



# **Eissturmvogel Müll Monitoring in Deutschland – Aktualisierung 2024**

**Nils Guse, Susanne Kühn & Stefan Garthe**

**September 2025**

**Erstellt im Auftrag der Nationalparkverwaltung Schleswig-Holsteini-  
sches Wattenmeer im Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark  
und Meeresschutz Schleswig-Holstein (LKN.SH)**

<b>Auftraggeber</b>	Nationalparkverwaltung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer im Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein
<b>Vorhabensbezeichnung:</b>	Eissturmvogel Müll Monitoring in Deutschland – Aktualisierung 2024
<b>Projektleiter:</b>	Dr. Nils Guse
<b>Autor*innen:</b>	Dr. Nils Guse Dr. Susanne Kühn Prof. Dr. Stefan Garthe
<b>Auftragnehmer:</b>	Dr. Nils Guse, Dohrnstraße 12a, 25764 Wesselburen, <a href="mailto:fulmarnils@gmail.com">fulmarnils@gmail.com</a>
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b>	20.11.2024 – 30.09.2025
<b>Berichtszeitraum:</b>	01.01.2024 – 31.12.2024

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

Die nationale behördliche Umsetzung des Monitorings von Plastikpartikeln in Eissturmvogelmägen an der deutschen Nordseeküste im Rahmen von OSPAR und der MSRL erfolgt in Kooperation der Nationalparkverwaltung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer im Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein (LKN.SH), des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), der Nationalparkverwaltung Hamburgisches Wattenmeer in der Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA) in Hamburg. Die Federführung unterliegt dem LKN.SH. Die Datenerfassung im Feld erfolgt u. a. auch mit lokalen Partner\*innen.

Die Finanzierung erfolgt durch:



*Dieser Bericht ist durch die Nationalparkverwaltung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer im Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein (LKN.SH) 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 LKN.SH übereinstimmen. Der LKN.SH 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.*

#### **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 dem Meer. Foto: Susanne Kühn

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	4
Summary .....	5
1 Einleitung .....	6
2 Material und Methoden .....	8
Sammlung, Transport und Lagerung von Eissturmvögeln .....	8
Sektionen, Workshops und Mageninhaltsanalysen .....	9
Sektionen .....	9
Workshops .....	9
Mageninhaltsanalysen .....	9
Müllkategorien im Mageninhalt .....	10
Datenpräsentation und Statistik .....	10
3 Ergebnisse und Diskussion .....	11
Das Jahr 2024 .....	12
Aktuelle Situation .....	12
Trends .....	16
4 Kernpunkte .....	17
5 Danksagung .....	18
6 Literatur .....	18

## Zusammenfassung

Meeresmüll und hier insbesondere Plastik ist ein global zunehmendes Problem mit umfangreichen ökonomischen und ökologischen Folgen. Mittlerweile ist nahezu das gesamte marine Nahrungsnetz von der Verstrickung in oder dem Verschlucken von Plastikmüll betroffen. Nach Vorarbeiten aus den Niederlanden wird der Eissturmvogel (*Fulmarus glacialis*) seit 2002 nordseeweit als Indikator für die Plastikmüllbelastung eingesetzt. Er eignet sich in besonderer Weise, da er ein echter Hochseevogel ist und regelmäßig bei der Nahrungssuche Plastik an der Meeresoberfläche aufnimmt, welches er im Magen speichert. Zudem ist er regelmäßig als Totfund im Spülsaum anzutreffen. Durch die Analyse der Plastikpartikel in den Eissturmvogelmägen lassen sich Langzeitdaten zum Umweltzustand der Nordsee sammeln.

Zunächst wurde im Rahmen der OSPAR Meeresschutzkonvention ein Ökologisches Qualitätsziel für den Eissturmvogel für die Nordsee (Fulmar Litter EcoQO) entwickelt und formuliert, das verbindlich festlegte, wie die Plastikmüllbelastung zu reduzieren sei (OSPAR 2008, OSPAR 2010). Auch die europäische Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL 2008/56/EG, EC 2008) verwendet den Eissturmvogel als Indikator für die Bewertung des Guten Umweltzustands (GES). Er wird für das Kriterium D10C3 in der Nordsee verwendet („Abfälle und Mikroabfälle werden von Meerestieren in einer Menge aufgenommen, die die Gesundheit der betroffenen Arten nicht beeinträchtigt“). Nach wissenschaftlicher Herleitung wurde 2020 das OSPAR EcoQO durch den neuen Eissturmvogelschwellenwert (Fulmar Threshold Value, FTV) für OSPAR und die EU MSRL ersetzt. Die langfristige Zielmarke fordert: „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).

Neben der Bewertung des Guten Umweltzustands anhand des Kriteriums D10C3 werden die Eissturmvogel-daten für die deutschen Nordsee zusätzlich für die Bewertung des Indikators für ein operatives Umweltziel benutzt, das 2024 aktualisiert wurde. Das neue deutsche operative Umweltziel UZ 5.3 besagt: „Die Anzahl der Plastikteile in den Mägen von Eissturmvögeln der deutschen Nordsee ist bis zur Erreichung des bestehenden Schwellenwertes weiter zu reduzieren“. Es wird durch den folgenden Indikator gemessen: „Trend der Plastikteile in den Mägen von Eissturmvögeln“.

Seit 2002 findet das Eissturmvogel Müll Monitoring in Deutschland durchgängig statt. Nach vielen Jahren mit wechselnder und zum Teil fehlender Projektfinanzierung haben sich nun die Küstenbundesländer Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Hamburg zusammengetan, um ab Herbst 2024 das Monitoring gemeinschaftlich zu finanzieren. Der aktuelle Bericht liefert die Daten für 2024 mit 17 Eissturmvögeln und ergänzt die 2023er Daten um 3 weitere Tiere. Betrachtet werden vornehmlich 5-Jahresperioden um jährliche Schwankungen abzumildern. Von 2020-2024 wiesen 92% der 86 deutschen Eissturmvögel Plastik im Magen auf. Dies waren im Mittel 17 Partikel mit 0,31 g pro Vogel. 52% der Tiere lagen oberhalb des Schwellenwerts von 0,1 g Plastik pro Vogel. Diese Werte liegen höher als für die vorangegangenen 5-Jahreszeiträume.

Mit mehr der Hälfte aller Vögel über dem Schwellenwert, ist Deutschland noch weit entfernt davon den Zielwert zu erreichen, dass unter 10% der Vögel mehr als 0,1 g Plastik im Magen haben dürfen. Seit 2002 lässt sich nur für Industrielles Plastik eine signifikante Abnahme beobachten. Verbraucherplastik und Gesamtplastik nehmen seit 2002 nur langsam ab. Beim 10-Jahrestrend ist für alle 3 Kategorien eine Stabilisierung zu beobachten. Deutschland und die anderen Nordseeanrainer müssen weiterführende und verstärkte Maßnahmen ergreifen, um den Schwellenwert langfristig zu erreichen.

## Summary

Marine litter, especially plastic, is a growing global problem with far-reaching economic and ecological consequences. Almost the entire marine food web is now affected by entanglement in or ingestion of plastic waste. Following preliminary work in the Netherlands, the northern fulmar (*Fulmarus glacialis*) has been used as an indicator of plastic waste pollution throughout the North Sea since 2002. It is particularly suitable for this purpose as it is a true seabird and regularly ingests plastic from the sea surface while foraging, which it stores in its stomach. In addition, it is regularly found dead along the shores. By analysing the plastic particles in fulmar stomachs, long-term data on the environmental status of the North Sea can be collected.

First, an Ecological Quality Objective for the fulmar in the North Sea (Fulmar Litter EcoQO) was developed and formulated within the framework of the OSPAR Convention on the Protection of the Marine Environment, which set out binding requirements for reducing plastic waste pollution (OSPAR 2008, OSPAR 2010). The European Marine Strategy Framework Directive (MSFD 2008/56/EC, EC 2008) also uses the fulmar as an indicator for assessing Good Environmental Status (GES). It is used for criterion D10C3 in the North Sea ('Waste and micro-waste are ingested by marine animals in quantities that do not adversely affect the health of the species concerned'). Following scientific derivation, the OSPAR EcoQO was replaced in 2020 by the new Fulmar Threshold Value (FTV) for OSPAR and the EU MSFD. The long-term target 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 may exceed 0.1 g of plastic particles in their stomachs'** (Van Franeker et al. 2021).

The Fulmar Litter Monitoring has been carried out continuously in Germany since 2002. After many years of fluctuating and, in some cases, lacking project funding, the coastal states of Schleswig-Holstein, Lower Saxony and Hamburg have now joined forces to jointly finance the monitoring from autumn 2024 onwards. The current report provides data for 2024 with 17 fulmars and adds 3 more birds to the 2023 data. Five-year periods are primarily considered in order to mitigate annual fluctuations. From 2020 to 2024, 92% of 86 German fulmars had plastic in their stomachs. This amounted to an average of 17 particles weighing 0.31 g per bird. 52% of the birds exceeded the threshold value of 0.1 g of plastic per bird. These values are considerably higher than those for the previous five-year periods.

This means that Germany is still a long way from achieving its target of less than 10% of birds having more than 0.1 g of plastic in their stomachs. Since 2002, only industrial plastic has seen a significant decline. Consumer plastic and total plastic have only been declining slowly since 2002. The 10-year trend shows stabilisation for all three categories. Germany and the other North Sea coastal states must take further and more stringent measures to achieve the threshold value in the long term.

### 1 Einleitung

Wer in den 1950er und 1960er Jahren am Strand entlanglief, gehört zu denjenigen Menschen, die das Meer noch weitgehend frei von Plastikmüll erleben durften. Mittlerweile ist Meeresmüll und hierbei insbesondere Kunststoffmüll in der Nordsee und weltweit zu einem zunehmenden Problem geworden. Seit Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts wird Plastik industriell produziert (UBA 2013). Bis heute sind die Mengen an produzierten Kunststoffen explosionsartig angestiegen und damit auch die Menge an Plastikmüll, der über die Flüsse, Küsten, die Fischerei und Handelsschifffahrt in unsere Meere gelangt. Das umfasst sowohl Rohplastik (Industrielles Plastik bzw. Industrielle Plastikpellets), aus dem verschiedenste Produkte hergestellt werden, als auch Müll in Form ausgedienter Plastikprodukte (Verbraucherplastik).

Die ökonomischen Folgen des Meeresmülls betreffen zahlreiche Sektoren und Interessengruppen. Viele Küstengemeinden sind vom Tourismus abhängig und der Kosten- und Personalaufwand für Strandreinigungen ist enorm. Denn die Erholungssuchenden wünschen sich saubere Strände. Fischer brauchen viel Zeit, um ihre Netze und Fanggeräte von umhertreibenden Müllteilen zu befreien und den Fang vom Müll zu säubern. Darüber hinaus können Müllteile sogar Wasserzuläufe und Schiffschrauben blockieren und so Kosten verursachen bzw. ein ernstes Sicherheitsrisiko darstellen. Auch für Landwirte kann Meeresmüll zum Problem werden, wenn bei Stürmen Müll auf landwirtschaftlich genutzte Flächen geweht wird und dort z. B. von Weidetieren gefressen wird. Die ökonomischen Kosten, die Müll im Meer insgesamt verursacht sind schwer zu beziffern. Von einer Studie auf den Shetlandinseln und einigen Erhebungen andernorts deutet sich an, dass die Kosten sogar lokal Millionen von Euro betragen können (Hall 2000; Lozano & Mouat 2009; Mouat et al. 2010; Newman et al. 2015).

Die ökologischen Folgen des Meeresmülls sind durchaus noch komplexer und größer. Bekannt sind vor allem spektakuläre Fälle, wenn sich Wale, Robben, Meeresschildkröten und Seevögel tödlich in Plastikmüll verstricken oder durch das Verschlucken großer Müllteile ersticken. Das Entscheidende ist jedoch, dass heute das gesamte marine Ökosystem von den Auswirkungen von Plastikmüll betroffen ist. Bei den Strandfunden wird jedoch nur ein kleiner Teil der verstrickten Tiere sichtbar. Noch weniger greifbar ist das Verschlucken von Plastik. Letzteres ist weit verbreitet unter zahlreichen Arten von Seevögeln, Meeressäugern, Meeresschildkröten und Fischen (Laist 1987, 1997; Kühn et al. 2015; Kühn & Van Franeker 2020). Bei einigen Tieren können verschluckte Müllteile direkt tödlich sein, wesentlich problematischer ist vermutlich jedoch, dass große Teile ganzer Tierpopulationen mehr oder weniger stark unter den verschluckten Plastikteilen leiden. Dabei geht es oft um nicht sichtbare, subletale Effekte die schwer zu quantifizieren sind (Browne et al. 2015; Rochman et al. 2016; Werner et al. 2016). Das bedeutet, dass die Fitness der Tiere herabgesetzt ist und sich damit die Chancen reduzieren auch krisenhafte Zeiten zu überleben und sich erfolgreich fortzupflanzen.

In der jüngeren Vergangenheit mehren sich die Studien, die mechanische Effekte oder Organverletzungen nachweisen in Zusammenhang mit dem Verschlucken von Plastik. Charlton-Howard et al. (2023) und Rivers-Auty et al. (2023) berichten über Entzündungsreaktionen in Seevogelorganen, die mit verschlucktem Plastik in Kontakt kamen. Sowohl für den Eissturmvogel (*Fulmarus glacialis*) als auch für den Gelbschnabel-Sturmtaucher (*Calonectris borealis*) konnten Fackelmann et al. (2023) einen Einfluss auf das Darmmikrobiom durch Plastik feststellen. Des Weiteren konnte bei Seevögeln, die Plastik verschluckt hatten, nachgewiesen werden, dass toxische Zusatzstoffe ausgewaschen und adsorbierte organische Schadstoffe aufgenommen werden (Tanaka et al. 2018; Kühn et al. 2020; Yamashita et al. 2021; Sühring et al. 2022).

Von 2002 bis 2004 untersuchten erstmals Forscher aus allen Nordseeanrainerländern im Rahmen der „Save the North Sea“-Kampagne wie sich die Mengen an verschlucktem Plastik nordseeweit unterschieden (Van Franeker et al. 2005).

Folgende Punkte machen Eissturmvögel zu besonders geeigneten Gradmessern für die Plastikmüllbelastung auf dem 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.

Der Eissturmvogelindikator wurde international weiterentwickelt und geprüft und wurde seither als Fulmar Litter EcoQO (Ökologisches Qualitätsziel für die Plastikmüllbelastung von Eissturmvögeln) im Rahmen von OSPAR angewandt (OSPAR 2015).

Dieser OSPAR-Indikator wurde im Verlauf der Jahre auch für die europäische Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSFD, 2008/56/EC) angewendet und angepasst. Ziel der Richtlinie ist es einen guten Umweltzustand (GES) für die Meeresgebiete der EU zu erreichen. Der Deskriptor 10 (Abfälle im Meer) hat zum Ziel neue Mülleinträge zu vermeiden und die Müllmengen in den europäischen Meeresgebieten zu verringern. Der Deskriptor besagt: „Die Eigenschaften und Mengen der Abfälle im Meer haben keine schädlichen Auswirkungen auf die Küsten und Meeresumwelt“. Dieser Deskriptor beinhaltet verschiedene Kriterien. Der Eissturmvogelindikator findet Anwendung unter dem Kriterium D10C3. Dieses legt fest, dass Abfälle und Mikroabfälle von Meerestieren in einer Menge aufgenommen werden, die der Gesundheit der betroffenen Arten nicht schadet. Die Mitgliedsstaaten sind hierbei verpflichtet Schwellenwerte festzulegen durch Zusammenarbeit auf regionaler und subregionaler Ebene (Beschluss der EU-Kommission 2017/848, Werner et al. 2016). Van Franeker et al. (2021) erarbeiteten einen Vorschlag für einen neuen Schwellenwert. Dieser neue OSPAR / EU MSRL Eissturmvogelschwellenwert (Fulmar Threshold Value, Fulmar-TV, FTV) schlägt die Kanadische Arktis als sauberstes Referenzgebiet vor. 2020 hat dieser neue Schwellenwert das vormalige OSPAR EcoQO ersetzt (OSPAR 2020, EC 2022). Der Eissturmvogelschwellenwert hat folgende Definition:

**„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 0,1 g an Plastikstücken im Magen haben.“**

Dieser Schwellenwert soll für das Kriterium D10C3 angewandt werden in Gebieten in denen Eissturmvögel vorkommen (Werner et al. 2020).

Für den Zeitraum 2002 bis 2018 liegen die letzten nordseeweiten Daten für das Monitoring von Plastikteilen in den Mägen von Eissturmvögeln vor (OSPAR 3rd Intermediate Assessment; Kühn et al. 2022b). Van Franeker et al. (2021) benutzten diese Daten für die Herleitung des neuen Schwellenwerts und um zu modellieren, wann dieser vielleicht in der Zukunft erreicht werden kann.

Der Startschuss für die deutsche Beteiligung am Eissturmvogel Müll Monitoring war 2002 als die internationale „Save the North Sea“-Kampagne begann. Der Fokus lag zunächst darauf, ein Netzwerk an der gesamten deutschen Nordseeküste aufzubauen, um Eissturmvogelspülsaumfunde einzusammeln

und diese für die nachfolgenden Müllanalysen verfügbar zu machen. Das Einsammeln der Totfunde wird in Deutschland ganz überwiegend durch die hauptamtlichen und freiwilligen Mitarbeiter\*innen der drei Wattenmeernationalparks und angrenzenden Naturschutzgebiete durchgeführt. Dies umfasst Mitarbeiter\*innen der Landesbetriebe, Nationalparkbehörden und der betreuenden Umweltverbände. Ohne diesen Einsatz wäre das Monitoring nicht möglich. Von 2002 bis 2004 wurden die wissenschaftlichen und koordinativen Arbeiten durch das EU Interreg III B Programm gefördert (Guse et al. 2005, van Franeker et al. 2005). Die Koordination lag bei der Nationalparkverwaltung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer, die praktischen Arbeiten wie die Abholung der Funde und die Sektionen wurden von Mitarbeitern des Forschungs- und Technologiezentrums Westküste (FTZ) der Universität Kiel durchgeführt und die Mageninhaltsanalysen erfolgen durch Mitarbeiter von ALTERRA (später IMARES und zuletzt Wageningen Marine Research). Von 2005 bis 2010 gab es keine Finanzierung. Die Sammlung wurde trotzdem fortgeführt und das FTZ leistete die Koordination, Abholung und Sektion ehrenamtlich und auch die Magenanalysen durch IMARES fanden unentgeltlich statt, um einen durchgehenden Datensatz zu gewährleisten. 2011 finanzierte das Bundesamt für Naturschutz die Arbeiten des FTZ (Guse et al. 2012). Seither werden die Mageninhalte in Deutschland analysiert. Zwischen 2011 und 2019 wurden die Arbeiten des FTZ im Rahmen zweier Forschungs- und Entwicklungsvorhaben vom Umweltbundesamt (UBA) finanziell gefördert. In den Jahren 2020 und 2021 führte der Verein Jordsand e.V. das Monitoring durch in Zusammenarbeit mit dem FTZ, Wageningen Marine Research und langjähriger Projektmitarbeiter (Enners et al. 2022). Der Auftraggeber war der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), finanziert wurden die Arbeiten über die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Nord- und Ostsee (BLANO). Das Monitoring für die Jahre 2022 und 2023 wurde erneut vom NLWKN vergeben und durch BLANO finanziert (Guse et al. 2024). Der Großteil der Projektarbeiten erfolgte durch einen freiberuflichen Biologen, der seit 2002 im Projekt involviert ist, in Zusammenarbeit mit dem FTZ und Wageningen Marine Research. Für das aktuelle Vorhaben wird dieses Konstrukt fortgesetzt, finanziert werden die Arbeiten zum Eissturmvogel Müll Monitoring erstmalig in einer Kooperation der drei Küstenbundesländer Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Hamburg. Die beteiligten Behörden sind die Nationalparkverwaltung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer im Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein (LKN.SH), der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) und die Nationalparkverwaltung Hamburgisches Wattenmeer in der Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA) in Hamburg.

## 2 Material und Methoden

### Sammlung, Transport und Lagerung von Eissturmvögeln

Das Netzwerk der Sammler\*innen besteht aus hauptamtlichen und freiwilligen Mitarbeiter\*innen der Wattenmeernationalparks und deckt nahezu die gesamte deutsche Nordseeküste ab. Einige unterstützen das Monitoring für ein Jahr im Rahmen eines Freiwilligen Ökologischen Jahres oder des Bundesfreiwilligendienstes, andere wie einige Ranger\*innen und Vogelwart\*innen sind seit 2002 aktiv. Die häufigen Personalwechsel erfordern eine durchgängige Betreuung des Netzwerks telefonisch oder per Email. Das Sammler\*innennetzwerk wird immer wieder über neue Entwicklungen, mit Vorträgen, Berichten und Fachartikeln informiert. Findet ein\*e Sammler\*in einen toten Eissturmvogel im Spülsaum, wird dieser unter Beachtung der Hygiene- und Sicherheitsvorschriften, wenn möglich direkt auf Vogelgrippe (HPAI) getestet. Anschließend werden die Tiere doppelt verpackt und mit einem

Fundzettel versehen. Dieser enthält Angaben zum Finder, Fundort und Funddatum. Diese Angaben sind absolut essenziell, um die Funde für das OSPAR / MSRL Monitoring nutzen zu können. Grundsätzlich können alle Funde (auch sehr alte oder unvollständige Tiere) verwertet werden, solange der Magen noch vorhanden ist. Im Zweifelsfall ist es immer besser den Vogel einzusammeln. Die Überprüfung, ob der Magen vollständig ist, kann während der Sektion erfolgen. Negativ auf Vogelgrippe getestete Vögel können für die weiteren Analysen verwendet werden. Die Abholung der Vögel erfolgt nach Bedarf. Der Projektleiter fragt regelmäßig ab, ob Vögel gefunden wurden oder er wird direkt darüber durch die Sammler\*innen informiert. Die Abholaktionen erfolgen meist in gebündelter Form, so dass mehrere Stationen entlang der Route besucht werden. Anschließend werden die Eissturmvögel bis zur Sektion in den Räumlichkeiten des FTZ Westküste tiefgefroren.

### **Sektionen, Workshops und Mageninhaltsanalysen**

Nachdem die Eissturmvögel im Sektionslabor einen Tag lag aufgetaut worden sind, erfolgt die Sektion nach van Franeker (2004). Die ausführliche Beschreibung der Sektionen, Mageninhaltsanalysen und Auswertungsmethoden haben van Franeker und Meijboom (2002) publiziert. Diese wurden im Lauf der Zeit weiterentwickelt und bei OSPAR veröffentlicht (OSPAR 2008; OSPAR 2010). Durch wissenschaftliche Fachartikel (z. B. van Franeker et al. 2011; van Franeker et al. 2021) sind die Methoden allgemein etabliert und anerkannt. Bei OSPAR wurden darüber hinaus noch Leitlinien veröffentlicht, die eine formale zukünftige Bewertung ermöglichen sollen (OSPAR 2015). Als Unterstützung für den Leser werden im Folgenden einige grundsätzliche Vorgehensweisen in kondensierter Form wiederholt (s. Kühn & van Franeker 2024).

#### **Sektionen**

Während der Sektionen werden neben Angaben zu einer möglichen Verstrickung, zu Verletzungen und zur Verölung v. a. biometrische Standardparameter erhoben. Dabei werden Daten zum Alter, zum Geschlecht der Tiere, zur möglichen Herkunft, zur Kondition und zur möglichen Todesursache erhoben. So sind die Daten zum Alter von besonderer Bedeutung. Denn van Franeker und Meijboom (2002) konnten nachweisen, dass das Alter der Tiere der einzige Faktor ist, der in der Nordsee signifikanten Einfluss auf die Menge an Plastikmüll im Eissturmvogelmagen hat. Jüngere Tiere zeigen höhere Plastikfrachten als ältere. Am Ende der Sektion wird der Magen entnommen und bis zur Magenanalyse wieder eingefroren.

#### **Workshops**

In regelmäßigen Zeitabständen organisieren die Wissenschaftler von Wageningen Marine Research Workshops in den Niederlanden. Diese haben das Ziel die Methoden zu kalibrieren, um die international erhobenen Daten vergleichbar zu halten, außerdem soll die Zusammenarbeit innerhalb des Koordinatorennetzwerks gefördert werden. Der nächste internationale Workshop mit deutscher Beteiligung findet im November 2025 in Den Helder und auf Texel statt. Hier sollen die Eissturmvögel aus diesem Jahr seziiert werden und Ideen für zukünftige Auswertungen und Kooperationen diskutiert werden.

#### **Mageninhaltsanalysen**

Der Magen von Eissturmvögeln besteht aus zwei Einheiten, dem weitlumigen Drüsen- und dem kompakten Muskelmagen. Bei der Analyse des Mageninhalts werden beide nacheinander der Länge nach aufgeschnitten und unter fließendem Wasser in ein Sieb mit 1 mm Maschenweite gespült. Hat der

Eissturmvogel sehr viele oder besonders große Plastikteile verschluckt, befinden sich diese zumeist im Drüsenmagen, kleinere, kompaktere Stücke sind im Muskelmagen zu finden. Im Muskelmagen werden harte Nahrungsbestandteile wie Fischknochen und Tintenfischschnäbel aber auch Plastikteilchen mechanisch klein gemahlen, so dass diese bei entsprechender Größe wieder über den Darm ausgeschieden werden können. Das ausgesiebte Plastik und Nahrungsreste werden vorsichtig entnommen und in eine Petrischale überführt. Anschließend erfolgt die Analyse unter einem binokularen Mikroskop.

### Müllkategorien im Mageninhalt

Aus Kostengründen konzentrieren sich OSPAR und die MSRL beim Monitoring von Plastikpartikeln in Eissturmvogelmägen auf die beiden Hauptkategorien „Industrielles Plastik“ und „Verbraucherplastik“ ohne weitere Aufschlüsselung (OSPAR 2015). Der Mageninhalt wurde in diese Hauptkategorien sortiert, sowie in die Kategorie Müll außer Plastik, Schadstoffe (wie Schlacke oder paraffinähnliche Substanzen), natürliche Nahrungsreste und nicht-natürliche Nahrungsreste. Jede dieser Kategorien hat verschiedene Unterkategorien für bestimmte Objekte. Industrielles Plastik oder industrielle Plastikpellets sind kleine, meist rundliche Körnchen von ca. 4 mm Durchmesser. Diese stellen eine Art Rohplastik oder Zwischenprodukt dar. Von den Plastikproduzenten wird dieses Rohplastik eingeschmolzen und je nach gewünschtem Endprodukt mit verschiedenen Zusatzstoffen wie z. B. Flammschutzmitteln, Farbstoffen, Weichmachern oder Bioziden versehen. Verbraucherplastik umfasst sämtliches Plastik, das mal ein Endprodukt war und als Müll in die Meere gelangt ist. Das können verschiedene Fragmente, Folien, Schnüre, Schaumstoffe oder anderes Plastik (Ballons etc.) sein. Für den Mageninhalt jedes einzelnen Eissturmvogels und für jede Plastik(unter)kategorie wird die Anzahl der Partikel und das Gewicht in Gramm angegeben auf 0,0001 g genau. Das Wiegen des Plastikmülls erfolgt mit einer Sartorius Präzisionswaage, nachdem die Proben für mindestens zwei Tage bei Raumtemperatur im Labor getrocknet wurden.

### Datenpräsentation und Statistik

Die Sektions- und Mageninhaltsdaten werden zunächst in separate Exceltabellen eingegeben. Anschließend prüft unsere Kollegin bei Wageningen Marine Research, ob die Daten plausibel sind. Die qualitätsgeprüften Daten werden in eine Oracle-Datenbank eingegeben und in das international abgestimmte Datenformat für OSPAR umgewandelt und schließlich an den Projektleiter in Deutschland geschickt. Die statistischen Analysen erfolgen mit GENSTAT (22. Ausgabe). Die Daten werden sowohl jahrweise als auch für bestimmte Zeiträume präsentiert. Um jahrweise Schwankungen auszugleichen, werden die Daten zumeist in 5-Jahresperioden dargestellt, wobei die Werte nicht auf jährlichen Mittelwerten beruhen, sondern auf dem Mittelwert aller Individuen über den gesamten 5-Jahreszeitraum. Die Häufigkeit des Auftretens (in %, frequency of occurrence) ist eine grundlegende Betrachtungsmöglichkeit. Sie gibt für jeden Eissturmvogel an, ob eine bestimmte Kategorie wie z. B. Industrielles Plastik auftritt oder nicht. Das wird für alle Kategorien und Unterkategorien überprüft. Aus der Gesamtzahl aller Eissturmvögel mit intakten Mägen wird dann die Rate in % für jede Kategorie und Unterkategorie berechnet. Für die Anzahl und das Gewicht in Gramm jeder Kategorie und Unterkategorie wird der arithmetische Mittelwert berechnet inklusive des Standardfehlers ( $se = \text{standard error}$ ). Dabei werden auch die Mägen mitberücksichtigt, die kein Plastik enthalten, um einen Populationsmittelwert zu erhalten. Jahrweise und insbesondere bei kleineren Stichproben können die Werte deutlich schwanken z. B. durch extreme Ausreißer. Daher empfehlen wir die Daten meist

über 5-Jahresperioden zusammenzufassen, um irreführende Signale durch kurzfristige Schwankungen zu vermeiden (Van Franeker et al. 2011). Der Eissturmvogelschwellenwert hat vor wenigen Jahren das frühere Ökologische Eissturmvogel-Qualitätsziel (EcoQO) ersetzt (OSPAR 2020, EC 2022). Da sich die Definition des Zielwerts aber nicht geändert hat, lassen sich alte und neue Daten vergleichen und das sowohl für den Nordseeraum als auch darüber hinaus (Van Franeker et al. 2021). Die Eissturmvogelschwellenwert-Performance ist die prozentuale Rate aller Eissturmvögel, die 0,1 g oder mehr Plastik im Magen haben (Van Franeker et al. 2021). Entsprechend der OSPAR-Anforderungen wird nur die Kategorie „Gesamtplastik“ betrachtet für Daten, die über größere Regionen und 5-Jahreszeiträume zusammengefasst werden. Die „aktuelle Situation“ präsentiert einen Überblick über die Daten für die letzte verfügbare 5-Jahresperiode. Für die Trendberechnung nach den OSPAR-EcoQO-Monitoringvorgaben (OSPAR 2015) wird für die Analyse die lineare Regression angewandt. Da die Originaldaten eine ausgeprägte schiefe Verteilung zeigen, müssen sie zunächst mit dem natürlichen Logarithmus (Ln) transformiert werden, um eine Normalverteilung zu erzeugen für die statistischen Analysen. Dazu werden Ln-transformierte Plastikgewichte für jeden individuellen Vogel gegen das Jahr des Auffindens angepasst. Es werden der Langzeittrend für den gesamten Datensatz (2002-2024) und der 10-Jahrestrend (2015-2024) für die jüngere Vergangenheit präsentiert. Weitere Details finden sich bei Kühn et al. (2022b).

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Der vorliegende Bericht aktualisiert das Monitoring von Plastikteilen in Eissturmvogelmägen für das Jahr 2024 und ergänzt es für 2023. 2024 wurden 18 Eissturmvögel an der deutschen Nordseeküste eingesammelt, von denen 17 einen intakten Magen hatten. Zusätzlich konnten 3 weitere Eissturmvögel aus 2023 untersucht werden.

Das anvisierte Ziel für das Monitoring sind jährlich  $\pm 40$  Eissturmvögel oder mehr als Stichprobe (van Franeker & Meijboom 2002). Gerade für Unterregionen und für einzelne Jahre wird diese Größe häufig nicht erreicht. Trotzdem ist dies für das Monitoring nicht grundsätzlich ein Problem. Bei einer geringeren Stichprobenanzahl dauert es dann etwas länger, bis Änderungen und Trends sicher belegt werden können. Die „Aktuelle Situation“ fasst daher die Ergebnisse für die Summe der letzten 5-Jahresperiode zusammen und passt damit auch zur Definition des Eissturmvogelschwellenwerts.

Die relativ geringen Stichproben aus den letzten Jahren könnten mehrere Ursachen haben. So werden zumindest in der deutschen Nordsee in den letzten Jahren deutlich abnehmende Bestände von Eissturmvögeln auf See festgestellt (Gerlach et al. 2025). Dies liegt vermutlich an einer geringeren Nahrungsverfügbarkeit durch geänderte Fischereipraktiken und den Klimawandel. Passend dazu geht auch die Zahl der Eissturmvogelspülsaumfunde in Niedersachsen zurück (M. Schulze-Dieckhoff pers. Mitt., NLWKN unveröff.) in Schleswig-Holstein und Hamburg dürfte dies ähnlich sein. Ein weiterer Grund dürfte in dem Auftreten der hochpathogenen aviären Influenza (HPAI) bei See- und Küstenvögeln liegen. So waren insbesondere 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 Sammler\*innen und Unterstützer\*innen ins Netzwerk mitaufgenommen und eingearbeitet werden konnte. Bis Anfang 2024 waren die Fallzahlen beim Eissturmvogel jedoch glücklicherweise gering. Es wurden bisher nur

wenige positive Fälle in Großbritannien (Kühn & van Franeker 2025). In den Niederlanden wurden im Januar & Februar 2024 10 von 21 Eissturmvögel positiv auf Vogelgrippe getestet, diese Vögel trugen verschiedene Mutationen des Virus in sich (H5N1, H5N5), was auf diverse Infektionsquellen hinweist (Caliendo et al. 2025). Darüber hinaus scheint sich das Infektionsgeschehen 2024 bei Seevögeln in der Nordsee glücklicherweise etwas beruhigt zu haben (EFSA 2024). In Schleswig-Holstein wurde die Sammlung von Eissturmvögeln erst wieder im Herbst 2024 aufgenommen und das zunächst nur für ausgewählte Teilgebiete an der Nordfriesischen und Dithmarscher Festlandsküste.

### Das Jahr 2024

Von den 18 seziierten Eissturmvögeln aus 2024 hatten 17 einen intakten Magen und konnten für das Monitoring von Plastikpartikeln in Eissturmvogelmägen verwendet werden. 94% der Tiere wiesen Plastik im Magen auf mit durchschnittlich 24,5 Partikeln, die 0,50 g wogen (Tabelle 1). Verbraucherplastik trat in 94% der Mägen auf mit durchschnittlich 23,3 Partikeln, die 0,47 g wogen. Industrielles Plastik war in 29% der Mägen zu finden mit durchschnittlich 1,2 Partikeln und 0,03 g pro Vogel. Beim Verbraucherplastik traten Fragmente mit 94% am häufigsten auf und wogen mit 0,14 g pro Vogel am zweitmeisten. Anderes Plastik wie Ballonteile etc. wurde zwar in nur 18% der Vögel nachgewiesen, wogen aber mit 0,29 g pro Vogel mit Abstand am meisten.

**Tabelle 1:** Übersicht über die Eigenschaften und Mageninhalte der Eissturmvögel, die 2024 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 Farbmorph	Tod durch Öl	Durchschnitt Kondition
2024	17	47%	59%	100%	0%	1,4
	% betroffener Tiere	Durchschnitt Plastikanzahl Plastikteile (n/Vogel) $\pm$ se	Durchschnitt Plastikgewicht (g/Vogel) $\pm$ se			Maximalgewicht Plastik
GESAMTPLASTIK	94%	24,47	8,47	0,50	0,25	4,21
INDUSTRIELLES PLASTIK	29%	1,18	0,54	0,03	0,01	0,22
VERBRAUCHERPLASTIK	94%	23,29	8,21	0,47	0,24	4,09
Folien	53%	1,59	0,51	0,01	0,00	0,05
Schnüre	29%	3,29	2,68	0,01	0,00	0,08
Schaumstoff	35%	2,82	1,23	0,03	0,02	0,40
Fragmente	94%	6,76	1,26	0,14	0,06	1,07
anderes Plastik	18%	8,82	7,40	0,29	0,24	4,01

### Aktuelle Situation

Wie oben thematisiert, können die gefundenen Plastikmengen in den Mägen von Eissturmvögeln für einzelne Jahre deutlich schwanken. Das gilt insbesondere, wenn die Stichprobe in einzelnen Jahren eher gering ist wie z. B. im Jahr 2023. Daher empfehlen wir 5-Jahreszeiträume zu betrachten in denen einzelne hochbelastete Tiere und Jahre mit höheren durchschnittlichen Plastikgewichten nicht so stark ins Gewicht fallen.

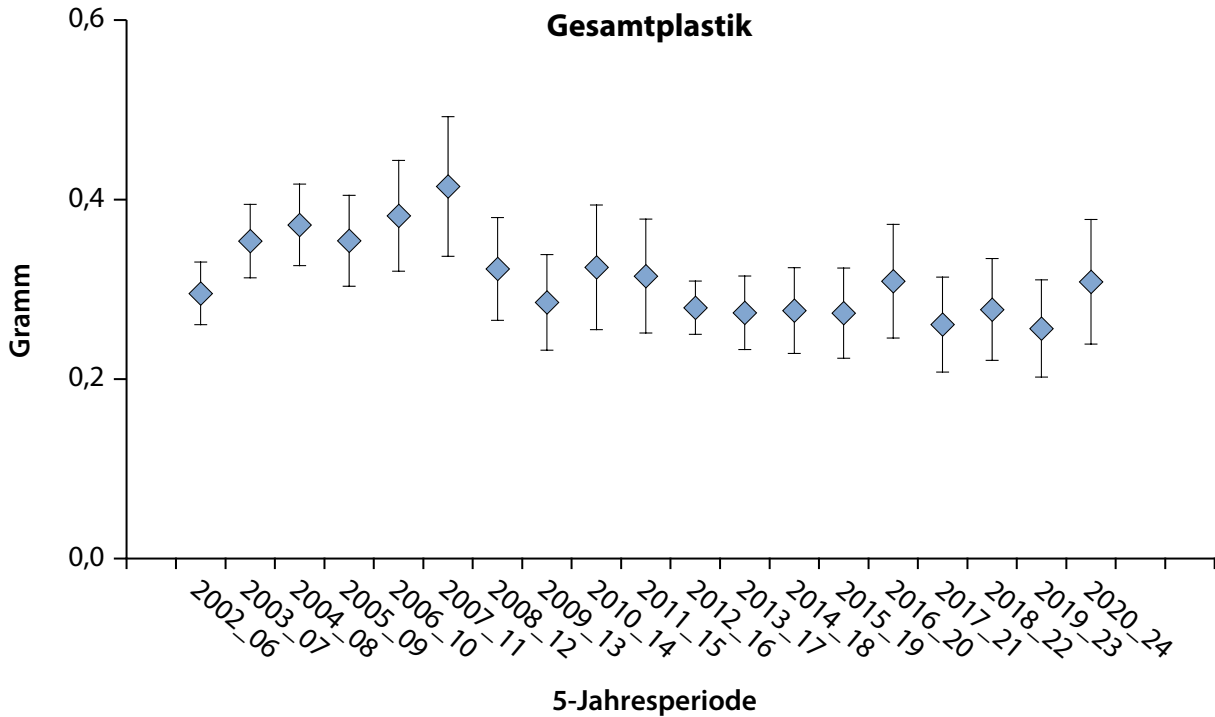
Für die aktuelle 5-Jahresperiode (2020-2024) konnte für 86 Eissturmvögel der Mageninhalt analysiert werden (Tabelle 2). 92 % der Magenproben enthielten Plastik mit durchschnittlich 17,3 Partikeln und 0,31 g pro Vogel. Verbraucherplastik fand sich hierbei in 90 % aller untersuchten Mägen mit durchschnittlich 15,5 Partikeln und 0,26 g pro Vogel. Industrielles Plastik war in 50 % aller Mägen zu finden mit durchschnittlich 1,8 Partikel und 0,04g pro Vogel. Beim Verbraucherplastik waren Fragmente erneut die wichtigste Unterkategorie. Sie befanden sich in 86 % aller Mägen mit durchschnittlich 7,9 Partikeln und 0,14 g pro Vogel. 40 % der Tiere waren adult und 38 % männlich. Die durchschnittliche Körperkondition lag bei 1,2 und war damit sehr gering (Tabelle 2). Einige wenige Tiere hatten sehr viel Plastik im Magen. So lag das Maximum beim Gesamtplastik bei 4,21 g bei einem Eissturmvogel. Der Großteil war dabei Verbraucherplastik mit 4,09 g, das zum Großteil zur Kategorie Anderes Plastik gehörte (4,01 g). Es handelte sich hierbei um einen Eissturmvogel aus dem Jahr 2024, der 2 große und sehr viele kleine Stücke von 2 Luftballons gefressen hatte. Wie in allen Jahren bisher war das Verhungern mit Abstand die häufigste mutmaßliche Todesursache 2024. Van Franeker und Meijboom (2002) konnten jedoch zeigen, dass die Körperkondition keinen signifikanten Einfluss auf die gefundenen Plastikmüllmengen hat. Das heißt, dass verhungerte Eissturmvögel mit gesunden Tieren, die plötzlich aus dem Leben geschieden sind wie z. B. als Opfer der Langleinenfischerei, vergleichbar sind und ähnliche Mengen an verschlucktem Plastikmüll aufweisen.

**Tabelle 2:** Übersicht über die Eigenschaften und Mageninhalten der Eissturmvögel, die für die aktuelle 5-Jahresperiode von 2020 bis 2024 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 Farbmorph	Tod durch Öl	Durchschnitt Kondition
2020-2024	86	40 %	38 %	95 %	0 %	1,2
	% betroffener Tiere	Durchschnitt Plastikanzahl Plastikteile (n/Vogel) $\pm$ se	Durchschnitt Plastikgewicht (g/Vogel) $\pm$ se	Maximalgewicht Plastik		
GESAMTPLASTIK	92 %	17,34	2,91	0,31	0,07	4,21
INDUSTRIELLES PLASTIK	50 %	1,83	0,37	0,04	0,01	0,74
VERBRAUCHERPLASTIK	90 %	15,51	2,77	0,26	0,07	4,09
Folien	45 %	1,91	0,45	0,01	0,00	0,14
Schnüre	23 %	1,12	0,56	0,01	0,00	0,14
Schaumstoff	38 %	2,76	0,91	0,05	0,02	1,22
Fragmente	86 %	7,88	1,31	0,14	0,03	2,56
anderes Plastik	12 %	1,85	1,48	0,07	0,05	4,01

### 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

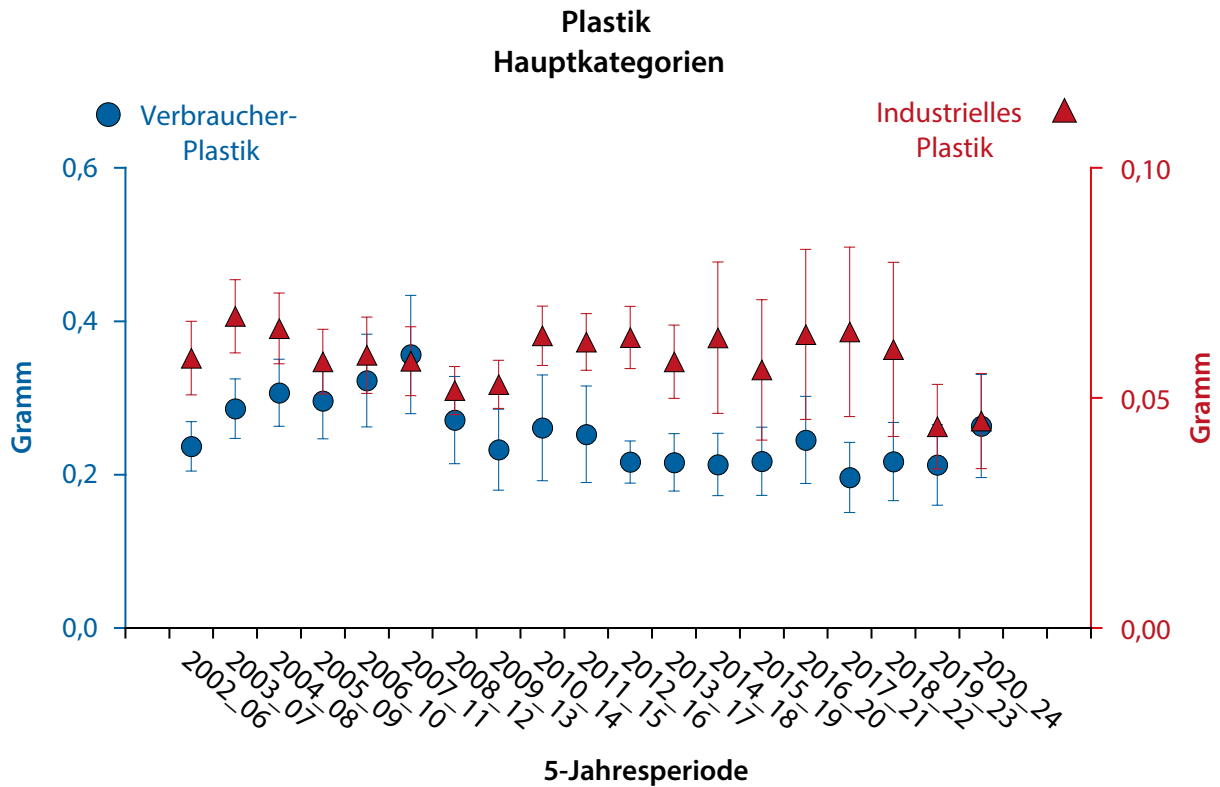


**Abbildung 1:** Zeitreihe zum Gesamtplastik (in g) in Eissturmvogelmägen aus Deutschland für fortlaufende 5-Jahresperioden von 2002-2024. Die Balken geben den Standardfehler für jeden 5-Jahresmittelwert an.

von 2009-2013. Seitdem schwankte der Wert zwischen 0,28 und 0,32 g mit einer weiter leicht abnehmenden Tendenz. Für den letzten 5-Jahreszeitraum von 2019-2023 lag der Wert bei 0,26 g pro Vogel wie bereits im Zeitraum von 2017-2021. Für den aktuellsten 5-Jahreszeitraum von 2020-2024 ist dieser Wert wieder deutlich angestiegen und liegt derzeit bei 0,31 g pro Vogel.

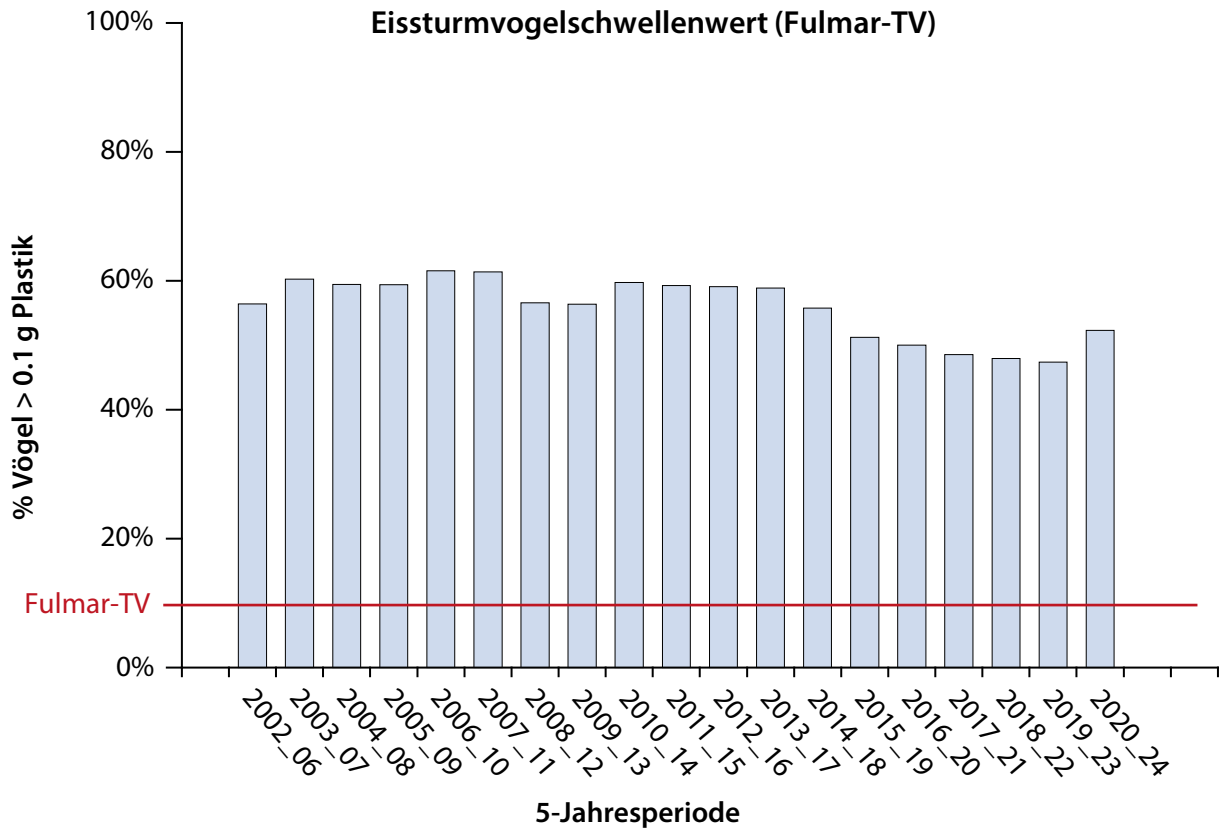
Die Belastungsniveaus für Industrielles Plastik und Verbraucherplastik unterscheiden sich deutlich für die 5-Jahresmittelwerte. Dabei ist die verschiedene Skalierung beider Achsen zu beachten (Abbildung 2). Der Wert für Verbraucherplastik liegt fallweise zwischen mindestens vier bis maximal sechs Mal 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 ging zunächst schneller und zuletzt langsamer bis auf den Wert von 0,22 g pro Vogel (2019-2023) zurück. Für die aktuelle 5-Jahresperiode liegt die Menge an Verbraucherplastik mit 0,26 g pro Vogel wieder höher und ist mehr als sechsmal so hoch wie für Industrielles Plastik mit 0,04 g (Abbildung 2).

Seitdem das Eissturmvogel Müll Monitoring 2002 in Deutschland begann, liegt die Mehrheit der Eissturmvögel noch weit oberhalb des OSPAR/EU-Eissturmvogelschwellenwertes (Abbildung 3). Der Kurvenverlauf für den Anteil der Vögel, die den Schwellenwert überschreiten, ähnelt in etwa dem Verlauf für Gesamt- (Abbildung 1) und Verbraucherplastik (Abbildung 2). Zu Beginn der Untersuchungen in Deutschland (2002-2006) lagen 56 % oberhalb des Grenzwerts von 0,1 g Plastik pro Magen. Von 2006-2010 überschreitet ein Maximum von 62 % die Zielmarke, danach ging der Anteil der Vögel oberhalb



**Abbildung 2:** Zeitreihe zu den zwei Hauptplastikkategorien Verbraucherplastik und Industrielles Plastik (in g) in Eissturmvogelmägen aus Deutschland für fortlaufende 5-Jahresperioden von 2002-2024. 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.

der Schwelle lange Zeit schrittweise zurück. Von 2019-2023 lagen 48 % der Eissturmvögel über dem Zielwert. Für den aktuellsten Zeitraum von 2020-2024 sind es nun wieder 52 %. Um den Eissturmvogelschwellenwert langfristig zu erreichen sind daher weitere und verstärkte politische Anstrengungen erforderlich und es müssen weitere Maßnahmen umgesetzt werden, die den Eintrag von Plastikmüll in die Nordsee reduzieren. Das gilt sowohl für die Einträge von Land als auch für die Einträge auf See. 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 zeigten Schätzungen, welche Daten bis 2019 berücksichtigen, dass dieser Wert bereits im Jahr 2049 erreicht werden könnte, 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 2002-2024 erwarten Kühn et al. (2025), dass der Schwellenwert erst in 2077 unterschritten wird. Durch die aktuelle Zunahme der Plastikmüllmengen in den Eissturmvögeln aus Deutschland ist auch hier davon auszugehen, dass der Zielwert erst wesentlich später als zuvor vermutet erreicht werden kann.



**Abbildung 3:** Zeitreihe des Eissturmvogelschwellenwerts für in Deutschland gefundene Eissturmvögel für fortlaufende 5-Jahresperioden von 2002-2024. Die blauen Balken zeigen den Anteil der Eissturmvögel in % an, die über dem Schwellenwert von 0,1 g Plastik pro Magen liegen. Die rote Linie zeigt den Schwellenwert von 10%.

### Trends

Die Analysen von Trends verdeutlichen die Veränderungen über die Zeit. Die Langzeittrends über den gesamten Datensatz von 2002 bis 2024, der die Mageninhaltsdaten von 907 Eissturmvögeln aus Deutschland enthält, zeigt für Industrielles Plastik einen signifikant negativen Trend (Tabelle 3 A). D.h. hier nehmen die nachgewiesenen Mengen signifikant ab. Weder für Verbraucherplastik noch für die Überkategorie Gesamtplastik gibt es einen signifikanten Langzeittrend. Da für beide Kategorien die t-Werte negativ sind, gehen aber auch hier die gefundenen Mengen in den Eissturmvögeln tendenziell zurück. Für die 10-Jahrestrends, die die Daten von 2015 bis 2024 von 207 Eissturmvögeln aus Deutschland enthalten, zeigen weder Industrielles Plastik noch Verbraucherplastik oder Gesamtplastik eine signifikante Veränderung (Tabelle 3 B). Die t-Werte für Industrielles Plastik und Verbraucherplastik sind negativ und zeigen damit eine langsame Abnahme, die sich für die Überkategorie Gesamtplastik nicht erkennen lässt. Hier ist auch der t-Wert positiv und zeigt damit eher eine leichte Zunahme der gefundenen Mengen. Diese Unterschiede liegen in der Methode begründet. Für jede Kategorie wird ein individuelles Regressionsmodell erstellt. Diese Modelle können daher zu unterschiedlichen t-Werten führen. Außerdem liegt die Steigung im Bereich der Größenordnung der jeweiligen Standardfehler (Tabelle 3 B). Das heißt, dass die Werte der Steigung klein sind im Verhältnis zur statistischen Unsicherheit. Minimale Veränderungen können einen Vorzeichenwechsel bei den Steigungen verursachen. Zusammengefasst lässt sich sagen, dass es für die 3 Kategorien Industrielles Plastik, Verbraucherplastik und Gesamtplastik für die letzten 10 Jahre keine klare Tendenz gibt. Wir müssen derzeit eher von einer Stabilisierung der Plastikmüllmengen in den Eissturmvögeln ausgehen.

**Tabelle 3:** Trendberechnungen gemäß den OSPAR-Richtlinien (2015) als lineare Regression, die das In-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	LANGZEITRENDS 2002 – 2024 Für Plastik in Eissturmvogelmägen in Deutschland						
	n	Konstante	Steigung	se	t	p	
Industrielles Plastik (InGIND)	907	48,9	-0,0266	0,0125	-2,13	0,034	- ↓
Verbraucherplastik (InGUSE)	907	19,8	-0,0112	0,0108	-1,03	0,301	n.s.
Gesamtplastik (InGPLA)	907	25,9	-0,0140	0,0108	-1,30	0,194	n.s.
B	10-JAHRESTRENDS 2015 – 2024 Für Plastik in Eissturmvogelmägen in Deutschland						
	n	Konstante	Steigung	se	t	p	
Industrielles Plastik (InGIND)	207	78,0	-0,0412	0,0517	-0,80	0,427	n.s.
Verbraucherplastik (InGUSE)	207	23,0	-0,0130	0,0481	-1,27	0,787	n.s.
Gesamtplastik (InGPLA)	207	-13,9	0,0056	0,0483	0,12	0,908	n.s.

Die Entwicklung in anderen Nordseeländern zeigt Parallelen zu Deutschland. Bei unseren Nachbarn in den Niederlanden gehen die Mengen an gefundenen Plastikpartikeln ebenfalls langfristig zurück, in den letzten Jahren seit 2020 ist tendenziell ebenfalls eine Stabilisierung und sogar mögliche leichte Zunahme v. a. beim Verbraucherplastik zu beobachten, auch hier gibt es jedoch keine signifikanten Veränderungen (Kühn et al. 2025). Allein in Großbritannien wird in den letzten 10 Jahren noch eine signifikante Abnahme für die verschiedenen Plastikmüllkategorien nachgewiesen, aber die Probengröße war in den letzten Jahren klein, dies kann die Wahrnehmung von Trends verlangsamen (Kühn & Van Franeker 2025).

## 4 Kernpunkte

- Nur Industrielles Plastik zeigt seit 2002 eine signifikante Abnahme. Verbraucher- und Gesamtplastik in den Mägen von Eissturmvögeln nehmen langfristig nur leicht ab. Für Industrielles Plastik, Verbraucherplastik und Gesamtplastik zeichnet sich in den letzten 10 Jahren eine Stabilisierung ab. Mit 52 % aller Vögel, die mehr als 0,1 g Plastik im Magen haben (2020-2024), ist der Schwellenwert von 10 % noch weit entfernt. Es liegen damit aktuell mehr Tiere oberhalb des Schwellenwerts als zuletzt beobachtet.
- Abnehmende Eissturmvogelbestände auf See und geringere Fundzahlen an Land, sowie Vorsichtsmaßnahmen in 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 niedrigeren Stichprobenzahlen.
- Von 2020-2024 hatten 92 % der 86 untersuchten Eissturmvögel Plastik im Magen. Im Durchschnitt hatte jeder Vogel 17 Plastikteile verschluckt mit einem durchschnittlichen Gewicht von 0,31 Gramm.

## 5 Danksagung

Wir bedanken uns für die Finanzierung dieses Projektes durch die Nationalparkverwaltung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer im Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein (LKN.SH), durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) und durch die Nationalparkverwaltung Hamburgisches Wattenmeer der Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA) in Hamburg. Für die gute Zusammenarbeit während der Studie danken wir M. Sanns (LKN.SH), K. Dau (NLWKN) und J. Meyer (BUKEA). Wir danken unseren Kollegen am FTZ Westküste (Universität Kiel) und Wageningen Marine Research für die fruchtbare Zusammenarbeit.

Wir möchten allen Behörden, Institutionen und Umweltverbänden danken, die unsere Arbeit seit 2002 maßgeblich unterstützen: Nationalparkverwaltung im Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein (LKN.SH). Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer, Nationalparkverwaltung der Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA) in Hamburg, 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 besonders herzliches Dankeschön geht an jedes einzelne Mitglied des Sammler\*innennetzwerks hinaus! Über die Jahre wurden von mehreren hundert Kolleg\*innen entlang der deutschen Nordseeküste über 900 Eissturmvögel für unsere Analysen eingesammelt. Nur durch ihre Bereitschaft und Unterstützung wird das Eissturmvogel Müll Monitoring überhaupt erst möglich.

## 6 Literatur

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>.

Caliendo, V., Martin, B.B., Fouchier, R.A.M., Vuong, O., van den Brand, J.M.A., Leopold, M., Kühn, S., 2025. Highly Pathogenic Avian Influenza in Northern Fulmars (*Fulmarus glacialis*) in the Netherlands. *Journal of Wildlife Diseases* 61, 792-796. <https://doi.org/10.7589/JWD-D-24-00176>.

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.

EC, 2008. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). *Official Journal of the European Union* L 164: 19-40 (25 Jun 2008).

EC, 2022. MSFD CIS Guidance Document No. 19, Article 8 MSFD. European Commission, Brussels, pp 193. <https://www.researchgate.net/publication/361461227>.

Enners, L., Kühn, S., Guse, N., 2022. Fulmar Litter Threshold Value Monitoring in Germany – 2020 & 2021. Verein Jordsand, Ahrensburg, Germany, S 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>.

Gerlach, B., Dröschmeister, R., Langgemach, T., Berlin, K., Borkenhagen, K., Busch, M., Davids, S., Hauswirth, M., Heinicke, T., Kunz, F., König, C., Koffijberg, K., Lindner, K., Markones, N., Morkovin, A., Pertl, C., Trautmann, S., Wahl, J., Züghart, W., Sudfeldt, C., 2025. Bestandssituation 2025. DDA, BfN, LAG VSW, Münster.

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, S 10.

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>.

Hall, K., 2000. Impacts of marine debris and oil: economic and social costs to coastal communities. KIMO, c/o Shetland Islands Council, Lerwick pp 104.

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](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-eissturm-vogel-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., Van Franeker, J.A., 2025. Fulmar Litter Monitoring in the UK – Update 2023. Wageningen Marine Research Report C003/25 Den Helder, The Netherlands, pp 22. <https://doi.org/10.18174/685216>.

Kühn, S., Meijboom, A., Bittner, O., Van Franeker, J.A., 2025. Fulmar Litter Monitoring in the Netherlands – Update 2024. Wageningen Marine Research Report C033/25 and RWS Centrale Informatievoorziening Report BM 25.10, Den Helder, The Netherlands, pp 47. <https://doi.org/10.18174/692929>.

- 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.
- Lozano, R.L., Mouat, J., 2009. Marine litter in the North-East Atlantic Region, Assessment and priorities for response. OSPAR/KIMO/UNEP. Biological Diversity and Ecosystems Nr 386. OSPAR, London, pp 127.
- Mouat, J., Lozano, R.L., Bateson, H., 2010. Economic impacts of marine litter. KIMO Report September 2010. KIMO, Shetland, pp 105.
- 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](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>.
- Sühring, 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.ese.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](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>.