



Der Eissturmvogel und das Plastik

Susanne Kühn, Nils Guse, Stefan Garthe,
Leonie Enners, Jan Andries van Franeker

____ Foto: Susanne Kühn

Einleitung

Seit den 1960er Jahren, also kurz nach der Industrialisierung der Plastikproduktion, wird Plastik in Mägen von Meerestieren gefunden. Einer der ersten bekannten wissenschaftliche Belege wurde 1962 in Kanada erbracht, als sieben der 22 untersuchten Wellenläufer (*Hydrobates leucorhous*) kleine Plastikteile gefressen hatten (Rothstein 1973). Seitdem sind unzählige Artikel und Berichte erschienen, die zwei Dinge deutlich machen: Plastik hat auch die letzten Ecken unserer Ozeane erreicht und fast tausend Arten von Meerestieren haben bisher entweder Plastik gefressen oder wurden darin verstrickt. Gleichzeitig wird aber auch deutlich,

dass verschiedene Arten unterschiedlich schwer betroffen sind. So wurden zum Beispiel in weltweit über tausend untersuchten Seeschwalben in nur 21 Tieren (1,6 %) Plastik festgestellt. Im Gegensatz dazu sind innerhalb der Ordnung der Röhrennasen, wie zum Beispiel Albatrosse, Sturmtaucher und Sturmvögel, 41 % der untersuchten Tiere (Anzahl untersuchter Tiere: 22.735) betroffen. Diese Ergebnisse, publiziert in 2020 (Kühn & Van Franeker 2020), zeigen, dass sich genaueres Hinschauen lohnt, um die Prognosen und Risiken der Plastikaufnahme in Meerestieren verstehen zu können.

Die Plastikproduktion ist in den letzten Jahren immer weiter gestiegen. Im Jahr 2019 wurden weltweit 368 Millionen Tonnen produziert (PlasticsEurope 2020). Eine in 2015 publizierte Studie prognostiziert, dass bis zum Jahr 2050 in 99 % aller Seevogelarten Plastik im Magen gefunden wird (Wilcox et al. 2015). Dies suggeriert einen ernstzunehmenden Anstieg des Problems (in 2020 waren es 44 %), lässt aber außer Acht, dass ein Anstieg unvermeidlich ist – einmal auf der Liste, immer auf der Liste, unabhängig von der Menge des gefundenen Plastiks. Des Weiteren ist der gegenwärtige Fokus auf Plastik in Mägen von Vögeln groß, je mehr man sucht, desto mehr wird man zwangsläufig finden. Wie aber steht es um Veränderungen innerhalb einer Art und kann eine einzelne Vogelart repräsentativ die möglichen Veränderungen der Meeresverschmutzung widerspiegeln? Die langlaufende Forschung zum Vorkommen von Plastik im einheimischen Eissturmvogel (*Fulmarus glacialis*) kann solche Einblicke geben und wird im Folgenden näher beleuchtet.

Warum der Eissturmvogel?

Eissturm­vögel sind wahre Hochseevögel. Sie verbringen die meiste Zeit in ihrem Leben auf See, nur zum Brüten kommen sie an Land. Dann sitzen sie an steilen Kliffen außerhalb der Reichweite vieler Fressfeinde (Abb. 1). Ihr Verbreitungsgebiet umfasst den Nordatlantik und Nordpazifik, einschließlich arktischer Gebiete. Helgoland ist die einzige deutsche Brutkolonie von Eissturm­vögeln mit 2021 noch 25 Paaren (Dierschke et al. 2022). Die Vögel sind sehr langlebig und können bis zu 50 Jahren alt werden. Erst mit etwa 9 bis 10 Jahren legen die Weibchen ihr erstes Ei (Olason & Dunnet 1978). Mit ihrer Nahrung sind sie nicht wählerisch, Fische, Krebstiere, Tintenfische, Quallen, Fischereiabfall und Aas gehören dazu (Garthe et al. 2004; Ojowski et al. 2001). Die Strategie des breit gefächerten Nahrungsangebots machte sie lange zu einer erfolgreichen Seevogelart, die im letzten Jahrhundert viele neue Brutgebiete besiedeln konnte. Auf der anderen Seite macht diese opportunistische Nahrungsauswahl den Eissturm­vogel möglicherweise auch empfindlich für die Aufnahme von Plastik, welches sich an der Meeresoberfläche ansammelt.

Die ersten Berichte von Plastik in Eissturm­vögeln stammen aus den 1970er Jahren, damals hatten im Nordpazifik zwischen 40 und 86 % der untersuchten Eissturm­vögel Plastik im Magen (Day 1980; Day et al. 1985; Moser & Lee 1992). Auch in Schottland wurde Plastik in Eissturm­vögeln entdeckt, neben Schnüren und anderem Abfall auch ein Spielzeugplastikfrosch (Bourne 1976). Anfang der 1980er Jahre wurde Plastik in Mägen von Eissturm­vögeln auf der Bäreninsel und auf Jan Mayen gefunden, beides Inseln im Arktischen Ozean, zeitgleich mit Berichten über Plastik in Mägen gestrandeter Eissturm­vögel in den Niederlanden (Van Franeker 1985).

In 2002 wurde in den Niederlanden eine Pilotstudie durchgeführt, um zu untersuchen, ob der Eissturm­vogel geeignet ist, Meeresmüll im Rahmen eines Monitorings zu überwachen, ob die Art also aktuelle Werte und Veränderungen in Menge und Zusammenstellung des Plastiks im Meer widerspiegeln kann (Van Franeker & Meijboom 2002). Wichtig zu wissen war auch, ob regionale Unterschiede in der Menge des aufgenommenen Plastiks gemessen werden können. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass der Eissturm­vogel gleich aus mehreren Gründen als Monitoring-Art bzw. als Indikator für Meeresmüll geeignet ist:

Stichprobe: Eissturm­vögel werden regelmäßig tot an unseren Küsten angespült, dadurch kann eine ausreichende Probengröße erreicht werden. Durch sein großes Verbreitungsgebiet auch außerhalb der Nordsee kann der Eissturm­vogel auch in anderen Regionen genutzt, und die Ergebnisse miteinander verglichen werden. Gleichzeitig spiegelt die Menge des Plastiks im Magen des Eissturm­vogels die lokale Verschmutzung gut wieder.

Nahrung: Da er sich nur auf dem Meer ernährt, wird auch tatsächlich nur Meeresmüll gemessen, anders als zum Beispiel bei Möwen, die auch oft terrestrische Nahrungs- und Müllquellen aufsuchen.



Abb. 1: Eissturm­vögel verbringen die meiste Zeit auf See. Nur zum Brüten kehren die erwachsenen Tiere zu ihren Kolonien an steilen Felsküsten zurück. Direkt nach der Aufzucht der Küken zieht es sie zurück auf das offene Meer. Foto: Susanne Kühn

Figure 1: Fulmars spend most of their time at sea. Only for breeding, adult fulmars return to their colonies in steep cliffs. Directly after fledging of their chick, fulmars move back to the open sea. Photo: Susanne Kühn

Verdauung: Aufgrund seiner Magenphysiologie werden Nahrung und Abfall einige Zeit im Magen bewahrt, bevor sie ausgeschieden werden. Auch hier sind Möwen weniger geeignet, da sie täglich unverdauliche Reste ausspeien.

Vergleichbarkeit: Eine wichtige Erkenntnis war, dass tot am Strand gefundene Tiere, die oft verhungert sind, dieselbe Menge an Plastik enthalten, wie gesunde Tiere, die eines plötzlichen Todes zum Beispiel durch Kollision oder Beifang sterben. Damit konnte ausgeschlossen werden, dass kranke Tiere in ihrer Not mehr Plastik fressen und das Bild damit verfälschen könnten.

Auch aufgrund dieser Ergebnisse wurde beschlossen, den Eissturm­vogel als eines von mehreren ökologischen Qualitätszielen (EcoQO's) für die Nordsee zu etablieren. Zeitgleich wurde ein großes Europäisches Projekt („Save the North Sea“) initiiert, an dem alle Nordseeanrainer teilnahmen. Zwischen 2002 und 2004 wurden Eissturm­vögel gesammelt und deren Mägen auf die Anwesenheit von Plastik hin untersucht. Die Ergebnisse dieser kooperativen Studie wurden bereits 2005 für die Seevogelzeitschrift des Vereins Jordsand zusammengefasst (Guse et al. 2005). Seitdem sind viele Jahre vergangen, die Arbeit an den Eissturm­vögeln ist inzwischen integraler Bestandteil des Plastikmonitorings auf See (OSPAR 2015). In vielen Regionen außerhalb der Nordsee wurden Studien durchgeführt, die dank standardisierter Methoden gut vergleichbar sind und damit ein differenziertes Bild der Meeresverschmutzung innerhalb des Verbreitungsgebiets des Eissturm­vogels wiedergeben (Van Franeker et al. 2021).

Politische Bedeutung und Zielsetzung

OSPAR ist eine Konvention zum Schutze des Nordost-Atlantiks und der Nordsee, die durch verschiedene Mitgliedstaaten, einschließlich Deutschlands, getragen wird. Zusammen mit der Europäischen Union haben sie für den Eissturmvogel ein ökologisches Qualitätsziel festgestellt. Alle Anrainerstaaten der Nordsee (Abb. 2) sind damit verpflichtet, jährlich Eissturmvögel, die an ihren Küsten angespült werden, auf Plastik in ihrem Magen hin zu untersuchen. Laut des ökologischen Qualitätsziels, dürfen nicht mehr als 10 % der Eissturmvögel 0,1 Gram oder mehr Plastik im Magen haben. Allerdings ist an diesen Wert kein Zieldatum geknüpft. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen Mitgliedstaaten sich dafür einsetzen, die Menge des Plastiks im Meer zu reduzieren. Im Jahr 2020 wurde die Terminologie angepasst, das Ökologische Qualitätsziel wurde ersetzt mit dem „Eissturmvogel-Schwellenwert“ (Fulmar Threshold Value; FTV). Dieser beruht auf der Müllbelastung im Eissturmvogelmagen in der relativ sauberen kanadischen Arktis (Van Franeker et al. 2021). Das Ziel, dass höchstens 10 % der Vögel mehr als 0,1 Gramm Plastik im Magen haben, ist aber gleichgeblieben. Das Ziel ist also, einen Zustand zu erreichen, der dem Niveau der Eissturmvögel entspricht, die am wenigsten Plastik im Magen haben. Auch in Deutschland werden seit 2002 durchgängig Eissturmvögel untersucht. Dieser Artikel gibt die aktuellen Ergebnisse wieder, setzt sie in Relation zu Ergebnissen aus der gesamten Nordsee und wagt einen vorsichtigen Blick in die Zukunft.

Material und Methoden

Um den Vergleich zwischen den verschiedenen Regionen innerhalb der Nordsee sicher stellen zu können, werden von allen Teilnehmern dieser Langzeitstudie dieselben Methoden verwendet. Auch außerhalb der Nordsee werden diese standardisierten Methoden angewandt und ergeben dadurch ein stimmiges Gesamtbild.

Sektion

Entlang der gesamten Nordseeküste werden Eissturmvögel, die tot an den Stränden angespült werden, durch Freiwillige und Mitarbeiter von Nationalparks, Landesbehörden und Vereinen gesammelt (Abb. 3). Die Vögel selbst müssen nicht frisch sein, jeder Vogel der möglicherweise noch einen intakten Magen hat, wird berücksichtigt und bei -20°C bis zur Sektion aufbewahrt. Die einzelnen Schritte der Sektion wurden bereits von Van Franeker (2004) und auf Deutsch durch Guse et al. (2005) detailliert beschrieben. Kurz zusammengefasst werden biometrische Daten (z. B. Schnabel-, Kopf- und Flügelänge) erfasst, Alter und Geschlecht sowie Details zur Mauser und Brutaktivität bestimmt. Auch die mögliche Todesursache wird untersucht, mithilfe der Beurteilung von Verletzungen, möglichen Spuren von Fischerei-Beifang und äußeren Verschmutzungen (z. B. Öl oder andere chemische Substanzen). Die

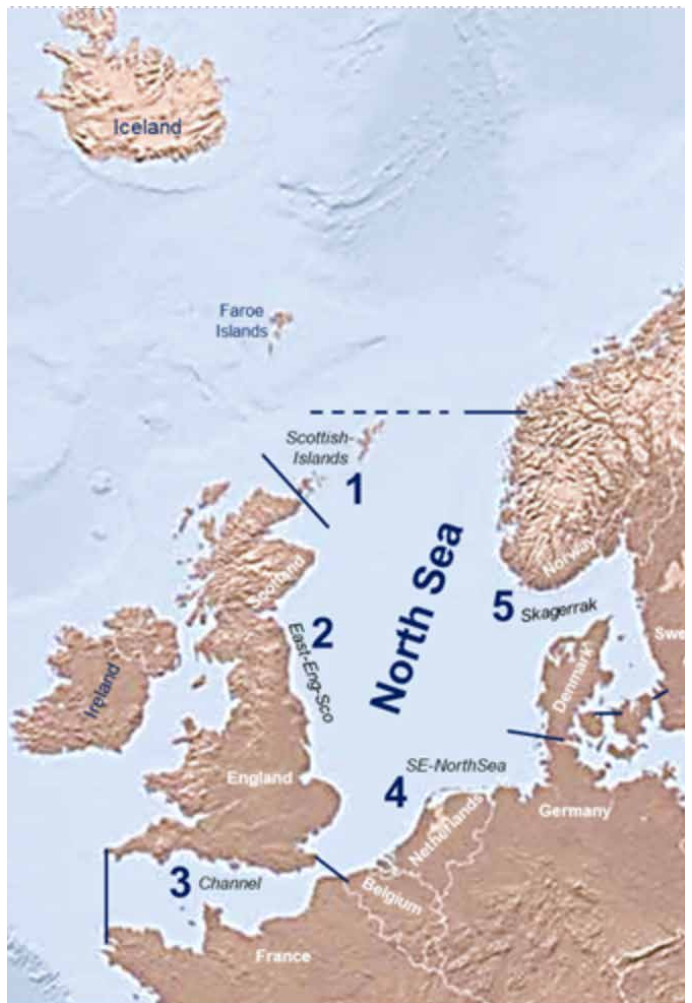


Abbildung 2: Eissturmvögel werden in der gesamten Nordsee auf ihre Müllbelastung hin untersucht. Dafür wird die Nordsee in verschiedene Sub-Regionen eingeteilt. Deutschland fällt, zusammen mit den Niederlanden und Belgien in die Sub-Region 4, die „südöstliche Nordsee“. Weitere Regionen sind die Schottischen Inseln (1), Ost-England und die Schottische Festlandküste (2), die Ärmelkanalregion zwischen England und Frankreich (3) und der Skagerrak (5), welcher Kattegat, Skagerrak, die dänische Westküste und Norwegens südlichen Küstenabschnitt umfasst.

Figure 2: Fulmars from the entire North Sea are used to monitor marine plastic pollution. Therefore, the North Sea is divided into five different sub-regions. Germany, together with the Netherlands and Belgium, are part of the sub region 4, the 'southeastern North Sea'. Other regions are the 'Scottish Islands' (1), 'East England and the Scottish mainland' (2), the 'Channel', between the UK and France (3) and 'Skagerrak' (5), which includes the Kattegat, Skagerrak, the Danish western coast and the southern coast of Norway.

Kondition der Tiere wird beurteilt auf Basis von Fettreserven und Muskelstrukturen, auch der allgemeine Zustand der inneren Organe wird oberflächlich beschrieben. Eissturmvögel haben zwei Mägen, einen großen, vorgelagerten Drüsenmagen und, verbunden durch einen schmalen Durchgang, einen kleinen Muskelmagen. Im Drüsenmagen können große Mengen Nahrung kurzfristig gespeichert werden, Magensaft initiieren den Verdauungsprozess. Der Muskelmagen ist mit einer hornhautähnlichen Schicht bedeckt, hier werden unter Muskelkontraktionen harte Nahrungstücke wie zum Beispiel Fischknochen, Tintenfisch-Schnäbel, usw. vermahlen, bevor sie als kleine Partikel ausgeschieden werden. Bei-



Abbildung 3: Ein toter Eissturmvogel an der niederländischen Küste. Dieser Vogel wurde für die Erforschung seines Mageninhaltes eingesammelt. Foto: S. Kühn

Figure 3: A dead fulmar found on the Dutch coast. This bird was collected and used for stomach content analysis. Photo: S. Kühn

de Mägen werden aus der Bauchhöhle entnommen, um sie auf ihren Inhalt zu untersuchen. Der Mageninhalt wird über einem Sieb mit einer Maschenweite von 1 Millimeter unter fließendem kaltem Wasser entleert. Weiches Gewebe von Nahrungstieren und der Magenwand werden weggespült, übrig bleiben harte Nahrungsreste und Plastik. In begleitenden Untersuchungen wurde festgestellt, dass Plastikstückchen unter 1 Millimeter in Eissturmvogelmägen selten sind, da sie vermutlich schnell ausgeschieden werden und damit wenig zum Gesamtgewicht des Plastiks im Vogel beitragen.

Magenanalyse

Der Mageninhalt wird unter dem Mikroskop sortiert und in verschiedene Kategorien eingeteilt (Van Franeker & Meijboom 2002; OSPAR 2015): Natürliche Nahrungsreste werden allgemein beschrieben, aber nicht weiter behandelt. Alle Mageninhalte menschlichen Ursprungs werden genauer unterteilt in Plastik, sonstiger Abfall und chemische Stoffe. Innerhalb des Plastiks wird in einem ersten Schritt in industrielles Granulat und Verbraucherplastik unterteilt (Abb. 4). Danach wird letzteres noch weiter im Detail beschrieben, hier wird zwischen Folien, Schnüren, Styropor oder anderen Schaumstoffen, Fragmenten und andere Plastiktypen unterschieden. Zumeist sind die Fragmente nicht mehr einem eindeutigen Ursprung zuzuweisen. Sonstiger Abfall umfasst unter anderem Materialien wie Aluminiumfolie, Papier, Metall oder Kombüse-Abfall. Aller Abfall wird pro Kategorie gezählt, getrocknet und bis zur vierten Dezimalstelle eines Gramms (0,0001 Gramm) genau gewogen. Chemische Stoffe umfassen Öl, Schlacken und Kohlen sowie Fette. Zu den Fetten gehören z.B. Paraffin und Palmöl, zwei Substanzen, die mit bloßem Auge nicht zu unterscheiden sind. Sonstiger Abfall und chemische Stoffe werden nicht regulär beim Plastikmonitoring miterfasst und werden daher auch hier nicht weiter behandelt.

Datenauswertung

Die Datenauswertung konzentriert sich hauptsächlich auf das gefundene Gewicht des Plastiks im Vogelmagen. Die Anzahl der Stücke wird ebenfalls errechnet, ist aber weniger zuverlässig, da zum Beispiel im Magen große Plastikstücke brechen und zu immer kleineren Teilen fragmentieren. Verschiedene Auswertungen werden kombiniert, um eine gute Übersicht über den aktuellen Stand und die Trends in Raum und Zeit zu erfassen. Da die Anzahl der jährlich gefundenen Eissturm-vögel oft stark variiert, werden die Daten über 5 Jahre gebündelt.

Dazu wird die allgemeine Auftrittshäufigkeit berechnet, also die Prozentzahl der Vögel innerhalb der Probe, die Plastik im Magen hat. Die Mittelwerte für Anzahl und Gewicht in den Vögeln werden errechnet als die totale Menge/Gewicht des Plastiks geteilt durch die Anzahl aller Vögel, also auch derer, die kein Plastik im Magen haben. Um große Abweichungen in den Daten korrigieren zu können, wird auch der geometrische Mittelwert festgestellt, der durch das Logarithmieren der Zahlen erreicht wird. Um die Veränderungen hinsichtlich des Schwellenwerts zu bewerten, wird die Prozentzahl jener Vögel berechnet, die mehr als 0,1 Gramm im Magen haben. Trends oder Veränderungen im Laufe der Zeit basieren auf linearen Regressionen mit Ln-transformierten Plastikgewichten pro individuellem Vogel und Jahr. Trendberechnungen umfassen entweder alle Daten seit Beginn der Erfassung in 2002 (Langzeit-trend), oder die der letzten 10 Jahre (Kurzzeittrend). Auf Wunsch der Politik wurde auch ein Modell entwickelt, welches einen Ausblick in die Zukunft ermöglicht. Hierbei wird berechnet, wann der gewünschte Schwellenwert für Plastik in Eissturm-vögeln erreicht werden kann. Dazu werden in einem 'Generalisierten Linearen Modell' (GLM) die jährlichen Prozente der Vögel über oder unter dem Schwellenwert genutzt (Van Franeker et al. 2021). Um mit diesem Modell zukünftige Trends errechnen zu können, müssen die Werte im Beobachtungszeitraum signifikant zu- oder abnehmen.

Ergebnisse

Aktuelle Plastikmengen in Eissturm-vögeln in Deutschland (2015-2019)

Über den neuesten Zeitraum (2015-2019) konnten in Deutschland Daten von 117 Vögeln genutzt werden. Davon hatten 91 % aller Tiere Plastik im Magen. Durchschnittlich hatten die Eissturm-vögel in dieser Zeitspanne 17 Plastikteile mit einem Gewicht von 0,27 Gramm Plastik im Magen. Abbildung 4 zeigt den Mageninhalt eines an der deutschen Küste angespülten Eissturm-vogels. Das Gesamtgewicht des Plastiks in diesem Magen betrug 0,2304 Gramm und ist damit nur etwas weniger als das durchschnittliche Gewicht des Plastiks, welches jeder gefundene Eissturm-vogel mit sich herumträgt. Etwa die Hälfte (51 %) aller seziierten Eissturm-vögel hatte industrielles Granulat im Magen, im Durchschnitt wurden 2,3 Granulateile in den Vögeln gefunden mit einem Durchschnittsgewicht von 0,057 Gramm pro Vogel. Verbraucher-

Deutschland 2015-2019	Anzahl Vögel 117	Erwachsen 32 %	männlich 51 %	Farbmorph 88 %	Tod durch Öl 3 %	Durchschnitt Kondition 1.2
	% betroffener Tiere	Ø Plastikzahl Plastikteile (n/Vogel) ± se		Ø Plastikgewicht (g/Vogel) ± se		Maximalgewicht Plastik
Alles Plastik	91 %	17.0 ± 1.982		0.275 ± 0.052		3.5
Industrielles Plastik	51 %	2.3 ± 0.618		0.057 ± 0.016		1.7
Verbraucher- plastik	91 %	14.7 ± 1.707		0.218 ± 0.046		3.4
Folien	55 %	3.3 ± 0.982		0.019 ± 0.009		1.0
Schnüre	44 %	1.1 ± 0.173		0.016 ± 0.005		0.4
Schaumstoffe	58 %	2.9 ± 0.486		0.013 ± 0.004		0.4
Fragmente	79 %	7.2 ± 0.880		0.076 ± 0.014		1.3

___ Tabelle 1: Zusammenfassung der Probeneigenschaften aus den Mägen von Eissturm-vögeln, die zwischen 2015 und 2019 an der deutschen Küste gestrandet sind. Die oberste Reihe zeigt einige allgemeine Eigenschaften an: die Anzahl der untersuchten Vögel, die Prozentangaben der erwachsenen Tiere des Geschlechtes, des Ursprungs (Farbmorphen dunkler als LL deuten eine Arktischen Ursprung an; Van Franeker 2004), Öl als Todesursache und die durchschnittliche Körperkondition (von 0=stark abgemagert bis 9=ausgezeichnete Kondition). Für jede Plastik(sub)kategorie werden die folgenden Parameter beschrieben: die Prozentzahl mit einem oder mehr Müllteilen der besagten Kategorie, Durchschnittsanzahl und -gewicht pro Vogel ±Standardfehler und das maximale Gewicht, welches in einem einzelnen Magen angetroffen wurde. Plastik-kategorien sind unterteilt in Industrielles Plastik und Verbraucherplastik. Letztere sind wiederum unterteilt in Folien, Schnüre, Schaumstoff, Fragmente und anderes Plastik.

___ Table 1: Summary of sample characteristics and stomach contents of fulmars collected for the German marine litter monitoring of the current 5-year period 2015-2019. The top row shows the number of birds ('Anzahl'), the sample composition in terms of age ('Erwachsen'), sex (% male/'männlich'), origin ('Farbmorph'; colour-phases darker than Double Light (LL) indicate distant Arctic origin), death cause oil ('Tod durch Öl'), and the average condition-index ('Durchschnitt Kondition'; which ranges from emaciated condition=0 to very good condition=9; Van Franeker 2004). For each litter(sub)category the table lists: Frequency of occurrence, representing the proportion of birds with one or more items of the litter category present; average number of plastic items per bird stomach ± standard error; average mass of plastic ± standard error per bird stomach; and the maximum mass observed in a single stomach. Plastic categories are divided into industrial plastic ('Industrielles Plastik') and user plastic ('Verbraucherplastik'). User plastics are further separated as sheets ('Folien'), threads ('Schnüre'), foam ('Schaumstoff'), fragments ('Fragmente') and other plastics ('anderes Plastik').



___ Abbildung 4: Mageninhalt eines Eissturmvogels, der 2012 in St. Peter-Ording von der Schutzstation Wattenmeer gefunden wurde. Der Magen enthielt (von links nach rechts): 3 industrielle Granulate, 17 Folien, 7 Fäden, 11 schaumförmige Stücke und 19 Fragmente mit einem Gesamtgewicht von 0,2304 Gramm. Damit liegt das Plastikgewicht nur knapp unter dem Durchschnittsgewicht der zwischen 2015 und 2019 an deutschen Stränden gefundenen Eissturmvögel. Foto: J.A. van Franeker.

___ Figure 4: Stomach content of a fulmar found on the German coast in 2012. It contained (from left to right): 3 industrial pellets, 17 sheets, 7 threads, 11 foam pieces and 19 fragments with a total mass of 0.2304 gram, slightly less than the average mass (0.27 gram) of plastic measured in fulmars from the German coast between 2015-2019. Photo: J.A. van Franeker.

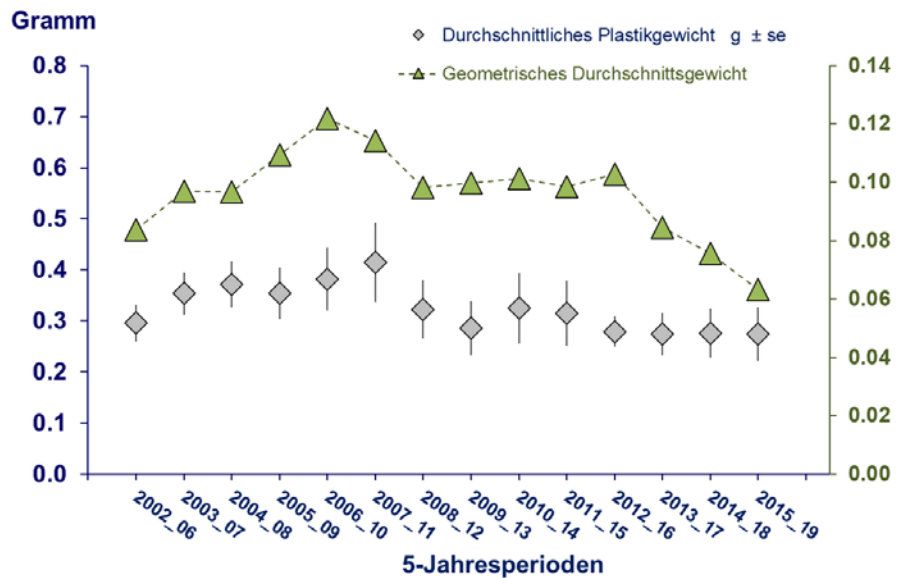
plastik wurde in deutlich mehr Vögeln festgestellt (91 %). Auch die Durchschnittsmenge und das Durchschnittsgewicht waren höher, mit jeweils 14,7 Plastikteilen und 0,218 Gramm pro Vogel. Die unterschiedlichen Plastik-Kategorien sind in Tabelle 1 beschrieben.

Zeitliche Veränderungen in deutschen Proben

Der Langzeittrend umfasst alle zwischen 2002 und 2019 untersuchten Eissturmvögel. Innerhalb dieses Zeitraumes wurden in Deutschland insgesamt 818 Eissturmvögel analysiert. Die Ergebnisse der Trendberechnung zeigen, dass das Plastikdurchschnittsgewicht in dieser Zeit zwar abgenommen hat, allerdings nicht auf signifikantem Niveau (Zeitraum 2002-19; p=0,281). Berücksichtigt man jedoch nur die letzten 10 Jahre (2010-2019) ist die Abnahme des durchschnittlichen Plastikgewichts in den 338 untersuchten Mägen der Eissturmvögel signifikant (Zeitraum 2010-19; p=0,044), während beide Plastikhauptkategorien selbst auf nicht-signifikantem Niveau abnehmen. Diese positive Entwicklung ist auch auf Abbildung 5 gut zu beobachten.

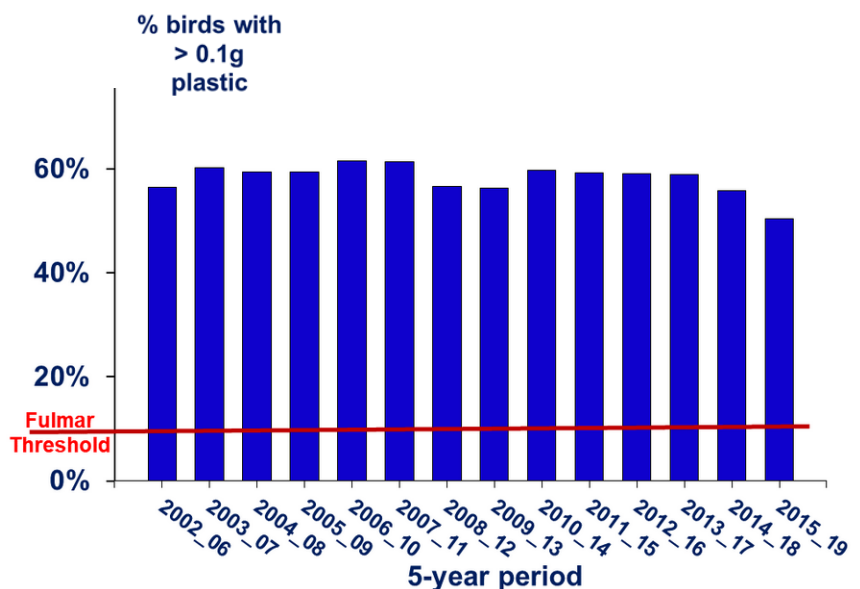
___ **Abbildung 5:** Durchschnittsgewicht aller Plastikteile aus Eissturmvogelmägen von der deutschen Küste seit 2002 (n = 818). Gezeigt werden das durchschnittliche Gewicht $\pm$ Standardfehler (linke Achse; graue Rauten) und das geometrische Durchschnittsgewicht (rechte Achse; grüne Dreiecke). Der geometrische Mittelwert wird genutzt, um große Ausreißer in den Daten zu kompensieren, demzufolge ist auch die Einteilung dieser Achse unterschiedlich. Daten werden als laufende 5-Jahres-Mittelwerte gezeigt, also gruppiert pro 5 Jahre und dann Jahr für Jahr fortlaufend. Diese Art der Illustration ist nützlich, um die zeitliche Veränderung gut zeigen zu können, hat aber keinen statistischen Wert.

___ **Figure 5:** Average mass of all plastics combined, found in fulmar stomachs from the German coast since 2002. Depicted are the average mass $\pm$ standard error (left axis; grey diamonds) and the geometric mean mass (right axis; green triangles). Please note the different scales on both y-axes, the geometric mean is used to compensate for larger outliers. Data are shown as running 5-year averages, thus sequential data pooled over 5 years, shifting one year by data-point. They are used as a visual illustration of trends over time, but without statistical relevance.



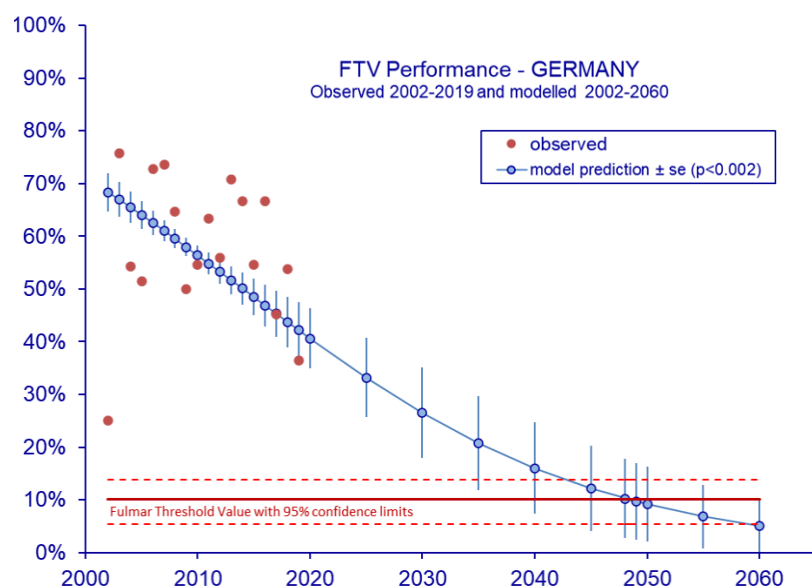
___ **Abbildung 6:** Prozentzahl zwischen 2002 und 2019 von an der deutschen Küste gefundenen Eissturmvögeln, die über dem OSPAR/EU Schwellenwert liegen. Die rote Linie illustriert den angezielten Schwellenwert, wonach nur 10 % aller Vögel mehr als 0,1 Gramm Plastik im Magen haben sollten. Die Daten werden als laufende 5-Jahres-Mittelwerte gezeigt und stellen keine statistische Trendanalyse dar.

___ **Figure 6:** Fulmar Threshold Value performance of fulmars found along the German coast over running 5-year periods up to 2019. The red line illustrates the OSPAR Fulmar Threshold Value to reduce the percentage of birds with more than 0.1 gram of plastic in the stomach to below 10%. This graphic visualization does not represent a statistical trend analysis.



___ **Abbildung 7:** Prognostizierter Trend des OSPAR Schwellenwertes für Eissturmvögel von der deutschen Küste, basierend auf einer logistischen Analyse für binomialverteilte Werte der jährlichen Schwellenwerte. Dieses Modell prognostiziert den zukünftigen Trend mit Daten von 2002-2019. Laut dieser Berechnung könnte der Schwellenwert im Jahr 2049 erreicht werden.

___ **Figure 7:** Predicted trajectory to the OSPAR long-term Fulmar Threshold Value (Fulmar-TV) target for plastics ingested by Fulmars from the German coast, based on a logistic binomial model from annual Fulmar-TV performances. This model is based on observed Fulmar-TV performance over the period 2002-2019. According to this model, the Fulmar Threshold Value could be reached in 2049.



Eissturmvogel-Schwellenwert in Deutschland

Seit 2002 wird begutachtet, ob das Plastikgewicht im Magen der Eissturmvögel die Norm erfüllt, die durch OSPAR und die EU festgelegt wurde. Laut dieser Norm, sollen höchstens 10 % aller Eissturmvögel mehr als 0,1 Gramm Plastik im Magen haben. Der tatsächliche Wert liegt seit 2002 zumeist stabil zwischen 50 und 60 %, nur in den letzten Jahren liegt der Wert im unteren Bereich und es ist eine leichte Abnahme zu beobachten (Abb. 6). Im letzten Untersuchungszeitraum (2015-2019) überschritten genau 50 % der deutschen Eissturmvögel den angestrebten Schwellenwert von 0,1 Gramm. Trotz der leichten Verbesserung in den letzten Jahren ist der Wert damit noch weit entfernt vom angestrebten Ziel.

Durch das signifikant abnehmende Gewicht des Plastiks in den Mägen von Eissturmvögeln, ist es möglich zu prognostizieren, wann der Schwellenwert erreicht werden kann. Das hierfür genutzte Modell sagt voraus, dass im Jahr 2049 nur noch 10 % der Eissturmvögel mehr als 0,1 Gramm Plastik im Magen haben werden (Abb. 7). Hierbei ist es sehr wichtig zu betonen, dass bei der Berechnung davon ausgegangen wurde, dass kontinuierlich daran gearbeitet wird, die Müllbelastung im Meer zu reduzieren. Lässt diese Anstrengung nach, kann sich das Erreichen des Zieles auch deutlich nach hinten verlagern. Werden neue Maßnahmen erfolgreich umgesetzt, kann dieser Prozess jedoch auch beschleunigt werden.

Diskussion und Ausblick Deutschland im europäischen Kontext

Durch die gute Zusammenarbeit mit verantwortlichen Instanzen und vielen Freiwilligen konnten in den letzten Jahren viele Eissturmvögel an der deutschen Küste gesammelt werden. Dies hat maßgeblich dazu beigetragen, dass ausreichend Daten für eine umfangreiche Analyse der Plastikzusammensetzung und der Trends verfügbar waren. Eissturmvögel aus deutschen Gebieten werden im europäischen Kontext mit niederländischen und belgischen Vögeln als Gruppe „Südöstliche Nordsee“ zusammengefügt. In der letzten nordseeweiten Studie wurden Daten bis zum Jahr 2018 berücksichtigt (Van Franeker et al. 2021). Es wurde deutlich, dass der abnehmende Trend der Plastikmengen in Eissturmvögeln in der gesamten Nordsee insbesondere auf die Abnahme im Teilgebiet „Südöstliche Nordsee“ zurückzuführen ist. Vergleicht man die deutschen Zahlen der letzten fünf Jahre (2015-2019) mit den Niederlanden, wo im gleichen Zeitraum 148 Eissturmvögel untersucht wurden (Van Franeker & Kühn 2020), sind kaum Unterschiede zu erkennen: Von den 148 holländischen Tieren hatten 93 % Plastik im Magen, durchschnittlich 20 Plastikteile mit einem Durchschnittsgewicht von 0,2 Gramm pro Vogel. Auch in den niederländischen Tieren nimmt die Menge des Plastiks immer weiter ab. Auffällig ist, dass „nur“ 39 % der Tiere den Schwellenwert von 0,1 Gramm Plastik im Magen überschreiten, während dieser Wert in Deutschland bei 50 % liegt. Über die ganze Nordsee berechnet, beträgt dieser Wert für die Zeitspanne 2014-2018 vergleichbare 51 % (Van Franeker et al. 2021). Der höchste Wert innerhalb der Nordsee wird mit 68 % im Bereich des Ärmelkanals zwischen England und



— Abbildung 8: Mageninhalt eines in 2011 durch J. Bossek von der Schutzstation Wattenmeer auf der Hallig Hooge gefundenen Eissturmvogels. Die auffallende rote Plastikschnur ist eine Zündschnur, die zum Abbau von großen Basaltbrocken genutzt wird und nach der Sprengung oder während des Transports der Steine verloren geht (Guse et al. 2020). Foto: J.A. van Franeker.

— Figure 8: Stomach content of a fulmar collected by J. Bossek from the Schutzstation Wattenmeer at Hallig Hooge. The conspicuous red thread is a detonation cord, used for the exploitation of large basalt rocks for harbour and dyke constructions. These cords can get lost during the detonations or afterwards during the transport of the rocks (Guse et al. 2020). Photo: J.A. van Franeker.

Frankreich beobachtet. Je weiter man sich von der stark urbanisierten Nordsee entfernt, desto weniger Vögel übertreffen den Schwellenwert: Auf den Färöer-Inseln beträgt der Wert noch 40 % (Van Franeker et al. 2011), auf Island 28 % (Kühn & Van Franeker 2012) und auf Spitzbergen 23 % (Trevail et al. 2015). Diese Orte haben gemeinsam, dass der Golfstrom und seine Fortsetzungen Nordatlantikstrom und Norwegenstrom noch viel Plastikmüll aus dem Süden in den Norden transportiert. Der arktische Norden Kanadas hingegen wird von Wasser aus der relativ unberührten Arktis gespeist. Dadurch ist dies der weltweit einzige Ort, an dem tatsächlich nur 10 % der Eissturmvögel den gewünschten Schwellenwert von 0,1 Gramm erreichen (Van Franeker et al. 2021). Bis dahin ist es in der Nordsee und auch in Deutschland noch ein weiter Weg und zusätzliche Maßnahmen sind nötig, um die Müllverschmutzung in der Nordsee weiter zurückzudrängen.

Eissturmvögel als Spiegel des Umweltzustandes

Dass Maßnahmen erfolgreich zur Reduktion des Plastikmülls im Meer und parallel auch in den Mägen der Eissturmvögel beitragen können, zeigt eine Studie aus dem Jahr 2015. Van Franeker & Law (2015) konnten nachweisen, dass sowohl in Eissturmvögeln aus der Nordsee als auch im mittelatlantischen Malstrom die Anzahl des

industrielles Plastikgranulates seit den 1980er Jahren um 75 % abgenommen hat. Damit konnte deutlich nachgewiesen werden, dass Anstrengungen der Plastikreduktion (z. B. U.S. EPA 1993) in relativ kurzer Zeit (drei Jahrzehnte) zu messbarem Erfolg in der Umweltbelastung führen kann. Eine mögliche Erklärung für die Abnahme kann die große mediale Aufmerksamkeit für die Plastikverschmutzung und die Aufnahme von Plastik in vielen Tieren sein. Dadurch konnte Druck auf Politik und Produzenten ausgeübt werden, um den fortlaufenden Verlust von industriellem Granulat (und anderem Plastik) zu minimieren. Dazu kommt, dass gerade das Rohmaterial einen gewissen ökonomischen Wert hat, wodurch auch Produzenten und Transportunternehmen große Verluste möglicherweise immer mehr vermeiden. Ein anderer wichtiger Punkt ist, dass diese Studie nochmals den Beweis liefert, wie gut der Eissturmvogel die Situation auf dem Meer widerspiegeln kann. Neben Veränderungen in Raum und Zeit, können so auch Veränderungen in der Plastikzusammensetzung wahrgenommen werden. Ein auffallendes Beispiel, dass der Eissturmvogel die Müllbelastung durch verschiedene Arten und Größen von Plastik widerspiegelt, zeigt der Fall eines Vogels, der in 2011 an der deutschen Küste mit einer Zündschnur im Magen gefunden wurde (Abb. 8; Guse et al. 2020). Zündschnüre werden beim Abbau von großen Basaltbrocken genutzt, um diese aus dem Gestein zu sprengen. Die Basaltbrocken werden an europäischen Küsten im Hafenbau oder im Küstenschutz eingesetzt. Die Schnüre können auf diese Art weit über das Meer verteilt gefunden werden.

Mögliche Konsequenzen der Plastikaufnahme

Eine der am häufigsten gestellten Fragen betrifft die mögliche Schädlichkeit des aufgenommenen Plastiks für Eissturmvögel und andere Tiere. Eine Frage die leider nicht so eindeutig zu beantworten ist. Zuallererst sollte allerdings festgestellt werden, dass Plastik im Meer (und anderen Ökosystemen) ein rein menschgemachtes Problem darstellt. Damit liegt es auch in der Verantwortung der Menschheit, dieses Problem zu lösen. Der Schutz der Meere und der Tiere, die darin leben, sollten höchste Priorität haben, unabhängig der Ergebnisse andauernder Diskussionen über den Schaden, der durch Plastikmüll verursacht wird.

Mechanische Effekte treten auf, wenn zum Beispiel eine massive Menge Plastik verschluckt wird, die dann zu Verstopfung führen oder aber das Volumen des Magens so verkleinert, dass ungenügend natürliche Nahrung aufgenommen werden kann. Die Folgen einer reduzierten Nahrungsaufnahme sind nur schwer einzuschätzen. Möglicherweise nimmt auf längere Sicht die Kondition des Vogels ab und die Tiere sind schlechter vorbereitet auf schwere Zeiten, wie zum Beispiel starke Stürme oder die aufwendige Brutsaison. Nur in sehr seltenen Fällen führt die mechanische Beeinträchtigung direkt zum Tod (Brandão et al. 2011; Roman et al. 2020). Wieviel Plastik genau durch Eissturmvögel aufgenommen werden muss, um einen solchen Effekt zu erzielen, ist unklar. Eine Studie aus Australien suggeriert, dass schon ein einzelnes Stück Plastik die Sterblich-



— Abbildung 9: Der Mageninhalt zweier Eissturmvögel, knapp über und unter dem angezielten Schwellenwerte. Beide Vögel wurden gefunden durch R. Rehm (LKN.SH), einen im Sönke-Nissen-Koog und einer auf der Hallig Gröde. Oben (GER-2012-110) ein Mageninhalt mit einem Mikrobead, 16 Folien, einem Schnurball, fünf Styroporteilchen und 27 Fragmenten, mit einem Gesamtgewicht von 0,105 Gramm, knapp über dem Schwellenwert von 0,1 Gramm Plastik. Der Eissturmvogel auf dem unteren Foto (GER-2012-111) hatte eine Folie, zwei Styroporteile, ein Fragment und sechs 'andere Plastikteile', worunter ein Stück Verpackungsband und sechs braune Schaumgummiteile waren. Das Gesamtgewicht dieses Mageninhaltes umfasst 0,0991 Gramm und bleibt damit unter dem Schwellenwert. Laut des durch OSPAR und die EU festgestellten Schwellenwerts, dürften noch 90% der Eissturmvögel die Menge des Plastiks auf dem unteren Bild im Magen haben. Foto: J.A. van Franeker.

— Figure 9. Stomach contents of two fulmars just above and below the desired threshold value of 0.1 gram. Both birds were collected by R. Rehm (LKN.SH) in the Sönke-Nissen-Koog and on Hallig Gröde respectively. On the top a stomach content (GER-2012-110) containing (from left to right) one microbead, 16 sheets, one threadball, five foam items and 27 fragments, weighing 0.105 gram, so slightly above the threshold of 0.1 gram. The fulmar on the bottom (GER-2012-111) had ingested (from left to right) one sheet, two foam particles, one fragment and 6 'other plastics' including a piece of strapping band and five pieces of heavy brown foam rubber. The total mass of this stomach content was 0.0991 gram, just below the intended threshold. According to the threshold set by OSPAR and the EU, 90% of the birds would still be allowed to contain the amount of plastics depicted on the bottom photo. Photo: J.A. van Franeker.

keit eines Vogels aus der gleichen Ordnung wie der Eissturmvogel, um 20 % erhöhen kann (Roman et al. 2019). Wäre dieses Modell auf unseren Eissturmvogel übertragbar, müsste der Eissturmvogel mit seiner starken Müllbelastung schon lange ausgestorben sein. Auch wenn die Populationen der Eissturmvögel im Nordatlantik und im Arktischen Ozean teils drastisch abnehmen, sind diese vom Aussterben noch weit entfernt (Van Franeker et al. 2021). Die meisten der in Deutschland gefundenen Eissturmvögel sind verhungert. Die Gründe dafür können allerdings vielfältig sein. Schlechte Wetterumstände, Mangel an geeigneter Nahrung, die wiederum auch durch den Klimawandel bedingt sein kann, Mangel an Erfahrung bei jungen Tieren und weitere Faktoren können eine Rolle spielen. Plastik spielt in den meisten Fällen höchstens eine untergeordnete Rolle. Eissturmvögel, die in guter Kondition gestorben sind, z.B. durch Kollisionen oder als Beifang, können dann auch noch beträchtliche Mengen Plastik im Magen haben, ohne dass dies sichtbare Effekte auf die Gesundheit hat (Van Franeker & Meijboom 2002; Van Franeker 2012).

Noch viel komplexer als die mechanischen Probleme der Plastikaufnahme, sind die chemischen Effekte. Plastik enthält eine Vielzahl chemischer Substanzen, die die Eigenschaften von Plastik beeinflussen, wie zum Beispiel Weichmacher, Farbstoffe, UV-Schutz und Flammschutzmittel. Einmal in der Umwelt, kann Plastik auch Stoffe, die sich im Meereswasser befinden, aufnehmen und akkumulieren (Mato et al. 2001). Viele dieser Stoffe können ungesund oder sogar giftig sein, sie stehen im Zusammenhang mit Krebserkrankungen, Hormonstörungen und anderen Krankheiten (Hermabessiere et al. 2017). Über die Aufnahmefähigkeit und Akkumulation solcher Stoffe wird viel diskutiert. Da viele der Stoffe sich auch bereits im Meereswasser oder in Beutetieren finden, muss Plastik nicht der einzige Überträger solcher Stoffe sein. Welcher Weg der Aufnahme am stärksten zur Gesamtlast in Seevögeln beiträgt ist umstritten. In Experimenten konnte allerdings gezeigt werden, dass dem Plastik zugefügte Stoffe über die Magenflüssigkeit von Eissturmvögeln in den Körper der Tiere transferiert werden können (Kühn et al. 2020) und sich vom Magen aus auch in verschiedenen Geweben festsetzen können (Tanaka et al. 2013; Tanaka et al. 2020).

Die oben genannte Beschreibung macht deutlich, dass mögliche Schäden bei der Plastikaufnahme noch lange nicht vollständig verstanden sind. Die Europäische Union verlangt von ihren Mitgliedern einen Zustand der Meere, in dem ‚die Menge und die Eigenschaften des Meeresmülls der Umwelt keinen Schaden zufügen‘ (MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter 2011). Gleichzeitig ist man sich bewusst, wie schwierig die Definition des Wortes ‚Schadens‘ bezüglich der Meeresmüll-Problematik ist. Der eingangs erwähnte Schwellenwert für den Eissturmvogel (weniger als 10 % der Vögel sollen mehr als 0,1 Gramm Plastik im Magen haben), bleibt dann auch willkürlich. Auch wenn solche niedrigen Werte in der kanadischen Arktis festgestellt wurden, impliziert dies nicht, dass eine solche Menge keinen Schaden verursacht.

Ein Beispiel kann dies weiter verdeutlichen. Bei Abbildung 9 sind zwei verschiedene Mageninhalte von Eissturmvögeln abgebildet, die im Jahr 2012 an der deutschen Küste gefunden wurden. Der Mageninhalt auf dem oberen Foto (GER-2012-110) umfasst 1 industrielles Granulat und 49 Stücke Verbraucherplastik. Zusammen wiegen sie 0,105 Gramm und damit liegen sie minimal über dem Schwellenwert von 0,1 Gramm. Auf dem unteren Bild ist der Mageninhalt eines Eissturmvogels zu sehen, welcher 10 Stücke Verbraucherplastik verschluckt hatte. Diese wogen zusammen 0,0991 Gramm und liegen damit knapp unter dem Schwellenwert. Folgt man dem vereinbarten Ziel, dürften also immer noch 90 % der Eissturmvögel die unten abgebildete Menge des Plastiks mit sich herumtragen. Selbst die Plastikmenge des Vogels mit Werten leicht über dem Schwellenwert, ist noch weit entfernt von der Durchschnittsmenge, die heutzutage in Eissturmvögeln gefunden wird (0,275 Gramm, Abb. 4). Befinden wir uns insgesamt auch auf einem guten Weg, muss noch viel passieren, bis der Schwellenwert erreicht wird. Das eigentliche Ziel, dass kein Müll mehr in der Umwelt landet und unsere Tierwelt belastet, bleibt damit vorerst noch utopisch.

Ausblick

Ein großer Teil der Arbeit beruht auf der Mithilfe unzähliger Freiwilliger die in den letzten Jahren dazu beigetragen haben, Eissturmvögel an der Küste zu suchen und mitzunehmen. Nur durch ihren unermüdlichen Einsatz war es möglich, genug Eissturmvögel für diese Studie zu sammeln. Nichtsdestotrotz muss die Koordination, die Sammlung und sichere Verwahrung, der Transport, die Sektion, die Magenanalyse und auch die Datenanalyse langfristig gesichert und finanziert werden. Derzeit wird die Finanzierung der kommenden Jahre verhandelt.

Zurzeit befindet sich dieses Projekt im Umbruch. Von Anfang an war es am Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ) der Universität Kiel in Büsum untergebracht. Zukünftig, davon ausgehend, dass eine stabile Finanzierung gesichert werden kann, soll das Projekt durch den Verein Jordsand geleitet werden. Für die Jahre 2020 und 2021 hat der Verein Jordsand den Auftrag zum Monitoringprogramm durch das NLWKN im Rahmen der BLANO erhalten. Der Fortbestand dieses gesamteuropäischen Projekts ist entscheidend vom Beitrag Deutschlands abhängig. Darum hoffen die Autoren auf eine erfolgreiche Fortführung, sodass die Eissturmvögel uns auch in der Zukunft über den Zustand der Nordsee und die hoffentlich auch weiterhin abnehmende Müllverschmutzung informieren können.

Summary

Since the 1960s, many marine species are known to ingest plastic; however, the extent of plastic uptake can differ per species. Of all seabirds, the order of the tubenoses (Procellariiformes) seems to be most susceptible to plastic ingestion. One species of this order, the northern fulmar (*Fulmarus glacialis*) belongs to the best-studied species in regards of plastic pollution. Reasons for this are manifold. In the northern hemisphere the bird has a large distribution range from the Arctic to the boreal Atlantic and Pacific Ocean, consequently sufficient samples can be collected on beaches. The fulmar exclusively forages at sea, which gives insights in marine plastic pollution specifically. While e. g. gulls regurgitate indigestible items on a daily base, the fulmar accumulates hard particles, making it very suitable to study plastic uptake.

For these reasons, the fulmar has been chosen to monitor plastic pollution levels in the North Sea. OSPAR (the Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic) and the MSFD (European Union Marine Strategy Framework Directive) have decided on the long-term Ecological Quality Objective (EcoQO) that 'not more than 10% of the fulmars should contain more than 0.1 gram of plastics in their stomachs'. To monitor the progress, all North Sea countries are obliged to collect beached fulmars and analyse their stomach contents. To be able to compare the results between countries, standardized methods are used. During dissection, sex, age and potential cause of death are determined. The stomach content is rinsed on a 1-millimetre mesh-sized sieve and plastic items are sorted, dried and weighed. Besides the frequency of occurrence, the average number and most importantly the plastic mass are reported per bird. This monitoring program officially started in 2002 and this article evaluates the progress of this study up to the year 2019 with a focus on German fulmar data.

Since 2002, the plastic mass in German northern fulmars has decreased, however, only when considering the most recent 10 years (2010-2019) the decrease is significant (Fig. 5). During the latest 5 year-period (2015-2019), 117 birds were studied. Of these birds, 91% had plastic in their stomachs, on average 17 items per bird weigh-

ing on average 0.27 gram per bird (Table 1). The plastic consists of a variety of shapes, including industrial pellets and user plastics, such as sheets, threads, foam and plastic fragments.

The percentage of birds with more than 0.1 g of plastics has not changed much during the entire monitoring period, being around 50-60%, however, again, recent years show a slight improvement. This means that we are still far away from the European policy goals that less than 10% of the fulmars should contain more than 0.1 g of plastic. When projecting this trend to the future, it is likely that Germany will meet the objective in 2049, assuming ongoing efforts to reduce plastic pollution.

In the international context, the German results are comparable to neighbouring countries. Plastic pollution is the highest in the Channel area and decreases towards the northern part of the North Sea. Also, a similar decrease in plastic mass throughout time can be observed in most other North Sea countries. Increased awareness and improved mitigation measures to avoid plastic pollution can further enhance the downward trend in the future.

Dank

Wir danken herzlich dem Umweltbundesamt (UBA), dem Bundesamt für Naturschutz (BfN) und der Europäischen Union (EU Interreg IIIB) für die finanzielle Unterstützung unserer Untersuchungen. Ein besonderer Dank gilt den hunderten freiwilligen Unterstützern, die in den letzten 20 Jahren Eissturmvögel für dieses Projekt eingesammelt haben. Dazu zählen haupt- und ehrenamtliche Mitarbeiter, Zivis, FÖJlerInnen, BFDlerInnen und PraktikantInnen der folgenden Institutionen und Verbände: Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein (LKN-SH), Schutzstation Wattenmeer e.V., Der Mellumrat e.V., Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Seehundstation Nationalpark-Haus Norden-Norddeich, Nationalpark-Haus Wangerooge, Landesmuseum Natur und Mensch Oldenburg, Öömrang Ferian i.f., Naturschutzbund Deutschland e.V., Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ und Verein Jordsand e.V..



Literatur

- ____ Bourne WRP (1976): **Seabirds and Pollution – Organic poisons, inhibitors and contaminants.** In: Johnston R (ed) Marine Pollution. Academic Press, New York, 403-502 pp
- ____ Brandão ML, Braga KM, Luque JL (2011): **Marine debris ingestion by Magellanic penguins, *Spheniscus magellanicus* (Aves: Sphenisciformes), from the Brazilian coastal zone.** Marine Pollution Bulletin 62: 2246-2249 bit.ly/3GuDBVH
- ____ Day RH (1980): **The occurrence and characteristics of plastic pollution in Alaska's marine birds. Master thesis.** University of Alaska, Fairbanks, 120 pp
- ____ Day RH, Wehle DHS, Coleman FC (1985): **Ingestion of Plastic Pollutants by Marine Birds.** In: Shomura RS, Yoshida HO, Proceedings of the Workshop on the fate and impact of marine debris, Honolulu, Hawaii, 344-386 pp
- ____ Dierschke V, Dierschke J, Ballstaedt E (2022): **Brutbestand und Bruterfolg des Eissturmvogels *Fulmarus glacialis* auf Helgoland.** Seevögel, Sonderheft Eissturmvogel
- ____ Garthe S, Montevicchi WA, Ojowski U, Stenhouse IJ (2004): **Diets of northern fulmar (*Fulmarus glacialis*) chicks in the northwest Atlantic Ocean.** Polar Biology 27: 277-280 doi bit.ly/3uR54eP
- ____ Guse N, Fleet D, Van Franeker JA, Garthe S (2005): **Der Eissturmvogel (*Fulmarus glacialis*) – Mülleimer der Nordsee?** Seevögel 26: 3-12
- ____ Guse N, Jensen J-K, Turner DM, Rebolledo EB, Kühn S, van Franeker JA (2020): **Detonating cord found in the stomach of a northern fulmar.** SULA 28: 1-5 doi <https://edepot.wur.nl/534885>
- ____ Hermabessiere L, Dehaut A, Paul-Pont I, Lacroix C, Jezequel R, Soudant P, Duflos G (2017): **Occurrence and effects of plastic additives on marine environments and organisms: a review.** Chemosphere bit.ly/3Bylf4H
- ____ Kühn S, Van Franeker JA (2012): **Plastic ingestion by the northern fulmar (*Fulmarus glacialis*) in Iceland.** Marine Pollution Bulletin 64: 1252-1254 bit.ly/3HE4zfK
- ____ Kühn S, Booth AM, Sørensen L, van Oyen A, van Franeker JA (2020): **Transfer of Additive Chemicals From Marine Plastic Debris to the Stomach Oil of Northern Fulmars.** Frontiers in Environmental Science 8: 138 doi bit.ly/3itPkMw
- ____ Kühn S, Van Franeker JA (2020): **Quantitative overview of marine debris ingested by marine megafauna.** Marine Pollution Bulletin 151: 110858 bit.ly/3BCPUhd
- ____ Mato Y, Isobe T, Takada H, Kanehiro H, Oh-take C, Kaminuma T (2001): **Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment.** Environmental Science & Technology 35: 318-324 doi bit.ly/3FvETzw
- ____ Moser ML, Lee DS (1992): **A Fourteen-Year survey of Plastic Ingestion by Western North Atlantic Seabirds.** Colonial Waterbirds 15: 83-94 doi <https://doi.org/10.2307/1521357>
- ____ MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter (2011): **Marine Litter – Technical Recommendations for the Implementation of MSFD Requirements.** Publications Office of the European Union, Luxembourg, 91 pp. doi <https://doi.org/10.2788/92438>
- ____ Ojowski U, Eidtmann C, Furness R, Garthe S (2001): **Diet and nest attendance of incubating and chick-rearing northern fulmars (*Fulmarus glacialis*) in Shetland.** Marine Biology 139: 1193-1200 doi bit.ly/3BAnaWw
- ____ Ollason JC, Dunnet G (1978): **Age, experience and other factors affecting the breeding success of the fulmar, *Fulmarus glacialis*, in Orkney.** The Journal of Animal Ecology: 961-976 doi <http://dx.doi.org/10.2307/3681>
- ____ OSPAR (2015): **Guidelines for Monitoring of plastic particles in stomachs of fulmars in the North Sea area,** OSPAR Commission Agreement 2015-03, 26 pp doi bit.ly/3YnTURd
- ____ PlasticsEurope (2020): **Plastics – the Facts 2020. An analysis of European latest plastics production, demand and waste data.** PlasticsEurope – Association of Plastics Manufacturers, Brussels, Belgium, 64 pp doi bit.ly/3X51V7J
- ____ Roman L, Hardesty BD, Hindell MA, Wilcox C (2019): **A quantitative analysis linking seabird mortality and marine debris ingestion.** Scientific Reports 9: 3202 doi <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36585-9>
- ____ Roman L, Butcher RG, Stewart D, Hunter S, Jolly M, Kowalski P, Hardesty BD, Lenting B (2020): **Plastic ingestion is an underestimated cause of death for southern hemisphere albatrosses.** Conservation Letters: e12785 doi <https://doi.org/10.1111/conl.12785>
- ____ Rothstein SI (1973): **Plastic particle pollution of the surface of the Atlantic Ocean: evidence from a seabird.** The Condor 75: 344-345 doi <https://doi.org/10.2307/1366176>
- ____ Tanaka K, Takada H, Yamashita R, Mizukawa K, Fukuwaka M-A, Watanuki Y (2013): **Accumulation of plastic-derived chemicals in tissues of seabirds ingesting marine plastics.** Marine Pollution Bulletin 69: 219-222 bit.ly/3jTHqMy
- ____ Tanaka K, Watanuki Y, Takada H, Ishizuka M, Yamashita R, Kazama M, Hiki N, Kashiwada F, Mizukawa K, Mizukawa H, Hyrenbach D, Hester M, Ikenaka Y, Nakayama SMM (2020): **In vivo Accumulation of Plastic-Derived Chemicals into Seabird Tissues.** Current Biology 30: 723-728 bit.ly/3k6vLdl
- ____ Trevail AM, Gabrielsen GW, Kühn S, Van Franeker JA (2015): **Elevated levels of ingested plastic in a high Arctic seabird, the northern fulmar (*Fulmarus glacialis*).** Polar Biology 38: 975-981 bit.ly/3FxxQpM
- ____ U.S. EPA (1993): **Plastic Pellets in the Aquatic Environment – Sources and Recommendations. A Summary.** United States Environmental Protection Agency (EPA) doi bit.ly/3uXUN0o
- ____ Van Franeker JA (1985): **Plastic ingestion in the North Atlantic fulmar.** Marine Pollution Bulletin 16: 367-369 doi bit.ly/3uQfnjo
- ____ Van Franeker JA, Meijboom A (2002): **Litter NSV – Marine litter monitoring by northern fulmars. A pilot study.** Alterra, Alterra-Rapport 401, Wageningen, 72 pp doi bit.ly/3j3T1s3
- ____ Van Franeker JA (2004): **Save the North Sea Fulmar Litter EcoQO manual Part 1: Collection and dissection procedures.** Alterra, Wageningen, 38 pp doi <http://edepot.wur.nl/40451>
- ____ Van Franeker JA, Blaize C, Danielsen J, Fairclough K, Gollan J, Guse N, Hansen PL, Heubeck M, Jensen JK, Le Guillou G, Olsen B, Olsen KO, Pedersen J, Stienen EW, Turner DM (2011): **Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar *Fulmarus glacialis* in the North Sea.** Environmental Pollution 159: 2609-2615 doi bit.ly/3vR8j6N
- ____ Van Franeker JA (2012): **Plastic i færøske mallebukkers fødeindtagelse – Plastic ingestion by fulmars at the Faroe Islands.** In: Jensen J.-K. (ed) Mallebukken på Færøerne / The Fulmar on the Faroe Islands Prenta, Torshavn, 82-85 pp
- ____ Van Franeker JA, Law KL (2015): **Seabirds, gyres and global trends in plastic pollution.** Environmental Pollution 203: 89-96 doi bit.ly/3WgHoMM
- ____ Van Franeker JA, Kühn S (2020): **Fulmar Litter EcoQO monitoring in the Netherlands – Update 2019 Wageningen Marine Research.** Den Helder, The Netherlands, 62 pp doi <https://doi.org/10.18174/529399>
- ____ Van Franeker JA, Kühn S, Anker-Nilssen T, Edwards EWJ, Gallien F, Guse N, Kakkonen JE, Mallory ML, Miles W, Olsen KO, Pedersen J, Provencher J, Roos M, Stienen E, Turner DM, van Loon WMGM (2021): **New tools to evaluate plastic ingestion by northern fulmars applied to North Sea monitoring data 2002–2018.** Marine Pollution Bulletin 166: 112246 doi bit.ly/3Pu3nxs
- ____ Wilcox C, Van Sebille E, Hardesty BD (2015): **Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing.** Proceedings of the National Academy of Sciences 112: 11899-11904 doi <https://doi.org/10.1073/pnas.1502108112>

Angaben zu den Autoren:

Susanne Kühn, E-Mail: susanne.kuehn@wur.nl
 Nils Guse, E-Mail: nils.guse@wwf.de
 Stefan Garthe, E-Mail: garthe@ftz-west.uni-kiel.de
 Leonie Enners, E-Mail: leonie.enners@jordsand.de
 Jan Andries van Franeker, E-Mail: jan.vanfraneker@wur.nl

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Seevögel - Zeitschrift des Vereins Jordsand zum Schutz der Seevögel und der Natur e.V.](#)

Jahr/Year: 2022

Band/Volume: [43_SH_2022](#)

Autor(en)/Author(s): Kühn Susanne, Guse Nils, Garthe Stefan, Enners Leonie, Franeker Jan Andries van

Artikel/Article: [Der Eissturmvogel und das Plastik 72-82](#)