

Nahrungswahl von Vogelarten der deutschen Nordseeküste

Philipp Schwemmer, Franziska Güpner, Nils Guse & Stefan Garthe

Schwemmer P, Güpner F, Guse N & Garthe S 2012: Food choice of birds from the German North Sea coast. *Vogelwarte* 50: 141-154.

Sound knowledge on the food choice of seabirds and coastal birds essentially contributes to the understanding of marine food webs. In the present study stomach contents of beached coastal birds from the German North Sea coast were analysed. The first aim of the study was to collect up to date data on the food choice of Oystercatchers (*Haematopus ostralegus*), Curlews (*Numenius arquata*), Red Knots (*Calidris canutus*) and Black-headed Gulls (*Chroicocephalus ridibundus*). The second aim was to proof, if beached birds are valuable to provide information on food choice of coastal birds. For these purposes overall 59 individuals of the four species were collected by a network of volunteers along the German North Sea coast and subsequently dissected.

All stomachs contained prey remains that could be determined. Oystercatchers and Black-headed Gulls showed a very similar and at the same time the broadest prey spectrum. It mainly consisted of molluscs, polychaetes, earthworms and insects. Marine and terrestrial prey remains were found in stomachs of Oystercatchers during all periods of the year, whereas Black-headed Gulls took up more marine prey during the breeding season and switched to an almost exclusively terrestrial nutrition during other seasons. Most Curlews fed on polychaetes and crustaceans and – less frequently – on bivalves. The food choice of Red Knots differed strongest from the other species and showed the highest degree of specialisation. All stomachs of Red Knot contained mud snails (*Hydrobia ulvae*) and a high proportion of stomachs contained common periwinkles (*Littorina littorea*) and bivalves. Several stomachs of all bird species (except Curlews) contained small particles of plastic waste that were most likely taken up in the marine foraging habitat.

In Black-headed Gulls, the results of the current study fit well to previous studies based on pellet analyses. The food choice of the other bird species was consistent with previous studies as well. It can be concluded that the analyses of stomach contents of beached coastal birds is a valuable method to collect up to date information on their food choice. However, the sample sizes need to be increased to gain robust data on spatial and temporal difference in food choice. Eventually, a comparison between stomach contents and stable isotope signatures from muscle tissue may help to support the results of the current study.

✉ PS, FG, NG, SG: Forschungs- und Technologiezentrum Westküste der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hafentörn 1, D25761 Büsum. E-Mail: schwemmer@ftz-west.uni-kiel.de

1. Einleitung

Erkenntnisse über die Nahrungswahl von See- und Küstenvögeln sind wichtig, um marine Nahrungsnetze zu verstehen. Methoden zur Analyse der Nahrungswahl bei Vögeln sind vielfältig. Zu den klassischen Verfahren zählen die Untersuchungen von unverdaulichen Nahrungsresten aus Speiballen (z. B. Dervedde 1993; Kubetzki & Garthe 2003; Schwemmer & Garthe 2005) oder die Analyse von Kot (z. B. Dervedde 1993; Dekinga & Piersma 1993; Scheiffarth 2001). Moderne Methoden, wie die Analyse stabiler Isotope im Körpergewebe des Vogels, integrieren die Nahrungswahl über einen längeren Zeitraum hinweg (z. B. Fry 2008; Inger & Bearhop 2008). Eine Übersicht verschiedener Analysemethoden geben Barrett et al. (2007). In der vorliegenden Studie wurden Mageninhaltsanalysen durchgeführt. Mit dieser Methode wurden schon in der Vergangenheit wertvolle Informationen über die Nahrungswahl von Küstenvögeln gewonnen (Ehlert 1964; Höfmann & Hoerschelmann 1969; Lorch et al. 1982; Lüttringhaus & Vaukhentzelt 1983; Schrey 1984; Hartwig et al. 1990). Wäh-

rend die meisten früheren Studien Mägen von frisch getöteten Tieren untersuchten, wurden für die vorliegende Arbeit an der deutschen Nordseeküste tot ange-spülte Vögel mit Hilfe eines ehrenamtlich agierenden Netzwerkes von Personen eingesammelt und anschließend seziiert. Der Inhalt der entnommenen Mägen wurde nach identifizierbaren Resten überprüft.

Daher war das erste Ziel dieser Studie zu überprüfen, ob Spülsaumfunde von toten Küstenvögeln generell eine verwertbare Informationsquelle zur Nahrungswahl darstellen. Markones & Guse (2009) zeigten, dass Totfunde der beiden Seevogelarten Basstölpel (*Morus bassanus*) und Dreizehenmöwe (*Rissa tridactyla*) zur Nahrungsanalyse nur äußerst eingeschränkt verwertbar waren, da der überwiegende Teil der beprobten Individuen offensichtlich verhungert und daher ein großer Anteil der beprobten Mägen leer war. Um die Verwertbarkeit von tot aufgefundenen Küstenvögeln zu überprüfen, wurden Lachmöwen (*Chroicocephalus ridibundus*) untersucht. Da für diese Art schon zuverlässige Ergebnisse

zur Nahrungswahl auf Basis anderer Methoden vorliegen (z. B. Dervedde 1993; Kubetzki & Garthe 2003; Schwemmer & Garthe 2008), konnte eine Evaluierung der in dieser Studie gefundenen Ergebnisse durchgeführt werden.

Das zweite Ziel der Studie bestand darin, aktuelle Informationen über die Nahrungswahl einiger typischer Limikolenarten der deutschen Nordseeküste zu erhalten. Dazu wurden zusätzlich Austernfischer (*Haematopus ostralegus*), Knutts (*Calidris canutus*) und Große Brachvögel (*Numenius arquata*) untersucht. Für diese drei Arten gibt es nur relativ wenige robuste und gleichzeitig aktuelle Informationen über die im deutschen Wattenmeer aufgenommene Nahrung. In älteren Arbeiten wurden bereits Mageninhaltsanalysen bei Limikolen durchgeführt (Ehlert 1964; Höfmann & Hoerschelmann 1969). Die meisten der aktuelleren Studien beruhen auf Sichtbeobachtungen gewählter Nahrungsorganismen (Nehls & Tidemann 1993; Scheiffarth 2001; Petersen & Exo 2002). Diese haben jedoch vielfach den Nachteil, dass kleine Nahrungspartikel bei der Aufnahme nicht genau bestimmt werden können und somit ein hoher Anteil der aufgenommenen Nahrung unbestimmt bleibt (z. B. Scheiffarth 2001; Petersen & Exo 2002). Mit Hilfe von Mageninhaltsanalysen wollten wir versuchen, auch die Präsenz von kleinen, durch Sichtbeobachtungen nur schwer zu ermittelnden Nahrungsobjekten in den Mägen der untersuchten Arten aufzudecken.

Die vorliegende Studie gibt somit zum einen eine Einschätzung der generellen Eignung von Magenanalysen tot angespülter Küstenvögel, um Informationen zur Nahrungswahl zu sammeln. Zum anderen werden Ergebnisse aus Magenanalysen von ausgewählten Limikolenarten präsentiert, über deren

Nahrungswahl vor allem aus den letzten Jahren nur wenig bekannt ist.

2. Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet und Herkunft der Funde

Insgesamt wurden 59 Vögel entlang der gesamten deutschen Nordseeküste gesammelt (Abb.1), davon 24 Austernfischer, 18 Lachmöwen, zehn Knutts und sieben Große Brachvögel. Der überwiegende Anteil der Vögel ($n=54$) stammte aus Schleswig-Holstein (insbesondere vom nordfriesischen Festland), nur fünf Tiere aus Niedersachsen (Ostfriesland). Für jeweils einen Großen Brachvogel und einen Austernfischer konnten die Fundorte nicht rekonstruiert werden. Der überwiegende Anteil der Vögel wurde bereits tot im Spülsaum gefunden. Einzelne Individuen wurden zur Pflege in eine Seevogelstation gebracht, tiermedizinisch untersucht (jedoch nicht gefüttert) und bei entsprechendem Befund euthanasiert. Der Frischegrad der gefundenen Tiere war dadurch sehr unterschiedlich. Es wurden etwa gleich viele Männchen ($n=30$) und Weibchen ($n=28$) gesammelt; die meisten Tiere stammten aus dem Sommer ($n=12$), nur vier aus dem Winter. Für einen großen Brachvogel war der Fundmonat unbekannt.

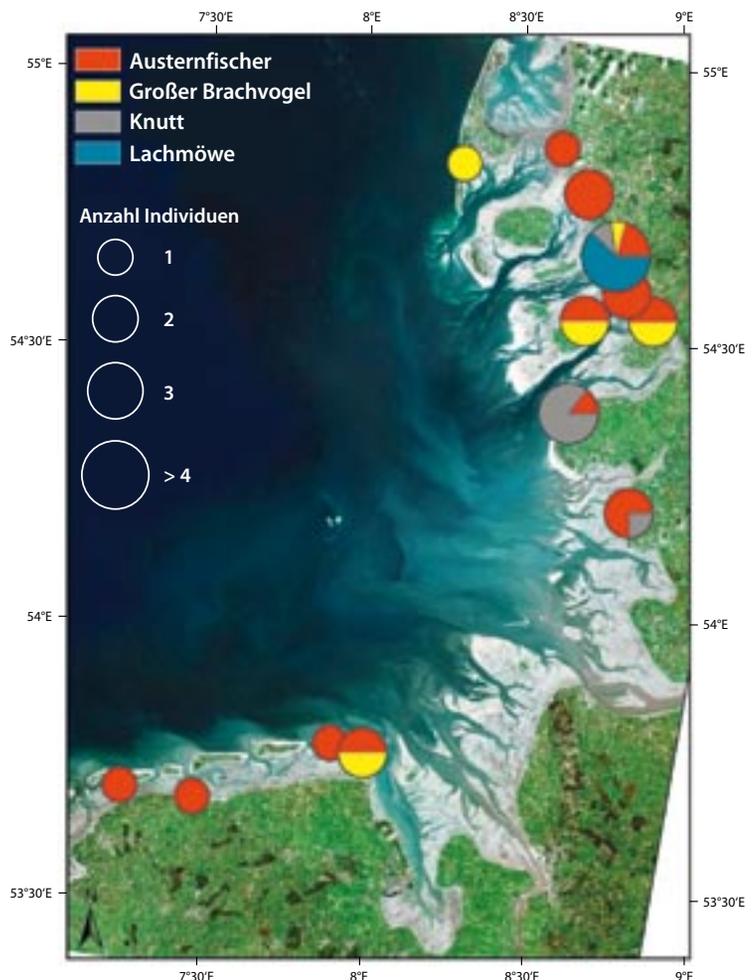


Abb. 1: Fundorte der insgesamt 59 untersuchten Austernfischer, Großen Brachvögel, Knutts und Lachmöwen entlang der deutschen Nordseeküste. Für einen Austernfischer und einen Großen Brachvogel sind die Fundorte unbekannt. Satellitenbild mit freundlicher Genehmigung des Gemeinsamen Wattenmeersekretariats und Brockmann Consult. – *Sample sites of the 59 investigated Oystercatchers, Curlews, Red Knots and Black-headed Gulls along the German North Sea coast. Locations of one oystercatcher and one curlew are unknown. Satellite image was kindly provided by Common Wadden Sea Secretariat and Brockmann Consult.*

Um Unterschiede in der Nutzung von Nahrung im Jahresverlauf feststellen zu können, wurde die von jeder Vogelart gewählte Nahrung zwischen verschiedenen Jahreszeiten verglichen. Der überwiegende Anteil der Tiere stammte aus den Jahren 2007 ($n = 38$) und 2008 ($n = 15$), vier Vögel aus dem Jahr 2005, und je ein Großer Brachvogel wurde 2003 und 2004 gefunden. Alle Individuen waren adult, bis auf zwei immature Austernfischer sowie je einen Großen Brachvogel und einen Knutt. Für je einen weiteren Großen Brachvogel und einen Knutt konnte das Alter wegen des Verwesungsgrades nicht eindeutig bestimmt werden.

2.2 Sektion der Vögel und Analyse der Mageninhalte

Nach dem Einsammeln wurden die Vögel gekennzeichnet und anschließend vor Ort eingefroren. Für die Untersuchungen wurden die Tiere zum Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ) der Universität Kiel transportiert, wo sie vor der Sektion eine Nacht lang auftauten. Die Sektion wurde nach einem vorgegebenen Protokoll durchgeführt (vgl. van Franeker 2004; Camphuysen 2007; Camphuysen & van Franeker 2007; van Franeker & Camphuysen 2007): Zunächst wurden die Tiere äußerlich begutachtet. Dies beinhaltete die Klassifizierung des Verwesungsgrades gemäß einer sechsstufigen Skala (von sehr frisch bis sehr verwest). Des Weiteren wurden biometrische Messungen vorgenommen und der Mauerstatus notiert. Im nächsten Schritt wurde der Körper eröffnet. Alle inneren Organe wurden anhand einer visuellen Klassifizierungsmethode makroskopisch begutachtet (van Franeker 2004; van Franeker & Camphuysen 2007). Dabei wurde der Zustand des Darmes, der Nieren, Lunge und Leber jeweils nach einer vierstufigen Skala klassifiziert. Falls das Organ gesund aussah, wurde der höchste Wert vergeben. War dies nicht der Fall, wurden abhängig vom Ausmaß krankheitsbedingter Veränderungen geringere Werte vergeben. Die Summe aller so bewerteten Organe ergab den „Organindex“. Wegen vorangeschrittener Verwesung konnte dieser bei vier Austernfischern, einem Großen Brachvogel, zwei Knutts und drei Lachmöwen nicht bestimmt werden. Des Weiteren wurde ebenfalls nach einem vierstufigen Klassifizierungsverfahren das Vorkommen von Unterhautfett und Eingeweidefett sowie die Brustmuskulatur kondition abgeschätzt. Der kleinste Wert wurde vergeben, wenn kein Fett vorgefunden wurde bzw. wenn der Brustmuskel stark abgemagert war, der höchste Wert bei großen Fettpolstern bzw. einem prominenten Brustmuskel (van Franeker 2004; van Franeker & Camphuysen 2007). Die Summe dieser Scores ergab den „Konditionsindex“. Dieser Index konnte wegen vorangeschrittener Verwesung bei einem Austernfischer und einer Lachmöwe nicht berechnet werden.

Schließlich wurden Magen und Darm entnommen und vorsichtig eröffnet. Die Mägen wurden über einem Sieb mit 50 μm Maschenweite unter fließendem Wasser gespült und der Inhalt in Ethanol konserviert. Schließlich wurden alle Mageninhalte unter einer Stereolupe (Olympus SZH 10 Research Stereo; 10,5- bis 100-fache Vergrößerung) untersucht und die Nahrungsreste auf das höchstmögliche taxonomische Niveau bestimmt. Da es sich bei einigen Komponenten um sehr unvollständige Reste handelte, war eine genaue Zuordnung auf Artniveau in vielen Fällen nicht möglich. Die Begutachtung des Mageninhaltes schloss die Analyse der Borsten von Polychaeten (Vielborstern) und Regenwürmern ein (z. B. Dervede 1993; Kubetzki 2001; Scheiffarth

2001). Nahrungsreste von Fischen, Mollusken, Regenwürmern und Polychaeten wurden mit Hilfe der Vergleichssammlung des FTZ zugeordnet.

2.3 Statistische Analysen

Alle Auswertungen erfolgten zunächst auf der Basis von Präsenz und Absenz, d. h. es fand keine Quantifizierung der gefundenen Nahrungsorganismen statt, sondern es wurde nur das Vorhandensein bzw. das Fehlen von Nahrungskomponenten in einem Vogel dokumentiert. Für die meisten Auswertungen wurden die gefundenen Nahrungsreste in taxonomische Großgruppen zusammengefasst. Ein Vergleich der Mageninhalte zwischen verschiedenen Jahreszeiten war aufgrund zu geringer Stichprobengrößen für die Großen Brachvogel und Knutts nicht möglich.

Neben den reinen Präsenz-Absenz-Analysen wurde zusätzlich die minimale Individuenzahl der jeweiligen Beuteart pro Probe notiert. Das war möglich bei Schnecken, Insekten, Krebsen und Seeringelwürmern, bei letzteren anhand der Mandibelanzahl. Anhand der Menge der gefundenen Beute wurde ein Magen als „vergleichsweise gut gefüllt“ oder als „kaum gefüllt“ klassifiziert. Da sich die Abundanz verschiedener Beutearten im Magen aufgrund unterschiedlicher Verdaubarkeit nur schwer miteinander vergleichen lässt, konnte kein Schwellenwert angegeben werden, ab wann ein Magen in die eine oder andere Kategorie gehörte. Die Einteilung wurde daher durch den Vergleich der Mägen einer Art untereinander vorgenommen.

Darüber hinaus wurde für jeden Magen die Anzahl verschiedener Nahrungskomponenten bestimmt. Unterschiede in der Anzahl der Komponenten zwischen den vier untersuchten Vogelarten wurden mittels einfacher linearer Modelle (LM; Chambers 1992) als post-hoc Tests unter Berücksichtigung der α -Fehlerlevel-Korrektur nach Bonferroni überprüft (Zar 1999). Vorher wurde der Parameter Anzahl der Nahrungskomponenten logarithmisch transformiert, um ihn einer Normalverteilung anzupassen. Mittels eines allgemeinen linearen Modells (GLM) unter Verwendung der log-link Funktion (Venables & Ripley 2002) und anschließendem Vergleich dieses Modells mit einem Nullmodell mittels Varianzanalyse (ANOVA; Zar 1999) wurde geprüft, ob sich die Wahrscheinlichkeit, dass ein Magen „gut gefüllt“ war, zwischen den vier untersuchten Arten unterschied. Dabei wurde eine Binomialverteilung („Magen gut gefüllt“ vs. „Magen kaum gefüllt“) zu Grunde gelegt. Da keine Unterschiede zwischen den Arten bestanden (s. Kapitel 3.3), wurden alle vier Arten gepoolt, um zu überprüfen, ob der Frischegrad und die Organscores einen signifikanten Einfluss auf die Magenfüllung hatten. Für die statistischen Analysen wurde das freie Statistikprogramm R Version 2.14.0 verwendet (R Development Core Team 2011; Korner-Nievergelt & Hüppop 2010).

Für die in den Mägen der vier untersuchten Vogelarten gefundenen Nahrungsreste wurde eine Clusteranalyse durchgeführt, um zu erfahren, welche Nahrungskomponenten häufig zusammen in einem Magen vorkamen. Darüber hinaus wurde eine Clusteranalyse der vier untersuchten Vogelarten durchgeführt, um Ähnlichkeiten in der Ernährungsweise aufzudecken. Für die Clusteranalysen wurde das Programm SPSS 11.5 verwendet. Die Analyse wurde mit Hilfe der Ward Methode mittels Euklidischer Distanzen durchgeführt (Backhaus et al. 1990).

3. Ergebnisse

3.1 Nahrung der untersuchten Arten

Die vier Vogelarten unterschieden sich deutlich in ihrer Nahrungswahl (Abb.2). Die Knutts hatten fast ausschließlich marine Nahrung aufgenommen, während die anderen drei Vogelarten auch terrestrische Komponenten gefressen hatten. Bei den Knutts fanden sich in allen beprobten Individuen teilweise große Mengen von Watschnecken (*Hydrobia ulvae*) und in einigen Mägen Reste von Muscheln (Tab.2; Abb.2). Austernfischer hatten zu etwa gleichen Teilen Muscheln und Polychaeten aufgenommen. Bei einem noch größeren Anteil von Austernfischern fanden sich Reste von terrestrischen

Insekten (> 60 %) sowie Regenwürmer (> 40 %) in den Mägen. Auch Große Brachvögel ernährten sich divers. Am häufigsten wurden in den Mägen dieser Art Reste von Krebstieren, vor allem Strandkrabben (*Carcinus maenas*) und Amphipoden gefunden. Doch traten in zahlreichen Mägen auch Reste terrestrischer Insekten sowie Regenwürmer auf. Die stärkste Ausprägung einer terrestrischen Ernährungsweise konnte für die Lachmöwe festgestellt werden. Hier wurden in > 90 % der Mägen terrestrische Insekten gefunden sowie in mittleren Häufigkeiten (> 40 %) Regenwürmer (Abb.2). Der marine Anteil der Nahrung der Lachmöwen stammte von Wattflächen bzw. aus dem angrenzenden Offshorebereich und umfasste vor allem Fische, Vielborster sowie einige Krebstiere (Tab.2; Abb.2).

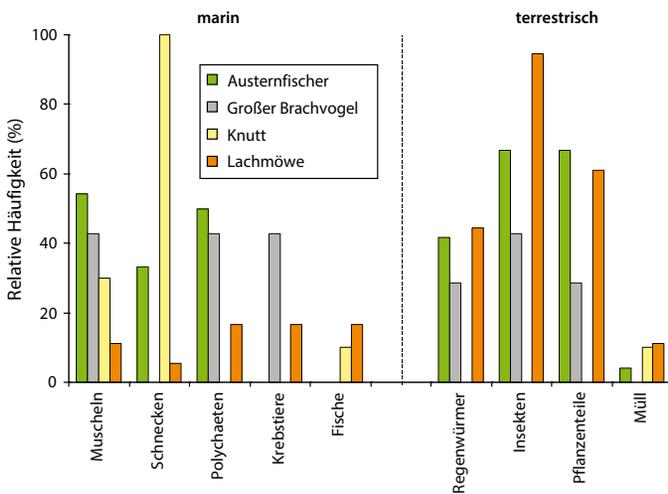


Abb.2: Anteile der Hauptnahrungskomponenten bei den vier untersuchten Arten. Angegeben ist die relative Häufigkeit der Komponenten in den Proben. – Proportion of the main diet components of the four sampled species. Data reflect the relative frequency of the components in the samples.

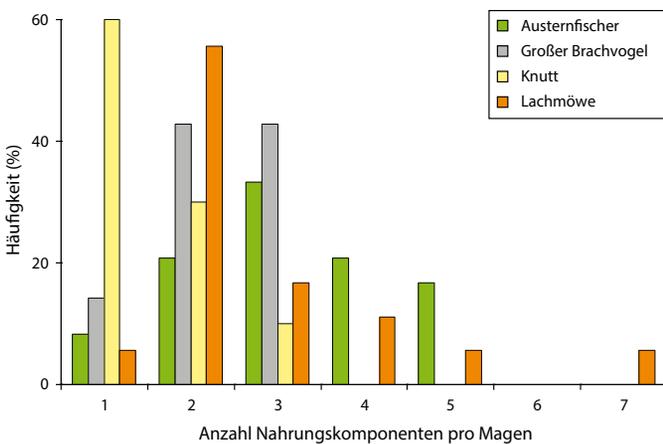


Abb.3: Häufigkeitsverteilung beprobter Mägen mit unterschiedlicher Anzahl von Nahrungskomponenten. – Frequency distribution of sampled stomachs with different numbers of prey items.

Die wichtigste Rolle unter den Muscheln nahm die Baltische Plattmuschel (*Macoma balthica*) ein. Unter den Vielborstern waren für Austernfischer und Großen Brachvogel in erster Linie der Wattwurm (*Arenicola marina*) und für den Austernfischer auch der Seeringelwurm (*Hediste diversicolor*) relevant (Tab.2). Unter den Insekten spielten Käfer eine übergeordnete Rolle, vor allem bei Austernfischern und Lachmöwen. Bei den gefundenen Käferarten in den Mägen von Austernfischern, Brachvögeln und Lachmöwen handelte es sich zum überwiegenden Teil um Laufkäfer (Carabidae). Außerdem konnten einige Schnellkäfer (Elateridae), Kurzflügelkäfer (Staphylinidae) sowie Stutzkäfer (Histeridae), Pillenkäfer (Byrrhidae) und Mistkäfer (Geotrupidae) identifiziert werden. Die bei einem Austernfischer und einer Lachmöwe gefundenen Hautflügler (Hymenoptera) waren ausschließlich Ameisen (Tab.1).

Unter den Lachmöwen gab es einige Individuen mit einer sehr diversen Ernährungsweise (Abb.3), so wurden bei einer Lachmöwe sieben unterschiedliche Nahrungskategorien gleichzeitig im Magen gefunden. Die meisten Lachmöwen hatten allerdings nur zwei verschiedene Nahrungskomponenten im Magen, während bei den Austernfischern meist drei, häufig bis fünf verschiedene Kategorien anzutreffen waren (Abb.3). Die geringste Anzahl Nahrungsreste pro Magen war bei Knutts, gefolgt von Großen Brachvögeln anzutreffen (Abb.3). Es gab lediglich signifikante Unterschiede in der Diversität der gewählten Nahrung zwischen Austernfischern und Knutts (LM: $t = -4,4$; $df = 33$; $p < 0,001$) sowie zwischen Lachmöwen und Knutts (LM: $t = 3,2$; $df = 27$; $p < 0,01$). Zwischen den übrigen Arten gab es keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl der Nahrungsreste pro Magen.

Tab. 1: Geschlechter und Jahreszeiten (Winter: Dezember-Februar; Frühjahr: März-Mai; Sommer: Juni-August; Herbst: September-November), in denen die Individuen der vier untersuchten Vogelarten gefunden wurden. – *Sex and season in which the individuals of the four bird species investigated were found.*

Vogelart <i>bird species</i>	Geschlecht <i>sex</i>	Jahreszeit <i>season</i>	Anzahl <i>number</i>
Austernfischer <i>Oystercatcher</i>	Weibchen <i>females</i>	Winter - <i>winter</i>	3
		Frühjahr - <i>spring</i>	4
		Sommer - <i>summer</i>	1
		Herbst - <i>autumn</i>	2
	Männchen <i>males</i>	Winter - <i>winter</i>	3
		Frühjahr - <i>spring</i>	7
Sommer - <i>summer</i>		3	
Großer Brachvogel - <i>Curlew</i>	Weibchen <i>females</i>	Sommer - <i>summer</i>	3
	Männchen <i>males</i>	Sommer - <i>summer</i>	2
		Herbst - <i>autumn</i>	1
Knut <i>Red Knot</i>	Weibchen <i>females</i>	Winter - <i>winter</i>	2
		Frühjahr - <i>spring</i>	3
		Herbst - <i>autumn</i>	1
	Männchen <i>males</i>	Winter - <i>winter</i>	2
		Frühjahr - <i>spring</i>	2
Lachmöwe <i>Black-headed Gull</i>	Weibchen <i>females</i>	Frühjahr - <i>spring</i>	2
		Sommer - <i>summer</i>	4
		Herbst - <i>autumn</i>	3
	Männchen <i>males</i>	Frühjahr - <i>spring</i>	4
		Sommer - <i>summer</i>	3

3.2 Herkunft der Nahrung und zwischenartliche Unterschiede in der Ernährung

Die Clusteranalysen machen deutlich, dass in den Mägen von Austernfischern besonders häufig Regenwürmer und Insekten zusammen gefunden wurden sowie Muscheln und Pflanzenteile (Abb. 4). Ferner traten Schnecken und kleine Müllpartikel (meist fädige Plastikreste von wenigen mm Länge oder Plastikstücke von wenigen mm Durchmesser) zusammen auf, während Vielborster eher einzeln vorkamen. Dies zeigt, dass Austernfischer ein außerordentlich breites Nahrungsspektrum hatten und oft terrestrische sowie marine Nahrungsorganismen kurz nacheinander aufnahmen. Auch bei den Großen Brachvögeln kamen marine und terrest-

rische Nahrung in Form von Polychaeten, Krebstieren und Regenwürmern häufig zusammen vor, genauso wie Insekten und Pflanzenteile (Abb. 4). Knutts waren stark auf marine Schnecken spezialisiert. Die übrigen Nahrungskomponenten traten bei ihnen nur selten auf, und Nahrungskomponenten aus dem terrestrischen Bereich fehlten völlig. Auch beim Knutt traten kleine Müllpartikel in ähnlicher Form und Größe wie bei den Austernfischern auf (Abb. 4). Im Gegensatz zu Großem Brachvogel und Austernfischer waren bei der Lachmöwe terrestrische und marine Organismen klar getrennt: Insekten und Pflanzenteile sowie Regenwürmer traten in den Mägen am häufigsten zusammen auf. Die übrigen marinen Nahrungskomponenten waren nicht so häufig mit diesen beiden vermischt wie untereinander. Wie bei Austernfischern war Müll am häufigsten zusammen mit Schnecken aus dem marinen Bereich zu finden (Abb. 4).

Austernfischer und Lachmöwen ähnelten sich am stärksten in ihrer Ernährungsweise (Abb. 5). Beide nutzten vor allem die gleichen terrestrischen Nahrungskomponenten (Regenwürmer, Insekten und Pflanzenteile), während sich die marine Ernährungsweise etwas stärker unterschied (Abb. 2). Relativ ähnlich zu diesen beiden Arten waren Große Brachvögel, während sich Knutts von den drei anderen Arten am deutlichsten unterschieden (Abb. 5).

3.3 Räumlich-zeitliche Unterschiede in der Nahrungswahl

Es konnten keine Unterschiede in der Ernährung immaturer und adulter Individuen festgestellt werden und auch keine eindeutigen Unterschiede zwischen den Geschlechtern der einzelnen Arten. Der Stichprobenumfang hierfür war zu gering.

Eine Differenzierung der Nahrung hinsichtlich der verschiedenen Fundorte war nur für Austernfischer möglich, da die Lachmöwen und Knutts ausschließlich bzw. überwiegend aus dem südlichen nordfriesischen Wattenmeer stammten. Für einen räumlichen Vergleich wurden insgesamt zu wenige Große Brachvögel untersucht. Die in Ostfriesland, Dithmarschen und Nordfriesland gesammelten Austernfischer unterschieden sich leicht in der Nahrungswahl (die Stichproben für Ostfriesland und Dithmarschen waren jedoch mit vier bzw. drei Tieren sehr klein). In allen Austernfischermägen aus Dithmarschen wurden Baltische Plattmuscheln gefunden, während nur jeweils in der Hälfte der Austernfischer aus Nord- und Ostfriesland Muscheln entdeckt wurden. Im Gegensatz dazu traten in Nordfriesland deutlich häufiger Vielborster auf als in den anderen beiden Gebieten. Regenwürmer wurden in jedem zweiten Austernfischer aus Nordfriesland gefunden, jedoch nur in einem Drittel der Tiere aus Dithmarschen und in keinem aus Ostfriesland. Die übrigen Nahrungskomponenten traten in etwa gleich häufig in den drei Gebieten auf.

Tab. 2: Nahrung aus insgesamt 59 Mägen von Austernfischern, Großen Brachvögeln, Knutts und Lachmöwen von der deutschen Nordseeküste. Angegeben ist die An- bzw. Abwesenheit einer Nahrungsprobe als relative Häufigkeit. Die Summen der Spalten können 100 % überschreiten, da viele Mägen Nahrung aus verschiedenen Kategorien enthielten. – *Diet found in 59 stomachs of beached Oystercatchers, Curlews, Red Knots and Black-headed Gulls collected along the German North Sea coast. Data is presented as presence and absence of food remains, respectively (relative frequency). Sums within columns may exceed 100%, as the stomachs might contain food remains from multiple categories.*

	Austernfischer <i>Oystercatcher</i> n = 24	Großer Brachvogel <i>Curlew</i> n = 7	Knutt <i>Red Knot</i> n = 10	Lachmöwe <i>Black-headed Gull</i> n = 18
MUSCHELN - <i>Bivalves</i>	54,2	42,9	30,0	11,1
Miesmuschel (<i>Mytilus edulis</i>)	8,3	-	-	-
Sandklaffmuschel (<i>Mya arenaria</i>)	4,2	-	-	-
Baltische Plattmuschel (<i>Macoma balthica</i>)	25,0	14,3	20,0	5,6
Herzmuschel (<i>Cerastoderma edule</i>)	20,8	-	30,0	-
Muschel unbest. - <i>bivalves unident.</i>	16,7	28,6	-	5,6
SCHNECKEN - <i>Snails</i>	33,3	-	100,0	5,6
Wattschnecke (<i>Hydrobia ulvae</i>)	29,2	-	100,0	5,6
Strandschnecke (<i>Littorina littorea</i>)	12,5	-	20,0	-
VIELBORSTER - <i>Polychaetes</i>	50,0	42,9	-	16,7
Wattwurm (<i>Arenicola marina</i>)	20,8	28,6	-	-
Bäumchenröhrenwurm (<i>L. conchilega</i>)	-	14,3	-	5,6
Kiemenringelwurm (<i>Nephtys hombergii</i>)	4,2	14,3	-	-
Seeringelwurm (<i>Hediste diversicolor</i>)	29,2	-	-	11,1
Vielborster unbest. - <i>Polychaetes unident.</i>	12,5	-	-	5,6
WENIGBORSTER - <i>Oligochaetes</i>	41,7	28,6	-	44,4
Regenwurm unbest. - <i>Earthworm unident.</i>	41,7	28,6	-	44,4
KREBSTIERE - <i>Crustaceans</i>	-	42,9	-	16,7
Strandkrabbe (<i>Carcinus maenas</i>)	-	28,6	-	11,1
Seepocke unbest. - <i>Barnacle unident.</i>	-	-	-	-
Amphipoda unbest. - <i>Amphipods unident.</i>	-	14,3	-	5,6
INSEKTEN - <i>Insects</i>	66,7	42,9	-	94,4
Käfer unbest. - <i>Beetle unident.</i>	41,7	-	-	88,9
Zweiflügler unbest. - <i>Dipteran unident.</i>	-	-	-	5,6
Hautflügler unbest. - <i>Hymenopteran unident.</i>	4,2	-	-	5,6
Insektenlarve unbest. - <i>Insect larvae unident.</i>	12,5	-	-	-
Insekten unbest. - <i>Insect unident.</i>	37,5	42,9	-	-
FISCHE - <i>Fish</i>	-	-	10,0	16,7
Fisch unbest. - <i>Fish unident.</i>	-	-	10,0	16,7
PFLANZENTEILE - <i>Plant material</i>	66,7	28,6	-	61,1
Gras - <i>Grass</i>	66,7	28,6	-	61,1
Getreide/Samen - <i>Grain/Seeds</i>	20,8	14,3	-	5,6
MÜLL - <i>Waste</i>	4,2	-	10,0	11,1

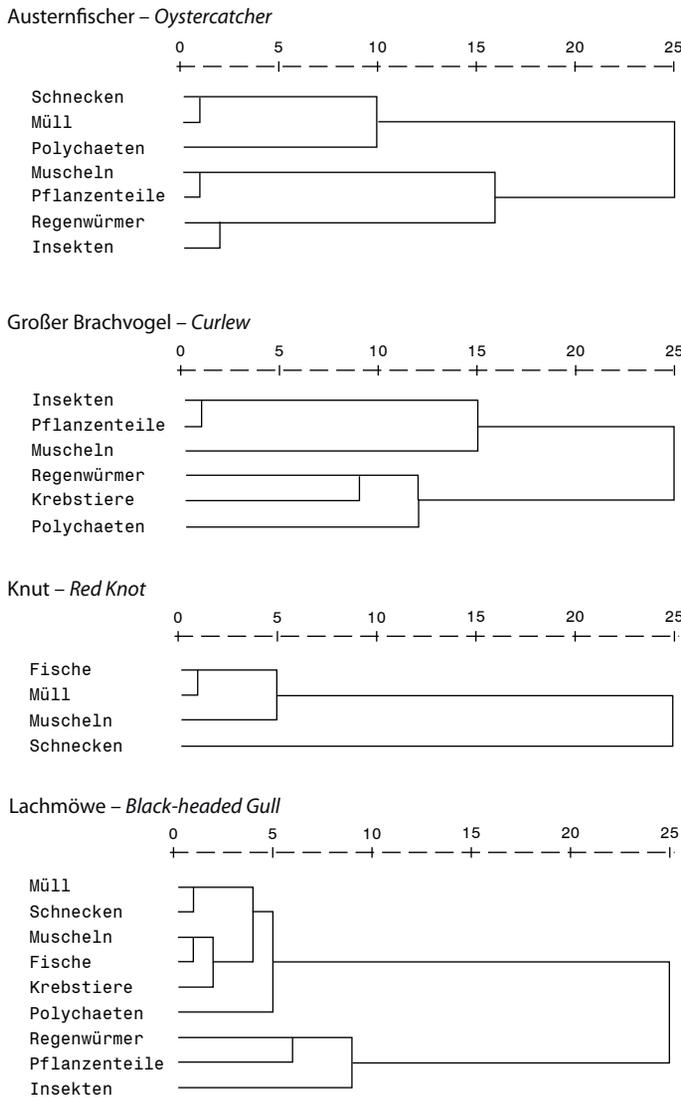


Abb. 4: Cluster-Analyse der wichtigsten Nahrungskomponenten bei den vier untersuchten Arten. Die Länge der Äste des Dendrogramms ist ein Maß für das gemeinsame Auftreten verschiedener Nahrungskomponenten (kurze Äste = Nahrungskomponenten traten häufig gemeinsam auf). – *Cluster analysis of the main food components in the four species investigated. Length of the branches in the dendrogram is a measure for common occurrence of food components (short branches = food components often found together).*

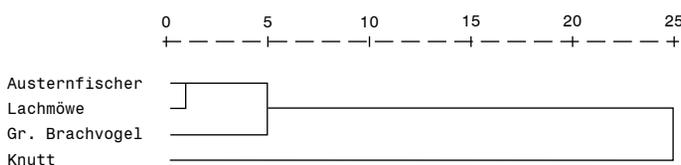


Abb. 5: Cluster-Analyse zur nahrungsökologischen Ähnlichkeit der vier beprobten Vogelarten (zur Erklärung des Dendrogramms s. Abb. 4). – *Cluster analysis of the food similarity of the four sampled bird species (for explanations of the dendrogram see Fig. 4).*

Es gab bei Austernfischern keine eindeutigen saisonalen Unterschiede in der Nahrungswahl (Abb. 6). Von Winter bis Herbst nahm zwar die Bedeutung von Muscheln in der Nahrung ab, in allen Jahreszeiten war aber eine gemischte Nahrung aus terrestrischen und marinen Komponenten gleichermaßen nachweisbar. Auch bei Knutt und Großem Brachvogel konnten keine saisonalen Muster nachgewiesen werden. Die Stichproben waren hierfür zu gering. Klare saisonale Unterschiede wies hingegen die Lachmöwe auf: Während in den Sommermonaten die Ernährungsweise sehr breit gefächert war und neben Nahrungskomponenten aus dem terrestrischen Bereich auch ein breites Spektrum aus dem marinen Bereich enthielt, war sie bei den sechs beprobten Individuen aus dem Frühjahr auf terrestrische Nahrung beschränkt (Abb. 6).

3.4 Mögliche Einflüsse des individuellen Status auf die gefundene Nahrung

Um festzustellen, ob die von bereits verstorbenen Vögeln gewonnen Magenproben verlässliche Informationen zur generellen Ernährung der untersuchten Arten liefern, wurde der Einfluss des Verwesungsgrades, der Kondition des verstorbenen Tieres und der Organesundheit auf die gefundene Nahrung überprüft. Alle untersuchten Mägen enthielten Nahrungsreste, und kein Magen war komplett leer. Es wurden jedoch oft nur noch wenige Reste gefunden. Von den 59 untersuchten Mägen wurden 40 als kaum gefüllt klassifiziert, während 19 als vergleichsweise gut gefüllt eingestuft wurden. Kein Magen war prall gefüllt. Alle Nahrungsreste wiesen schon einen hohen Grad der Verdauung auf (d.h. intakte Organismen wurden nur sehr selten gefunden).

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Magen gut gefüllt war, unterschied sich nicht zwischen den vier untersuchten Arten (ANOVA: deviance: 2,5; df = 1; p = 0,48). Daher wurden alle vier Arten für die folgenden Analysen gepoolt: Weder der Verwesungsgrad (U-test: $N_{\text{Magen gefüllt}} = 19$; $N_{\text{Magen kaum gefüllt}} = 40$; U = 428; p = 0,4), der Organscore (U-test: $N_{\text{Magen gefüllt}} = 15$; $N_{\text{Magen kaum gefüllt}} = 34$; U = 269; p = 0,8) noch der Konditionscore (U-test: $N_{\text{Magen gefüllt}} = 18$; $N_{\text{Magen kaum gefüllt}} = 39$; U = 303,5, p = 0,4) hatten einen signifikanten Einfluss auf den Grad der Magenfüllung aller betrachteten Arten.

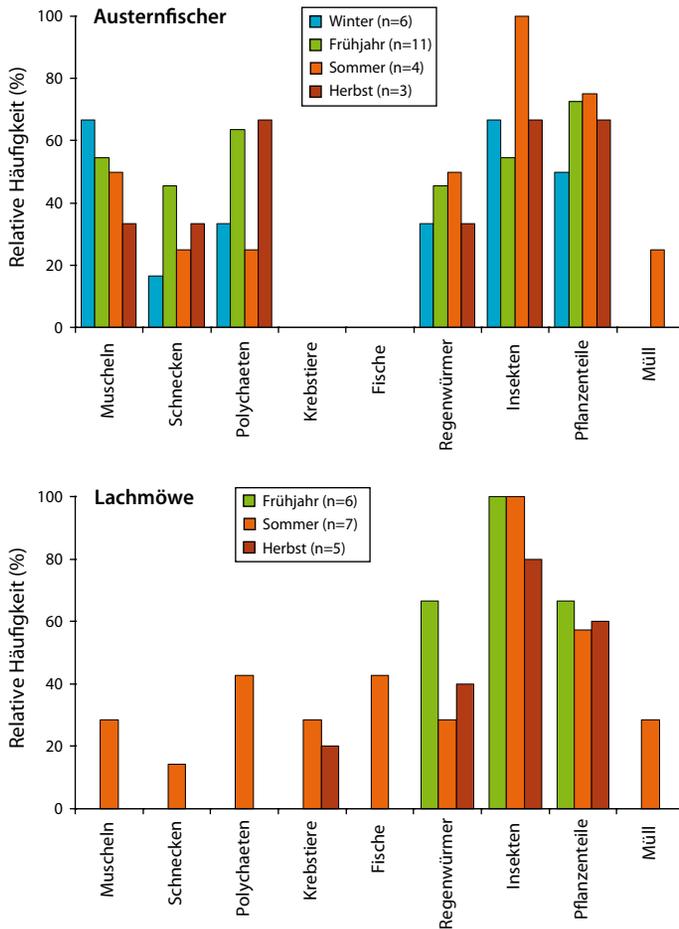


Abb. 6: Saisonale Unterschiede im Auftreten der Hauptnahrungskomponenten bei Austernfischern und Lachmöwen (keine Individuen aus dem Winter). Knutts und Große Brachvögel wurden nicht dargestellt, weil die Stichprobe für die einzelnen Jahreszeiten zu klein war. – *Seasonal differences in the occurrence of the main food components in Oystercatchers and Black-headed Gulls (no individuals collected during winter). Red Knots and Curlews were not shown, as the sample sizes for some seasons were too low.*

4. Diskussion

4.1 Nahrung der untersuchten Arten und zwischenartliche Unterschiede

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden deutliche Unterschiede in der Ernährungsweise der vier untersuchten Vogelarten gefunden. Am stärksten auf marine Mollusken spezialisiert war der Knutt, während Austernfischer und Lachmöwe als Nahrungsgeneralisten eingestuft werden müssen. Zahlreiche Vorstudien belegen, dass Möwen in der Regel als Opportunisten gelten und damit einhergehend ein sehr breites Nahrungsspektrum aufweisen, was besonders für die Lachmöwe beschrieben wurde (z. B. Lüttringhaus & Vauk-Hentzelt 1983; Gorke 1990; Dervedde 1993; Kubitzi & Garthe 2003; Schwemmer & Garthe 2008; Schwemmer et al. 2011). Dass Austernfischer zu allen Jahreszeiten ein ähnlich breites Nahrungsspektrum aufwiesen, war jedoch überraschend. Es ist bekannt, dass Austernfischer je nach Verfügbarkeit spontan zwischen verschiedenen marinen Nahrungsorganismen

hin und herwechseln (z. B. Boates & Goss-Custard 1989; Bunschoke et al. 1996). Diese Studien beschrieben jedoch alle einen Wechsel innerhalb der marinen Nahrung. Die zumeist visuell durchgeführten Studien zur Nahrungswahl bei Austernfischern (z. B. Cayford & Goss-Custard 1990; Zwarts et al. 1996; Petersen & Exo 1999) konzentrierten sich meist auch ausschließlich auf den marinen Raum. Möglicherweise wurde somit die Nutzung terrestrischer Nahrungskomponenten in diesen Studien unterschätzt. Die Mägen von sechs getöteten Austernfischern vom deutschen Wattenmeer enthielten allerdings neben Vegetationsresten jedoch auch keine terrestrische Nahrung (Höfmann & Hoerschelmann 1969). Bei der Interpretation der Ergebnisse der vorliegenden Studie ist auch Vorsicht geboten: Zum einen war die für diese Studie zur Verfügung stehende Stichprobe mit 24 Austernfischermägen nicht sehr hoch. Zum anderen könnte die Nahrungswahl kurz vor dem Tod nicht mehr repräsentativ gewesen sein, da es sich um bereits gestorbene Tiere

handelte (s. 4.3). Es ist u. U. möglich, dass bereits kranke oder geschwächte Tiere mehr terrestrische Nahrung aufgenommen haben, da diese eventuell leichter zu erbeuten war oder Flüge in ferner gelegene marine Nahrungsgebiete nicht mehr möglich waren. Es ist allerdings nicht erkennbar, warum es für geschwächte oder kranke Austernfischer leichter sein sollte, terrestrische Nahrung zu erbeuten als marine. Daher ist wohl eher zu vermuten, dass unsere Ergebnisse ein realistisches Bild der Nahrungswahl von Austernfischern wiedergeben.

Knutts im niederländischen Wattenmeer wurden vielfach als nahezu reine Konsumenten von Baltischen Plattmuscheln beschrieben (z. B. Zwarts & Blomert 1992; Zwarts et al. 1992; Leyrer 2011). Diese Beutart ist für Knutts unter anderem aus Gründen der Verdaulichkeit, Auffindbarkeit und Erreichbarkeit die profitabelste Nahrungsquelle im Wattenmeer (Zwarts & Blomert 1992). In unserer Studie hatten nur zwei der zehn untersuchten Knutts Reste von Baltischen Plattmuscheln im Magen. Im Gegensatz dazu enthielten alle Knuttmägen Wattschnecken und 20% der Mägen Strandschnecken. Dies stimmt mit Ergebnissen älterer Studien aus dem deutschen Wattenmeer überein (Ehlert 1964; Höfmann & Hoerschelmann 1969). Die geringen Anteile von Baltischen Plattmuscheln in den Knuttmägen sind wahrscheinlich in erster Linie auf den Fundort zurück zu führen (eine tiefere Diskussion folgt in 4.2). Der in der Clusteranalyse gefundene große Unterschied zwischen dem Knutt und den anderen in dieser Studie untersuchten Arten war zu erwarten, da der Knutt sich fast ausschließlich von marinen Mollusken ernährt und somit ein sehr eingeschränktes Nahrungsangebot nutzt (Ehlert 1964; diese Studie).

Die untersuchten Großen Brachvögel hatten in ähnlicher Weise wie Austernfischer und Lachmöwe sowohl terrestrische als auch marine Nahrung genutzt. Große Brachvögel wurden bereits auf Wattflächen in Niedersachsen hauptsächlich als Konsumenten von Krebstieren und Polychaeten beschrieben (Petersen & Exo 1999). Die starke Nutzung dieser beiden Nahrungskategorien konnte in der vorliegenden Studie eindeutig bestätigt werden. Darüber hinaus trat auch ein relativ hoher Anteil an terrestrischer Nahrung auf, die sich vor allem aus Regenwürmern und Insekten zusammensetzte. Ähnlich wie bei Austernfischern kann man auch hier vermuten, dass Studien zur Nahrungswahl, die auf Sichtbeobachtungen basieren und sich auf Wattflächen konzentrieren, die terrestrischen Komponenten in der Nahrung stark unterbewerten.

Während Möwen als Konsumenten von Müll schon seit Langem bekannt sind (z. B. Lüttringhaus & Vaukhentzelt 1983; Dervedde 1993; Kubetzki & Garthe 2003; Schwemmer & Garthe 2005; 2008), waren die Müllfunde (meist Plastikpartikel) in den Mägen von einzelnen Austernfischern und Knutts recht erstaunlich. Die Clusteranalysen zeigten, dass bei allen drei Arten, bei denen

Müll im Magen gefunden wurde, stets weitere marine Nahrungsreste gefunden wurden (meist vor allem Schnecken). Dies deutet stark darauf hin, dass der Müll wahrscheinlich eher im marinen Bereich aufgenommen wurde als im terrestrischen. Es handelte sich bei den Müllteilen in den Mägen von Austernfischern und Knutts um Mikromüll, wohingegen der Müll in Lachmöwenmägen deutlich größer war. Es ist daher zu vermuten, dass die Lachmöwen den Müll bewusst als Nahrung aufnahmen, während die anderen beiden Arten möglicherweise bei der Suche nach kleinen benthischen Organismen (wie z. B. Wattschnecken) kleine Müllpartikel ggf. eher versehentlich aufpickten. Eine starke Müllbelastung, wie man sie z. B. von Eissturmvögeln in der Nordsee kennt (Guse et al. 2005; van Franeker et al. 2011) war bei den untersuchten Individuen jedoch nicht nachzuweisen. Vielmehr hätten die sehr kleinen Müllpartikel höchstwahrscheinlich durch den Darm wieder ausgeschieden werden können. Wenn sich der Müll nicht im Magen akkumuliert (wie bei Eissturmvögeln) deuten unsere Funde jedoch auf die regelmäßige Aufnahme von Mikromüll hin. Auch wenn die Stichprobe in dieser Studie sehr klein ist, sollte die Aufnahme von kleinen Müllpartikeln durch Limikolen in Zukunft eine stärkere Aufmerksamkeit als bisher erfahren.

4.2 Räumlich-zeitliche Unterschiede in der Nahrungswahl

Die untersuchten Individuen stammten aus unterschiedlichen Bereichen der deutschen Nordseeküste. Allerdings unterscheidet sich auch das Nahrungsangebot in verschiedenen Bereichen des Wattenmeeres (Leyrer 2011). Dies mag dazu führen, dass die analysierten Nahrungsreste auch vom Fundort des toten Vogels im Wattenmeer abhängig waren. Beispielsweise wurden die untersuchten Austernfischer an vielen Stellen des Wattenmeeres gefunden (Abb. 1). Unterschiede in der Nahrungsverfügbarkeit zwischen den Fundorten könnten also die hohe Bandbreite der nachgewiesenen Nahrung bei Austernfischern zusätzlich erhöht haben. Um dies jedoch statistisch zu belegen, müsste die Stichprobe deutlich erhöht werden.

In allen untersuchten Mägen des Knutt waren teilweise in großen Mengen Wattschnecken enthalten. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit älteren Studien aus dem deutschen Wattenmeer (Ehlert 1964; Höfmann & Hoerschelmann 1969). Im Gegensatz dazu fehlten die für Knutts aus dem niederländischen Wattenmeer oft dokumentierten Baltischen Plattmuscheln als Nahrung fast vollständig (z. B. Zwarts & Blomert 1992; Zwarts et al. 1992; Leyrer 2011). Dies könnte in der Tat auf räumliche und zeitliche Phänomene zurückgeführt werden: Die Knutts stammten bis auf eine Ausnahme alle aus dem nordfriesischen Wattenmeer (vor allem von Westerhever). Gegenüber dem schlickreicherem Gebiet nahe der Elbmündung ist die Abundanz von Baltischen Plattmuscheln in diesem Bereich

Tab. 3: Vergleich der in Speiballen von Lachmöwen gefundenen Nahrungsreste mit den Ergebnissen aus Mageninhaltsanalysen aus der vorliegenden Studie. – *Comparison between prey components found in Black-headed Gull pellets with results from stomach contents derived within the current study.*

Studie - study	Gorke (1990)	Dernedde (1993)	Kubetzki & Garthe (2003)	Kubetzki & Garthe (2003)	Juni 1997	Schwemmer & Garthe (2008)	Juni-Juli 2005-2006(e)	Schwemmer & Garthe (2008)	diese Studie this study	diese Studie this study
Zeitraum - period	Mai 1986-1988(a)	Sept.-Okt. 1991(b)	Mai 1997	Mai 1997	Juni 1997	Mai-Juni 2005-2006(e)	Hamburger Hallig	alle Monate 2003-2008	deutsche Nordseeküste	Juni-August 2003-2008
Untersuchungsgebiet - study area	Norderoog	Sylt	Juist	Juist	Juist	Hamburger Hallig	Hamburger Hallig	deutsche Nordseeküste	deutsche Nordseeküste	deutsche Nordseeküste
Marine Nahrung - marine prey										
Muscheln - bivalves	59	17	86	86	42	16	10	11	29	29
Schnecken - snails	<1	11	20	20	16	10	7	6	14	14
Vielborster - polychaetes	43	44	28(d)	28(d)	11	4	15	17	43	43
Krebstiere - crustaceans	10	18(c)	8	8	18	8	22	17	29	29
Fische - fish	19	43	8	8	11	11	8	17	43	43
Terrestrische Nahrung - terrestrial prey										
terrestrische Arthropoden - terrestrial arthropods	11	17	13	13	26	82	68	94	100	100
Regenwürmer - earthworms	?	13	6	6	8	72	55	44	29	29
Vögel - birds	<1	?	0	0	0	8	9	0	0	0
Eier - eggs	<1	?	2	2	0	0	0	0	0	0
Säugetiere - mammals	<1	?	1	1	0	7	19	0	0	0
Pflanzenmaterial - plant material	40	19	14	14	45	78	62	61	57	57
Müll - waste	<1	?	0	0	3	1	3	11	29	29

(a) Mittelwerte von 327 Speiballen aus drei Untersuchungsjahren.

(b) Mittelwerte von 27 Kotproben von September bis Oktober; nur ausgewählte Nahrungskomponenten waren verfügbar.

(c) Vielborster (Polychaeta): Mittelwerte von 83 Speiballen und 25 Kotproben.

(d) Krebstiere: Mittelwerte aus den Kategorien *Crangon crangon*, *Gammarus spec.*, *Carcinus maenas*.

(e) Mittelwerte aus zwei Jahren.

des Wattenmeeres eher niedrig (Leyrer 2011). Dies kann erklären, warum in den Magenproben der Knutts in der vorliegenden Studie fast ausschließlich Watt-schnecken gefunden wurden, obwohl diese Beutart nicht sehr profitabel für Knutts ist (Zwarts & Blomert 1992).

Ob sich der Mageninhalt der Großen Brachvögel jahreszeitlich unterscheidet, konnte im Rahmen dieser Studie nicht geklärt werden, da die Stichproben zu klein waren. Ein Effekt des Fundortes auf die Ernährungsweise konnte nicht festgestellt werden.

Die Mageninhalte der untersuchten Lachmöwen aus den Sommermonaten waren sehr divers, und es traten zahlreiche Nahrungskomponenten aus dem terrestrischen und marinen Bereich auf. Ähnliche Ergebnisse wurden schon früher durch Magenuntersuchungen erlegter Lachmöwen aus dem Elbmündungsbereich erzielt (Schrey 1984; Hartwig et al. 1990). In der vorliegenden Studie enthielten die Mägen im Frühjahr und Herbst jedoch fast ausschließlich terrestrische Nahrung, was die deutlichen Unterschiede zwischen terrestrischen und marinen Nahrungskomponenten in den Clusteranalysen erklären dürfte. Schwemmer et al. (2008) untersuchten die Habitatnutzung von Möwen im küstennahen Binnenland und stellten fest, dass Lachmöwen in den Sommermonaten in geringeren Anzahlen auf Acker- und Grünlandflächen anzutreffen waren als während des Frühjahrs und Herbstes, wenn sie in hohen Anzahlen Nahrung hinter bodenbearbeitenden Traktoren suchten. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigen diese Ergebnisse. Auch Dervedde (1993) konnte in einem Viertel der im Herbst gesammelten Kotproben von Lachmöwen von der Insel Sylt terrestrische Nahrung nachweisen, allerdings traten auch weiterhin viele marine Komponenten auf. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sollten jedoch aufgrund des geringen Stichprobenumfanges mit Vorsicht interpretiert werden. Nach Möglichkeit sollten weitere Lachmöwen-spülsaumfunde, besonders außerhalb der Brutzeit, gesammelt und untersucht werden, um die Ergebnisse dieser Studie abzusichern.

4.3 Eignung von Totfunden für Nahrungsanalysen bei Küstenvögeln

In allen beprobten Mägen wurden Nahrungsreste gefunden. Damit unterschied sich die Magenfüllung von tot am Strand gesammelten Hochseevögeln wie Dreizehnmöwen und Basstölpeln, die fast zur Hälfte keine nachweisbaren Nahrungskomponenten mehr enthielten (Markones & Guse 2009). Dies mag zum einen daran liegen, dass Hochseevögel nach ihrem Tod länger auf See treiben, bevor sie angespült und gefunden werden. Bis dahin sind möglicherweise der Verdauungsprozess der Nahrung, die Auflösung kalkhaltiger Nahrungsreste sowie der Verwesungsprozess des Vogels weiter fortgeschritten als bei Küstenvögeln. Auch wenn die Mägen

der beprobten Vögel nicht stark gefüllt waren, konnte man dennoch die genutzte Nahrung durch eine Betrachtung des Mageninhaltes unter dem Binokular rekonstruieren. Dass bei überwiegend fischfressenden Hochseevögeln wie Dreizehnmöwen und Basstölpeln keine Nahrung mehr nachweisbar war, könnte ggf. auch an der unterschiedlichen Verdaubarkeit der Hauptnahrungsorganismen liegen: es mag sein, dass Fischknochen schneller verdaut werden als die Hauptnahrung von Küstenvögeln (z. B. calciumreiche Molluskenschalen, chitinreiche Borsten von Viel- oder Wenigborstern sowie Chitinpanzer von Insekten). Allerdings muss festgehalten werden, dass eine Reihe von Lachmöwenmägen in der vorliegenden Studie noch Reste von Fischknochen enthielten (und zwar in einer Größenordnung wie sie auch bei Speiballenuntersuchungen auftrat Tab. 3). Prange & Suntz (2007) untersuchten eine Reihe überwiegend frisch toter Möwen und Eiderenten (*Somateria mollissima*) aus dem niedersächsischen Wattenmeer. Die meisten Mägen der seziierten Tiere enthielten noch (stark verdaute) Nahrungsreste. Eine Analyse dieser Reste unter der Stereolupe fand jedoch nicht statt. Im Gegensatz zu Hochseevögeln (Markones & Guse 2009) ist anscheinend die Magenfüllung und Bestimmbarkeit der Reste bei Küstenvögeln höher (Prange & Suntz 2007; diese Studie).

Die Frage, ob die Analyse tot angespülter Küstenvögel eine sinnvolle und verlässliche Informationsquelle für deren Nahrungsökologie darstellen kann, sollte innerhalb dieser Studie mit Hilfe der Lachmöwen geklärt werden. Hier liegen verlässliche Informationen aus früheren Studien mittels Speiballen- (Gorke 1990; Dervedde 1993; Kubetzki & Garthe 2003; Schwemmer & Garthe 2008) und Mageninhaltsanalysen erlegter Tiere (Lorch et al. 1982; Vauk-Hentzelt 1983; Schrey 1984; Hartwig et al. 1990) von der deutschen Nordseeküste zu verschiedenen Zeiten des Jahres vor. Stellt man die durch Speiballen- bzw. Kotanalysen erzielten Ergebnisse anderer Studien den Ergebnissen der vorliegenden Studie gegenüber, so ergeben sich starke Übereinstimmungen (Tab. 3; die älteren Untersuchungen aus Mageninhaltsanalysen lassen sich nicht zu einem Vergleich heranziehen, da die Nahrungsreste nicht mit einer Lupe ausgewertet wurden und somit die Anzahl von Viel- oder Wenigborstern unterrepräsentiert sein dürfte). Vor allem der Vergleich mit den Untersuchungen von der Hamburger Hallig (Schwemmer & Garthe 2008) ist hier interessant, da die in der vorliegenden Studie bearbeiteten Lachmöwen aus der gleichen Region stammten. Im Vergleich zu den anderen Studien wurden in einem großen Anteil an Mägen terrestrische Gliederfüßer gefunden und (in den Sommermonaten) ein etwas höherer Anteil von Fischen und Vielborstern. Alle übrigen Nahrungskategorien sind mit den Ergebnissen anderer Studien gut vergleichbar. Hier kann der Schluss gezogen werden, dass die Analyse von Mägen von tot angespülten Lach-

möwen sehr wahrscheinlich ähnlich robuste Ergebnisse liefert, wie die klassischen Speiballenuntersuchungen. Schnell verdaubare Nahrung, die keine oder nur wenige Reste hinterlässt, ist allerdings bei beiden Methoden vermutlich unterrepräsentiert.

Auch bei den untersuchten Limikolen entsprechen die in den Mägen gefundenen Nahrungsreste den Ergebnissen aus vorangegangenen Studien: Watt- und Strandschnecken in Knuttmägen wurden im deutschen Wattenmeer schon früher als wichtigste Nahrungsorganismen an frisch toten Tieren beschrieben (Ehlert 1964; Höfmann & Hoerschelmann 1969). Höfmann & Hoerschelmann (1969) fanden in zwei von drei Mägen von frisch getöteten Großen Brachvögeln Reste von Polychaeten und Strandkrabben. Speiballenanalysen zeigten, dass diese Nahrung auch im niederländischen Wattenmeer bei Brachvögeln vorherrschend war (vgl. Glutz von Blotzheim et al. 1982). Also stimmen auch diese Ergebnisse mit der vorliegenden Studie überein. Sechs Mägen von im deutschen Wattenmeer geschossenen Austernfischern enthielten überwiegend Miesmuscheln, Baltische Plattmuscheln und Strandschnecken (Höfmann & Hoerschelmann 1969). Auch dies entspricht den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit.

Im Wesentlichen stimmen die in den Mägen gefundenen Nahrungsreste der untersuchten Vogelarten also gut mit Ergebnissen von früheren Studien überein, zumindest für die marinen Komponenten (s. Diskussion in 4.1).

4.4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass die Analyse von Mägen tot aufgefundener Küstenvögel eine sinnvolle Ergänzung zu Untersuchungen von Nahrungsresten in Speiballen, Kot oder von Sichtbeobachtungen der Nahrungswahl bei Küstenvögeln bietet. Keiner der Mägen in der vorliegenden Studie war leer. Der Vergleich mit Ergebnissen älterer Studien zeigt eine hohe Übereinstimmung in der Nahrungswahl. Unterschiede in der Nahrungswahl zwischen den Arten konnten anhand des zur Verfügung stehenden Materials herausgearbeitet werden. Um allerdings die Ergebnisse dieser Studie abzusichern und auch schlüssige Aussagen über räumliche und zeitliche Unterschiede der Nahrungswahl verschiedener Küstenvogelarten treffen zu können, muss die Stichprobe dringend erhöht werden. Das bereits etablierte Netzwerk von Personen zum Sammeln toter Vögel an der deutschen Nordseeküste ist in der Lage, das dafür notwendige Material aus unterschiedlichen Regionen der deutschen Nordsee zu beschaffen. Über die Analyse von Mageninhalten hinaus besteht die Möglichkeit, zusätzliche Analysen von stabilen Isotopen (z. B. Bearhop et al. 2004; Barrett et al. 2007; Inger & Bearhop 2008; Fry 2008) aus Muskelproben der frisch tot aufgefundenen Individuen durchzuführen und somit zwischenartliche Unterschiede in der Nahrungswahl noch besser herauszustellen.

5. Dank

Das wattenmeerweite Einsammeln toter Vögel wäre ohne die Mithilfe des ehrenamtlich agierenden Netzwerkes aus zahlreichen Helfern nicht möglich gewesen. Ein besonderer Dank gilt Rainer Borchering, Silvia Gaus und Klaus Günther von der Schutzstation Wattenmeer e.V., der Nationalparkverwaltung in Tönning im Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz, hier besonders Rainer Rehm und Martin Kühn vom Nationalparkdienst. Des Weiteren bedanken wir uns beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), dem Mellumrat e.V. und Dr. Ulf Beichle vom Landesmuseum für Natur und Mensch in Oldenburg.

Nele Markones, Bettina Mendel und Nicole Sonntag sowie Ursula Siebert halfen bei den Sektionen. Die Nahrungsanalysen wurden unterstützt durch Tim Kirchner, Natalie Busch und Focke Weerts sowie Thomas Tischler. Bettina Mendel erstellte die Karte mit Fundorten der Vögel im GIS. Ommo Hüppop sowie ein anonymes Gutachter machten wertvolle Vorschläge zur Verbesserung des Manuskriptes. Ihnen allen gilt unser herzlicher Dank!

6. Zusammenfassung

Informationen über die Nahrungswahl von See- und Küstenvögeln liefern einen essentiellen Beitrag zum Verständnis mariner Nahrungsnetze. In der vorliegenden Studie wurden Mageninhalte von toten Küstenvögeln ausgewertet, die als Spülsaumfunde entlang der deutschen Nordseeküste gesammelt wurden. Das erste Ziel dieser Studie bestand darin, aktuelle Informationen über die Nahrungswahl von Austernfischern (*Haematopus ostralegus*), Großen Brachvögeln (*Numenius arquata*), Knutts (*Calidris canutus*) und Lachmöwen (*Chroicocephalus ridibundus*) zu erhalten. Das zweite Ziel der Studie war es, zu prüfen, ob Spülsaumfunde brauchbare Informationen zur Nahrungswahl von Küstenvögeln liefern können. Hierzu wurden insgesamt 59 Individuen der vier Arten durch ein ehrenamtliches Netzwerk von Personen entlang der deutschen Nordseeküste gesammelt und anschließend sezziert.

Alle Mägen enthielten bestimmbare Reste. Austernfischer und Lachmöwen zeigten ein sehr ähnliches und gleichzeitig das breiteste Nahrungsspektrum. Es bestand vor allem aus Mollusken, Polychaeten (Vielborster), Regenwürmern und Insekten. In den Austernfischermägen traten zu allen Jahreszeiten fast stets marine und terrestrische Nahrungsreste gemeinsam auf, während Lachmöwen zur Brutzeit verstärkt marine Nahrung aufnahmen, außerhalb der Brutzeit aber fast ausschließlich eine terrestrische Ernährungsweise aufwiesen. Große Brachvögel ernährten sich überwiegend von Polychaeten und Krebstieren sowie weniger häufig von Muscheln. Die Ernährung der Knutts unterschied sich am deutlichsten von den anderen Arten und wies die höchste Spezialisierung auf. In allen Mägen wurden Wattschnecken (*Hydrobia ulvae*) und in einem weiteren hohen Anteil von Mägen Strandschnecken (*Littorina littorea*) und Muscheln gefunden. Außer beim Großen Brachvogel befanden sich bei allen Arten in einzelnen

Mägen kleine Müllpartikel aus Plastik, die wahrscheinlich im marinen Bereich aufgenommen wurden.

Bei Lachmöwen stimmen die gefundenen Ergebnisse gut mit bereits veröffentlichten Studien aus Speiballenuntersuchungen überein. Auch die Nahrung der übrigen Arten ähnelte den Ergebnissen aus früheren Studien. Es wird gefolgert, dass die Analyse von Mageninhalten von tot am Strand aufgefundenen Vögeln geeignet ist, um aktuelle Informationen über die Nahrungswahl von Küstenvögeln zu erlangen. Um robuste Erkenntnisse über räumliche und zeitliche Unterschiede in der Nahrungswahl zu erhalten, sollte jedoch die Stichprobe erhöht werden. Darüber hinaus kann ein Vergleich zwischen Mageninhalten und stabilen Isotopen aus Muskelgewebe die Ergebnisse absichern helfen.

7. Literatur

- Backhaus K, Erichson B, Plinke W & Weiber R 1990: Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. 6. Ausgabe. Springer-Verlag, Berlin.
- Barrett RT, Camphuysen CJ, Anker-Nilssen T, Chardine JW, Furness RW, Garthe S, Hüppop O, Leopold MF, Montevecchi WA & Veit RR 2007: Diet studies of seabirds: a review and recommendations. ICES J. Mar. Sci. 64: 1675-1691.
- Bearhop S, Adams CE, Waldron S, Fuller RA & Macleod H 2004: Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. J. Anim. Ecol. 73: 1007-1012.
- Boates JS & Goss-Custard JD 1989: Foraging behaviour of Oystercatchers *Haematopus ostralegus* during a diet switch from worms *Nereis diversicolor* to clams *Scrobicularia plana*. Can. J. Zool. 67: 2225-2231.
- Bunskoeke AEJ, Ens BJ, Hulscher JB & de Vlas SJ 1996: Why do Oystercatchers *Haematopus ostralegus* switch from feeding on Baltic tellin *Macoma balthica* to feeding on the ragworm *Nereis diversicolor* during the breeding season? Ardea 84A: 91-104.
- Camphuysen CJ 2007: External observations including biometrics of stranded seabirds. Technical documents 4.1, Handbook on Oil Impact Assessment, version 1.0. Online edition, <http://www.oiledwildlife.eu> (Zugriff 29.02.2012).
- Camphuysen CJ & van Franeker JA 2007: Ageing and sexing manual for stranded seabirds. Technical documents 4.1, Handbook on Oil Impact Assessment, version 1.0. Online edition, <http://www.oiledwildlife.eu> (Zugriff 29.02.2012).
- Cayford JT & Goss-Custard JD 1990: Seasonal changes in the size selection of mussels, *Mytilus edulis*, by Oystercatchers, *Haematopus ostralegus*: an optimality approach. Anim. Behav. 40: 609-624.
- Chambers JM 1992: Linear models. In: Chambers JM & Hastie TJ (Hrsg) Statistical Models: 96-138, Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, Florida
- Dekinga A & Piersma T 1993: Reconstructing diet composition on the basis of faeces in a mollusc-eating wader, the Knot *Calidris canutus*. Bird Study 40: 144-156.
- Dernedde T 1993: Vergleichende Untersuchungen zur Nahrungszusammensetzung von Silbermöwe (*Larus argentatus*), Sturmmöwe (*L. canus*) und Lachmöwe (*L. ridibundus*) im Königshafen/Sylt. Corax 15: 222-240.
- Ehlert W 1964: Zur Ökologie und Biologie der Ernährung einiger Limikolen-Arten. J. Ornithol. 105: 1-53.
- Fry B 2008: Stable Isotope Ecology. Springer, New York.
- Glutz von Blotzheim UN, Bauer KM & Bezzel E 1982: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 7 Charadriiformes (2. Teil). Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden.
- Gorke M 1990: Die Lachmöwe (*Larus ridibundus*) in Wattenmeer und Binnenland. Seevögel 11: 5-48.
- Guse N 2005: Der Eissturmvogel (*Fulmarus glacialis*) – Müll-eimer der Nordsee? Seevögel 26: 3-12.
- Hartwig E, Schrey K & Schrey E 1990: Zur Nahrung der Lachmöwe (*Larus ridibundus*) im Niederelberaum. Seevögel 11: 27-31.
- Höfmann H & Hoerschelmann H 1969: Nahrungsuntersuchungen bei Limikolen durch Mageninhaltsanalysen. Corax 3: 7-22.
- Inger R & Bearhop S 2008: Applications of stable isotope analyses to avian ecology. Ibis 150: 447-461.
- Korner-Nievergelt F & Hüppop O 2010: Das freie Statistikpaket „R“: Eine Einführung für Ornithologen. Vogelwarte 48: 119-135.
- Kubetzki U 2001: Zum Bestandsrückgang der Sturmmöwe *Larus canus* an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste – Ausmaß, Ursachen und Schutzkonzepte. Corax 18: 301-323.
- Kubetzki U & Garthe 2003: Distribution, diet and habitat selection by four sympatric gull species in the southeastern North Sea. Mar. Biol. 143: 199-207.
- Leyrer J 2011: Being at the right time at the right place. Interpreting the annual life cycle of Afro-Siberian Red Knots. Dissertation, Universität Groningen.
- Lorch H-J, Schneider R & Loos-Frank B 1982: Parasitologische Untersuchungen nestjunger Lachmöwen (*Larus ridibundus*) in Brutkolonien des Binnenlandes und der Küste. J. Ornithol. 123: 29-39.
- Lüttringhaus C & Vauk-Hentzelt E 1983: Ein Beitrag zur Ernährung auf Müllplätzen gesammelter Silber-, Sturm- und Lachmöwen (*Larus argentatus*, *L. canus*, *L. ridibundus*) von Emden und Leer. Vogelwelt 104: 95-107.
- Markones N & Guse N 2009: Eignung von Strandfunden zum Studium der Ernährungsökologie von Basstölpeln (*Sula bassana*) und Dreizehenmöwen (*Rissa tridactyla*). Corax 21: 5-12.
- Nehls G & Tiedemann R 1993: What determines the densities of feeding birds on tidal flats? A Case study on Dunlin, *Calidris alpina*, in the Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. 31: 375-384.
- Petersen B & Exo K-M 2002: Predation of waders and gulls on *Lanice conchilega* tidal flats in the Wadden Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 178: 229-240.
- Prange H & Suntz M 2007: Makroskopische und histologische Untersuchungen an erkrankten Vögeln der Insel Mellum. Natur- und Umweltschutz 6: 54-60.
- R Development Core Team 2011: R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.. <http://www.R-project.org> (Zugriff 29.02.2012).
- Scheiffarth G 2001: The diet of Bar-tailed Godwits *Limosa lapponica* in the Wadden Sea: combining visual observations and faeces analyses. Ardea 89: 481-494.
- Schrey E 1984: Zur Nahrung der Lachmöwe (*Larus ridibundus*) im Bereich der Stadt Cuxhaven. Seevögel 5 Sonderband: 73-79.
- Schwemmer P & Garthe S 2005: At-sea distribution and behaviour of a surface-feeding seabird, the Lesser Black-

- backed Gull (*Larus fuscus*), and its association with different prey. Mar. Ecol. Prog. Ser. 285: 245-258.
- Schwemmer P. & Garthe S 2008: Regular habitat switch as an important feeding strategy of an opportunistic seabird species at the interface between land and sea. Estuar. Coast. Shelf Sci. 77: 12-22.
- Schwemmer P, Garthe S & Mundry R 2008: Area utilization of gulls in a coastal farmland landscape: habitat mosaic supports niche segregation of opportunistic species. Landsc. Ecol. 23: 355-367.
- Schwemmer P, Tischler T, Rehm R & Garthe S 2011: Habitatnutzung, Verbreitung und Nahrungswahl der Lachmöwe (*Larus ridibundus*) im küstennahen Binnenland Schleswig-Holsteins. Corax 21: 355-374.
- van Franeker JA 2004: Save the North Sea Fulmar-Litter-EcoQO Manual Part1: Collection and dissection procedures. Alterra-report 672, Alterra, Wageningen, www.edepot.wur.nl/40451 (Zugriff 29.02.2012).
- van Franeker JA & Camphuysen CJ 2007: Condition manual: the physical condition of stranded seabirds. Technical documents 4.1, Handbook on Oil Impact Assessment, version 1.0. Online edition, <http://www.oiledwildlife.eu> (Zugriff 29.02.2012)
- van Franeker JA, 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 EWM & Turner DM 2011: Monitoring plastic ingestion by the Northern Fulmar *Fulmarus glacialis* in the North Sea. Environ. Poll. 159: 2609-2615.
- Venables WN & Ripley BD 2002: Modern Applied Statistics with S. Springer, New York.
- Zar JH 1999: Biostatistical Analysis, 3. Auflage. Old Tappan, NJ, Prentice Hall.
- Zwarts L & Blomert A-M 1992: Why Knot *Calidris canutus* take medium-sized *Macoma balthica* when six prey species are available. Mar. Ecol. Prog. Ser. 83: 113-128.
- Zwarts L, Cayford JT, Hulscher JB, Kersten M, Meire PM & Triplet P 1996: Prey size selection and intake rate. In: Goss-Custard JD (Hrsg) The Oystercatcher – From individuals to populations: 30-55. Oxford University Press, Oxford.