

Der Eissturmvogel (*Fulmarus glacialis*) – Mülleimer der Nordsee?

von Nils Guse, David Fleet, Jan van Franeker und Stefan Garthe

1. Einleitung

Seit Beginn des Kunststoffzeitalters hat sich nicht nur an Land, sondern auch auf See viel verändert. Die Vorteile vieler moderner Werkstoffe wie geringe Produktionskosten und Langlebigkeit werden zu Nachteilen, sobald sie ihre Funktion eingebüßt haben und zu Müll werden. Sowohl an Land als auch auf dem Meer steigen die Mengen von biologisch schlecht abbaubarem Müll an. Neben den Problemen für das Ökosystem hat mariner Müll auch handfeste ökonomische Folgen. Schätzungen zufolge werden nordseeweit jedes Jahr etwa 20.000 Tonnen Müll ins Meer gekippt (OSPAR 1995). Dieser Müll kann einerseits direkt ein Gesundheitsrisiko darstellen wie z.B. im Fall von Chemikalien und Krankenhausabfällen, andererseits sind auch indirekte Schäden durch Auswirkungen auf den Tourismus möglich.

Auf See ist insbesondere der Schiffsverkehr betroffen. Umhertreibende Müllteile verfangen sich in Schiffsschrauben oder können Wasserzläufe blockieren. Die dadurch entstehenden Kosten für Strandreinigungen, Schiffsreparaturen etc. liegen im Nordseebereich vermutlich in einer Größenordnung von über einer Milliarde Euro pro Jahr (HALL 2000, pers. Mitt.). In wenigen Fällen werden die ökologischen Auswirkungen des Müllproblems direkt sichtbar. Dies ist der Fall, wenn Seevögel oder Meeressäuger gefunden werden, die sich beispielsweise in Netzresten verfangen haben. Die Konsequenzen sind Verletzungen oder gar der Tod der Tiere. Oftmals sind jedoch die ökologischen Folgen weniger deutlich.

Seitdem die negativen Einflüsse von marinem Müll erkannt wurden, hat es einige Versuche gegeben, durch internationale Abkommen das Müllaufkommen zu reduzieren. Beispiele hierfür sind unter anderem die London Dumping Konvention von 1972, das MARPOL-Übereinkommen Annex V 1988 (Nordsee Sondergebiet Annex V 1991) und die OSPAR Konvention von 1992. Da sich die Situation seitdem nicht grundlegend verbessert hatte, wurden die politischen Initiativen verstärkt. Um das Müllproblem anzugehen, wurde im Jahr 2000 die EU-Richtlinie zu Hafenauffangeinrichtungen für Schiffsabfälle und Ladungsrückstände (EG 2000) verabschiedet. In die gleiche Richtung zielte die Erklärung der Nordsee Ministerkonferenz in Bergen 2002.

Neuere Initiativen haben die Notwendigkeit erkannt, dass politische Zielvorgaben messbar sein sollten. Dementsprechend haben die Minister auf der Fünften Internationalen Nordseeschutz-Konferenz 2002 in Bergen entschieden, ein System von ökologischen Qualitätszielen (EcoQO's) für die Nordsee zu etablieren. Anhand von festgelegten Indikatoren werden diese Qualitätsziele überprüft. Dazu gehört auch das von der OSPAR-Kommission für 2005 geplante EcoQO für marinen Müll (OSPAR 2004). Die Müllbelastung soll dabei anhand der Anzahl von Plastikpartikeln in Seevögelmägen gemessen werden. Für dieses Vorhaben bot sich der Eissturmvogel (*Fulmarus glacialis*) als geeigneter Indikator an. Dafür sprachen gleich mehrere Gründe. Zum einen ist der Eissturmvogel ein ausgesprochener Hochseevogel, welcher sich exklusiv auf See ernährt. Zudem kommen Eissturmvögel häufig und weitverbreitet in der Nordsee vor. Typischerweise nehmen sie ihre Nahrung an der Meeresoberfläche auf. Diese besteht aus Zooplankton, Fischen, Tintenfischen, Fischereiabfällen und Kadavern (CAMPHUYSEN & GARTHE 1997, PHILIPS et al. 1999, GARTHE et al. 2004). Gleichzeitig nehmen die Tiere auch eine

Vielzahl umhertreibender Müllteile auf, die vermutlich für Nahrung gehalten werden (VAN FRANEKER & MEIJBOOM 2002). Auch die ausreichende Verfügbarkeit von toten Eissturmvögeln in Form von Strandfunden war ein wichtiges Argument für die Festlegung auf diese Art. Zudem würden Eissturmvögel normalerweise keine unverdaulichen Teile aus wie dies bei Möwen und Kormoranen der Fall ist (FURNESS 1985). Sie akkumulieren solche Partikel im Magen, wo diese durch Verdauungsprozesse mechanisch zerkleinert werden bis zu einer Größe, die über den Darm ausgeschieden wird (VAN FRANEKER et al. 2004).

In einer Pilotstudie wurden verschiedene Einflussgrößen auf die Müllbelastung von in den Niederlanden gestrandeten Eissturmvögeln untersucht und deren Eignung als Indikator für die Belastung der Nordsee mit Müll bestätigt. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Müllbelastung der Mägen von langsam verhungerten Eissturmvögeln, die den Großteil der Strandfunde ausmachten, auch repräsentativ für gesunde Tiere im Bereich der südlichen Nordsee war (VAN FRANEKER & MEIJBOOM 2002).

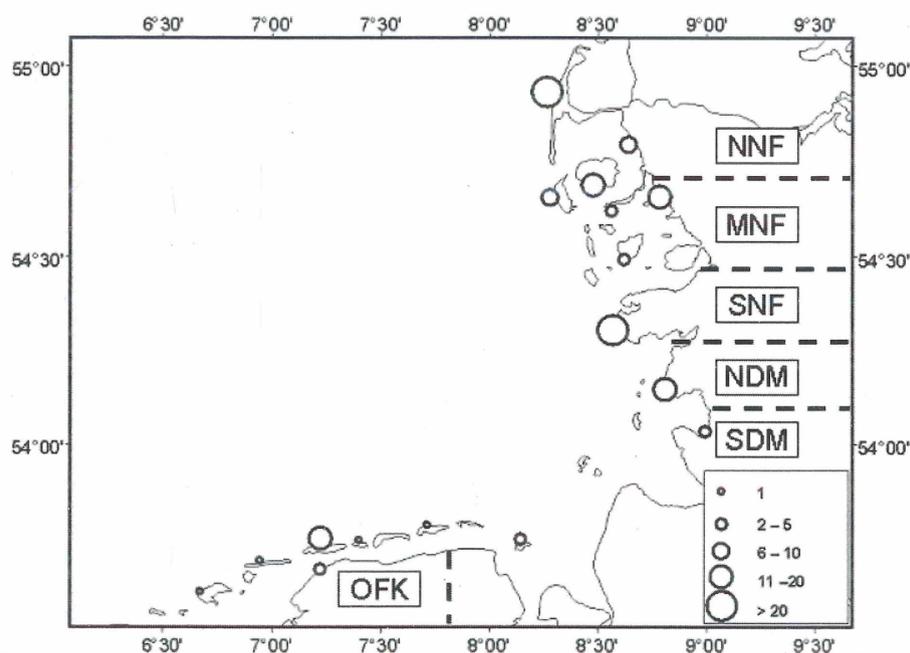


Abb. 1: Verteilung der 148 Totfunde entlang der deutschen Nordseeküste. Die Größe der Punkte entspricht der Summe der am jeweiligen Ort gefundenen Tiere. OFK = Ostfriesische Festlandsküste von Emden bis Harlesiel, SDM = Süderdithmarschen von Brunsbüttel bis zum Meldorfer Hafen, NDM = Norderdithmarschen vom Meldorfer Hafen bis zum Eidersperrwerk, SNF = Südliches Nordfriesland vom Eidersperrwerk bis Husum, MNF = Mittleres Nordfriesland von Husum bis Nordrand des Hauke-Haien-Kooges, NNF = Nördliches Nordfriesland vom Hauke-Haien-Koog bis zur dänischen Grenze.

Im Zuge dieser Entwicklungen wurde 2002 das von der Europäischen Union geförderte »Save the North Sea«-Projekt gestartet. Dieses Projekt bestand aus mehreren Teilprojekten, welche zum Ziel hatten, die Öffentlichkeit auf den marinen Müll aufmerksam zu machen. Zudem sollten politische Entscheidungsträger dazu gebracht werden, sich des Müllproblems verstärkt anzunehmen. Eines der Teilprojekte war die »Fulmar-Litter-EcoQO Study«. Dieses Projekt hatte zum Ziel, die Müllbelastung von Eissturmvögeln auf internationaler Ebene zu untersuchen, um Empfehlungen für ein sinnvolles nordseeweites Müllmonitoring zu entwickeln. An der Studie waren Belgien, die Niederlande, Deutschland, Dänemark, Schweden, Norwegen, Großbritannien inklusive der Orkney- und Shetlandinseln sowie die Färöerinseln beteiligt. Diese Arbeit stellt nun die Ergebnisse vor, welche anhand von Spülsaumfunden in Deutschland in den Jahren 2002 bis 2004 gewonnen werden konnten. Bei diesen Funden handelte es sich durchweg um tot

angetriebene Eissturmvögel, welche entlang der Nordseeküste eingesammelt und anschließend untersucht wurden. Daneben wird auf frühere niederländische Studien zu diesem Thema von JAN VAN FRANKEKER und anderen (VAN FRANKEKER & MEIJBOOM 2002, 2003, VAN FRANKEKER et al. 2004) sowie auf die Ergebnisse der übrigen Nordseeanrainerländer eingegangen (VAN FRANKEKER et al. 2005).

2. Material und Methoden

2.1 Fundorte

Seit Beginn der Studie im Herbst 2002 wurden bisher mehr als 170 tote Eissturmvögel entlang der deutschen Nordseeküste (s. Abb.1) eingesammelt. Diese Aufgabe wurde vor allem durch die Nationalpark-Service MitarbeiterInnen, Zivildienstleistenden und FÖJlerInnen der Wattenmeer-Nationalparke und des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) im Rahmen regelmäßiger Spül-

saumkontrollen wahrgenommen. Bei einigen Eissturmvögeln war kein Magen mehr vorhanden, so dass diese Tiere für die Studie nicht verwendet werden konnten. Insgesamt wurden 151 Eissturmvögel seziiert, davon konnten 148 für weitere Analysen verwendet werden.

Die Fundorte umfassten zahlreiche Inseln sowie die Festlandsküste. Für Zwecke der Darstellung (s. Abb.1) wurde das Festland in mehrere Teilbereiche unterteilt. Der Großteil der Tiere wurde im Bereich der schleswig-holsteinischen Nordseeküste gefunden.

2.2 Sektion und äußere Analyse

Von den 148 seziierten Eissturmvögeln stammten 3 Exemplare aus 2002, 29 aus 2003 und 116 aus 2004. Die Funde wurden mit einem Etikett versehen, das u.a. Angaben zum Ort, Datum und den Fundumständen enthielt. Anschließend wurden die Vögel verpackt und bis zur Analyse tiefgefroren gelagert. Die Sektion und Magen-

Tab. 1: Während der äußeren Analyse und Sektion erhobene Daten und deren Funktion.

Datum, Finder und Fundort	
Farbmorphe	Lieferte Hinweise auf die Herkunft des Vogels. Dunkle Farbmorphen stammten überwiegend aus arktischen Gebieten (VAN FRANKEKER & WATTEL 1982).
Mauser und Gefiederzustand	Beurteilung des Mauserstatus der Handschwingen und Steuerfedern erfolgte nach dem BTO Punktesystem (GINN & MELVILLE 1983). Zusätzlich wurde das Auftreten von Armschwingen- und Kleingefiedermauser überprüft. Der Mauserstatus lieferte Hinweise zur Altersbestimmung. Der Gefiederzustand, z.B. extreme Abnutzung, ließ Rückschlüsse auf die Kondition des Vogels vor seinem Tod zu.
Äußere Biometriedaten	Kopflänge, Schnabellänge und -höhe sowie Tarsus- und Flügelänge konnten bei der Geschlechtsbestimmung helfen und über einen Größenindex weitere Anzeichen zur Herkunft des Vogels liefern (VAN FRANKEKER & TER BRAAK 1993).
Gefiederverschmutzung	Durch Öl, Teer etc. betroffene Partien wurden als prozentualer Anteil vom Gesamtgefieder angegeben und gaben weitere Anhaltspunkte zur Todesursache.
Äußere Verletzungen	Knochenbrüche etc. gaben Aufschluss über mögliche Todesursachen wie z.B. Kollisionen.
Kondition	Anhand der Menge an Unterhaut- und Eingeweidefett und über Zustand des Brustmuskels ermittelt. Für jede Kategorie wurden je nach Zustand 0 bis 3 Punkte vergeben, die dann zu einem Gesamtindex aufaddiert wurden. Ein Gesamtwert von 0 besagte, dass sich der Vogel in sehr schlechter Kondition befand, während ein Wert von 9 eine sehr gute Kondition anzeigte (VAN FRANKEKER 1983, 2004a).
Innere Verletzungen	Knochenbrüche, die von außen nicht bemerkt wurden, größere Blutungen etc.
Organzustand	Magen, Darm, Lunge, Leber und Nieren wurden auf offensichtliche Probleme oder Krankheiten hin untersucht und der Organzustand nach einem Punktesystem von 0 (sehr schlechter Zustand) bis 3 (sehr guter Zustand) beurteilt.
Geschlecht	Anhand der Geschlechtsorgane bestimmt.
Alter	Vor allem entsprechend der Entwicklung der Geschlechtsorgane ermittelt, wobei Größe, Form und Farbe eine Rolle spielten. Zusätzlich wurde die Anwesenheit der <i>Bursa Fabricius</i> im Bereich der Kloake überprüft. Diese Drüse ist bei den Juvenilen vorhanden, während sie in der Regel bei Tieren, die älter als ein Jahr sind, verschwindet. Diese Untersuchungen ermöglichten die Einteilung in juvenile, immature und adulte Eissturmvögel. Für die Auswertung wurden später nur die beiden Gruppen »Adulte« und »Nicht-Adulte« berücksichtigt.
Todesursache	Zum Ende der Sektion wurden alle bis dahin gesammelten Daten genutzt, um eine subjektive Einschätzung zur wahrscheinlichen Todesursache abzugeben wie z.B. Verölung, Kollision oder Verhungern. Die Analyse der Mageninhalte erfolgte erst anschließend und wurde an dieser Stelle nicht berücksichtigt.

inhaltsanalyse erfolgte nach der Methode von VAN FRANEKER (1983, 2004a) bzw. VAN FRANEKER & MEIJBOOM (2002) (vgl. Tab.1).

Nach der äußeren Untersuchung und Sektion wurde zuletzt der zweiteilige Magen entnommen. Dabei wurde der Darm kurz unterhalb des Muskelmagens und der Ösophagus möglichst in Kopfnähe durchtrennt. Die Magenproben wurden zunächst wieder eingefroren. Die äußere Analyse und Sektion erfolgte am Forschungs- und Technologiezentrum in Büsum, während die Mageninhaltsanalysen im Forschungsinstitut ALTERRA auf Texel (Niederlande) durchgeführt wurden.

2.3 Mageninhaltsanalyse

Von den 148 sezierten Eissturmvögeln wurde bei 92 Tieren der Mageninhalt analysiert. Dabei stammten 3 Magenproben aus 2002, 29 Proben aus 2003 und 60 Proben aus 2004. Nach dem Auftauen der Mägen wurden der weitleumige Drüsenmagen und der kompakte Muskelmagen in einem Teil der Proben getrennt analysiert, um weitere Studien zur Verdauungsgeschwindigkeit und Retentionsdauer ver-

schiedener Nahrungs- bzw. Müllkomponenten zu ermöglichen. Für unsere Studie wurden jedoch die verschiedenen Daten aus Drüsen- und Muskelmagen kombiniert und in einer gemeinsamen Mageninhaltsliste angegeben. Zunächst wurden die Mägen entlang ihrer gesamten Länge aufgeschnitten. Der Inhalt wurde vorsichtig mit kaltem Wasser über einem Sieb mit 1 mm Maschenweite herausgespült. Die verschiedenen Bestandteile wurden mit Hilfe eines binokularen Mikroskops sortiert und den in Tab. 2 aufgeführten Kategorien zugeordnet. Die Messgenauigkeit für die verschiedenen Gewichtsdaten lag im Bereich von 0,1 mg.

2.4 Auswertung

Nachdem jede Magenprobe entsprechend den oben genannten Kategorien aussortiert worden war, wurden für jeden Magen und für jede Kategorie das Auftreten (Anwesenheit oder Abwesenheit), die Partikelanzahl und die Masse der jeweiligen Kategorie festgehalten. Die Auswertung der Mageninhalte und Berechnung der unterschiedlichen Belastung durch verschiedene Müllkategorien erfolgte im Forschungsins-

titut ALTERRA (Texel) in den Niederlanden. Neben den geometrischen Mittelwerten für die verschiedenen Müllgewichte wurden auch die arithmetischen Mittelwerte mit Standardabweichung berechnet. Die verschiedenen Partikelanzahlen wurden ebenfalls als arithmetische Mittel berechnet. Abundanz und Masse des Mülls waren durch eine rechtsschiefe Verteilung gekennzeichnet. Das heißt, dass der Großteil der Proben eine relativ geringe Anzahl Müllpartikel bzw. ein relativ geringes Müllgewicht aufwies, während wenige Proben durch extrem hohe Anzahlen bzw. Gewichte charakterisiert waren. Bei der Berechnung des geometrischen Mittels, welches durch die Logarithmierung der Daten weniger anfällig für derartige Ausreißer ist, wurden die Gewichtsdaten mit $\ln(x+0,001)$ transformiert. Die Addition zu den Originaldaten war durch Nullwerte in den Proben erforderlich. Nach der Berechnung der geometrischen Mittelwerte wurde anschließend wieder 0,001 subtrahiert. Für die Analyse der Müllbelastung wurden alle 92 Magenproben aus den Jahren 2002 bis 2004 zusammengefasst.

Tab. 2: Mageninhaltskategorien, deren Definition und Herkunft.

Plastik	
1) Industrielle Plastikpellets	Oftmals zylindrisch geformte Körnchen mit einem Durchmesser von ungefähr 4 mm, Rohplastik, welches von den Herstellern von Plastikprodukten eingeschmolzen und je nach gewünschtem Endprodukt mit entsprechenden Zusätzen (Weichmachern, Pigmenten etc.) versehen wird. Beschädigung der Transportbehälter oder deren Verlust wurden als mögliche Quellen angesehen (VAN FRANEKER & MEIJBOOM 2002)
2) Verbraucherplastik	Alle Plastikreste und -stückchen, die nicht zu den industriellen Pellets gehörten. Diese Kategorie wurde in weitere Subkategorien wie faserähnliches Plastik (Überreste von Nylontauen, Netzen oder Verpackungsschnüren), Fragmente (Bruchstücke von Plastikboxen, -flaschen, Zahnbürsten etc.) und einige weitere unterteilt.
Sonstiger Abfall (außer Plastik)	
1) Papier	Papier, Pappe, Silberpapier, Aluminiumfolie etc.
2) Abfälle aus Schiffsküchen	Essensreste und Abfälle wie z.B. gebratenes Fleisch, Zwiebelschalen etc. die vermutlich hauptsächlich aus Schiffsküchen stammen.
3) Diverser Müll	Bspw. Holzstückchen (von behandeltem Holz), Farbreste, Metallstücke etc.
4) Angelhaken	
Schadstoffe (Industrielle oder chemische Abfälle)	
1) Schlacken	Verbrennungsrückstände aus Öfen, Kohlereste oder Schmelzreste aus der Metallverarbeitung.
2) Teer	Alle Arten von teerähnlichen Substanzen inklusive Klumpen aus Schweröl.
3) Chemikalien	Paraffinähnliche oder sonstige klebrige Substanzen, die als künstlich und chemischen Ursprungs identifiziert wurden.
4) Federballen	Ungewöhnlich große Federansammlungen im Magen, die aus intensiven Reinigungsbemühungen des Vogels bei Verschmutzung des Gefieders mit Öl und anderen Chemikalien stammen.
Natürliche Nahrungsreste	Otolithen, Tintenfischschnäbel, Crustaceenreste etc., (für diese Studie nicht näher untersucht).
Natürliche Reste (außer Nahrung)	z.B. Pflanzenstückchen, kleine Steine etc. (ebenfalls nicht weiter analysiert). Daneben wurde die Zahl der Parasiten pro Magen grob abgeschätzt.

2.5 Einflussgrößen

In einer niederländischen Studie testeten VAN FRANEKER & MEIJBOOM (2002), ob die Faktoren Jahr, Geschlecht, Alter, Herkunft, Kondition, Todesursache und Jahreszeit einen statistisch signifikanten Einfluss auf die von Eissturmvögeln aufgenommenen Müllmengen hatten. Dabei stellten sie fest, dass lediglich das Lebensalter der Tiere einen statistisch abgesicherten Einfluss auf die Müllbelastung hatte. Juvenile und immature Tiere wiesen höhere Müllmengen auf als adulte Eissturmvögel. Erstere Altersgruppen unterschieden sich nicht weiter und wurden daher als »Nicht-Adulte« den »Adulten« gegenübergestellt. Für die Daten dieser Studie wurde der Faktor Lebensalter erneut getestet. Um mögliche geschlechtsabhängige Belastungsunterschiede sicher auszuschließen, wurden Männchen und Weibchen getrennt auf Altersunterschiede hin untersucht. Dies geschah für zwölf unterschiedliche Müllkategorien anhand der männlichen Eissturmvögel aus dem Jahr 2003 und anhand der weiblichen aus 2004 (Kruskal-Wallis H-Test). Anschließend wurden zwei verschiedene Methoden zur alpha-Fehler-Korrektur bei multiplen Tests der Nullhypothese angewandt. Dies war zum einen Fishers Omnibustest, welcher verschiedene P-Werte zu einem Chi-Quadratwert zusammenfasst. Dieser Wert wird dann mit $df = 2 \cdot \text{Anzahl P-Werte}$ getestet (HACCOU & MEELIS 1994). Die zweite Methode war der binominale Ansatz von CROSS & CHAFFIN (1982). Dieser testet, ob die Anzahl signifikanter Tests ($P < 0.05$) dem erwarteten Anteil (5 %) entspricht.

3. Ergebnisse

3.1 Geschlechts- und Altersverhältnis

Mit 70 % machten weibliche Tiere die Mehrheit der analysierten Stichprobe ($n = 92$) aus. Männliche Eissturmvögel stellten rund ein Viertel der Tiere und bei den verbliebenen 4 % konnte das Geschlecht nicht näher bestimmt werden.

Während bei den adulten Tieren die Weibchen mit 85 % den Großteil der Stichprobe stellten, war das Geschlechterverhältnis bei den Nicht-Adulten nahezu ausgeglichen (s. Abb. 2). Der Anteil der sicher ermittelten weiblichen Tiere überwog dabei mit 50 % nur knapp denjenigen der männlichen mit 47 %. Bei den verbliebenen 3 % konnte das Geschlecht der Tiere nicht identifiziert werden.

3.2 Mutmaßliche Todesursachen

Nach abgeschlossener Sektion wurde »Verhungern« als häufigste Todesursache der Eis-

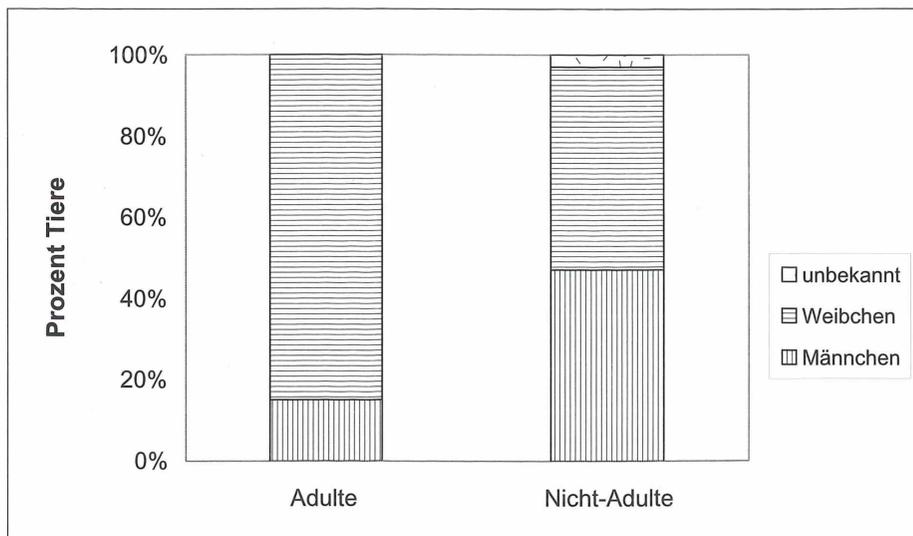


Abb. 2: Geschlechterverhältnis adulter ($n = 55$) und nicht-adulter Eissturmvögel ($n = 34$).

sturmvögel diagnostiziert (s. Tab. 3). Daneben spielten »Gefiederprobleme« wie das Fehlen von Daunen oder extreme Abnutzung des Gefieders eine Rolle. In ebenfalls 7 % der Fälle war eine Verölung solchen Ausmaßes vorhanden, das dies vermutlich maßgeblich zum Todesgeschehen beitrug. Genauso häufig wurden »Magen-Darm-Probleme« wie z.B. Löcher in der Magenwand oder eine extreme Schwellung des Darms als Todesursache angesehen. 3 % der Eissturmvögel wiesen so viel Müll im Magen auf, dass die Passage für Nahrung blockiert war. Ein gleich hoher Prozentsatz zeigte eine große, zementartige Verhärtung im Bereich der Kloake, welche zum Darmverschluss führte. Gefiederverschmutzung durch externe Kontaminanten, sowie Blockade des Verdauungstraktes durch »Chemikalien« spielten eine untergeordnete Rolle. In einem Fall (1 %) konnte keine Todesursache ermittelt werden.

3.3 Müllbelastung

In 97 % aller untersuchten Magenproben wurde Müll gefunden (s. Abb. 3). In nahezu allen Eissturmvögeln ließ sich dabei Plas-

Tab. 3: Mutmaßliche Todesursachen der seziierten Eissturmvögel in Prozent ($n = 151$).

Todesursache	% Tiere
Verhungern	72
Öl	7
Externe Kontamination	1
Gefiederprobleme	7
Müllblockade	3
Chemikalien	1
Magen-Darm-Probleme	7
Kloakenverhärtung	3
Unbekannt	1

tikmüll nachweisen (95 %). Die Kategorie Verbraucherplastik konnte in 93 % der Proben nachgewiesen werden, wobei Industrieplastik mit nur 63 % in deutlich weniger Proben gefunden wurde. In 42 % der Tiere wurden Schadstoffe wie Schlacke, teerähnliche Substanzen, verschmutzte Federballen und paraffinähnliche Chemikalien gefunden. Von den Schadstoffen traten die paraffinähnlichen Chemikalien am häufigsten auf. Sie allein wurden in 34 % aller Eissturmvögel gefunden.

Abb. 4 zeigt die prozentuale Verteilung der Müllgewichte für die Kategorie Gesamtplastik. Diese rechtsschiefe Verteilung war sowohl für die Gewichtsdaten als auch für die Anzahlen unterschiedlicher Müllpartikel typisch. Dabei wiesen die Mägen der meisten Tiere relativ niedrige Gesamtplastikgewichte auf, während einige wenige sehr hohe Gewichte zeigten. Der Maximalwert lag bei 4,34 g. 5 % aller untersuchten Eissturmvögel hatten kein Plastik im Magen.

Bei der mittleren Belastung durch die verschiedenen Müllkomponenten zeigten sich deutliche Unterschiede (s. Abb. 5). Das geometrische Mittel für die Gesamt Müllbelastung lag bei 225,1 mg. Der Maximalwert der Gesamt Müllbelastung lag bei 17,64 g. Anhand der Abbildung wird ebenfalls deutlich, dass für die Müllbelastung Plastikmüll und hier insbesondere Verbraucherplastik die größte Rolle spielte. Die Belastung der Eissturmvögel durch Verbraucherplastik war im Mittel mehr als fünfmal so groß wie diejenige durch Industrieplastik.

Bei Belastung durch Müllpartikel war Plastik ebenfalls die bedeutendste Kategorie. Hierbei stellte Verbraucherplastik mit 35,7 Partikeln pro Magen den höchsten Anteil.

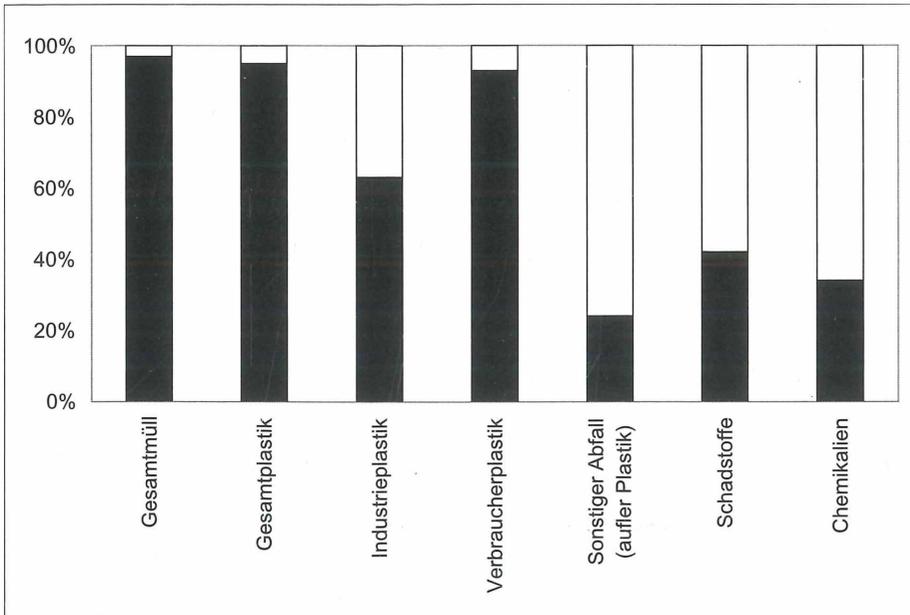


Abb. 3: Auftreten von Müllteilen der verschiedenen Müllkategorien (n = 92 Mägen) in Prozent. »Industrie«- und »Verbraucherplastik« sind Subkategorien von »Gesamtplastik«. »Chemikalien« ist eine Subkategorie der Kategorie »Schadstoffe«.

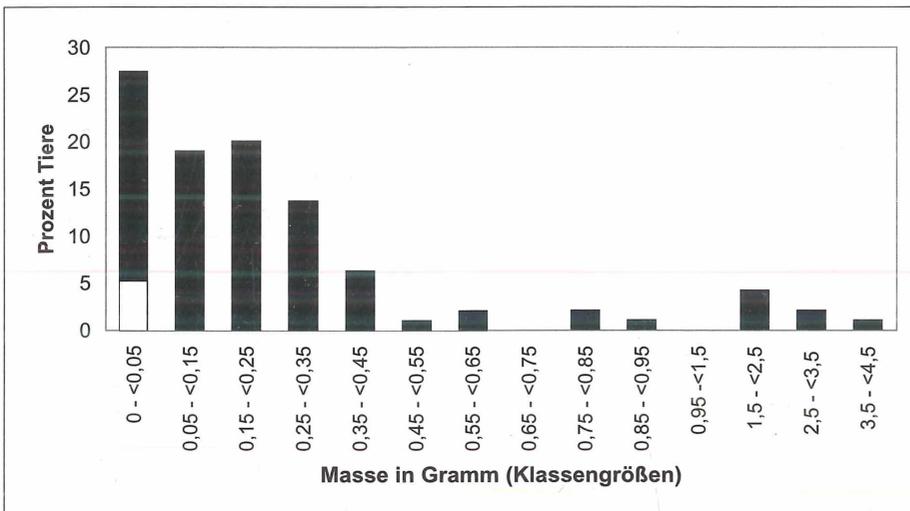


Abb. 4: Prozentuale Verteilung der Gesamtgewichte des Mülls für die Kategorie Gesamtplastik (n = 92 Mägen). Bei der Darstellung ist zu beachten, dass die erste Klasse nur von einschließlich Null bis 0,05 reicht. Der weiße Balken stellt den Anteil der Tiere dar, deren Mageninhalt kein Plastik enthielt. Ab 0,95 Gramm aufwärts ändert sich die Klassengröße.

3.4 Alterseffekt

Anhand der männlichen Vögel aus dem Jahr 2003 und der weiblichen aus 2004 wurde getestet, ob das Alter der Tiere einen signifikanten Einfluss auf die aufgenommenen Müllmengen hatte (Kruskal-Wallis H-Test). Für alle zwölf getesteten Müllkategorien gab es keine erkennbaren Unterschiede zwischen den Altersklassen. Beim binominalen Ansatz waren 2 von 24 Testresultaten signifikant, das einseitige P lag bei 0,339, so dass es keine signifikanten Altersunterschiede gab. Auch Fishers Omnibustest zeigte keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Müllbelastung adulter und nicht-adulter Vögel ($\chi^2 = 47,19$, $df = 48$, $P = 0,51$).

4. Diskussion

4.1 Müllquellen

Über Jahrhunderte stellte die Entsorgung von Abfällen auf dem Meer kein großes Problem dar, was sowohl an der geringen Intensität der Seeschifffahrt als auch an der Abbaubarkeit der verwendeten Materialien lag. Die Bevölkerungsexplosion und weltweite Industrialisierung haben jedoch zu einem rapiden Anstieg der weltweiten See- und Handelsschifffahrt geführt. Im Zuge dessen nehmen die Mengen giftiger und schwer abbaubarer Abfälle aus Treibstoff, Fracht und Haushalt an Bord immer weiter zu (VAN FRANKEK et al. 2004).

Dass Öl im Meer dramatische ökologische Konsequenzen hat, ist schon seit mehr als 100 Jahren bekannt. Abgesehen von Öl und anderen giftigen Substanzen wurde die Bedeutung von Abfällen auf See lange Zeit als gering eingestuft. Doch insbesondere für Plastikmüll trifft diese Ansicht nicht zu. Seit den 1960er Jahren boomt die Plastikproduktion. Dabei wird Plastik in allen möglichen Bereichen eingesetzt und hat gerade in Form von Einwegverpackungen eine große Bedeutung. Die geringen Kosten und der damit einhergehende sorglose Umgang sowie die schlechte Abbaubarkeit haben Plastikprodukte zu einem Umweltproblem gemacht (SCHREY 1987, HARTWIG et al. 1990, DERRAIK 2002, FLEET 2003). 2003 lag die Weltplastikproduktion bei ca. 165 Millionen Tonnen, wobei etwa 40 % davon für Verpackungen verwendet wurden (www.plastemart.com). Daneben stieg die Größe der aktiven Welthandelsflotte zwischen 1994 und 2003 von 437 auf 571 Millionen Bruttoregistertonnen (DEPT. OF TRANSPORT 2004).

Der Müll im Meer stammt allerdings aus einer Vielzahl von Quellen. Neben der Handelsschifffahrt und Fischerei spielen auch die Offshore-Industrie, Freizeitschifffahrt, der Tourismus an den Küsten und der Eintrag über die Flüsse eine Rolle. Die relative Bedeutung der einzelnen Quellen ist in den verschiedenen Teilen der Welt sehr unterschiedlich und eine Quantifizierung ist nahezu unmöglich. Für den Bereich der deutschen Nordseeküste stellte FLEET (2003) die Ergebnisse einer zehnjährigen Müllfassung sowie eines detaillierteren OSPAR Pilotprojektes zum gleichen Thema vor. Aus beiden Studien wurde geschlossen, dass die Seeschifffahrt, Fischerei und Offshore-Industrie die Hauptquellen für Müll an deutschen Stränden waren. Im europäischen Bereich und insbesondere in der Nordsee macht die reine Intensität von Handelsschifffahrt und Fischerei diese zu unbestreitbaren Müllquellen. Zum Teil wurde auch anhand der untersuchten Mageninhalte die Bedeutung dieser Quellen gestützt (VAN FRANKEK et al. 2004). So konnten in 12 % der in den Niederlanden gefundenen Eissturmvögel, Müll wie Essensreste, Papier etc. nachgewiesen werden. Die entsprechenden Müllfunde waren dabei noch dermaßen gut erhalten, dass ein landseitiger Ursprung mehr als unwahrscheinlich erschien. Zudem fand sich in einer steigenden Anzahl von Vögeln eine Masse aus unidentifizierbarer Nahrung mit vielen hundert Stückchen Verbraucherplastik. Unserer Interpretation nach stammten diese Proben aus Abfallzerkleinerern wie sie in Schiffsabflüssen benutzt werden. Neben Essensresten musste also auch

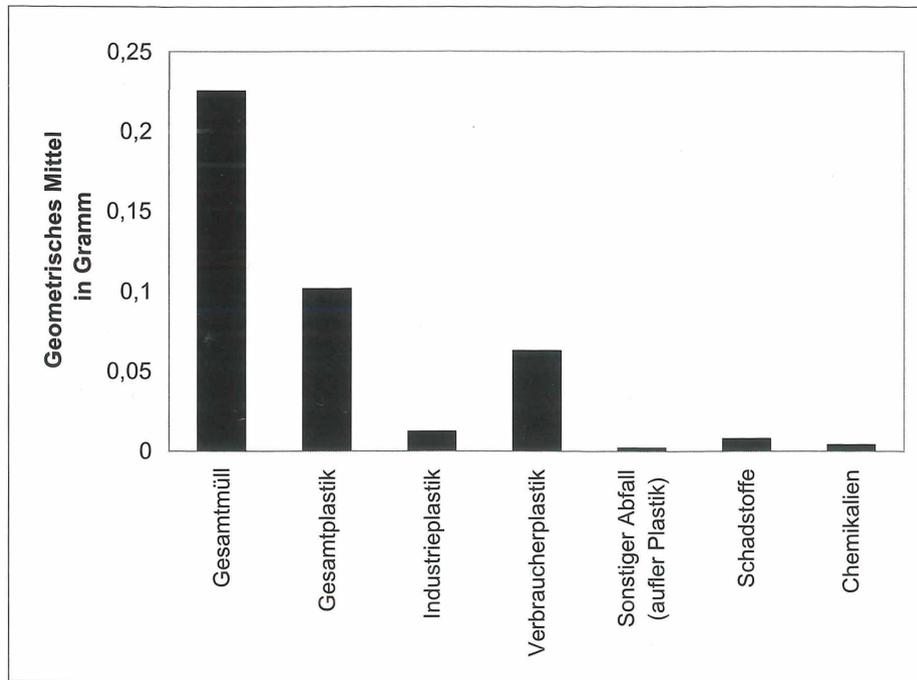


Abb. 5: Geometrische Mittelwerte der unterschiedlichen Müllgewichte nach Kategorien aufgeschlüsselt. »Industrie-« und »Verbraucherplastik« sind Subkategorien von »Gesamtplastik«. »Chemikalien« ist eine Subkategorie der Kategorie »Schadstoffe«.

Plastikmüll zerkleinert worden sein. Diese Art von »Missbrauch« von Abfallzerkleinern ist u.a. bei Kreuzfahrtschiffen beobachtet worden (BREEN 2002). Im Zeitraum von 1999 bis 2003 wurden bei 24 % der niederländischen Eissturmvögel Chemikalien in den Mägen gefunden. Oftmals hatten diese Klumpen ein paraffinähnliches Aussehen. Daneben kamen auch andere Substanzen unterschiedlichster Farbe vor. All diese Materialien sind auch regelmäßig im Spülsaum von Stränden zu finden und stammen mit großer Wahrscheinlichkeit aus der Reinigung von Schiffstanks auf See (VAN FRANEKER et al. 2004).

OSPAR hat ein internationales Pilotprojekt »Monitoring von Müll im Spülsaum« mit einer vorläufigen Laufzeit von 2002 bis 2006 initiiert, in dem die Strände des Nordostatlantiks zwischen Portugal und Schweden erfasst werden. Dabei werden detaillierte, international standardisierte Methoden angewendet, um die Müllbelastung ausgewählter Strandabschnitte zu messen. Die Müllfassung entlang der Strände liefert Informationen über Trends der verschiedenen Müllkategorien und deren Quellen. Bei diesen Zählungen werden vor allem größere Müllteile erfasst. Dieser Müll stellt vor allem ein ökonomisches Problem für die Küstengemeinden dar.

Tab. 4: Arithmetische Mittelwerte des Müllgewichts mit Standardabweichung in Gramm und arithmetische Mittelwerte der Partikelzahl verschiedener Müllkategorien (n = 92 Mägen). »Industrie-« und »Verbraucherplastik« waren Subkategorien der Kategorie »Gesamtplastik«. »Chemikalien« war eine Subkategorie der Kategorie »Schadstoffe«.

	Müllgewicht in Gramm (arithmetischer Mittelwert)	Standardabweichung	Anzahl Partikel (arithmetischer Mittelwert)
Gesamtplastik	0,3550	0,6960	39,1
Industrieplastik	0,0600	0,0940	3,5
Verbraucherplastik	0,2940	0,6780	35,7
Sonstiger Abfall (außer Plastik)	0,0630	0,2249	2,68
Schadstoffe	0,6470	2,3755	9,01
Chemikalien	0,5663	2,3663	8,67

Das Müllmonitoring mit Hilfe von Eissturmvögeln ist weniger gut geeignet, um die verschiedenen Quellen zu identifizieren und konzentriert sich vor allem auf kleine Plastikpartikel, so genannten Mikromüll. Die Stärke dieser Erfassungsmethode liegt jedoch darin, dass sie sensibel auf Trends in der Belastung des Offshore-Bereichs reagiert. Gleichzeitig ermöglicht die Müllfassung durch Eissturmvögel eine regionale Unterscheidung der Belastungssituation des küstenfernen Meeresbereichs und stellt das Müllproblem in einen ökologischen Kontext (VAN FRANEKER et al. 2004).

4.2 Zeitliche Trends und grundlegende Erkenntnisse

Anhand einer Langzeitstudie konnte gezeigt werden, dass sich die Müllgehalte in den Mägen von in den Niederlanden gefundenen Eissturmvögeln in den letzten Jahrzehnten signifikant verändert haben (VAN FRANEKER & MEIJBOOM 2002, 2003, VAN FRANEKER et al. 2004). Die Daten reichen dabei von 1982 bis 2003. Nach einer maximalen Plastikbelastung Ende der 1990er fiel das Belastungsniveau zu Anfang des neuen Jahrhunderts auf das Niveau der 1980er Jahre zurück. In dieser Zeit hat sich die Müllzusammensetzung deutlich verändert. Die durchschnittliche Belastung mit industriellem Plastik ist dabei signifikant zurückgegangen. Dagegen ist die Durchschnittsbelastung mit Verbraucherplastik signifikant gestiegen. Seit 1996 ist auch hier jedoch eine deutliche Abnahme der Müllbelastung zu verzeichnen. Zur Zeit ist in 98 % der niederländischen Vögel Plastikmüll nachzuweisen, wobei die Belastung bei durchschnittlich 32 Partikeln und 0,34 g (arithmetischer Mittelwert = arithmet. MW) Plastik pro Vogel liegt (1999–2003). Nach umfangreichen Studien wird empfohlen, für die Müllbelastung das Gewicht und nicht die Anzahl der Partikel als ausschlaggebende Maßeinheit zu verwenden. Dies erklärt sich vor allem daher, dass bestimmte Müllkategorien wie Industrieplastik in Form vieler kleiner Partikel vorkommen, während andere Kategorien wie Chemikalien oftmals als größere Klumpen auftreten. Die Bedeutung von Industrieplastik würde im Vergleich zu anderen Müllkategorien überbewertet werden. Die Studie empfiehlt, neben den Zielwerten für die Belastung mit Plastik weitere Müllkategorien zu berücksichtigen. Das gilt besonders für Chemikalien. Diese waren in den 1980er Jahren in 10 % der niederländischen Eissturmvögel nachzuweisen. Dieser Prozentsatz ist jedoch deutlich gestiegen. So lassen sich Chemikalien zurzeit in 24 % der niederländischen Magenproben nachweisen. In den Vogelmägen liegt die Belastung derzeit durchschnittlich bei 0,81 g Chemikalien (arithmet. MW) (VAN FRANEKER et al. 2004).

Da bisher die chemische Zusammensetzung unklar ist und toxische Wirkungen nicht ausgeschlossen werden können, wird dringend empfohlen, die gefundenen Substanzen zu analysieren. Gerade diese Stoffe könnten ökologisch besonders relevant sein. Hinzu kommt, dass außer bei extremen Vorfällen das Auftauchen von chemischen Abfällen im Meer nur selten bemerkt wird (CAMPHUYSEN et al. 1999).

4.3 Nationale Erkenntnisse

Die von 2002 bis 2004 entlang der deutschen Nordseeküste gesammelten Eissturmvögel zeigen eine Momentaufnahme der aktuellen Müllbelastung. VAN FRANEKER & MEIJBOOM (2002) stellten fest, dass pro Jahr etwa 40 Eissturmvögel über einen Zeitraum von vier bis acht Jahren untersucht werden müssen, um verlässliche Trends hinsichtlich der Müllbelastung erkennen zu können. Bei unserer Studie war also sowohl die betrachtete Zeitspanne kürzer als auch die Stichprobe in zwei von drei Jahren kleiner als für eine sichere Erkennung von zeitlichen Veränderungen erforderlich gewesen wäre. Daher wurden die Proben aus den drei Untersuchungsjahren zusammengefasst betrachtet. Drei der untersuchten Tiere stammten aus dem Jahr 2002. Diese geringe Zahl erklärt sich dadurch, dass die Studie erst im Herbst 2002 begann und es eine Weile dauerte, bis eine koordinierte Sammlung der Eissturmvögel erfolgen konnte. 2003 konnten 29 Tiere für das Projekt untersucht werden und 2004 waren es 117 Exemplare. Dabei wurde bei bisher 60 der 117 sezierten Tiere auch der Mageninhalt analysiert.

Als Besonderheit trat im Februar und März 2004 bei den Eissturmvögeln im Bereich der südlichen Nordsee ein Massensterben auf. Auch im Mai und Juni desselben Jahres war eine erhöhte Anzahl an Eissturmvogelfunden zu verzeichnen. Bei dem Massensterben wurden zunächst entlang der französischen Kanalküste hohe Anzahlen tot angetriebener Eissturmvögel registriert. In dieser Zeit wurden im belgischen Offshore-Bereich die höchsten Eissturmvogelzahlen seit Beginn der dortigen Seabird-at-Sea-Erfassungen beobachtet (COURTENS pers. Mitt.). Wenige Tage später wurden viele tote Eissturmvögel entlang der belgischen und niederländischen Küste gefunden. Mit geringer Verzögerung traten auch entlang der deutschen Nordseeküste außerordentlich viele Eissturmvögel in den Spülsaumstrecken auf. Eine Besonderheit des Massensterbens war der hohe Anteil adulter Weibchen. Außerdem zeigte eine Vielzahl der Vögel Kennzeichen einer verzögerten oder abgebrochenen Mauser, was den Schluss zulässt, dass sich diese Vögel seit dem Herbst 2003 in schlechter Verfassung

befanden (VAN FRANEKER 2004b). Zugleich ließ sich bei dem Großteil der Tiere ein sehr schlechter Ernährungszustand feststellen. Was die Massensterben verursacht hat, konnte bisher noch nicht geklärt werden, ist aber Gegenstand aktueller Forschung.

Für die Ergebnisse der Untersuchungen zur Müllbelastung sollte also berücksichtigt werden, dass der Großteil der Proben aus dem Jahr 2004 stammte. Gleichzeitig ist jedoch zu betonen, dass in der niederländischen Pilotstudie gezeigt werden konnte, dass lediglich das Alter der Tiere einen Einfluss auf die gefundenen Müllmengen hatte (VAN FRANEKER & MEIJBOOM 2002). Anhand der deutschen Eissturmvogelfunde konnte jedoch auch hinsichtlich der verschiedenen Altersklassen kein signifikanter Unterschied gefunden werden. Das heißt, dass, obwohl der Großteil der Proben aus den Massensterben des Jahres 2004 stammt, davon ausgegangen wird, dass die gefundene Müllbelastung repräsentativ für die Belastungssituation im deutschen Offshore-Bereich war. Diese Annahme wurde durch den Vergleich mit den niederländischen Daten zusätzlich gestützt. Die Belastung der letzten Jahre ohne 2004 lag dort, sowohl was das Auftreten als auch die durchschnittliche Partikelanzahl und das Durchschnittsgewicht betraf, in einer sehr ähnlichen Größenordnung. So wurde z.B. in 95 % der in Deutschland gesammelten Eissturmvögel Plastikmüll gefunden. In den Niederlanden war dies bei 97 % der Vögel der Fall.

4.4 Internationaler Vergleich

Vor Beginn der Fulmar-Litter-EcoQO Study waren wir davon ausgegangen, dass die Eissturmvögel über so große Gebiete verteilt Nahrung suchen, dass die Müllmengen, die in den gestrandeten Tieren gefunden werden, innerhalb der ganzen Nordsee ähnlich sein würden. So war eine wichtige Erkenntnis, dass es je nach Fundort der Tiere eine erhebliche regionale Variation der Müllmengen in den Mägen gab (VAN FRANEKER et al. 2005). In der südöstlichen Nordsee konnte die höchste Belastung nachgewiesen werden. Zu diesem Bereich wurde die Nordseeküste vom Ärmelkanal bis einschließlich der Deutschen Bucht gezählt. Hier wurden durchschnittlich 0,4 g Plastik bzw. 50 Partikel pro Magen gefunden (arithmet. MW). Der Bereich Skagerrak, der die Nordküste Dänemarks, Westküste Schwedens und Südküste Norwegens umfasste, zeigte eine mittlere Position bei der Müllbelastung. Gleiches galt für die Ostküste Englands. Die niedrigste Müllbelastung wiesen die Mägen von Eissturmvögeln auf, die auf den Shetland- und Orkneyinseln gefunden wurden. Dort lag die durchschnittliche Belastung bei ca. 25 Partikeln und 0,2 g Plastikmüll (arithmet. MW).

Um die Müllbelastung der Nordsee besser einordnen zu können, wurden außerdem noch Eissturmvögel untersucht, die außerhalb des Untersuchungsgebietes lagen. Hierzu dienten Tiere von den Färöerinseln im Nordatlantik. Dort wurden durchschnittlich weniger als 10 Partikel und 0,1 g Plastik in den Mägen gefunden. Gleichwohl konnten in nahezu allen Untersuchungsgebieten in mehr als 90 % der Vögel Plastik im Magen nachgewiesen werden. In manchen Bereichen des Untersuchungsgebietes wurden häufig Chemikalien in den Mägen gefunden. In der südöstlichen Nordsee war die Belastung am höchsten und lag bei 0,45 g pro Vogel (arithmet. MW). Betrachtet man die gefundenen Unterschiede in der Müllbelastung, so lässt dies auf lokale Verschmutzungsquellen innerhalb der Nordsee schließen.

4.5 Qualitätsziel für die Müllbelastung der Nordsee (Fulmar-Litter-EcoQO)

Vor Beginn der Studie wurde von OSPAR für die Müllbelastung der Eissturmvögel ein vorläufiger Zielwert im Sinne des Fulmar-Litter-EcoQO formuliert (VAN FRANEKER & MEIJBOOM 2003). Dieser Wert besagte, dass weniger als 2 % aller Eissturmvögel der Nordsee mehr als 10 Plastikpartikel im Magen haben sollten. Dieser Wert scheint nach unseren Erkenntnissen unrealistisch zu sein. Derzeit haben 40–60 % aller untersuchten Vögel mehr als 10 Plastikpartikel im Magen. Alternativ empfehlen wir einen Zielwert in Bezug zur Müllbelastung von Eissturmvögeln auf den Färöerinseln, die als Referenzgebiet dienen. Der empfohlene Wert liegt etwa bei der Hälfte der dort gefundenen Belastung. Das heißt, dass weniger als 10 % aller Eissturmvögel mehr als 0,1 g Plastik im Magen haben dürften. Derzeit weisen 40–60 % der Eissturmvögel in der Nordsee mehr als 0,1 g Plastikmüll auf. Daneben werden mindestens vier verschiedene Monitoring-Regionen für die Nordsee empfohlen. Für die Verwendung als ökologisches Qualitätsziel ist es möglich, die verschiedenen Plastikategorien zu kombinieren. Gleichzeitig bleibt es jedoch notwendig, die Datenerhebung detailliert fortzuführen. Nur die Beibehaltung verschiedener Plastik- bzw. Müllkategorien ermöglicht eine Unterscheidung der unterschiedlichen Quellen und Trends. Außerdem befürworten wir eine Fortführung der Studie auf Basis aller derzeit beteiligten Länder. Dies hätte den Vorteil, dass die räumliche Auflösung der Müllbelastung und ihrer Quellen weiter gesteigert werden könnte.

4.6 Ökologische Relevanz

Neben Faktoren wie Habitatzerstörung, Jagd und Fischerei stellt auch der marine Müll ein erhebliches ökologisches Problem für viele

Meeresbewohner dar. Weltweit sterben zahlreiche Fische, Schildkröten, Robben, Delfine, Wale und Seevögel in verlorenen oder weggeworfenen Fischernetzen (BREEN 1990, LAIST 1996). Daneben ist für eine Vielzahl weiteren Mülls wie Angelschnüre aus Nylon, Kunststoffhalter für Sechserträger, Seilreste und Verpackungsriemen bekannt, dass sich Meerestiere in ihnen verfangen. Oftmals sterben diese Tiere langsam an ihren Verletzungen oder durch Verhungern. Für einige Tierarten konnten bereits die negativen Folgen solcher Unfälle für ihre Populationen nachgewiesen werden (FRENCH & REED 1990). Im Nordseebereich ist das Problem des Verfangens z.B. für den Basstölpel (*Morus bassanus*) gut dokumentiert. So wurde das erste je auf Helgoland geschlüpfte Basstölpelküken nicht flügge, weil es sich in Plastikschnüren verfangen, die seine Eltern zum Nestbau benutzt hatten (SCHNEIDER 1991). Auf Helgoland lag die Rate von freilebenden Basstölpeln, die sich in Müll verfangen hatten bei 2,6 %. Bei den Basstölpelspülsaumfunden lag die Rate dagegen bei immerhin 29 % (SCHREY & VAUK 1987). In den Niederlanden stieg der Prozentsatz der Basstölpelspülsaumfunde, die sich in Müll verfangen hatten, von 5,2 % in den 1980er Jahren auf 7,5 % in den 1990er Jahren, wobei eine zunehmende Bedeutung von Nylonschnüren aus dem Fischereigebrauch bemerkt wurde (CAMPHUYSEN 2001).

Ebenso wie das Verfangen ist das Schlucken von Müll ein bekanntes Problem. Nahezu endlose Listen verschiedenster Meerestierarten wurden zusammengestellt, in denen insbesondere Plastikmüll gefunden wurde (LAIST 1997). Dabei sind einige Tiergruppen deutlich häufiger betroffen als andere. Bemerkenswert ist jedoch wie weit dieses Phänomen verbreitet ist. Bei einigen Tieren scheint die Erklärung relativ einfach. So sind häufig gerade in Meeresschildkröten weiche Plastikfolien und -tüten nachzuweisen. Diese haben eine verblüffende Ähnlichkeit mit Quallen, die einen großen Teil der natürlichen Nahrung der Schildkröten ausmachen, und vermutlich so zu Verwechslungen führen (CARR 1987, LUTZ 1990, LAIST 1996, 1997). In die gleiche Richtung zielt auch die Erklärung, weshalb in einigen Alkenarten kleine Plastikörnchen gefunden werden. Die Körnchen scheinen Fischeiern zu ähneln, welche ebenfalls eine natürliche Nahrung dieser Arten darstellen (VAN FRANKEKER & MEIJBOOM 2002). Warum aber auch hinsichtlich der Nahrung hochspezialisierte Tiere wie Zahnwale und Robben Plastikmüll aufnehmen, bleibt rätselhaft. Betrachtet man nun die mutmaßlichen Todesursachen der Eissturmvögel, die zwischen 2002 und 2004 entlang der deut-

schen Küste gefunden wurden, so wurde bei 3 % der gefundenen Tiere soviel Müll im Magen gefunden, dass dieser die Nahrungspassage blockierte (s. Tab. 3). Auf den ersten Blick scheint dies also nur ein geringes Problem gewesen zu sein. Doch stellten diese 3 % nur Extrembeispiele dar, bei denen bereits vor der Magenanalyse klar schien, dass ein Überleben bei der gefundenen Müllbelastung unmöglich war. Außerdem gingen die Ergebnisse der Magenanalyse nicht in die Beurteilung zur mutmaßlichen Todesursache ein.

Es ist wichtig, zu berücksichtigen, dass die Aufnahme von Müll über ganz unterschiedliche Mechanismen auf das Tier wirken kann (DAY et al. 1985, LAIST 1997, RYAN 1987, 1990). So kann von großen und scharfen Objekten ein direkter physischer Schaden ausgehen, indem z.B. die Magenwand verletzt wird. Daneben kann durch Müll die Verdauungstätigkeit herabgesetzt werden. Plastikfolien oder -tüten können den Verdauungstrakt partiell oder komplett verschließen. Außerdem können Sättigungseffekte auftreten, die zu einer reduzierten Nahrungssuchaktivität führen und somit die Kondition des Tieres herabsetzen. Zusätzlich kann während der Nahrungssuche weniger Nahrung aufgenommen werden, da ein Teil des Magenvolumens mit Müll gefüllt ist. Werden Teer- oder Chemikalienklumpen aufgenommen, können diese direkt toxisch auf das Tier wirken. Daneben kommen auch im Plastikmüll zahlreiche giftige und als giftig vermutete Stoffe vor. Dazu gehören z.B. Farbstoffe, Antioxidantien und Weichmacher (RYAN et al. 1988, SUMMER et al. 1995). Außerdem lagern sich durch Adhäsion zahlreiche flüssige Substanzen wie Öl und persistente organische Schadstoffe an Plastikmüll an. Bei der Aufnahme von Müll könnten sich die Tiere somit auch sekundär vergiften (MATO et al. 2001).

All diese Effekte wirken oftmals nicht direkt tödlich, sondern über ein Herabsetzen der Kondition. Die Chancen, zu überleben oder sich erfolgreich fortzupflanzen, sinken (RYAN 1988). So sterben zweifelsohne jedes Jahr in der Nordsee einige Eissturmvögel direkt an den aufgenommenen Müllmengen. Beim Großteil der von uns untersuchten Eissturmvögel wurde als mutmaßliche Todesursache »Verhungern« angegeben (s. Tab. 3). Da bei 97 % der Tiere Müll im Magen gefunden wurde, kann man davon ausgehen, dass der Müll über die oben genannten Effekte die Fitness reduzierte und somit in unbekanntem Ausmaß zum Todesgeschehen beitrug. Diese Eissturmvögel, bei denen der Mülleinfluss eine unbekannte Rolle spielte, tauchten somit in anderen Kategorien wie

»Verhungern« oder »Magen-Darm-Probleme« auf. In einigen Seevogelstudien wurden Zusammenhänge zwischen einer reduzierten Körperkondition und der Menge an aufgenommenem Plastikmüll gefunden. In anderen Studien war dies nicht möglich und der Zusammenhang erfüllte keine solide Ursache-Wirkungsbeziehung (AUMAN et al. 1997, SPEAR et al. 1995).

Es ist uns wichtig, darauf hinzuweisen, dass die Müllbelastung der Eissturmvögel stellvertretend für die weitreichende Belastung der unterschiedlichsten Meerestiere steht. Zudem macht diese Form des Monitorings die Müllbelastung des Meeres messbar und rückt einen weiteren wichtigen Aspekt in das Bewusstsein: Neben der deutlich sichtbaren Verschmutzung der Strände und dem Problem des Verfangens stellen selbst kleinste, kaum sichtbare Müllpartikel ein ernstes Problem für das Leben im Meer dar.

5. Danksagung

Zunächst möchten wir uns bei der Europäischen Union für die Kofinanzierung unserer Studie bedanken. Die Fulmar-Litter-EcoQO Study wurde von 2002 bis 2004 im Rahmen des European Interregional Program for the North Sea (Interreg IIIB) gefördert. Außerdem gilt unser Dank den Vereinen, Betrieben und Ämtern, die unser Projekt durch die Organisation der Sammlung und Lagerung toter Eissturmvögel unterstützt haben. Dazu zählten: Öömrang Ferian e.V., Mellumrat e.V., Nationalparkservice gGmbH, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Schutzstation Wattenmeer e.V., Seehundaufzucht- und Forschungsstation Norden-Norddeich und Verein Jordsand e.V..

Ein besonderer Dank gilt all denjenigen Menschen, die in den zwei Jahren Eissturmvögel entlang der deutschen Nordseeküste einsammelten und denjenigen, die dieses Projekt auf andere Weise unterstützten. Hierzu zählten: Jordsand Amrum, Schutten Amrum, Arne, Ulrich Bauer, Alexander Behrens, Ulf Beichle, Michael Beverungen, Rainer Borcherding, Paul Blei, Malte Blockhaus, R. Blockhaus, Vogelzivis Borkum, Schutten Büsum, Gerd Clausen, Thomas Clemens, Viktor Corman, Romana Domin, Christopher Drum, Vogelzivis Festland, Lena Fly, Wolfgang Förster-Hahn, Mathias Heckroth, Silvia Gaus, Carlo Grabowski, Karin Graff, Birgit Hussel, Kalle Hildebrandt, Stefanie Hohe, Kathinka Jost, Vogelzivis Juist, Anika Jungk, Alexander Jüterbock, Klaus Ketelsen, Heiner Kopp, Ulli Kraus, Julika Kreling, Wenzel & Kröber (Schutten Föhr), Martin Kühn, Viona Lange, Schutten Langeneß, Peter Lienau, Herta Lo-

renz, Franziska Lutz, Rolf Manderla, Tobias Marx, Till Meinrenken, Heinz Meuser, Kai Miegel, Henning Nierhauve, Vogelzivilis Nordnerney, Christoph Ochs, Sven Oltrop, Pauline, Boy Paulsen, Schutten Pellworm, Torsten Penkert, Jan Peters, Hannes Pix, Ole Plambeck, Petra Potel, Fritz Rabenstein, Jordsand Rantum, Rainer Rehm, Reinhard, Annegret Repp, Maximilian Retzold, Johannes Revermann, Jordsand Schlüttsiel, Silke Schmidt, Klaus Schollenbuch, Jan Hauke Schrader, Johannes Schramm, Martin Schulze-Dieckhoff, Janne Schöning, Janina Spalke, Vogelzivilis Spiekeroog, Schutten St. Peter-Ording, Walter Stubenrauch, Rolf Suppe, Schutten Sylt, Kai Tornow, Sönke Twietmeyer, Daniel Vogel, Nils Warburg, Johannes Week, Schutten Westerhever. Für hilfreiche Kommentare zu einem früheren Entwurf möchten wir Nele Markones, Roger Mundry und Tanja Weichler danken.

6. Summary

Within the last century marine littering has become a major problem. Besides negative economical consequences like damage of ships' propellers or cost-intensive beach-cleanups, littering has also a wide range of impacts on marine ecosystems. Sometimes this becomes visible by entangled seabirds or marine mammals washed ashore but often the problems are less visible. As the negative consequences of marine litter were recognized some time ago, several attempts to reduce the amount of littering have been established (e.g. MARPOL 1988, OSPAR Convention 1992). As the situation has not fundamentally changed since then, efforts have been intensified (e.g. the Directive on Port Reception Facilities of the European Union 2000). At the North Sea Minister Conference in Bergen 2002 it has been decided to introduce a system of Ecological Quality Objectives (EcoQOs) for the North Sea in order to make policy aims quantifiable. One of these EcoQOs relates to litter abundance in seabirds' stomachs using the Northern Fulmar as a monitor organism. An earlier Dutch pilot study on beached Fulmars has proved its suitability for measuring changes in litter abundance and composition. In 2002, the research was expanded to participants in all countries around the North Sea. This international »Fulmar-Litter-EcoQO« Study was part of the »Save the North Sea« awareness campaign concerning marine littering (2002-2004), which was co-funded by the European Interreg IIIB program. Its aim was to investigate the regional variation of litter in Fulmars' stomachs to supply essential background information for the implementation of a »Fulmar-Litter-EcoQO« by OSPAR (OSPAR 2004). This study presents the results

of the analysis of Fulmars washed ashore along the German North Sea coast and compares the results with those of other North Sea countries. To show changes over time, earlier studies of van Franeker and co-workers based on the Dutch long-term data were referenced. Within the two years, more than 170 beached birds were collected. From a total of 92 birds stomach contents were analysed. 3 of these birds originated from 2002, 29 from 2003 and 60 samples from 2004. Samples were pooled for calculation of incidence, mass and number of litter items. 97 % of all stomachs contained litter. Plastics was the most abundant category. It was present in 95 % of stomachs with an average weight of 0.36 g (arithmetic mean). 34 % of the birds had also ingested chemical-like substances. The Dutch long-term studies showed that litter abundance and composition changed significantly since 1982. Industrial plastics decreased whereas user-plastics showed a substantial increase with peak pollution in the late 1990s. In recent years, user-plastics show a significant decrease, too. Plastics are now found in 98 % of Dutch Fulmars with an average of 32 particles and 0.34 g (arithmetic mean). In the North Sea, German North Sea waters belong to the most polluted areas. Shipping and fisheries are considered to be the major sources of litter in the North Sea area. Fulmars found in the southeastern North Sea (Channel to northern German Bight) showed the highest pollution levels with an average 0.4 g plastic and 50 particles per bird (arithmetic mean). The lowest pollution levels were found on Shetland and the Orkney Islands with 0.2 g and 25 particles on average (arithmetic mean). The Skagerrak area and the East coast of England showed an intermediate degree of pollution. Differences in pollution levels showed stronger regional variation than anticipated. OSPAR formulated a tentative EcoQO target as »less than 2 % of beachwashed Fulmars should have more than 10 pieces of plastic in the stomach«. According to our results we recommend at least four monitoring areas within the North Sea and an EcoQO based on plastic mass: »No more than 10 % of Fulmars should have more than 0.1 g plastic in their stomachs.« The strength of monitoring litter by Northern Fulmars is the sensitive response to changes in the pollution of the offshore environment and sets the problem of marine litter into an ecological context. The Northern Fulmar stands for the wide range of marine life which is negatively affected by littering.

7. Literatur

AUMAN, H.J., P.J. LUDWIG, J.P. GIESY & T. COLBORN (1997): Plastic ingestion by

- Laysan Albatross chicks on Sand Island, Midway Atoll, in 1994 and 1995. – In: ROBERTSON, G. & R. GALES (Eds): Albatross Biology and Conservation. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton. S. 239–244.
- BREEN, P.A. (1990): A review of ghost fishing by traps and gillnets. S. 571–599 in: SHOMURA, R.S. & M.L. GODFREY (Eds): Proceedings of the second international conference on marine debris, 2–7 April 1989, Honolulu, Hawaii. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS, NOAA-TM-NMFS-SFWC-154.
- BREEN, H. (2002): Plastics discarded at sea. MARMAM Network message of 29 Jul 2002.
- CAMPHUYSEN, C.J. (2001): Northern Gannets *Morus bassanus* found dead in the Netherlands, 1970–2000. Atlantic Seabirds 3(1): 15–30.
- CAMPHUYSEN, C.J. & S. GARTHE (1997): An evaluation of the distribution and scavenging habits of northern fulmars *Fulmarus glacialis* in the North Sea. ICES J. Mar. Sci. 54: 654–683.
- CAMPHUYSEN, C.J., H. BARREVELD, G. DAHLMANN, & J.A. VAN FRANKER (1999): Seabirds in the North Sea demobilised and killed by polyisobutylene (C₄H₈)_n (PIB). Mar. Poll. Bull. 38(12): 1171–1176.
- CARR, A. (1987): Impact of nondegradable marine debris on the ecology and survival outlook of sea turtles. Mar. Poll. Bull. 18(6B): 352–356.
- CROSS, E. M. & W.W. CHAFFIN (1982): Use of the binomial theorem in interpreting results of multipletests of significance. Educational and Psychological Measurement 42: 25–34.
- DAY, R.H., D.H.S. WEHLE & F.C. COLEMAN (1985): Ingestion of plastic pollutants by marine birds. – In: R.S. SHOMURA & H.O. YOSHIDA (Eds, 1985): Proceedings of the workshop on the fate and impact of Marine debris, 26–29 November 1984, Honolulu, Hawaii. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS, NOAA-TM-NMFS-SWFC-54. S. 344–386.
- DEPARTMENT FOR TRANSPORT (2004): Transport Statistics Report. Maritime Statistics 2003. Department of Transport, London (vgl. www.transdat.dft.gov.uk).
- DERRAIK, G.B. (2002): The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Mar. Poll. Bull. 44. 842–852.
- EG (2000): Richtlinie 2000/59/EG des Europäischen Parlamentes und Rates vom 27. November 2000 über Hafenauffangeinrichtungen für Schiffsabfälle und Ladungsrückstände. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L332:81–90 (28. 12. 2000).
- FLEET, D.M. (2003): Untersuchung der Verschmutzung der Spülsäume durch Schiffsmüll an der deutschen Nordsee-

- küste. (Ufoplan) FAZ 202 96 183, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Hochschule Bremen. 194 S.
- FRENCH, D.P. & M. REED (1990): Potential impact of entanglement in marine debris on the population dynamics of the Northern Fur Seal, *Callorhinus ursinus*. S. 431–452. – In: SHOMURA, R.S. & M.L. GODFREY (Eds): Proceedings of the second international conference on marine debris, 2–7 April 1989, Honolulu, Hawaii. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS, NOAA-TM-NMFS-SFWC-154.
- FURNESS, R.W. (1985): Plastic particle pollution: accumulation by Procellariiform seabirds at Scottish colonies. Mar. Poll. Bull. 16(3):103–106.
- GARTHE, S., W.A. MONTEVECCHI, U. OJOWSKI & I.J. STENHOUSE (2004): Diets of northern fulmar (*Fulmarus glacialis*) chicks in the northwest Atlantic Ocean. Polar Biol. 27:277–280.
- GINN, H.B. & D.S. MELVILLE (1983): Moults in Birds. BTO Guide 19. British Trust for Ornithology, Tring, 112 S.
- HACCOU, P. & E. MEELIS (1994): Statistical Analyses of Behavioural Data. Oxford University Press, Oxford.
- HALL, K. (2000): Impacts of marine debris and oil: economic and social costs to coastal communities. KIMO, c/o Shetland Islands Council, Lerwick. 104 S.
- HARTWIG, E., T. KÖTH, J. PRÜTER, E. SCHREY, G. VAUK & E. VAUK-HENTZELT (1990): Seevögelverluste durch Schiffsmüll und Fischereigerät. – In: LOZAN, J. L., W. LENZ, E. RACHOR, B. WATERMANN & H. VON WESTERNHAGEN (Hrsg.): Warnsignale aus der Nordsee. Parey, Berlin, 305–319.
- LAIST, D.W. (1996): Marine debris entanglement and ghost fishing: a cryptic and significant type of bycatch? S. 33–39. – In: Solving bycatch: considerations for today and tomorrow. University of Alaska Sea Grant College Program. Report No. 96–03. Fairbanks, Alaska. 322 S.
- 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. S. 99–140. – In: COE, J.M. & ROGERS, D.B. (Eds): Marine debris sources, impacts and solutions. Springer Series on Environmental Management. Springer Verlag, New York. 432 S.
- LUTZ, P.L. (1990): Studies on the ingestion of plastic and latex by sea turtles. S. 719–735. – In: SHOMURA, R.S. & M.L. GODFREY (Eds): Proceedings of the second international conference on marine debris, 2–7 April 1989, Honolulu, Hawaii. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS, NOAA-TM-NMFS-SFWC-154.
- MATO, Y., T. ISOBE, H. TAKADA, H. KANEHIRO, C. OHTAKE & T. KMINUMA (2001): Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. Environmental Science and Technology 35: 318–324.
- OSPAR (1995): Summary record of the OSPAR Working Group on impacts on the marine environment (IMPACT), Stockholm, 10–13 October 1995. OSPAR-IMPACT 95/14/1-E.
- OSPAR (2004): OSPAR Commission Summary Record. OSPAR 04/23/1-E, Annex 17.
- PHILIPS, R.A., M.K. PETERSEN, K. LILLIENDAHL, J. SOLMUNDSSON, K.C. HAMER, C.J. CAMP-HUYSEN & B. ZONFRILLO (1999): Diet of the northern fulmar *Fulmarus glacialis*: reliance on commercial fisheries? Mar. Biol. 135:159–170.
- RYAN, P.G. (1987): The incidence and characteristics of plastic particles ingested by seabirds. Mar. Environ. Res. 23:175–206.
- RYAN, P.G. (1988): Effects of ingested plastic on seabird feeding: evidence from chickens. Mar. Poll. Bull. 19(3): 125–128.
- RYAN, P.G. (1990): The effects of ingested plastic and other marine debris on seabirds. S. 623–634. – In: SHOMURA, R.S. & M.L. GODFREY (Eds): Proceedings of the second international conference on marine debris, 2–7 April 1989, Honolulu, Hawaii. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS, NOAA-TM-NMFS-SFWC-154.
- RYAN, P.G., A.D. CONNELL & B.D. GARDNER (1988): Plastic ingestion and PCB's in seabirds: is there a relationship? Mar. Poll. Bull. 19(4): 174–176.
- SCHNEIDER, U. (1991): Basstölpel – Opfer der Meeresverschmutzung. Seevögel 12(4): 42.
- SCHREY, E. (1987): Untersuchungen zur Belastung der Deutschen Bucht durch Schiffsmüll. – In: VAUK, G., G. DAHLMANN, E. HARTWIG, J.C. RANGER, B. REINEKING, E. SCHREY & E. VAUK-HENTZELT: Ölopferefassung an der deutschen Nordseeküste und Ergebnisse der Ölanalysen sowie Untersuchungen zur Belastung der Deutschen Bucht durch Schiffsmüll. Umweltbundesamt-Texte 29/87: 79–152.
- SCHREY, E. & G.J.M. VAUK (1987): Records of entangled Gannets (*Sula bassana*) at Helgoland, German Bight. Mar. Poll. Bull. 18(6B): 350–352.
- SPEAR, L.B., D.G. AINLEY & C.A. RIBIC (1995): Incidence of plastic in seabirds from the tropical Pacific, 1984–91: relation with distribution of species, sex, age, season, year and body weight. Mar. Environ. Res. 40: 123–146.
- SUMMER, C.L., H.J. AUMAN, J.P. LUDWIG, P.D. JONES & J.P. GIESY (1995): Plastics in Albatrosses 1993–1994: a factor in chick mortality and possible source of dioxin and furan residues. Pacific Seabirds 22(1): 44.
- VAN FRANEKER, J.A. (1983): Inwendig onderzoek aan zeevogels. (Dissection of seabirds). Nieuwsbrief NSO 4(4/5): 144–167.
- VAN FRANEKER, J.A. (2004a): Save the North Sea Fulmar-Litter-EcoQO Manual Part 1: collection and dissection procedures. Alterra-rapport 672. Alterra, Wageningen, 38 S.
- VAN FRANEKER, J.A. (2004b): Fulmar wreck in the southern North Sea: preliminary findings. British Birds 97: 247–250.
- VAN FRANEKER, J.A. & J. WATTEL (1982): Geographical variation of the Fulmar *Fulmarus glacialis* in the North Atlantic. Ardea 70(1): 31–44.
- VAN FRANEKER, J.A. & C.J.F. TER BRAAK (1993): A generalized discriminant for sexing fulmarine petrels from external measurements. Auk 110: 492–502.
- VAN FRANEKER, J.A. & A. MEIJBOOM (2002): Litter NSV – Marine Litter Monitoring by Northern Fulmars: a pilot study. Alterra-rapport 401. Alterra, Wageningen, 72 S.
- VAN FRANEKER, J.A. & A. MEIJBOOM (2003): Marine Litter Monitoring by Northern Fulmars: progress report 2002. Alterra-rapport 622. Alterra, Wageningen, 49 S.
- VAN FRANEKER, J.A., A. MEIJBOOM & M.L. DE JONG (2004): Marine Litter Monitoring by Northern Fulmars in the Netherlands 1982–2003. Alterra-rapport 1093. Alterra, Wageningen, 48 S.
- VAN FRANEKER, J.A., M. HEUBECK, K. FAIRCLOUGH, D.M. TURNER, M. GRANTHAM, E.W.M. STIENEN, N. GUSE, J. PEDERSEN, K.O. OLSEN, P.J. ANDERSSON & B. OLSEN (2005): »Save the North Sea« Fulmar Study 2002–2004: a regional pilot project for the Fulmar-Litter-EcoQO in the OSPAR area. Alterra-rapport 1162. Alterra, Wageningen.

Anschriften der Verfasser:

Nils Guse und Stefan Garthe
Forschungs- und Technologiezentrum (FTZ)
Universität Kiel
Hafentörn 1, D-25761 Büsum.
Email: guse@ftz-west.uni-kiel.de
garthe@ftz-west.uni-kiel.de

David Fleet
Landesamt für den Nationalpark
Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer
Schlossgarten 1 · 25832 Tönning
Email: fleet@nationalparkamt.de

Jan Andries van Franeker
Alterra – Texel
Marine and Coastal Zone Research,
P.O. Box 167, 1790 AD Den Burg (Texel)
The Netherlands.
Email: Jan.vanFraneker@wur.nl

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 2005

Band/Volume: [26_2_2005](#)

Autor(en)/Author(s): Guse Nils, Fleet David M., Garthe Stefan, van Franeker Jan

Artikel/Article: [Der Eissturmvogel \(*Fulmarus glacialis*\) - Mülleimer der Nordsee? 3-12](#)