufnehmen. Auch in verschiedenen pelagischen sowie demersalen Fischarten wurde bereits Mikroplastik im Magen-Darm-Trakt dokumentiert (LUSHER et al. 2013). Basierend auf Analysen von Muscheln gibt es erste Hinweise darauf, dass Kunststoffpartikel in das Kreislaufsystem übergehen und eine erhöhte Immunabwehr auf molekularer Ebene hervorrufen. Resultierend aus der Größe des Mikroplastiks sind besonders Filtrierer und Organismen an der Basis der Nahrungskette gefährdet. Auch bei Mikroplastik besteht für marine Organismen die Gefahr der Blockierung und Verletzung des Nahrungsaufnahmeapparats (ARTHUR et al. 2009). Weiterhin sammeln sich an der Oberfläche von kleinen Plastikpartikeln toxische Chemikalien, die von den Organismen ebenfalls aufgenommen werden und negative Auswirkungen haben können. Die von den marinen Organismen aufgenommenen Plastikfragmente und -fasern sowie Schadstoffe können auf diesem Wege in die marine Nahrungskette gelangen (THOMPSON et al. 2004, TEUTEN et al. 2007, ARTHUR et al. 2009). Untersuchungen an Meeressäugern zeigten, dass Kunststoffpartikel über die Nahrungskette aufgenommen wurden, indem belasteter Fisch gefressen wurde. Die zugrunde liegenden Mechanismen müssen entschlüsselt werden, um herauszufinden, ob in der Nahrungskette eine Anreicherung stattfindet und ob Mikroplastik letztendlich in den marinen Topräubern und im Menschen gefunden werden kann. Da Kunststoffe außerdem Additive wie Weichmacher enthalten oder Schadstoffe aus dem Meerwasser binden, können physikalische Effekte noch durch chemisch-toxische Effekte verstärkt werden. In Seevögeln wurde eine positive Korrelation zwischen der Schadstoffkonzentration und der Kunststoffbelastung beobachtet.



Abb. 1: Blässhuhn auf Müll nistend (links, Quelle: Svenja Beifuß) und von Fischereinetz strangulierter Seehund (rechts, Quelle: Salko de Wolf, EcoMare).

Die Müllbelastung in der Nordsee ist in den vergangenen zehn Jahren gleich bleibend hoch geblieben (UBA 2010). Beim Plastikmüll ist dabei zu beobachten, dass die Durchschnittsgröße abnimmt und somit der Mikroplastikanteil von marinem Müll immer größer wird (BROWNE et al. 2007). Doch die Auswirkungen dieser kleinen Plastikteile auf die Umwelt sind z.Z. noch weitgehend unbekannt.

1.2 Müll und Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie

Die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) strebt die Erreichung eines „Guten Umweltzustands“ für die Küsten und Meere der Europäischen Union an. Für die Festlegung der Merkmale des „Guten Umweltzustands“ legt die MSRL 11 qualitative Deskriptoren zugrunde, die in Anhang I der Richtlinie beschrieben werden. Der 10. Deskriptor beschreibt den guten Zustand bezüglich der Belastung der Meere mit Abfall folgendermaßen: *„Die Eigenschaften und Mengen der Abfälle im Meer haben keine schädlichen Auswirkungen auf die Küsten- und Meeresumwelt.“*

Für die Beurteilung von Deskriptor 10 werden durch die Europäische Union zwei zu berücksichtigende Kriterien und entsprechende Indikatoren vorgegeben, die bei der nationalen Implementation der MSRL zu konkretisieren sind:

Kriterium 1: Eigenschaften von Müll in der Meeres- und Küstenumwelt:

Trends der Mengen von angespülten und/oder an Küsten entsorgten Abfällen einschließlich Analyse ihrer Zusammensetzung, der räumlichen Verteilung und, soweit möglich, der Quelle

Trends der Mengen von Abfällen in der Wassersäule (einschließlich derjenigen, die an der Wasseroberfläche treiben) und auf dem Meeresboden, einschließlich Analyse ihrer Zusammensetzung, der räumlichen Verteilung und, soweit möglich, der Quelle

Trends von Mengen, Verteilung und möglichst Zusammensetzung von Mikropartikeln (insbesondere Mikroplastik)

Kriterium 2: Belastungen des Lebens im Meer durch Müll:

Trends von Mengen und Zusammensetzung von Müll, der von Meerestieren verschluckt wird (z.B. Magenuntersuchungen)

Im Rahmen der Umsetzung der MSRL müssen in Zukunft quantitative Ziel- und Grenzwerte für die Indikatoren festgelegt und entsprechende Monitoringprogramme etabliert werden. Das nationale Umweltziel für die deutschen Nord- und Ostsee lautet „Meere ohne Belastungen durch Abfall“ (BMU 2012). Eine signifikante Reduktion der Einträge von Müll in deutsche Meeresgebiete soll durch drei operative Ziele erreicht werden: (1) kontinuierlich reduzierte Einträge für eine Reduzierung der bereits vorliegenden Abfälle für eine signifikante Verminderung der Abfälle mit Schadwirkung für die marine Umwelt an den Stränden, auf der Meeresoberfläche, in der Wassersäule und am Meeresboden; (2) nachgewiesene schädliche Abfälle in Meeresorganismen (insbesondere Mikroplastik) gehen gegen Null; (3) weitere nachteilige ökologische Effekte (wie das Verfangen und Strangulieren in Abfallteilen) werden auf ein Minimum reduziert. Deutschland hat sich bereits dafür ausgesprochen bis 2020 eine fünfzigprozentige Reduktion von Meeresmüll anzustreben (WERNER 2013). Verschiedene Indikatoren müssen allerdings noch weiter entwickelt werden, insbesondere im Zusammenhang mit biologischen Auswirkungen und Mikropartikeln sowie einer eingehenden Bewertung ihrer potenziellen Toxizität (EU-Kom Dec September 2010).

2. Ansatz und Methodik

Für den Mündungsbereich der Elbe liegen zwar ältere Strandmüllerfassungen vor (HARTWIG & CLEMENS 1999, HARTWIG 2001a, HARTWIG 2001b) und verschiedene Strecken der Erfassungen durch OSPAR liegen auf den Inseln Scharhörn, Minsener Oog und Mellum. Insgesamt sind Art und Menge des aus den Ästuaren in die Nordsee eingetragenen Mülls bislang weitestgehend unklar. Das Vorhaben will deshalb versuchen, die Bedeutung des Eintragspfades Ästuar für das Müllproblem in der Nordsee am Beispiel der Unterweser mit dem Fokus Kunststoff-Müll qualitativ und quantitativ abschätzen.

Eine solche qualitative und quantitative Abschätzung der Relevanz des Eintrags von Müll aus einem Nordsee-Ästuar in die Nordsee ist bisher nicht durchgeführt worden; weder liegt ein methodisches Konzept vor noch sind die einzelnen methodischen Ansätze verfügbar, durch deren gezielte Kombination eine solche Abschätzung möglich wird. Die Studie ist nicht so konzipiert, dass sie statistisch abgesicherte Ergebnisse liefert. Statt dessen soll sie durch einen neuen methodischen Ansatz eine erste Einschätzung der Relevanz des Problems und damit die Grundlage für weitere behördliche Entscheidungen liefern, die im Rahmen der Umsetzung der MSRL von Bund und Ländern zu treffen sein werden.

Um eine erste orientierende Abschätzung zu ermöglichen wurden, soweit möglich, folgende Aspekte differenziert:

- Größe des Mülls: Makromüll; Mikroplastik
- Eintragspfade in die Unterweser: Oberwasser; individueller Wegwurf (Schiff und Land), aus der Außenweser (seewärtiger Eintrag)
- Austragspfade aus der Unterweser: mit Treibsel abgelagert und entfernt; Verbleib im Vorland; Austrag in die Außenweser/Nordsee
- Transportpfade: schwimmend; Wassersäule
- Räumliche und jahreszeitliche Muster

2.1 Makromüll

Um die Bedeutung des Eintragspfades Weserästuar qualitativ und quantitativ abzuschätzen, müssen die o.g. Aspekte soweit wie möglich erfasst werden. Dazu liegen keine Erfahrungen aus den Ästuaren vor. Auf der Grundlage von eigenen Vorarbeiten haben wir für Makromüll einen Untersuchungsansatz mit folgenden Bausteinen entwickelt:

- (1) Eintragspfad Oberwasser:** Mit dem Oberwasser wird schwimmend transportierter Müll in die Unterweser eingetragen. Die qualitative und quantitative Erfassung des Rechengutes am Kraftwerk in der Staustufe Dörverden soll einen Hinweis auf die Mengen liefern,

die am Wehr Hemelingen in die Unterweser transportiert werden (eine Untersuchung an der Staustufe Hemelingen war nicht möglich, da dort keine Entnahme am Rechen erfolgt). An 4 Terminen wurde eine Sortierung des Rechengutes bzgl. Volumen und Art des Mülls unter Berücksichtigung der Reinigungsintervalle der Rechenanlage durchgeführt.

- (2) Eintragspfad individueller Wegwurf/Verwehung:** Individueller Wegwurf, also aktiver Wegwurf oder passives Liegenlassen (oftmals durch strukturelle Schwächen im öffentlichen Abfallmanagement) bzw. Verwehung stellt einen weiteren Eintragspfad dar. Dieser ist kaum direkt zu erfassen; qualitative und quantitative Hinweise sind soweit möglich aus den Ergebnissen der Ufersammlungen (s.u.) abgeleitet worden.
- (3) Austragspfad Treibselentfernung:** Ein Austrag von Makromüll aus dem Ästuar erfolgt über die Treibselräumung, die von den Deichverbänden durchgeführt wird. Dazu wurde der Müllanteil im am Deichfuß nach der Sturmflutsaison akkumulierten Treibsel an ausgewählten Probenahmestellen qualitativ und quantitativ aufgenommen. In Verbindung mit vorliegenden Daten zum Treibselanfall ist so eine gewisse Quantifizierung möglich; dabei sind die örtlich sehr unterschiedlichen Treibselmengen zu berücksichtigen.
- (4) Austragspfad Verbleib im Vorland:** Ein Teil des bei Hochwasser in das Vorland getragenen Mülls wird nicht als Treibsel bis an den Deichfuß geschwemmt, sondern verbleibt nach eigenen Beobachtungen längerfristig im Vorland. Auf ausgewählten Probenahmestellen ist dieser Anteil durch quantitative und qualitative Aufsammlungen im Vorland (flächig) nach der Sturmflutsaison erfasst worden.
- (5) Akkumulationsort MThw-Linie (Strand):** Schwimmender Müll akkumuliert an den Ufern im Bereich der MThw-Linie; zusätzlich erfolgt in diesem Bereich nach eigenen Beobachtungen durch Erholungsnutzung auch verstärkter Wegwurf. An der Küste finden Strandaufsammlungen in verschiedenen Bereichen entsprechend OSPAR-Protokoll regelmäßig statt (Monitoring). Um zum einen damit vergleichbare Beobachtungen aus dem Weser-Ästuar ergänzen zu können und zum anderen die räumliche und zeitliche Variabilität an diesem Akkumulationsort abschätzen zu können, ist eine Erfassung entsprechend OSPAR-Protokoll an der MThw-Linie auf ausgewählten Probenahmestellen durch quantitative und qualitative Aufsammlungen am Strand/Ufer (linear) erfolgt. Die Erfassung erfolgte soweit möglich entsprechend OSPAR-Protokoll (in Ergänzung des Protokolls wurden die nach OSPAR vorgesehenen Abschnitte (100 m bzw. 1000 m) gfls. erweitert, um in jedem Fall eine für die Fragestellung ausreichende Müllmenge zu beproben. Die Erfassung wurde an 4 Terminen über das Jahr auf definierten Strecken durchgeführt; die Strecken wurden vor der ersten Sammlung nicht gereinigt.
- (6) Sonderuntersuchung Weserinsel Lankenau:** Um die Bedeutung einer Großstadt auf das Müllaufkommen und den Mülltransport im Ästuar als vermutlich wichtige Quelle genauer erfassen zu können, wurde auf der Lankenauer Weserinsel am Neustädter Hafen (UW-km 5) eine saisonal detailliertere Erfassung von Art und Menge des Mülls im Bereich der Steinschüttung durchgeführt. Die Erfassung erfolgte soweit möglich entsprechend OSPAR-

Protokoll alle 2 Monate (und einer Absammlung vorab), um die Abhängigkeit des Müllanfalls von weiteren Parametern (Oberwasser, Erholungsnutzung) abschätzen zu können.

(7) Transportpfad Wassersäule: Der Transport in der Wassersäule sowohl bei ablaufendem wie bei auflaufendem Wasser wurde durch quantitative und qualitative Aufnahme des Mülls in kommerziellen Hamennetzen mittels gechartertem Hamenkutter an 2 ausgewählten Probenahmestellen an 2 Terminen erfasst. Die Wassermenge wurde durch Meßflügel registriert. Es erfolgte eine je eintägige (Ebbe und Flut) Beprobung der Wassersäule mittels kommerziellem Hamen bzgl. Volumen und Art des Mülls an zwei ausgewählten Probestellen.

2.2 Mikromüll

Ob und in welchem Umfang Mikropartikel im Ästuar transportiert und aus den Ästuaren in die Nordsee eingetragen werden ist unbekannt. Im Rahmen der Studie sind deshalb orientierende Untersuchungen erfolgt, die den Eintragspfad Kläranlage, den Transportweg Wassersäule, den möglichen Ablagerungsort Sedimente und den möglichen Wirkort Fischmägen umfassen. Die Erfassung von Mikropartikeln erfordert wegen des anderen Transportverhaltens und der anderen Erfassbarkeit andere Ansätze als der Makromüll:

(8) Mikropartikel in der Wassersäule: Auf 2 Transekten an 2 Terminen zwischen UW-km von der Außenweser bis zum Wehr Bremen sind Wasserproben aus der Wassersäule (Tiefe 0,5 m) entnommen und im Labor entsprechen der in Anhang 3 beschriebenen Methodik aufbereitet worden. Die Mikropartikel wurden dann mikroskopisch quantitativ erfasst.

(9) Mikropartikel im Sediment: Ein möglicher Ablagerungsort für Mikropartikel können feinkörnige Sedimente sein. An repräsentativen Probenahmestellen sind deshalb Sedimentproben im Sublitoral entnommen und die Mikropartikel anschließend nach Aufschwemmung im Labor mikroskopisch quantitativ erfasst. Es erfolgt eine Beprobung von Mikroplastik an 5 Probenahmestellen und 2 Terminen.

(10) Mikropartikel in Fischmägen: Es gibt Hinweise darauf, dass Mikropartikel als Nahrungspartikel aktiv aufgenommen werden und damit Eingang in die Nahrungskette finden. Ob dieser Wirkpfad auch innerhalb des Ästuars von Bedeutung sein könnte, ist durch orientierende Analysen von Mageninhalte von postlarvalen Finten und Stinten, die in der Unterweser geschlüpft und bis dahin aufgewachsen sind, untersucht worden. Dazu sind die Mageninhalt auf das Vorhandensein von Mikropartikeln mikroskopisch analysiert worden. Es erfolgte eine Beprobung an 2 Probenahmestellen und einem Termin.

(11) Eintragspfad Kläranlage: Kläranlagen (KA) stellen einen Eintragspad für Mikromüll dar. Es sind deshalb Wasserproben aus dem Ablauf der KA Seehausen in Bremen an 2 Terminen entnommen worden und die Mikropartikel nach entsprechender Aufbereitung mikroskopisch erfasst worden.

2.3 Übersicht Probenahmen und Bearbeitung

Eine Übersicht über die durchgeführten Probennahmen geben Tab. 1 und Abb. 2.

Tab. 1: Übersicht über die Untersuchungsmethoden und ihre räum- und zeitliche Verteilung (hellgrün = Probenahme).

Probenahmemethode	Probenahmeort	Mai 12	Jun. 12	Jul. 12	Aug. 12	Sep. 12	Okt. 12	Nov. 12	Dez. 12	Jan. 13	Feb. 13	Mrz. 13	Apr. 13
Makromüll													
Eintragspfad Oberwasser	Dörverden												
Austragspfad Treibselentfernung	Juliusplate (UW-km 26) Harriersand (UW-km 42) Hunte												
Austragspfad Verbleib im Vorland	Juliusplate (UW-km 26)												
Akkumulationsort MThw-Linie (Strand)	Harriersand (UW-km 41) Bremerhaven (UW-km 64) Juliusplate (UW-km 26)												
Sonderuntersuchung Lankenauer Weserinsel	Ziegeninsel (UW-km 5)												
Transportpfad Wassersäule	Bremerhaven (UW-km 65) Bremen-Farge (UW-km 25)												
Mikropartikel													
Mikropartikel in der Wassersäule	Transekt von 25 bzw. 22 Stationen												
Kläranlage (Wassersäule)	Bremen-Seehausen (UW-km 8,5)												
Mikropartikel im Sediment	Bremerhaven (UW-km 65) Bremerhaven (UW-km 61) Bremen-Harriersand (UW-km 40) Bremen-Farge (UW-km 26) Bremen-Hemelingen (UW-km - 4)												
Mikropartikel in Fischmägen	Bremerhaven (UW-km 65) Bremen-Farge (UW-km 25)												

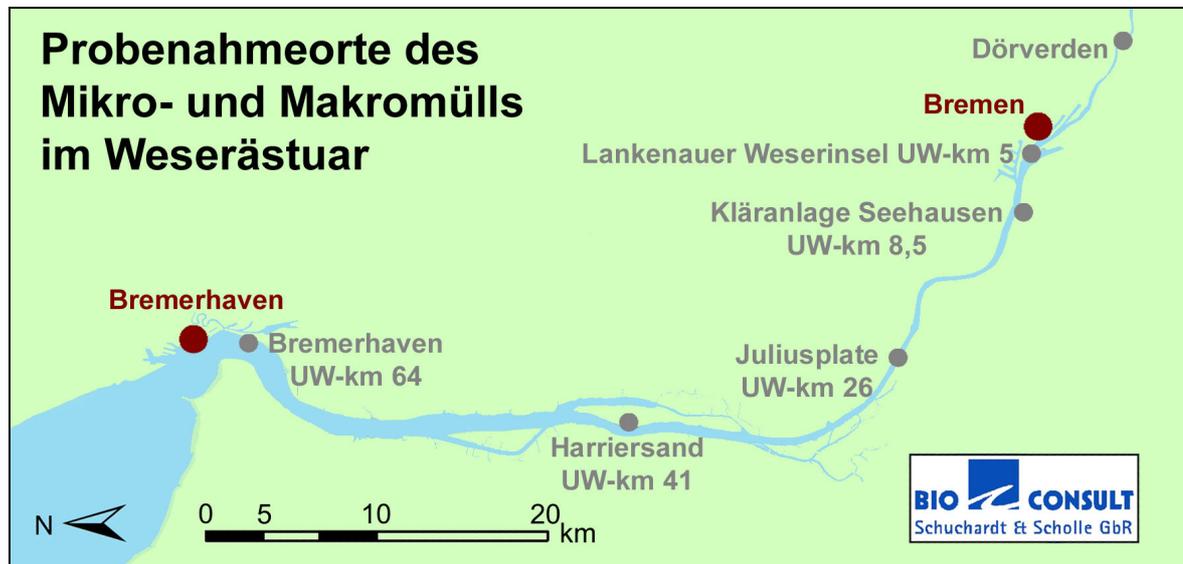


Abb. 2: Die Orte der Probenahmen (grau) dieser Studie im Weserästuar (Probenahmeorte Wassersäule Mikropartikel Transekte nicht abgebildet).

Die Studie wurde in Zusammenarbeit mit IMTRES (Kapt. T. Reincke), MarChemConsult (Prof. Dr. G. Liebezeit; M.Sc. F. Dubaish) und dem BUND Landesverband-Bremen Umweltdienstleistungsgesellschaft mbH (Dipl.-Umweltwiss. O. Hofmann; Dipl.-Meeresbiol. N. Ziebarth) erstellt. Die Einzelberichte, für die die jeweiligen Autoren die Verantwortung tragen, sind dieser Studie als Anhang beigefügt.

3. Betrachtungsraum

Der Geltungsbereich der MSRL erstreckt sich auf die „Meeresgewässer“. Darunter versteht die RL sowohl die Flächen seewärts der Basislinie bis zur seewärtigen Grenze der AWZ als auch die Küstengewässer im Sinne der WRRL, sofern bestimmte Aspekte des Umweltzustands der Meeresumwelt nicht bereits durch die WRRL oder andere Rechtsvorschriften der Gemeinschaft abgedeckt sind. Die Übergangsgewässer der WRRL werden zwar nicht vom Geltungsbereich der MSRL erfasst, allerdings ist ihre Bedeutung als Eintragspfade bei der Anfangsbewertung und der Planung und Umsetzung von Maßnahmen zu berücksichtigen. Einen Überblick über den sich daraus ergebenden Geltungsbereich im Bereich der Nordsee gibt die Abb. 3.

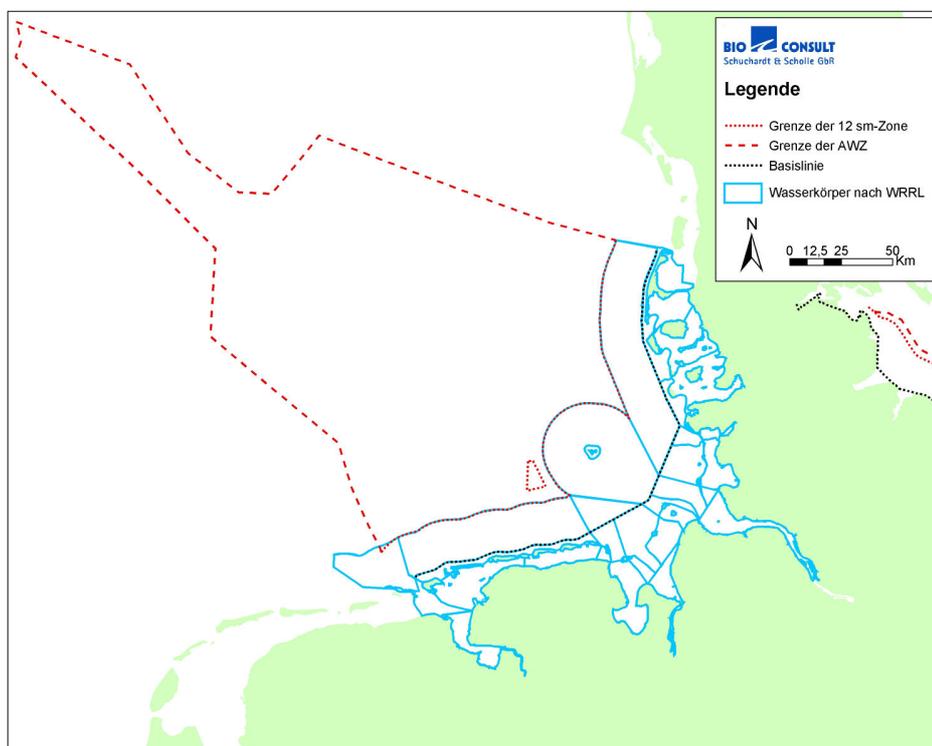


Abb. 3: Geltungsbereich MSRL Nordsee.

Der engere Betrachtungsraum der vorliegenden Studie ist das innere Weserästuar zwischen dem Wehr Hemelingen und Bremerhaven als einem wichtigen Pfad für Einträge von gelöstem (z.B. Nährstoffe) und partikulärem Material (z.B. als Träger für Schadstoffe) in die Nordsee.

Die Hydrographie des Weserästuars, die wesentlich von der Tidedynamik der Nordsee, dem Oberwasser und der Vermischung von Süß- und Salzwasser bestimmt wird, ist u.a. in GRABEMANN et al. (1999) beschrieben.

Die Kilometrierung des Weser-Ästuars beginnt in Bremen (Stephani-Brücke) mit Unterweser UW-km 0.

4. Makromüll

Die Erfassung des Makromülls erfolgte soweit sinnvoll möglich nach OSPAR-Protokoll, zusätzlich wurden das Gewicht und Volumen (so weit möglich) ermittelt. Wenn erkennbar, wurde auch die Herkunft des Mülls nach Seeschiff, Binnenschiff, Sportfischer/Angler, Wassersport, (Strand-) Tourismus und von Land dokumentiert sowie nach Herkunftsland eingeordnet.

4.1 Eintragspfad Oberwasser

4.1.1 Methoden Rechengut

Die qualitative und quantitative Erfassung des Rechengutes als Hinweis auf die Müllmengen die in die Unterweser transportiert werden, wurde am Wasserkraftwerk in Dörverden vorgenommen (Abb. 4). Es erfolgt eine Betrachtung des Rechengutes bzgl. Volumen und Art des Mülls sowie nach möglichen Verursachern am 29.05.2012, 06.09.2012, 05.12.2012 und 25.02.2013 (s. Anhang 1). Der Müll selbst war hier nicht unmittelbar zugänglich, so dass Mengen und Anteile nur geschätzt werden konnten.



Abb. 4: Die Weser beim Kraftwerk Dörverden (links) und die Rechanlage (rechts) (Quelle: Anhang 1).

4.1.2 Ergebnisse Rechengut

Das untersuchte Rechengut am Wasserkraftwerk in Dörverden wies im Mittel einem Müllanteil von 25% auf. An der Rechenanlage Dörverden sind 2011 etwa 5 t und 2012 etwa 2,3 t Müll (s. Anhang 1) angefallen. Dabei deutet sich eine Korrelation mit der Jahresabflussmenge an; sie lag 2013 unter dem mittleren Abfluss. Das Rechengut mit dem Müll wird entnommen und entsorgt und gelangt nicht in das Unterwasser des Wehrs und damit in die Unterweser. Das Rechengut bezieht sich auf Gegenstände größer 3 cm (Rechenabstand).

Der größte Anteil des Mülls in Dörverden stammte mit etwa 70% von Land. Der Anteil der Binnenschifffahrt wurde mit 10%, der der Sportfischer mit 8%, der des Wassersports mit 7% und der des Strandtourismus mit 5% geschätzt (s. Anhang 1). Etwa 55% des Gesamtmülls bestand aus Plastik.

Die Betrachtung am Wasserkraftwerk in Dörverden zeigt, dass durch die Rechenanlage am Kraftwerkseinlauf Müll zurückgehalten wird. Da dieser entnommen und entsorgt wird, vermindert dies die über das Oberwasser aus dem Einzugsgebiet in die Unterweser eingetragene Müllmenge (am stromab liegenden Kraftwerk im Weserwehr Bremen-Hemelingen wird z.B. kein Rechengut entnommen). Je nach Oberwasser wird ein unterschiedlicher Anteil des über das Wehr Dörverden fließenden Wassers für die Stromerzeugung genutzt; genaue Zahlen waren nicht erhältlich und der Anteil wird auf ca. 50% geschätzt. Unter dieser Annahme wird also die von der Weser transportierte Müllmenge am Wehr Dörverden um ca. 50% reduziert. Das gilt allerdings nur für größere Müllteile, da der Rechen Gegenstände kleiner 3 cm nicht zurückhält. Danach könnten im Mittel im Jahr 2011 ca. 5 t Müll das Weserästuar von Oberstrom erreicht haben, im Jahr 2012 wären es etwa 2,3 t Müll gewesen.

4.2 Austragspfad Treibselentfernung

4.2.1 Methoden Treibselentfernung

Die Bestimmung der Menge und Art des Mülls im Treibsel am Deichfuß erfolgte im März 2013 nach der Sturmflutsaison durch die Sortierung von 1 Kubikmeter Treibsel an der Hochwasserlinie. Die Probenahmen wurden auf der Juliusplate (UW-km 26, westliches Ufer) und dem Harriersand (UW-km 42, östliches Ufer) durchgeführt und erfolgten soweit möglich entsprechend OSPAR-Protokoll (s. Anhang 1). Als weiterer Probenahmeort war der Seedeich in Bremerhaven vorgesehen. Da die Deichreinigung jedoch bereits durchgeführt und das Treibselgut direkt entsorgt worden war, wurde stattdessen zusätzlich im Bereich des Oldenburger Stadthafen an der Hunte Treibsel gesammelt und ausgewertet (s. Anhang 1).

4.2.2 Ergebnisse Treibsel

An der Juliusplate wurde in 1 Kubikmeter Treibselgut Müll mit einem Gewicht von 1,1 kg und einem Volumen 11 l gefunden. Die Gewichtsverteilung der Fraktionen wird mit über 80% von Glas dominiert, während bei der Volumenverteilung die Fraktion Sonstiges knapp vor Glas und Plastik liegt. Weiterhin war Metall mit etwa 14% des Volumens vorhanden. Müll aus den Quellen Sportfi-

scher, Schifffahrt und Wassersport machte etwas über die Hälfte des Gewichts aus, während sich der Eintrag von Land und dem Strandtourismus die knappe andere Hälfte teilten. Bei der Volumenverteilung stellen die beiden letztgenannten Quellen jedoch mehr als 70% des vorhandenen Mülls (s. Anhang 1).

Auf dem Harriersand wurden in 1 Kubikmeter Treibsel ca. 0,5 kg Müll mit einem Volumen von 5 l gefunden. Es handelte sich um 2 Flaschen, etwas Styropor, ein Stück Stoff, einige Folienstücke und Tüten sowie eine Gefrierdose (s. Anhang 1).

An der Hunte kamen auf 1 Kubikmeter Treibselgut 32 kg Müll, wovon ca. knapp die Hälfte von Land kam. Die Binnenschifffahrt macht mit 30% einen deutlich größeren Anteil aus als auf der Juliusplate. Der Anteil der verschiedenen Fraktion wird an der Hunte von Glas, Holz und Plastik dominiert (s. Anhang 1).

Der Anzahl der Müllteile im Treibsel wurde nachträglich ermittelt und der Plastikanteil betrug nach OSPAR-Auswertung mind. 65%.

Entlang der Hauptdeichlinie der Unterweser werden bei winterlichen Sturmfluten größere Mengen Treibsel an der Hochwasserlinie abgelagert. Der Treibsel besteht wesentlich aus pflanzlichem Material (v.a. Schilf), enthält aber, wie die Ergebnisse zeigten, auch Müll. PGG et al. (2011) geben den durchschnittlichen Treibselanfall pro Jahr zwischen Bremen und Bremerhaven mit mindestens 24.200 m³ an (Zeitraum 1994/95–2009/10). Dabei wird windbedingt am östlichen Ufer deutlich mehr abgelagert als am westlichen Ufer. Da das Treibsel überwiegend nach dem Ende der Sturmflutsaison entfernt und entsorgt wird, findet hier ein deutlicher Austrag von Müll statt.

4.3 Austragspfad Verbleib im Vorland

4.3.1 Methoden Verbleib im Vorland

Ein Teil des in das Vorland getragenen Mülls wird nicht bis an den Deichfuß geschwemmt sondern verbleibt im Vorland. Auf einer Probenahmestelle wurde dieser Anteil durch quantitative und qualitative Aufsammlungen im Vorland (flächig) nach der Sturmflutsaison einmalig erfasst. Die Sammlung erfolgte, soweit möglich, entsprechend OSPAR-Protokoll und wurde im März 2013 auf eine Fläche von 8.125 m² auf der Juliusplate (UW-km 26, westliches Ufer) durchgeführt (s. Anhang 1).

4.3.2 Ergebnisse Müll Verbleib im Vorland

Die Sammlung auf der Juliusplate ergab auf 8.125 m² ca. 217 Liter Müll mit einem Gewicht von 43 kg. Der größte Müllanteil konnte der Verursachergruppe „von Land“ zugeordnet werden. Die Gruppen Wassersport, See- und Binnenschifffahrt machten zusammen weniger als 15% des Müllgewichts aus.

Während Holz bei der Gewichtverteilung mehr als 70% ausmachte, stellte Plastik jedoch volumemäßig mit knapp 60% den größten Anteil dar. Auch Glas war mit einem Anteil von 19% und 8 kg

eine gewichtige Fraktion (s. Anhang 1). Der Anzahl der Müllteile im Vorland wurde im nachhinein ermittelt und der Plastikanteil betrug nach OSPAR-Auswertung ca. 58%.

Die Untersuchung zeigt, dass größere Mengen Müll auch nach der Sturmflutsaison noch flächenhaft im Vorland vorhanden sind. Der weitere Verbleib ist allerdings unklar. Ein Teil des Materials wird nach eigenen Beobachtungen von Vegetation überwachsen und verbleibt vermutlich längerfristig dort, ein anderer Teil wird vermutlich von Wind und Wasser weiter bewegt. Ob für all dies Material der Deichfuß der Ablagerungsort wird ist unklar.

4.4 Akkumulationsort MThw-Linie (Strand)

4.4.1 Methoden Strandsammlungen

Um die Akkumulation an der MThw-Linie an der Unterweser in ihrer räumlichen und saisonalen Variabilität zu erfassen, wurden an ausgewählten Probenahmestellen die Müllmengen durch quantitative und qualitative Aufsammlungen am Strand (linear) erfasst.

Angelehnt an der Erfassung entsprechend OSPAR-Protokoll wurden bei Niedrigwasser an den Probestellen Juliusplate (UW-km 25, westliches Ufer), den nördliche Bereich des Harriersandes (UW-km 41, östliches Ufer) und dem Seedeich bei Bremerhaven (UW-km 64, östliches Ufer) Müll gesammelt (s. Anhang 1). Zusätzlich wurde auf der Lankenauer Weserinsel am Neustädter Hafen (UW-km 5) eine saisonal detailliertere Erfassung durchgeführt, um die Bedeutung einer Großstadt als vermutlich wichtiger Quelle genauer erfassen zu können (s. Anhang 2).

Die Strandsammlungen wurden auf definierten 100 und 1000 m-Strecken vorgenommen und in den OSPAR-Formularen dokumentiert, wobei in beiden Fällen alle Müllteile registriert wurden. Zusätzlich wurden bei allen Sammlungen Gewicht, Volumen, Art des Mülls sowie mögliche Quellen aufgenommen. Die Termine der Sammlungen lagen im Mai, September und Dezember 2012 sowie Februar 2013. Anders als bei den drei anderen Standorten wurde auf der Lankenauer Weserinsel vorab eine Grundreinigung durchgeführt und anschließend die Strecke 2-monatlich beprobt (s. Anhang 1 und 2). Im Folgenden erfolgt eine kurze Beschreibung der beprobten Standorte.

Lankenauer Weserinsel (UW-km 5)

Die Lankenauer Weserinsel ist eine künstlich angelegte Weserinsel die das Hafenbecken des Neustädter Hafens von der Weser trennt. Die Insel ist 1,1 Kilometer lang und in der Mitte ca. 100 Meter breit. Die Ufer sind mit Steinen befestigt. Auf der gegenüberliegenden Weserseite befindet sich das Einkaufszentrum Waterfront und der Holzhafen mit zahlreichen Industriebetrieben. Zudem entsteht wenige Kilometer flussaufwärts die Bremer Hafencity. Auf der Insel betreibt der BUND ein Beweidungsprojekt mit Ziegen, um wertvolle Sandmagerrasenflächen zu erhalten.

Auf eine Länge von 1.100 Metern wurde ein ca. 3 Meter breiter Streifen abgesucht. Aufgrund der zahlreichen, teilweise großen Zwischenräume in der Steinschüttung muss davon ausgegangen werden, dass kleinere Gegenstände (<2 cm) und Bruchglas häufig nicht gefunden und ausgewertet werden konnten. Darauf deutet auch das fast vollständige Fehlen von Zigarettenstummeln hin.

Holzpaletten und große Holzteile wurden zwar gezählt, jedoch nicht gewogen und sind somit nicht im Gewicht enthalten. Die Klassifizierung und Auszählung des eingesammelten Mülls wurde nach dem OSPAR-Bogen durchgeführt, welcher um die Rubriken Blumentöpfe, Bälle, Farbreste und Maschinenfett erweitert wurde. Auf eine Bestimmung der Volumina der Müllfraktionen wurde verzichtet (s. Anhang 2).

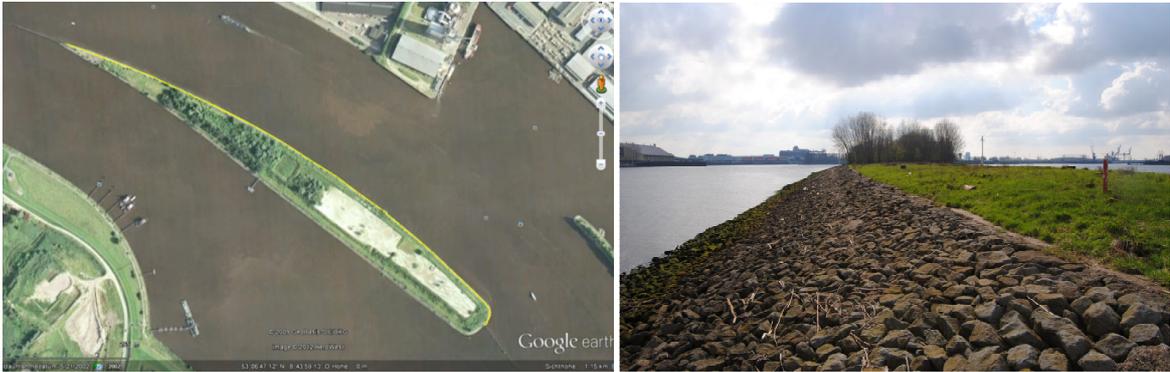


Abb. 5: Die Lankenauer Weserinsel von oben mit der erfassten Strecke (gelb markiert; links) und das mit einer Steinschüttung befestigte Ufer (rechts) (Quelle: Anhang 2).

Juliusplate (UW-km 26)

Das Naherholungsgebiet Juliusplate ist eine Halbinsel am Westufer der Weser gegenüber dem Kraftwerk in Bremen Farge. Unmittelbar am Fähranleger der Fährlinie Berne–Farge befinden sich ein Hotel mit Gaststätte und ein Campingplatz. Direkt südlich der Juliusplate zweigt der sog. Warflether Arm ab, in welchem ein kleiner Segelverein seine Steganlagen hat. Die von Südost nach Nordwest am Strand verlaufende Sammelstrecke auf der Juliusplate wird von Südosten her kommend nach ca. 300 m von dem Fähranleger unterbrochen (s. Anhang 1).



Abb. 6: 100 m-Strecke an den Spülsäumen der Juliusplate (Quelle: Anhang 1).

Harriersand (UW-km 41)

Der Harriersand ist eine Insel am Ostufer der Weser und reicht von der Huntemündung im Süden bis zur Gemeinde Sandstedt im Norden. Bei der Sammelstrecke befinden sich gegenüber den Getreidesilos des Hafens von Brake eine Gaststätte sowie ein Naherholungsgebiet mit Wochenendhäusern, einem Badestrand, einem Campingplatz und kleinen Booten. Die Strecke selbst lag an dem flach auslaufenden Sandstrand, der streckenweise von Schilf unterbrochen wird (s. Anhang 1).



Abb. 7: Anfangs- und Endpunkt der Sammelstrecke auf dem Harriersand (Quelle: Anhang 1).

Bremerhaven (UW-km 64)

Der Seedeich bei Bremerhaven ist dem Wind und dem Seegang aus Nord von der Nordsee her ausgesetzt. Die Weserbreite dort beträgt ca. 1,3 km. Bei dem Deichabschnitt gegenüber dem Hafen und Industriegebiet von Nordenham ankern Schiffe auf der sog. Blexen-Reede. Die Sammelstrecke in Bremerhaven beginnt in Bereich des Flusskilometers 64 bei dem Parkplatz westlich des Endes der Landebahn des Bremerhavener Regional-Flughafens, verläuft in nordöstlicher Richtung und endet bei dem Gebäude der Fa. „Nordsee Yachting“. Es handelt sich hierbei um einen gepflasterten Deichsicherungsweg am Deichfuß, der viel von Spaziergängern und Radfahrern/Joggern genutzt wird (s. Anhang 1).



Abb. 8: Sammelstrecke am Deichsicherungsweg in Bremerhaven (Quelle: Anhang 1).

4.4.2 Ergebnisse Strandsammlungen

Müllmengen

Auf einem Kilometer Weserstrand bzw. -deich wurden gemittelt über alle Probenahmen 22 kg bzw. 180 l Müll gefunden. Das Müllaufkommen war am Harriersand mit 45 kg im Mittel am größten (Abb. 9). Die detaillierte Müllfassung auf der Lankenauer Weserinsel am Neustädter Hafen (UW-km 5) ergab ohne große Holzteile ein durchschnittliches Gewicht von 31 kg; bei Berücksichtigung großer Holzteile entspricht somit das Müllaufkommen auf der stadtnahen Insel etwa dem des Harriersands. Räumlich gibt es also deutliche Unterschiede an den einzelnen Standorten; Ursachen sind vermutlich sowohl die unterschiedliche Nähe zu lokalen Eintragsquellen als auch die Exposition zu Wind und Strömung.

Müllgewicht an Stränden im Weserästuar

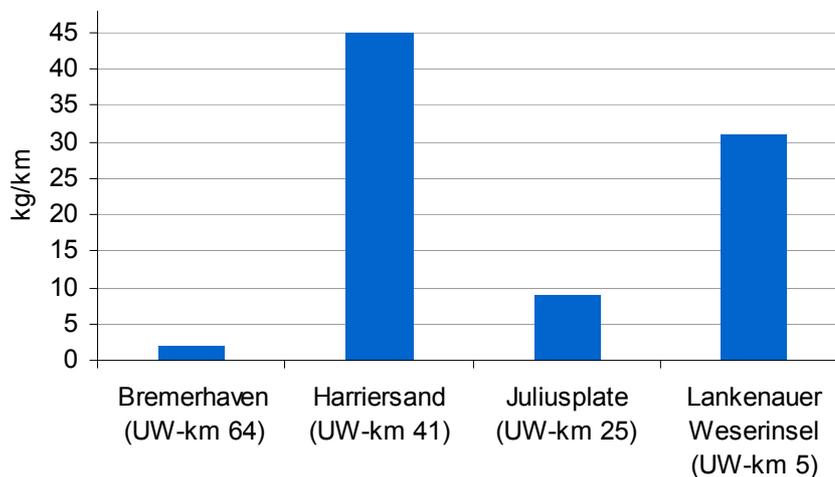


Abb. 9: Das gemittelte Gewicht der gefunden Müllmenge von vier Strandsammlungen über ein Jahr (Lankenauer Weserinsel sechs Sammlungen, ohne große Holzteile).

Saisonal variiert die Müllmenge an den einzelnen Standorten unterschiedlich stark (Abb. 10). Während v.a. in Bremerhaven die Müllmengen über das Jahr sehr ähnlich sind, sind v.a. für den Harriersand die im Winter und Frühjahr deutlich erhöhten Müllmengen auffällig (an der Juliusplate ist diese Tendenz nur schwach ausgebildet). Die sehr hohen Mengen auf Harriersand im Februar 2013 sind vermutlich wesentlich auf die in den Tagen vor dem Termin herrschenden Wetterbedingungen (Sturmflut) und die „treibselzurückhaltenden“ Strukturen (Schilf) vor Ort zurückzuführen. So fand Anfang Februar eine Sturmflut statt, die offensichtlich große Mengen an Müll (re-)mobilisiert hatte. Ein Anstieg des Müllaufkommens im Frühjahr ist auch bei den vierteljährlichen OSPAR-Strandsammlungen an der Nordsee deutlich (MATTHIES et al. 2013). Wind spielte dabei eine wichtige Rolle. In der Treibselstudie von PGG (2011) wurde beschrieben, dass Treibsel als Folge der vorwiegend westlichen Winde überwiegend an den Ostufeln der Unterweser abgelagert wird.

Auffällig ist, dass auf der Lankenauer Weserinsel saisonal keine Korrelation der aufgesammelten Müllmengen mit erhöhter sommerlicher Freizeitaktivität deutlich wird, wie im Gegensatz dazu jedoch auf der Juliusplate. Interessant ist auch, dass, obwohl im Gegensatz zur Lankenauer Weserinsel auf der Juliusplate, dem Harriersand und in Bremerhaven keine vorherige Grundreinigung stattfand, die Müllmengen sich an den letztgenannten 3 Standorten zwischen erster und zweiter Sammlung nicht deutlich unterscheiden. Das deutet darauf hin, dass keine längerfristige Akkumulation im Strandbereich stattfindet, sondern dass diese Bereiche eher „temporäre Zwischenlager“ darstellen.

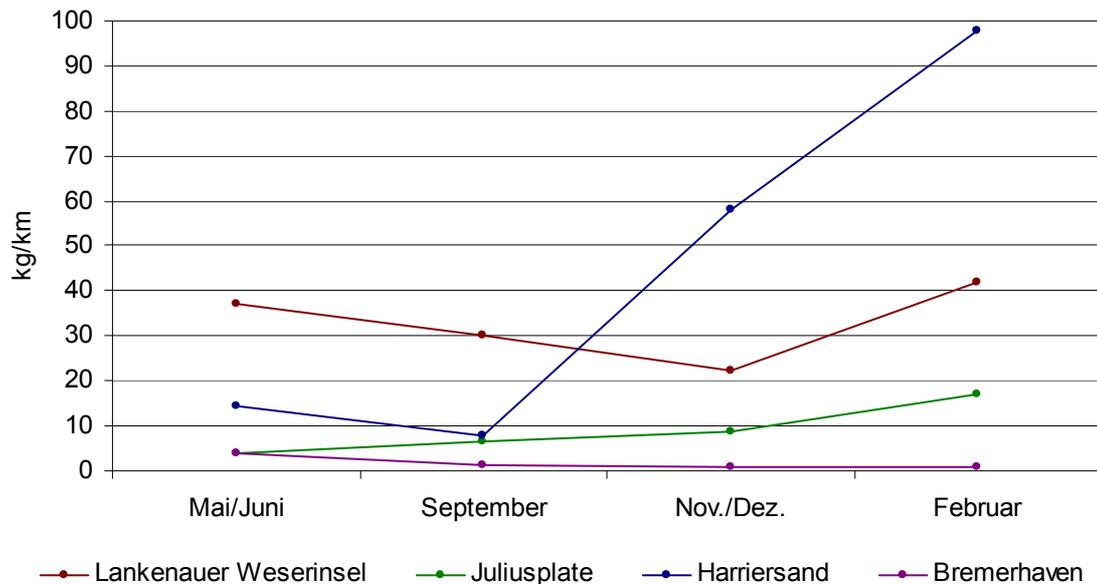


Abb. 10: Das mittlere Müllgewicht der Strandsammlungen über das Jahr verteilt (Juliusplate, Harriersand und Bremerhaven ohne vorherige Grundreinigung; Lankenauer Weserinsel ohne große Holzteile).

Die Anzahl der gefundenen Müllteile auf 100 m Strandlinie war in Bremerhaven mit 98 Stücken im Durchschnitt am höchsten und auf dem Harriersand sowie der Juliusplate mit knapp über 50 Teilen im Mittel am niedrigsten. An dem letztgenannten Ort wurden bei der Sammlung im September die 232 Zigarettenstummeln in Abb. 11 nicht mitgerechnet. Würden diese berücksichtigt werden, steigt die im Schnitt gefundene Müllzahl auf der Juliusplate auf 110 Müllteile pro 100 m Strandabschnitt. Die höchste Müllmenge einer einzelnen Sammlung (bei Vernachlässigung der Zigarettenstummel) wurde mit 157 Teilen auf 100 m auf der Lankenauer Weserinsel Anfang April 2013 nach einer langen Periode kräftigen Ostwinds vorgefunden. Insgesamt sind zum einen die Unterschiede zwischen den Standorten bzgl. der Anzahl der Müllteile deutlich geringer als bzgl. der Müllgewichte (s.o.). Zum anderen korrelieren Anzahl und Gewicht für die einzelnen Standorte kaum; dies macht deutlich, dass eine Erfassung beider Parameter (über OSPAR hinaus) sinnvoll ist.

Der Vergleich der durchschnittlich auf 100 m Strand gefundenen Müllteile ist an den Nordseestrände mit durchschnittlich 712 Teilen pro 100 m (UBA 2010) deutlich höher als an der Unterweser, für die sich eine mittlere Anzahl von 85 angeben lässt.

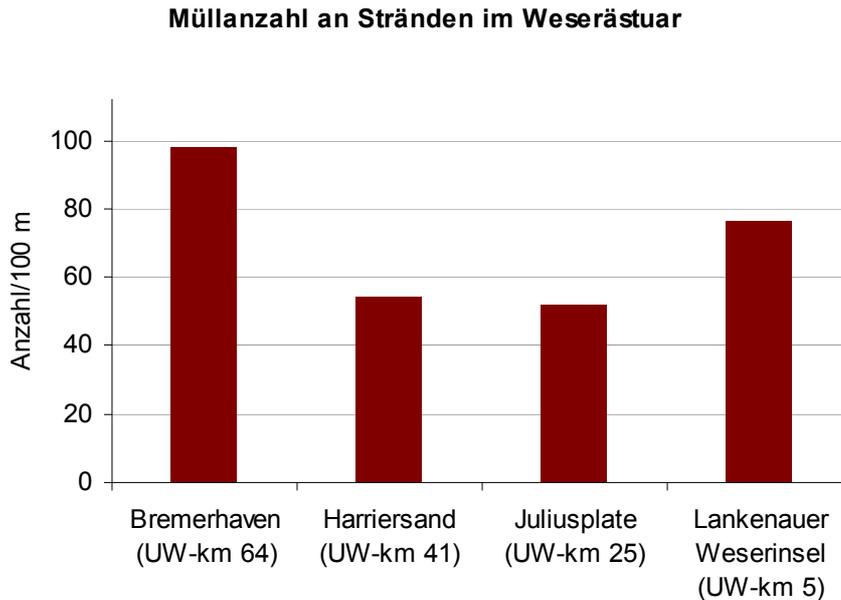


Abb. 11: Die durchschnittliche Anzahl der gefunden Müllteile von vier Strandsammlungen über ein Jahr (Lankenauer Weserinsel sechs Sammlungen, Juliusplate 2. Sammlung ohne Zigarettenstummel).

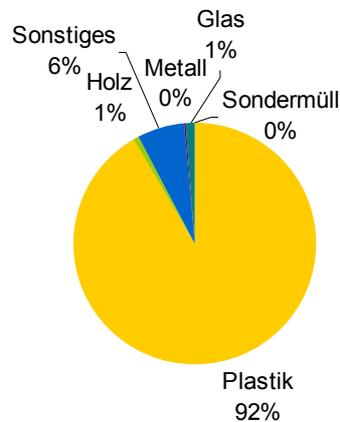
Zusammensetzung des Mülls

Die relativen Anteile der verschiedenen Müllfraktionen (Anzahlen/km) variieren zwischen den vier Standorten (Abb. 12). Während in Bremerhaven, auf dem Harriersand und der Lankenauer Weserinsel die Plastik-Fraktion mit 92, 80 und 88% stark ausgeprägt war, machte sie auf der Juliusplate knapp 50% aus. Dort fand sich zu einem hohen Anteil die Fraktion Sonstiges (Stoff, Gummi, Papier oder Pappe), die insbesondere aus Zigarettenstummeln bestand. Auch der Metallanteil war auf der Juliusplate mit 8% höher als an den anderen Sammelorten. Holz und Glas wurde zu einem geringeren Anteil an allen untersuchten Stränden vorgefunden. Die Fraktion des Sondermülls bestand im Wesentlichen aus einem 11 kg schweren Eimer mit Antifoulingfarbe auf dem Harriersand und gefüllten Farbdosen und Maschinenfett auf der Lankenauer Weserinsel.

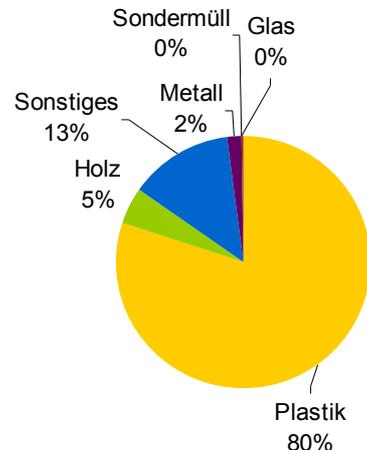
Auf der Lankenauer Weserinsel trugen Plastikverpackungen, zu denen auch Folien gezählt wurden, mit fast 60% zu der Plastikfraktion bei. Der Anteil der einzelnen Materialgruppen an der Gesamtmenge war dabei über den Zeitraum Juni bis November auffallend konstant. Erst bei der Sammlung nach der Sturmflut im Februar erhöhte sich der Anteil der unter Kunststoffe zusammengefassten Materialien deutlich, verursacht durch die große Zahl angespülter Styroporteile.

Müllfraktionen an Stränden im Weserästuar (Anzahl/km)

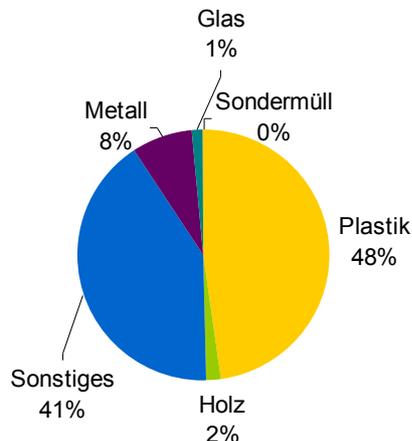
Bremerhaven (UW-km 64) Anzahl/km



Harriersand (UW-km 41) Anzahl/km



Juliusplante (UW-km 25) Anzahl/km



Lankenauer Weserinsel (UW-km 5) Anzahl/km

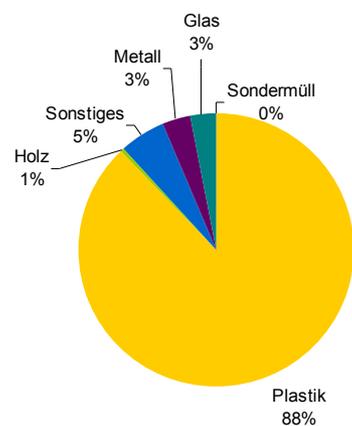


Abb. 12: Der durchschnittliche Anteil der Müllfraktionen nach der Anzahl der Müllteile auf einem Kilometer Weserstrand bei vier Strandsammlungen pro Ort in einem Jahr (Lankenauer Weserinsel sechs Sammlungen pro Jahr).

Bei den Strandsammlungen betrug der Prozentsatz der Plastikteile ca. 82%; dabei änderte sich die Zusammensetzung über das Jahr relativ wenig. Dies entspricht etwa dem Anteil, den Plastik auch an den Stränden Wattenmeeres ausmacht (75%, FLEET et al. 2009).

Im Vergleich zu den Müllfraktionen nach Anzahl pro km war bei der Verteilung nach Gewicht pro km eine stärkere Variation zwischen den Standorten zu erkennen (Abb. 13). Plastik war auch beim Gewicht in Bremerhaven, der Juliusplante und der Lankenauer Weserinsel die stärkste Fraktion. Bei der Betrachtung der beiden größten Fraktionen, Holz und Plastik, auf dem Harriersand wurde deutlich, wie die zahlenmäßig kleine Holzfraktion (5%) das Bild verändern kann, wenn nach Gewicht gegangen wird (40%). Auch Glas machte bei dem Gewichtsanteil auf der Lankenauer Weserinsel, im Vergleich zu der Anzahl, eine starke Fraktion aus. Hier ist auffällig, dass das Glasgewicht flussabwärts abnimmt. Dies könnte an einem verstärkten stadtnahen Glaswegwurf und kurzen bzw. später grundnahen Transportwegen von Glas liegen.

Müllfraktionen an Stränden im Weserästuar (kg/km)

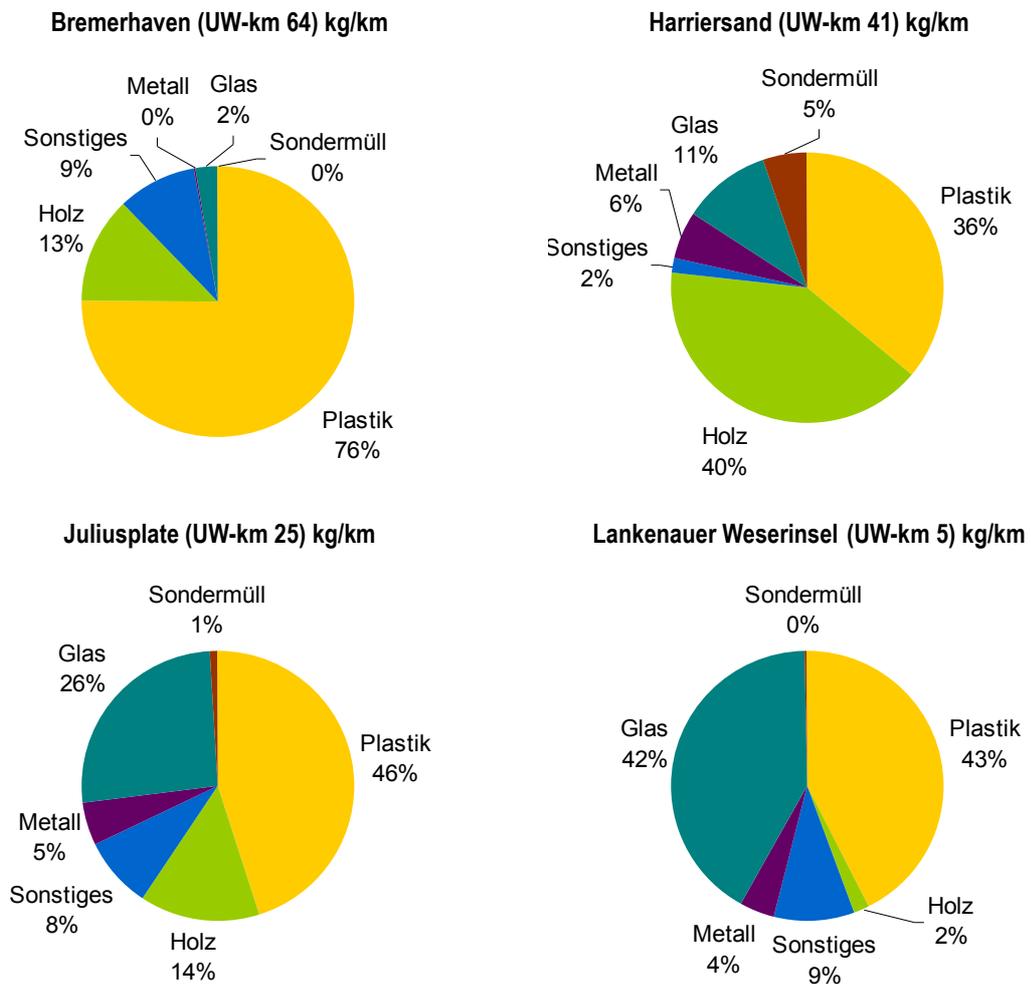


Abb. 13: Der durchschnittliche Anteil der Müllfraktionen nach Gewicht der Müllteile auf einem Kilometer Weserstrand bei vier Strandsammlungen pro Ort in einem Jahr (Lankenauer Weserinsel sechs Sammlungen pro Jahr, jedoch ohne große Holzteile).

Herkunft des Mülls

Die Quelle des Mülls an der Juliusplate, auf dem Harriersand und dem Seedeich bei Bremerhaven war nach der Gewichtsverteilung zu zwei Drittel „Von Land“ und wurde dominiert von der (nassen) Holzfraktion (Abb. 14). Die zweitstärkste Verursachergruppe auf der Weser war die "Binnenschiffahrt" mit einem Mittelwert von 12%. Eine erhebliche Rolle spielen hierbei die häufig gefundenen Fragmente von feuchten und daher schweren Reibhölzern. Mit im Mittel 8% stellt der "(Strand-) Tourismus" die drittstärkste Verursachergruppe dar. Dieses Ergebnis wird allerdings stark von dem Sammelort beeinflusst und unterliegt teilweise jahreszeitlichen Schwankungen. Stromab nahm der Müllanteil der Verursachergruppe „Seeschiff“ zu. Gemittelt machte die Verursachergruppe "Seeschiff" ca. 6% des Gesamtmülls aus. Die kleinsten Verursachergruppen waren mit jeweils knapp über 4% die "Sportfischer/Angler" und "Wassersportler". Auch hier gab es starke saisonale und örtliche Unterschiede (s. Anhang 1).

Summen der Verursachergruppen, alle Sammlungen [kg]

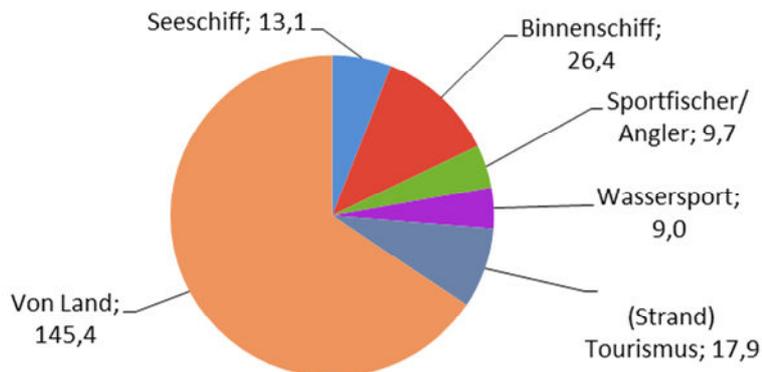


Abb. 14: Die durchschnittlichen Anteile der Verursachergruppen hervorgehend aus den Strandsammlungen auf der Juliusplate, dem Harriersand und dem Seedeich bei Bremerhaven (Von Land: Herkunft nicht immer eindeutig; Quelle: Anhang 1).

Auf der stadt- und hafennahen Lankenauer Weserinsel konnten sicher nur die Bubbletea-Becher aus der „Waterfront“ (im Untersuchungszeitraum in Bremen nur in der Waterfront erhältlich) als Freizeitmüll und Verpackungsmaterial ausländischer Herkunft als Schiffsmüll eingeordnet werden. Darüber hinaus war die Zuordnung der Müllteile zu einzelnen Quellen kaum möglich.

Den größten Anteil an der Fraktion Plastikverpackungen hatten Folien und Folienfetzen. Dazu zählen einzelne große Folienfetzen, große und kleine Teile Einwickelfolie, Luftpolsterfolien sowie auch vier Funde von Rohverpackungen (Abb. 15). Die große Anzahl dieser Folien ist nur mit einem Eintrag von nicht ausreichend gesichertem Gewerbemüll, von Baustellen oder am Hafen anfallenden Abfall zu erklären. Darauf deuten auch die gefundenen Schaumstofffolien, wie sie beispielsweise beim Verpacken von Elektrogeräten verwendet werden, und zahlreiche Flachbänder hin. Als Quelle für einen Teil der Wickelfolie kommt zum Beispiel der Neustädter Hafen in Frage, wo im Untersuchungszeitraum mehrmals herabhängende Wickelfolienfetzen beobachtet werden konnten.



Abb. 15: Lose Folien am Neustädter Hafen (links) und zwei Rohverpackungen Gemüsepfannen (rechts) (Quelle: Anhang 2).

Die Quelle Logistik/Gewerbe/Baustellen stellte einen auffällig hohen Anteil an Müll dar (Abb. 16). Als Verursacher kommen die zahlreichen Industrie- und Gewerbebetriebe sowie die Großbaustelle Hafencity in der Nähe des beprobten Ufers in Frage.

Zuordnung nach Quellen

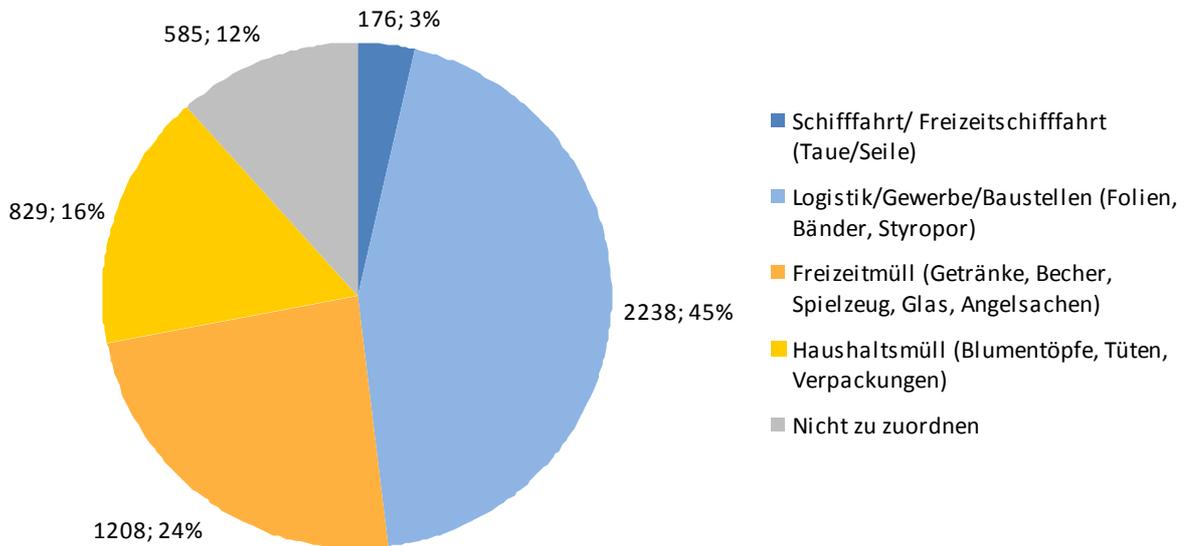


Abb. 16: Grobe Zuordnung der auf der Lankenauer Weserinsel gefundenen Müllanzahl zu möglichen Quellen (Quelle: Anhang 2).

Der Anteil an typischen Haushaltsmüllgegenständen war mit 16% ebenfalls unerwartet hoch und lag vermutlich sogar noch etwas höher, da Süßigkeiten Verpackungen beim Freizeitmüll und Folienreste (beispielsweise Frischhaltefolien für mitgebrachte Lebensmittel) bei Logistik/Gewerbe/Baustellen eingeordnet wurden. Ein Grund hierfür könnten die in Bremen genutzten sehr instabilen „gelben Säcke“ sein, die leicht reißen, so dass ihr Inhalt in die Umwelt gelangen kann. Dies ist bei stürmischem Wetter häufig der Fall. Auf diesen Zusammenhang deutet auch die deutliche Zunahme des Hausmülls bei der Sammlung im April hin, die nach einer längeren Periode mit stürmischem Winden stattfand. Bei vorangegangenen Sammlungen auf der Insel außerhalb des Probezeitraums wurden zudem schon häufiger ganze gelbe Säcke samt Inhalt gefunden.

Auffällig ist, dass auch bei der Auswertung nach Quellen über die sechs Sammlungen hinweg deren jeweiliger Anteil relativ konstant blieb. Dies ist insbesondere bei dem als „Freizeitmüll“ klassifizierten Müll überraschend, sollte doch dieser mit der Anzahl der Menschen, die sich an den Ufern der Weser aufhalten, korrelieren. Dieser Zusammenhang ließ sich jedoch nicht feststellen. Um dieses Ergebnis zu überprüfen, wurden einige Gegenstände, die sich mit großer Sicherheit dem Freizeitmüll zuordnen lassen, einzeln betrachtet. Dazu zählten Becher (aus Plastik und Pappe), Spielzeug, Feuerzeuge, Getränkedosen und ganze Glasflaschen. Lediglich bei den Bechern ließ sich der erwartete Trend (mit Ausnahme der letzten Sammlung) nachweisen. Die Anzahl von Glasflaschen und Feuerzeugen stieg in den Wintermonaten sogar deutlich an. Erklären lässt sich dies vermutlich mit

den für die Bremer Region um diese Jahreszeit typischen „Kohltouraktivitäten“, bei denen vermehrt Tabak und Alkohol konsumiert werden.

Insgesamt konnte die Herkunft des Mülls der Strandsammlungen und auch der anderen terrestrischen Erfassungen mehrheitlich der Quelle „von Land“ zugeordnet werden. Obwohl bei den Strandsammlungen eine schwache Zunahme des Anteils aus der Seeschifffahrt in Richtung Nordsee ersichtlich war, weicht die Herkunft in der Unterweser damit von der bei den OSPAR-Strandsammlungen an der deutschen Nordseeküste gefundenen ab, dort sind Schifffahrt und Fischerei die wichtigsten Quellen (FLEET 2003). Auf der stadt- und hafennahen Lankenauer Weserinsel wurde der Mülleintrag durch Hafenaktivitäten sowie Freizeitbeschäftigungen besonders deutlich. Der Anteil der verschiedenen Quellen des Mülls bleibt über das Jahr ähnlich.

Gegenstandgruppen

Bei Betrachtung der Gegenstandsgruppen, die bei den Strandsammlungen am häufigsten vorgefunden wurden (s. Tab. 2) spiegelt sich wider, dass auch hier der größte Teil dieser Gebrauchsgegenstände aus Plastik bestehen. Diese 10 Gruppen machen knapp 90% der am Weserstrand gefundenen Gegenstände aus. Wenn ein besonderes Augenmerk auf die Reduzierung dieser Gegenstände gelegt wird, könnte der größte Teil des anfallenden Mülls vermieden werden. Mögliche Maßnahmen zur Verringerung des Wegwurfs dieser Gegenstände sind in Kapitel 6 beschrieben.

Tab. 2: Die bei Strandsammlungen der Anzahl nach am häufigsten vorgefundenen Gegenstandsgruppen (teils nach Gebrauchsgegenständen zusammengefasste OSPAR-Gruppen).

Nr.	Gegenstandsgruppen	Prozent
1	Verpackungsmaterial	24,9
2	Plastik/Styroporteile aller Größen	18,1
3	Tüten (Süßigkeiten/Lutscher/Chips)	14,5
4	Nahrungsmittelbehälter und -verpackungen (z.B. Alufolie), Fast-Food-Behälter und Besteck, Tablett sowie Trinkhalme	8,9
5	Getränkeflaschen, Behälter, Kanister (Plastik) und Deckel, Verschlüsse (Plastik/Metall) sowie Getränkedosen	5,8
6	Zigarettenstummel	4,5
7	Plastiktüten Groß & Klein	3,9
8	Schnüre (weniger als 1 cm Durchmesser) und Plastikbänder (Flachbänder)	2,9
9	Plastik-Tassen	2,7
10	Glasflaschen	2,4

4.5 Transportpfad Wassersäule

4.5.1 Methoden Wassersäule

Der Transport des Mülls in der Wassersäule sowohl bei ablaufendem wie bei auflaufendem Wasser wurde mittels des kommerziellen Hamenkutters „Margit“ an 2 Probenahmestellen an 2 Terminen erfasst. Die Wassermenge wurde durch einen Messflügel registriert. Es erfolgt eine je eintägige Beprobung der Wassersäule bei Ebbe und Flut bzgl. Volumen und Art des Mülls. Das Gewicht wurde im nachhinein geschätzt. Der 9 x 17 m große Hamen (Maschengröße 6 mm) erfasste einen großen Teil der Wassersäule, nicht jedoch den Transport von Müll oberflächen- bzw. grundnah. Die Probestellen waren Bremen-Farge (UW-km 25) und Bremerhaven (UW-km 65) (s. Anhang 1).

4.5.2 Ergebnisse Wassersäule

Die Mengen an gefischtem Müll waren sowohl in den Ebb- wie in den Fluthols gering mit z.T. nur einigen Müllteilen. Das stimmt mit eigenen Beobachtungen bei anderen fischereilichen Untersuchungen an der Unterweser überein. Art, Anzahl und Volumen der Müllteile wurden erfasst (s. Anhang 1).

Vor Bremerhaven betrug der gefischte Müll im Mai 2012 beim ablaufendem Wasser ca. 8,5 Liter bzw. 550 g und bei auflaufendem Wasser weniger als 1 Liter bzw. etwa 10 g (s. Anhang 1). Die Teile bestanden aus einem Stück plastikummantelten Spirale eines Lüftungsschlauches, Folienfetzen, Angelsehne, Tauwerk und Verpackungen (Abb. 17). Im September 2012 lag die gefischte Menge an Müll beider Hols bei weniger als 1 Liter. Davon waren etwa 25 % Folienfetzen und weitere 25% bestanden aus Angelsehne sowie einem Stück Tauwerk, wie es in der Fischerei verwendet wird. Die andere Hälfte des Mülls war ein Stück feines netzartiges Gewebe (Abb. 17). Die Plastikteile wogen geschätzt 20 g.



Abb. 17: Der Müll beider Hols in Bremerhaven im Mai (links) und September 2012 (rechts) (Quelle: Anhang 1).

Vor Farge waren im Mai 2012 im ersten Hol bei ablaufendem Wasser etwa 4,15 Liter bzw. knapp 92 g Müll vorhanden und im 2. Hol bei auflaufendem Wasser etwa 3,3 Liter bzw. 60 g Plastik. Bei diesem 2. Hol wurde der Hamen jedoch auf 2 x 17 m verkleinert, so dass nur die obere Wassersäule befischt wurde. Bei der 2. Befischung im September 2012 hatten sich in beiden Hols zusammen ca. 2 Liter bzw. 31 g Müll im Netz gefangen (s. Anhang 1). Auch in Farge bestand der gefischte Müll zum größten Teil aus Plastikresten verschiedener Herkunft (Abb. 18).



Abb. 18: Der Müll beider Hols in Farge im Mai (oben, links: Ebbe, rechts: Flut) und September 2012 (unten) (Quelle: Anhang 1).

Die überwiegend nur geschätzten Werte für das Gewicht des Plastikmülls ergeben, dass pro Liter ca. 0,0000014 g Plastik im Weserwasser vorhanden ist. Im Weserabschnitt zwischen Wehr und etwa Bremerhaven (UW-km 70) beträgt das mittlere Wasservolumen ca. $400 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Wasservolumen unter Niedrigwasser plus das halbe Tideprisma s. SCHUCHARDT & SCHIRMER 2005). Daraus ergibt sich, dass etwa 560 kg Plastikmüll im Wasserkörper der Unterweser vorhanden sein könnten. Die tatsächliche Menge liegt vermutlich deutlich höher, da grund- und oberflächennaher Transport nicht erfasst werden konnten.

Die Untersuchung zeigt, dass in der Unterweser in der Wassersäule insbesondere Plastikmüll transportiert wird. Dies wird durch eine Studie von TWEHUYSEN (2013) für die Maas (NL) bestätigt. Die niederländische Untersuchung deutet jedoch auch an, dass Plastik v.a. auch an der Wasseroberfläche transportiert wird. Dieser Anteil konnte in unserer Studie nicht erfasst werden. Das Plastik auf dem Wasser besteht danach vorwiegend aus festen Teilen wie Flaschen, Deckeln und Styropor, also vermutlich die Fraktionen, die bei den Strandsammlungen dominieren.

5. Mikropartikel

Ob und in welchem Umfang Mikroplastikpartikel im Ästuar transportiert werden und aus den Ästuar in die Nordsee eingetragen werden ist unbekannt. Im Rahmen der Studie erfolgten deshalb orientierende Untersuchungen, die sowohl den Transportweg Wassersäule, den möglichen Ablagerungsort Sedimente und den möglichen Wirkort Fischmägen umfassten.

Es gibt zwei Sorten von Mikroplastik. Zu sogenanntem primären Mikroplastik gehören Basispellets, die das Grundmaterial für die Plastikproduktion darstellen; Granulate in Kosmetik und Hygieneprodukten, wie Peelings, Zahnpasta, Handwaschmittel; mikroskopische Partikel, die in Reinigungsstrahlern, zum Beispiel auf Werften eingesetzt werden oder in der Medizin als Vektor für Wirkstoffe von Arzneien Anwendung finden sowie Fasern. Bis zu 2.000 Kunstfasern aus Fleece-Kleidungsstücken, einem Velourstoff, der meist aus Polyester oder Polyacryl besteht, gelangen pro Waschgang über Fließgewässer in die Meeresumwelt, da sie von den Klärwerken nicht zurückgehalten werden können. Geht ein Transportcontainer mit Industriepellets aus Kunststoff zur späteren Weiterverarbeitung auf See verloren, gelangen 50 Milliarden Pellets ins Meer und sind an den Stränden von Sandkörnern kaum unterscheidbar. Sekundäres Mikroplastik entsteht durch physikalische, biologische und chemische Degradation von Makroplastikteilen.

5.1 Mikroplastik in der Wassersäule

5.1.1 Methoden Mikroplastik Wasser

Das Vorkommen von suspendiertem Mikroplastik (MP) wurde über zwei Beprobungskampagnen mit 25 Stationen im Juli und 22 Station im November 2012 im Unterweser-Längsschnitt untersucht. Die Beprobungen erfolgten von Bremerhaven (UW-km 110 im Juli und UW-km 79 im November) bis zum Wehr Bremen (UW-km – 4). Weiterhin wurden am Ablauf der Kläranlage Seehausen (UW-km 8,5) im Juli und Oktober 2012 Wasserproben genommen. Die Analyse der Proben erfolgte im Labor (s. Anhang 3). Es wurde zwischen granulären Mikroplastik, Fasern und Fragmenten unterschieden (s. Kapitel 1.1).

5.1.2 Ergebnisse Mikroplastik Wasser

Im Mittel enthielten die Proben aus der Wassersäule 16 granuläre Partikel, 4,3 Fasern und 4,4 Fragmente pro Liter (Tab. 3). Bei den Wasserproben aus dem Ablauf der bremischen Kläranlage Seehausen betragen die mittleren Eintragsmengen 4 granuläre MP, 4 Fasern und 1 Fragment pro Liter (s. Anhang 3).

Tab. 3: Anzahl der Mikropartikel in einem Liter Probenwasser als Mittelwert der in der Unterweser genommenen Proben (Wassersäule Probennahme November 2012, Kläranlage Probennahmen Juli und Oktober 2012; s. Anhang 3).

Probe	Granuläre MP	Fasern	Fragmente	Summe
	[n/l]	[n/l]	[n/l]	[n/l]
Wassersäule (n = 22)	16,0	4,3	4,4	24,7
Kläranlage (n = 2)	4,0	4,0	1,0	9,0

Im Juli-Transekt waren die hohen Gehalte zwischen UW-km 48 und 80 auffällig, während seewärts und weseraufwärts deutlich niedrigere Werte bestimmt wurden (Abb. 19). Der Bereich erhöhter MP-Konzentrationen entspricht etwa dem, in dem auch die ästuarine Trübungszone tiderhythmisch pendelt, so dass sich eine Akkumulation von MP gemeinsam mit anderen Schwebstoff-Fraktionen in der Trübungszone andeutet. Bei der Beprobung im November 2012 ist ein solcher Bereich erhöhter Konzentrationen nicht deutlich ausgeprägt (s. Anhang 3); lediglich bei UW-km 58 fand sich ein deutlich höherer Wert an granulärem Material.

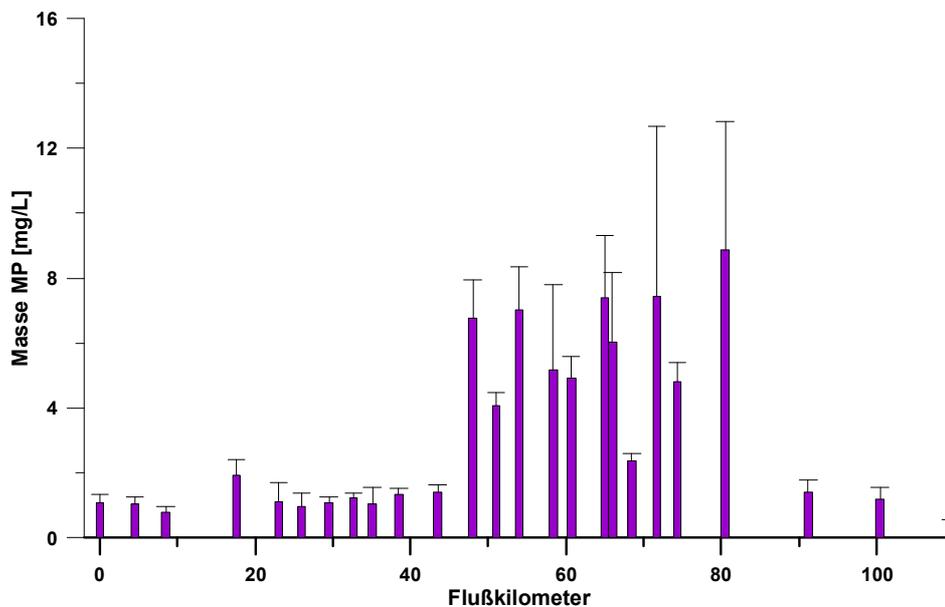


Abb. 19: Die Mittelwerte der Mikroplastikmassen im Juli-Transekt 2012 mit Standardabweichung (Quelle: Anhang 3).

Granuläres Material macht den überwiegenden Anteil aus bis auf die Proben aus dem Bereich Bremerhaven und seewärts. Hier kommen zwei Quellen in Betracht, zum einen Mikroplastik aus Kosmetika, zum anderen kann dieses Material aus den u.a. im Schiffbau eingesetzten Abrasivmitteln stammen. Da in beiden Fällen Polyethylenpartikel verwendet werden, kann die Bestimmung des Polymertyps nicht weiterführen, weiteren Aufschluss kann nur eine direkte Analyse der Hafengewässer in Bremerhaven geben.

Fasern können ebenfalls zwei Quellen haben: einmal Eintrag von z.B. Polyacryl- oder Polyesterfasern aus Bekleidung, die in Kläranlagen nicht vollständig zurückgehalten werden (BROWNE et al.

2011; DUBAISH & LIEBEZEIT 2013), oder über direkten Eintrag aus Seilabrieb (Liebezeit & Dubaish, unveröff. Daten).

Bei Fasern deutete sich eine positive Beziehung zwischen Leitfähigkeit und Konzentrationen an. Dies könnte auf einen Eintrag von Fasermaterial von See, möglicherweise aus der Schifffahrt, zurückzuführen sein. Granuläres Material zeigte dagegen eine abnehmende Tendenz mit steigender Leitfähigkeit. Dies deutet auf einen flussseitigen Eintrag hin, der z.B. von Kosmetika/Reinigungsmitteln über Kläranlagen erfolgen kann (FENDALL & SEWELL 2009).

Für die Kläranlage Seehausen deuten die vorliegenden ersten orientierenden Untersuchungen allerdings an, dass sie als Eintragspfad in die Unterweser nicht von größerer Bedeutung ist. Die Anzahl von Mikroplastik vor dem Ablauf der Kläranlage Seehausen betrug im Vergleich zu drei Probenmestationen vor und hinter Seehausen (km 4,5–23) nur die Hälfte an MP-Partikeln im Weserwasser (s. Tab. 3 und Anhang 3). Diese Ergebnisse stehen allerdings im Widerspruch zu Ergebnissen für die Wilhelmshavener Kläranlage; dort sind die Konzentrationen im Ablauf deutlich höher als in Seehausen (s. Anhang 3).

5.2 Mikroplastik im Sediment

5.2.1 Methoden Mikroplastik Sediment

Ein möglicher Ablagerungsort für Mikropartikel können feinkörnige Sedimente sein. Die Untersuchungen zum Vorkommen von Mikropartikeln in Oberflächensedimenten wurden an den Probenmeststellen Bremerhaven (UW-km 65 und 61), Harriersand (UW-km 40), Bremen-Farge (UW-km 26) und Wehr Hemelingen (UW-km – 4) im Juli und November 2012 vorgenommen. Die weitere Bearbeitung erfolgte im Labor, dabei wurde nach granulärem Material, Fasern und Fragmenten differenziert (s. Anhang 3).

5.2.2 Ergebnisse Mikroplastik Sediment

Die in 5 g trockenem Sediment gefundene Anzahl von Mikropartikeln lagen bei hoher Variabilität zwischen Einzelproben im Mittel bei 6,2 granulären Partikeln, 3,6 Fasern und 1,5 Fragmenten. Die mittleren Konzentrationen waren im November und Juli ähnlich.

Die in der Unterweser ermittelten Gehalte sind damit deutlich niedriger als die mit der gleichen Methodik in Sandstränden des Wattenmeers (LIEBEZEIT & DUBAISH 2012) und Sedimenten des Jadebusens (Liebezeit & Dubaish, unveröff.) gefundenen. Hier wurden Werte von bis zu 500 granulären Partikeln erreicht, während Fasern nur geringfügig höhere Werte als in der Unterweser zeigten. Die Sedimentzusammensetzungen dieser Proben (Korngröße) zeigte keinen eindeutigen Zusammenhang bezüglich der Summe der Mikroplastikpartikel; es deutet sich aber eine Tendenz zu höheren MP-Konzentrationen bei steigenden Feinkornanteilen an (Tab. 4).

Tab. 4: Mikroplastikzusammensetzung in 5 g Oberflächensedimenten an 5 Probenahmestellen (s. Anhang 3).

Monat	UW-km	Sedimenttyp	granulär	Fasern	Fragmente	Summe MP
Juli 2012	65	Schluff bis Feinsand	11	5	–	16
	61	Schluff	6	2	–	8
	40	Grobsand	3	3	–	6
	26	–	5	6	3	14
	– 4	Mittelsand	4	0	–	4
November 2012	65	Mittelsand	6	2	1	9
	61	Schluff bis Feinsand	10	8	1	19
	40	Mittelsand	3	3	1	7
	26	–	8	4	2	14
	– 4	Mittelsand	6	3	1	10
Mittelwert			6,2	3,6	1,5	10,7

5.3 Mikroplastik in Fischmägen

Es gibt Hinweise darauf, dass Mikroartikel von aquatischen Organismen als Nahrungspartikel aktiv aufgenommen werden und damit Eingang in die Nahrungskette finden. Ob dieser Wirkpfad auch innerhalb des Ästuars von Bedeutung sein könnte, wurde durch orientierende Analysen von Mageninhalten von postlarvalen Finten und Stinten, die in der Unterweser geschlüpft und bis dahin aufgewachsen sind, untersucht.

5.3.1 Methoden Mikroplastik Fische

Die Beprobung der beiden Fischarten Finte (*Alosa fallax*) und Stint (*Osmerus eperlanus*) wurde vor Bremen-Farge (UW-km 25) und vor Bremerhaven (UW-km 65) mittels Hamen vorgenommen. Die Termine der Befischung lagen im September 2012 und es wurden 6 Individuen pro Ort und Fischart genommen. Die Präparierung der Mägen und Analyse erfolgte im Labor, dabei wurde nach granuläres MP und Fasern differenziert (s. Anhang 3). Fragmente wurden nicht ausgewertet, da hier eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit besteht, dass Chitinfragmente aus der Nahrung anwesend sind.

5.3.2 Ergebnisse Mikroplastik Fische

Alle untersuchten Exemplare enthielten Mikroplastik im Magen. Im Mittel waren 3,7 Teile granuläres MP und 5,3 Fasern im Magen bei einer hohen Variabilität sowohl zwischen den beiden Probenahmeorten als auch zwischen den beiden untersuchten Arten (s. Anhang 3). Wird nur der Anteil der Fische betrachtet, der granuläres MP im Magen hatte (vorsorglicher Ausschluss von Faser auf-

grund einer möglichen Kontamination der Proben), wurde bei 71% der Individuen Mikroplastik im Magen gefunden.

Zwischen der Gesamtzahl an MP und der Länge der Fische gab es keine signifikante Beziehung, ein schwach ausgeprägter Trend zu höheren MP-Zahlen bei größeren Exemplaren war allerdings erkennbar. Diese Befunde bestätigen das aus der Literatur bekannte Phänomen, dass Fische Mikroplastikpartikel aufnehmen (CARPENTER et al. 1972, HOSS & SETTLE 1990, DANTAS et al. 2011).

In zahlreichen Studien wurde nachgewiesen, dass der Hauptanteil des Plastiks in Mägen mariner Fische aus Nylonschnüren der lokalen Fischerei stammte (DANTAS et al. 2011, POSSATTO et al. 2011 und RAMOS et al. 2012), allerdings wurde in diesen Studien nicht das Hauptaugenmerk auf Mikroplastik gerichtet. Auch in den Mägen von *Alosa fallax* aus dem Golf von Danzig wurden Reste von Plastik (3,4%) gefunden (SKÓRA et al. 2012). Betroffen können sowohl pelagische als auch demersale Arten sein (LUSHER et al. 2013).

6. Diskussion, Schlussfolgerungen und Hinweise

6.1 Welche Bedeutung hat das Weserästuar als Eintragspfad?

Für Nähr- und Schadstoffe sind die in die Nordsee mündenden Flüsse ein wesentlicher Eintragspfad. Welche Bedeutung die Ästuar für den Eintrag von Müll in die Nordsee haben ist bisher unbekannt. Die vorliegende Untersuchung ist so konzeptioniert, dass nicht nur methodische Ansätze für die Untersuchung der Verteilung und des Verbleibs von Müll innerhalb des inneren Ästuars entwickelt und getestet wurden, sondern gleichzeitig geprüft werden sollte, ob sich mit dem methodischen Ansatz auch der Eintrag von Müll mit dem Fokus Plastik in die Nordsee abschätzen lässt (dabei ging es hier aufgrund der sehr geringen Stichprobenzahl nur um eine erste Orientierung).

Eine solche quali- und quantitative Abschätzung der Relevanz des Eintrags von Müll aus einem Nordsee-Ästuar in die Nordsee ist bisher nicht durchgeführt worden; weder liegt ein methodisches Konzept vor noch sind die einzelnen methodischen Ansätze verfügbar, durch deren gezielte Kombination eine solche Abschätzung möglich wird. Die Studie ist nicht so konzipiert, dass sie statistisch abgesicherte Ergebnisse liefert. Statt dessen soll sie durch einen neuen methodischen Ansatz eine erste Einschätzung der Relevanz des Problems und damit die Grundlage für weitere behördliche Entscheidungen liefern, die im Rahmen der Umsetzung der MSRL von Bund und Ländern zu treffen sein werden.

Um eine erste orientierende Abschätzung zu ermöglichen wurden, soweit möglich, verschiedene Aspekte differenziert analysiert:

Eintragspfad Oberwasser: Der Mülleintrag über das Oberwasser in die Unterweser wurde in Dörverden betrachtet (ohne Untersuchung der Nebenflüsse). Wie in Kapitel 4.1.2 beschrieben wurde angenommen, dass etwa 50% des Mülls (größer 3 cm) von dem Rechen des Wasserkraftwerks in Dörverden zurückgehalten wird und davon etwa 55% aus Plastik besteht. Danach könnten ca. 2000 kg Plastik das Weserästuar pro Jahr von Oberstrom erreichen.

Austragspfad Treibselentfernung: Die Menge des Treibselns an der Hochwasserlinie am Deichfuß nach der Sturmflutsaison geben PGG et al. (2011) für das Weserästuar zwischen Bremerhaven und Bremen mit mindestens 24.200 m³ im Jahr (Zeitraum 1994/95–2009/10) an. Anhand der Sortierung auf der Juliusplate und dem Harriersand kann die im Treibsel enthaltene Müllmenge abgeschätzt werden. Danach werden mindestens 19.360 kg Müll während einer Sturmflutsaison mit dem Treibsel akkumuliert und überwiegend entfernt. Das Gewicht des Plastikmülls, das sich dort im Frühjahr akkumuliert, konnte nur durch die Sammlung auf der Juliusplate (0,06 kg/m³) ermittelt werden und kann danach mit knapp 1500 kg angegeben werden.

Austragspfad Verbleib im Vorland: Der Teil des Mülls, der nach der Sturmflutsaison im Vorland abgelagert wird, wurde durch eine Sammlungen auf der Juliusplate ermittelt. Die Ausdehnung der unbedeichten Weservorländer zwischen Bremen und Bremerhaven beträgt 2.415 ha (PGG et al. 2011). Im Mittel könnten durch eine Sturmflutsaison danach ca. 127.809 kg Müll pro Jahr in das Vorland geschwemmt und infolgedessen zumindest temporär aus dem aquatischen Bereich des Weserästuars ausgetragen werden. Bei einem mittleren Plastikgewicht von 0,0004 kg pro m² ergeben sich ca. 10.000 kg Plastik, die pro Sturmflutsaison im Vorland abgelagert werden. Der weitere

Verbleib des Mülls ist allerdings unklar. Ein Teil des Materials wird nach eigenen Beobachtungen von Vegetation überwachsen und verbleibt vermutlich längerfristig dort, ein anderer Teil wird vermutlich von Wind und Wasser weiter bewegt. Ob für all dieses Material der Deichfuß der Ablagerungsort wird ist unklar.

Akkumulationsort Strand: Auf der Grundlage der Ergebnisse der Strandsammlungen an den vier Probenahmeorten (im Mittel 22 kg Müll/km, s. Kapitel 4.4.2) kann abgeschätzt werden, dass entlang der Ufer der Unterweser (bis Weser-km 65 in Bremerhaven und mit beiden Uferseiten 130 km) durchschnittlich 2.860 kg Müll liegen. Auf 1 Kilometer Strandlinie lagen im Mittel 6,0 kg Plastik, dementsprechend befindet sich ca. 780 kg Plastikmüll entlang der Weser. Wie lange der Müll an den Stränden verbleibt und wie viel durch z.B. Verwehungen an den Deichfuß und anschließend in das Vorland gelangt ist bisher ungeklärt. Der Strand ist noch stärker als das Vorland ein temporärer Akkumulationsort, dem noch kein eindeutiger Pfad hinsichtlich des weiteren Verbleibs zugeordnet werden kann.

Transportpfad Wassersäule: Das mittlere Gewicht des in der Wassersäule der Unterweser tide-rhythmisch transportierten Plastiks wurde in Kapitel 4.5.2 mit ca. 560 kg abgeschätzt (ohne grund- und oberflächennahen Transport). Der Netto-Austrag in die Nordsee ergibt sich stark vereinfacht aus dem Plastikgewicht pro Liter von 0,0000014 g und dem mittleren Oberwasserabfluss (am Pegel Intschede 329 m³/s). Danach könnten ca. 0,5 g Plastik pro Sekunde bzw. mind. 15.000 kg/Jahr aus der Unterweser ausgetragen werden (ohne oberflächen- und grundnahen Transport).

Zu Transportpfaden und Verbleib des Plastikmülls in der Unterweser hat die grobe Abschätzung also die folgenden Hinweise ergeben: Mit dem Oberwasser könnten ca. 2.000 kg/a in die Unterweser eingetragen werden und mit dem Treibsel könnten ca. 1.500 kg/a entfernt werden. Vor allem das Vorland stellt mit ca. 10.000 kg einen recht großen „Zwischenspeicher“ für Plastikmüll dar; im Bereich der Hochwasserlinie an den Ufern werden ca. 800 kg zwischengelagert. Die weiteren Transportpfade bzw. der im Vorland längerfristig verbleibende Anteil sind unklar. Die Wassersäule der Unterweser scheint demgegenüber einen relativ kleinen Zwischenspeicher darzustellen, in dem ca. 560 kg schwimmender Plastikmüll tiderhythmisch transportiert wird. Der über die Wassersäule (ohne oberflächen- und grundnahen Transport) erfolgende Austrag aus der Unterweser in die Nordsee könnte mind. 15.000 kg/a betragen. In der Studie ist deutlich geworden, dass der wesentliche Eintragspfad individueller Wegwurf und Verwehungen sind; diese Menge konnte in der Studie nicht direkt erfasst werden. Diese orientierenden Angaben sind mit großen Unsicherheiten behaftet und sollten durch die Wiederholung der vorliegenden Untersuchung verifiziert werden.

Die Ergebnisse der orientierenden Untersuchung zu Transportwegen von Plastikmüll im inneren Weserästuar zeigen also, dass größere Mengen im System vorhanden sind. Dabei besteht ein Austausch zwischen verschiedenen Systemkompartimenten (Wassersäule, Strand, Vorland u.a.). Der Eintrag erfolgt nur zum kleineren Teil von Oberstrom, der größere Teil, ohne dass dieser quantifiziert werden kann, erfolgt über individuellen Wegwurf und Verwehungen. Erkennbar war eine Zunahme des Müllanteils der Verursachergruppe „Seeschiff“ Richtung Nordsee. Die MThw-Linie ist ein überwiegend temporärer Ablagerungsort für Plastik; das Vorland scheint ein sowohl temporärer als auch längerfristiger Ablagerungsort zu sein. Über die aus Gründen der Deichsicherheit erfolgende Treibselentfernung werden größere Mengen Plastikmüll aus dem System entfernt; dies gilt auch für die Entsorgung von Rechengut an den Kraftwerkseinläufen Oberstrom, soweit das Material nicht wieder in das Gewässer rückgeführt wird. Der Austrag aus dem System in die Nordsee erfolgt über

den Transportpfad Wassersäule. Die Untersuchung ergibt entsprechend ihres orientierenden Charakters nur erste Hinweise auf die quantitative Relevanz der verschiedenen Pfade.

Insgesamt wird jedoch deutlich, dass das Ästuar einerseits eine gewisse Filterfunktion hat, in dem besonders an der Oberfläche transportierter Müll mit dem Treibsel akkumuliert und entfernt wird (in der Größenordnung könnte diese Menge etwa der von Oberstrom in das Ästuar transportierten entsprechen). Andererseits findet auch im inneren Ästuar ein nicht unerheblicher Mülleintrag statt, allerdings liegen die an den Stränden akkumulierten Müllmengen deutlich unter denen von Stränden an der Küste.

Zur Zeit gibt es keine zuverlässigen Daten über Eintragungsmengen von Müll in die Nordsee. Nach älteren Schätzungen von OSPAR (1995) werden ca. 20.000 t Müll pro Jahr in die Nordsee eingebracht; eine Angabe zum Gewichtsanteil des Plastikmülls daran macht OSPAR nicht. Eine Orientierung liefert der Anteil des gestrandeten Plastikmülls (inklusive Styropor und Schaumgummi), der nach Gewicht bei 20% liegt (FLEET 2003). Danach könnte der Plastikmülleintrag in die Nordsee etwa 4.000 t/a betragen. Während global ca. 80% von Land stammen sollen, scheint dieser Anteil in der Nordsee relativ kleiner gegenüber dem von See (v.a. Fischerei) stammenden Anteil (s. Kapitel 1.1). Wenn wir den von Land bzw. aus den Flüssen stammenden Anteil mit 50% annehmen, ergäbe sich aus den obigen Zahlen ein jährlicher Eintrag von 2.000 t/a von Land (nur Plastik). Je nach Berechnungsgrundlage beträgt der Süßwasser-Eintrag aus der Weser zwischen 3 und 7% des aus dem Einzugsgebiet über die Flüsse in die Nordsee transportierten Süßwassers (aus Zahlen in Tab. 3 in RADACH & PÄTSCH 2007). Danach könnten von den 2.000 t/a zwischen 60 und 140 t/a Plastik über das Weserästuar eingetragen werden. Diese Zahl liegt bis zu einer Größenordnung über den 15 t/a, die sich aus unseren orientierenden Messungen ergeben haben. Für die Abweichung ist eine Vielzahl von Ursachen möglich; dazu gehört eine Unterschätzung unserer Zahl durch die bisher nicht mögliche Berücksichtigung des oberflächen- und bodennahen Transports, der geringe Probenumfang unserer orientierenden Untersuchung aber auch die Möglichkeit, dass die von OSPAR geschätzten Zahlen nicht in der richtigen Größenordnung liegen. Hier besteht deutlicher Untersuchungsbedarf. Obwohl die großen Unsicherheiten in den vorliegenden Angaben bisher keine wirkliche Bilanzierung erlauben ist es plausibel, dass die Flüsse einen wesentlichen Anteil am Eintrag von (Plastik-) Müll in die Nordsee haben.

6.2 Diskussion von Ansatz und Methoden

Die verschiedenen in dieser Studie angewendeten Methoden sollen im Folgenden sowohl hinsichtlich ihrer spezifischen Vor- und Nachteile als auch in ihrer Gesamtheit als Ansatz zur Bilanzierung der Mülltransportwege im Ästuar kurz diskutiert werden.

Oberwasser: Grundsätzlich ist dies ein einfacher und sinnvoller Ansatz; Schwierigkeiten können sich durch die Zugänglichkeit zu Rechengut und quantitativen Angaben ergeben; klare Absprachen mit dem Betreiber vorab sind unverzichtbar.

Treibsel: Grundsätzlich ist dies ein einfacher und sinnvoller Ansatz; Schwierigkeiten können sich durch die Verfügbarkeit quantitativer Angaben von den Deichverbänden ergeben; klare Absprachen mit den jeweils Zuständigen vorab sind unverzichtbar. Ein weiterer Aspekt ist die Auswahl reprä-

sentativer Standorte, da die räumliche Verteilung sehr heterogen ist. Hier wäre eine entsprechende Voruntersuchung sinnvoll.

Vorland: Grundsätzlich ist dies ein einfacher und sinnvoller Ansatz; Schwierigkeiten können sich bei der Auswahl repräsentativer Standorte ergeben, da die räumliche Verteilung sehr heterogen ist. Hier wäre eine entsprechende Voruntersuchung sinnvoll. Da der mittel- und längerfristige Verbleib des Materials im Vorland unklar ist, wäre eine Untersuchung von „Dauerflächen“ über längere Zeit sinnvoll.

Strand: Es gilt das für das Vorland Gesagte.

Wassersäule: Grundsätzlich ist dies ein sinnvoller Ansatz, der jedoch durch den Einsatz eines Kutters aufwändig ist. Eine Lösung ist die Kombination mit ohnehin stattfindenden Untersuchungen, wie sie im Rahmen des Monitorings für die Wasserrahmen-Richtlinie stattfinden. Dies hat in 2013 an Weser und Ems bereits begonnen. Allerdings werden dabei die Transportpfade Wasseroberfläche und grundnah nicht erfasst. Dies könnte durch das parallele Ausbringen zusätzlicher Geräte zur Erfassung dieser Pfade vermutlich gelöst werden (als Beispiele s. Abb. 20).

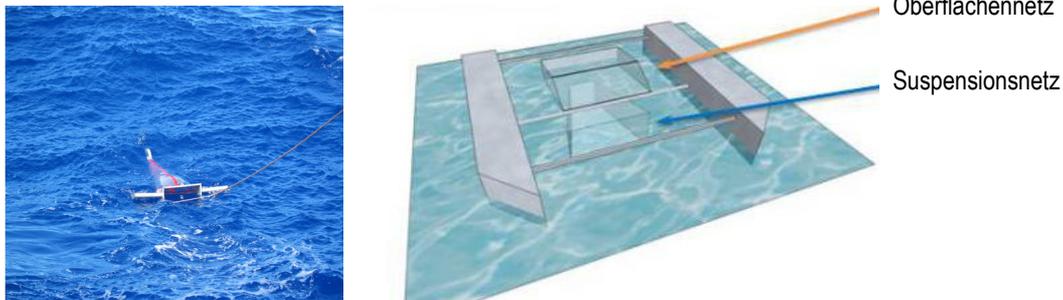


Abb. 20: Mantatrawler (links, Quelle: C-MORE) für die Wasseroberfläche und Ponton-Beprobungsgerät von TWEE-HUYSEN (2013) mit einem Oberflächennetz und einem Suspensionsnetz darunter (rechts).

Klassifizierung: Die Klassifizierung und Auszählung der Müllteile (Anzahl) wurde nach dem OSPAR-Bogen durchgeführt, der für Meeresstrände konzipiert wurde. Zusätzlich wurde ein Teil der Proben nach Gewicht und Volumen quantifiziert. Die Auswertung zeigt, dass diese unterschiedlichen Verfahren der Quantifizierung zu sehr unterschiedlichen Verteilungen und Einschätzungen des Müllaufkommens führen können. Um die Vergleichbarkeit mit dem OSPAR-Ansatz zu gewährleisten, sollte dieser in jedem Fall bei weiteren Untersuchungen weiter angewendet werden; eine ergänzende Aufnahme des Gewichts erscheint jedoch sinnvoll, wenn der Aufwand vertretbar ist.

Der Versuch, den Müll auch nach seiner Herkunft zu klassifizieren weist einen hohen subjektiven Faktor auf, liefert aber trotzdem wertvolle Hinweise bzgl. einer Reduzierung von Einträgen. Es hat sich z.B. angedeutet, dass Freizeitaktivitäten sich nur teilweise saisonal in der Müllzuordnung nach Quellen widerspiegeln.

Repräsentativität der Ergebnisse: Die orientierende Erfassung des Makromülls hat gezeigt, dass die Betrachtung der einzelnen Probenahmeorte zu recht unterschiedlichen Ergebnissen führt. In diesen spiegeln sich die spezifischen örtlichen Bedingungen wider. Dazu gehört die unterschiedliche Nutzungsintensität (Erholungsnutzung), die Entfernung von lokalen Eintragsquellen (städti-

sche Nutzung), die Exponiertheit gegenüber Strömung, Wellen, Sturmfluten und Wind, die Wetterlagen vor der einzelnen Sammlung, die Uferneigung. Von besonderer Bedeutung sind auch die Ufer- (befestigt/unbefestigt) und Vegetationsstruktur. Ein repräsentatives Ergebnis erfordert also immer die Untersuchung mehrerer Probenahmeorte. Durch die Erfassung von 4 hinsichtlich mehrerer Faktoren unterschiedlicher Standorte ist es für die Strandsammlungen plausibel, dass sie in ihrer Gesamtheit Hinweise auf Zusammensetzung und Mengen des Strandmülls liefern, die grundsätzlich auch auf die benachbarten Ästuar übertragen werden können. Eine Vergrößerung der Anzahl der Probenahmeorte würde die Repräsentativität verbessern.

Mikromüll: Für die Untersuchung von Mikroplastikpartikeln werden derzeit verschiedene Verfahren angewendet, deren Ergebnisse nur sehr eingeschränkt direkt vergleichbar sind. Wir haben deshalb ein Verfahren eingesetzt, mit dem auch angrenzende Küstengewässer untersucht worden sind, so dass die Ergebnisse direkt vergleichbar sind. Mittelfristig sollten national wie international Standardmethoden definiert werden.

Bilanzierung: Der Versuch, durch die Zusammenschau die verschiedenen Methoden erste Hinweise auf den Transport aus der Unterweser in die Nordsee zu erhalten, ist nur sehr eingeschränkt erfolgreich. Ursachen sind neben der sehr geringen Anzahl von Proben v.a., dass der Eintrag in die Unterweser nicht ausreichend quantifiziert werden kann, dass das weitere Transportverhalten des Materials von Strand und Vorland unklar ist und der Transport in der Wassersäule oberflächen- und grundnah nicht erfasst werden konnte. Die Quantifizierung des Eintrags in die Unterweser, der wesentlich durch individuellen Wegwurf und Verwehungen erfolgt, wird auch weiterhin kaum möglich sein. Aufbauend auf den Erfahrungen des vorliegenden Pilotprojekts erscheint es sinnvoll, für ein längerfristiges Monitoring der in der Nordsee aus der Unterweser transportierten Müllmengen v.a. auf den Transportpfad Wassersäule zu fokussieren und die Hamenbefischung durch den Einsatz weiterer Geräte (s. Abb. 20) zu ergänzen.

6.3 Hinweise zu weiterführenden Untersuchungen

Hinweise auf weiterführende Untersuchungen lassen sich nur nach einer vorherigen Zielbestimmung sinnvoll ableiten. Wir gehen im Folgenden davon aus, dass im Rahmen der MSRL ein langfristiges Monitoring des Eintrags von Müll aus den Ästuaren in die Nordsee erforderlich sein wird, da die Ästuar einen nicht unwesentlichen Eintragspfad darzustellen scheinen. Daneben ergeben sich aus den Ergebnissen der Untersuchung und dem vorangegangenen Kapitel zusätzlich eine Reihe von Hinweisen auf eher grundlagenorientierten weiteren Untersuchungsbedarf.

Monitoring MSRL:

- Entwicklung und Test von Geräten, um parallel zum Hamennetz den grund- und den oberflächennahen Transport von Müll erfassen zu können
- Entwicklung eines Methoden- und Auswertestandards zur Quantifizierung des Mülltransports durch Einsatz eines Hamenkutters während der entsprechenden Untersuchungen im Rahmen des WRRM-Monitorings

- Etablierung eines langfristigen Müllmonitorings während der Hamenuntersuchungen im Rahmen des WRRL-Monitorings
- Etablierung eines langfristigen Strand-Monitorings entsprechend OSPAR

Grundlagenorientierte Untersuchungen:

- Wiederholung der vorliegenden Untersuchung mit einem größeren Probenumfang, um die quantitativen Hinweise zu verifizieren
- Entwicklung und Definition eines Methodenstandards für die qualitative und quantitative Erfassung von Mikroplastik
- Weitere Untersuchungen zu Quelle, Herkunft, Transport und Verbleib von Mikroplastik im Weserästuar
- Untersuchungen zu Verbleib bzw. Transportpfaden des Mülls an den Stränden und im Vorland

6.4 Hinweise zur Minderung des Mülleintrags in das Weserästuar

Die Untersuchung hat ergeben, dass Makromüll im Weserästuar verbreitet vorkommt und vermutlich die Ästuar ein nicht unwesentlichen Eintragspfad in die Nordsee darstellen. Deshalb ist eine weitere Reduzierung des Mülleintrags in das Weserästuar wie allgemein in die Umwelt notwendig, um das Ziel der MSRL zu erreichen. Die Untersuchung hat weiter gezeigt, dass individueller Wegwurf neben Verwehungen von schlecht gesichertem Material eine wesentliche Quelle darstellt. Daraus ergeben sich v.a. folgende Hinweise zur Reduzierung des Eintrags von v.a. Plastikmüll:

- Verbot oder Besteuerung von Plastiktüten und -flaschen (s. gelber Kasten)
- Anwendung von Mehrwegverpackungen besonders im "To go"-Bereich
- Verbesserung der Ausstattung mit geschlossenen Mülleimern (Tiersicher) an Stränden, Wanderwegen und Brücken sowie deren häufigere Leerungen
- Kampagnen zur weiteren Sensibilisierung der Gewässer- und Ufernutzer/innen
- Maßnahmen zur Reduzierung des Eintrags von Zigarettkippen (Hinweisschilder; zusätzliche Sammelbehälter an frequentierten Stränden u.a. (s. gelber Kasten)
- Regelmäßige Strandsäuberungsaktionen sowie Reinigung von Wanderwegen und bekannten gewässernahen Kohltourrouten
- Verbesserung und Kontrolle der Sicherungspflichten von Verpackungsmaterial im gewässernahen gewerblichen Bereich; ausschließliche Nutzung von abgedeckten Müllbehältern (keine Mobilisierung von Müll durch Wind)

- Bremenweite Einführung der „Gelben Tonnen“ statt „Gelber Säcke“
- Verbot von Mikroplastik als Abrasivmittel auf Werften und anderswo

Eine Minderung des Eintrags von (primären) Mikropartikeln muss v.a. durch Maßnahmen der Hersteller erfolgen. Ein positives Beispiel ist der Verzicht mehrerer Hersteller von Körperpflegeprodukten, ihren Produkten Mikroplastik zuzusetzen. Dieser erste Erfolg geht auf die aktuelle Aufklärungskampagne "BEAT THE MICRO BEAD" von 25 Nichtregierungsorganisationen zurück.

Die nachstehende Zusammenstellung nennt verschiedene Beispiele für aktuelle nationale und lokale Maßnahmen und Aktivitäten zur Minderung der Umweltbelastungen durch Plastiktüten und Zigarettenfilter.

Plastiktütenverbot/-steuer

In dem 2013 von der Europäischen Union veröffentlichten „Grünbuch zu einer europäischen Strategie für Kunststoffabfälle in der Umwelt“ steht zur Abfallvermeidung und Ressourceneffizienz, dass es wünschenswert ist, „... Maßnahmen zur Vermeidung der Verbreitung von kurzlebigen und zum einmaligen Gebrauch vorgesehenen Erzeugnissen (wie Kunststofftaschen) zu ergreifen.“

Um die Anzahl der Plastiktüten und deren Umweltbelastungen zu verringern, haben in Europa Frankreich und Italien versucht oder es umgesetzt, nicht biologisch abbaubare Plastiktüten zu verbieten. Auch in anderen Ländern, wie Bangladesch, China, Kenia, Ruanda, Tansania, Südafrika oder den USA wurden bereits teilweise oder ganz Plastiktüten verboten. In anderen europäischen Ländern sind Steuern oder Abgaben eingeführt worden.

In Irland wurde 2007 die seit 2002 bestehende Abgabe auf Plastiktüten von 15 Cent auf 22 Cent pro Tüte erhöht. Die Abgabe hatte einen starken Effekt auf das Konsumentenverhalten der Bevölkerung mit einer Reduzierung des Plastiktütenegebrauchs von über 300 auf unter 20 Plastiktüten pro Kopf. In Deutschland verbraucht eine Person über 70 Plastiktüten im Jahr (UBA 2013). Die positive Entwicklung spiegelt sich in den Monitoringdaten der Strände Irlands und des Vereinigten Königreichs (UK) Großbritannien und Nordirland wider. Zwischen 2008/2009 und 2011/2012 sank die Anzahl von Plastiktüten auf den OSPAR-Strecken in Irland von 5,5 und UK 9,3 im Schnitt um 4 Tüten auf 100 m Strand. An den Stränden des Weserästuars wurden im Mittel mehr als 8 Plastiktüten auf den 100 m-OSPAR-Strecken gefunden. Neben der allgemeinen Reduktion der Umweltbelastung hat diese Maßnahme signifikant zur Bewusstseinsbildung in der irischen Bevölkerung gegenüber dem Problem der Belastung der Meere durch Abfälle beigetragen. Das in Irland durch die Abgabe eingenommene Geld unterstützt Müllvermeidungs- und Umweltschutzinitiativen sowie die Environmental Protection Agency R&D (DOYLE & O'HAGAN 2013).

In Nordirland wurde am 8. April 2013 eine Tragetaschensteuer über 5 pence eingeführt. Diese Steuer wird auf alle Einmaltragetaschen angewendet, da Papiertüten und andere Alternativen zu Plastiktüten, wie pflanzenbasiertes Material, ebenso die Umwelt gefährden können. Der Gewinn der Steuer wird an das Umweltamt weitergeleitet.

Durch die Abgaben und Steuern erhalten Plastiktüten einen Wert und es kann eine starke Reduzierung des Plastiktütenegebrauchs erzielt werden. Alternativen zu Einmalplastiktüten sind Mehrweg-Tragetaschen aus Baumwolle, Jute, Kunststoff oder Polyester.

Zigarettenfilterreduzierung an Stränden

Strände sind gern besuchte Naturorte und Strandbesucher möchten einen sauberen Strand und sauberes Wasser vorfinden. Wenn Strände durch Zigarettenkippen verschmutzt werden, ist dies kein attraktives Bild. Doch leider halten sich die wenigsten Raucher daran, ihre Zigaretten entsprechend zu entsorgen. Daher schont die Einführung von Rauchverbot an Stränden nicht nur die Umwelt, sondern bringt auch ästhetische, ökonomische und gesundheitliche Vorteile (ARIZA & LEATHERMANM 2012).

In Hong Kong, den Vereinten Arabischen Emiraten, Australien, den USA und Europa sind Rauchverbote an vielen öffentlichen Stränden längst durchgesetzt. In der kanarischen Urlaubsgemeinde Mogán auf Gran Canaria drohen Rauchern am Strand seit 2012 hohe Geldstrafen. Der Gemeinderat des Feriendorfes Mogán dehnte das gesetzliche Rauchverbot daher auch auf den größten Teil seines Strandes aus.

Auch in Deutschland wurden Strände bereits zu Nichtraucherzonen erklärt. Nach einem Testlauf ist ein Strandabschnitt in Warnemünde 2012 offiziell zur "rauchfreien Zone" erklärt worden. Der Verzicht auf das Rauchen bleibt jedoch vorerst freiwillig und entsprechende Kontrollen werden nicht durchgeführt.

Literatur

- ALIANI, S. & A. MOLCARD (2003): Hitch-hiking on floating marine debris: macrobenthic species in the Western Mediterranean Sea. *Hydrobiologia* 503: 59–67
- ANDRADY, A.L. (2011): Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 62, 1596–1605 S.
- ARIZA, E. & S.P. LEATHERMAN (2012): No-Smoking Policies and Their Outcomes on U.S. Beaches. *Journal of Coastal Research* 28, Issue 1A: 143–147
- ARTHUR, C.A., J. BAKER & H. BAMFORD (2009): Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30, Washington: 49 S.
- BMU (2012): Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie – RICHTLINIE 2008/56/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie) – Festlegung von Umweltzielen für die deutsche Nordsee nach Artikel 10 Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Bonn: 49 S.
- BROWNE, M.A., P. CRUMP, S.J. NIVEN, E. TEUTEN, A. TONKIN, T. GALLOWAY & R.C. THOMPSON (2011): Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science & Technology* 45(21): 9175–9179
- BROWNE, M.A., R. THOMPSON & T. GALLOWAY (2007): Microplastic – an emerging contaminant of potential concern? *Integrated environmental assessment and Management* 3(4): 559–561
- CAMPHUYSEN, C.J. (2008): Verstrikkingen van zeevogels in zwerfvuil en vistuig, 1970–2007. *Sula* 21(2): 88–92
- CARPENTER, E.J., S.J. ANDERSON, G.R. HARVEY, H.P. MIKLAS & B.B. PECK (1972): Polystyrene spherules in coastal waters. *Science* 178: 749–750
- CBD (2012): Impacts of Marine Debris on Biodiversity: Current Status and Potential Solutions. Technical Series 67, Secretariat of the Convention on Biological Diversity and the Scientific and Technical Advisory Panel –GEF, Montreal: 61 S.
- DANTAS, D., M. BARLETTA & M. DA COSTA (2011): The seasonal and spatial patterns of ingestion of polyfilament nylon fragments by estuarine drums (*Sciaenidae*). *Environ. Sci. Poll. Res.* 1–7
- DE MEESTER, S. (2008): Voorkomen en potentiële effecten van microplastics in de Belgische kustwateren. MSc Thesis, Universiteit Gent, 123 S.
- DOYLE, T.K. & A.M. O'HAGAN (2013): The Irish 'Plastic Bag Levy': A mechanism to reduce marine litter? Presentation at The International Conference on Prevention and Management of Marine Litter in European Seas in Berlin, Germany from 10 to 12 April, 2013: 31 S.
- DUBAISH, F. & G. LIEBEZEIT (2013): Suspended microplastics and black carbon particles in the Jade System, southern North Sea. *Water Air Soil Poll.* 224: 1352
- EDWARDS, M., M. EDWARDS, D.G. JOHNS, P. LICANDRO, A.W.G. JOHN & D.P. STEVENS (2007): Ecological Status Report: results from the CPR survey 2005/2006. SAHFOS Technical Report 4: 1–8
- FENDALL, L.S. & M.A. SEWELL (2009): Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Mar Poll Bull* 58: 1225–1228
- FLEET, D., J. VAN FRANEKER, J. DAGEVOS & M. HOUGEE (2009): Marine Litter. Thematic Report No. 3.8. In: J. de Vlas, 2009 (Hrsg.), Quality Status Report 2009. WaddenSea Ecosystem. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Wilhelmshaven: 12
- FLEET, D.M. (2003): Untersuchung der Verschmutzung der Spülsäume durch Schiffsmüll an der deutschen Nordseeküste – Untersuchung der Müllbelastung an den Spülsäumen der deutschen Nordseeküste. Umweltbundesamt – FAZ 202 96 183, 166 S.

- GRABEMANN, H.J., I. GRABEMANN, D. HEBERS, P. LOEBEL & A. MÜLLER (1999): Hydrodynamik und Gewässergüte der Unterweser vor dem Hintergrund unterschiedlicher Nutzungen. Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung 35: 43–64
- HARTWIG, E., B. REINEKING, E. SCHREY & E. VAUK-HENTZELT (1985): Auswirkungen der Nordsee-Vermüllung auf Seevögel, Robben und Fische. Seevögel 6/Sonderband (Festschrift Vauk): 57–62
- HELMEPA (2009): International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL). Hellenic Marine Environment Protection Association, o. S.
- HOSS, D.E. & L.R. SETTLE (1990): Ingestion of plastics by teleost fishes. In: (Hrsg.), In: Shomura, R.S., Codfrey, H.L. (Eds.), Proceedings of the Second International Conference on Marine Debris, 2–7 April 1989. Honolulu, Hawaii. U.S. Dep. Comer. NOM Tech. Memo. NMFS, NOAA-TH-NMFS-SUFSC-15L: 693–709
- LIEBEZEIT, G. & F. DUBAISH (2012): Microplastics in beaches of the East Frisian islands Spiekerog and Kachelotplate. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 89: 213–217
- LUSHER, A.L., M. MCHUGH & R.C. THOMPSON (2013): Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. Mar. Poll. Bull. 67: 94–99
- MATTHIES, M., M. SCHULZ, J. KLASMEIER, D. NEUMANN, S. WEIEL, N. GUSE, N. MARKONES, S. GARTHE, R. KRONE & G. DEDERER (2013): Work package 5: Marine Litter (Descriptor 10). In: Naturschutz und Reaktorsicherheit Bundesministeriums für Umwelt, Meeresschutz (Hrsg.), Entwicklung von Konzepten und Methoden zur Erfassung und Bewertung ausgewählter anthropogener Belastungen im Rahmen der Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie. Forschungskennzahl Umweltforschungsplan (UFOPLAN) 3710 25 206. Editor Claus-Dieter Dürselen, Zwischenbericht Mai 2013, 226–299
- MOORE, C.J., S.L. MOORE, M.K. LEECASTER & S.B. WEISBERG (2001): A comparison of plastic and plankton in the North Pacific central gyre. Marine Pollution Bulletin 42: 1297–1300
- NOAA & UNEP (2011): Honolulu Strategy: A Global Framework for Prevention and Management of Marine Debris. The Fifth International Marine Debris Conference, in March 2011. Honolulu: 57 S.
- NORÉN, F. (2007): Small Plastic Particles in Coastal Swedish Waters. N-research, KIMO International, 11 S.
- OSPAR (1995): OSPAR IMPACT Working group summary report. Annex 5, o. S.
- OSPAR (2009): Marine litter in the North-East Atlantic Region: Assessment and priorities for response. London, United Kingdom: 127 S.
- PGG, KLEYER UMWELTPLANUNG & UNIVERSITÄT OLDENBURG (2011): „Ökologische Grundlagen und naturschutzfachliche Bewertung von Strategien zur Treibselreduzierung“. Endbericht Forschungsvorhaben, Förderer: II. Oldenburgischer Deichband & Niedersächsische Wattenmeerstiftung, 238 S.
- POSSATTO, F.E., M. BARLETTA, M.F. COSTA, J.A.I.D. SUL & D.V. DANTAS (2011): Plastic debris ingestion by marine catfish: An unexpected fisheries impact. Mar. Poll. Bull. 62: 1098–1102
- RADACH, G. & J. PÄTSCH (2007): Variability of Continental Riverine Freshwater and Nutrient Inputs into the North Sea for the Years 1977–2000 and Its Consequences for the Assessment of Eutrophication. Estuaries and Coasts Vol. 30, No. 1: 66–81
- RAMOS, J.A.A., M. BARLETTA & M.F. COSTA (2012): Ingestion of nylon threads by Gerreidae while using a tropical estuary as foraging grounds. Aquat. Biol. 17: 23–34
- SCHUCHARDT, B. & M. SCHIRMER (2005): Wasservolumina, Überflutungsflächen. In: M. Schirmer (Hrsg.), Klimawandel und Küste. Springer, 67
- SHEAVLY, S.B. (2005): Marine Debris – an overview of a crucial issue for our oceans. June 6–10 Sixth Meeting of the UN Open-ended Informal Consultative Processes on Oceans & Law of the Sea.
- SKÓRA, M.E., M.R. SAPOTA, K.E. SKÓRA & A. PAWELEC (2012): Diet of the twaite shad *Alosa fallax* (Lacépède, 1803) (Clupeidae) in the Gulf of Gdansk, the Baltic Sea. Oceanol. hydrobiol. Stud. 24–32

- TEUTEN, E.L., S.J. ROWLAND, T.S. GALLOWAY & R.C. THOMPSON (2007): Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. *Environ. Sci. Technol.* 41: 7759–7764
- THE OCEAN CONSERVANCY (2004): 2004 International Coastal Cleanup Data Report. o. S.
- THOMPSON, R., Y. OLSEN, R.P. MITCHELL, A. DAVIS, S.J. ROWLAND, A.W.G. JOHN, D. MCGONIGLE & A.E. RUSSELL (2004): Lost at sea: Where does all the plastic go? *Science* 304, 838 S.
- TWEEHUYSEN, G. (2013): River Litter, serious business. Presentation, Kastoro Consulting, <http://wastefreewaters.wordpress.com/>; o. S.
- UBA (Hintergrund) (2010): Abfälle im Meer – ein gravierendes ökologisches, ökonomisches und ästhetisches Problem. Umweltbundesamt, 16 S.
- UBA (2013): Plastiktüten. Umweltbundesamt, Dessau: 7 S.
- UNEP (2004): Fifty Key Facts about Seas and Oceans. World Environment Day, The United Nations Environment Programme, 2 S.
- UNEP (2005): Marine litter – an analytic overview. United Nations Environmental Programme, 58 S.
- VAN FRANEKER, J.A. & A. MEIJBOOM (2002): LITTER NSV, marine litter monitoring by Northern Fulmars; a pilot study. *Alterra rapport 401*, Green World Research, Wageningen: 72 S.
- VAN FRANEKER, J.A. & SNS FULMAR STUDY GROUP (2008): Fulmar Litter EcoQO Monitoring in the North Sea – results to 2006. *IMARES Report No. C033/08*, Wageningen: 53 S.
- WARD, J.E. & S.E. SHUMWAY (2004): Separating the grain from the chaff: particle selection in suspension and deposit feeding bivalves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 300: 83–130
- WERNER, S. (2013): Ergebnisse der "European Marine Litter Conference" – wo geht die Reise hin? 11.–12. Juni 2013 Meeresumwelt-Symposium 2013, Kurzfassungen der Vorträge, 23. Symposium: 77–79
- WINSTON, J.E. (1982): Drift Plastic – An expanding niche for a marine invertebrate? *Marine Pollution Bulletin* 13(10): 348–351

Anhang 1

Anhang 2

Anhang 3