

Projektbericht zum Meereswettbewerb 2017

# Ozeane im Plastikmüllstress – keine Spur davon vor Cuxhaven?

**Emily Mae Hutwalker & Clara-Marie Schilling Mascarenhas**



## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Abstract.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Einleitung.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Material &amp; Methoden.....</b>	<b>8</b>
3.1 Manta Trawl: Erfassung der Mikroplastikvermüllung.....	8
3.2 Erfassung der Makroplastikvermüllung der Wattflächen.....	8
3.3 Aufnahme von Mikroplastikpartikeln durch Sedimentfresser.....	9
3.4 Sedimentproben: Erfassung von Mikroplastik im Sediment.....	10
<b>4. Ergebnisse.....</b>	<b>10</b>
4.1 Erfassung des Ausmaßes der Vermüllung durch Makroplastik.....	X
4.2 Erfassung des Ausmaßes der Vermüllung durch Mikroplastik.....	X
4.3 Auswirkungen von Mikroplastik auf den Seeringelwurm.....	X
<b>5. Diskussion.....</b>	<b>X</b>
<b>6. Schlussfolgerung &amp; Ausblick.....</b>	<b>X</b>
<b>7. Literatur.....</b>	<b>X</b>
<b>Danksagung.....</b>	<b>X</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>X</b>

## 1. Abstract

Das Ziel des Projekts war es, die Plastikvermüllung im Watt vor Cuxhaven zu untersuchen und die Ergebnisse des Projekts „dem Plastikmüll auf der Spur“ zu überprüfen. Während der Forschungsfahrt mit der ALDEBARAN im Rahmen des Meereswettbewerb wurde bei den Probenahmen im offenen Watt Makroplastik gefunden (umgerechnet 0,00768 Stück/m<sup>2</sup>). Hochgerechnet auf die gesamte Wattenmeerfläche ca. 70000 Stück. Die Ergebnisse der Untersuchungen mit einem Manta-Trawl zeigten, dass sich kein Mikroplastik auf der Wasseroberfläche befand. Außerdem wurde die Auswirkung von Mikroplastik auf Seeringelwürmer (*Nereis diversicolor*) untersucht. Das unter das Futter gemischte Mikroplastik befand sich nicht in den Ausscheidungen des Wurms. Stattdessen wurden andere Faser ähnliche Strukturen in den Würmern gefunden. Hinzu kommt noch, dass wir im Alfred- Wegner- Institut Versuche mit Brackwassergarnelen gemacht. Die Garnelen wurden einer jeweils unterschiedlichen Plastikkonzentration ausgesetzt und unter einem Fluoreszenzmikroskop untersucht. Die Laborversuche zeigten eine Mikroplastikaufnahme durch Brackwassergarnelen. Die Ergebnisse zeigen jedoch deutlich, dass im freien Watt vor Cuxhaven eine Plastikvermüllung vorliegt. Das weltweite Problem der Ozeane hat also bereits auch seine Spuren vor Cuxhaven hinterlassen.

## 2. Einleitung

Seit 1940 wird Kunststoff in immer größeren Mengen produziert. Im Jahre 2009 lag die weltweite Produktion bei 230 Millionen Tonnen. Gleichzeitig steigt die Menge an Plastikmüll, die weltweit in die Ozeane gelangt, weiter, es dauert bis zu 500 Jahre bis der Plastikmüll vollständig zersetzt ist (Cole *et al.*, 2011).

Der am besten erforschte Plastikmüll ist das für alle sichtbare Makroplastik, dazu gehören Kanister, Plastiktüten, Nylonnetze, PET Flaschen etc. An diesen großen Plastikmüllteilen heften sich Meeresorganismen, die dadurch durch die Meeresströmungen in fremde Gewässergetragen werden, wo die Arten die dort heimischen Arten verdrängen (Cole *et al.*, 2011). Das Makroplastik wird durch Wellen, Wind und UV-Strahlen zerkleinert, wodurch sekundäres Mikroplastik entsteht (Kirbach, 2015). In den Medien findet man immer wieder Berichte über großflächige Makroplastikansammlungen (Frimmer, 2017) sowie über die Folgen der Plastikverschmutzung, z.B. tote Vögel und Fische, in deren Mägen sich Makroplastik befindet (Kosmann, 2016). Es heißt, die Tiere verwechseln das Plastik mit ihrer Nahrung (Behrens, 2016).

Aufgrund der wachsenden Problematik der Plastikvermüllung gibt es zahlreiche Untersuchungen, hierzu auch im schulischen Bereich. So organisierte z.B. die Kieler Forschungswerkstatt das Projekt „Dem Plastikmüll auf der Spur“, an dem das Amandus-Abendroth-Gymnasium teilnahm. Hierbei wurde durch verschiedene Schulen an den deutschen sowie chilenischen Küsten die Plastikvermüllung nach einem einheitlichen System erfasst und die Ergebnisse über eine Plattform ausgetauscht. Die Studienteilnehmer kamen zu dem Ergebnis, dass es in der Nordsee vor Cuxhaven nahezu keine Plastikverschmutzung gibt (Abb. 2.1). Zwar waren die Funde an allen deutschen Stränden grundsätzlich niedriger als an den chilenischen (Möller, 2017), dennoch war dieses Ergebnis nicht sehr überzeugend.

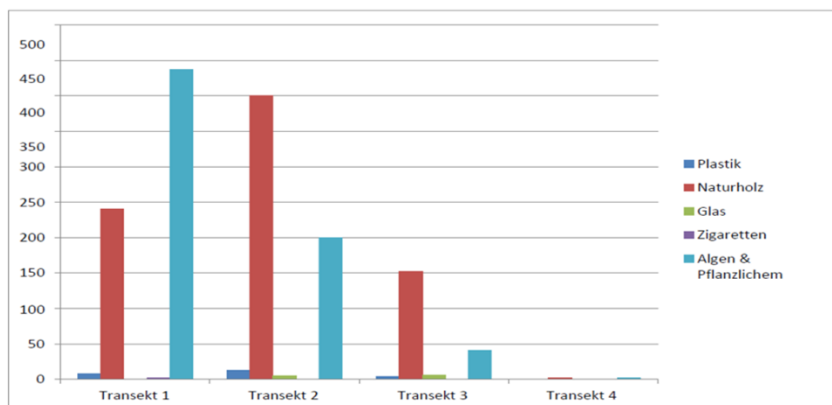


Abb. 2.1 Anzahl der Funde pro am Transekt Cuxhavener Strand (Möller, 2017).



Abb. 2.2 Lage der Transekte der Beprobung des Cuxhavener Strands und Wattbereichs im Rahmen des Projekts „Dem Plastikmüll auf der Spur“.



Abb. 2.3: Links: Modellversuch zur Veranschaulichung der Wasserverwirbelungen (blauer Pfeil) am Leitdamm (gelbe Knetgummirolle). Rechts: Modellversuch zur Schichtung von Wasser unterschiedlicher Salzkonzentration und Dichte; unten mit blauer Lebensmittelfarbe gefärbtes Leitungswasser; oben eine Kochsalzlösung, die dem Wasser zugegeben wurde.

Mehrere Faktoren könnten zu diesem Ergebnis geführt haben: Die Probenahme fand hinter dem Leitdamm (Abb. 2.2) statt, in einem Strandabschnitt, der regelmäßig gesäubert wird. Die Strömung vor Cuxhaven ist besonders stark. Das liegt an den Gezeiten. Durch die starke Strömung und die entstehenden Verwirbelungen (Abb. 2.3 links) konnte der Plastikmüll vom Strand weggeschwemmt werden und / oder vom Leitdamm vor dem Strandbereich aufgehalten werden. Ein weiterer Grund für die sehr geringe Menge an gefundenem Plastik könnten die Temperatur- und Salinitätsunterschiede von Elbe und Nordsee sein: Die Nordsee ist wärmer als die Elbe, weist aber einen höheren Salzgehalt auf (Good *et al.*, 2013), was zur Aufschichtung der Wassermassen führen kann. Das Phänomen der Aufschichtung von Wasser mit hohem Salzgehalt auf Wassermassen mit niedrigerem Salzgehalt konnten wir selbst in Vorversuchen zum Projekt „Dem Plastikmüll auf der Spur“ zeigen (Abb. 2.3 rechts). Plastikteile, die eine geringere Dichte als Wasser aufweisen (Tab. 1 im Anhang), könnten daher mit dem leichteren Oberflächenwasser während des Gezeitenstroms abtransportiert werden und damit nicht nachweisbar sein.

Ein anderer Faktor ist, dass in der o.g. Studie ausschließlich nach Makroplastik am Strand und im Watt gesucht wurde, Mikroplastik aber nicht betrachtet wurde. Dabei ergaben Untersuchungen des Meeresökologen Richard Thompson, dass der Anteil an Mikroplastik im Sand an manchen Küsten schon bis zu 10 % betragen kann (Dennis, 2014). Dieses primäre Mikroplastik stellt ein weiteres Problem für marine Lebensräume dar. Es besteht aus winzig kleinen Plastikteilchen, die sich zum Beispiel in Kosmetikprodukten befinden. Mikroplastikteilchen sind kleiner als 5 mm und lagern giftige Chemikalien an (Cole *et al.*, 2011). Sie werden wegen ihrer geringen Größe von Meeresorganismen aufgenommen und gelangen so in die Nahrungskette und in den menschlichen Organismus. Der Effekt von Mikroplastik auf den Menschen ist bisher kaum erforscht. Doch es wird vermutet, dass Plastik im Gehirn Schäden verursacht (idealwater).

Lars Gutow vom Alfred Wegener Institut hat in der Nordsee untersucht, wie Meerasseln der Art *Idotea emarginata* auf Plastikmüll reagieren. Kunststoffgranulat und Polyacrylfäden wurden mit Algenfutter vermischt und an die Asseln verfüttert. Das Ergebnis: die Asseln schieden die gesamten Plastikteilchen wieder aus. Am Wachstum und an der Lebensdauer der Asseln änderte sich nichts (Hämer *et al.*, 2014). Versuche mit Miesmuscheln hingegen zeigten, dass diese die Plastikpartikel nicht ausscheiden, sondern einlagern und Entzündungen entwickeln und einen reduzierten Fettgehalt aufweisen (Meyer, 2017). Verschiedene Meeresorganismen reagieren also sehr unterschiedlich auf Mikroplastik (Mönch, 2016; Franeker *et al.*, 2011).

Wir wollten daher in dem vorliegenden Folgeprojekt im Rahmen einer Forschungsreise mit der ALDEBARAN nicht nur überprüfen, ob vor Cuxhaven tatsächlich nahezu kein Plastikmüll zu finden ist, sondern auch, inwiefern für Watttiere vor unserer Haustür, wie Wattwürmer, Seeringelwürmer und Brackwassergarnelen die Plastikvermüllung einen ökologischen Stressfaktor darstellt.

Wattwürmer (*Arenicola marina*) bilden einen der Grundbausteine der Nahrungskette im Watt. Sie leben in U-Rohren etwa 15 cm tief im Wattboden (Abb. 2.4) und filtrieren nährstoffreichen Sand auf der Suche nach Nahrung (Nationalparkamt Vorpommern, 2017). Sie sind demnach Sedimentfresser, weshalb eine Aufnahme von ins Sediment eingedrungenem Mikroplastik als wahrscheinlich angenommen wurde. Nähmen diese Würmer Plastik auf, würde das Plastik durch die Nahrungskette auf zahlreiche Meeresbewohner übertragen werden.

Seeringelwürmer (*Nereis diversicolor*) sind als Allesfresser im Mittelmeer, im Atlantik, sowie in der Nord- und Ostsee zu finden (Jahnke und Kremer, 1999). Auch sie sind eine Nahrungsquelle für Fische und Seevögel, weshalb auch diese Würmer bei Aufnahme die Plastikpartikel über die Nahrungskette weiterreichen sollten.

Brackwassergarnelen (*Palaemon varians*) leben im Brackwasser Bereichen, sie ernähren sich von frischem Aas und Plankton. Damit liegt ihre Nahrung in der Größenordnung von Mikroplastik. Da sie sehr weit vertreten sind und einen Grundstein der Nahrungskette bilden, würde sich somit das Mikroplastik in der Nahrungskette anreichern. Brackwassergarnelen vermehren sich mehrmals während des Frühjahrs oder Sommers, jedes Weibchen trägt im Durchschnitt 100 Eier. Im Gegensatz zu der Nordseegarnele wird sie nicht von der Fischindustrie gefangen, damit ist sie nicht vom Aussterben bedroht.

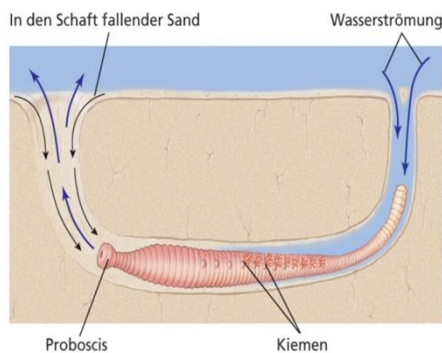


Abb. 2.4: Wattwurm im U-Rohr bei der Sedimentaufnahme mittels Wasserströmung (Pielage, 2016)

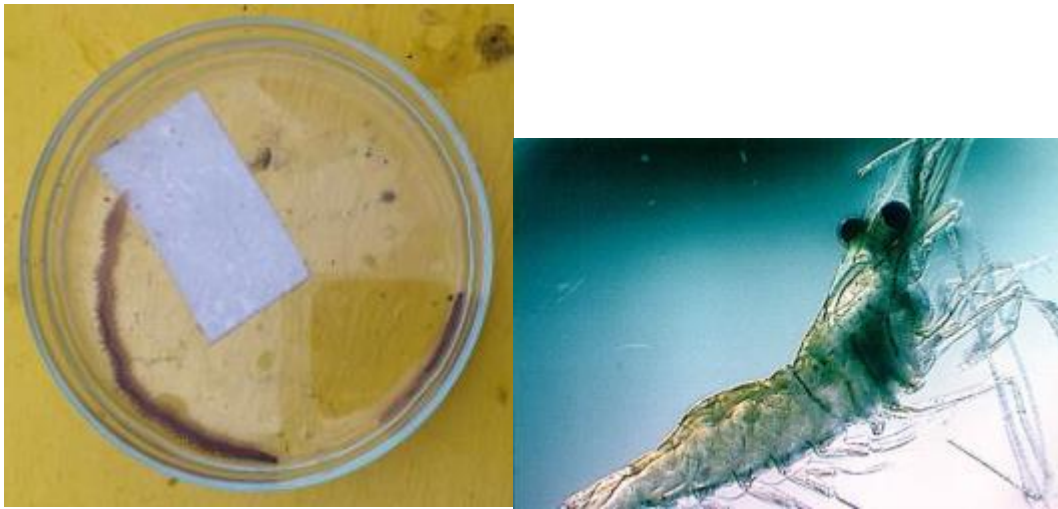


Abb. 3.5: rechts: Mikroskopbild einer Brackwassergarnele (Wirbellose.de, 2017)

links: Seeringelwurm (eigenes Foto, 2017)

Die dargestellten Arten sind daher nicht nur aufgrund ihrer Biologie ideale Untersuchungsobjekte, sie spielen auch eine zentrale Rolle im Ökosystem Wattenmeer und sind somit als Modellorganismen geeignet.

Das Wattenmeer ist weltweit ein einzigartiges Ökosystem. Der Wattboden besteht aus von der Flut angespültem Sediment und ist in zwei Schichten unterteilt. Die oberste Schicht ist braun und weist einen hohen Sauerstoffgehalt auf, die untere, anoxische Schicht ist schwarz gefärbt. Diese Schichten entstehen durch die Stoffwechselvorgänge der im Watt lebenden Mikroorganismen, sie zersetzen organisches Material und setzen so Nährstoffe frei (Engelen, 2005). Dieser Lebensraum beherbergt über 3000 Arten und bietet Nahrung für zahlreiche Zugvögel auf dem Weg in den Süden, weil es auf den Wattboden besonders viele Kleinstlebewesen gibt, aber auch Muscheln, Würmer, Krebse und Schnecken. Das Watt gehört außerdem zum Reproduktionsgebiet für Fische wie Seezungen und Schollen. Daher ist der Erhalt des Ökosystems Wattenmeer von zentraler Bedeutung. Eine Voraussetzung zur Ergreifung konkreter Schutzmaßnahmen ist eine genaue Untersuchung der Gefahren oder Stressfaktoren, wie das Ausmaß und die möglichen Folgen der Plastikvermüllung. Aus unseren vorausgehenden Ergebnissen und ihrer Analyse ergaben sich folgende Fragestellungen, die in der vorliegenden Arbeit näher untersucht werden sollten:

- Bleibt der Plastikmüll nicht am Wattboden hängen, weil er mit der Flut weggeschwemmt wird?
- Ist Mikroplastik das eigentliche Problem der Nordsee (statt Makroplastik)?\*
- Befindet sich das Plastik auf der Wasseroberfläche/ im Sediment?\*
- Wenn es Plastik in der Nordsee gibt, was für einen Einfluss hat es auf Wattbewohner?\*
- Nehmen Sedimentfresser wie Wattwurm und Seeringelwurm Mikroplastik mit ihrer Nahrung auf?\*
- Wenn ja, verbleibt das Mikroplastik in ihrem Körper oder wird es wieder ausgeschieden?\*
- Verwechseln Brackwassergarnelen das Mikroplastik mit ihrer Nahrung?

Die mit einem \* gekennzeichneten Fragen werden derzeit noch weiter untersucht. Die Ergebnisse werden während des Regionalwettbewerbs vorgestellt.

### 3. Material & Methoden

#### 3.1 Manta Trawl: Erfassung der Mikroplastikvermüllung

Um zu bestimmen, wie viel Plastik im Meerwasser enthalten ist, haben wir einen Manta-Trawl Versuch durchgeführt. Dafür wurde um ein Planktonnetz (Maschenweite: 200 µm; Durchmesser: 25 cm) ein Holzgestell gebaut, sodass das Planktonnetz an der Wasseroberfläche schwimmt (Abb.3.1), da zahlreiche Plastiksorten eine geringere Dichte als Wasser haben, sollten sie sich somit an der Wasseroberfläche ansammeln (Tab.1 im Anhang).



Abb. 3.1: Manta-Trawl zur Gewinnung von Schwebstoffen wie z.B. Mikroplastikteilchen mit einer Größe > 200 µm

Die Proben wurden bei ablaufendem Wasser genommen, um das Wasser zu untersuchen, was aus der Elbe und vom Hafen aus kommt, und damit vom Landesinneren einströmende Partikel enthalten sollte. Die gewonnene Probe wurde mit Leitungswasser verdünnt, um sie dann besser unter dem Mikroskop beobachten zu können. Nach der Verdünnung wurde die ursprüngliche Probe in Unterproben aufgeteilt, von denen einige per Zufallsprinzip bei 40x Vergrößerung auf Mikroplastikteilchen durchsucht wurden.

#### 3.2 Erfassung der Makroplastikvermüllung der Wattflächen

Wie bei unserem vorherigen Projekt „Dem Plastikmüll auf der Spur“ haben wir Plastikmüll gesammelt. Diesmal konnten keine Transekte festgelegt und keine Beprobung von 3 m x 3 m großen Feldern durchgeführt werden (vgl. 3.5), da der Wattboden zu schlammig war, sodass man bis zu den Knien eingesunken ist. Somit hat sich der Bereich, in dem wir Proben hätten nehmen können, extrem verkleinert.

Deshalb haben wir einmal die komplette offene Wattfläche und die Buhne mit dem Schilf als jeweils ein Transekt genommen. Hierbei wurde die Wattfläche auf einer Breite von 15 m und einer Länge von 234,28 m abgelaufen und für jedes gefundene Stück Plastik die Koordinaten notiert, um später die genauen Fundorte nachvollziehen zu können (Abb.3.2). Mithilfe von „gctoolbox.de“ wurde die beprobte Fläche berechnet und die Anzahl der Funde auf 1 m<sup>2</sup> Watt bezogen.



Abb. 3.2: Probenahme im Watt

### 3.3 Aufnahme von Mikroplastikpartikeln durch Sedimentfresser

Ursprünglich war der Versuch mit Wattwürmern (*Arenicola marina*) geplant, da wir an der Oste-Mündung jedoch keine Wattwürmer finden konnten, wurde der Versuch mit Seeringelwürmern durchgeführt, die eine ähnliche Lebensweise wie Wattwürmer haben. Seeringelwürmer (*Nereis diversicolor*) kann man an kleinen Löchern im Sediment erkennen. An Stellen, wo diese Löcher zu finden waren, wurde mit einem Spaten ein Loch gegraben, um die Würmer aus dem Sediment herauszuholen.

Die Würmer wurden in zwei Gruppen aufgeteilt, der einen Gruppe wurde Mikroplastik in das Sediment hinzugegeben und die andere Gruppe hatte normales Sediment und diente als Kontrollgruppe. Es wurden jeweils zwei Würmer in einem mit Schlick gefüllten Marmeladenglas aufbewahrt, zu dem noch ein bisschen Meerwasser gefüllt wurde. Außerdem wurden die Gläser in ein Wasserbad gestellt, damit sie sich nicht zu stark erhitzen.

Bei den Würmern, die mit Plastik gefüttert werden sollten, wurden drei Teelöffel Polymethylmethacrylat-Pulver (1 mm Durchmesser, Meyer 2015) in das Sediment dazugegeben und die Würmer für einen Tag fressen gelassen. Danach haben wir die Würmer in große, mit Leitungswasser gefüllte Petrischalen gesetzt, um die Ausscheidungen besser vom Schlick zu unterscheiden. Hierbei wurde Leitungswasser verwendet, um unsere Ergebnisse nicht zu verfälschen, da sich im Meerwasser Mikroplastikteilchen befinden könnten. Unter dem Mikroskop wurden dann jeweils bei 40x Vergrößerung die Ausscheidungen der Würmer beider Gruppen untersucht. Um das Mikroplastik identifizieren und von anderen Strukturen, wie Sedimentkörnern unterscheiden zu können, wurden zunächst die zur Fütterung verwendeten Mikroplastikkügelchen separat mikroskopiert.

Dabei mussten wir feststellen, dass das Mikroplastik unter dem Mikroskop kaum von Luftbläschen zu unterscheiden ist. Die Unterscheidung erfolgte dadurch, dass sich an dem Mikroplastik kleine Algen ansammeln, da das Mikroplastik im Gegensatz zu den Luftblasen keine vollkommen glatte Oberfläche aufweist (pers. Kom. Sarah Zwicker).

### 3.4 Sedimentproben: Erfassung von Mikroplastik im Sediment

Um zu erfassen, ob Mikroplastik durch die Tätigkeit der im Sediment lebenden Organismen in den Wattboden eingetragen wird, wurde an allen Stellen, an denen ein Wurm gefunden wurde, etwas Sediment in ein Glas gefüllt. Das Sediment wurde dann in einen Eimer umgefüllt und auf ähnliche Weise wie bei 3.3 mit Leitungswasser aufgeschwemmt.

Nach jeweils einer Stunde wurden die Teilchen, die auf der Oberfläche aufgeschwommen sind, mit dem Planktonnetz abgeschöpft. Aus Zeitgründen während der Forschungsreise musste die mikroskopische Untersuchung entfallen. Derzeit wird ein Laborversuch zu diesem Thema durchgeführt, dessen Ergebnisse während des Regionalwettbewerbs gezeigt werden können.

### 3.5 Aufnahme von Mikroplastik durch Brackwassergarnelen (Mit Hilfe des Alfred-Wegner Institut)

Im Anschluss auf die Forschungsreise wurde im Alfred-Wegner Institut in Bremerhaven für drei Tage Fressversuche mit Brackwassergarnelen durchgeführt. Es sollte herausgefunden werden, ob Garnelen Mikroplastik mit ihrer Nahrung verwechseln, da sie sich von Plankton und Algen ernähren. Ihre Nahrung hat eine ähnliche Größe wie Mikroplastik. Um dies herauszufinden, wurden die Garnelen unterschiedlichen Plastikkonzentrationen ausgesetzt: 12 Mikroplastikpartikel (Mp)/ml, 120 Mp/ml, 500Mp/ml und 1000 Mp/ml.

Die Garnelen wurden anschließend lebend unter einem Fluoreszenzmikroskop untersucht, um festzustellen, ob sich Mikroplastik in den Tieren befindet. Mikroplastik fluoresziert grün bei Beleuchtung mit (...) Licht. Auf diese Weise konnten genauere Ergebnisse erzielt werden als an Bord der ALDEBARAN. Nach der Mikroskopie wurden einige Garnelen betäubt, indem sie für einige Minuten eingefriert wurden danach wurden die Mägen herausgeschnitten und in flüssigem Stickstoff schockgefroren.



Danach wurden von den Mägen Kryostatschnitte angefertigt, um feststellen zu können, ob sich Mikroplastik in den Mägen befindet. Die Zellkerne und Zellwände wurden mit Eosin und Hämatoxylin eingefärbt um die Zellstrukturen besser erkennen zu können. Auch diese Schnitte wurden unter dem Fluoreszenzmikroskop untersucht.

## 4. Ergebnisse

Ziel der vorliegenden Arbeit war einerseits die Erfassung des Ausmaßes der Plastikvermüllung des Wattenmeeres vor Cuxhaven, andererseits die Untersuchung der Auswirkungen von Plastik auf Modellorganismen des Wattenmeeres.

### 4.1 Erfassung des Ausmaßes der Vermüllung durch Makroplastik

Um das Ausmaß der Plastikvermüllung des Wattenmeeres vor Cuxhaven zu erfassen, wurde die ALDEBARAN bei Ebbe bei 53°50,322 Nord / 009°00,546 Ost trockenfallen gelassen und von dieser Position auf einem 15 m breiten Weg auf einer Länge von 234,82 m sämtliche Makroplastikfunde eingesammelt und bestimmt (Tab. 4.1). Insgesamt wurden 27 Plastikstücke gefunden sowie an einer Fundstelle mehrere Glasscherben. Daraus ergibt sich eine Plastikverteilung von 0,00768 Stücke pro m<sup>2</sup> Wattfläche. Einige Fund-Beispiele sind in Abb.4.1 dargestellt.

Tab. 4.1: Darstellung aller Funde auf der beprobten Wattfläche vor Cuxhaven

\*mit Stern gekennzeichnete Koordinaten wurden zur Längenberechnung über gctoolbox.de verwendet.

Koordinaten der Fundstelle		Fund
Nord	Ost	
53°50,315	009°00,503	Angelschnur
53°50,304	009°00,494	Stück Ballon
53°50,302	009°005,495	Angelschnur
53°50,310	009°00,488	Weiß-blaues Bonbonpapier
53°50,313	009°00,485	Angelschnur
53°50,312	009°00,480	Blaue und orangene Angelschnur
*53°50,310	009°00,459	Stück blaue Plastikplane/Tüte
*53°50,330	009°00,420	blaue und orangene Angelschnur
53°50,298	009°00,242	weiße Angelschnur, weißes Tütenstück
53°50,288	009°00,432	weiße Folie
53°50,292	009°00,428	weiße Folie
53°50,264	009°00,476	weiße Folie
53°50,241	009°00,496	weiße Folie
53°50,217	009°00,531	blauer Kanister
53°50,212	009°00,531	viel Glas
53°50,219	009°00,532	blaues Fischernetz (Rest)
53°50,216	009°00,544	weißer Plastikteller
53°50,200	009°00,607	weiße Folie
53°50,199	009°00,624	durchsichtige Folie
53°50,193	009°00,636	kleines, blaues Plastik
*53°50,185	009°00,677	durchsichtiger Plastikbeutel
53°50,322	009°00,546	Joghurtbecher
53°50,322	009°00,550	Plastiktüte
53°50,326	009°00,569	Schinken Verpackung
53°50,318	009°00,540	weißes Plastikstück



Abb. 4.1: Beispielplastikfunde aus dem Wattenmeer vor Cuxhaven. Links: blauer Kanister – „große Verpackung“. Rechts: Diverse Plastikverpackungen, Plastiktüten und Fischernetzchnüre mit Zollstock zum Größenvergleich.

Eine Gruppierung und Bestimmung der Verteilung zeigte, dass ein Drittel aller Funde aus Plastiktüten oder Resten von Plastiktüten bestand (rot, Abb. 4.2) und ein weiteres Drittel aus Angelschnur oder Resten von Fischernetzen oder Tauen (blau, Abb. 4.2). Das letzte Drittel umfasste vor allem Verpackungen oder Reste von Verpackungen von Lebensmitteln.

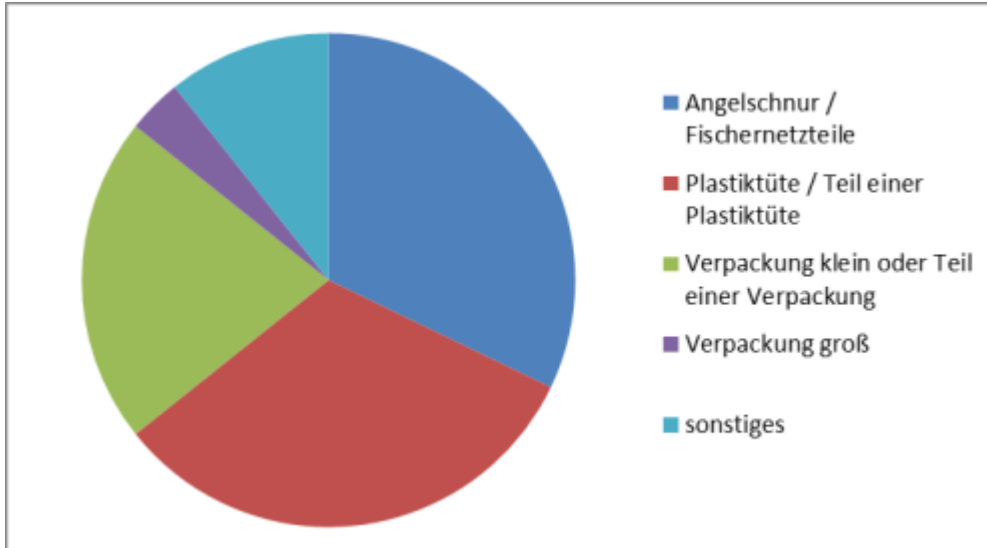


Abb. 4.2: Anteilmäßige Verteilung der Plastikfunde.

#### 4.2 Erfassung des Ausmaßes der Vermüllung durch Mikroplastik

Das Vorkommen von Mikroplastik im Wattenmeer wurde durch Manta-Trawl-Probenahme bei ablaufendem Wasser im selben Bereich wie die Sammlung von Makroplastik durchgeführt. Es konnten Sandkörner, Schlickkrebse und Reste anderer Zooplankter sowie Reste von Wasserpflanzen, Algen und holzähnliche Fasern identifiziert werden. Mikroplastik konnte dagegen nicht erkannt werden.

### 4.3 Auswirkungen von Mikroplastik auf den Seeringelwurm

Die Seeringelwürmer wurden über einen Tag mit Mikroplastik gefüttert, um herauszufinden, ob sie Plastikpartikel zusammen mit dem Sediment aufnehmen oder ausscheiden. Die Ausscheidungen wurden unter dem Mikroskop untersucht (Abbildung nicht verfügbar). Es war nicht eindeutig zu unterscheiden, ob es sich bei den kugelförmigen Strukturen um Mikroplastik oder Luftbläschen handelte (3.3). Zu den identifizierbaren Funden gehörten blaue Plastikfasern, die von uns nicht unter das Futter gemischt worden waren, aber nur bei den gefütterten Seeringelwürmern nachgewiesen werden konnten.

### 4.4 Aufnahme von Mikroplastik durch Brackwassergarnelen

In der Kontrollgruppe, in der Gruppe mit 120 Mp/ml und mit 12 Mp/ml wurden unter dem Mikroskop keine Plastikpartikel gefunden. In den Garnelen, die einer Plastikkonzentration von 1000 Mp/ml ausgesetzt waren, befanden sich im Durchschnitt 5 Mikroplastikpartikel pro Garnele. Am meisten Plastik wurde in den Garnelen gefunden, die einer Plastikkonzentration von 500 Mp/ml ausgesetzt waren. In diesen fanden wir im Durchschnitt 23,6 Mikroplastikpartikel in jeder Garnele. Alle gefundenen Plastikpartikel befanden sich in einer einzigen Garnele. Im Hälterungsgefäß der Gruppe mit 500 Mp/ml wurde eine Garnelenhaut gefunden.

## 5. Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Plastikvermüllung im Wattenmeer vor Cuxhaven genauer zu untersuchen und die Ergebnisse des Projekts „dem Plastikmüll auf der Spur“ zu überprüfen. Es sollte untersucht werden, inwiefern Makro- und Mikroplastik ein Problem darstellen und, ob dadurch Stress bei den Wattbewohnern verursacht wird.

### 5.1 Gibt es im Wattenmeer vor Cuxhaven eine Vermüllung durch Makroplastik?

Die Ergebnisse zeigen insgesamt, dass Makroplastik im Wattenmeer vor Cuxhaven vorhanden ist. Der meiste Plastikmüll wurde auf den offenen Wattflächen und nicht, wie ursprünglich angenommen, im Schilf oder an der Buhne gefunden. Zu den Funden gehörten Angelschnur, Plastiktüten, Verpackungen und ein halber Kanister.

27 Stück bzw. 0,00768 Stücke pro m<sup>2</sup> klingt erst mal wenig, (Tab. 3.1). Hochgerechnet auf die gesamte norddeutsche Wattfläche von ca. 9000 km<sup>2</sup> (Wikipedia II) ergibt sich eine Gesamtvermüllung von ca. 70.000 (69.120) Plastikteilen. Dies ist ein sehr hoher Wert. Damit wird das ursprüngliche Ergebnis des Vorprojekts eindeutig widerlegt. Bei dem Vorprojekt fand die Probenahme nur vom Strand in Richtung Wasserlinie statt. Mit der ALDEBARAN war eine Probenahme auch auf den freien Wattflächen hinter dem Leitdamm möglich, sodass eine deutlich größere Fläche erfasst werden konnte. Aufgrund der Wetterbedingungen während der Ausfahrt, wurden die Strömungsverhältnisse nicht weiter untersucht.

Aus den Ergebnissen lässt sich insgesamt erschließen, dass Makroplastik auf den glatten Wattflächen liegen bleibt und so eine potentielle Gefahr für rastende Vögel darstellt.

### 5.2 Bedeutung der Makroplastik-Vermüllung für das Ökosystem Watt

#### 5.2.1 Vermüllung durch Reste von Fischernetzen

Überall auf der Welt findet man an den Küsten tote Vögel, in deren Mägen sich Unmengen an Fischernetzen und Angelschnüre befinden, oder, die sich in Fischernetzen verfangen haben (Abb.5.1). Diese Gefahr besteht auch vor Cuxhaven, denn auch im Cuxhavener Watt befinden sich Angelschnüre und Fischernetze (1/3 aller Funde, Abb. 4.1). Verendete Vögel oder in Netzen verfangene Vögel wurden von uns allerdings nicht gesichtet. Allerdings war die Forschungsreise auch weder zur Brutzeit noch zur Zeit des Vogelzugs, also nicht zu einer Zeit, in der sich viele Vögel im Watt aufhalten.



Abb. 5.1: Vogel, der sich in einem Fischernetz verfangen hat (NABU).

20% der Einträge an Müll im Meer stammen von Schiffen, die ihre Ausrüstung auf dem Meer verloren haben oder von Offshore- Industrien wie Forschungs-, Öl- und Gasplattformen (NABU). Die Fischernetze, die durch Schiffe in das Meer gelangen, werden Geisternetze genannt. Diese Geisternetze gingen bei Sturm oder Notsituationen verloren oder wurden von Fischern absichtlich in das Meer geworfen, weil sie z.B kaputt waren oder nicht mehr gebraucht wurden (Wikipedia, I).

Um dieser Art der Vermüllung der Meere entgegenzuwirken, könnte man noch Fischer und Seefahrer über die Auswirkungen der Plastikmüllverschmutzung auf die Meeresbewohner besser aufklären und eine kostengünstige bzw. kostenlose Müllentsorgung, die man über die Hafengebühren abrechnet, an den Häfen anbieten, sowie die bereits bestehende Kontrollen verschärfen.

### 5.2.2 Vermüllung mit Plastiktüten

Ein weiterer großer Anteil unserer Plastikfunde waren mit einem Drittel Plastiktüten oder deren Reste (Abb.4.1). Der Plastiktütenverbrauch 2015 in Deutschland belief sich auf 5,6 Milliarden Tüten pro Jahr (Utopia). Jede dieser Plastiktüten hat eine Zersetzungsdauer von 10- 20 Jahren, was im Gegensatz zu anderen Kunststoffen relativ gering ist (Tab.2, Anhang). Dennoch handelt es sich um einen recht langen Zeitraum, den die Reste im Meer verbleiben.

Seitdem im Juli 2016 von über 300 Unternehmen eine Gebühr für Plastiktüten in der Höhe von 10- 15ct eingeführt wurde, sank der Plastiktütenverbrauch in Deutschland auf 3,6 Milliarden Tüten jährlich (Utopia). Dies ist ein Fortschritt, aber noch immer nicht ausreichend, im Hinblick auf die Zeitdauer des Abbaus. Ob die Zunahme an Plastiktüten im Watt seit der Einführung der Gebühr für Plastiktüten weniger geworden ist, also ob die gefundenen Tüten neueren oder älteren Datums sind, ist unklar. Dazu hätten die genaue Struktur und der Zerfallsgrad der Funde untersucht werden müssen, was uns mit den Mitteln an Bord nicht möglich war.

### 5.3 Vergleiche der Plastikvermüllung im Watt mit anderen küstennahen marinen Ökosystemen

Während an der Norddeutschen Küste noch vergleichsweise wenig Plastik zu finden ist, wird in Hawaii an einem sogenannten *Plastic Beach* mit jeder Welle, die auf den Strand trifft, neues Plastik angespült, wobei es sich oftmals um Plastik handelt, das nicht größer als ein paar Zentimeter ist (Jordan, 2009).

Dies kann man dadurch erklären, dass sich vor Hawaii ein großer Müllwirbel befindet, von dem sich immer mal wieder Teile lösen könnten, die dann an die Küste Hawaiis gespült werden (Abb.5.2).

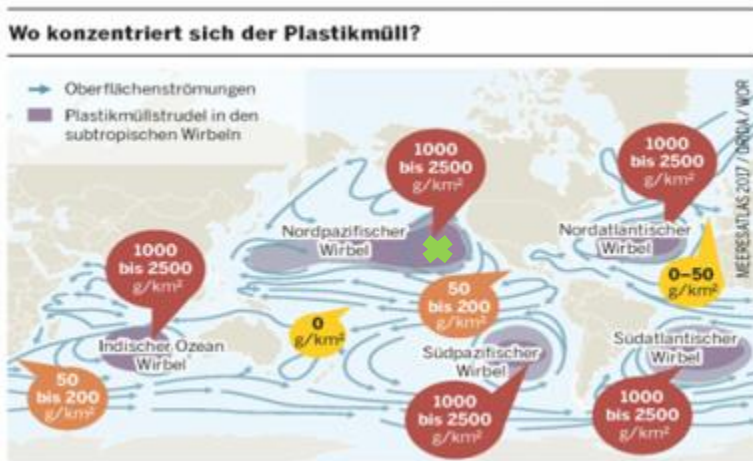


Abb. 5.2: Lage der Müllwirbel und deren Plastikmüllkonzentration in  $\text{g}/\text{km}^2$  (verändert nach reset.org). \*grünes Kreuz markiert Hawaii.

Auch der Spülsaum des gesamten Strandes der Galapagos Inseln ist mit tausenden zerkleinerten Plastikpartikeln versehen (pers. Kom. K. Steinmetz). Diese Beobachtungen sowie auf die auf Hawaii sind auf die jeweiligen Strömungsverhältnisse zurück zu führen. Vor den Galapagos Inseln treffen drei große Meeresströmungen aufeinander, der Humboldt- Strom, der Südäquatorialstrom und der Nordäquatorialstrom. Somit werden Plastikteile aus drei Windrichtungen angeschwemmt und können sich im Zentrum dieser drei Ströme – an den Küsten der Galapagos Inseln, ansammeln. Im Wattenmeer der Nordsee herrschen jedoch ganz andere Strömungsverhältnisse (Abb.5.3), weshalb keine entsprechenden Beobachtungen gemacht wurden. Wirbelbildungen könnten in der Zentralnordsee entstehen, jedoch nicht im Wattenmeer vor Cuxhaven, denn das Wasser wird vom Kanal mit dem Kontinentalstrom in Richtung Osten bis zur Schleswig-Holsteinischen Küste und dann in Richtung Norden abtransportiert.



Abb.5.3: Strömungsverhältnisse in der Nordsee (Wikipedia II)



Abb. 5.4: Schwimmverhalten von Plastik in Leitungswasser und Salzlösung

#### 5.4 Stellt Mikroplastik im Wattenmeer den eigentlichen Stressfaktor dar?

Der durchgeführte Manta-Trawl-Versuch zeigte kein Mikroplastik-Vorkommen im Meer auf. Doch bekanntlich steigen die Mengen an Mikroplastik generell an. So zeigten Untersuchungen der Universität Oldenburg im Kot von Seehunden und Kegelrobben im niedersächsischen Wattenmeer Mikroplastik (Umweltbundesamt).

Unser Ergebnis ist daher eher unwahrscheinlich und eine Wiederholung des Versuches evtl. direkt an der Elbmündung zur besseren Erfassung des vom Landesinneren eingetragenen Mikroplastiks wäre sinnvoll, auch mit einem tauchenden Manta-Trawl um tiefere Gewässer zu untersuchen. Doch aufgrund von Wetter- und damit auch Zeitgründen war uns dies nicht möglich.

Auch wäre eine Untersuchung des Sediments und damit der möglichen Vermischung der Partikel mit dem Wattboden hilfreich gewesen, jedoch konnten wir ebenfalls aus Zeitgründen unsere begonnenen Untersuchungen zu diesem Thema nicht abschließen. Laborversuche sind hierzu in der Schule noch in Arbeit.

Folgeuntersuchungen zeigten außerdem, dass Mikroplastik bei einer geringen Salzkonzentration, wie im Brackwasser, nicht direkt an der Oberfläche, sondern sich in der Wassersäule sammelt/schwimmt.

#### 5.5 Auswirkungen der Plastikvermüllung auf Modellorganismen im Watt

##### 5.5.1 Aufnahme von Mikroplastikpartikeln durch Sedimentfresser

In den Ausscheidungen der Seeringelwürmer war das gefütterte Mikroplastik nicht identifizierbar. In dem ausgeschiedenen Sediment befanden sich allerdings blaue Fasern, die dem Futter nicht beigemischt worden waren. Die Fasern könnten an Bord der Aldebaran durch Abrieb von Tauen und Seilen in die Proben gelangt sein oder sie befanden sich schon vor den Probenahmen in den Würmern. Sie stammen dann vermutlich aus synthetischen Stoffen und Fischernetzen. Es wäre dann reiner Zufall, dass sie nur in den gefütterten Würmern und nicht in den ungefütterten Kontrolltieren zu finden waren.

Die Größe der gefütterten Mikroplastikteilchen (1 mm), (Meyer, 2015) könnte dazu geführt haben, dass sie nicht vom Wurm aufgenommen wurden, denn mit einem Durchmesser von 3 mm (eigene Beobachtung) sind die *N. diversicolor* deutlich dünner und kleiner als Wattwürmer (*Arenicola marina*). Grundsätzlich besteht Möglichkeit, dass das Mikroplastik vom Seeringelwurm vollständig verdaut wurde. Über die Verdaulichkeit von Plastik gibt es derzeit keine Untersuchungen. Der durch das Einsammeln und die Hälterung entstandene Stress könnte auch dazu geführt haben, dass die Nahrungsaufnahme eingestellt wurde. Um den Stress zu verringern, wird daher empfohlen, die Versuche erst einige Tage nach dem Einsammeln der Versuchstiere durchzuführen, um ihnen eine Akklimatisierung an die Hälterungsbedingungen zu ermöglichen. Dies war uns aufgrund unseres kurzen Aufenthalts auf der ALDEBARAN nicht möglich, wird aber bei den noch ausstehenden Untersuchungen an *A. marina* berücksichtigt.

##### 5.5.2 Aufnahme von Mikroplastik durch Brackwassergarnelen

Die Tatsache, dass in der Gruppe mit 500 Mp/ml nur bei einer Garnele Plastik gefunden wurde könnte sich dadurch erklären lassen, dass sich diese Garnele gehäutet hat. Bei der Häutung fahren Garnelen ihren Stoffwechsel herunter (pers. Kom. Zwicker) das bedeutet, dass Garnelen in diesem Zeitraum weniger zu sich nehmen. Das in den Gruppen mit weniger als 500 mp/ml kein Mikroplastik in den Garnelen gefunden wurde, könnte daran liegen, dass sich Plastik erst ab dieser Konzentration im Körper der Garnele ansammeln kann. Ein weiterer Grund für unsere Ergebnisse könnte die Inkubationszeit sein. Eine zu lange Inkubationszeit könnte dazu geführt haben, dass einige Garnelen das Mikroplastik ausgeschieden haben. Eine zu kurze Inkubationszeit hingegen könnte dazu geführt haben, dass einige Garnelen nicht genug Wasser gefiltert haben, um Mikroplastik einzustrudeln. Es besteht durchaus die Möglichkeit, dass die Garnelen satt waren und deshalb kein Wasser gefiltert haben.

## 6. Schlussfolgerung & Ausblick

Abschließend soll die Frage beantwortet werden, ob es tatsächlich keine Spur von Plastikmüllstress vor Cuxhaven gibt, obwohl dies ein Problem in allen Ozeanen darstellt.

Durch die Nutzung der ALDEBARAN konnte das freie Watt hinter dem Leitdamm vor Cuxhaven untersucht werden. Hierbei konnte das Ergebnis des ersten Projekts „dem Plastikmüll auf der Spur“ widerlegt werden. Bei den neuen Probenahmen wurde bestätigt, dass Makroplastik auf den Wattflächen vor Cuxhaven liegen bleibt. Die Gesamtmenge an Plastik im Wattenmeer hat bei Hochrechnung auf die gesamte norddeutsche Wattmeerfläche bereits ein Ausmaß angenommen, dass man nicht mehr ignorieren darf. Inwiefern diese Verschmutzungen zu Nahrungsstress bei Allesfressern wie der Strandkrabbe führen, muss noch näher betrachtet werden.

Es wurde dagegen nicht bestätigt, dass sich Mikroplastik auf der Wasseroberfläche befindet. Da nicht alle Plastikarten eine geringere Dichte als Wasser haben (Tab. 1 im Anhang), sollten sich zukünftige Untersuchungen auf die Plastikverschmutzung in verschiedenen Wassertiefen und im Sediment konzentrieren. Es konnte nicht nachgewiesen werden, dass Mikroplastik bei den ausgewählten Versuchstieren *N. diversicolor* und der Brackwassergarnele Stress auslöst. Eine Aufnahme der Partikel wurde jedoch für beide Arten nachgewiesen. Erste Ergebnisse mit den Wattwürmern *A. marina* bestätigen dies.

Obwohl noch nicht alle Versuche abgeschlossen sind, zeigen die bisherigen Ergebnisse bereits eindeutig, dass auch im Wattenmeer vor Cuxhaven ein Problem mit Plastikvermüllung besteht. Unser Projekt stellt daher einen wichtigen Beitrag zum Schutz der Ozeane dar. Denn nur wenn ein Problem erkannt wurde, kann man darauf aufmerksam machen und die Öffentlichkeit sowie die Politik zum Handeln bewegen. Ein erster Anfang in diese Richtung wurde von uns im Rahmen des deutsch-britischen Jugendseminars zum Thema „Meere und Ozeane“, das im Oktober 2017 stattfand, und zu dem wir eingeladen wurden, unternommen.

## 7. Literatur

Behrens, mehr Plastik als Fische im Meer. Süddeutsche Zeitung. 21. Januar 2016

Cole, M., Lindeque, P. Halsband, C., Galloway, T.S. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine, Mar. Pol. Bul.* 62 (12): 2588-97.

Dennis, Jedes zehnte Sandkorn besteht aus Kunststoff. 28. Juni 2014, [forschung-und-wissen.de/nachrichten/umwelt/jedes-zehnte-sandkorn-besteht-aus-kunststoff-13371953](http://forschung-und-wissen.de/nachrichten/umwelt/jedes-zehnte-sandkorn-besteht-aus-kunststoff-13371953)

Engelen, Im Untergrund des Watts : Bakterien in der „tiefen Biosphäre“ Frühjahr 2005, <http://www.presse.uni-oldenburg.de/einblicke/41/8-engelen.pdf>

Frankfurter Allgemeine Zeitung, [faz.net/aktuell/wissen/erde-klima/meere/plastik-im-meer-beeintraechtigt-tiere-unterschiedlich-14475449.html](http://faz.net/aktuell/wissen/erde-klima/meere/plastik-im-meer-beeintraechtigt-tiere-unterschiedlich-14475449.html), 17.10.2016

Franeker, J. van, Blaize C., Danielsen J., fairclough K., Gollan J., Hansen P.L., Heubeck M., Jensen J.K., Guillou G. Le, Olsen B., Olsen K.O., Pedersen J., Stienen E.W.M., Turner D.M., Monitoring plastic ingestion by northern fulmar *Fulmarus glacialis* in the North Sea. *Environmental Pollution* 159 (2011) 2609-2615

Frimmer, V. Wieso Fische Plastikmüll mögen. Spiegel Online Wissenschaft. 16.8.2017 <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/plastik-im-meer-fische-werden-durch-den-geruch-angezogen-a-1163062.html>

Gctoolbox, [http://www.gctoolbox.de/ger/tools/Abstand\\_und\\_Winkel\\_zwischen\\_zwei\\_Koordinaten\\_in\\_Luftlinie/distance.htm](http://www.gctoolbox.de/ger/tools/Abstand_und_Winkel_zwischen_zwei_Koordinaten_in_Luftlinie/distance.htm)

Good, S. A., M. J. Martin and N. A. Rayner, 2013. EN4: quality controlled ocean temperature and salinity profiles and monthly objective analyses with uncertainty estimates, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 118, 6704-6716, doi:10.1002/2013JC009067

Hämer, J., Gutow, L. Köhler, A., Saborowski, R., 2014. Fate of Microplastics in the Marine Isopod *emarginata*. *Environmental Science & Technology*. 13451-13456

Idealwater, <http://www.idealwater.ch/water4life-blog/mikroplastik-%E2%80%93-die-unsichtbare-gefahr.html/>

Initiative Mikroplastik, <https://www.initiative-mikroplastik.de/index.php/themen/zersetzungskinetik>

Jahnke, K., Kremer, B.P., „Düne, Strand und Wattenmeer“, Kosmos Naturführer, 3.Aufl., 1999

Kirbach, R. Im Plastik gefangen. DIE ZEIT. 9.Juli 2015

Koßmann, D., Plastikpest bremst Fische aus. Tageszeitung. 20.06.2016, <http://www.taz.de/!5311156/>

Meyer, K., Mikroplastik im Meerwasser – miese Zeiten für den Filtrierer Miesmuschel?, Jugend forscht Wettbewerb, 2015

Meyer, K., Mikroplastik im Meer - Schlechte Zeiten für Miesmuschel-Konsumenten?, Jugend forscht Wettbewerb, 2017

Möller, M., Plastikmüll im Meer - Untersuchungen an der Cuxhavener Nordseeküste, Facharbeit im Naturwissenschaftlichen Seminarfach, Amandus Abendroth Gymnasium Cuxhaven, 2017.

Mönch, M., Das Elend der Muscheln. Frankfurter Allgemeine. Wissen. Aktualisiert am 17.10.2016

NABU, <https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/meere/muellkippe-meer/16805.html>

Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft [http://www.nationalpark-vorpommersche-boddenlandschaft.de/vbl/index.php?article\\_id=30](http://www.nationalpark-vorpommersche-boddenlandschaft.de/vbl/index.php?article_id=30)

Pielage, J., 2016, <http://docplayer.org/42834925-Funktionelle-organisation-der-tiere.html>

Polymerservice Merseburg, <http://wiki.polymerservice-merseburg.de/index.php/Dichte>

Storch, V., Welsch U., Kükenhals Leitfaden für das zoologische Praktikum, Gustav Fischer Verlag, 22. Aufl., 1996

Reset, <https://reset.org/knowledge/plastic-ocean-plastikinseln-im-meer>

Umweltbundesamt, <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/meere/nutzung-belastungen/muell-im-meer>

Utopia, <https://utopia.de/kampf-gegen-plastikmuell-plastikueten-verbrauch-in-deutschland-sinkt-rapide-54644/>

Wikipedia I, <https://de.wikipedia.org/wiki/Geisternetz>



Wikipedia II, [https://www.google.de/search?client=firefox-b&dcr=0&biw=1280&bih=892&tbm=isch&sa=1&q=Gezeitenstr%C3%B6mung+der+Nordsee+Wikipedia&oq=Gezeitenstr%C3%B6mung+der+Nordsee+Wikipedia&gs\\_l=psy-ab.3...10008.14404.0.15090.16.16.0.0.0.0.74.792.16.16.0.dummy\\_maps\\_web\\_fallback...0...1.1.64.psy-ab..0.0.0...0.4IBXAEY6NvI#imgrc=O8orP4gpwf1YIM](https://www.google.de/search?client=firefox-b&dcr=0&biw=1280&bih=892&tbm=isch&sa=1&q=Gezeitenstr%C3%B6mung+der+Nordsee+Wikipedia&oq=Gezeitenstr%C3%B6mung+der+Nordsee+Wikipedia&gs_l=psy-ab.3...10008.14404.0.15090.16.16.0.0.0.0.74.792.16.16.0.dummy_maps_web_fallback...0...1.1.64.psy-ab..0.0.0...0.4IBXAEY6NvI#imgrc=O8orP4gpwf1YIM):

Die Zeit, 2015, <http://www.zeit.de/2015/26/plastikmuell-nordsee-recycling-umweltschutz/seite-3>

## **Danksagung**

Wir danken ganz herzlich den Mitarbeitern der Deutschen Meeresstiftung und allen Sponsoren für die Ausrichtung des Meereswettbewerbs. Ein Dankeschön gilt auch den Juroren, die uns die Möglichkeit gegeben haben, unsere Projektidee während dieser spannenden Forschungsreise zu verwirklichen. Ein besonderer Dank geht an Sarah Zwicker und Michel Kühlcke für die hervorragende Unterstützung an Board und an unsere Lehrerin Frau Dr. Steinmetz für die Betreuung in der Schule. Außerdem bedanken wir uns ganz herzlich bei Frank Schweikert, dass er als Skipper trotz der widrigen Witterungsverhältnisse die Umsetzung eines Großteils unseres Vorhabens ermöglicht und uns am Ende sicher wieder an Land gebracht hat.

## Anhang

Tab. 1 Dichte verschiedener Kunststoffe  
(<http://wiki.polymerservice-merseburg.de/index.php/Dichte>)

Werkstoffe	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )
Naturkautschuk (NR)	0,92 – 1,0
Polyethylen (PE)	0,92 – 0,96
Polypropylen (PP)	0,9 – 1,0
Polystyrol (PS)	1,05
Polycarbonat (PC)	1,0 – 1,2
Polyamid (PA)	1,0 – 1,2
Polymethylmethacrylat (PMMA)	1,16 – 1,20
Polyvinylchlorid (PVC)	1,2 – 1,4
Polybutylenterephthalat (PBT)	1,30 – 1,32
Polyoxymethylen (POM)	1,34 – 1,43
Polyvinylchlorid, nachchloriert (PVC-C)	1,47 – 1,55
Polytetrafluorethylen (PTFE)	> 1,8
Schaumkunststoffe	0,005 – 0,100
Integralkunststoffe	bis 1,0

Tab. 2 Zersetzungsdauer von Kunststoffen

(<https://www.initiative-mikroplastik.de/index.php/themen/zersetzungskinetik>)

Produkt	Abbauzeit	Produkt	Abbauzeit
Angelschnur	600 Jahre	Zigarettenkippen	1-5 Jahre
Wegwerfwindel	450 Jahre	Wollsocken	1-5 Jahre
Plastikflasche	450 Jahre	Sperrholz	1-3 Jahre
Aludose	200 Jahre	Baumwollshirt	2-5 Monate
Getränkedose	200 Jahre	Milchkarton	3 Monate
Styroporbecher	50 Jahre	Pappkarton	2 Monate
Schaumstoffboje	50 Jahre	Apfelgehäuse	2 Monate
Plastiktüte	10-20 Jahre	Zeitung	6 Wochen