



Facharbeit im Seminarfach Nr. 225

Thema

Auswirkungen von Plastikmüll auf die Fauna der
Nordsee an ausgewählten Beispielen

Verfasser: Jan Fooken

Betreuende Lehrkraft: Herr Heeren

Ende der Bearbeitungszeit: 22.03.2019

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
2 Einstieg in die Thematik.....	1
2.1 Wie gelangt der Plastikmüll ins Meer?.....	2
2.2 Zersetzung des Mülls nach dem Eintritt ins Meer.....	3
3 Wie groß ist die Belastung der Nordsee?.....	4
3.1 Eissturmvögel als Indikator für die Verschmutzung der Nordsee.....	5
3.1.2 Erhebung und Auswertung der Daten.....	6
3.2 Belastung des Eissturmvogels mit Plastikmüll.....	7
3.2.1 Aktuelle Werte zum Erreichen des EcoQOs.....	8
4 Warum ist Mikroplastik im Meer ein Problem für die Fauna?.....	8
4.1 Plastikmüll als vermeintliche Beute.....	8
4.2 Folgen von Plastikmüll für Meeresorganismen.....	9
4.2.1 Beeinflussung der Ingestion.....	9
4.2.2 Ökotoxikologische Schäden.....	10
4.2.3 Beeinflussung durch Verstrickung.....	12
4.3 Folgen für das Ökosystem.....	12
4.3.1 Smothering.....	12
4.3.2 Weitere Folgen.....	13
5 Lösungsansätze.....	13
5.1 Politik.....	14
5.2 Industrie.....	15
5.3 Projekte.....	15
5.4 Verbraucher.....	16
6 Fazit.....	16

1 Einleitung

Anlässlich der Nachricht, dass die REWE Group und der Konzern Lidl die Verwendung von Plastikartikeln wie Einwegtrinkhalme und Plastikbesteck ab Frühjahr und Lidl bis Ende 2019 aus ihrem Sortiment nehmen wollen, um sie durch Alternativen wie Papierstrohhalm zu ersetzen,^{1,2} habe ich mich entschieden auf das bestehende Problem von Plastikmüll in der Nordsee aufmerksam zu machen, denn die über die letzten Jahre gestiegene Belastung³ der Meere mit sichtbarem und nicht sichtbarem Plastikmüll ist meiner Meinung nach ein viel zu wenig beachtetes Thema.

Mit meiner Facharbeit möchte ich nicht nur darauf aufmerksam machen, dass die Belastung der Meere durch Plastikmüll auch regionale Folgen hat, sondern auch dazu beitragen, dass der Leser das Problem und seine Folgen, besonders für die Nordseefauna, versteht und zukünftig durch bewussten Umgang mit Plastik einen Teil zur Bekämpfung dieses Problems beitragen kann.

Deshalb werde ich auf die Quellen und den Zersetzungsprozess von Plastik eingehen und erläutern, wie die Belastung der Nordsee monitorisiert wird. Außerdem möchte ich erläutern, warum Tiere Plastikmüll zu sich nehmen und die daraus resultierenden Folgen beschreiben. Am Ende werde ich ebenfalls erklären, was der Einzelne tun kann, damit jeder Mensch etwas zur Bekämpfung dieses Problem beitragen kann.

2 Einstieg in die Thematik

Laut dem Statistischem Bundesamt fiel in deutschen Haushalten 2015 ein Abfallanteil von 13% an Leichtverpackungen und Kunststoffen an. Dies entsprach einer Masse von 37,4 Kilogramm pro Einwohner an Plastikmüll.⁴

1 Vgl. dpa 2018

2 Vgl. REWE Group 2018

3 Vgl. Derksen et. al. 2012, S. 99

4 Vgl. Tagesschau 24.02.2018

2.1 Wie gelangt der Plastikmüll ins Meer?

Ein Teil dieses Plastikmülls gelangt über verschiedene Wege in die Nord- und Ostsee, stammt pauschal jedoch aus zwei Quellen: die aquatischen und die terrestrischen Quellen.

Die aquatischen Quellen sind alle Quellen, von denen eine seeseitige Verschmutzung des Meeres ausgeht. Diese Quellen machen generell circa 20% der Meeresverschmutzung durch Plastikmüll aus. Auslöser von aquatischer Meeresverschmutzung mit Plastikmüll können zum Beispiel Bohrseln und illegale Müllentsorgung, aber auch der Verlust von Containern oder der Verlust von Fischernetzen sein.

Die restlichen 80% stammen aus den terrestrischen Quellen. Dies ist der Müll, der von der Landseite aus ins Meer gelangt. Terrestrische Quellen sind beispielsweise Flüsse, wie der Rhein, aber auch Mülldeponien oder Haushalte.

Im Gegensatz zu anderen Ländern besitzt Deutschland ein funktionierendes Abfallentsorgungssystem und es wurde 2014 eine Recyclingquote von 98% erreicht. Dennoch gelangten 2010 auch in Deutschland 4,8 bis 12,7 Millionen Tonnen an Plastikmüll ins Meer.⁵

Andere Länder, wie zum Beispiel viele asiatische Länder, haben allerdings keine funktionierende Abfallentsorgungssysteme. Diese Länder tragen für einen großen Teil der Meeresverschmutzung die Hauptverantwortung.

Allein China, Indonesien, Thailand, Vietnam und die Philippinen sind für mindestens 50% der Plastikverschmutzung verantwortlich.⁶

„Würden diese fünf Länder ihren Plastikmüll um 65% eindämmen, könnte sich der Eintrag von Plastik in die Weltmeere fast halbieren.“⁷

Dies ist insofern relevant, da alleine im Jahr 2016 Deutschland 850 Tausend Tonnen an Plastikmüll nach China exportierte, wo er recycelt werden sollte.

5 Vgl. Habel et. al. 2016, S. 26

6 Vgl. Knechtel et. al. 2019, t. 19:00-19:33

7 Knechtel et. al. 2019, t. 19:36-19:46

Im Jahr 2018 verbot China allerdings die Einfuhr von Plastikmüll, da die davon ausgehende Umweltbelastung zu groß wurde.⁸ Durch diese Begründung lässt sich folglich mutmaßen, dass auch der aus Deutschland und anderen Ländern importierte Plastikmüll ins Meer gelangte.

Wichtig ist aber auch, nicht den Eindruck zu bekommen, dass die alleinige Schuld bei den asiatischen Ländern liegt. In Deutschland stellt die Plastikbelastung durch Industrie und Verbraucher immer noch eine große Belastung dar. So wurde Plastik im Abwasser norddeutscher Klärwerke nachgewiesen.⁹ Der Verlust von Pellets in der Herstellung und Weiterverarbeitung von Kunststoffen betrug in Deutschland 21 bis 210 Tausend Tonnen¹⁰ und Zigarettenfilter oder seine Bestandteile wurde laut NBC News in 70% aller in einer Studie untersuchten Seevögel und in 30% der Seeschildkröten gefunden.¹¹ Aus eigener Erfahrung ist Mikroplastik (Styrene bzw. Acrylates Copolymer) außerdem in Hygieneartikeln, wie in einem Duschgel der Marke Sôï, enthalten. Beim Waschen von synthetischer Kleidung können sich ebenfalls bis zu 1600 Fasern pro Liter herauswaschen und ins Waschwasser gelangen. Sie können nicht von Klärwerken zurückgehalten werden.¹²

2.2 Zersetzung des Mülls nach dem Eintritt ins Meer

Der ins Meer gelangte Plastikmüll wird durch das Meer selbst und den dort herrschenden klimatischen Bedingungen mechanischen und chemischen Belastungen ausgesetzt, was zu einem langsamen Zerfall des Plastikmülls führt.¹³ Der Plastikmüll zerfällt oft von Makroplastik, welches einen Durchmesser von mehr als 5 mm hat, zu (sekundärem) Mikroplastik, mit einem Durchmesser kleiner als 5 mm und anschließend zu Nanopartikeln, welche sich

8 Vgl. Haddadian 2018

9 Vgl. Habel et. al. 2016, S. 28

10 Vgl. Umweltbundesamt 23.01.2018

11 Vgl. Rainey 2018

12 Vgl. Derksen et. al. 2012, S. 99

13 Vgl. Habel et. al. 2016, S. 26

durch einen Durchmesser kleiner als 0,1 µm differenzieren.¹⁴ Mikroplastik zersetzt sich zwar immer weiter, kann aber nicht auf natürliche Weise abgebaut werden.¹⁵

Laut Studien von Barnes et. al. 2009 und van Weenen et. al. 2011, ist die Belastung durch Mikroplastik mit einem Durchmesser im nm-Bereich zwar vorhanden, aber momentan noch gering. Sie wird in Zukunft allerdings ansteigen.

Das Mikroplastik gewinnt durch die mechanische Belastung oft eine rundliche Form. Bei dem Zerfall des Plastikmülls lösen sich außerdem dem Kunststoff hinzugefügte Chemikalien, die die Farbe und Formbarkeit des Kunststoffes beeinflussen, sodass der Kunststoff diese Eigenschaften verliert.¹⁶

Das Mikroplastik wird in zwei Kategorien unterteilt: primäres und sekundäres Mikroplastik. Primäres Mikroplastik besitzt bei der Herstellung bereits einen Durchmesser, welcher kleiner als fünf Millimeter ist. Sekundäres Mikroplastik entsteht durch den Zerfall von Makroplastik.¹⁷

3 Wie groß ist die Belastung der Nordsee?

Laut Prof. Dr. med. Hans Schweisfurth wird nur circa 15% des ins Meer gelangten Plastikmülls wieder an die Strände angespült, 70% werden auf dem Meeresgrund absinken und 15% schwimmen auf der Meeresoberfläche.¹⁸

Durch die starke Ausprägung von Fischerei und Schifffahrt ist in der deutschen Bucht der Schiffsverkehr eine Hauptquelle für den auf der Nordsee schwimmenden Plastikmüll. Somit steht die Menge des Plastikmülls im Verhältnis zu der Schiffsdichte. Insgesamt lasse sich eine Konzentration von bis zu 300 Teilen pro Quadratkilometer des an der Wasseroberfläche schwimmenden Plastikmülls feststellen.¹⁹ Genaue Studien zur Belastung der Nordsee sind

14 Vgl. Schweisfurth

15 Vgl. Umweltbundesamt 08.09.2017

16 Vgl. Derksen et. al. 2012, S. 98, S. 103

17 Vgl. Habel et. al. 2016, S. 26

18 Vgl. Schweisfurth

19 Vgl. Derksen et. al. 2012, S. 100

jedoch noch nicht abgeschlossen. Bei einer Stichprobe wurde unter anderem die Konzentration des Mikroplastiks auf einem Strandabschnitt auf Norderney bestimmt und diese liegt zwischen 378 und 408 Partikel•kg⁻¹ Trockenmasse. Die Stichprobe wurde unabhängig von Jahreszeit, gezeitenabhängiger Strömung oder Wetter in einer Tiefe von 0 cm bis 5 cm entnommen und besitzt daher nur eine begrenzte Aussagekraft.

Jede Probe umfasst ein Gewicht von 250 g Trockenmasse und gilt für Mikroplastik mit einer Größe von 1,6 µm bis 1 cm. Sie wurde außerdem doppelt bestimmt, sodass sich zwei annehmbare Grenzwerte ergeben. Die durchschnittliche Belastung der deutschen Bucht mit marinem Mikroplastik liegt bei 368 Partikel•kg⁻¹ Trockenmasse und die Standardabweichung beträgt 394 Partikel•kg⁻¹ Trockenmasse. Somit liegt die Belastung von Norderney über dem aus allen Proben bestimmten Mittelwert von 368 Partikel•kg⁻¹ Trockenmasse, was an der hohen Schiffsdichte liegen könnte.²⁰

Die Belastung der Nordsee durch Plastikmüll führt, wie in den gesamten Weltmeeren dazu, dass Tiere durch dieses Plastik beeinflusst werden oder sterben. In der Nordsee wird dieser Einfluss auf die Fauna genutzt, um die Verschmutzung der Nordsee zu monitorisieren. Die dabei erhobenen Daten verdeutlichen allerdings auch den bestehenden Einfluss von Plastikmüll auf die Nordseefauna.

3.1 Eissturmvögel als Indikator für die Verschmutzung der Nordsee

Der Eissturmvogel ist ein auf der Nordsee weit verbreiteter Hochseevogel und frisst hauptsächlich Nahrung, welche sich an der Wasseroberfläche befindet. Er frisst dabei auch herumtreibenden Plastikmüll.

Aufgrund der großen Quantität der im Spülsaum aufgefundenen Eissturmvögel wird der Eissturmvogel als Indikator für die Oberflächenverschmutzung der Nordsee mit Plastikmüll verwendet.

²⁰ Vgl. Derksen et. al. 2012, S. 102f., S. 107

Die Forschungen hierzu, das heißt die Sammlung toter Eissturmvögel sowie Untersuchung deren Mageninhalts, werden seit 2008 von den OSPAR-Vertragsstaaten auf nationaler Ebene durchgeführt, sodass in Deutschland das Forschungs- und Technologiezentrum Westküste jene Untersuchungen durchführte und nach den Standards von IMARES auswertete. Das Niederländische Institut IMARES führte bis 2008 alle und bis 2010 nur die Mageninhaltsanalysen der deutschen und der niederländischen Proben aus.

Diese Daten werden auf nationaler Ebene verwertet und es werden jährliche Daten, Daten einer Periode von 5 Jahren sowie der aktuelle Trend erarbeitet.²¹

Dieser Indikator wurde festgelegt, um die 2002 bestimmten Ecological Quality Objectives (EcoQOs) messbar zu machen. Für den EcoQO der Belastung der Nordsee wurde folgender Wortlaut formuliert: „Weniger als 10% der Eissturmvögel sollten 0,1 g oder mehr Plastikmüll im Magen haben; innerhalb einer Stichprobe von 50-100 Eissturmvogel-Spülsaumfunden für jede von 5 verschiedenen Nordseeregionen über einen Zeitraum von mindestens 5 Jahren.“²² Der Indikator wurde an der nicht stark belasteten kanadischen Arktis orientiert²³ und wird ebenfalls als Indikator für die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) der Europäischen Union genutzt.²⁴

3.1.2 Erhebung und Auswertung der Daten

Die toten Eissturmvögel werden erst gefroren gelagert. Bei ausreichendem Stichprobenumfang werden sie aufgetaut und es werden Daten über ihren Zustand erhoben. Diese Daten umfassen unter anderem Daten zur Organesundheit und zum Ernährungszustand. Außerdem werden biologische Standardparameter erhoben. Nach der Erhebung dieser Daten werden der Drüsen- und Muskelmagen aufgeschnitten und der Mageninhalt wird in einen Sieb mit der Maschenweite von 1 mm gegeben und sortiert. Insgesamt wurden im Zeitraum 2000-2010 auf diese Weise 484 Eissturmvögel untersucht.²⁵

21 Vgl. Guse et. al. 2012, S. 1f.

22 Guse et. al. 2012, S. 1, Z. 9

23 Vgl. Umweltbundesamt 20.10.2017

24 Vgl. Guse et. al. 2012, S. 6

25 Vgl. Guse et. al. 2012, S. 2ff.

Bei der Auswertung ist zu beachten, dass „[j]üngere Tiere [...] [eine] durchschnittlich höhere Belastung mit Plastik [...] als ältere [aufweisen].“²⁶

Dies zeigt auch die Auswertung der Abbildung 1 (Anhang), wo der durchschnittliche Mageninhalt der adulten (erwachsenen) Vögel tendenziell das EcoQO trotz der schwankenden Stichprobengröße zu erreichen scheinen.

Da, wie in den Jahren 2000-2002 ersichtlich, die Belastung der Eissturmvögel durch die Größe der Stichprobe statistisch stark beeinflusst wird und ihre Aussagekraft eingeschränkt ist, werden zur Kontrolle des EcoQOs Perioden von 5 Jahren verwendet.²⁷

3.2 Belastung des Eissturmvogels mit Plastikmüll

Durchschnittlich wurden so in der 5-Jahres Periode 2006-2010 in 97% von den 219 untersuchten Vögeln Mikroplastik nachgewiesen. Diese Vögel hatten im Mittel 25,8 Partikel mit einem Gewicht von 0,391 g im Magen (Tabelle 1 im Anhang). Ein von der Schutzstation Wattenmeer gefundener Eissturmvogel hatte sogar 14,6 g Plastikmüll im Magen. Der größte Massenanteil betraf in diesem Fall einen Luftballon.²⁸

Der Tabelle 2 (Anhang) lässt sich entnehmen, dass für die Deutsche Bucht das Industrieplastik, zu dem beispielsweise Plastikpellets zählen, verglichen mit der Belastung durch Verbraucherplastik, eine eher geringere Belastung darstellt. In der 5-Jahresperiode von 2005-2009 war die mittlere Masse des Verbraucherplastiks, verglichen mit der des Industrieplastiks, sechs mal so groß (Abbildung 2 im Anhang). Zum Verbraucherplastik werden neben Folien und Fasern auch Zigarettenfilter, Plastiktüten und Strohhalme gezählt. Die hohe Belastung mit Fasern bzw. Fäden von 42% (2006-2010) ist ebenfalls auffällig, da diese auch auf eine starke Belastung mit synthetischen Stoffen, welche sich durch das Waschen aus Wäsche lösen können,²⁹ hinweisen könnte. Verbraucher-Plastik kann aber über Müll usw. auch durch die Industrie ins Meer gelangen.

26 Guse et. al. 2012, S. 3 Z. 18

27 Vgl. Guse et. al. 2012, S. 6, S. 4

28 Vgl. Guse et. al. 2014, S. 6

29 Vgl. Derksen et. al., S. 99

3.2.1 Aktuelle Werte zum Erreichen des EcoQOs

Wie in der Abbildung 3 (Anhang) einsehbar, hat sich die Belastung der Eissturmvögel kaum verändert und liegt während der 5-Jahresperiode 2010-2014 mit 59,8% 49,8% über dem EcoQO.

4 Warum ist Mikroplastik im Meer ein Problem für die Fauna?

Wie an dem Beispiel des Eissturmvogels zu sehen, stellt Mikroplastik für viele Lebewesen der Nordseefauna ein großes Problem dar und wird direkt mit dem Rückgang vieler Seevogelarten in Verbindung gebracht.³⁰ Durch Mikroplastik werden nicht nur direkte Schäden an den Tieren, sondern auch ökotoxikologische Schäden ausgelöst, welche allerdings zum Zeitpunkt 2016 noch nicht abschließend erforscht waren. Viele Tiere, wie filtrierende und strudelnde Organismen, nehmen Mikroplastik als Beifang auf, aber sie verwechseln Plastik auch mit Nahrung.³¹

4.1 Plastikmüll als vermeintliche Beute

In einem Verhaltensexperiment von Savoca et. al., welches von dem Aquarium of the Bay in San Francisco, CA, USA geleitet wurde, wurde am Beispiel eines Sardellenschwarms nachgewiesen, dass Fische und Vögel den Plastikmüll bewusst und nicht als Beifang aufnehmen. Grund hierfür ist der Geruch, der vom Bewuchs des Plastikmülls mit zum Beispiel Algen ausgeht.

Die Forscher stellten für das Experiment Geruchsmischungen her. Die Geruchsmischungen bestanden aus Mikroplastik ($x > 25 \mu\text{m}$), welches sie drei Wochen an einer Boje im Meer schwimmen ließen, aus sauberem Mikroplastik ($x > 25 \mu\text{m}$) und Krill.

Die gefangenen Sardellen wurden in ein Aquarium, welches mit Salzwasser gefüllt war und die Meeresumgebung imitierte, entlassen.

Das Aquarium hatte ebenfalls eine kreisförmige Strömung mit einer Geschwindigkeit von $1500 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$.

30 Vgl. Guse. et. al. 2014, S. 4

31 Vgl. Habel et. al. 2016, S. 26f.

In das Aquarium wurden im Verlauf der Untersuchung Lösungen jeder Kategorie in drei Konzentrationen eingeleitet: eine hohe Konzentration mit $30 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$, eine mittlere Konzentration mit $15 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ und eine schwache Konzentration mit $3 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$. Zwischen jeder Einleitung wurde eine Stunde gewartet.

Bei den folgenden Untersuchungen wurde festgestellt, dass sich das Schwimmverhalten der Sardellen ändert. Sardellen schwimmen, wenn sie nicht auf Nahrungssuche sind, gegen die Strömung (positive Rheotaxis).

Das saubere Mikroplastik hatte in allen Konzentrationen kaum Auswirkungen auf das Schwimmverhalten. Das mit Algen etc. bewachsene Mikroplastik (biofouled plastic) wirkte sich erst ab der mittleren Konzentration auf die Rheotaxis aus. Die hohe Konzentration des bewachsenen Mikroplastiks löste eine negative Rheotaxis bei 19,42% der Fische aus. Im Vergleich löste die hohe Konzentration des Futters eine negative Rheotaxis bei 33,87% der Fische aus (Graph 1 im Anhang).

Vogelarten und Fischarten werden vom Geruch der von Phytoplankton abgesonderten Chemikalie Dimethylsulfid und DMSP angezogen, weil sie diesen Geruch mit Gebieten, die reich an Beute sind, in Verbindung bringen. So nehmen so das bewachsene Plastik als vermeintliche Beute auf.³²

4.2 Folgen von Plastikmüll für Meeresorganismen

Die Aufnahme von Plastik hat einen großen Einfluss auf die Gesundheit der Tiere. Das ganze Nahrungsnetz, d.h. alle Nahrungsketten, der Nordsee sind davon betroffen. Plastikmüll kann ebenfalls dafür sorgen, dass sich Adventivarten ansiedeln.³³

4.2.1 Beeinflussung der Ingestion

Wie an dem Beispiel des Eissturmvogels in der Tabelle 2 (Anhang) erkennbar, liegt die mittlere Kondition, d.h. der Ernährungszustand der Eissturmvögel, nur bei 1,1.

32 Vgl. Savoca et. al. 2017

33 Vgl. Guse et. al. 2014, S. 3

Das Problem könnte das Verhungern der Tiere mit vollem Magen sein. In der 5-Jahresperiode 2006-2010 lag der mittlere Massenwert pro Eissturmvogelmagen bei 0,391 g (Tabelle 2), was einer Brotdose im menschlichen Magen gleicht.³⁴ Seevögel können außerdem unter „[...] geringe[r] Körperfetteinlagerung und Beschädigung oder Verstopfung des Magen-Darm-Traktes“³⁵ leiden. Plastik wurde auch in den Ausscheidungen von Möwen, Seehunden und in den Mägen von Schweinswalen nachgewiesen.³⁶

In den Mägen von vier in Schleswig Holstein gestrandeten Pottwalen wurde neben der Umverpackung eines Schokoriegels der Marke Snickers auch scharfkantige Bruchstücke eines Kunststoffeimers, ein Seil und der Rest eines zur Krabbenfischerei genutzten Netzes gefunden. Die Müllteile könnten dem Tier innere Verletzungen zuführen und es töten. Plastikmüll führte bei zwei Pottwalen, die in Kalifornien strandeten, zum Tode. Es wird davon ausgegangen, dass die Pottwale den Müll von der Wasseroberfläche aufgenommen haben. Es wird ebenfalls davon ausgegangen, dass ein Tier, das in Spanien gefunden wurde, durch die Aufnahme des Plastikmülls verhungert ist.³⁷ Mikroplastik kann „[...] bei entsprechender Kleinheit sogar in das Blut- bzw. Lymphsystem überführt oder in andere Gewebe eingelagert [werden].“³⁸

4.2.2 Ökotoxikologische Schäden

Das Fressen von Plastikmüll kann aber auch indirekt Schäden verursachen. Durch die vergrößerte Oberfläche des sich zersetzenden Mikroplastiks wird die chemische Aktivität des synthetischen Polymers erhöht und Schadstoffe lassen sich durch zum Beispiel Magensäure leichter als bei größerem Plastik auswaschen und werden so vom Organismus aufgenommen.

34 Vgl. Guse et. al. 2014, S. 4

35 Guse et. al. 2014, S. 3, Z. 1ff.

36 Vgl. Habel et. al. 2016, S. 29f.

37 Vgl. Clemens et. al. 2016, S. 21f.

38 Habel et. al. 2016, S. 27, Z. 22-25

Diese Schadstoffe sind zum Einen zum Plastik hinzugefügte Zusatzstoffe, wie Diethylhexylphthalat oder Bisphenol A, welchen einen Gewichtsanteil von teilweise 20% ausmachen können.³⁹ Mikroplastik besitzt ebenfalls eine deutlich höhere Absorptionsrate als natürliche Stoffe. Die von verschiedenen Kunststoffsorten abhängende Rate ermöglicht es Mikroplastik schwer abbaubare hydrophobe organische Schadstoffe zu binden. Zu diesen organischen Schadstoffen zählen zum Beispiel PCBs, PAKs, DDT und aliphatische Kohlenwasserstoffe, wozu zum Beispiel Hexan gehört.

Im Gegensatz zur Absorptionsrate besitzt Mikroplastik eine geringe Desorptionsrate, was dazu führt, dass die an dem Plastik gebundenen Schadstoffe ebenfalls in den Organismus der Tiere gelangen. Diese Schadstoffe können zum einen kanzerogen,⁴⁰ aber, wie im Fall von Bisphenol A, auch hormonell aktiv sein und könnten beim Menschen Verhaltensstörungen und eine verminderte Spermienzahl verursachen.⁴¹

Die durch die Aufnahme ausgelösten und an dem Lebewesen resultierenden Schäden haben bereits zum Tod des betroffenen Tieres geführt. Aus dem Plastik bereits desorbierte Stoffe können ebenfalls Schäden an Lebewesen verursachen.⁴²

Weitere Folgen, die durch den Konsum von Mikroplastik entstehen, sind das Auslösen von Entzündungsreaktionen, Auswirkungen auf die Reproduktion sowie ein negativer Einfluss auf das Immunsystem.⁴³ Bei Wattwürmern wurde in Laborexperimenten außerdem ein vermindertes Fressverhalten beobachtet, was zum partiellen Verlust ihrer Energiereserven führte.

Zum Standpunkt 2016 lagen „[...] nur wenige Beobachtungen unter Freilandbedingungen für einzelne Fischarten, Miesmuscheln, Austern sowie Wattwürmer in der Nordsee vor, in denen eine Aufnahme, Anreicherung und Weitergabe von Mikroplastik bestätigt wurde (Bergmann et. al. 2015).“⁴⁴

39 Vgl. Habel et. al. 2016, S. 27

40 Vgl. Derksen et. al. 2012, S. 99

41 Vgl. BUND

42 Vgl. Derksen et. al. 2012, S. 99

43 Vgl. Habel et. al. 2016, S. 27

44 Habel et. al. 2016, S. 29, Z. 51-56

4.2.3 Beeinflussung durch Verstrickung

Das Verfangen in von der Fischerei verlorenen Netzen, den sogenannten ghost nets (Geisternetze), ist ebenfalls ein Problem. Tiere verfangen sich aber nicht nur in Geisternetzen, sondern auch in Seilen, Ballons, Plastikbeuteln oder Six-pack-Umverpackungen und sterben. Die Verstrickung durch Plastikmüll betrifft laut einer Bergmann-Studie sogar einen Polarbär, einen von zwei Ottern, zwei von fünf Seekühen und sechs von 18 untersuchten Pinguinen. Oft verstricken sich junge Delfine. Sie und Wale tendieren dazu, im Nacken- und Flossenbereich betroffen zu sein. Verstrickung hat nicht immer tödliche Folgen, aber kann bei Vögeln die Flugfähigkeit einschränken oder bei Schildkröten Probleme beim Wachstum auslösen. Durch den Tod verfangener Tiere locken diese erneut Lebewesen an, was zu einem erneutem Verfangen führen kann.⁴⁵

Weitere Folgen vom Verstricken können Infektionen, der Verlust von Körperteilen, die Einschränkung der Schwimmfähigkeit und die daraus resultierende Minderung von maximalen Geschwindigkeiten sein, wobei letzteres besonders für Haie ein Problem darstellt.⁴⁶

4.3 Folgen für das Ökosystem

Die Beeinflussung der Tierwelt in Wechselwirkung mit seiner Umwelt. Im Fressverhalten eingeschränkte Wattwürmer können so zum Beispiel auf lange Sicht das Ökosystem Wattenmeer verändern.⁴⁷

4.3.1 Smothering

Schlägt man smothering im Cambridge Dictionary nach, erfährt man, dass sich smothering vom Englischen Wort „to smother“ ableitet und, auf den Kontext bezogen, zwei passende Bedeutungen besitzt. Smothering beschreibt das Töten durch Verdecken des Wesens und die Hinderung von freiem Wachstum.

45 Vgl. Kühn et. al. 2015, S. 77-81

46 Vgl. Kühn et. al. 2015, S. 82f.

47 Vgl. Habel et. al. 2016, S. 30

Große Trümmer können nämlich durch ihr Gewicht und den Schatten, den sie werfen, die Salzvegetation in der Gezeitenzone zerstören und die für das Wachstum erforderlichen Lichtbedingungen stören. Sie können außerdem Pflanzen ersticken lassen und deren Photosynthese beeinflussen. Dies kann die Ökosystemfunktion und die biologische Vielfalt, die Biodiversität, beeinflussen.

Die Beeinflussung der Ökosystemfunktion kann außerdem zu Verhaltensänderungen führen, da, wie bei Zwergschnecken nachgewiesen, durch längere Nahrungssuchzeiten und verstärkte Selbstbeschattung die Schneckendichte in belasteten Gebieten zurückgeht.⁴⁸

4.3.2 Weitere Folgen

Eine große Quantität an Plastikmüll kann außerdem dafür sorgen, dass sich natürliche biogeographische Strömungen verändern und sich somit gebietsfremde Arten ansiedeln können, was wiederum die Biodiversität auf isolierten Inseln stören kann, dass sich durch eine Verschiebung der Körnergrößenverteilung die physikalischen⁴⁹ und chemischen Eigenschaften von Küstenökosystemen ändern⁵⁰ und so die „[...] Bindigkeit, Nährstoffverfügbarkeit und Wasserhaltefähigkeit [beeinflussen kann]. [Für Letzteres könnte] [e]ine Instabilität von Küstendünen [...] die Folge sein.“⁵¹ Die Belastung von Stränden mit Plastikmüll stellt natürlich außerdem hygienische und ästhetische Probleme dar.⁵²

5 Lösungsansätze

Generell trägt jeder Mensch einen Teil der Verantwortung für dieses Problem und kann auch seinen Teil zur Bekämpfung leisten.

48 Vgl. Kühn et. al. 2015, S. 83ff.

49 Vgl. Derksen et. al. 2012, S. 89f

50 Vgl. Habel et. al. 2016, S. 27

51 Habel et. al. 2016, S. 27, Z. 45ff.

52 Vgl. Derksen et. al. 2012, S. 89

5.1 Politik

Durch den extrem hohen Kostenfaktor und Schwierigkeitsgrad der Reinigung des Meeres ist es erforderlich, dass es präventiv verhindert wird, dass der Müll überhaupt ins Meer gelangt.⁵³

Die oft finanziell minderbemittelten Kommunen tragen meistens die Kosten zur Säuberung der Meere (Stand 2016)⁵⁴ und zur Reinigung von Grünflächen (Stand 2018) selbst. Um dies zu ändern, könnte die Politik Gesetze schaffen, die die Hersteller von Einwegplastik verpflichten diese Kosten zu tragen.⁵⁵ Es ist allerdings zu vermuten, dass dies nichts daran ändern wird, dass Müll, wie Zigarettenfilter, weiterhin die Umwelt kontaminiert, da hierfür der Verbraucher verantwortlich ist. Man könnte allerdings erreichen, dass Unternehmen unnötiges Plastik aus ihren Produkten entfernen. Ebenfalls muss Plastik als Umweltschadstoff betrachtet werden, um ihm eine höhere politische Relevanz zu verleihen.⁵⁶

Auf europäischer Ebene ist das Verbot von Wegwerfprodukten aus Plastik, wie es bis 2021 erfolgen soll,⁵⁷ eine Möglichkeit, die Nutzung von Plastik herabzusetzen oder die Einführung eines europaweiten Recyclingprogramms möglich,⁵⁸ um somit die Eintragquote ins Meer zu verringern. Ein guter Beginn wurde ebenfalls mit der Einführung einer Verpflichtung zur Sammlung und zum 90 prozentigen Recycling von Einwegtrinkflaschen gemacht, die 2025 in Kraft treten soll.⁵⁹ Allerdings ist es anzunehmen, dass trotzdem weiter Plastik verbrannt wird, was dazu führt, dass der Ozean übersäuert.⁶⁰ Ebenfalls muss die korrekte Müllentsorgung sowie Müllvermeidung national und international stärker gefördert werden.⁶¹

53 Vgl. Umweltbundesamt 16.08.2013

54 Vgl. Habel et. al. 2016, S. 30

55 Vgl. Kisling 2018

56 Vgl. Habel et. al. 2016, S. 30

57 Vgl. Kisling 2018

58 Vgl. Knechtel et. al. 2019, t. 37:29-37:44

59 Vgl. ZEIT ONLINE 2018

60 Vgl. Habel et. al. 2012, S. 31

61 Vgl. Guse et. al. 2012, S. 9

Das Problem des Plastikmülls muss außerdem global angegangen werden und man kann Länder wie China usw. mit schlechten Müllentsorgungssystemen finanziell unterstützen. Ein Beispiel für die globale Bekämpfung ist die Honolulu-Strategie.⁶²

5.2 Industrie

Da die momentan regierenden Parteien in Deutschland hauptsächlich auf den freiwilligen Verzicht von unnötigem Plastik setzten,⁶³ sollte die Industrie in Zukunft auf alternative Verpackungen umsteigen oder auf unnötige Umverpackungen verzichten. Ein Beispiel dafür liefert die Firma BLUHM, die mit Hilfe von Lasern auf Gemüse und Backwaren Barcodes eingraviert.⁶⁴ Bei der Nutzung von alternativen Umverpackungen muss man allerdings die, durch diese Verpackung ausgelösten und frei werdenden Emissionen in Betracht ziehen. Ebenfalls ist es notwendig, auf synthetische Polymere in Hygiene- und Kosmetikprodukten, welche ins Abwasser gelangen, zu verzichten. Fraglich ist auch, ob Verbundstoffe, wie Papier mit Kunststoffbezug, nicht schlimmer für die Umwelt sind, da diese nicht werk- oder rohstofflich verwertbar sind.⁶⁵ In der Fischerei ist es allerdings möglich, abbaubare Seile zu verwenden, damit die Verstrickungswahrscheinlichkeit sinkt.⁶⁶

5.3 Projekte

Projekte, wie „Fishing For Litter“ der Organisation KIMO haben sich das Ziel gesetzt, das Meer wieder vom Müll zu befreien. Sie arbeiten dafür mit freiwilligen Fischern zusammen, welche Plastikmüll und verlorenes Fischereiequipment, wie Geisternetze, welches sie auf offener See gefangen haben, kostenlos in Containern im Hafen entsorgen können. Dafür stehen beispielsweise Container in Norddeich, Greetsiel und Neuharlingersiel zur Verfügung.

62 Vgl. Habel et. al. 2016, S. 31

63 Vgl. Tagesschau 27.02.2019

64 Vgl. Kürten-Kreibohm 2017

65 Vgl. UPM Communication Papers

66 Vgl. Kühn et. al. 2015, S. 78

In den Jahren 2016-2017 haben in Deutschland 145 Boote 6 Tonnen Plastik und in den Niederlanden 95 Boote 221 Tonnen Plastik aus dem Meer entfernt.⁶⁷

5.4 Verbraucher

Der Verbraucher kann ebenfalls etwas mit seinem Einkaufsverhalten und seinem Umgang mit Plastikmüll gegen die Verschmutzung unternehmen. So kann er zum Beispiel schwarzes Plastik meiden, da dies nicht von Plastikscannern identifizierbar ist.⁶⁸ Er kann darauf achten, dass er vermehrt Mehrwegplastik, da dieser ausgewaschen werden kann,⁶⁹ und immer mit Plastik unbelastete Kosmetik, Hygieneartikel und Kleidung kauft. Die Belastung von Kosmetika und Hygieneartikeln mit Plastik lässt sich auch für den Laien mit Hilfe vom BUND-Einkaufsratgeber „MIKROPLASTIK und andere Kunststoffe in Kosmetika“ und Apps prüfen. Mit der kostenlosen App Codecheck braucht man lediglich den Barcode seines Produktes einzuscannen und man wird, falls es in der Datenbank vorhanden ist, über die Belastung mit Plastik und andere Stoffe aufgeklärt.

6 Fazit

Sichtbarer und nicht sichtbarer Plastikmüll stellt nicht nur in tropischen Gebieten ein Problem dar, sondern auch an der Nordsee. Jeden Tag werden Tiere mit den Folgen des von Menschen verursachten Problems der Vermüllung der Weltmeere beeinflusst und sterben daran. Die Forschungen zum Eissturmvogel liefern zum Problem ein gutes Bild, allerdings reichen die Forschungen zur Belastung der Nordseestrände, welche mir vorliegen, nicht aus, um das volle Ausmaß klarzumachen, da es sich bei den Forschungen von Derksen et. al. 2012 lediglich um stichprobenhafte Einzelergebnisse handelt.⁷⁰ Es lässt sich allerdings ein meiner Meinung nach schreckliches und unakzeptables Gesamtbild erahnen. Es wird Zeit, dass sich an dem Umgang mit Plastik und Plastikmüll etwas ändert, denn am Ende betreffen diese Folgen jeden.

67 Vgl. KIMO International

68 Vgl. Krachten 2018, t. 12:00-12:22

69 Vgl. NABU

70 Vgl. Derksen et. al. 2012 , S. 103

Anhang

Verbindliche Erklärung:

VERBINDLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit versichere ich, dass ich die Facharbeit selbstständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Arbeit, die im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt aus anderen Werken entnommen wurden, mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.

Verwendete Informationen aus dem Internet habe ich mit Angabe der genauen Adresse und des Tages der letzten Änderung der Seite angegeben.

Ort, Datum

Ostermoordorf, 21.03.19

Unterschrift

Jan Loren

Tabelle 1⁷¹:

Tabelle 1. Jährliche Mengen an Plastikmüll in Eissturmvogelmägen (Spülsaumfunde) in Deutschland für verschiedene Kunststoff-Kategorien. Aufgeführt sind die Häufigkeit (%) mit der Vögel der Stichprobe mit Plastik belastet waren, sowie die durchschnittliche Anzahl an Partikeln (n) und deren mittlere Masse (g) in Gramm. Die rechte Spalte zeigt die prozentuale Anzahl an Vögeln die den OSPAR Zielwert (EcoQO) von 0,1 g Plastik im Magen überschreiten. Die letzten beiden Zeilen geben die „aktuelle Situation“ der letzten beiden 5-Jahresperioden wieder. Zu beachten ist der niedrige Stichprobenumfang einzelner Jahre, der die Aussagekraft dieser Jahreswerte stark einschränkt. Auch der schwankende Anteil adulter Tiere ist zu beachten, da das Alter erwiesenermaßen einen Einfluss auf die Plastikmenge im Magen von Eissturmvögeln hat.

Jahr	n	% adult	INDUSTRIE-PLASTIK			VERBRAUCHER-PLASTIK			PLASTIK Gesamt (Industrie + Verbraucher)			EcoQO
			%	n	g	%	n	g	%	n	g	
1994	1	0%	100%	2	0.043	100%	31.0	0.512	100%	33.0	0.555	100%
1995												
1996												
1997												
1998	1	100%	100%	2	0.022	100%	35.0	0.194	100%	37.0	0.216	100%
1999												
2000	1	0%	100%	4	0.103	100%	26.0	0.158	100%	30.0	0.261	100%
2001	2	100%	50%	2	0.034	100%	15.5	0.049	100%	17.5	0.082	50%
2002	4	50%	0%	0	0.000	100%	6.5	0.051	100%	6.5	0.051	25%
2003	32	22%	81%	3.9	0.087	94%	24.1	0.356	94%	28.0	0.443	78%
2004	155	74%	58%	2.9	0.058	93%	25.7	0.238	94%	29.0	0.296	54%
2005	71	61%	68%	2.3	0.051	94%	17.5	0.191	94%	20.0	0.242	52%
2006	10	40%	50%	2.5	0.051	100%	29.7	0.299	100%	32.2	0.350	70%
2007	66	24%	75%	4.2	0.101	95%	25.1	0.478	95%	29.3	0.579	72%
2008	50	44%	58%	2.6	0.062	94%	30.0	0.479	94%	32.6	0.541	68%
2009	85	52%	43%	1.2	0.027	100%	17.4	0.152	100%	18.6	0.179	50%
2010	8	50%	75%	1.4	0.031	100%	21.3	0.169	100%	21.3	0.169	63%
2005-2009	282	46%	60%	2.5	0.058	96%	21.9	0.301	96%	24.4	0.359	60%
2006-2010	219	41%	58%	2.5	0.059	97%	23.3	0.332	97%	25.8	0.391	62%

* Die 5-Jahresmittelwerte wurden über alle Vögel und nicht aus den einzelnen Jahresmittelwerten berechnet.

Anhang

Tabelle 2⁷²:

Tabelle 2. Zusammenfassung der Stichprobenmerkmale und Mageninhaltsbestandteile von in Deutschland gestrandeten Eissturmvögeln für die 5-Jahresperiode 2006-2010. Die obere Zeile gibt Auskunft über Alter, Geschlecht, Herkunft (die Farbvariante gibt hierüber Aufschluss, dunkle Morphen stammen aus arktischen Gebieten), Verölung und die allgemeine Kondition der Vögel (Skala von 0 = abgemagert bis 9 = sehr guter Zustand). Bisher wurde nur für das Alter ein Einfluss auf die Müllmenge im Eissturmvogelmagen nachgewiesen. Die Tabelle zeigt für jede Müllkategorie die Häufigkeit, mit der Partikel der jeweiligen Kategorie in den Vögeln der Stichprobe auftraten. Zusätzlich ist jeweils für alle Müllkategorien die durchschnittliche Anzahl an Partikeln \pm Standardfehler (se) pro Eissturmvogel dargestellt, die mittlere Masse der Partikel \pm Standardfehler (se) pro Magen sowie die maximale Masse, die in einem Eissturmvogelmagen festgestellt wurde. In der letzten Spalte ist das geometrische Mittel der Masse durch Log-Transformation berechnet, wie es auch in Trendanalysen dargestellt ist.

	Jahr	Anzahl	adult	♂	unbest. Geschlecht	Gefiederfarbe LL	Verölt	mittlere Kondition
	2006-2010	219	41%	49%	3%	72%	4%	1.1
		Häufigkeit	mittlere Anzahl Partikel (n/Vogel) \pm se	Mittlere Masse an Abfall (g/Vogel) \pm se	max. Masse	geometr. Mittel (g/Vogel)		
1	Plastik Gesamt	97%	25.8 \pm 2.566	0.391 \pm 0.064	9.4	0.1261		
1.1	INDUSTRIEPLASTIK	58%	2.5 \pm 0.341	0.059 \pm 0.009	1.3	0.0095		
1.2	VERBRAUCHERPLASTIK	97%	23.3 \pm 2.429	0.332 \pm 0.063	9.4	0.0964		
1.2.1	Folie	55%	3.0 \pm 0.625	0.026 \pm 0.009	1.4	0.0023		
1.2.2	Fasern/Fäden	42%	1.2 \pm 0.154	0.011 \pm 0.003	0.5	0.0014		
1.2.3	Schaumstoff	62%	6.7 \pm 1.325	0.052 \pm 0.019	3.6	0.0039		
1.2.4	Fragmente	92%	12.0 \pm 1.362	0.209 \pm 0.050	9.0	0.0547		
1.2.5	Andere	22%	0.4 \pm 0.083	0.035 \pm 0.009	1.4	0.0015		
2	Anderer Abfall	31%	1.5 \pm 0.276	0.131 \pm 0.033	5.0	0.0029		
2.1	Papier	2%	0.3 \pm 0.154	0.003 \pm 0.002	0.4	0.0001		
2.2	Küchenabfall	26%	1.1 \pm 0.201	0.119 \pm 0.033	5.0	0.0023		
2.3	diverser Abfall	5%	0.1 \pm 0.033	0.009 \pm 0.005	1.1	0.0002		
2.4	Angelhaken	0%	0.0 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.0	0.0000		

Abbildung 1⁷³:

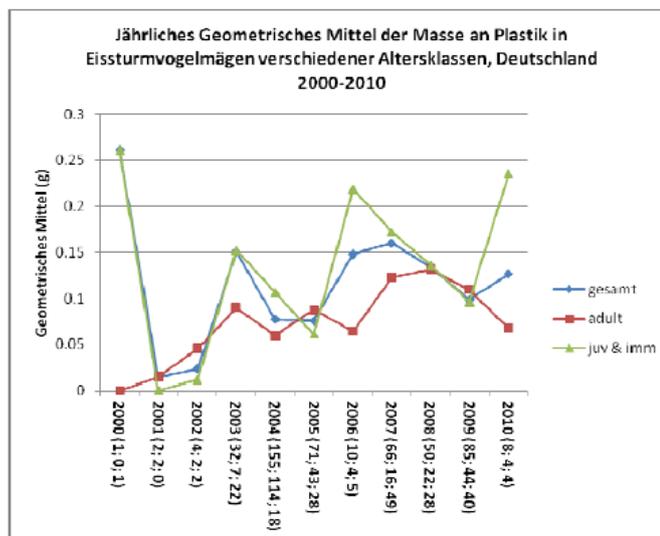


Abb. 1. Jährliches geometrisches Mittel der Plastikmüllmenge (in Gramm) in Mägen von Eissturmvögeln, die in den Jahren 2000 bis 2010 an der deutschen Nordseeküste strandeten. Dargestellt sind die Werte für Vögel aller Altersklassen (inklusive Vögel unbestimmten Alters), sowie für adulte und nicht-adulte Vögel. Stichprobenumfang in Klammern an der X-Achse. Zu beachten sind die niedrigen Stichproben von 2000 bis 2002 mit entsprechend stark eingeschränkter Aussagekraft.

72 Guse et. al. 2012, S. 5, Tabelle 2

73 Guse et. al. 2012, S. 6, Abb. 1

Anhang

Abbildung 2⁷⁴:

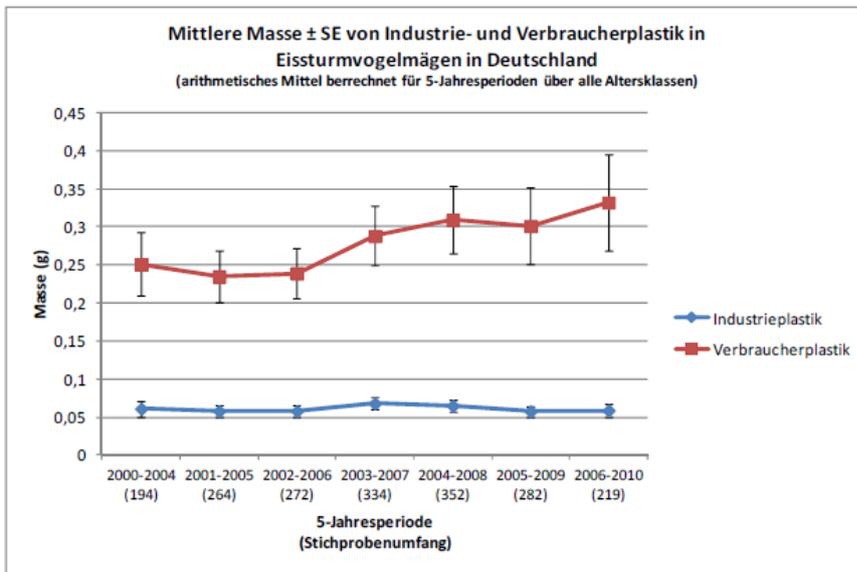
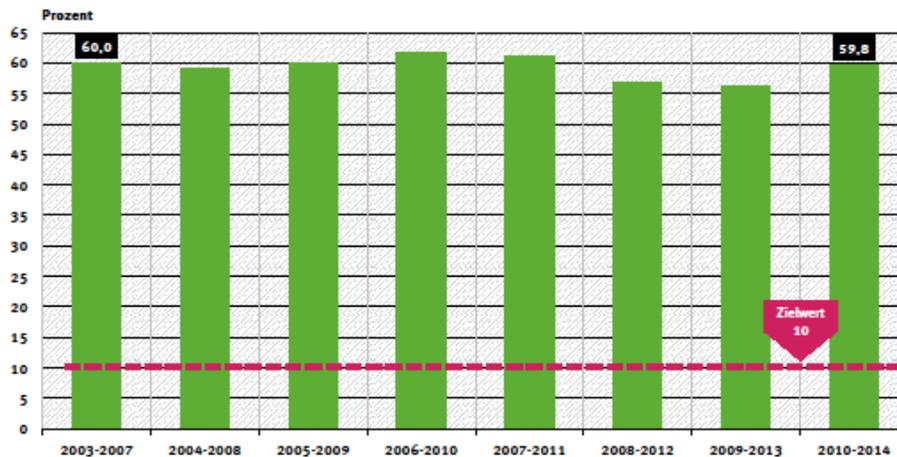


Abb. 2. Entwicklung der Plastikmüllbelastung von Eissturmvögeln aus Deutschland von 2000 bis 2010. Die Daten sind getrennt dargestellt für Industrieplastik (blau) und Verbraucherplastik (rot). Die gezeigten Daten sind Mittelwerte (\pm Standardfehler) der Plastikmasse jeweils berechnet für fortlaufende 5-Jahresperioden. Zu beachten sind die niedrigen Stichproben von 2000 bis 2002 mit entsprechend stark eingeschränkter Aussagekraft.

Abbildung 3⁷⁵:

Anteil der Eissturmvogel-Totfunde an der deutschen Nordsee-Küste mit mehr als 0,1 Gramm Plastik im Magen (5-Jahres-Durchschnitt)



Quelle Werte bis 2013: Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (2012), OSPAR Polar Liter BoxQO - Masse von Plastikmüllteilen in Eissturmvogelmägen; Quelle Werte 2014: Mitteilung des Forschungs- und Technologiezentrums Westküste vom 09.02.2014

74 Guse et. al. 2012, S. 7, Abb. 2

75 Umweltbundesamt 20.10.2017

Graph 1⁷⁶:

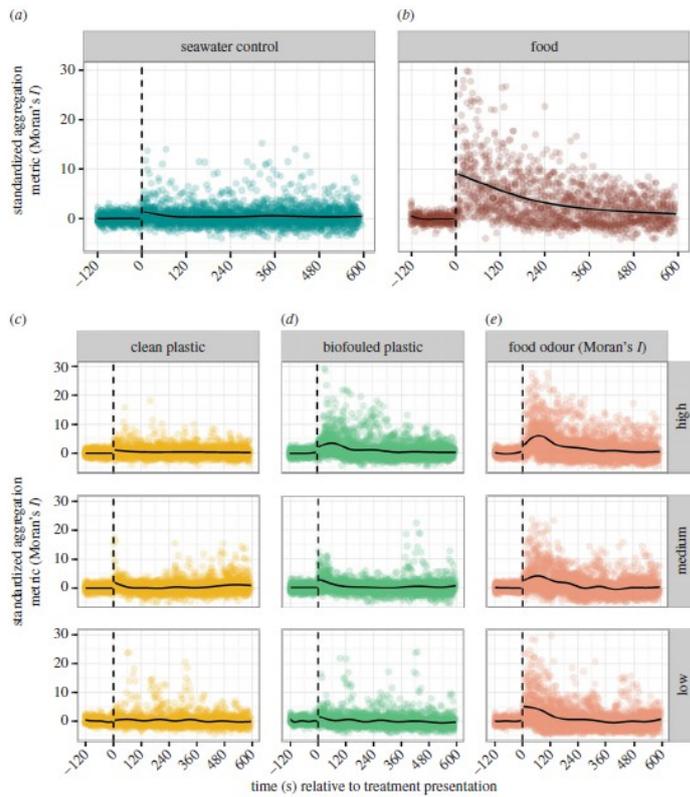


Figure 1. Coloured dots show the raw aggregation data (standardized Moran's I) generated from black and white images taken at 5-s intervals of each video treatment (see, e.g. electronic supplementary material, figure S1). The solid black line represents the local polynomial regression (LOESS) line of best fit; the shaded regions show the 95% CI. The vertical dashed line indicates when the treatment was injected into the tank. Each treatment was replicated at least 20 times. (a) Control treatment, (b) food treatment, (c) clean plastic treatment at three source concentrations, high: 30 g plastic l^{-1} , medium: 15 g plastic l^{-1} and low: 3 g plastic l^{-1} , (d) biofouled plastic odour treatment at three source concentrations, high: 30 g plastic l^{-1} , medium: 15 g plastic l^{-1} and low: 3 g plastic l^{-1} , (e) food odour treatment at three source concentrations, high: 30 g krill l^{-1} , medium: 15 g krill l^{-1} and low: 3 g krill l^{-1} . (Online version in colour.)

Quellenverzeichnis

Literaturquellen:

Dipl.-Geogr. Birte Habel und Dr. habil. Karin Steinecke (2016): Plastikmüll: (un)sichtbare Umweltbedrohung für die Nordsee?, veröffentlicht in: Geographische Rundschau 4 | 2016, Westermann, Braunschweig, S. 26-32

Onlinequellen:

Film:

Albert Knechtel und Nanje Teuscher (Januar 2019): Die Plastikflut - Menge des Plastikmülls nimmt ständig zu, 3Sat, http://www.3sat.de/webtv/?190221_plastiflut_wido.rm (aufgerufen am 01.03.2019)

Internetseiten:

REWE Group (4.07.2018): REWE Group verbant Einweg-Plastikhalme aus allen Märkten, veröffentlicht von: REWE Group, <https://www.rewe-group.com/de/newsroom/pressemitteilungen/1655-rewe-group-verbant-einweg-plastikhalme-aus-allen-maerkten> (aufgerufen am 04.03.2019)

dpa (04.07.2018): Alternativen im Sortiment - Rewe und Lidl verbannen Plastikstrohhalm, veröffentlicht von: Westfälische Nachrichten, <https://www.wn.de/Welt/Wirtschaft/3378104-Alternativen-im-Sortiment-Rewe-und-Lidl-verbannen-Plastikstrohhalm> (aufgerufen am 04.03.2019)

Dipl. Boil. Nils Guse, Dipl. Geogr. Stefan Weiel, Dr. Nele Markones, PD Dr. Stefan Garthe (Februar 2012): OSPAR Fulmar Litter EcoQO – Masse von Plastikmüllteilen in Eissturmvogemägen, herausgegeben von: FTZ Westküste, Universität Kiel, Büsum, https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/meeresundkuestenschutz/downloads/Berichte-und-Positionspapiere/Fulmar_EcoQO_Bericht_2010_BfN_deutsch_Feb2012.pdf (aufgerufen am 03.03.2019)

Tagesschau (24.02.2018): Infografiken Plastikmüll in Deutschland und weltweit, <https://www.tagesschau.de/multimedia/bilder/plastikmuell-grafiken-101.html> (aufgerufen am 02.03.2019)

Jacqueline Haddadian (Dezember 2018): Globaler Müll - Deutsche Kunststoffabfälle reisen um die ganze Welt und landen am Ende doch nur bei einem alten Bekannten., veröffentlicht von: Zeit Online, <https://www.zeit.de/2018/52/kunststoffabfaelle-plastikmuell-export-china-recycling> (aufgerufen am 03.03.2019)

Prof. Dr. med. Hans Schweisfurth: Plastikmüll – Risiko für Mensch und Umwelt, veröffentlicht von: Deutsche Gesellschaft für Umwelt- und Humantoxikologie, <https://www.dguht.de/plastikmuell-risiko-fuer-mensch-und-umwelt> (aufgerufen am 03.03.2019)

Quellenverzeichnis

- Dirtje M. Derksen, Ole Kindermann, Anika Schweikart und Dr. Karin Steinecke (2012): Belastung mariner Lebensräume durch Mikroplastik: Stand der Wissenschaft sowie erste Ergebnisse einer Vorstudie zur Erfassung und Bewertung des Vorkommens von Mikroplastikgranulat im Sediment von Küsten der deutschen Nordsee, veröffentlicht in: Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung, Heft 44, herausgegeben von: Michael Flitner, Ivo Mossig, Marit Rosol, Jörg-Friedhelm Venzke und Bernd Zolitschka, <https://www.blogs.uni-mainz.de/fb09geomorphologie/files/2013/10/AMK29.pdf> (aufgerufen am 03.03.2019)
- Schutzstation Wattenmeer: Auf langen Schwingen unterwegs: Hochseevögel der Nordsee, veröffentlicht auf: Schutzstation Wattenmeer, <https://www.schutzstation-wattenmeer.de/wissen/tiere/voegel/hochseevoegel> (aufgerufen am 13.03.2019)
- Umweltbundesamt (20.10.2017): Indikator: Plastikmüll in der Nordsee, veröffentlicht auf: Webseite des Umweltbundesamts, <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-plastikmuell-in-der-nordsee> (aufgerufen am 14.03.2019)
- Umweltbundesamt (08.09.2017): Verrottet Plastik gar nicht oder nur sehr langsam?, veröffentlicht auf: Webseite des Umweltbundesamts, <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/verrottet-plastik-gar-nicht-nur-sehr-langsam> (aufgerufen am 15.03.2019)
- James Rainey (2018): Plastic straw ban? Cigarette butts are the single greatest source of ocean trash, veröffentlicht auf: NBC News, <https://www.nbcnews.com/news/us-news/plastic-straw-ban-cigarette-butts-are-single-greatest-source-ocean-n903661> (aufgerufen am 15.03.2019)
- Umweltbundesamt (23.01.2018): Tabellarische Darstellung der Quellen von primären und sekundären Mikropartikeln aus Kunststoff, veröffentlicht auf: Webseite des Umweltbundesamts, <https://www.umweltbundesamt.de/bild/tabellarische-darstellung-der-quellen-von-primären> (aufgerufen am 16.03.2019)
- Dr. Nils Guse, Stefan Weiel, Prof. Dr. Stefan Garthe (2014): Plastikmüll im Meer – Eissturmvogel als Bioindikator, veröffentlicht in: Wattenmeer Ausgabe 3 | 2014, Naturschutzgesellschaft Schutzstation Wattenmeer e.V., S. 3-6, https://www.schutzstation-wattenmeer.de/fileadmin/schutzstation/dokumente/Zeitschrift_wattenmeer/wattenmeer2014-3Meeresmuell.pdf (aufgerufen am 02.03.2019)
- BUND: Bisphenol A – Gefahren und Risiken des hormonellen Schadstoffs, veröffentlicht auf: Webseite von BUND Deutschland, <https://www.bund.net/chemie/hormonelle-schadstoffe/bisphenol-a/> (aufgerufen am 19.03.2019)
- Matthew S. Savoca, Chris W. Tyson, Michael McGill und Christina J. Slager (16.08.2017): Odours from marine plastic debris induce food search behaviours in a forage fish, veröffentlicht in: Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, Auflage 284, <http://doi.org/10.1098/rspb.2017.1000> (aufgerufen am 17.03.2019)

Quellenverzeichnis

Thomas Clemens, Annika Hartmann und Jan Ulber (2016): Pottwal-Drama an der Nordseeküste, veröffentlicht in: Natur und Umweltschutz – schrift der Naturschutz- und Forschungsgemeinschaft, Band 15, Heft 1 - 2016, herausgegeben von: Der Mellumrat e.V., Varel, <http://www.mellumrat.de/wp-content/uploads/2017/01/MR-ZNU-2016-Band-15-Heft-1.pdf#page=13> (18.03.2019)

Susanne Kühn, Elisa L. Bravo Rebolledo und Jan A. van Franeker (2015): Deleterious Effects of Litter on Marine Life, veröffentlicht in: M. Bergmann et al. (eds.) Marine Anthropogenic Litter, herausgegeben von: Springer International Publishing AG Switzerland, <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-16510-3.pdf> (aufgerufen am 14.03.2019)

Umweltbundesamt (16.08.2013): Welche Lösungsansätze gibt es, um Abfällen im Meer zu begegnen?, veröffentlicht auf: Webseite des Umweltbundesamts, <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/welche-loesungsansaeetze-gibt-es-um-abfaellen-im> (aufgerufen am 20.03.2019)

Tobias Kisling (2018): Industrie soll für Entsorgung von Zigarettenkippen zahlen, veröffentlicht auf: Webseite der Westfälischen Rundschau, <https://www.wr.de/wirtschaft/giftige-kippen-zigarettenindustrie-soll-fuer-umweltverschmutzung-bezahlen-id216038225.html> (aufgerufen am 21.03.2019)

ZEIT ONLINE (2018): EU-Parlament stimmt für Verbot von Wegwerfplastik, veröffentlicht auf: ZEIT ONLINE, <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2018-10/umweltverschmutzung-eu-parlament-plastikstrohhalm-kunststoff-leitlinie> (aufgerufen am 21.03.2019)

UPM Communication Papers: Papierrecycling: Häufig gestellte Fragen, veröffentlicht auf: Webseite von UPM Communication Papers, <https://www.upmpaper.com/de/nachhaltigkeit/saubere-produktion/papierrecycling/> (aufgerufen am 21.03.2019)

Tagesschau (27.02.2019): Plastikmüll: Umweltministerin empfängt Vertreter von Handel und Industrie, veröffentlicht auf: Youtube, <https://youtu.be/oCuGzE37A9c> (aufgerufen am 21.03.2019)

Paul Krachten (2018): Plastik überall: Wie stoppen wir das Müllproblem?, veröffentlicht auf: Webseite der WDR Mediathek, <https://www1.wdr.de/mediathek/video/sendungen/quarks-und-co/video-plastik-ueberall-wie-stoppen-wir-das-muellproblem-100.html> (aufgerufen am 21.03.2019)

Selma Kürten-Kreibohm (2017): Ökologisch! Lebensmittel beschriften mit Laser, veröffentlicht auf: Webseite von BLUHM Systeme, <https://www.bluhmsysteme.com/blog/lebensmittel-beschriften-mit-laser/> (aufgerufen am 21.03.2019)

KIMO International: Working with fishermen to clean our seas, veröffentlicht auf: Der Startseite der Webseite zu Fishing For Litter, <http://fishingforlitter.org/> (aufgerufen am 21.03.2019)

NABU: Der NABU-Mehrweg-Guide, veröffentlicht auf: Webseite von NABU, <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/ressourcenschonung/einzelhandel-und-umwelt/mehrweg/nabumehrwegguide.html> (aufgerufen am 21.03.2019)