



Eissturmvogel Müll Monitoring in Deutschland – Aktualisierung 2022 & 2023

Nils Guse, Susanne Kühn & Stefan Garthe

November 2024

Erstellt im Auftrag des Niedersächsischen Landesbetriebs
für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz



Auftraggeber	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Vorhabensbezeichnung:	Eissturmvogel Müll Monitoring in Deutschland – Aktualisierung 2022 & 2023
Projektleiter:	Dr. Nils Guse
Autor*innen:	Dr. Nils Guse Dr. Susanne Kühn Prof. Dr. Stefan Garthe
Auftragnehmer:	Dr. Nils Guse, Dohrnstraße 12a, 25764 Wesselburen, fulmarnils@gmail.com
Laufzeit des Vorhabens:	23.11.2023 – 31.12.2024
Berichtszeitraum:	01.01.2022 – 31.12.2023

Keywords: OSPAR EcoQO, Eissturmvogelschwellenwert (Fulmar Threshold Value – Fulmar-TV), EU Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, *Fulmarus glacialis*, Monitoring, Meeresmüll, Aufnahme von Plastik

Dieser Bericht ist durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz beauftragt worden. Die Verantwortung für den Inhalt liegt allein bei den Autoren. Der Bericht gibt die Auffassung der Autoren wieder und muss nicht mit der Meinung des NLWKN übereinstimmen. Der NLWKN übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung der Rechte Dritter. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor, insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Zitiervorschlag: Guse N., Kühn S. & Garthe S. (2024): Eissturmvogel Müll Monitoring in Deutschland – Aktualisierung 2022 & 2023. Bericht erstellt im Auftrag des NLWKN, Oldenburg. S. 24. <https://doi.org/10.18174/680700>

Zugehörigkeit:

Dr. Nils Guse: freiberuflicher Biologe, Dohrnstraße 12a, 25764 Wesselburen

Dr. Susanne Kühn, Wageningen Marine Research, Ankerpark 27, 1781AG Den Helder, Niederlande

Prof. Dr. Stefan Garthe, Forschungs- und Technologiezentrum Westküste, Universität Kiel, Hafentörn 1, 25761 Büsum

Titelfoto: Eissturmvogel auf der offenen See. Foto: Nils Guse

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	4
Summary	5
1 Einleitung.....	6
2 Material und Methoden.....	8
Koordination der Eissturmvogelsammlung, Transport und Lagerung	8
Sektionen, Workshops und Mageninhaltsanalysen	9
Sektionen.....	9
Workshops.....	9
Mageninhaltsanalysen.....	9
Kategorisierung des Mülls im Mageninhalt.....	9
Plastik.....	10
Partikelanzahl und Wiegen der Kategorien.....	10
Datenpräsentation und Statistik	10
3 Ergebnisse und Diskussion	11
Das Jahr 2022.....	12
Das Jahr 2023.....	13
Aktuelle Situation	14
Zeitreihen zum Magenmüll und Eissturmvogelschwellenwert	16
Trends	19
4 Kernpunkte	20
5 Danksagung.....	20
6 Literatur.....	22

Zusammenfassung

Die Verschmutzung der Meere durch Plastikabfälle führt zu erheblichen ökologischen und wirtschaftlichen Konsequenzen. Meerestiere sind besonders gefährdet, indem sie Plastikmüll aufnehmen oder sich in diesem verfangen. In der Nordsee wird der Eissturmvogel (*Fulmarus glacialis*) als Indikator für die Meeresverschmutzung genutzt. Da diese Seevögel ausschließlich auf See nach Nahrung suchen und lediglich zur Brutzeit an Land kommen, nehmen sie regelmäßig Plastikpartikel von der Wasseroberfläche auf und bieten daher eine verlässliche Grundlage für Langzeitstudien zur Plastikbelastung im marinen Ökosystem.

Die OSPAR-Kommission hat im Rahmen des Übereinkommens zum Schutz der Meeresumwelt im Nordost-Atlantik ökologische Qualitätsziele (EcoQOs) festgelegt, nach denen maximal 10 % der Eissturmvögel 0,1 Gramm oder mehr Plastik im Magen enthalten dürfen. Dieser Ansatz wird auch als ein Indikator zur Bewertung des Guten Umweltzustands (GES) für das Kriterium D10C3 in der Nordsee („Abfälle und Mikroabfälle werden von Meerestieren in einer Menge aufgenommen, die die Gesundheit der betroffenen Arten nicht beeinträchtigt“) der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL 2008/56/EG) herangezogen. Im Jahr 2020 hat der Eissturmvogel-Schwellenwert nun formell die EcoQO ersetzt. Das langfristige Ziel verlangt, dass: **„Über einen Zeitraum von mindestens fünf aufeinanderfolgenden Jahren dürfen nicht mehr als 10 % der Eissturmvögel (*Fulmarus glacialis*) in Proben von mindestens 100 Vögeln den Wert von 0,1 g Plastikpartikeln im Magen überschreiten“** (Van Franeker et al. 2021).

In Deutschland wird dieser Schwellenwert für die deutsche Nordseeküste für die Bewertung des GES von D10C3 genutzt. Darüber hinaus werden die Daten in Deutschland für die Bewertung des Indikators eines operativen Umweltziels genutzt. Dieses wurde 2024 aktualisiert. Das aktualisierte deutsche operative Umweltziel UZ 5.3 lautet „Die Anzahl der Plastikteile in den Mägen von Eissturmvögeln der deutschen Nordsee ist bis zur Erreichung des bestehenden Schwellenwertes weiter zu reduzieren“ und wird über den folgenden Indikator gemessen: „Trend der Plastikteile in den Mägen von Eissturmvögeln“.

Seit 2002 wird in Deutschland im Rahmen eines nordseeweiten Monitorings die Menge an Plastik in den Mägen der Eissturmvögel regelmäßig gemessen. Der vorliegende Bericht ergänzt diese Datensammlung um die Ergebnisse der Jahre 2022 und 2023. Im Jahr 2022 wurden 26 und im Jahr 2023 sieben Vögel untersucht. Die Resultate werden zur Vermeidung jahresbedingter Schwankungen in Fünfjahreszeiträumen zusammengefasst. Für den aktuell betrachteten Zeitraum 2019–2023 konnten die Daten von insgesamt 92 Eissturmvögeln ausgewertet werden. Dabei enthielten 89 % der Magenproben Plastik, mit durchschnittlich 16 Partikeln bzw. 0,26 g Plastik pro Vogel. Bei 48 % der Vögel überschritt der Plastikgehalt den festgelegten Schwellenwert von 0,1 g.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Deutschland noch weit davon entfernt ist, das Ziel von unter 10 % der Vögel mit mehr als 0,1 g Plastik im Magen zu erreichen. Während zu Beginn des Monitorings industrielles Rohplastik den Hauptanteil im Mageninhalt der Vögel ausmachte, dominiert inzwischen Verbraucherplastik – Abfälle, die nach Gebrauch entsorgt wurden. Weder über den gesamten Projektzeitraum noch im kürzeren Zeitabschnitt von 2014–2023 lässt sich eine signifikante Reduktion des Plastikgehalts feststellen, jedoch ist eine leichte Abnahme erkennbar. Um den geforderten Schwellenwert zu erreichen, sind weiterführende Maßnahmen zur Reduzierung der Plastikverschmutzung durch Deutschland und die Anrainerstaaten der Nordsee erforderlich.

Summary

Marine pollution from plastic waste results in significant ecological and economic impacts. Marine animals are particularly vulnerable, as they can ingest plastic or become entangled in it. In the North Sea, the northern fulmar (*Fulmarus glacialis*) serves as a key indicator species for plastic pollution. These seabirds feed exclusively at sea and return to land only to breed, frequently ingesting plastic particles from the water's surface. This makes them a reliable basis for long-term studies on marine plastic pollution.

The OSPAR Commission has set Ecological Quality Objectives (EcoQOs) under the Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, according to which a maximum of 10% of fulmars may contain 0.1 grams or more of plastic in their stomachs.

This approach is also used as an indicator to assess Good Environmental Status (GES) for criterion D10C3 in the North Sea ("Litter and micro-litter is ingested by marine animals in quantities that do not adversely affect the health of the species concerned") of the Marine Strategy Framework Directive (MSFD 2008/56/EC). In 2020, the fulmar threshold has now formally replaced the EcoQO. The long-term objective requires that: **"Over a period of at least five consecutive years, no more than 10% of fulmars (*Fulmarus glacialis*) in samples of at least 100 birds shall exceed 0.1 g of plastic particles in the stomach"** (Van Franeker et al. 2021).

In Germany, this threshold value for the German North Sea coast is used for the assessment of the GES of D10C3. In addition, the data in Germany is used to assess the indicator of an operational environmental target. This was updated in 2024. The updated German operational environmental target UZ 5.3 is "The number of plastic parts in the stomachs of fulmars in the German North Sea is to be further reduced until the existing threshold value is reached" and is measured using the following indicator: "Trend of plastic particles in the stomachs of fulmars".

Since 2002, Germany has conducted regular measurements of plastic in fulmar stomachs as part of a North Sea-wide monitoring initiative. This report contributes data from 2022 and 2023 to the existing dataset. In 2022, 26 birds were examined, and in 2023, seven birds. To minimize annual fluctuations, results are grouped into five-year intervals. For the current period (2019–2023), data from a total of 92 fulmars were available. Of these birds, 89% contained plastic, with an average of 16 particles or 0.26 grams per bird. In 48% of the birds, plastic content exceeded the established threshold of 0.1 grams.

These findings indicate that Germany is still far from achieving the target of fewer than 10% of birds with over 0.1 grams of plastic in their stomachs. While industrial raw plastic dominated the samples at the beginning of the monitoring period, consumer plastic—waste discarded after use—now constitutes the majority of the plastic found in the birds' stomachs. No significant reduction in plastic weight has been observed over the entire project period or in the shorter 10-year span (2014–2023), though a slight decrease is evident. To meet the required threshold, Germany and other North Sea coastal states must implement further measures to reduce marine pollution.

1 Einleitung

Über Jahrtausende verwendete der Mensch überwiegend Naturmaterialien, die bei Verlust oder Entsorgung in der Umwelt wieder zersetzt wurden. Dies änderte sich grundlegend mit der Erfindung von Kunststoffen wie Plastik. Seit 1907 werden diese industriell hergestellt (UBA 2013). Seitdem sind Produktionsmengen explosionsartig angestiegen. Die Vorteile wie die unzähligen Anwendungsmöglichkeiten, die günstigen Kosten bei der Herstellung und Langlebigkeit können zu Nachteilen werden, wenn Rohplastik (industrielle Plastikpellets) oder ausgediente Plastikprodukte als Müll (Verbraucherplastik) in die Umwelt gelangen. Global gesehen gelangt der größte Teil des Plastiks durch unsachgemäße Entsorgung in den Küstenorten und über die Flüsse in die Meere. In der deutschen Nordsee zählen die Fischerei mit 31%, der Tourismus und Freizeitaktivitäten mit 19%, sowie die kommerzielle Schifffahrt mit 14% zu den Haupteintragsquellen des Meeresmülls (Schäfer et al 2019). Die vorhandenen Mengen in den Meeren haben mittlerweile gravierende ökologische und ökonomische Auswirkungen. Am stärksten betroffen sind Küstengemeinden, der Tourismus, die See- und Handelsschifffahrt und die Fischerei (Newman et al. 2015). Zahllose Meeresorganismen der verschiedensten Arten und Größen sind durch die negativen Auswirkungen des Meeresmülls betroffen, dadurch, dass sie sich in Müllteilen verstricken oder den Müll herunterschlucken. Aber auch die menschliche Ernährung ist potenziell durch Mikroplastik betroffen, dadurch, dass es im gesamten marinen Nahrungsnetz gefunden werden kann und damit auch bei Tieren wie Muscheln, Krebsen und Fischen, die von uns Menschen konsumiert werden. Für das Verschlucken von Müll gibt es zahlreiche Studien z.B. bei Seevögeln, Meeressäugern und Meeresschildkröten (Laist 1987; Laist 1997; Kühn et al. 2015; Kühn & Van Franeker 2020). In einigen Fällen führt das Verschlucken direkt zum Tode aber relevanter ist vermutlich, dass dadurch bei vielen Tieren die Fitness herabgesetzt ist und z.T. der Großteil ganzer Tierpopulationen unter diesen unsichtbaren, subletalen Effekten leidet. Trotz spektakulärer Todesfälle durch Verfangen oder Verschlucken ist das gesamte Ausmaß dieser Effekte auf die Meerestiere nur schwer zu beziffern (Browne et al. 2015; Rochman et al. 2016; Werner et al. 2016). In der letzten Zeit finden sich zunehmend Studien zu mechanischen Auswirkungen oder Organschädigungen (Charlton-Howard et al. 2023; Rivers-Auty et al. 2023), der Veränderung des Darmmikrobioms (Fackelmann et al. 2023) und der Auswaschung toxischer Zusatzstoffe und adsorbierter organischer Schadstoffe aus verschluckten Kunststoffen bei Seevögeln (Tanaka et al. 2018; Kühn et al. 2020; Yamashita et al. 2021; Sühling et al. 2022).

Beim Eissturmvogel (*Fulmarus glacialis*) ist seit Längerem bekannt, dass er bei der Nahrungssuche regelmäßig Plastik aufnimmt. Dieser Umstand bewog Forscher aus den Niederlanden dazu, das Phänomen genauer zu untersuchen und zu prüfen, ob sich der Eissturmvogel als Indikator für Plastikmüll eignet. Diese Pionierarbeit begann in den frühen 1980er Jahren und die niederländische Datenreihe reicht bis 1979 zurück. Während der „Save the North Sea“-Kampagne von 2002 bis 2004 wurde erstmalig nordseeweit untersucht wie sich die Belastungsmengen regional unterscheiden (Van Franeker et al. 2005).

Folgende Kriterien machen den Eissturmvogel zu einem geeigneten Indikator für die Plastikmüllbelastung im Meer (Van Franeker & Meijboom 2002):

- Eissturmvögel sind im Nordostatlantik und der Nordsee weit verbreitet
- Sie fressen regelmäßig Plastikmüll an der Meeresoberfläche
- Sie ernähren sich ausschließlich auf dem Meer
- Sie speichern den Müll im Drüsen- und Muskelmagen
- Sie bauen zügig ein Belastungslevel auf, das für eine Meeresregion spezifisch ist

- Sie kommen in ausreichender Stichprobe als Totfund entlang der Küsten vor

Seit 2002 werden diese Untersuchungen auch in Deutschland durchgeführt. Seitdem wurde der Eissturmvogelindikator in internationalen Studien weiterentwickelt und getestet und zunächst im Rahmen der OSPAR-Meeresschutzkonvention als Fulmar Litter EcoQO (Ecological Quality Objective – Ökologisches Qualitätsziel für die Müllbelastung von Eissturmvögeln) angewendet (OSPAR 2015).

Die EU Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSFD, 2008/56/EC) hat zum Ziel die europäischen Meeresgebiete in einen guten Umweltzustand (GES) zu versetzen. Mithilfe des Deskriptors 10 (Abfälle im Meer) sollen dabei die Müllmengen in den Meeren reduziert und neue Einträge vermieden werden. Der Deskriptor lautet „Die Eigenschaften und Mengen der Abfälle im Meer haben keine schädlichen Auswirkungen auf die Küsten und Meeresumwelt“. Der Deskriptor 10 umfasst verschiedene Kriterien. Das Kriterium D10C3 besagt, dass Abfälle und Mikroabfälle von Meerestieren in einer Menge aufgenommen werden, die die Gesundheit der betroffenen Arten nicht beeinträchtigt. Die Mitgliedsstaaten sollen hierfür Schwellenwerte etablieren durch regionale und subregionale Kooperation (Beschluss der (EU) 2017/848 der Kommission, Werner et al. 2016). Für die Bewertung des GES haben sich die EU Mitgliedstaaten zunächst am OSPAR Fulmar Litter EcoQO orientiert. Während dieses Qualitätsziel auf einem willkürlich festgelegten Zielwert beruhte, schlugen van Franeker et al. (2021) für den neuen OSPAR / EU MSRL Eissturmvogelschwellenwert (Fulmar Threshold Value, Fulmar-TV, FTV) die kanadische Arktis als sauberstes Referenzgebiet vor, da eine eindeutige Definition für ökologischen Schaden fehlte. Dieser Eissturmvogelschwellenwert hat das ursprüngliche EcoQO in 2020 ersetzt (OSPAR 2020; EC 2022). Dieser Schwellenwert legt fest:

„Über einen Zeitraum von mindestens 5 aufeinanderfolgenden Jahren dürfen nicht mehr als 10% der Eissturmvögel (*Fulmarus glacialis*) in einer Stichprobe von mindestens 100 Exemplaren mehr als 0,1g an Plastikstücken im Magen haben.“

Die Technische Gruppe der EU für Meeresabfälle (MSFD Technical Group on Marine Litter) empfiehlt diesen für das Kriterium D10C3 anzuwenden in Gebieten in denen Eissturmvögel verbreitet sind (Werner et al. 2020).

Die aktuellste internationale Übersicht umfasst die nordseeweiten Daten des Monitorings von Plastikteilen in Mägen von Eissturmvögeln von 2002 bis 2018 (OSPAR 3rd Intermediate Assessment; Kühn et al. 2022b). Derselbe Datensatz wurde von van Franeker et al. (2021) benutzt, um den neuen Schwellenwert zu Plastikteilen in Mägen von Eissturmvögeln herzuleiten und mithilfe eines neuen Modellierungsansatzes vorherzusagen, wann dieser Zielwert womöglich erreicht werden kann.

Das deutsche Eissturmvogel Müll Monitoring begann mit dem nordseeweiten EU-Projekt 2002. Seitdem wurde an der deutschen Nordseeküste ein Sammlernetzwerk aus hauptamtlichen Mitarbeitern und Freiwilligen der Wattenmeernationalparks und angrenzenden Naturschutzgebieten aufgebaut. Ohne den Beitrag dieses Netzwerks wäre eine erfolgreiche Durchführung des Monitorings nicht möglich. Von 2002 bis 2004 wurden die Forschungsarbeiten durch das EU Interereg IIIB Programm „Save the North Sea“ gefördert (Guse et al. 2005, van Franeker et al. 2005). Die Koordination des deutschen Beitrags in dieser Zeit wurden von der Nationalparkverwaltung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer geleistet. Wissenschaftler des Forschungs- und Technologiezentrums Westküste (FTZ) der Universität Kiel führten die praktischen Arbeiten durch, wie zum Beispiel die Sektionen oder Abholung der gefundenen Eissturmvögel. Von 2005 bis 2010 wurden sämtliche Arbeiten (Koordination, Sektionen und Abholung) unentgeltlich von Mitarbeitern des FTZs durchgeführt. Die Magenanalysen in dieser

Zeit führten die Kollegen des IMARES (später: Wageningen Marine Research) aus den Niederlanden unentgeltlich fort. Dieser Einsatz hatte zum Ziel das Sammlernetzwerk aktiv zu halten und Datenlücken zu vermeiden. 2011 wurden die Arbeiten des FTZ durch das Bundesamt für Naturschutz finanziert (Guse et al. 2012). Seit dieser Zeit werden auch die Magenanalysen in Deutschland durchgeführt. Von 2011-2019 wurde das Monitoring von Plastikteilen in Eissturmvogelmägen durch das FTZ im Rahmen zweier Forschungs- und Entwicklungsvorhaben durch das Umweltbundesamt (UBA) finanziert. Das FTZ lieferte in regelmäßigen Abständen die Daten an das UBA für die OSPAR Berichterstattung. Das Monitoring für die Jahre 2020 und 2021 wurde vom Verein Jordsand e.V. durchgeführt in Kooperation mit dem FTZ und Wageningen Marine Research sowie mit der Unterstützung langjähriger Mitarbeiter im Projekt (Enners et al. 2022). Das Vorhaben wurde durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) vergeben und finanziert über die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Nord- und Ostsee (BLANO). Das aktuelle Vorhaben präsentiert die Ergebnisse des Eissturmvogel Müll Monitorings in Deutschland aus den Jahren 2022 und 2023. Es wird durch den NLWKN finanziert. Die Arbeiten werden federführend durch Dr. N. Guse als freiberuflichem Biologen in Kooperation mit dem FTZ und Wageningen Marine Research durchgeführt.

2 Material und Methoden

Das Eissturmvogel Müll Monitoring in Deutschland erfolgte seit 2002 durchgängig bis zur aktuellen Studie mit wechselnder Finanzierung (vgl. Einleitung). Die Koordination des deutschen Beitrags erfolgte in der Mehrzahl der Jahre durch das FTZ Westküste. Die Kooperation mit dem FTZ und Wageningen Marine Research wird fortgesetzt und die Koordination wird nun freiberuflich fortgeführt. Das nordseeweite Unterstützernetzwerk führt die Sammlung toter Eissturmvögel seit Beginn der Studie durch.

Koordination der Eissturmvogelsammlung, Transport und Lagerung

Das deutsche Sammlernetzwerk besteht aus hauptamtlichen und freiwilligen Mitarbeitern der Wattenmeernationalparks und angrenzender Naturschutzgebiete und deckt damit den Großteil der deutschen Nordseeküste ab. Diese Unterstützer sind Mitarbeiter von Behörden, Umweltverbänden oder Nationalparkhäusern. Einige begleiten das Projekt durchgängig seit 2002 andere unterstützen es für ein Jahr im Rahmen eines Freiwilligen Ökologischen Jahres (FÖJ) oder des Bundesfreiwilligendienstes (BFD). Die mitunter hohe Fluktuation im Netzwerk machen eine dauerhafte und regelmäßige Betreuung notwendig. Diese erfolgt zu Neuigkeiten zum Thema per Email oder Telefon. Zudem werden immer wieder Vorträge über das Monitoringprogramm gehalten bei Konferenzen oder bei Mitgliedern des Netzwerks. Forschungsartikel, die aus der Arbeit im Monitoringprogramm entstehen, werden mit dem gesamten Netzwerk geteilt. Wird ein Eissturmvogel angespült, wird er zumeist vor Ort eingefroren. Der Finder gibt als Funddaten seinen Namen, den Fundort und das Funddatum an. Fundort und -datum sind essenziell, um die Eissturmvögel für das OSPAR/EU-Monitoring auswerten zu können. Die Abholung der Tiere erfolgt nach Bedarf. Dazu melden sich die Sammler beim Koordinator oder der Koordinator erfragt die aktuelle Fundsituation vor Ort. Im Rahmen früherer Projekte wurden dazu zahlreiche strategische Orte mit Gefrierschränken und Kühltruhen ausgerüstet. Die Eissturmvogelfunde werden schließlich zum Kühlcontainer des FTZ Westküste in Büsum transportiert und dort bis zur Sektion gelagert.

Sektionen, Workshops und Mageninhaltsanalysen

Die tiefgefrorenen Eissturmvögel werden in einem Sektionslabor einen Tag lang aufgetaut. Die Sektion der Tiere erfolgt dabei nach dem international abgestimmten Protokoll von van Franeker (2004). Eine detaillierte Beschreibung der Sektionen, Mageninhaltsanalysen und Auswertungen findet sich bei van Franeker & Meijboom (2002), diese wurden weiterentwickelt im Austausch mit ICES und OSPAR und in nachfolgenden Berichten und OSPAR-Dokumenten veröffentlicht (OSPAR 2008; OSPAR 2010). Die wissenschaftliche Belastbarkeit der Methode ist durch Veröffentlichung von peer-reviewten Fachartikeln belegt (z.B. van Franeker et al. 2011; van Franeker et al. 2021) mit Leitlinien für formale zukünftige Bewertungen publiziert durch OSPAR (OSPAR 2015). Zur Einfachheit werden hier einige grundlegende Vorgehensweisen in zusammengefasster Form wiederholt (s. Kühn & van Franeker 2024).

Sektionen

Bei den Sektionen werden zahlreiche Daten zur Kondition, zur Verölung, der Farbmorphe, der Biometrie, dem Geschlecht und dem Alter der Tiere erhoben. Letzteres ist von besonderer Bedeutung, da sich gezeigt hat, dass das Alter der Tiere einen Einfluss auf die gefundenen Müllmengen im Magen hat (van Franeker & Meijboom 2002). Jüngere Tiere haben durchschnittlich mehr Plastik im Magen als adulte Eissturmvögel. Das Alter wird anhand der Größe und Färbung der Geschlechtsorgane bestimmt sowie am Vorhandensein der Bursa Fabricius. Diese Drüse steht in Zusammenhang mit der Immunentwicklung und ist nur bei jüngeren Tieren vorhanden. Sie verschwindet meist innerhalb des ersten Lebensjahrs oder kurz danach.

Workshops

Die Kollegen von Wageningen Marine Research halten regelmäßige Workshops ab. Diese haben zum Ziel das internationale Netzwerk aus haupt- und ehrenamtlichen Koordinatoren zu stärken und die Datenerhebung während der Sektionen zu vereinheitlichen, um eine Vergleichbarkeit der erhobenen Daten zu gewährleisten. Für die aktuelle Studie nahm Dr. Nils Guse im März 2024 am Workshop teil. Geleitet wurde das Training von Dr. Susanne Kühn mit Unterstützung von Dr. Jan van Franeker. Es wurden insgesamt 37 Eissturmvögel aus Deutschland seziert (2021=1; 2022=28; 2023=8). Davon hatten 26 Eissturmvögel aus 2022 und 7 aus 2023 einen intakten Magen und konnten für weitere Analysen verwendet werden.

Mageninhaltsanalysen

Der Eissturmvogelmagen besteht aus zwei Einheiten, einem größeren sackartigem Drüsenmagen und einem kompakten Muskelmagen. Im Muskelmagen werden unverdauliche Nahrungsreste wie Fischknochen und Tintenfischschnäbel mechanisch zerkleinert bis sie über den Darm ausgeschieden werden können. Dasselbe passiert mit kleineren Plastikteilchen. Für die Analysen der Plastikteile in Eissturmvogelmägen werden der Inhalt des Drüsen- und Muskelmagens zusammengefasst betrachtet. Die Mägen werden der Länge nach aufgeschnitten und vorsichtig unter laufendem kalten Wasser in ein Sieb mit 1mm Maschenweite gespült. Die verbliebenen Plastikteile und Nahrungsreste werden mit einer Pinzette entnommen und in eine Petrischale überführt um unter einem Binokular sortiert zu werden.

Kategorisierung des Mülls im Mageninhalt

Idealerweise werden die nachfolgenden Kategorien unterschieden bei der Sortierung des Mageninhalts. Um Kosten zu sparen im Rahmen des Eissturmvogel Müll Monitorings wurde der geforderte Datensatz auf die beiden Hauptkategorien 1.1 Industrielles Plastik und 1.2 Verbraucherplastik reduziert ohne weitere Unterkategorien (OSPAR 2015).

Plastik

Industrielle Plastikpellets

sind kleine, oftmals zylindrische Körnchen von ca. 4mm Durchmesser. Es können auch scheibenförmige oder rechteckige Formen auftreten. Diese können als Rohplastik angesehen werden oder als Zwischenprodukt in der Form in der Plastik zuerst produziert wird. Das Rohplastik wird dann von den Plastikproduzenten eingeschmolzen und je nach Anwendung und gewünschtem Produkt mit verschiedenen Zusatzstoffen (Weichmacher, Farbpigmenten, Bioziden etc.) gemischt.

Verbraucherplastik

sind alle Plastikteile außer industrielle Plastikpellets. Das heißt sämtliches Plastik, das einmal ein fertiges Produkt war und dann als Müll ins Meer gelangt ist:

Folien

wie z.B. von Plastiktüten, Frischhaltefolien etc., normalerweise als kleinere Stücke;

Schnüre

wie z.B. (Teile von) Seilen, Netzen, Nylonschnur, Verpackungsbändern etc.;

Schaumstoffe

wie z.B. Styroporbecher oder -verpackung oder aufgeschäumtes Polyurethan wie in Matratzen oder Bauschaum;

Fragmente

von mehr oder weniger harten Plastikprodukten wie z.B. Flaschen, Eimern, Boxen, Gerätegehäusen etc.;

Anderes Plastik

wie z.B. Zigarettenfilter, Ballons, Gummi, Gummibänder etc., Dinge die plastikähnlich sind oder in keine klare Kategorie passen.

Partikelanzahl und Wiegen der Kategorien

Für jeden Vogel und jede (Unter)Kategorie wird die Anzahl aller Partikel gezählt. Entsprechend wird auch das Gewicht in Gramm für jede (Unter)Kategorie bestimmt. Dies erfolgt mit einer elektronischen Sartorius Präzisionswaage. Davor werden die Proben zunächst für mindestens zwei Tage bei Raumtemperatur im Labor getrocknet. Das Gewicht wird auf 0,0001 g genau bestimmt.

Datenpräsentation und Statistik

Die Sektions- und Mageninhaltsprotokolle werden zunächst in Exceltabellen eingegeben. Anschließend werden die Daten von unserem Partner bei Wageningen Marine Research auf Plausibilität hin überprüft und schließlich in eine relationale Oracle-Datenbank eingegeben. Die qualitätsgeprüften deutschen Daten werden anschließend an den Projektleiter geschickt. Für die statistischen Analysen wurde GENSTAT (22. Ausgabe) verwendet.

Häufigkeit des Auftretens (in %, frequency of occurrence)

Die Häufigkeit des Auftretens ist die einfachste Betrachtungsform. Es wird zunächst für jeden Eissturmvogel überprüft, ob eine bestimmte Plastikmüllkategorie (z.B. Industrielles Plastik) auftritt oder nicht. Für die Gesamtzahl aller Proben wird dann die Rate in % berechnet wie häufig

eine bestimmte Kategorie auftritt. Dabei werden auch die Mägen mit einberechnet, die überhaupt kein Plastik enthalten.

Arithmetischer Mittelwert

Für die Gesamtheit aller Eissturmvogelmägen wird der arithmetische Mittelwert für die Anzahl der Plastikpartikel und für das Gewicht in Gramm jeweils samt Standardfehler ($se = \text{standard error}$) berechnet. Auch hier gehen alle Proben in die Berechnung mit ein, also auch solche, die kein Plastik enthalten. So erhält man den Mittelwert für die gesamte Population. Im Falle von kleinen Stichproben kann der arithmetische Mittelwert durch kurzfristige oder lokale Schwankungen oder extreme Ausreißer beeinflusst werden. Dann kann man die Daten über ein größeres Gebiet oder längere Zeitabschnitte zusammenfassen. Wir betrachten die Daten daher meist über 5-Jahresabschnitte, um irreführende Signale durch jährliche Schwankungen zu vermeiden (Van Franeker et al. 2011).

Eissturmvogelschwellenwert-Performance (FTV %)

Das frühere Ökologische Eissturmvogel-Qualitätsziel (EcoQO) wurde vor Kurzem durch den Eissturmvogelschwellenwert ersetzt (OSPAR 2020, EC 2022). Die Definition dieses Wertes blieb jedoch gleich. So lassen sich alte und neue Daten vergleichen und zwar nicht nur für die Nordsee, sondern auch für den Nordatlantik, die Arktis und den Nordpazifik (Van Franeker et al. 2021). Die Anforderungen von OSPAR und den Eissturmvogelschwellenwert betrachten nur die Kategorie „Gesamtplastik“ für zusammengefasste Daten über 5-Jahresperioden und größere Regionen und es wird für jeden Magen lediglich geschaut, ob er mehr als 0,1g Plastik enthält oder weniger. Die Eissturmvogelschwellenwert-Performance ist die Rate aller Eissturmvögel in %, die 0,1g oder mehr Plastik im Magen enthält (Van Franeker et al. 2021). Das langfristige Ziel ist also den FTV auf 10% oder weniger zu reduzieren. Der FTV ist eine stark vereinfachte Form der Datenpräsentation. Im Hintergrund spielen Details zu den verschiedenen Müllkategorien jedoch eine wichtige Rolle, um den FTV korrekt zu interpretieren.

Aktuelle Situation und Eissturmvogelschwellenwert-Performance (FTV %)

Die „aktuelle Situation“ gibt einen Überblick über den neuesten 5-Jahreszeitraum und zeigt den Anteil der Tiere in %, die über dem Schwellenwert von 0,1g Plastik pro Vogel liegen. Außerdem werden die Häufigkeit des Auftretens der Hauptmüllkategorien sowie die durchschnittliche Partikelzahl und das Durchschnittsgewicht in Tabellenform angegeben.

Trendberechnung

Die Trendberechnung nach den OSPAR-EcoQO-Monitoringvorgaben (OSPAR 2015) diskutiert die Trendanalysen mithilfe linearer Regressionen, wobei $\ln$ -transformierte Plastikgewichte für individuelle Vögel gegen das Jahr des Auffindens angepasst werden. Die Regressionslinie („Trend“) wird beschrieben durch $y = \text{Konstante} + \text{Schätzwert} \cdot x$, wobei y der berechnete Wert der Regressionslinie für Jahr x ist. Diese Tests zeigen die Richtung und das Signifikanzniveau der Veränderungen an. Für OSPAR wird der Trend der letzten 10 Jahre berechnet. Zusätzlich wird auch die Veränderung in Plastikgewicht seit Beginn des Messungszeitraums (2002) evaluiert. Für weitere Informationen wird auf Kühn et al. (2022b) verwiesen.

3 Ergebnisse und Diskussion

Dieser Bericht liefert die Aktualisierung für das deutsche Monitoring von Plastikteilen in Eissturmvogelmägen für die Jahre 2022 und 2023. In 2022 konnten 28 Eissturmvögel an der deutschen Nordseeküste eingesammelt werden, von denen 26 einen intakten Magen aufwiesen. In 2023 waren es nur 8 Eissturmvögel von denen 7 Tiere einen vollständigen Magen hatten.

Daneben wurde noch ein Eissturmvogel aus 2021 seziert, der allerdings keinen Magen mehr hatte. Keiner der Eissturmvögel war in einer Vogelpflegestation.

Die gewünschte Stichprobe für das Monitoring sind ± 40 Eissturmvögel oder mehr (van Franeker & Meijboom 2002). Für einzelne Jahre wird dies jedoch oftmals nicht erreicht, insbesondere für Unterregionen nicht. Dies ist für das Monitoringprogramm kein grundsätzliches Problem. Bei einer geringeren Stichprobe dauert es nur länger bis Veränderungen und Trends verlässlich erkannt werden können. Daher wird für die Monitoringberichte gewöhnlich die „Aktuelle Situation“ als die Summe der letzten 5 Jahre angegeben. Diese 5-Jahresperiode hat ebenfalls direkten Bezug zur Definition des Eissturmvogelschwellenwerts.

Der Hauptgrund für die relativ geringen Stichproben aus 2022 und 2023 liegt höchstwahrscheinlich in dem Auftreten der hochpathogenen aviären Influenza (HPAI) bei See- und Küstenvögeln. So waren insbesondere in 2022 zahlreiche Seevogelkolonien betroffen und es kam zu hohen Verlusten wie z.B. bei der Brandseeschwalbe (Knief et al. 2023). Als Reaktion darauf wurde die Sammlung von toten Vögeln durch die zuständigen Behörden und Verbände zeitweise regional stark begrenzt oder ganz verboten. Dies verhinderte auch, dass eine neue Generation von Sammlern und Unterstützern ins Netzwerk mitaufgenommen und eingearbeitet werden konnte. Bis Anfang 2024 waren die Fallzahlen beim Eissturmvogel jedoch glücklicherweise äußerst gering (Kühn & van Franeker 2024). Es wurden bisher nur 4 positive Fälle in Großbritannien (APHA 2024; Serafini et al. 2023) und nur 8 weltweit festgestellt (Serafini et al. 2023). In 2024 scheint sich das Infektionsgeschehen bei Seevögeln in der Nordsee glücklicherweise etwas beruhigt zu haben (EFSA 2024).

Das Jahr 2022

Von den 28 in 2022 seziierten Eissturmvögeln hatten 26 einen intakten Magen und konnten für die Plastikmüllanalysen verwendet werden. 88 % der Tiere wiesen Plastik im Magen auf mit durchschnittlich 13,58 Partikeln, die 0,26 g wogen (Tabelle 1). Verbraucherplastik trat in 88 % der Mägen auf mit durchschnittlich 12,23 Partikeln, die 0,23 g wogen. Industrielles Plastik war in 50 % der Mägen zu finden mit durchschnittlich 1,35 Partikeln und 0,03 g pro Vogel. Beim Verbraucherplastik traten Fragmente mit 77 % am häufigsten auf und wogen mit 0,11 g pro Vogel am meisten.

Tabelle 1: Übersicht über die Eigenschaften und Mageninhalten der Eissturmvögel, die 2022 im Rahmen des Monitorings analysiert werden konnten. Die Kopfzeile zeigt die Zusammensetzung der Stichprobe hinsichtlich Alter, Geschlecht und Herkunft (die Farbmorphe 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; van Franeker 2004). 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, das mittlere Gewicht der Partikel $\pm$ Standardfehler (se) pro Magen sowie das Maximalgewicht, das in einem Eissturmvogelmagen festgestellt wurde.

DEUTSCHLAND	Anzahl Vögel	% adult	% männlich	% LL Farbmorphe	Tod durch Öl	Durchschnitt Kondition
2022	26	65%	27%	92%	0%	1.4
	% betroffener Tiere	Durchschnitt Plastikanzahl (n/Vogel) $\pm$ se		Durchschnitt Plastikgewicht (g/Vogel) $\pm$ se		Maximalgewicht Plastik
GESAMTPLASTIK	88%	13.58	4.02	0.26	0.11	2.46
INDUSTRIELLES PLASTIK	50%	1.35	0.38	0.03	0.01	0.20
VERBRAUCHERPLASTIK	88%	12.23	3.81	0.23	0.11	2.46
Folien	38%	1.54	0.79	0.00	0.00	0.03
Schnüre	19%	0.31	0.14	0.00	0.00	0.05
Schaumstoff	35%	3.65	2.57	0.10	0.06	1.22
Fragmente	77%	6.69	1.74	0.11	0.04	0.85
anderes Plastik	4%	0.04	0.04	0.01	0.01	0.38

Das Jahr 2023

Von den 8 in 2023 sezierten Eissturmvögeln hatten 7 einen intakten Magen und konnten für die Plastikmüllanalysen verwendet werden. 86 % der Tiere wiesen Plastik im Magen auf mit durchschnittlich 13,57 Partikeln, die 0,23 g wogen (Tabelle 2). Verbraucherplastik trat in 86 % der Mägen auf mit durchschnittlich 12,29 Partikeln, die 0,20 g wogen. Industrielles Plastik war in 71 % der Mägen zu finden mit durchschnittlich 1,29 Partikeln und 0,03 g pro Vogel. Beim Verbraucherplastik traten Fragmente mit 86 % am häufigsten auf und wogen mit 0,13 g pro Vogel am meisten.

Tabelle 2: Übersicht über die Eigenschaften und Mageninhalten der Eissturmvögel, die 2023 im Rahmen des Monitorings analysiert werden konnten. Die Kopfzeile zeigt die Zusammensetzung der Stichprobe hinsichtlich Alter, Geschlecht und Herkunft (die Farbmorphe 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; van Franeker 2004). 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, das mittlere Gewicht der Partikel $\pm$ Standardfehler (se) pro Magen sowie das Maximalgewicht, das in einem Eissturmvogelmagen festgestellt wurde.

DEUTSCHLAND	Anzahl Vögel	% adult	% männlich	% LL Farbmorphe	Tod durch Öl	Durchschnitt Kondition
2023	7	71%	14%	100%	0%	1.3
	% betroffener Tiere	Durchschnitt Plastikanzahl (n/Vogel) $\pm$ se		Durchschnitt Plastikgewicht (g/Vogel) $\pm$ se		Maximalgewicht Plastik
GESAMTPLASTIK	86%	13.57	5.96	0.23	0.10	0.69
INDUSTRIELLES PLASTIK	71%	1.29	0.52	0.03	0.01	0.09
VERBRAUCHERPLASTIK	86%	12.29	5.89	0.20	0.10	0.66
Folien	57%	2.00	0.87	0.01	0.01	0.04
Schnüre	43%	1.14	0.70	0.00	0.00	0.00
Schaumstoff	29%	3.57	3.25	0.06	0.06	0.43
Fragmente	86%	5.57	2.02	0.13	0.07	0.48
anderes Plastik	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Aktuelle Situation

Wie oben erwähnt können die Belastungsniveaus für einzelne Jahre deutlich schwanken. Dies gilt insbesondere bei kleineren Stichproben in 2023 (vgl. Tabelle 3). Um die aktuelle Situation verlässlich einschätzen zu können empfiehlt sich daher die Betrachtung von 5-Jahresperioden. Im Zeitraum von 2018 bis 2022 hatten 91 % der 98 in Deutschland gefundenen Eissturmvoegel Plastik im Magen. Von 2019 bis 2023 lag dieser Anteil bei 89 % für eine Stichprobe von 92 Tieren (Tabelle 3).

Der maßgebliche Wert für die nationale und internationale Politik ist der Eissturmvogelschwellenwert. Für beide 5-Jahreszeiträume lagen 48 % der Eissturmvoegel oberhalb dieses Schwellenwertes von 0,1 g Plastik pro Vogel. Dies ist noch weit entfernt von der langfristigen politischen Zielmarke, die darauf abzielt, dass der Anteil der Eissturmvoegel mit mehr als 0,1 g Plastik im Magen auf unter 10 % reduziert werden muss für mindestens 5 aufeinanderfolgende Jahre.

Tabelle 3: Aktuelle Übersicht zum Gesamtplastik, das durch Eissturmvögel in Deutschland verschluckt wurde für die Jahre 2022 und 2023 und die 5-Jahresperioden von 2018-2022 und 2019-2023. Das Auftreten in % ist der Anteil der Vögel mit Plastik im Magen. Der Fulmar-TV ist der Eissturmvogelschwellenwert und gibt den Anteil der Vögel in % an, die mehr als 0,1 g Plastik im Magen haben. Das langfristige politische Ziel ist, dass dieser Anteil auf 10% oder weniger sinkt.

		GESAMTPLASTIK			
	n Vögel	Auftreten in %	Partikel n/Vogel	Gewicht in g/Vogel	Fulmar-TV (% > 0.1g)
2022	26	88%	13.58	0.26	42%
Periode 2018-2022	98	91%	16.98	0.28	48%
2023	7	86%	13.57	0.23	57%
Periode 2019-2023	92	89%	15.96	0.26	48%

Für die aktuelle 5 Jahresperiode (2019-2023) konnte für 92 Eissturmvögel der Mageninhalt analysiert werden (Tabelle 4). 89 % der Magenproben enthielten Plastik mit durchschnittlich 15,96 Partikeln und 0,26 g pro Vogel. Verbraucherplastik fand sich hierbei in 87 % aller untersuchten Mägen mit durchschnittlich 14,12 Partikel und 0,22 g pro Vogel. Industrielles Plastik war in 57 % aller Mägen zu finden mit durchschnittlich 1,84 Partikel und 0,04 g pro Vogel. Beim Verbraucherplastik waren Fragmente erneut die wichtigste Unterkategorie. Sie befanden sich in 84 % aller Mägen mit durchschnittlich 8,21 Partikeln und 0,11 g pro Vogel. 37 % der Tiere waren adult und 39 % männlich. Die durchschnittliche Körperkondition lag bei 1,1 und war damit sehr gering (Tabelle 4). Die meisten der untersuchten Eissturmvögel waren verhungert. Die Körperkondition hat im Gegensatz zum Alter der Tiere jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die aufgenommenen Plastikmengen (van Franeker & Meijboom 2002). So sind die verschluckten Mengen bei verhungerten Eissturmvögeln aus dem Spülsaum mit denen von fitten Tieren, die z.B. als Beifangopfer aus der Langleinenfischerei stammen, vergleichbar.

Tabelle 4: Übersicht über die Eigenschaften und Mageninhalten der Eissturmvögel, die für die aktuelle 5-Jahresperiode von 2019 bis 2023 im Rahmen des Monitorings analysiert werden konnten. Die Kopfzeile zeigt die Zusammensetzung der Stichprobe hinsichtlich Alter, Geschlecht und Herkunft (die Farbmorphe 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; van Franeker 2004). 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, das mittlere Gewicht der Partikel $\pm$ Standardfehler (se) pro Magen sowie das Maximalgewicht, das in einem Eissturmvogelmagen festgestellt wurde.

DEUTSCHLAND	Anzahl Vögel	% adult	% männlich	% LL Farbmorphe	Tod durch Öl	Durchschnitt Kondition
2019-2023	92	37%	39%	90%	0%	1.1
	% betroffener Tiere	Durchschnitt Plastikanzahl Plastikteile (n/Vogel) $\pm$ se		Durchschnitt Plastikgewicht (g/Vogel) $\pm$ se		Maximalgewicht Plastik
GESAMTPLASTIK	89%	15.96	2.39	0.26	0.06	3.14
INDUSTRIELLES PLASTIK	57%	1.84	0.34	0.04	0.01	0.74
VERBRAUCHERPLASTIK	87%	14.12	2.24	0.22	0.05	2.95
Folien	46%	1.89	0.42	0.01	0.00	0.14
Schnüre	29%	0.79	0.20	0.01	0.00	0.14
Schaumstoff	40%	3.02	0.91	0.04	0.02	1.22
Fragmente	84%	8.21	1.28	0.11	0.03	2.56
anderes Plastik	14%	0.21	0.06	0.05	0.03	2.93

Zeitreihen zum Magenmüll und Eissturmvogelschwellenwert

Seit dem Beginn des deutschen Eissturmvogel Müll Monitorings im Rahmen des EU-Projekts „Save the North Sea“ stieg der Gesamtplastikgehalt in den Eissturmvogelmägen von der 5-Jahresperiode 2002-2006 von 0,30 g pro Vogel auf ein Maximum von 0,41 g pro Vogel für die Periode 2007-2011 (Abbildung 1). Seither nahm der Gesamtplastikgehalt zunächst zügig wieder ab auf 0,29 g pro Vogel von 2009-2013. Seitdem schwankte der Wert zwischen 0,28 und 0,32 g mit einer weiter leicht abnehmenden Tendenz. Für den aktuellen Zeitraum von 2019-2023 liegt der Wert bei einem Minimum von 0,26 g Vogel wie bereits im Zeitraum von 2017-2021.

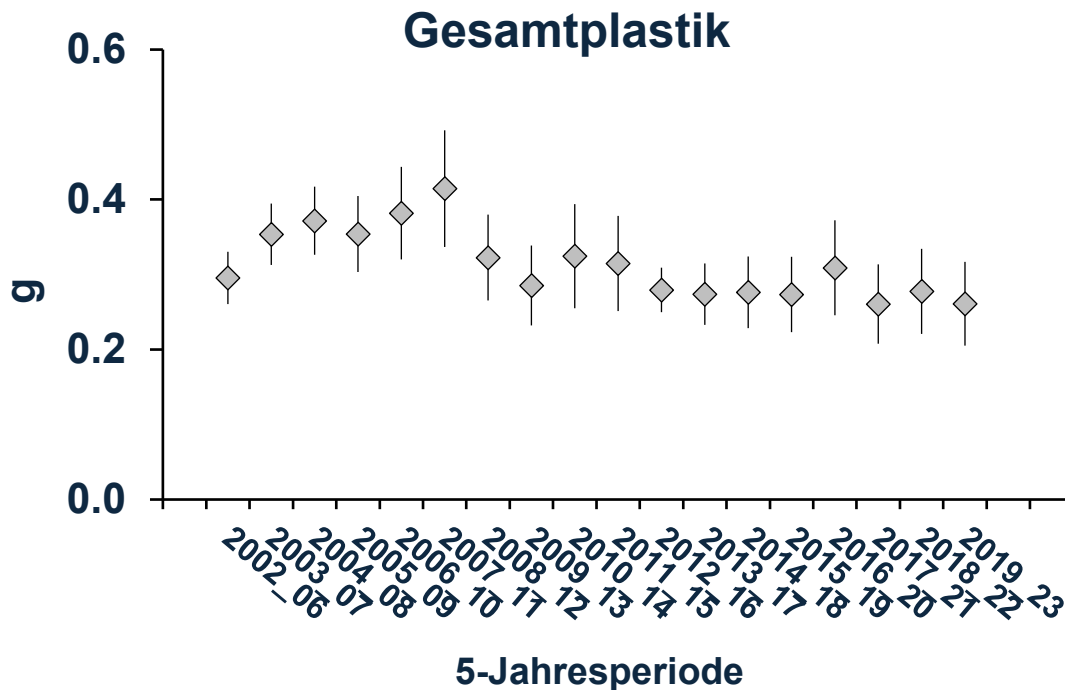


Abbildung 1: Zeitreihe zum Gesamtplastik (in g) in Eissturvmägen aus Deutschland für fortlaufende 5-Jahresperioden von 2002-2023. Die Balken geben den Standardfehler für jeden 5-Jahresmittelwert an.

Betrachtet man die 5-Jahresmittelwerte für Verbraucherplastik und Industrielles Plastik so ist die unterschiedliche Skalierung beider Achsen zu beachten (Abbildung 2). Der Wert für Verbraucherplastik liegt fallweise zwischen mindestens vier bis maximal sechs Mal so hoch wie der für Industrielles Plastik. Während der Wert für Industrieplastik für den Großteil der 5-Jahresperioden um 0,06 g pro Vogel schwankt, zeigt der Wert für das Verbraucherplastik einen parallelen Verlauf wie zuvor für das Gesamtplastik dargestellt (Abbildung 1). Vom Beginn des Monitorings mit 0,24 g pro Vogel (2002-2006) steigt die Menge an Verbraucherplastik bis zu einem Höchstwert von 0,36 g pro Vogel von 2007-2011 an und geht zunächst schneller und zuletzt langsamer bis auf den aktuellen Wert von 0,22 g pro Vogel (2019-2023) zurück (Abbildung 2).

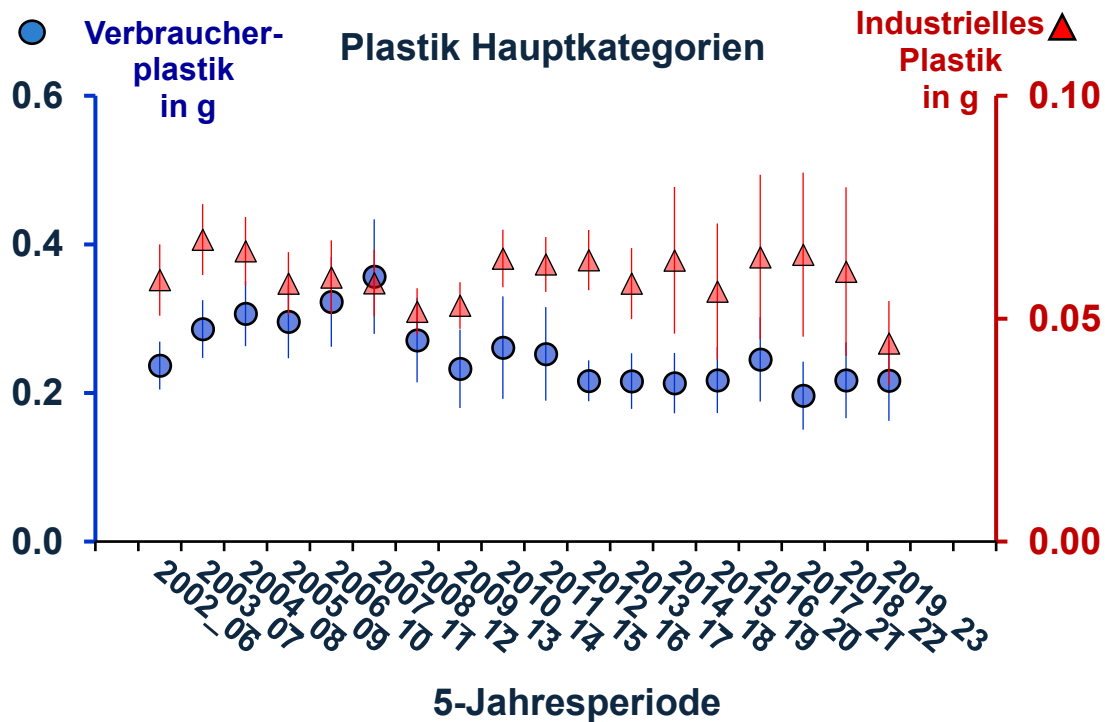


Abbildung 2: Zeitreihe zu den zwei Hauptplastikkategorien Verbraucherplastik und Industrielles Plastik (in g) in Eissturmvogelmägen aus Deutschland für fortlaufende 5-Jahresperioden von 2002-2023. Die blauen Kreise geben die Mittelwerte für Verbraucherplastik an und beziehen sich auf die blaue Achse links. Die roten Dreiecke geben die Mittelwerte für Industrielles Plastik an und beziehen sich auf die rote Achse rechts. Die Balken geben den Standardfehler für jeden 5-Jahresmittelwert an.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum von 2002 bis 2023 liegt der Großteil der Eissturmvögel noch deutlich oberhalb des OSPAR/EU-Eissturmvogelschwellenwerts (Abbildung 3). Der Kurvenverlauf für den Anteil der Vögel, die den Schwellenwert überschreiten, ähnelt in Grundzügen dem Verlauf für Gesamt- (Abbildung 1) und Verbraucherplastik (Abbildung 2). Zu Beginn der Untersuchungen in Deutschland (2002-2006) liegen 56 % oberhalb des Grenzwerts von 0,1 g Plastik pro Magen. Von 2006-2010 überschreitet ein Maximum von 62 % die Zielmarke, danach geht der Anteil der Vögel oberhalb der Schwelle schrittweise zurück. Für den aktuellen 5-Jahreszeitraum liegen 48 % der Eissturmvögel über dem Zielwert. Um den Eissturmvogelschwellenwert langfristig zu erreichen sind daher weitere politische Anstrengungen erforderlich und es müssen weitere Maßnahmen umgesetzt werden, die den Eintrag von Plastikmüll in die Nordsee reduzieren. Dies betrifft sowohl die landseitigen wie auch die seeseitigen Einträge. Van Franeker et al. (2021) schätzten auf Basis aller Daten bis 2018, dass es nordseeweit noch bis 2054 dauern kann, bevor der Schwellenwert erreicht wird. Für Deutschland zeigen Schätzungen, welche Daten bis 2019 berücksichtigen, dass dieser Wert bereits im Jahr 2049 erreicht werden kann, davon ausgehend, dass kontinuierlich Maßnahmen getroffen werden um Plastikmüll weiter zu reduzieren (Kühn et al. 2022a). Neuere Daten aus den Niederlanden allerdings zeigen, dass sich diese Jahreszahl zunehmend nach hinten verschiebt, für den aktuellen Zeitraum 2002-2023 erwarten Kühn et al. (2024), dass der Schwellenwert erst in 2087 unterschritten wird.

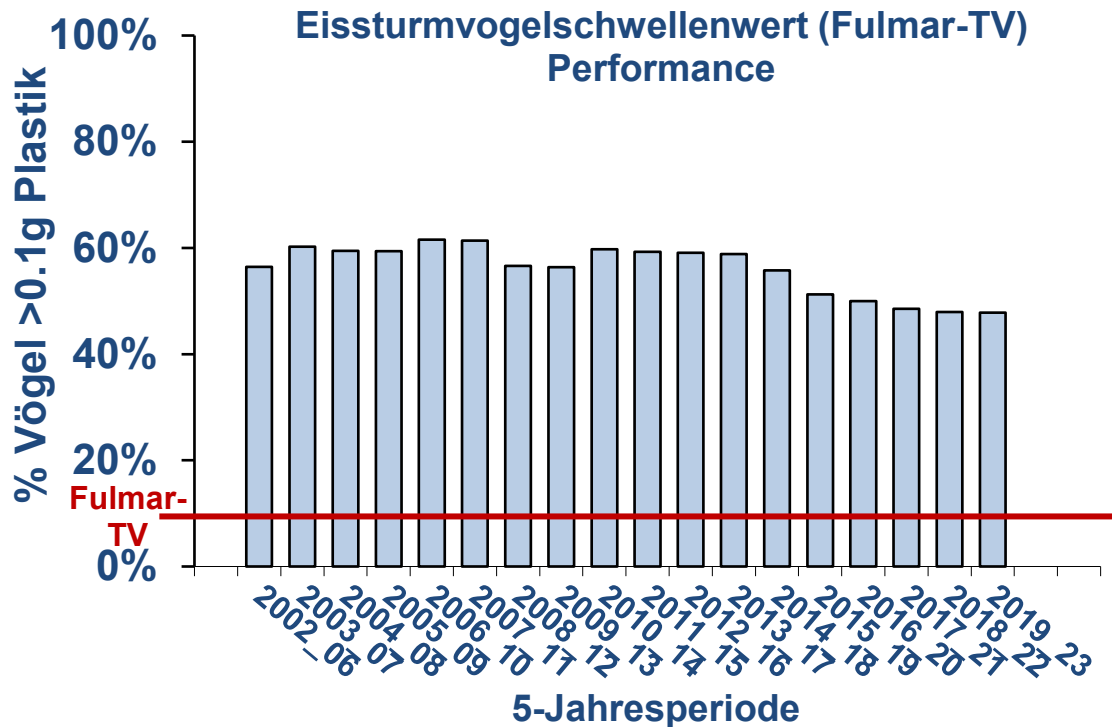


Abbildung 3: Zeitreihe des Eissturmvogelschwellenwerts für in Deutschland gefundene Eissturmvögel für fortlaufende 5-Jahresperioden von 2002-2023. Die blauen Balken zeigen den Anteil der Eissturmvögel in % an, die über dem Schwellenwert von 10 % mit 0,1 g Plastik pro Magen liegen. Die rote Linie zeigt den Schwellenwert.

Trends

Weder der Langzeittrend von 2002 bis 2023 (Tabelle 5A) noch der 10-Jahrestrend von 2014 bis 2023 (Tabelle 5B) zeigen eine signifikante Veränderung für die Plastikmüllmengen in Eissturmvögeln aus Deutschland. Dies gilt für die Mengen des aufsummierten Gesamtplastiks sowie für die Betrachtung der beiden Hauptkategorien Industrielles und Verbraucherplastik. Der t-Wert ist jedoch für alle getesteten Kategorien und für beide Zeiträume negativ. Das bedeutet, dass das Plastik in den Eissturmvogelmägen aus Deutschland tendenziell sowohl kurzfristig, als auch langfristig gesehen abnimmt.

Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit internationalen Daten. Auch in den Niederlanden nimmt das Plastikgewicht in Eissturmvögeln im vergleichbaren Zeitraum leicht ab, die Veränderung ist aber auch hier nicht signifikant (Kühn et al. 2024). Nur im Vereinigten Königreich wird gegenwärtig ein signifikant abnehmender Trend in den letzten 10 Jahren beobachtet (Kühn & Van Franeker 2024).

Tabelle 5: Trendberechnungen gemäß der OSPAR-Richtlinien (2015) als lineare Regression, die das ln-transformierte Plastikgewicht eines jeden Eissturmvogels gegen das Fundjahr verwendet. Die Tests wurden für Industrielles Plastik und Verbraucherplastik und für ihre Kombination als Gesamtplastik berechnet. Die Testergebnisse werden A: für den gesamten verfügbaren Datensatz als Langzeittrend berechnet und B: für den neuesten 10-Jahreszeitraum. Es wird die Stichprobengröße (n), die Konstante und die Steigung angegeben inklusive des Standardfehlers. Ein negativer t-Wert zeigt eine Abnahme der getesteten Müllkategorie. Die Signifikanzschwelle liegt bei ($p < 0,05$).

A. LANGZEITTREND 2002 - 2023							
Für Plastik in Eissturmvogelmägen in Deutschland							
	n	Konstante	Steigung	se	t	p	
Industrielles Plastik (lnGIND)	888	33.5	-0.0189	0.0134	-1.42	0.157	<i>n.s.</i>
Verbraucherplastik (lnGUSE)	888	25.2	-0.0139	0.0116	-1.20	0.229	<i>n.s.</i>
Gesamtplastik (lnGPLA)	888	29.1	-0.0156	0.0115	-1.36	0.176	<i>n.s.</i>
B. 10-JAHRESTREND 2014 - 2023							
Für Plastik in Eissturmvogelmägen in Deutschland							
	n	Konstante	Steigung	se	t	p	
Industrielles Plastik (lnGIND)	205	61.0	-0.0326	0.0551	-0.59	0.555	<i>n.s.</i>
Verbraucherplastik (lnGUSE)	205	124.0	-0.0629	0.0505	-1.25	0.214	<i>n.s.</i>
Gesamtplastik (lnGPLA)	205	59.0	-0.0305	0.0512	-0.60	0.552	<i>n.s.</i>

4 Kernpunkte

- Auch wenn Plastik in Mägen von Eissturmvögeln leicht abnimmt, ist dieser Trend nicht signifikant. Mit 48% aller Vögel, die mehr als 0,1 g Plastik im Magen haben, ist der Schwellenwert von 10% noch weit entfernt.
- Vorsichtsmaßnahmen im Bezug auf Vogelgrippe haben das Sammeln von Eissturmvögeln in den letzten Jahren stark eingeschränkt. Diese Vorsichtsmaßnahmen erschweren auch die Einarbeitung neuer Freiwilliger und führen zu niedrigen Stichprobenzahlen.
- Im aktuellen Zeitraum (2019-2023) hatten 89 % der 92 untersuchten Eissturmvögel Plastik im Magen. Im Durchschnitt hatte jeder Vogel 16 Stück Plastik verschluckt mit einem durchschnittlichen Gewicht von 0,26 Gramm.

5 Danksagung

Wir bedanken uns für die Finanzierung dieses Projektes durch den NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz). Für die gute Zusammenarbeit während der Studie danken wir K. Dau und J. Witt (beide NLWKN). Wir danken unseren Kollegen am FTZ Westküste (Universität Kiel) und Wageningen Marine Research für die gute Kooperation.

Wir möchten allen Behörden, Institutionen und Umweltverbänden danken, die unsere Arbeit seit 2002 maßgeblich unterstützen: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Nationalparkverwaltung im Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein (LKN-SH), Schutzstation Wattenmeer e.V., Der Mellumrat e.V., Landesmuseum Natur und Mensch in Oldenburg, Öömrang Ferian i.f., Seehundstation Nationalpark-Haus Norden-Norddeich, Naturschutzbund Deutschland e.V., Verein Jordsand e.V.

Ein besonderer Dank geht an die mittlerweile hunderten Unterstützer, die über die Jahre freiwillig Eissturmvögel an der deutschen Nordseeküste eingesammelt haben. Ohne ihre Motivation und Unterstützung wäre das Eissturmvogel Müll Monitoring nicht möglich.

6 Literatur

- APHA, 2024. Interactive dashboard of findings of bird flu in wild birds in Great Britain. Animal & Plant Health Agency (APHA). <https://experience.arcgis.com/experience/313cd139a753429f8050673f929f344d>.
- Browne, M.A., Underwood, A., Chapman, M., Williams, R., Thompson, R.C., van Franeker, J.A., 2015. Linking effects of anthropogenic debris to ecological impacts. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences 282, 20142929. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.2929>.
- Charlton-Howard, H.S., Bond, A.L., Rivers-Auty, J., Lavers, J.L., 2023. 'Plasticosis': Characterising macro- and microplastic-associated fibrosis in seabird tissues. Journal of Hazardous Materials 450, 131090. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131090>.
- EC, 2000. Directive 2000/59/EC of the European Parliament and of the Council of 27 November 2000 on port reception facilities for ship-generated waste and cargo residues. Official Journal of the European Communities L 332, pp 81-90.
- Enners, L., Kühn, S., Guse, N., 2022. Fulmar Litter Threshold Value Monitoring in Germany - 2020 & 2021. Verein Jordsand, Ahrensburg, Germany, pp 35. <https://edepot.wur.nl/637739>.
- ESFA (European Food Safety Authority, European Centre for Disease Prevention and Control), European Union Reference Laboratory for Avian Influenza, Alexakis, L., Buczkowski, H., Ducatez, M., Fusaro, A., Gonzales, J.L., Kuiken, T., Ståhl, K., Staubach, C., Svartström, O., Terregino, C., Willgert, K., Delacourt, R., Kohnle, L., 2024. Avian influenza overview June–September 2024. EFSA Journal 22, e9057. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.9057>.
- Fackelmann, G., Pham, C.K., Rodríguez, Y., Mallory, M.L., Provencher, J.F., Baak, J.E., Sommer, S., 2023. Current levels of microplastic pollution impact wild seabird gut microbiomes. Nature Ecology & Evolution 7, 698-706. <https://doi.org/10.1038/s41559-023-02013-z>.
- Guse, N., Fleet, D., Van Franeker, J.A., Garthe, S., 2005. Der Eissturmvogel (*Fulmarus glacialis*) – Mülleimer der Nordsee? Seevögel 26, 3-12.
- Guse, N., Weiel, S., Markones, N., Garthe, S., 2012. OSPAR Fulmar Litter EcoQO - Masse von Plastikmüllteilen in Eissturmvogelmägen. Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Büsum, Germany, pp 10.
- Knief, U., Bregnballe, T., Alfarwi, I., Ballmann, M.Z., Brenninkmeijer, A., Bzoma, S., Chabrolle, A., Dimmlich, J., Engel, E., Fijn, R., Fischer, K., Hälterlein, B., Haupt, M., Hennig, V., Herrmann, C., in 't Veld, R., Kirchhoff, E., Kristersson, M., Kühn, S., Larsson, K., Larsson, R., Lawton, N., Leopold, M., Lilipaly, S., Lock, L., Marty, R., Matheve, H., Meissner, W., Morrison, P., Newton, S., Olofsson, P., Packmor, F., Pedersen, K.T., Redfern, C., Scarton, F., Schenk, F., Scher, O., Serra, L., Sibille, A., Smith, J., Smith, W., Sterup, J., Stienen, E., Strassner, V., Valle, R.G., van Bemmelen, R.S.A., Veen, J., Vervaeke, M., Weston, E., Wojcieszek, M., Courtens, W., 2024. Highly pathogenic avian influenza causes mass mortality in Sandwich Tern *Thalasseus sandvicensis* breeding colonies across north-western Europe. Bird Conservation International 34, e6. <https://doi.org/10.1017/S0959270923000400>
- Kühn, S., Bravo Rebolledo, E.L., van Franeker, J.A., 2015. Deleterious effects of litter on marine life. In: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (eds) Marine Anthropogenic Litter. Springer, pp 75-116. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_4.
- Kühn, S., Van Franeker, J.A., 2020. Quantitative overview of marine debris ingested by marine megafauna. Marine Pollution Bulletin 151, 110858. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110858>.

- Kühn, S., Booth, A.M., Sørensen, L., van Oyen, A., van Franeker, J.A., 2020. Transfer of Additive Chemicals From Marine Plastic Debris to the Stomach Oil of Northern Fulmars. *Frontiers in Environmental Science* 8, 138. <http://dx.doi.org/10.3389/fenvs.2020.00138>.
- Kühn, S., Guse, N., Garthe, S., Enners, L., Van Franeker, J.A., 2022a. Der Eissturmvogel und das Plastik. Seevögel (Special issue in German with English summary) 43, 72-82. <https://edepot.wur.nl/587760>. Full issue: <https://www.jordsand.de/2023/01/25/sonderheft-%C3%BCber-eissturmvogel-ver%C3%B6ffentlicht/>.
- Kühn, S., Van Franeker, J.A., Van Loon, W., 2022b. Plastic Particles in Fulmar Stomachs in the North Sea. In: OSPAR 2023 (ed) The 2023 Quality Status Report for the Northeast Atlantic. OSPAR Commission, London, pp 25. <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/indicator-assessments/plastic-in-fulmar/>.
- Kühn, S., Van Franeker, J.A., 2024. Fulmar Litter Monitoring in the UK – Update 2022. Wageningen Marine Research Report C082/23 Den Helder. The Netherlands, pp 24. <https://doi.org/10.18174/643309>.
- Kühn, S., Meijboom, A., Bittner, O., Van Franeker, J.A., 2024. Fulmar Litter Monitoring in the Netherlands – Update 2023 Wageningen Marine Research Report C042/24 and RWS Centrale Informatievoorziening Report BM 24.15, Den Helder, The Netherlands, pp 54. <https://doi.org/10.18174/661642>.
- Laist, D.W., 1987. Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 18, 319-326. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(87\)80019-X](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(87)80019-X).
- Laist, D.W., 1997. Impacts of marine debris: Entanglement of Marine Life in Marine Debris Including a Comprehensive List of Species with Entanglement and Ingestion Records. In: Coe, J.M., Rogers, D.B. (eds) *Marine Debris Sources, Impacts and Solutions*. Springer Series on Environmental Management, New York, pp 99-132.
- Newman, S., Watkins, E., Farmer, A., ten Brink, P., Schweitzer, J.-P., 2015. The economics of marine litter. In: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (eds) *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, pp 367-394. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_14.
- OSPAR, 2008. Background document for the EcoQO on plastic Particles in stomachs of seabirds. OSPAR Commission, London, pp 13. <https://www.ospar.org/documents?v=7109>.
- OSPAR, 2010. The OSPAR system of Ecological Quality Objectives for the North Sea: a contribution to OSPAR's Quality Status Report 2010, London & Rijswijk, pp 16.
- OSPAR, 2015. Guidelines for Monitoring of plastic particles in stomachs of fulmars in the North Sea area, pp 26. <http://www.ospar.org/convention/agreements?q=fulmar&t=32281&a=&s>.
- OSPAR, 2020. Summary record of the meeting of the OSPAR Commission, videoconference 8-9 December 2020. OSPAR 20/12/1-E. OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, London, UK, pp 23. <https://www.ospar.org/meetings/archive/ospar-commission-17>.
- Rivers-Auty, J., Bond, A.L., Grant, M.L., Lavers, J.L., 2023. The one-two punch of plastic exposure: Macro- and micro-plastics induce multi-organ damage in seabirds. *Journal of Hazardous Materials* 442, 130117. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130117>.
- Rochman, C.M., Browne, M.A., Underwood, A.J., van Franeker, J.A., Thompson, Richard C., Amaral-Zettler, L.A., 2016. The ecological impacts of marine debris: unravelling the demonstrated evidence from what is perceived. *Ecology* 97, 302-312. <https://doi.org/10.1890/14-2070.1>.

- Schäfer, E., Scheele, U., Papenjohn, M., 2019. Erfassung der Quellen der Mülleinträge ins Meer an der deutschen Nordseeküste: Praxisanwendung der Matrix-Scoring-Methode. Bericht erstellt im Auftrag des NLWKN und des LKN-SH. <https://www.muell-im-meer.de/de/aktivitaeten/erfassung-der-quellen-der-muelleintraege-ins-meer-der-deutschen-nordseekueste>
- Serafini, P.P., Vanstreels, R.E.T., Uhart, M., Dewar, M., Wille, M., Roberts, L., Black, J., Jiménez-Uzcátegui, G., Baker, H., Michael, S., Gartrell, B., Gamble, A., Younger, J., Lopez, V., Work, T., 2023. Guidelines for working with albatrosses and petrels during the high pathogenicity avian influenza (HPAI) H5N1 panzootic, pp 11. <https://www.acap.aq/resources/disease-threats/avian-flu>.
- Sühling, R., Baak, J.E., Letcher, R.J., Braune, B.M., de Silva, A., Dey, C., Fernie, K., Lu, Z., Mallory, M.L., Avery-Gomm, S., Provencher, J.F., 2022. Co-contaminants of microplastics in two seabird species from the Canadian Arctic. *Environmental Science and Ecotechnology* 12, 100189. <https://doi.org/10.1016/j.es.2022.100189>.
- Tanaka, K., Yamashita, R., Takada, H., 2018. Transfer of Hazardous Chemicals from Ingested Plastics to Higher-Trophic-Level Organisms. *The Handbook of Environmental Chemistry*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/698_2018_255.
- Van Franeker, J.A., Meijboom, A., 2002. Litter NSV - Marine litter monitoring by northern fulmars. A pilot study. Alterra, Wageningen, pp 72.
- Van Franeker, J.A., 2004. Save the North Sea Fulmar Litter EcoQO manual Part 1: Collection and dissection procedures. Alterra, Wageningen, pp 38. <http://edepot.wur.nl/40451>.
- Van Franeker, J.A., Heubeck, M., Fairclough, K., Turner, D.M., Grantham, M., Stienen, E.W., Guse, N., Pedersen, J., Olsen, K.O., Andersson, P.J., 2005. 'Save the North Sea' Fulmar Study 2002-2004: a regional pilot project for the Fulmar-Litter-EcoQO in the OSPAR area. Alterra, 1566-7197, pp 73. <https://edepot.wur.nl/35175>.
- Van Franeker, J.A., Blaize, C., Danielsen, J., Fairclough, K., Gollan, J., Guse, N., Hansen, P.L., Heubeck, M., Jensen, J.K., Le Guillou, G., Olsen, B., Olsen, K.O., Pedersen, J., Stienen, E.W., Turner, D.M., 2011. Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar *Fulmarus glacialis* in the North Sea. *Environmental Pollution* 159, 2609-2615. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.06.008>.
- Van Franeker, J.A., Kühn, S., Anker-Nilssen, T., Edwards, E.W.J., Gallien, F., Guse, N., Kakkonen, J.E., Mallory, M.L., Miles, W., Olsen, K.O., Pedersen, J., Provencher, J., Roos, M., Stienen, E., Turner, D.M., van Loon, W.M.G.M., 2021. New tools to evaluate plastic ingestion by northern fulmars applied to North Sea monitoring data 2002–2018. *Marine Pollution Bulletin* 166, 112246. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112246>.
- Werner, S., Budziak, A., van Franeker, J.A., Galgani, F., Hanke, G., Maes, T., Matiddi, M., Nilsson, P., Oosterbaan, L., Priestland, E., Thompson, R., Veiga, J., Vlachogianni, T., 2016. Harm caused by Marine Litter. JRC Technical Report EUR 28317 EN doi: <https://doi.org/10.2788/690366>, pp 91.
- Werner, S., Fischer, E., Fleet, D., Galgani, F., Hanke, G., Kinsey, S., Mattidi, M., 2020. Threshold Values for Marine Litter, Luxembourg, pp 27. <https://doi.org/10.2760/192427>.
- Yamashita, R., Hiki, N., Kashiwada, F., Takada, H., Mizukawa, K., Hardesty, B.D., Roman, L., Hyrenbach, D., Ryan, P.G., Dilley, B.J., Muñoz-PÉrez, J.P., Valle, C.A., Pham, C.K., Frias, J., Nishizawa, B., Takahashi, A., Thiebot, J.-B., Will, A., Kokubun, N., Watanabe, Y.Y., Yamamoto, T., Shiomi, K., Shimabukuro, U., Watanuki, Y., 2021. Plastic additives and legacy persistent organic pollutants in the preen gland oil of seabirds sampled across the globe. *Environmental Monitoring and Contaminants Research* 1, 97-112. <https://doi.org/10.5985/emcr.20210009>.