

**Endbericht**

**Habitatwahl der Seevögel  
in der deutschen Nord- und Ostsee  
als Grundlage zur Bewertung von Eingriffen  
(FKZ 0327627)**

**Dr. Nele Markones  
Dipl.-Biol. Henriette Dries  
Dipl.-Lök. Bettina Mendel  
Dr. Philipp Schwemmer  
Dipl.-Biol. Nicole Sonntag  
PD Dr. Stefan Garthe**

Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Büsum  
Zentrale Einrichtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



gefördert vom  
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und  
Reaktorsicherheit  
Projektkoordination: Projektträger Jülich,  
Geschäftsbereich Erneuerbare Energien

Januar 2014

**Kontaktadresse der Autoren:**

PD Dr. Stefan Garthe  
Forschungs- und Technologiezentrum Westküste Büsum  
Hafentörn 1  
25761 Büsum  
[garthe@ftz-west.uni-kiel.de](mailto:garthe@ftz-west.uni-kiel.de)



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen 0327627 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

## Schlussbericht

Zuwendungsempfänger

Forschungs- und Technologiezentrum  
Westküste, Zentrale Einrichtung der  
CAU Kiel, Hafentörn 1, 25761 Büsum

Förderkennzeichen

0327627

Vorhabenbezeichnung

Habitatwahl der Seevögel in der deutschen Nord- und Ostsee als Grundlage zur  
Bewertung von Eingriffen

Laufzeit des Vorhabens

1.1.2007 - 30.06.2009

Berichtszeitraum

1.1.2007 - 30.06.2009

Projektbeteiligte

Dr. Nele Markones, Henriette Dries, Bettina Mendel, Dr. Philipp Schwemmer, Nicole  
Sonntag, PD Dr. Stefan Garthe

Forschungs- und Technologiezentrum Westküste, Außenstelle der CAU Kiel,  
Hafentörn 1, 25761 Büsum





## Inhalt

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>1-1</b>
<b>2</b>	<b>Summary .....</b>	<b>2-8</b>
<b>3</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>3-14</b>
3.1	Aufgabenstellung.....	3-14
3.2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.....	3-15
3.3	Zusammenarbeit mit anderen Stellen / Dank .....	3-16
<b>4</b>	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>4-17</b>
4.1	Methoden Schiffszählungen.....	4-18
4.2	Methoden Flugzählungen .....	4-19
<b>5</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>5-21</b>
5.1	Identifizierte Schlüsselparameter in der Habitatwahl von Seevögeln .....	5-21
5.2	Rastvorkommen der Zwergmöwe <i>Hydrocoloeus minutus</i> in der Pommerschen Bucht während des Herbst-Zuges .....	5-28
5.3	Habitatwahl von Seetauchern in der Deutschen Bucht im Frühjahr basierend auf Daten fluggestützter Erfassungen .....	5-37
5.4	Habitatwahl von Seetauchern in der Deutschen Bucht im Winter basierend auf Daten schiffsgestützter Erfassungen .....	5-42
5.5	Habitatwahl ausgewählter Seevogelarten in der Deutschen Bucht im Sommer.....	5-45
5.6	Zeitliche Variation der Habitatbeziehungen .....	5-59
5.7	Wintervorkommen des Ohrentauchers <i>Podiceps auritus</i> in der Ostsee: Verbreitung, Habitatwahl, Nahrungsökologie .....	5-61
5.8	Einfluss hydrografischer und meteorologischer Faktoren auf das Vorkommen von Seevögeln bei Helgoland .....	5-66
5.9	Einfluss von Schiffsverkehr auf Seetauchervorkommen .....	5-70
5.10	Einfluss von Strömungsgeschwindigkeit, Wassertiefe und Kolonieentfernung auf Verbreitung und Nahrungssuche von Seeschwalben im Wattenmeer .....	5-72
5.11	Nahrungswahl der Heringsmöwe in der Nordsee .....	5-74
5.12	Nahrungswahl von Lappentauchern in der Pommerschen Bucht.....	5-76

<b>5.13</b>	<b>Ökologisches Potential ausgewählter Seevogelarten .....</b>	<b>5-85</b>
<b>5.14</b>	<b>Bewertung von Eingriffen bezüglich der Sensitivitäten der verschiedenen Seevogelarten.....</b>	<b>5-86</b>
<b>6</b>	<b>Veröffentlichungen .....</b>	<b>6-87</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>7-88</b>

## 1 Zusammenfassung

Im Rahmen der Projekte MINOS und MINOSplus wurden vom Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ) im Zeitraum Mai 2002 bis Juni 2006 Untersuchungen zur Verbreitung von Seevögeln in der deutschen Nord- und Ostsee durchgeführt. Im Projekt MINOS gelang dabei bereits eine erste Differenzierung des Konfliktpotenzials zwischen Offshore-Windkraftnutzung und wichtigen Rastvogelvorkommen auf See. Im nachfolgenden Projekt MINOSplus wurden weitere grundlegende Ergebnisse zur saisonalen Dynamik von Seevogel-Verteilungsmustern, zur Variabilität von Seevogelvorkommen gewonnen und Bewertungsverfahren für Seevögel hinsichtlich der Offshore-Windenergienutzung weiterentwickelt. Auf der Basis des gegenwärtigen Kenntnisstandes wurde deutlich, dass zu einem Verständnis der Auswirkungen von Eingriffen vor allem noch wesentliche Elemente der Nutzung von Lebensräumen, also der Habitatwahl von Seevögeln, fehlen. Diesen Aspekten wurde im aktuellen Projekt „Habitatwahl der Seevögel in der deutschen Nord- und Ostsee als Grundlage zur Bewertung von Eingriffen (FKZ 0327627)“ im Zeitraum Januar 2007 bis Juni 2009 detailliert nachgegangen.

Die Analyse der Habitatwahl der Seevögel in der deutschen Nord- und Ostsee erfolgte anhand verschiedener Datensätze. Zum einen wurden neue Erhebungen von Schiffen aus durchgeführt, bei denen relevante abiotische und z.T. auch biotische Parameter parallel zu den Seevogelerfassungen erhoben wurden. Zum anderen wurden umfangreiche archivierte Datensätze aus der östlichen Deutschen Bucht (Nordsee) und den deutschen Ostseebereichen in Kombination mit selbst erhobenen und extern archivierten Umweltdaten ausgewertet. Dabei wurden verschiedene archivierte Spezialreisen aus unterschiedlichen Jahreszeiten ausgewertet, während derer neben den Seevogelzählungen detaillierte hydrographische Beprobungen stattfanden. Neben kontinuierlichen Oberflächenmessungen durch bordeigene Thermosalinographen wurde die vertikale Ausprägung hydrografischer Strukturen anhand eines dichten CTD-Stationsnetzes erfasst (z.B. Garthe 1997). Darüber hinaus wurden archivierte Datensätze zum Seevogelvorkommen mit archivierten Datensätzen zu verschiedenen Umweltfaktoren wie Wassertiefe, Sedimentverteilung, Strömungsverhältnisse und diversen meteorologischen und hydrografischen Parametern verschnitten. Die Analyse der Habitatwahl der Seevögel erfolgte anhand der Korrelation von Seevogeldichten und verschiedenen Umweltparametern mit Hilfe geographischer Informationssysteme und speziell entwickelter statistischer Verfahren. In Ergänzung dazu wurden Untersuchungen zur Nahrungswahl durchgeführt, die auf Analysen von Mageninhalten und Speiballen basierten und weitere Rückschlüsse auf die Habitatwahl der untersuchten Arten ermöglichten.

Im Zuge des hier bearbeiteten Projektes konnten für alle bearbeiteten Vogelarten Schlüsselparameter der Habitatwahl identifiziert werden. Dabei lag der

übergeordnete Schwerpunkt auf der Identifizierung natürlicher Habitatparameter. Anthropogene Einflussfaktoren wurden jedoch für einige besonders störanfällige Arten auch behandelt. Das hier erarbeitete Wissen über wichtige natürliche Habitatparameter stellt im Zusammenhang mit der Planungs- und Genehmigungspraxis für Offshore-Windparks eine wichtige Grundlage dar, da die Verteilung von Seevögeln nur vor dem Hintergrund ihrer natürlichen Habitatwahl verstanden und somit der Einfluss anthropogener Aktivitäten beurteilt werden kann.

Grundlegende Ergebnisse wurden durch die **Identifikation relevanter Umweltparameter** mit Einfluss auf die Habitatwahl von Seevögeln und die **Beschreibung der Parameter und Prozesse mit steuerndem Einfluss auf Seevogelverteilungsmuster** gewonnen. Dabei wurde zwei Bereiche unterschieden: den der natürlichen und den der anthropogenen Einflüsse. Die Faktoren aus dem natürlichen Wirkungsgefüge wurden weiter unterteilt in konstante und variable Parameter. Ein deutlicher Einfluss variabler Umweltfaktoren auf die Habitatwahl von Seevögeln spiegelt sich in dynamischen Verteilungsmustern der betroffenen Seevogelarten wider. Wichtige variable Faktoren mit z.T. starkem Einfluss auf das Vorkommen von Seevögeln sind u.a. Tageszeit, hydrografische Fronten und Wassermassen, Luftdruckparameter, Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Wichtige konstante Faktoren mit z.T. starkem Einfluss auf das Vorkommen von Seevögeln sind u.a. Landentfernung, Wassertiefe und Sediment. Während diese natürlichen Umweltfaktoren alle indirekt über die Art der Nahrungssuche und vor allem die Nahrungsverfügbarkeit einen Einfluss auf die Habitatwahl haben, können anthropogene Faktoren auch einen direkten Einfluss nehmen. Z.B. können Vögel durch Störungen aus geeigneten Habitaten verdrängt werden oder sie erleiden einen z.T. dauerhaften Habitatverlust durch die Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen. Viele der anthropogenen Einflüsse wirken zudem über eine Beeinträchtigung der körperlichen Kondition bzw. des Gesundheitszustands auf die Vögel und damit auf ihre Fähigkeit zur Nahrungssuche und zur Reproduktion. So kann eine Errichtung von Offshore Windparks Vögel zum Ausweichen und Umfliegen der Parks zwingen und dadurch zu Beeinträchtigungen der Kondition führen. Die Konnektivität zwischen verschiedenen Nahrungsgebieten von individuellen Vögeln auf See ist hierzu ein wichtiger Kennwert, der allerdings nicht im Rahmen dieses Projektes ermittelt werden konnte, da der Einsatz von Datenloggern hierzu notwendig wäre.

Besonderer Fokus wurde bei einem speziellen Teil der Untersuchungen auf den **Sterntaucher in der deutschen Nordsee** gelegt (Markones et al. 2009). Diese Art ist aufgrund ihrer international bedeutsamen Vorkommen insbesondere in der Nordsee und aufgrund der hohen Störepfindlichkeit besonders relevant für die Bewertung von anthropogenen Eingriffen im marinen Lebensraum. So erleiden Sterntaucher z.B. einen dauerhaften Habitatverlust durch die Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen, da sie mit Anlagen bebaute Seegebiete über Jahre hinweg weiträumig meiden. Eine im Rahmen des Projekts erstellte aktuelle Verteilungskarte der Seetaucher in der Deutschen Bucht für die Phase ihres

Hauptvorkommens im Frühjahr untermauerte erneut die Bedeutung des Hauptkonzentrationsgebietes in der küstenfernen AWZ westlich der Inseln Sylt und Amrum. Dieses Ergebnis zeigt, dass die großräumigen Verteilungsmuster dieser Art in der Nordsee über viele Jahre sehr konstant waren. Die Wichtigkeit des SPA „Östliche Deutsche Bucht“ ist durch diese Datenanalysen klar bestätigt worden. Die Errichtung von Windkraftanlagen in diesem Bereich hätte nach größter Wahrscheinlichkeit einen überdurchschnittlich starken Einfluss auf die Verteilung von Seetauchern in der deutschen Nordsee. Analysen zur Habitatwahl von Seetauchern im Frühjahr 2006, die fluggestützte Seetauchererfassungsdaten mit archivierten Datensätzen verschiedener Umweltfaktoren kombinierten, ergaben, dass sich die Seetaucher v.a. in dem oben beschriebenen Gebiet in einem durch die untersuchten Faktoren nicht klar zu definierenden Habitat aufhielten. Zum einen wurde ein küstennäherer Wasserkörper und zum anderen ein küstenfernerer Bereich bei Tiefen um 20 m genutzt. Die wichtigsten habitatbestimmenden Faktoren für Seetaucher im Frühjahr in der Deutschen Bucht konnten im Rahmen dieser Auswertung nicht identifiziert werden. Dennoch bestätigte sich das konstante Vorkommen im SPA „Östliche Deutsche Bucht“, auch wenn keine abiotischen Habitatparameter klar identifiziert werden konnten. Vermutlich besteht die Wichtigkeit dieses Gebietes in den relativ geringen anthropogenen Störungen und einer vermutlich guten Nahrungsgrundlage pelagischer Fischarten.

Analysen zur Habitatwahl von Seetauchern im Winter 1993 anhand schiffsbasierter Daten ergaben, dass Seetaucher mit der kontinentalen Küstenwassermasse assoziiert waren, hier aber nicht direkt im Bereich der Flussfahnen anzutreffen waren, sondern höchstwahrscheinlich die angrenzenden Frontenbereiche bevorzugten. Ein deutlicher Einfluss der Windstärke auf die ermittelte Abundanz der erfassten Seetaucher wurde auf die schwierigere Erfassbarkeit der störungsempfindlichen Tiere bei hohen Windstärken und daraus resultierendem rauerem Seegang zurückgeführt. Im Rahmen einer Analyse zum Einfluss meteorologischer und hydrografischer Umweltvariablen auf das Sterntauchervorkommen in einem gut untersuchten Seegebiet bei Helgoland wurde ein signifikanter Einfluss von Luftdruckveränderungen auf die Abundanz von Sterntauchern nachgewiesen. Ein signifikanter Einfluss von meteorologischen Variablen auf das Vorkommen von Seevögeln muss bei der Konzeption von Erfassungsprogrammen berücksichtigt werden, um repräsentative Ergebnisse zu erzielen. Auswertungen zur Untersuchung des generellen Einflusses von Schiffsverkehrsintensitäten auf Seetauchervorkommen und zur unmittelbaren Scheuchwirkung einzelner Schiffe wiesen für den Bereich des Verkehrstrennungsgebiets vor der ostfriesischen Küste einen signifikanten Einfluss von Schiffsverkehr auf das Vorkommen von Seetauchern nach. Dieses Ergebnis ist vor dem Hintergrund der Errichtung und Wartung von Offshore-Windparks besonders wichtig, da mit diesen Aktivitäten eine deutliche Zunahme des Schiffsverkehrs in bislang meist wenig befahrenen Gebieten verbunden ist. Im Gegensatz zu Offshore-Windparks, welche für Seetaucher Lebensraum dauerhaft zerstören, handelt es sich

bei Störungen durch Schiffsverkehr um einen temporären Habitatverlust. Es ist jedoch anzunehmen, dass regelmäßig in hoher Frequenz befahrene Bereiche auch dauerhaft gemieden werden. Dies kann die Konnektivität zwischen wichtigen Gebieten deutlich beeinflussen. Zur Konnektivität fehlen bislang allerdings belastbare Daten.

In einem ersten Versuch der **Quantifizierung des ökologischen Potentials der häufigsten Seevogelarten** in den deutschen Meeresgebieten wurde das ökologische Potential des Sterntauchers als vergleichsweise gering eingeschätzt. Damit wurde diese Vogelart ähnlich eingeschätzt wie andere Arten mit einer eingeschränkten Flexibilität in Nahrungs- und Habitatwahl wie z.B. der Zwergmöwe und Trottellumme. Im Rahmen des Projektes konnten nicht alle Fragen zur Habitatwahl von Seetauchern geklärt werden. Im Zusammenhang mit der Planungs- und Genehmigungspraxis von Windkraftanlagen umfassen zukünftige Ziele weitergehende Erfassungen zum Vorkommen von Seetauchern, um aktuelle Aussagen zu Bestandstrends und Einflussgröße bereits errichteter Windparks abschätzen zu können. Darüber hinaus wäre es relevant mittels individueller Besenderung die Konnektivität zwischen wichtigen Gebieten aufzuschlüsseln. Dazu gehört unter anderem auch die Identifikation der Herkunft der in der deutschen Nordsee rastenden Sterntaucher, da nur so sinnvolle Rückschlüsse auf Auswirkungen von Habitatverlust und Störung auf die gesamte biogeographische Population vorgenommen werden können.

Weitere Analysen widmeten sich der **Charakterisierung der wichtigsten Rast- und Nahrungshabitate von Zwergmöwen und Ohrentauchern** (beide Anhang I EU-Vogelschutzrichtlinie) in der deutschen Ostsee und lieferten Ergebnisse zum Beutespektrum dieser Arten. Eine wichtige Rolle für die Nahrungshabitate der Zwergmöwe spielen treibende Seegrasansammlungen und oberflächennahe Fischschwärme. Somit könnte ein Grund für die lange Verweildauer der Vögel in der Pommerschen Bucht in der hohen Verfügbarkeit an Jungfischen als Nahrungsgrundlage bestehen. In Jahren mit schwächerem Jungfischvorkommen nehmen vermutlich Seegrasansammlungen eine besonders wichtige Rolle im Nahrungshabitat der Zwergmöwe ein. Diese beherbergen eine Vielzahl potentieller Beutetiere für Zwergmöwen, u.a. Asseln, Flohkrebse, Insekten und kleine Fische. Die Habitatwahl der Ohrentaucher wird signifikant durch die Faktoren Wassertiefe und Bodensedimenttyp beeinflusst. Die Art bevorzugt Flachwasserbereiche mit einer Tiefe von 4-14 m und kommt ausschließlich über sandigen Sedimenten vor. Da im Winter hohe Energiekosten für Thermoregulation anfallen, kann insbesondere für kleine Arten wie den Ohrentaucher eine Reduktion der Energiekosten durch Minimierung der Tauchtiefe infolge des Aufsuchens von Gebieten mit geringen Wassertiefen eine Überlebensstrategie sein. Die Bevorzugung eines bestimmten Sedimenttyps lässt sich höchstwahrscheinlich durch die Nahrung erklären. Nahrungsanalysen ergaben, dass die Winternahrung in diesem Gebiet von Grundeln dominiert wird. Grundeln sind bodenbezogen lebende Fischarten, die bevorzugt über sandigem Sediment vorkommen. In der Pommerschen Bucht scheinen Ohrentaucher

daher in Gebieten mit sandigem Sediment ein gutes Nahrungsangebot und somit gute Bedingungen zum Überwintern vorzufinden.

Gezielte Analysen ergaben, dass die **Habitatwahl ausgewählter häufiger Seevogelarten in der Nordsee im Sommer** sehr gut durch Secchi-Sichttiefendaten beschrieben werden kann. Das Vorkommen von Dreizehenmöwen wurde dagegen stark durch die Intensität von Temperaturfronten beeinflusst. Basierend auf hydrografischen Parametern konnte die Abundanz von Eissturmvogel, Sturmmöwen, Trottellummen, Flusseeeschwalben und Dreizehenmöwen besonders gut erklärt werden. Basierend auf Modellen können Vorhersagen für Verbreitungsschwerpunkte dieser Arten getroffen werden, die dann auch im Kontext der Genehmigungsverfahren für Windkraftanlagen angewendet werden können. Arten, deren Verteilung während der untersuchten Zeiträume dagegen zu einem besonders geringen Ausmaß von den ausgewählten hydrografischen Faktoren beeinflusst wurde, sind nach den Modellergebnissen die Heringsmöwe, die Lachmöwe und der Basstölpel.

Für ein intensiv beprobtes Teilgebiet ergaben Analysen sowohl für die Hauptzugmonate August und September als auch die Wintermonate, dass sowohl eine Reihe meteorologischer als auch zwei hydrografische Faktoren einen signifikanten Einfluss auf die Häufigkeit der acht untersuchten Vogelarten(gruppen) hatten. Die Luftdruckänderungen dürften dabei vor allem für den aktiven Zug und räumliche Verlagerungen der Arten eine wichtige Rolle spielen, die hydrografischen Parameter für die Nahrungssuche im offenen Meer. Ein **signifikanter Einfluss von meteorologischen Variablen auf das Vorkommen von Seevögeln** muss bei der Konzeption von Erfassungsprogrammen berücksichtigt werden. Meteorologische Parameter verursachen nach hoher Wahrscheinlichkeit einen hohen Anteil der Variabilität in den Verbreitungsmustern. Um ein vollständiges Bild der Verteilungsmuster abbilden zu können, müssen Seevogelerfassungen während verschiedener Wetterszenarien durchgeführt werden. Flugsurveys werden nur bei guten Wetterbedingungen und geringem Seegang durchgeführt, da die Entdeckbarkeit der Vögel bei rauherem Seegang durch die Bildung von Schaumkronen erschwert wird. Diese Bedingungen treten vor allem im Rahmen von Passagen hohen Luftdrucks – oft in Verbindung mit östlichen Winden – auf, die wiederum die Abundanz von Seevögeln beeinflussen und oftmals Zugbewegungen auslösen (Hüppop et al. 2006). Die Repräsentativität dieser Erfassungen muss deshalb insbesondere für Arten geprüft werden, deren Abundanz stark von meteorologischen Faktoren gesteuert wird. In diesen Fällen ist eine Ergänzung des Erfassungsprogramms durch weniger windabhängige schiffsgestützte Erfassungen zu empfehlen.

Für das Beispiel der **Fluss- und Küstenseeschwalben** gelang eine **Charakterisierung von Nahrungsgebieten** anhand von Modellierungen, basierend auf umfangreichen archivierten Datensätzen. Die höchsten Wahrscheinlichkeiten, nahrungssuchende Individuen anzutreffen, wurden für Gebiete mit hoher

Strömungsgeschwindigkeit, sowohl in sehr geringen Wassertiefen als auch in Wassertiefen zwischen 15 und 20 m, berechnet. Die Entfernung zum nächstgelegenen Ästuar hatte keinen Einfluss auf das Nahrungssuchverhalten, während die Entfernung zur Kolonie negativ mit dem aktiven Nahrungssuchverhalten korrelierte. Die Ergebnisse dieser Studie machen die Bedeutung biologisch-physikalisch gekoppelter Prozesse im Wattenmeer deutlich. Kleinskalige physikalische Phänomene, wie Verwirbelungen durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten und die Beschaffenheit des Meeresbodens, können die Nahrungsverfügbarkeit von Seevögeln, die an der Wasseroberfläche fressen, stark beeinflussen. Es ist denkbar, dass Verwirbelungen an Offshore-Windkraftanlagen die Nahrungsverfügbarkeit für oberflächennah fressende Seevögel erhöhen könnten. Hierfür gibt es bislang jedoch keine ausreichenden Datensätze.

Eine Analyse der **zeitlichen Variation der Habitatbindung ausgewählter Seevogelarten** in der deutschen Nordsee ergab eine teilweise starke Variation der Habitatbeziehungen auf der Ebene der Jahreszeiten und eine schwächere auf der Ebene der Jahre. Einige Arten wie der Eissturmvogel und die Sturmmöwe zeigten während aller untersuchter Spezialreisen eine konsistente Präferenz für eine bestimmte Wassermasse und nur die Stärke der Korrelation zu dieser Habitatstruktur unterlag einer zeitlichen Variation. Andere Arten wie die Trottellumme oder auch die Dreizehenmöwe zeigten nur zu einer bestimmten Jahreszeit eine Präferenz für eine bestimmte Wassermasse, in den übrigen Fällen jedoch ergab sich keine signifikante Korrelation.

**Nahrungsanalysen für die Heringsmöwe in der Nordsee** zeigten, dass diese hauptsächlich pelagisch fressende Art in einzelnen Gebieten sehr stark auf eine Beuteart spezialisiert sein kann. Individuen der Kolonie auf Amrum aus dem Jahr 2006 ernährten sich zu einem großen Anteil von Schwimmkrabben und bildeten Verbreitungsschwerpunkte an Orten, wo Schwimmkrabben hohe Abundanzen aufwiesen. Anhand eines bioenergetischen Modells konnte gezeigt werden, dass die Heringsmöwe sehr wahrscheinlich keinen Top-down Einfluss auf die Schwimmkrabben ausübt. Eine bottom-up Kontrolle seitens der Schwimmkrabben und dadurch eine weitere Zunahme der Heringsmöwenpopulation wären aber durchaus möglich.

**Nahrungsanalysen an Haubentauchern, Rothalstauchern und Ohrentauchern aus der Pommerschen Bucht** ergaben Unterschiede im konsumierten Beutespektrum zwischen den drei Arten, die vermutlich auf die beobachteten deutlichen Unterschiede in den Verbreitungsmustern der Arten zurückzuführen sind. In der Nahrungszusammensetzung dominierten Fische als wichtigste Beutekategorie und Grundeln als die wichtigste Beutefischart bei allen drei Vogelarten. Rothals- und Ohrentaucher waren zudem auch bezüglich der konsumierten Biomasse sehr ähnlich. Haubentaucher unterschieden sich von den beiden anderen Arten durch eine größere Anzahl an Kaulbarschen und das Vorkommen einiger großer Zander. Haubentaucher unterscheiden sich in ihrer Verbreitung deutlich von den beiden

anderen küstenferner auftretenden Arten. Zander und Kaulbarsch sind Süßwasserarten, die aufgrund des geringen Salzgehaltes auch in der Pommerschen Bucht vorkommen können. Dort sind sie am häufigsten in den Lagunen und küstennahen Gewässern anzutreffen, die am stärksten durch den Süßwasserzufluss aus den Flüssen beeinflusst sind. Sie sind daher vermutlich besser für die ebenfalls in diesen Gebieten vorkommenden Haubentaucher verfügbar. Obwohl die drei Vogelarten durch morphologische Unterschiede ihrer Schnäbel durchaus verschiedene Beutegrößen konsumieren könnten, war dies nur bei Haubentauchern zu einem gewissen Teil der Fall. Eine echte Ausbildung von Nahrungsnischen, etwa zur Vermeidung von Konkurrenz oder begründet durch unterschiedliche Schnabelgrößen, scheint in den Wintergebieten in der Pommerschen Bucht nach derzeitigem Kenntnisstand nicht vorzuliegen.

Ausführliche Einschätzungen zu **Bewertungen von Eingriffen und verschiedenen Raumnutzungsformen im Hinblick auf die Habitatwahl und Habitatbindung ausgewählter Seevogelarten in Nord- und Ostsee** wurden innerhalb des Projektes erarbeitet. Diese flossen direkt in das vom Bundesamt für Naturschutz geförderte Buchvorhaben "Artensteckbriefe von See- und Wasservögeln der deutschen Nord- und Ostsee. Verbreitung, Ökologie und Empfindlichkeiten gegenüber Eingriffen in ihren marinen Lebensraum" ein. In dem 2008 in deutscher und englischer Sprache erschienenen Werk (Mendel et al. 2008) werden 27 Vogelarten und damit alle regelmäßig im Offshorebereich der deutschen Nord- und Ostsee in nennenswerter Anzahl vorkommenden Vogelarten abgedeckt. Vor allem hinsichtlich der Reaktion dieser Vogelarten auf Offshore-Windenergieanlagen wird auf dieses Buch verwiesen.

## 2 Summary

Within the frame of the MINOS and MINOSplus projects, the Research and Technology Centre Westcoast (FTZ) investigated the distribution of seabirds in the German North- and Baltic Seas between May 2002 and June 2006. A first assessment of the conflict potential between offshore windfarms and important seabird resting habitats at sea was made within the MINOS project. The seasonal dynamic of distribution patterns of seabirds and variability therein were determined in the subsequent MINOSplus project. Evaluation methods for seabirds with respect to operating offshore windfarms were further developed. However, further fundamental investigations regarding the habitat selection of seabirds are still required to fully evaluate the effects of such anthropogenic activities. The project "Habitat selection of seabirds in the German North- and Baltic Seas to evaluate anthropogenic interventions (FKZ 0327627)" analysed this in detail between January 2007 and June 2009.

Different data sets were used to analyse the habitat selection of seabirds in the German North- and Baltic Seas. New abiotic and biotic parameters were collected from ships parallel to the seabird census. In addition, archived data from the Eastern German Bight (North Sea) and different areas from the German Baltic Sea were analysed in combination with external archived environmental data. Different archived special trips of ship-based seabird counts were analysed. These special trips were conducted during different seasons of the year, and additional detailed hydrographical sampling took place. In addition to the continuous surface measurements through on-board thermosalinographs, vertical hydrographical structures were measured using a CTD station network (e.g. Garthe 1997). Furthermore, archived seabird distribution data were combined with several archived environmental data, such as water depth, sediment distribution, water currents and also with several meteorological and hydrographical data. The habitat selection of seabirds was analysed by correlating seabird abundances with different environmental parameters using geographical information systems and, for this purpose, developed statistical methods. For complementation of the study, stomach contents and pellets were analysed to gain further insights into the species-specific habitat selection.

During the project, key parameters were identified for all study species, the focus being the identification of natural habitat parameters. The effect of anthropogenic factors were also analysed for particularly sensitive species. The acquired knowledge about the driving parameters of natural habitat selection, in combination with the planning and approval procedures of offshore windfarms, forms the basis to determine and evaluate the effects of anthropogenic activities on the natural distribution and abundance of seabirds.

This study **identified relevant environmental parameters** that influence habitat selection of seabirds and it **describes the parameters and processes that steer seabird distribution patterns**. Two categories were differentiated: the natural effects and the anthropogenic effects. The parameters within the natural effects were further classified into constant and variable parameters. A significant influence of the variable environmental factors on the habitat selection in seabirds was reflected within the dynamic distribution patterns of the relevant species. Variable factors with strong influence on the distribution of seabirds are, among others, time of day, hydrographical fronts and water masses, air pressure, wind direction and wind speed. Constant factors strongly influencing the distribution of seabirds are, among others, the distance to shore, water depth and sediment. Natural environmental factors only indirectly influence seabirds' habitat selection through the type of foraging behaviour and availability of food resources, while anthropogenic factors have a direct influence. For example, seabirds can be temporarily displaced due to disturbance, or a permanent habitat loss can occur due to the construction of offshore windfarms. Many anthropogenic factors thus have an effect on birds' body condition, i.e. on individuals' health, reducing the ability of birds to forage and to reproduce. The construction of offshore windfarms might force birds to avoid and circumvent such windfarms, affecting body condition. In this context, the connectivity between different foraging areas of individual seabirds at sea is an important parameter. However, this was not investigated in this project, as this requires the use of data loggers.

A special focus was set on the examination of **Red-throated Divers in the German North Sea** (Markones et al. 2009). This species is particularly suitable to evaluate anthropogenic disturbances in the marine environment due to its internationally important occurrence in the German North Sea and its general high sensitivity to disturbances. For example, Red-throated Divers suffered a permanent habitat loss due to the construction of offshore windfarms, as birds sparsely avoid these areas. Within the frame of this project, a newly developed distribution map of Red-throated Divers in the German Bay during spring confirmed the importance of their main distribution habitats located in the offshore EEZ, west of the islands Sylt and Amrum. This result confirms that the wider distribution patterns of this species within the North Sea remained stable over the last years. The importance of the SPA „Eastern German Bight” was clearly confirmed by the analysis of the data. The construction of wind turbines within this area is thus likely to strongly affect the distribution of divers in the German North Sea. Analyses of the habitat selection of divers during early 2006, which combined the aerial survey count data with several archived environmental data sets, revealed that divers showed high numbers within this area but were not distributed in clearly defined habitats within the above described region: Divers used coastal water masses, as well as offshore areas with average water depths of 20 m. The most important factors determining the habitat selection in divers during spring could not be identified within the analyses of this project. Yet, their constant occurrence within the SPA „Eastern German Bight” was confirmed, although

no abiotic habitat parameters were identified. The relevance of this area for divers is probably associated with the relative low anthropogenic disturbances in this area and the occurrence of abundant pelagic fish species as basic food resources.

The analyses of ship-based surveys revealed that divers were associated with continental water masses during the winter of 1993, but not directly with the river plumes. Divers probably favour the tidal mixing fronts adjacent to the river plumes. A significant effect of wind force on the estimated abundance of divers was linked to the difficulties of counting these disturbance-sensitive animals during strong wind forces and high seastates. The analysis of the effects of meteorological and hydrographical variables on the occurrence of Red-throated Divers in a well-studied area near Helgoland revealed a significant effect of the changes in air pressure. A significant effect of meteorological variables on the occurrence of seabirds should thus be addressed in the conception of survey programs to obtain representative results. Analyses of the general influence of ship traffic intensities on the occurrence of Red-throated Divers and immediate scaring by individual ships revealed a significant effect of ship traffic on the occurrence of these birds within the area of the traffic separation schemes off the East Frisian coast. This finding is, with respect to the construction and maintenance of offshore windfarms, essential, because these activities will lead to a substantial increase in the ship traffic in areas with, until to date, low ship traffic. Yet, it is reasonable to assume that areas with constant and high frequent ship traffic will be avoided. This may considerably affect the connectivity between important habitats. However, reliable data about the connectivity are still lacking.

The ecological potential of Red-throated Divers was assessed to be low during a **first quantification of the ecological potential of the most common seabirds** in the German marine areas. Red-throated Divers were thus rated on the same level as other species with limited flexible diet and habitat selection, such as Little Gulls and Common Guillemots. Not all questions involving the habitat selection of divers were answered within this project. Upcoming planning and approval procedures of offshore windfarms should involve the collation of new data on the distribution of divers to estimate population trends and to assess the effects of already operating windfarms. The deployment of individuals with telemetry data loggers would also be relevant to disentangle the connectivity between important habitats. This involves, among other objectives, identifying the origin of resting Red-throated Divers in the German North Sea. The effects of habitat loss and disturbances on the entire biogeographical population can only be assessed by means of telemetry data loggers.

Additional analyses addressed the **characterisation of important resting- and foraging habitats of Little Gulls and Horned Grebes** (both listed on Annex I EU-Birds Directive) in the German Baltic Seas, providing information on the diet spectrum of this species. Aggregations of seagrass and near-surface fish schools are important components of the foraging habitats of Little Gulls. One reason for their long residence time may thus be a high availability of juvenile fish as a basic food

resource in the Pomeranian Bay. Seagrass aggregations probably play an important role in the habitat choice of Little Gulls in years with lower abundances of juvenile fish. Seagrass aggregations comprise diverse prey species for Little Gulls, such as isopoda, amphipoda, insects and small fish. The habitat selection in Horned Grebes is significantly influenced by water depth and sediment type. This species favours shallow areas with water depths between 4 – 14 m and is found exclusively over sandy sediments. During winter, the energetic costs for thermoregulation are high. Thus, visiting areas with low water depths may be a beneficial strategy, as minimized dive depths will reduce the energetic costs. The preference for a specific sediment type can be explained through their diet. Diet analyses revealed that Common Gudgeons dominate their diet in this region during winter. Common Gudgeons are a demersal species, commonly found over sandy sediments. Horned Grebes thus appear to find sufficient food in areas with sandy sediments in the Pomeranian Bay, leading to favourable conditions to overwinter.

Specific analyses revealed that the **habitat selection in chosen common seabird species in the North Sea during summer** is well described by visibility depth data obtained through the use of Secchi discs. In contrast, the occurrence of Black-legged Kittiwakes was strongly influenced by the intensity of temperature fronts. The abundances of Northern Fulmars, Common Gulls, Common Guillemots, Common Terns and Black-legged Kittiwakes were well explained by hydrographical parameters. Based on statistical models, the main distribution areas for these species can be predicted and consequently used during approval procedures of offshore windfarms. According to these models, Lesser Black-backed Gulls, Black-headed Gulls and Northern Gannets were only marginally affected by selected hydrographical factors.

The analyses of the intensive examined sub-area revealed that several meteorological and two hydrographical factors had a significant effect on the abundance of the eight investigated bird species (groups) during the main migration months, August and September and also during winter. Changes in the air pressure are probably relevant for the active migration and spatial shifts of the species, while hydrographical parameter may influence the search for food in pelagic waters. **A significant influence of meteorological variables on the occurrence of seabirds** needs to be considered during the conception of monitoring programs. Meteorological parameters probably account for a high proportion of the variance found in the distribution patterns. Thus, monitoring surveys of seabirds need to take place at different weather scenarios to fully understand their distribution patterns. Aerial surveys are only undertaken in good weather conditions and low seastates, as the detection of birds decreases with increasing seastate and the formation of white caps. Such conditions mainly occur during high air pressures, often in combination with easterly winds, consequently influencing the abundance of seabirds and often leading to migrations (Hüppop et al. 2006).

The suitability of these surveys thus needs to be reviewed for species which abundances are strongly influenced by meteorological factors. In these cases, the collation of additional, less wind-dependent data, is recommended.

A **characterization of the foraging areas** based on the statistic modeling of the comprehensive archived data was possible for **Common- and Arctic Terns**. The highest encounter probability for foraging individuals was in regions with fast water currents, in very shallow waters and also in waters with depths between 15 – 20 m. The distance to the nearest estuarine had no effect on the foraging behaviour, but the distance to the colony was negatively correlated with the foraging behaviour. The results of this study highlight the significance of the physical linked processes in the Wadden Sea. Small-scale physical phenomena, such as turbulences due to fast currents and bottom topography, can strongly influence the availability of food at or nearby the water surface. It is feasible that turbulences at offshore wind turbines may increase the availability of food for seabirds foraging at or nearby the water surface. However, data supporting this are still lacking.

The analyses of the **temporal variation in the habitat fidelity of selected seabird species** in the German North Sea revealed a partially strong seasonal variation and weaker annual variation. Some species, such as Northern Fulmars and Common Gulls, showed a consistent preference for a certain water mass during all examined special trips. Only the strength of the correlation between this habitat structure exhibited a temporal variation. Other species, such Common Guillemots or Black-legged Kittiwakes, only showed a preference for a certain water mass during defined annual seasons. In the remaining cases, no significant relations were found.

**Diet analyses** revealed that the commonly pelagic feeding **Lesser Black-backed Gull** can specialize on a single prey species in certain areas **within the German North Sea**. Individuals of the colony at Amrum fed to a large extent on swimming crabs in 2006 and also distributed themselves in areas with high abundances of swimming crabs. A bio-energetic model showed that Lesser Black-backed Gulls had no top-down effect on swimming crabs. Yet, a bottom-up control on part of the swimming crabs, and thus a further increase in the population of Lesser Black-backed Gulls, is feasible.

**Diet analyses of Great-crested Grebes, Red-necked Grebes and Horned Grebes in the Pomeranian Bay** revealed differences in the consumed prey spectrum between the three species, probably due to the observed different occurrence patterns of these species. Fish dominated the prey composition, with Common Gudgeons being the most abundant prey species in all three bird species. Red-necked and Horned Grebes also consumed similar biomasses. Horned Grebes differ from the other two species by feeding on a higher proportion on Ruffe and several large Zander. Horned Grebes also differed greatly in their distribution from both offshore species. Zander and Ruffe are freshwater species, which can be present in the Pomeranian Bay due to the low salinity. Both species are most numerous in lagoons and inshore waters that are intensively influenced by freshwater inflow from

rivers. Although the different bill morphology enables these three bird species to forage on different prey species, this was only partially the case in Horned Grebes. Based on the current knowledge, a feeding niche segregation to avoid competition or due to the different bill morphologies does not seem occur in the winter areas in the Pomeranian Bay.

The **evaluation of anthropogenic interventions and different types of area utilization with respect to the habitat selection and habitat fidelity of selected seabird species in the German North- and Baltic Sea** were determined in detail in this project. The findings were included in the book "Profiles of seabirds and waterbirds of the German North and Baltic Seas. Distribution, ecology and sensitivities to human activities within the marine environment", financed by the Federal Agency for Nature Conservation. This book was published both in German and English language in 2008 (Mendel et al. 2008) and includes information on 27 seabird species that occur frequently and in noteworthy numbers in the offshore areas in the German North- and Baltic Seas. This book is recommended particularly with respect to responses of seabirds to offshore windfarms.

## 3 Einleitung

### 3.1 Aufgabenstellung

Für eine Bewertung von anthropogenen Eingriffen auf dem offenen Meer ist eine der wesentlichen Fragen, in wie weit Habitatverluste für Seevögel auftreten, und in wie weit solche Habitatverluste kompensiert werden können. Bedeutende Habitatverluste entstehen z.B. durch die Genehmigung von Offshore-Windenergieanlagen. Um den Einfluss von Habitatverlusten genau bewerten zu können, ist es erforderlich zu wissen, welche natürlichen und anthropogenen Faktoren die Habitatwahl von Vögeln in ihrem marinen Lebensraum steuern. Nur so kann das Potential jeder Vogelart abgeschätzt werden, anthropogene Eingriffe in den Lebensraum zu kompensieren. Außerdem ist es von Bedeutung die wichtigsten Habitatparameter zu kennen, nach denen sich die Verteilung von Seevögeln auf See richtet, wenn es zur Genehmigung von Offshore-Windenergieanlagen kommt, da auf diese Weise aktuelle und potentiell gut nutzbare Habitate bewertet und ggf. vor Eingriffen geschützt werden können. Eine Analyse der Habitatwahl einer Reihe von Seevögeln der Nord- und Ostsee sollte in diesem Projekt durch Analysen archivierter Daten sowie gezielte neue Freilandhebungen geschehen, wobei diese Aktivitäten auf bestehenden Forschungsvorhaben (z.B. MINOSplus) aufbauten.

Das Ziel (1) war die Beschreibung der wichtigsten Parameter, die die Verteilungsmuster der verschiedenen Seevogelarten im Bereich der deutschen Nord- und Ostsee steuern. Bisherige Arbeiten (Garthe 1997, Garthe 2003a, Markones 2003, Garthe et al. 2004, Markones et al. 2008, Projekt MINOSplus u.a.) haben hierzu wichtige Beiträge geliefert, aber für eine umfassende Analyse aller relevanten Seevogelarten (d.h. derjenigen Arten, die regelmäßig während der Brutzeit, im Winter oder während der Zugperioden in mehr als Einzelexemplaren in den Offshore-Bereichen der deutsche Nord- und Ostsee vorkommen) bestehen noch große Kenntnislücken. Als wichtige Umweltparameter werden u.a. Wassertiefe, Bodenrelief, Sedimenttyp, Oberflächentemperatur, Salzgehalt, Temperaturschichtung, Salzgehaltsschichtung, horizontale Gradienten bei Temperatur und Salzgehalt, Sichttiefe, Windrichtung und -stärke, Luftdruck) angesehen. Hinzu kommen noch anthropogen bedingte Faktoren wie z.B. Fischereifahrzeug-Vorkommen und Schiffsverkehr. Als Ergebnis wurden u.a. Schlüsselparameter für die Habitatwahl der einzelnen Vogelarten identifiziert.

Das Ziel (2) beinhaltet eine Abschätzung der Habitatbindung der Vogelarten auf See sowie die Entwicklung von Sensitivitätsanalysen zur Abschätzung der Folgen möglicher Lebensraumveränderungen. Hierbei sollte geklärt werden, inwieweit die verschiedenen Arten an bestimmte, mehr oder weniger deutlich abzugrenzende (und vielleicht kleine) Areale gebunden sind. Oder, anders formuliert, welche Ausweichmöglichkeiten Individuen dieser Art(en) haben, wenn

Lebensraumveränderungen (z.B. durch die Anlage von Windparks) an einer gegebenen Stelle auftreten. Zur Beurteilung dieser Thematik wurden Bewertungen von Eingriffen bezüglich der Sensitivitäten der verschiedenen Seevogelarten in Nord- und Ostsee vorgenommen.

Das Ziel (3) war die Ermittlung der Zusammenhänge zwischen Habitatwahl und räumlich-zeitlicher Variabilität der Seevogel-Verteilungsmuster. Hierbei sollte untersucht werden, in wie fern die gegebene Habitatbindung einer Vogelart eine Variabilität ihrer Verteilungsmuster bedingt. Anders formuliert bedeutet dies, dass aus der Habitatwahl der jeweiligen Vogelarten und dem gegebenen topographisch-hydrographisch-meteorologischen Regime auf ihre Verteilungsmuster geschlossen werden soll. Je nach Variabilität des Regimes variieren dann auch die Verteilungsmuster derjenigen Arten, die entsprechende Habitatbindungen aufweisen. Damit kann geklärt werden, in wie weit die natürliche Variabilität zu temporären Konflikten mit Windparks und anderen Nutzungsformen führen kann, die z.B. bei Erhebungen der Seevogelverteilung während eines begrenzten Zeitfensters (z.B. im Rahmen von UVPs) nicht offensichtlich werden.

Das Ziel (4) war die Analyse der Nahrung verschiedener Seevogelarten. Im Rahmen bisheriger Projekte (u.a. finanziert vom Bundesamt für Naturschutz) sowie in Eigenregie des FTZ wurden bereits eine Reihe von fischfressenden Seevogelarten, vor allem in der Ostsee, untersucht. Die Kenntnis über die Nahrung der Vogelarten ist von sehr großer Bedeutung, um die Habitatwahlmuster zu verstehen.

### 3.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Im Rahmen des Teilprojektes 5 "Rastvogelvorkommen und Offshore-Windkraftnutzung: Analyse des Konfliktpotenzials für die deutsche Nord- und Ostsee" des Verbundvorhabens MINOS wurden großflächige Erhebungen zur Verbreitung und Häufigkeit von Seevögeln (Rastvögeln) in den deutschen Nord- und Ostseegewässern durchgeführt. Zudem wurden vorhandene Datensätze umfassend ausgewertet, so dass nunmehr ein guter Überblick über die Vorkommen der ca. 25 häufigeren Vogelarten im Offshore-Bereich existiert. Des Weiteren wurden Bewertungsverfahren entwickelt; zum einen der Windenergie-Sensitivitäts-Index, der das Konfliktpotenzial zwischen der geplanten Windenergienutzung auf See und dem Seevogelvorkommen qualitativ und quantitativ einschätzt, vor allem im Sinne einer Raumplanung, zum anderen wurde eine mögliche Annäherung an den Begriff der "Erheblichkeit" für Eingriffe (z.B. durch Windenergieanlagen auf See) erarbeitet. Im Teilprojekt 5 "Zeitlich-räumliche Variabilität der Seevogel-Vorkommen in der deutschen Nord- und Ostsee und ihre Bewertung hinsichtlich der Offshore-Windenergienutzung" des nachfolgenden Verbundvorhabens MINOSplus wurden folgende drei Hauptziele bearbeitet: (1) Erfassung der saisonalen Dynamik von Seevogel-Verteilungsmustern; (2) Beschreibung und Analyse der Variabilität der

Seevogelvorkommen; (3) Weiterentwicklung der Bewertungsverfahren für Seevögel hinsichtlich der Offshore-Windenergienutzung

Auf der Basis des gegenwärtigen Kenntnisstandes wurde deutlich, dass zu einem Verständnis der Auswirkungen von Eingriffen vor allem noch wesentliche Elemente der Nutzung von Lebensräumen, also der Habitatwahl von Seevögeln, fehlen. Diesen Aspekten wurde im aktuellen Projekt detailliert nachgegangen.

### 3.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen / Dank

Die Seevogelerfassungen mit dem Schiff wurden mit dem Forschungsschiff „Südfall“ (FTZ) durchgeführt. Externe Daten verschiedener Umweltparameter wurden vom Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI), vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), vom Deutschen Wetterdienst (DWD), vom Institut für Angewandte Ökologie (IfAÖ, Projekt IMKONOS) und vom Institut für Seefischerei des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (vTI) zur Verfügung gestellt. Bernd Schirmeister stellte Probenmaterial für die Nahrungsanalysen an Seevögeln aus der Ostsee zur Verfügung.

In die Auswertungen gingen wesentliche Daten und Ergebnisse aus anderen Drittmittelprojekten ein, die vom Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit (BMU) und vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) (Projekte BOFFWATT, ERASNO, EMSON, MINOS, MINOSplus, NAHRUNG) sowie vom Niedersächsischen Landesamt für Ökologie in Niedersachsen (NLÖ, jetzt NLWKN) und vom Nationalparkamt für das Schleswig-Holsteinische Wattenmeer (NPA, jetzt LKN) finanziell unterstützt wurden. Datenaufnahmen wurden darüber hinaus von der „Ornithologischen Arbeitsgemeinschaft für Schleswig-Holstein & Hamburg e.V.“ und der „Freunde und Förderer der Inselstation der Vogelwarte Helgoland e.V.“ gefördert. Viele verschiedene Beobachter trugen durch z.T. ehrenamtlichen Einsatz zur Datenaufnahme bei. Verschiedene private und staatliche Institutionen ermöglichten den Zugang zu den genutzten Erfassungsschiffen.

Sven Adler lieferte wertvolle Statistik-Unterstützung. Unsere Kollegen im FTZ und in anderen Einrichtungen trugen durch wertvolle Diskussionen und Anregungen wesentlich zur Projektdurchführung bei.

## 4 Material und Methoden

Die Analyse der Habitatwahl der Seevögel in der deutschen Nord- und Ostsee erfolgte anhand verschiedener Datensätze. Zum einen wurden neue Erhebungen von Schiffen aus durchgeführt werden, bei denen umfangreiche abiotische und z.T. auch biotische Parameter parallel zu den Seevogelerfassungen erfolgten. Zum anderen lagen umfangreiche archivierte Datensätze vor allem aus der östlichen Deutschen Bucht (Nordsee) und Teilen der Kieler und Pommerschen Bucht (Ostsee) vor.

Die Seevogelerfassungen wurden als Transektzählungen nach internationalen Standards durchgeführt. Die Schiffszählungen erfolgen dabei nach dem Standard der "European Seabirds at Sea Specialist Group" (Tasker et al. 1984, Webb & Durinck 1992, Garthe et al. 2002).

Die Analyse der Habitatwahl der Seevögel erfolgte anhand der Korrelation von Seevogeldichten und verschiedenen Umweltparametern mit Hilfe geographischer Informationssysteme und speziell entwickelter statistischer Verfahren. Neben dem Einfluss der Bodentopographie wurden Parameter der Hydrographie und Meteorologie getestet werden. Eine Vielzahl von Umweltparametern ist aus archivierten Datensätzen verschiedener Institute (z.B. DWD, BSH, AWI) und eigener früherer Studien (FTZ, IfM-Geomar Kiel, Institut für Vogelforschung "Vogelwarte Helgoland") erhältlich. Um den Einfluss kurzlebiger hydrographischer Strukturen auf das Seevogelvorkommen aufzudecken, ist jedoch die gleichzeitige Erfassung von hydrographischen Parametern und Seevogelvorkommen im Rahmen von mehrtägigen Schiffszählungen notwendig. Es lagen verschiedene archivierte Spezialreisen aus unterschiedlichen Jahreszeiten vor, während derer neben den Seevogelzählungen detaillierte hydrographische Beprobungen stattfanden. Neben kontinuierlichen Oberflächenmessungen durch bordeigene Thermosalinographen oder den Einsatz einer Ferrybox (GKSS) wurde die vertikale Ausprägung hydrographischer Strukturen anhand eines dichten CTD-Stationsnetz erfasst (z.B. Garthe 1997). Neben der Auswertung dieser archivierten Datensätze wurden neue Schiffsreisen in verschiedenen Teilgebieten der Nord- und Ostsee, die sich durch besondere Vorkommen von Seevögeln und/oder hydrographischen Strukturen auszeichnen, durchgeführt. Dazu diente einerseits eigene Schiffscharterzeit, andererseits bieten viele Forschungsschiffe, u.a. die der BfA Fischerei und des BSH, geeignete Mitfahrgelegenheiten.

Für das Verständnis des Vorkommens von Seevögeln auf See ist deren Nahrung von essentieller Bedeutung. Nahrungsanalysen erfolgten anhand von Speiballenanalysen (z.B. Kubetzki & Garthe 2003).

## 4.1 Methoden Schiffszählungen

Sogenannte „Seabirds-at-Sea“-Zählungen werden seit vielen Jahren standardmäßig in Deutschland und international angewandt (Garthe & Hüppop 1996). Sie werden nach der von Tasker et al (1984) beschriebenen Methode durchgeführt. Diese wurde später unter anderem von Garthe et al. (2002) genauer spezifiziert.

Um die Vogeldichte (Vögel pro Fläche) eines Gebietes zu ermitteln, werden von der Nock oder dem Peildeck eines Schiffes aus alle Vögel gezählt, die sich innerhalb eines festgelegten Transektes befinden. Der Transekt ist ein 300 m breiter Streifen auf dem Wasser. Er wird seitlich durch die Verlängerung der Kiellinie und durch eine weitere, dazu parallele Linie, die 300 m nach Backbord bzw. Steuerbord versetzt ist (je nachdem auf welcher Seite des Schiffes die zählende Person steht), begrenzt. Während sich das Schiff vorwärts bewegt, werden Individuen in diesem Streifen vollständig erfasst. Die hintere Begrenzung eines Transektabschnittes bildet eine senkrecht zur Kiellinie gedachte Linie vom Standpunkt der beobachtenden Person aus. Die vordere Begrenzung eines Transektabschnittes bildet ebenfalls eine senkrecht zur Kiellinie gedachte Linie, deren Abstand zur hinteren Begrenzung von der Geschwindigkeit des Schiffes abhängt. Fährt das Schiff mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 10 Knoten, so legt es in einer Minute eine Strecke von etwa 310 m zurück (1 kt = 1 nm pro h; 1 nm = 1 Seemeile = 1,852 km). Der Abstand der vorderen Begrenzung zur hinteren beträgt somit ca. 310 m. Fliegende Vögel bewegen sich schneller als ein Schiff, deshalb kann ihre Anzahl leicht überschätzt werden. Um dies zu vermeiden, werden nur einmal pro Minute alle im jeweiligen Transektabschnitt fliegenden Vögel gezählt. Nach einer Minute hat das Schiff ca. 310 m zurückgelegt und der nächste Transektabschnitt kann ausgezählt werden. Legt man diese „Schnappschussaufnahmen“ hintereinander, so ergibt sich schließlich ein lückenloses Bild des gesamten Transektes. Fliegende Vögel müssen sich also nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich im Transekt befinden, um in die Berechnung der Vogeldichte einzugehen. Schwimmende Vögel hingegen bewegen sich nicht oder viel langsamer als das Schiff. Deshalb können alle schwimmenden Vögel, die sich räumlich innerhalb des Transektes befinden, in die Dichteberechnung eingehen.

Die Entfernung von 300 m als seitliche Begrenzung des Transektes wird nach Heinemann (1981) mit Hilfe einer Schieblehre abgeschätzt. Während der Zählungen werden die geografischen Positionen mit einem GPS-Gerät minütlich aufgezeichnet. So kann bei der Auswertung jeder Vogelbeobachtung eine exakte Position zugeordnet werden. Da insbesondere Seetaucher, Lappentaucher und Meerestenten oft hohe Fluchtdistanzen zeigen, muss nach ihnen systematisch mit dem Fernglas gesucht werden, um sie nicht zu übersehen (Garthe et al. 2002, Hüppop et al. 2002). Diese systematische Fernglassuche wird im Rahmen der deutschen Seabirds at Sea-Untersuchungen in der Ostsee seit Februar 2000 und in der Nordsee seit Januar 2001 angewandt.

## 4.2 Methoden Flugzählungen

Vom Flugzeug aus werden Seevögel mit Transektzählungen quantitativ erfasst, wobei auch hier eine standardisierte Methode (Diederichs et al. 2002) Anwendung findet. Die Seegebiete der deutschen AWZ sowie der 12-Seemeilen-Zone werden auf zuvor festgelegten Routen mit einem zweimotorigen Flugzeug (Partenavia P-68) befliegen. Die zu befliegenden Transekte wurden so geplant, dass sie mehr oder weniger senkrecht zur Küstenlinie liegen, um einerseits Querschnitte in Bezug auf den Faktor „Entfernung zur Küste“ zu erhalten und andererseits Tiefenlinien und Frontensysteme der Wasserkörper senkrecht zu schneiden. In der Nordsee waren die Transekte für die großflächigen Komplett surveys 10 km (küstenfern 20 km) voneinander entfernt, während die Abstände in der Ostsee 8 km betragen. Für spezielle Untersuchungen wurde jeweils ein eigens gestaltetes Probennetz mit meist geringeren Transektabständen entworfen.

Während der Erfassung wird eine Flughöhe von 250 Fuß (76 m) und eine Fluggeschwindigkeit von 90-100 Knoten (ca. 180 km/h) eingehalten. Das Sichtfeld des Beobachters wird mit Hilfe von prismatischen Winkelmessern in verschiedene Bereiche unterteilt. In Abweichung zu der Beschreibung von Diederichs et al. (2002) wird seit 2006 das vorderste Transektband unterteilt, so dass folgende Benennungen verwendet werden: Transektband A1 (60° bis 40°), Transektband A2 (40° bis 25°) und Transektband B (25° bis 10°). Bei der angegebenen Flughöhe ist Band A1 47 m, Band A2 73 m und Band B 268 m breit, wobei die Vorgrenze von Transektband A1 44 m von der mitten unter dem Flugzeug gelegenen Linie entfernt ist. Der Bereich bis 44 m seitlich dieser Linie kann bei Zählungen nicht eingesehen werden. In der Regel werden Seevögel demzufolge in einem 388 m breiten Streifen erfasst. Bei ungünstigen Lichtbedingungen beschränkte sich die Erfassung in einigen Fällen auf Transektband A1 und A2. Vogelbeobachtungen außerhalb der Transektbänder A1 bis B werden gelegentlich ebenfalls erfasst, bleiben aber bei der Auswertung unberücksichtigt.

Während des Fluges werden alle Vogelbeobachtungen unter Angabe von sekundengenauer Zeit, Art, Anzahl, Verhalten (sechs Kategorien: Schwimmen, Abtauchen, Fliegen, Auffliegen, Sitzen - auf Müll, Wrack, Tonne, Sandbank usw., Ziehen) und ggf. Alter oder Geschlecht auf ein Diktafon gesprochen. Während des gesamten Fluges zeichnet ein GPS-Gerät in Abständen von fünf Sekunden die genaue Position auf. Nach Interpolation der Positionsangaben auf Basis von einer Sekunde kann später jede Vogelbeobachtung auf 50 m genau lokalisiert werden.

In der Sitzreihe hinter dem Piloten, wo meist nach außen gewölbte Scheiben (bubble windows) zur Verfügung stehen, sitzt auf jeder Seite ein Beobachter, so dass in der Regel auf beiden Seiten gezählt und damit ein insgesamt 794 m breiter Streifen erfasst wird. Insbesondere bei Sonnenschein fällt aber oft eine Zählseite wegen zu starker Sichtbehinderungen aus. Bei einigen Flügen befindet sich ein dritter Beobachter weiter hinten im Flugzeug, doch werden zur Vermeidung von

Pseudoreplikation auf jeder Seite immer nur die Daten eines Zählers in die Auswertung aufgenommen.

Neben den Lichtbedingungen wird die Qualität von Vogelzählungen vom Flugzeug aus besonders von der Beschaffenheit der Wasseroberfläche bestimmt („Seastate“= Seegang, 8-stufige Skala zur Beschreibung des Meereszustandes, Dietrich et al. 1975). Sobald weiße Schaumkronen oder Gischt auftreten (ab Seastate 3), wird die Aufmerksamkeit des Beobachters stark abgelenkt, so dass Vögel viel schwerer zu entdecken sind. Zählflüge werden deshalb nur dann durchgeführt, wenn höchstens schwacher Wind (bis Stärke 3-4 Beaufort) vorhergesagt ist. Zu Beginn jedes Transektes und während der Zählungen werden kontinuierlich weitere Angaben zu den Beobachtungsbedingungen, insbesondere zur Sichtweite, zum Bewölkungsgrad, zum Stand der Sonne und der Spiegelung auf der Wasseroberfläche und zur Wassertrübung vermerkt.

## 5 Ergebnisse

In den nachfolgenden vierzehn Teilkapiteln werden wesentliche Ergebnisse aus dem vorliegenden Projekt präsentiert. Kapitel 5.1 gibt einen Überblick über die identifizierten Schlüsselparameter in der Habitatwahl von Seevögeln in der deutschen Nord- und Ostsee und beschreibt die Parameter und Prozesse, die einen steuernden Einfluss auf die Verteilungsmuster von Seevögeln in den deutschen Meeresgebieten haben. Kapitel 5.2 gibt Ergebnisse aus den im Rahmen des Projektes gezielt durchgeführten Schiffserfassungen zur Untersuchung der Habitatwahl von Zwergmöwen im Rastgebiet in der deutschen Ostsee wieder. Die Ergebnisse der Verschneidung von archivierten und neuen Datensätzen zum Seevogelvorkommen in Nord- und Ostsee aus schiffs- sowie fluggestützten Erfassungen mit selbst erhobenen und recherchierten Umweltfaktoren und die Analyse der Habitatwahl der untersuchten Seevogelarten sind Inhalt der Kapitel 5.2 bis 5.10. Besonderen Fokus auf die Charakterisierung von Seevogelhabitaten und die Beschreibung der Funktionalität von Lebensräumen für Seevögel legen dabei die Kapitel 5.2, 5.7 und 5.10. Neue Ergebnisse zur Nahrungswahl ausgewählter Arten werden in den Kapiteln 5.11 und 5.12 vorgestellt. Die Kapitel 5.10, 5.12 und 5.13 widmen sich dem ökologischen Potential und der Habitatbindung verschiedener häufiger Seevogelarten und deren Einfluss auf die Variabilität von Seevogelverteilungsmustern. Fokus auf die Bewertung von Eingriffen und verschiedenen Raumnutzungsformen legen insbesondere die Kapitel 5.9 und 5.14.

### 5.1 Identifizierte Schlüsselparameter in der Habitatwahl von Seevögeln

Bei der Identifikation relevanter Umweltparameter mit Einfluss auf die Habitatwahl von Seevögeln wurde in zwei Bereiche unterschieden, den der natürlichen Einflüsse (Abb. 1) und den der anthropogenen Einflüsse (Abb. 2).

Die Faktoren aus dem natürlichen Wirkungsgefüge wurden weiter unterteilt in konstante und variable Parameter (Abb. 1). Ein deutlicher Einfluss variabler Umweltfaktoren auf die Habitatwahl von Seevögeln spiegelt sich in dynamischen Verteilungsmustern der betroffenen Seevogelarten wider. Wichtige variable Faktoren mit z.T. starkem Einfluss auf das Vorkommen von Seevögeln sind u.a. Tageszeit, hydrografische Fronten und Wassermassen, Luftdruckparameter, Windrichtung und Windgeschwindigkeit (Garthe 1997, Markones 2007, Garthe et al. 2009). Wichtige konstante Faktoren mit z.T. starkem Einfluss auf das Vorkommen von Seevögeln sind u.a. Landentfernung, Wassertiefe und Sediment (Garthe 1997, Mendel et al. 2007, Sonntag et al. 2009).

Während die aufgeführten natürlichen Umweltfaktoren alle indirekt über die Art der Nahrungssuche und vor allem die Nahrungsverfügbarkeit einen Einfluss auf die Habitatwahl haben, können anthropogene Faktoren auch einen direkten Einfluss nehmen, z.B. über Störungen, die Vögel aus geeigneten Habitaten verdrängen. Viele der anthropogenen Einflüsse wirken zudem über eine Beeinträchtigung der körperlichen Kondition bzw. des Gesundheitszustands auf die Vögel und damit auf ihre Fähigkeit zur Nahrungssuche und zur Reproduktion (Abb. 2).

Auf die Habitatwahl von Seetauchern haben vor allem dynamische Umweltfaktoren wie Wassermassen und Fronten (Skov & Prins 2001, Markones 2007; s.u.) einen deutlichen Einfluss. Statische Umweltparameter liefern dagegen nur einen geringen Beitrag zur Erklärung der Vorkommen von Sterntauchern (Macleane et al. 2007). Eine Assoziation von Seevogelarten wie den Seetaucherarten mit zeitlich-räumlich hoch dynamischen Habitatstrukturen muss bei der Ausweisung von Schutzgebieten und Eignungsgebieten für anthropogene Eingriffe berücksichtigt werden. Unter dem Einfluss wechselnder hydrografischer und meteorologischer Bedingungen variiert das bevorzugte Habitat dieser Arten in Bezug auf seine räumliche Lage und Ausdehnung. Deshalb müssen Habitatmodelle mobiler Arten in die Entwicklung von Raumnutzungskonzepten mit einbezogen werden (z.B. Wilson et al. 2004, Louzao et al. 2006).

Die relevanten anthropogenen Faktoren mit Einfluss auf die Rast- und Überwinterungsvorkommen von Seetauchern in Nord- und Ostsee umfassen Nutzungen wie Offshore-Windparks (Garthe & Hüppop 2004, NERI 2000, Dierschke et al. 2006) und Schiffsverkehr (Hüppop et al. 1994, Mendel et al. in Vorb.; s.u.). Seetaucher zählen zu den besonders störungsempfindlichen Arten mit hohen Fluchtdistanzen (Bellebaum et al. 2006, Poot et al. in Vorb., Schwemmer et al. in Vorb.). Veränderungen in den Habitatbedingungen, die zu einer Umformung des Nahrungs- und Fortpflanzungshabitats der Beutetiere führen, können über die veränderte Nahrungsverfügbarkeit auf das Vorkommen von Seetauchern einwirken (Guse et al. 2008). Verschmutzungen der marinen Umwelt wie z.B. Ölverschmutzungen beeinträchtigen den Gesundheitszustand von Seetauchern und können zu direkter Mortalität führen. Unter den Spülsaumfunden entlang der deutschen Nordseeküste wiesen Sterntaucher im Winter 2001/02 mit 84% die höchste Verölungsrate aller erfassten Vogelarten auf (Fleet et al. 2003). Da Sterntaucher ihre Nahrung tauchend erbeuten, sind sie anfällig gegenüber dem Risiko des Verfangens in Stellnetzen. In Gebieten, in denen Sterntauchervorkommen mit Stellnetzfisherei überlappen, kann es deshalb zu hohen Verlusten durch ungewollten Beifang kommen (Žydelis et al. 2009, Sonntag et al. in Vorb.). In deutschen Meeresgebieten wurde dieses Problem vor allem in der Ostsee, z.B. in der Pommerschen Bucht, beobachtet (z.B. Schirmeister 2003, Žydelis et al. 2009).

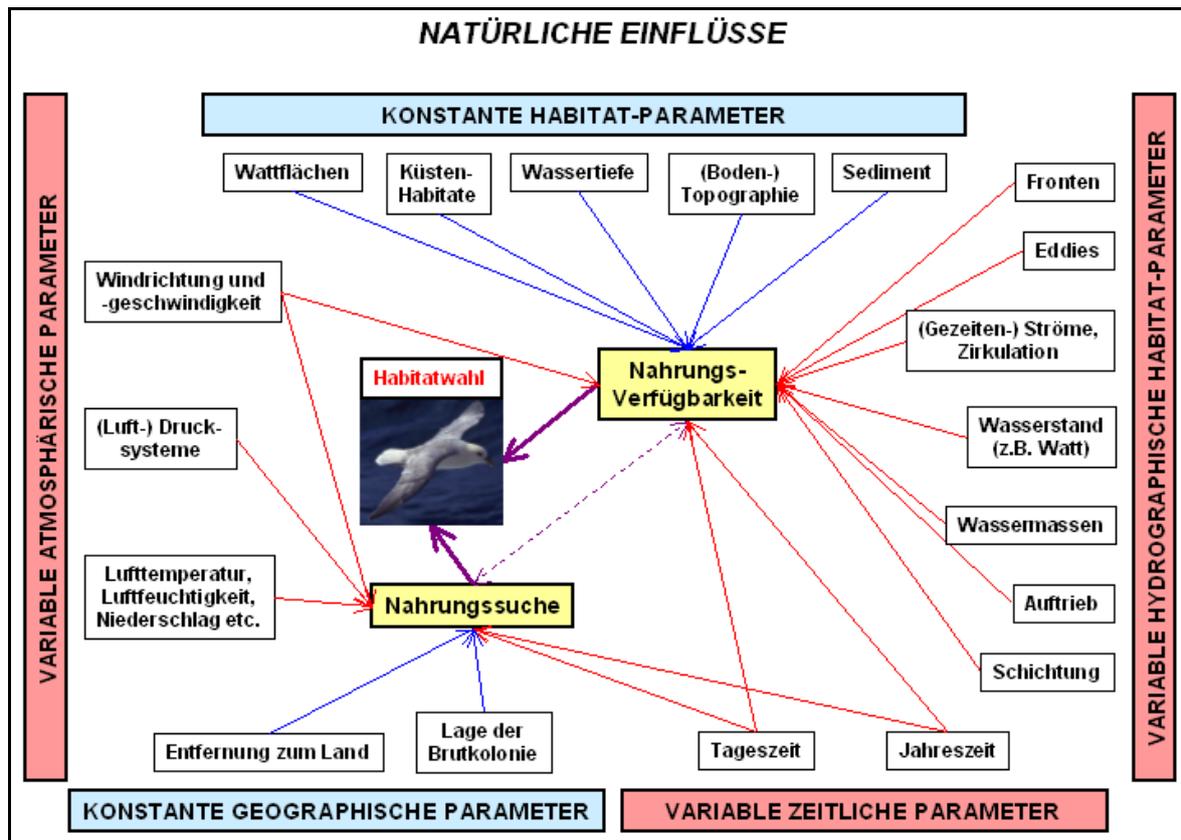


Abb. 1. Vereinfachtes Wirkungsgefüge natürlicher Umweltparameter mit Einfluss auf die Habitatwahl von Seevögeln auf See mit Fokus auf die deutschen Meeresgebiete (nach Garthe 2005, verändert). Wechselwirkungen der Parameter untereinander wurden in dieser Darstellung nicht betrachtet. Der Einfluss konstanter Parameter ist in blauen Farben dargestellt, der der variablen Parameter in rot. Der Einfluss von Nahrungssuche und Nahrungsverfügbarkeit (in violett) auf die Habitatwahl von Seevögeln wird sowohl von variablen als auch konstanten Faktoren gesteuert.

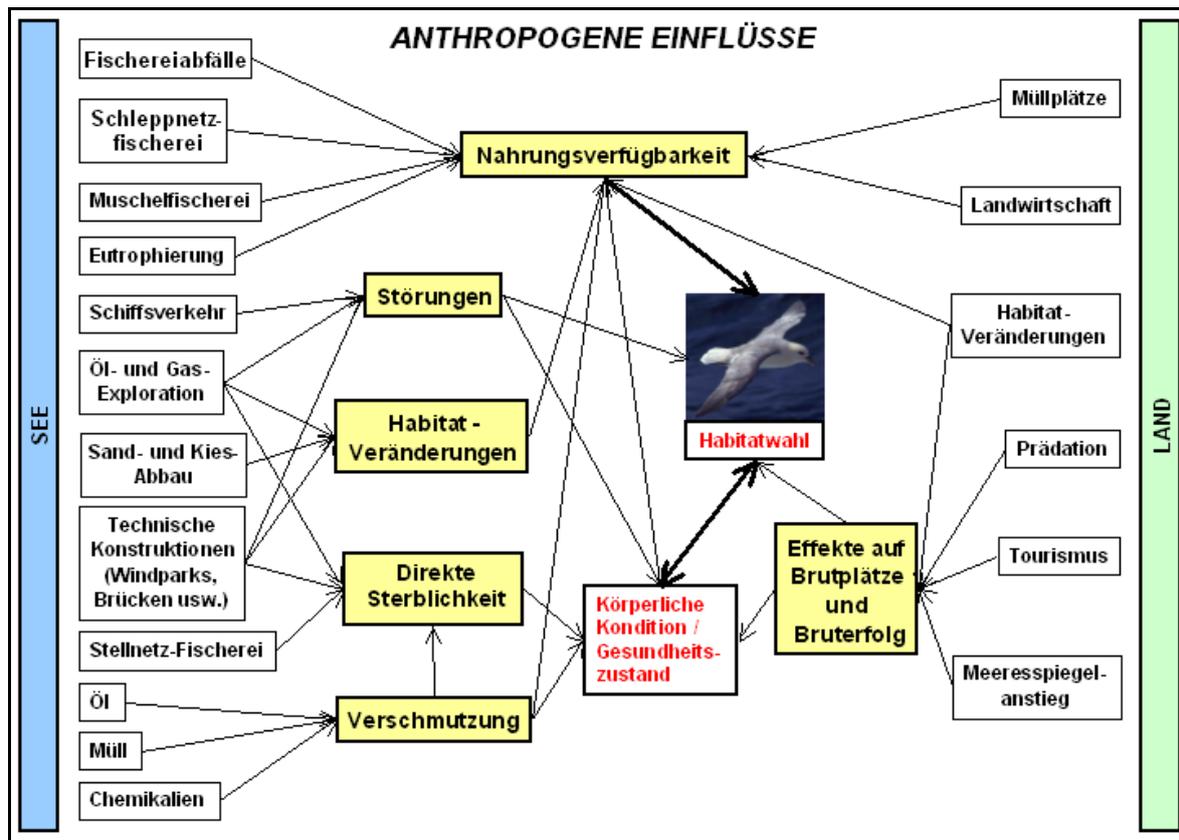


Abb. 2. Vereinfachtes Wirkungsgefüge anthropogener Umweltparameter mit Einfluss auf die Habitatwahl von Seevögeln auf See mit Fokus auf die deutschen Meeresgebiete (nach Garthe 2005, verändert). Wechselwirkungen der Parameter untereinander wurden in dieser Darstellung nicht betrachtet.

Schlüsselparameter, welche die Habitatwahl beeinflussen sind, wie oben ausgeführt, artspezifisch. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die in diesem Bericht behandelten Vogelarten und die wichtigsten Habitatparameter, die ihre Verteilung auf See steuern. Für alle aufgeführten Vogelarten gibt es weitere Faktoren, welche die Habitatwahl bestimmen. Die Tabelle gibt nur die wichtigsten steuernden Faktoren für jede Art wieder.

**Tabelle 1: Wichtigste Schlüsselparameter der Habitatwahl für alle in diesem Bericht behandelten Seevogelarten.**

Art	Identifizierte Schlüsselparameter	Erklärung	Kapitel
Haubentaucher	Wassertiefe, Sediment, Entfernung zum Land	Unter den Lappentauchern zeigt diese Art die am stärksten küstennahe Verbreitung. Bevorzugt werden geringe Wassertiefen. Die Abundanz der Hauptnahrung (Grundeln und weniger häufig Invertebraten) hängt stark von der Sedimentstruktur ab.	2.1.13
Rothalstaucher	Wassertiefe, Sediment	Verbreitungsschwerpunkte liegen sowohl im küstennahen als auch im küstenfernen Bereich. Auch dieser Lappentaucher ernährt sich überwiegend von Grundeln. Daher hängt seine Verbreitung vom Sedimenttyp ab. Wie bei den anderen Lappentauchern werden geringere Wassertiefen bevorzugt, da sie energiesparendes Tauchen ermöglichen.	2.1.13
Ohrentaucher	Wassertiefe, Sediment	Diese Art kommt in deutschen Gewässern v.a. von Oktober bis April auf der Oderbank in bestimmten Wassertiefen vor. Die Nahrung besteht überwiegend aus Grundeln, daher zeigt die Art eine enge Bindung an sandiges Sediment.	2.1.8 2.1.13
Stern-Taucher	Fronten, Wasserkörperschichtung, Wassertiefe, Meeresoberflächentemperatur, Sichttiefe, Luftdruck, Schiffsverkehr	Assoziation mit der kontinentalen Küstenwassermasse und Bevorzugung von Frontensystemen. Auftreten jedoch auch in küstenferneren Bereichen. Besondere Störanfälligkeit gegenüber anthropogenen Aktivitäten, hohe Fluchtdistanz und Habitatverlust durch anthropogene Aktivitäten. Eingeschränkte Flexibilität in Nahrungs- und Habitatwahl	2.1.4 2.1.5 2.1.9 2.1.10
Basstölpel	Sichttiefe, Schichtung	Bisher wurde nur ein geringer Einfluss hydrographischer Parameter identifiziert.	
Eissturmvogel	Sichttiefe, Salzgehalt, Meeresoberflächentemperatur, Fronten	Art ist küstenfern verbreitet und konsistent mit der Zentralen Nordsee-Wassermasse assoziiert.	2.1.6 2.1.7
Trottellumme	Wassertiefe, Sichttiefe, Salzgehalt, Fronten, Schichtung, Meeresoberflächentemperatur, Luftdruck	Die Präferenz für bestimmte Wassermassen kann bei dieser Art im Laufe des Jahres schwanken. Während die Art im Sommer signifikant mit der Zentralen Nordsee-Wassermasse assoziiert ist, verteilt sich das Vorkommen im Winter gleichmäßiger über die verschiedenen Wasserkörper und weist auch einen Schwerpunkt im küstennahen Bereich auf. Eingeschränkte Flexibilität in Nahrungs- und Habitatwahl	2.1.6 2.1.7 2.1.9
Dreizehenmöwe	Temperaturfronten, Salzgehalt, Sichttiefe, Luftdruck, Windrichtung und -stärke	Diese Art ist im Winter mit dem salzhaltigen Wasser der Zentralen Nordseewassermasse assoziiert und sucht im Sommer v.a. Gebiete mit starken Temperaturgradienten auf. Bei Seewind steigen die Dichten im küstennahen Gebiet an. Dies lässt sich durch die enge Bindung an die bevorzugte Wassermasse	2.1.6 2.1.7 2.1.9

erklären, deren Verteilung stark vom Windfeld beeinflusst wird.

Zwergmöwe	Wassertiefegradienten, Fronten, treibende Seegrasansammlungen und oberflächennahe Fischeschwärme, Meeresoberflächentemperatur, Salzgehalt, Luftdruck, Temperaturdifferenz Meeresoberfläche – Atmosphäre	Die Nahrungsverfügbarkeit hängt bei dieser Art stark von den identifizierten hydrographischen Schlüsselparametern ab. Da die Art während des Zuges ihr Hauptvorkommen zeigt, sind meteorologische Faktoren relevant. Eingeschränkte Flexibilität in Nahrungs- und Habitatwahl	2.1.3 2.1.9
Lachmöwe	Meeresoberflächentemperatur, Salzgehalt, Sichttiefe, Fronten, Luftdruck, Windrichtung und –stärke, Temperaturdifferenz Meeresoberfläche – Atmosphäre	Unter den Möwen zeigt ist diese Art am stärksten küstennah verbreitet und nutzt am intensivsten terrestrische Habitats. Der Gezeitenbereich wird intensiv genutzt.	2.1.6 2.1.9
Sturmmöwe	Sichttiefe, Fronten, Wasserkörperschichtung, Meeresoberflächentemperatur, Salzgehalt, Luftdruck, Windrichtung und –stärke	Konsistente Assoziation mit der kontinentalen Küstenwassermasse. Bei ablandigem Wind steigen die Dichten im Seegebiet an. Dies lässt sich durch die enge Bindung an die bevorzugte Wassermasse erklären, deren Verteilung stark vom Windfeld beeinflusst wird.	2.1.6 2.1.7 2.1.9
Mantelmöwe	Sichttiefe, Fronten, Wasserkörperschichtung, Luftdruck, Windrichtung und –stärke, Temperaturdifferenz Meeresoberfläche – Atmosphäre	Meteorologische Faktoren dürften vor allem für den aktiven Zug und räumliche Verlagerungen der Arten eine wichtige Rolle spielen, die hydrografischen Parameter für die Nahrungssuche im offenen Meer. Hohe Flexibilität in Nahrungs- und Habitatwahl .	2.1.6 2.1.9
Silbermöwe	Fronten, Sichttiefe, Meeresoberflächentemperatur, Windrichtung und –stärke, Luftdruck, Temperaturdifferenz Meeresoberfläche – Atmosphäre	Die Art zeichnet sich durch ein besonders breites ökologisches Potential aus, da sie eine hohe Flexibilität in Nahrungs- und Habitatwahl aufweist.	2.1.6 2.1.9
Heringsmöwe	Fronten, Salzgehalt, Meeresoberflächentemperatur, Wasserkörperschichtung, Luftdruck, Temperaturdifferenz Meeresoberfläche – Atmosphäre	Die Art ist eine hauptsächlich pelagisch fressende Art, die in einzelnen Gebieten sehr stark auf eine Beuteart spezialisiert sein kann. In vielen Kolonien ernährt sie sich überwiegend von Schwimmkrabben. Hydrografische Parameter scheinen einen eher geringen Einfluss auf die Verteilung dieser Art zu haben. Breites ökologisches Potential: Hohe Flexibilität in Nahrungs- und Habitatwahl.	2.1.6 2.1.9 2.1.12
Brandsee-schwalbe	Sichttiefe, Fronten, Salzgehalt, Wasserkörperschichtung, Luftdruck, Windrichtung und –stärke, Temperaturdifferenz Meeresoberfläche – Atmosphäre	Meteorologische Faktoren dürften vor allem für den aktiven Zug und räumliche Verlagerungen der Arten eine wichtige Rolle spielen, die hydrografischen Parameter für die Nahrungssuche im offenen Meer. Stark eingeschränkte Flexibilität in Nahrungs- und Habitatwahl.	2.1.6 2.1.9
Flussee-schwalbe	Fronten, Sichttiefe, Meeresoberflächentemperatur, Wassertiefe, Lage der Brutkolonie, Entfernung zum Land, Strömungsgeschwindigkeit, Gezeiten, Luftdruck, Windrichtung- und –stärke	Die Art sucht häufig an Orten mit hoher Strömungsgeschwindigkeit und geringer Wassertiefe nach Nahrung. Während der Brutzeit ist die Kolonieentfernung entscheidend.	2.1.6 2.1.11

Küstenseeschwalbe	Fronten, Sichttiefe, Wasserkörperschichtung, Meeresoberflächentemperatur, Wassertiefe, Lage der Brutkolonie, Entfernung zum Land, Strömungsgeschwindigkeit, Gezeiten, Luftdruck, Windrichtung- und -stärke	Die Art sucht häufig an Orten mit hoher Strömungsgeschwindigkeit und geringer Wassertiefe nach Nahrung. Während der Brutzeit ist die Kolonieentfernung entscheidend.	2.1.6 2.1.11
-------------------	--	--	-----------------

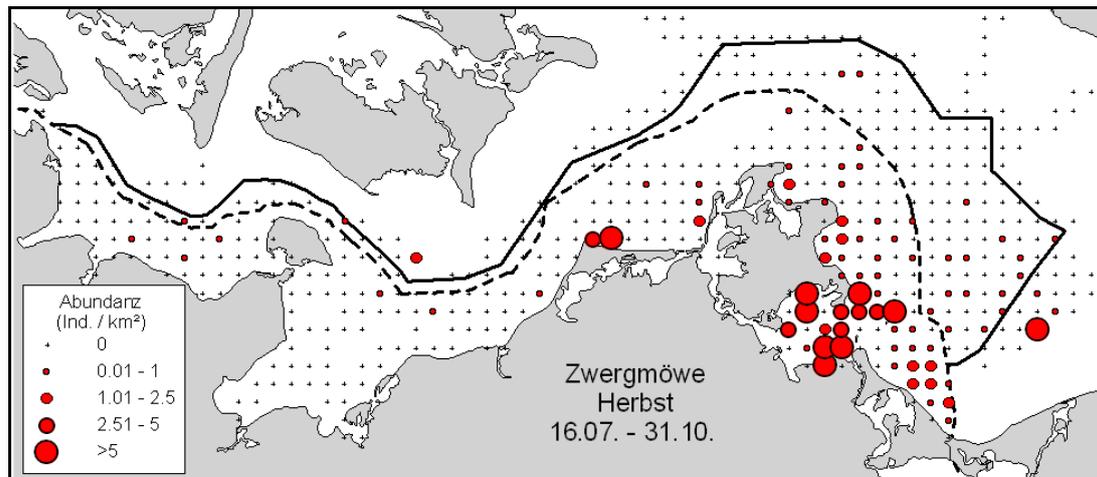
## 5.2 Rastvorkommen der Zwergmöwe *Hydrocoloeus minutus* in der Pommerschen Bucht während des Herbst-Zuges

Die Zwergmöwe (Abb. 3) ist im zentralen und nördlichen Eurasien sowie in Nordamerika lückenhaft verbreitet. Der Schwerpunkt ihrer Brutverbreitung liegt in Europa, insbesondere in Finnland, dem Baltikum, in Weißrussland und Russland. Immer wieder brüten auch einzelne Individuen weit abseits des geschlossenen Verbreitungsgebietes, z.B. in den Niederlanden, in Großbritannien und in Deutschland. Mit einem Bestand von 24.000-58.000 Paaren (BirdLife International 2004) ist die europäische Brutpopulation jedoch relativ gering. Die Zwergmöwe ist auf dem Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie sowie in der SPEC-Kategorie 3 als Art mit ungünstigem Erhaltungszustand in Europa gelistet. Daraus ergibt sich eine besondere Verantwortung für den Schutz dieser Art.



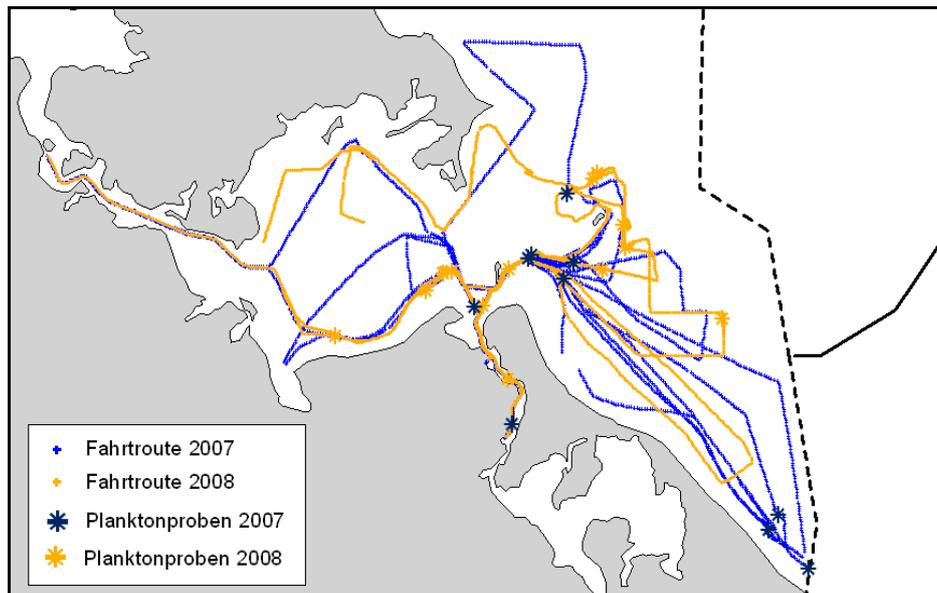
**Abb. 3. Adulte Zwergmöwe im Schlichtkleid, Ostsee, August 2008.**

Die Gewässer der deutschen Nord- und Ostsee sind für die Zwergmöwe von großer Bedeutung. Auf dem Durchzug hält sich in beiden Meeresgebieten zeitgleich ein bedeutender Anteil der biogeografischen Population auf. In der Ostsee befindet sich während des Wegzuges im Herbst ein großes Rastvorkommen der Zwergmöwe in der Pommerschen Bucht, östlich von Rügen (Abb. 4). Der Bestand beträgt zu dieser Jahreszeit ca. 9500 Tiere (Mendel et al. 2008). Die höchsten Anzahlen werden im August und September erreicht, das Auftreten kann in einzelnen Jahren jedoch räumlich und zahlenmäßig stark schwanken, wie von Schirmeister (2001, 2002, 2006) und Sonntag et al. (2007) beschrieben.



**Abb. 4. Verbreitung der Zwergmöwe in der deutschen Ostsee im artspezifischen Herbst, basierend auf Schiffs-Erfassungen der Jahre 2000 bis 2008 (Datenquelle: Seabirds at Sea Datenbank des FTZ, Version 5.12; BfN-Projekte BALTAEWA, ERASNO, EMSON, BMU-Projekt MINOSplus – TP5).**

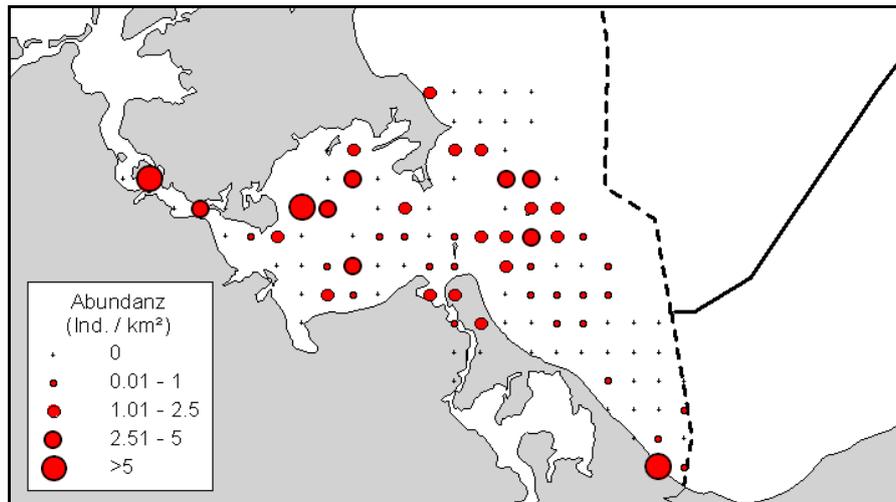
Das Vorkommen der Zwergmöwe in der Pommerschen Bucht wurde im Rahmen von zwei Forschungsreisen mit dem Schiff „Südfall“ vom 17.-26. August 2007 sowie vom 21.-25. August 2008 intensiv untersucht (Abb. 5). Ziel der Reisen war es, die wichtigsten Rast- und Nahrungsgebiete der Zwergmöwe zu beschreiben sowie die der Habitatwahl zugrunde liegenden Faktoren zu ermitteln. Zusätzlich sollten auch Informationen über die Nahrungswahl der Zwergmöwe in der Pommerschen Bucht gesammelt werden. Zur Beantwortung der Fragen wurden eine CTD-Sonde zur Messung von Wassertemperatur, Salzgehalt und Leitfähigkeit, eine Secchi-Scheibe zur Beschreibung der Wassertrübung sowie ein Planktonnetz zur Sammlung von Nahrungsproben eingesetzt. Die Erfassung der Zwergmöwen erfolgte durch Seabirds-at-Sea – Erfassungen nach standardisierter Methode (z.B. Garthe et al. 2002, Camphuysen und Garthe 2004).



**Abb. 5. Fahrtrouten und Positionen der Probennahme mit dem Planktonnetz der Forschungsreisen zur Erfassung des Zwergmöwenvorkommens im August 2007 und 2008 (Datenquelle: Seabirds at Sea Datenbank des FTZ, Version 5.12).**

Das Rastvorkommen der Zwergmöwe in den beiden Untersuchungszeiträumen war im Vergleich zu früheren Studien deutlich schwächer ausgeprägt. Zeitgleiche Beobachtungen von der Küste aus bestätigten den nur schwachen Zuzug in die Pommersche Bucht aus den östlichen Brutgebieten (B. Schirmeister, pers. Mitt.). Im Jahr 2007 wurden insgesamt 1352 Zwergmöwen beobachtet, mit einem Schwerpunkt der Verbreitung im und vor dem Greifswalder Bodden (Abb. 6). Im Jahr 2008 wurden lediglich 413 Tiere beobachtet, die sich meist einzeln oder in kleinen Trupps bis maximal 21 Individuen im Gebiet aufhielten.

Auffallend war der geringe Anteil an jungen Zwergmöwen: 95% der in beiden Jahren beobachteten Tiere war im 3. Lebensjahr oder älter, während es sich bei nur 5% der Tiere um Jungvögel aus dem jeweiligen Jahr handelte.



**Abb. 6. Vorkommen der Zwergmöwe in der Pommerschen Bucht im August 2007 (Datenquelle: Seabirds at Sea Datenbank des FTZ, Version 5.12).**

In beiden Jahren hielten sich die beobachteten Zwergmöwen bevorzugt in Bereichen mit deutlichen Gradienten der Wassertiefe und Unterschieden in der Beschaffenheit des Wasserkörpers (Fronten, Schaumstreifen) auf. In diesen Gebieten sammelte sich losgelöstes Pflanzenmaterial, meist Seegras, in großer Menge an und wurde von den Zwergmöwen gezielt zur Nahrungssuche aufgesucht (Abb. 7). Meist zeigten die Vögel Verhaltensweisen in Zusammenhang mit der Nahrungsaufnahme (Abpicken von kleinen Partikeln aus dem Seegras beim Schwimmen, Aufnahme von Nahrung aus dem Flug heraus, sog. Dippen) oder flogen auf Nahrungssuche entlang der Seegras- und Schaumlinien. Insgesamt zeigten 76 % aller in beiden Jahren beobachteten Zwergmöwen, denen ein Verhalten zugeordnet werden konnte, derartige Verhaltensweisen in Zusammenhang mit der Nahrungssuche oder -aufnahme. 57 % dieser Tiere waren erkennbar mit Schaumlinien oder Seegras assoziiert.



Abb. 7. Ansammlung von Seegras (links) und Assoziation von Zwergmöwen an Seegras (rechts).

Proben mit dem Planktonnetz, die in Bereichen mit treibendem Seegras genommen wurden, enthielten eine Vielzahl potentieller Beutetiere für Zwergmöwen (Abb. 8). Dabei handelte es sich v.a. um Asseln (*Idothea* spec.), Flohkrebse, Insekten und kleine Fische (Tabelle 2).



Abb. 8. Probennahme mit den Planktonnetz in treibendem Seegras und in den Proben enthaltene potentielle Beutetiere für Zwergmöwen.

**Tabelle 2. Übersicht über die in den Netzproben entlang von treibendem Seegras enthaltenen potentiellen Beutetiere von Zwergmöwen.**

Kategorie		Anzahl	Länge (cm)
Muscheln		>> 1000	<=0,5
Muscheln		31	0,6-1
Muscheln		3	1,1-1,5
Muscheln		1	1,6-2
Muscheln		1	2,1-2,5
Schnecken		22	<=0,5
Schnecken		1	0,6-1
Muscheln / Schnecken		1	<=0,5
Vielborster		150	<=0,5
Vielborster		2	0,6-1
Spinnentiere	Spinnen	39	<=0,5
Spinnentiere	Spinnen	2	0,6-1
Krebstiere		95	<=0,5
Krebstiere		55	0,6-1
Krebstiere		7	1,1-1,5
Krebstiere		1	1,6-2
Krebstiere	Asseln, <i>Idothea spec.</i>	> 13200	<=0,5
Krebstiere	Asseln, <i>Idothea spec.</i>	3975	0,6-1
Krebstiere	Asseln, <i>Idothea spec.</i>	335	1,1-1,5
Krebstiere	Asseln, <i>Idothea spec.</i>	65	1,6-2
Krebstiere	Asseln, <i>Idothea spec.</i>	4	2,1-2,5
Krebstiere	Flohkrebse	331	<=0,5
Krebstiere	Flohkrebse	280	0,6-1
Krebstiere	Flohkrebse	15	1,1-1,5
Krebstiere	Schwebegarnelen	2	<=0,5
Krebstiere	Schwebegarnelen	13	0,6-1
Krebstiere	Schwebegarnelen	6	1,1-1,5
Krebstiere	Schwebegarnelen	1	2,1-2,5

Krebstiere	Schwebegarnelen, <i>Praunus spec.</i>	1	<=0,5
Krebstiere	Schwebegarnelen, <i>Praunus spec.</i>	2	1,1-1,5
Krebstiere	Schwebegarnelen, <i>Praunus spec.</i>	3	1,6-2
Krebstiere	Schwebegarnelen, <i>Praunus spec.</i>	1	2,1-2,5
Krebstiere	Seepocken	165	<=0,5
Krebstiere	Larve	> 336	<=0,6
Krebstiere	Exuvie	1	3,0
Insekten	Hautflügler	127	<=0,5
Insekten	Hautflügler	11	0,6-1
Insekten	Hautflügler	3	1,1-1,5
Insekten	Hautflügler	1	?
Insekten	Zweiflügler	>>1000	<=0,5
Insekten	Zweiflügler	192	0,6-1
Insekten	Zweiflügler, <i>Tipula spec.</i>	1	1
Insekten	Zweiflügler, Larve	4	0,6-1
Insekten	Zweiflügler, Exuvie	1	0,5
Insekten	Zweiflügler, Exuvie	>344	1,0 bis 1,5
Insekten	Zweiflügler / Hautflügler	>2000	<=0,5
Insekten	Käfer	190	<=0,5
Insekten	Käfer	16	0,6-1
Insekten	Käfer, Larve	1	0,5
Insekten	Netzflügler	1	0,6-1
Insekten	Netzflügler	1	1,1-1,5
Insekten	Wanzen	3	<=0,5
Insekten	Wanzen	2	0,6-1
Insekten	Larve	1	<=0,5
Insekten	Larve	8	0,6-1
Insekten	Exuvie	3	<=0,5
Insekten	Exuvie	1	1
Knochenfische	3-stachliger Stichling	3	1,5-2

Knochenfische	3-stachliger Stichling	3	2,1-2,5
Knochenfische	3-stachliger Stichling	2	2,6-3
Knochenfische	3-stachliger Stichling	2	3,1-3,5
Knochenfische	3-stachliger Stichling	1	3,6
Knochenfische	Neunstachliger Stichling	1	4
Knochenfische	Stint	1	3,4
Knochenfische	Kleine Schlangennadel	1	6,6
Knochenfische	Kleine Schlangennadel	1	7,6
Knochenfische	Kleine Schlangennadel	1	8,4
Knochenfische	Kleine Schlangennadel	1	8,95
Knochenfische	Kleine Schlangennadel	1	11,2
Knochenfische	Grasnadel/Gr. Seenadel	1	4,8
Knochenfische	Grasnadel/Gr. Seenadel	1	5
Knochenfische	Grasnadel/Gr. Seenadel	1	9,5
Knochenfische	unbestimmte Seenadel	1	3,25
Knochenfische	unbestimmte Seenadel	1	>4,0
Knochenfische	unbestimmte Seenadel	1	9,7
Knochenfische	Larve	8	<1,0
Knochenfische	Larve	1	1,2
Knochenfische	Larve	1	1,7

In Einzelfällen konnte die von Zwergmöwen an treibendem Seegras aufgenommene Nahrung direkt bestimmt werden. In zwei Fällen handelte es sich bei der Beute um Seenadeln, dreimal um kleine, unbestimmte Fische. Zudem wurden 51 Vögel beim Herauspickern kleiner, unbestimmter Beutetiere aus dem Pflanzenmaterial beobachtet. Dies bestätigt die Aufnahme der in den Netzproben enthaltenen potentiellen Beutetiere durch Zwergmöwen.

Die in treibendem Seegras vorhandene hohe Anzahl geeigneter Beuteobjekte stellt vermutlich eine wichtige Nahrungsquelle für Zwergmöwen während ihres Aufenthaltes in der Pommerschen Bucht dar.

Durch die in den nächsten Arbeitsschritten folgende Auswertung der CTD-Daten wird versucht, die Wasserkörper, in denen sich bevorzugt Seegras ansammelt,

hydrographisch zu charakterisieren. Dies ermöglicht eventuell die Vorhersage von Gebieten, die für Zwergmöwen potentiell als Nahrungshabitate geeignet sind.

Neben der Nahrungsaufnahme an treibendem Seegras wurden Zwergmöwen auch zweimal bei der Beutejagd an oberflächennahen Fischschwärmen beobachtet. Auch Schirmeister (2001) beobachtete mehrfach die Aufnahme kleiner Fische durch Zwergmöwen und vermutete als Hauptursache für die lange Verweildauer der Vögel in der Pommerschen Bucht eine hohe Verfügbarkeit an Jungfischen als Nahrungsgrundlage. Dieses Angebot an geeigneter Fischnahrung scheint aber in einzelnen Jahren unterschiedlich stark ausgeprägt zu sein (B. Schirmeister, pers. Mitt.). Möglicherweise spielen in diesen Jahren die Seegrasansammlungen eine besonders wichtige Rolle als Nahrungshabitate für die Zwergmöwe. Weiterführende Untersuchungen sind nötig um zu klären, in welchem Maße beide Nahrungsquellen genutzt werden und in wieweit sie einen Einfluss auf die Aufenthaltsdauer von Zwergmöwen im Untersuchungsgebiet haben.

### 5.3 Habitatwahl von Seetauchern in der Deutschen Bucht im Frühjahr basierend auf Daten fluggestützter Erfassungen

Die Habitatwahl von Seetauchern in der Deutschen Bucht wurde anhand eines Flugsurveys betrachtet, der in der zweiten Aprilhälfte 2006 stattfand. Erfassungsflüge wurden am 15., 20., 21., 22. & 23.04.2006 durchgeführt und deckten einen Großteil der deutschen AWZ in der Nordsee ab. Zusätzlich zu den Seetaucherdaten aus den Seevogelerfassungen wurden Fernerkundungsdaten (Quelle: MERIS-Daten aus dem Projekt MarCoast, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, BSH), Wassertiefendaten (Quelle: Danish Hydraulic Institute, DHI) und Sedimentdaten (Quelle: Bundesamt für Naturschutz, BfN) ausgewertet. Wassertiefe und Sediment sind relativ konstante Umweltparameter, während die durch Fernerkundungsmethoden gemessenen Parameter Meeresoberflächentemperatur, Sichttiefe (Transparenz), Gelbstoff- und Schwebstoff- sowie der Chlorophyll a-Gehalt dynamisch sind. Deshalb wurden Messdaten dieser Faktoren verwendet, die möglichst zeitgleich mit dem Erfassungsflug erhoben wurden. Für die Meeresoberflächentemperatur wurde ein Mittel aus Tagesmittelwerten von 14. bis 20.04.2006 und dem 24.04.2006 erstellt (für den 21.-23.04.2006 standen keine Daten zur Verfügung, G. Tschersich, pers. Mitteilung). Für Sichttiefe, Gelbstoff-, Schwebstoff- und Chlorophyll a-Gehalt wurde jeweils das Wochenmittel vom 15.04. bis 21.04.2006 verwendet. Alle Daten wurden in ArcGIS 9.2 in einem 2x2 km-Raster aufbereitet. Für jede Rasterzelle, die im Rahmen der Seevogelerfassungsflüge beprobt wurde, wurden die mittlere Abundanz der Seetaucher (Sterntaucher und Prachtttaucher) und jeweils der Mittelwert der vorliegenden Messwerte von Wassertiefe, Meeresoberflächentemperatur, Sichttiefe, Gelbstoff-, Schwebstoff- und Chlorophyll a-Gehalt ermittelt. Von der Meeresoberflächentemperatur wurden nur Daten  $>2^{\circ}\text{C}$  in die Auswertung einbezogen, um potentielle Messfehler im Wattenmeerbereich auszuschließen, in dem die Oberflächenstruktur von trockenfallenden Bereichen potentiell zu nicht-repräsentativen Messergebnissen führen kann. Die vorhandenen Sedimentdaten setzten sich basierend auf der Figge-Karte (Figge 1981) aus verschiedenen Sedimenttypen zusammen (1 = Schlick, 2 = Feinsand, 3 = Mittelsand, 4 = Grobsand, 5 = Restsediment/Steine/Kies), über die kein Mittelwert pro Rasterzelle gebildet werden konnte. Der Großteil des Sediments in der Deutschen Bucht besteht aus Feinsand (Figge 1981). Wir gehen davon aus, dass auch kleine Anteile andersartigen Sediments einen großen Einfluss auf die Habitatstruktur von Teilgebieten haben können. Deshalb wurde jeder Rasterzelle, deren Sediment sich entweder neben dem Sedimenttyp Feinsand oder ausschließlich aus einem anderen Sediment zusammensetzte, die Klasse dieses von Feinsand verschiedenen Sedimenttyps zugewiesen. Wurden verschiedene Sedimenttypen pro Rasterzelle nachgewiesen, wurde das jeweils gröbere Material als ausschlaggebend gewertet.

Die betrachteten Umweltfaktoren charakterisieren das Habitat der Seetaucher. Es ist davon auszugehen, dass der Sedimenttyp maßgeblich die Habitatstruktur prägt und den Lebensraum für verschiedene Lebensgemeinschaften bildet, die sich wiederum im Artenspektrum und in der Verfügbarkeit der Beute von den Seetauchern widerspiegeln. Anhand der hydrografischen Parameter lassen sich verschiedene hydrografische Strukturen identifizieren. Hohe Wassertiefen, ein hoher Salzgehalt, eine geringe Trübung und im Winterhalbjahr wärmeres Wasser charakterisieren in der Deutschen Bucht die in küstenfernen Bereichen dominierende „Zentrale Nordseewassermasse“. Indikatoren der küstennahen „Kontinentalen Küstenwassermasse“ sind geringere Wassertiefen, ein geringer Salzgehalt, eine hohe Trübung und im Winter im Vergleich zur Zentralen Nordseewassermasse kühlere Wassertemperaturen. Gelbstoffe sind huminartige Kohlenstoffverbindungen, die meist durch Flüsse eingetragen werden. Ein hoher Gelbstoffgehalt fungiert ebenso wie ein hoher Schwebstoffgehalt somit als Zeiger von Mündungsgebieten, Flussfahnen und küstennahen Bereichen (Doerffer 1980). Der Chlorophyll-Gehalt wiederum ist ein Indikator für die Biomasse des Phytoplanktons und seiner Aktivität, das die Grundlage des Nahrungsnetzes der Beutetiere von Seevögeln bildet und somit die Nahrungsverfügbarkeit der Seetaucher beeinflusst.

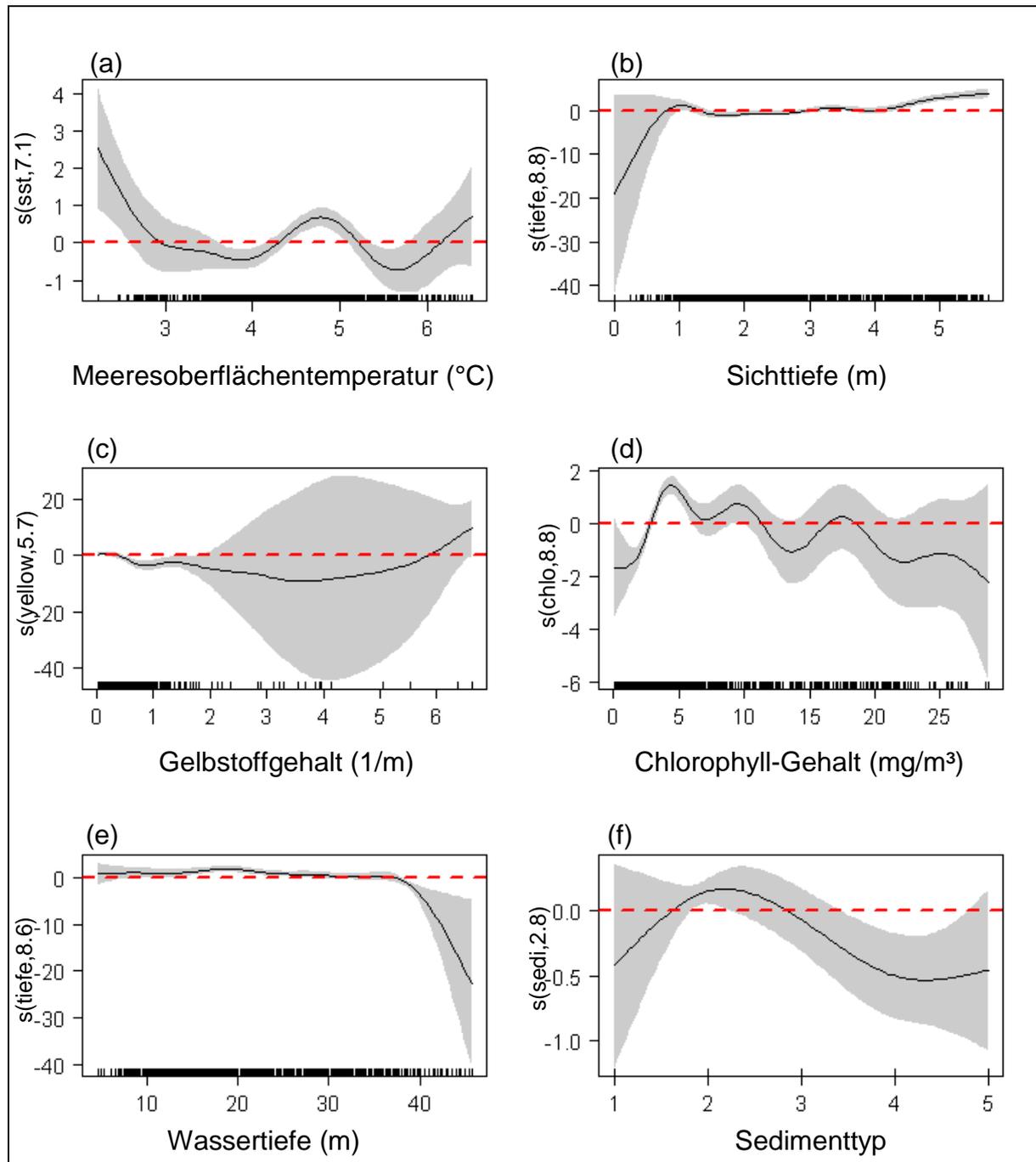
Die Habitatwahl der Seetauchern im Frühjahr 2006 wurde mit Hilfe von Generalized Additive Models (GAM, Hastie & Tibshirani 1990, Wood 2006) unter Benutzung der quasi-Poisson Funktion und des MGLM Pakets (Wood 2000) in R 2.8.1 (R Development Core Team 2008) analysiert. Dabei wurde der Einfluss der verschiedenen Umweltfaktoren auf die Abundanz der Seetaucher getestet. Die erhobenen Variablen wurden vorab auf Autokorrelation überprüft und solche, die hoch korreliert waren, wurden aus der Auswahl ausgeschlossen. Hieraus resultierend gingen in die jeweiligen Ausgangsmodelle die Meeresoberflächentemperatur, die Sichttiefe, der Gelbstoffgehalt, der Chlorophyllgehalt, die Wassertiefe ein. Die Modellauswahl erfolgte mit Hilfe der Backwards-Selektion (z.B. Crawley 2002).

Im resultierenden Modell hatten alle eingehenden Umweltvariablen mit Ausnahme des Gelbstoffgehalts einen signifikanten Einfluss auf die Abundanz der Seetaucher (Tabelle 3). Zusätzlich zeigte sich ein Trend zu einem signifikanten Einfluss des Gelbstoffgehalts. Das Modell erklärte 29 % der Gesamtvarianz in den Daten, ein großer Anteil der Varianz konnte also nicht erklärt werden. Daraus lässt sich ableiten, dass die Verteilung der Seetaucher im April 2006 also neben den untersuchten Faktoren von weiteren bisher nicht identifizierten Faktoren stark gesteuert wurde. Unter den untersuchten Parametern hatte die Sichttiefe, gefolgt vom Chlorophyll-Gehalt, den stärksten Effekt auf die Abundanz der Seetaucher (Tabelle 3).

**Tabelle 3: GAM-Modellparameter der Umweltfaktoren mit (signifikantem) Einfluss auf die Abundanz der Seetaucher in der Deutschen Bucht im April 2006. Edf: geschätzte Freiheitsgrade, F: F-Wert, \*:  $p < 0.05$ , \*\*\*:  $p < 0.001$ .**

Variable	edf	F	Signifikanzniveau
Meeresoberflächentemperatur	7.062	6.243	***
Sichttiefe	8.797	11.432	***
Gelbstoffgehalt	5.896	1.863	0.08
Chlorophyll a-Gehalt	8.759	8.775	***
Wassertiefe	8.729	6.048	***
Sedimenttyp	2.689	3.366	*

Der Einfluss der einzelnen Variablen auf die Seetaucherabundanz ist in Abb. 9 dargestellt. Hohe Seetaucherabundanzen traten in zwei verschiedenen Temperaturbereichen auf, zum einen bei sehr niedrigen Temperaturen um 2°C und zum anderen bei mittleren Temperaturen zwischen 4,5 und 5°C (Abb. 9a). Einen positiven Effekt auf die Seetaucherabundanz hatten außerdem eine hohe Sichttiefe (>4 m, Abb. 9b; s. auch Abb. 10) und ein gering erhöhter Chlorophyllgehalt (4-6 g/m<sup>3</sup>, Abb. 9c; s. auch Abb. 11). Erhöhte Abundanzen wurden außerdem in einer Wassertiefe um die 20 m angetroffen und über dem vorherrschenden Sedimenttyp Feinsand (Abb. 9e & f). Hierbei muss jedoch bemerkt werden, dass die Verfügbarkeit der verschiedenen Sedimenttypen nicht in die Auswertung miteinbezogen wurde, so dass das Ergebnis einer Präferenz des Feinsands höchstwahrscheinlich auf der Dominanz dieses Sedimenttyps beruht. Geringe Seetaucherabundanzen wurden in Temperaturbereichen um 4°C und um 5,5°C, bei einer mittleren Sichttiefe von 1,5 – 3 m, bei einem niedrigen Gelbstoff- und Chlorophyllgehalt, in größeren Tiefen >40 m und in Bereichen mit Grobsand registriert. Die Seetaucher hielten sich im April 2006 also nicht in einem klar definierten Habitat, sondern in verschiedenen Bereichen auf, zum einen in einem küstennäheren Wasserkörper und zum anderen in einem küstenferneren bei Tiefen um 20 m. Die wichtigsten habitatbestimmenden Faktoren für Seetaucher im Frühjahr in der Deutschen Bucht konnten im Rahmen dieser Auswertung noch nicht identifiziert werden.



**Abb. 9.** Einfluss der Umweltvariablen auf die Abundanz von Seetauchern im April 2006 (GAM Glättungskurven). Der schattierte Bereich gibt das 95% Konfidenzintervall um den Haupteffekt wieder. Die rote Linie repräsentiert die mittlere Abundanz der Seetaucher. Nimmt die Glättungskurve Werte über der mittleren Abundanz an, hat die entsprechende Ausprägung der Umweltvariable einen positiven Effekt auf die Seetaucherabundanz, bei Werten unterhalb der mittleren Abundanz entsprechend einen negativen Wert. Sedimenttypen: 1 = Schlack, 2 = Feinsand, 3 = Mittelsand, 4 = Grobsand, 5 = Restsediment/Steine/Kies. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist die unterschiedliche Skalierung der y-Achsen zu beachten.

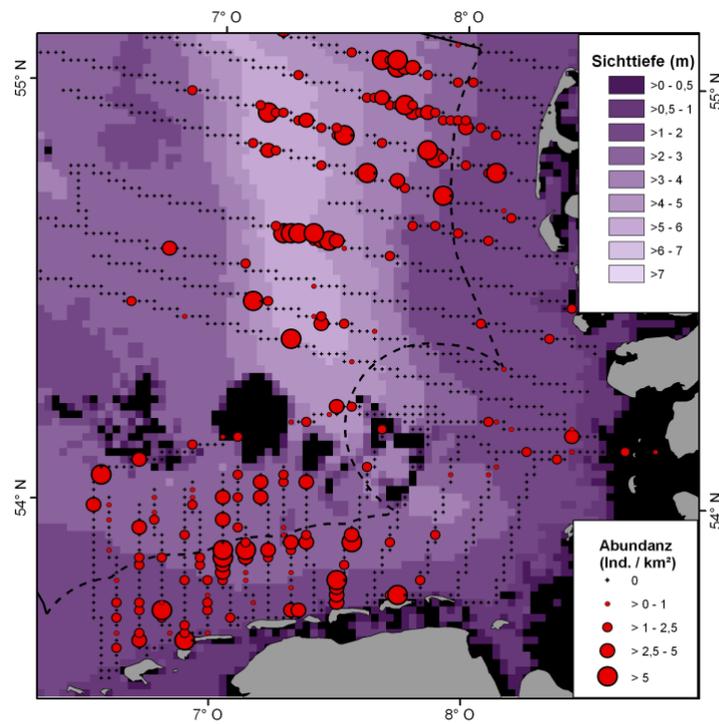


Abb. 10. Verteilung von Seetauchern im April 2006 in der Deutschen Bucht mit unterlegter Sichttiefenkarte (Transparenz, Quelle: MERIS, Projekt MarCoast, BSH).

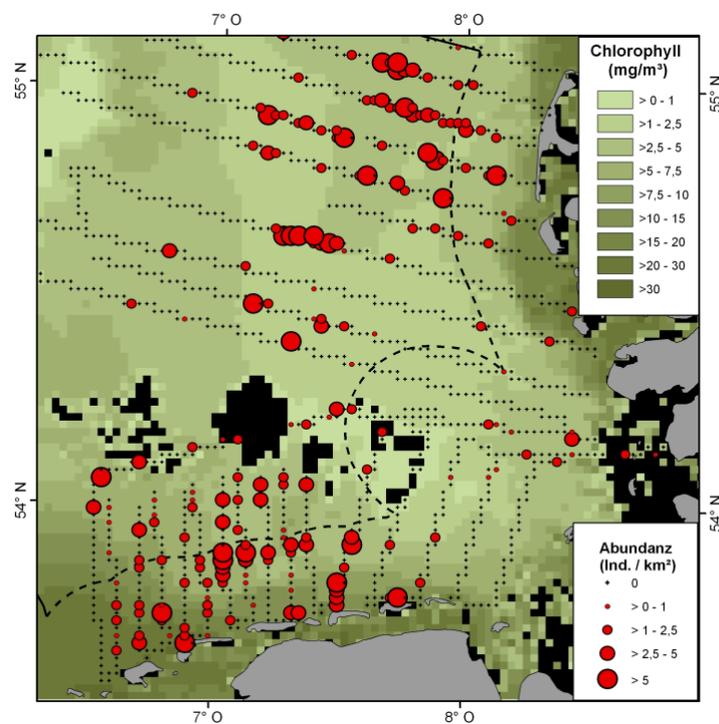


Abb. 11. Verteilung von Seetauchern im April 2006 in der Deutschen Bucht mit unterlegter Karte der Chlorophyll a-Verteilung (Quelle: MERIS, Projekt MarCoast, BSH).

## 5.4 Habitatwahl von Seetauchern in der Deutschen Bucht im Winter basierend auf Daten schiffsgestützter Erfassungen

Der Zusammenhang zwischen hydrografischen Strukturen und der Seevogelverteilung in der Deutschen Bucht wurde anhand verschiedener Spezialreisen aus unterschiedlichen Jahreszeiten und Jahren untersucht. In den folgenden Auswertungen wurden die Daten von Schiffsreisen aus dem frühen Winter 1993 (Oktober/November), dem Spätsommer 1994 (Juli) und dem Spätsommer 1999 (Juli/August) betrachtet. Bei diesen Spezialreisen wurden hydrografische Messungen parallel mit Erfassungen der Seevogelverteilung durchgeführt, so dass eine Verschneidung von Hydrografie und Seevogelvorkommen auf einer hohen zeitlich-räumlichen Auflösung möglich war. Wichtige hydrografische Strukturen stellen die Wassermassen und Fronten dar. In der Deutschen Bucht lassen sich generell zwei große Wassermassentypen unterscheiden. Zum einen herrscht in den küstenfernen Bereichen die „Zentrale Nordseewassermasse“ vor, die durch einen hohen Salzgehalt, eine geringe Trübung und eine Temperaturschichtung im Sommer charakterisiert wird. Zum anderen tritt küstennäher die „Kontinentale Küstenwassermasse“ auf, die durch einen geringen Salzgehalt und eine hohe Trübung gekennzeichnet ist. In den Grenzbereichen von Wassermassen bzw. in den Gebieten, in denen verschiedene Wassermassen aufeinander treffen, bilden sich sogenannte hydrografische Fronten aus. Eine Front ist allgemein als starker Gradient eines oder mehrerer Parameter auf geringer räumlicher Distanz definiert. Fronten lassen sich bei Messungen der Oberflächenhydrografie als Temperatur- oder Salzgehaltssprünge erkennen. In der Deutschen Bucht entstehen Fronten aufgrund des Aufeinandertreffens verschiedener Wasserkörper, z.B. in Grenzbereichen der Elbfahne, bei kurzlebigen Auftriebsereignissen und im Sommer zwischen dem geschichteten küstenfernen Wasser und dem durch die Gezeitenströme durchmischten küstennahen Wasserkörper.

Die Habitatwahl von Seetauchern in der Deutschen Bucht wurde anhand der Spezialreise aus dem frühen Winter 1993 (Oktober/November) mit Hilfe von Generalized Additive Models (GAM, Hastie & Tibshirani 1990, Wood 2006) unter Benutzung der quasi-Poisson Funktion und des MGCV Pakets (Wood 2000) in R 2.6.2 (R Development Core Team 2007) analysiert. Dabei wurde der Einfluss verschiedener hydrografischer und meteorologischer Variablen auf die Abundanz dieser Arten getestet. Die erhobenen Variablen wurden vorab auf Autokorrelation überprüft und solche, die hoch korreliert waren, wurden aus der Auswahl ausgeschlossen. Hieraus resultierend gingen in die jeweiligen Ausgangsmodelle die Meeresoberflächentemperatur, die Salzgehaltsschichtung, die Sichttiefe, die Windgeschwindigkeit, ein Faktor für Luftdruckveränderungen und Indikatoren für Temperatur- und Salzgehaltsfronten ein. Als Indikator für Fronten diente jeweils ein Mittelwert über die Differenz zwischen den minutlichen

Meeresoberflächenhydrografie-Messwerten. Die Modellauswahl erfolgte mit Hilfe der Backwards-Selektion (z.B. Crawley 2002).

Im resultierenden Modell hatten alle eingehenden Umweltvariablen mit Ausnahme der Sichttiefe einen signifikanten Einfluss auf die Abundanz der Seetaucher (Tabelle 4). Das Modell erklärte 65,8% der Gesamtvarianz in den Daten. Auf Basis der identifizierten Zusammenhänge konnte die Verteilung der Seetaucher im Frühwinter 1993 also gut erklärt werden.

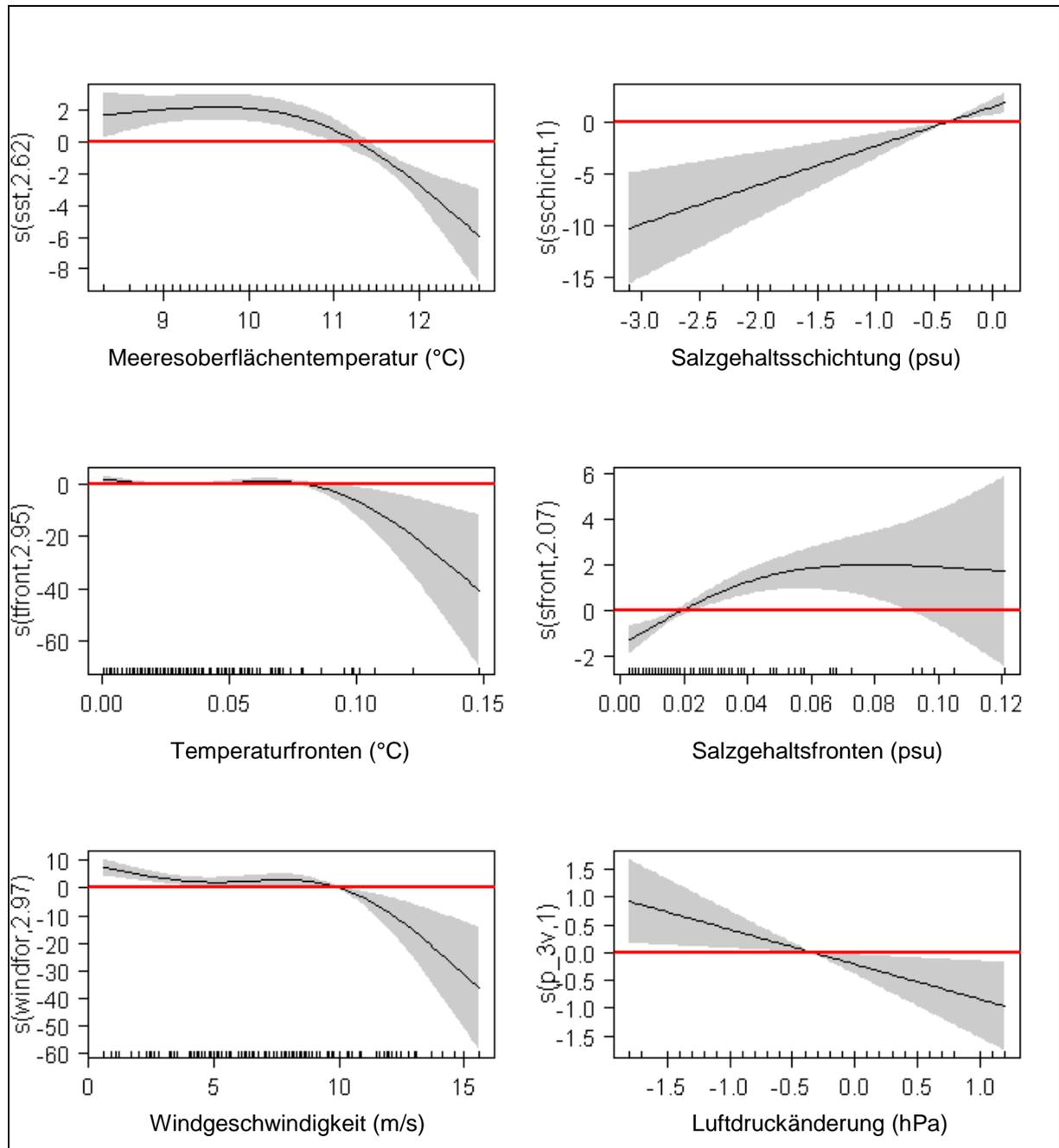
**Tabelle 4: GAM-Modellparameter der meteorologischen und hydrografischen Variablen mit signifikantem Einfluss auf die ermittelte Abundanz der Sterntaucher in der Deutschen Bucht im Frühwinter 1993. Edf: geschätzte Freiheitsgrade, F: F-Wert (Kennwert des Testes), \*:  $p < 0.05$ , \*\*\*:  $p < 0.001$ .**

Variable	edf	F	Signifikanzniveau
Meeresoberflächentemperatur	2.619	9.512	***
Windgeschwindigkeit	2.97	9.978	***
Luftdruckänderung	1	3.949	*
Salzgehaltsschichtung	1	9.788	***
Temperaturfronten	2.952	3.417	*
Salzgehaltsfronten	2.069	8.559	***

Der Einfluss der einzelnen Variablen auf die Seetaucherabundanz ist in Abb. 12 dargestellt. Hohe Seetaucherabundanzen sind an niedrige Temperaturwerte, eine geringe Salzgehaltsschichtung, intensive Salzgehaltsfronten, an geringe Windstärken und einen fallenden Luftdruck gekoppelt (Abb. 12). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Seetaucher im Winter 1993 mit der Kontinentalen Küstenwassermasse assoziiert waren (niedrige Wassertemperatur), aber hier nicht direkt im Bereich der Flussfahnen anzutreffen waren (geringe Salzgehaltsschichtung), sondern höchstwahrscheinlich die angrenzenden Frontenbereiche bevorzugten.

Der deutliche Einfluss der Windstärke auf die ermittelte Abundanz der Seetaucher ist mit großer Wahrscheinlichkeit nicht auf die Habitatwahl der Tiere zurückzuführen, sondern auf die schwierigere Erfassbarkeit der Tiere bei hohen Windstärken und daraus resultierendem raueren Seegang. Seetaucher fliegen aufgrund ihrer hohen Störungsempfindlichkeit oft mehrere Kilometer vor dem Schiff auf (s.o.). Mit zunehmender Wellenhöhe können diese aufgeschreckten Tiere immer

ungenügender erfasst werden. Für Bestandsberechnungen müssen derartige Effekte berücksichtigt werden.



**Abb. 12.** Einfluss der Umweltvariablen auf die Abundanz von Seetauchern im Frühwinter 1993 (GAM Glättungskurven). Der schattierte Bereich gibt das 95% Konfidenzintervall um den Haupteffekt wieder. Die rote Linie repräsentiert die mittlere Abundanz der Seetaucher. Nimmt die Glättungskurve Werte über der mittleren Abundanz an, hat die entsprechende Ausprägung der Umweltvariable einen positiven Effekt auf die Seetaucherabundanz, bei Werten unterhalb der mittleren Abundanz entsprechend einen negativen Wert.

## 5.5 Habitatwahl ausgewählter Seevogelarten in der Deutschen Bucht im Sommer

Die Habitatwahl aller häufigen Seevögel während der in Kapitel 5.2 beschriebenen Spezialreise aus dem Juli und August 1999 wurde mit Hilfe von Generalized Additive Models (GAM, Hastie & Tibshirani 1990, Wood 2006) unter Benutzung der quasi-Poisson\_Funktion und des MGCV Pakets (Wood 2000) in R 2.6.2 (R Development Core Team 2007) analysiert. Dabei wurde der Einfluss verschiedener hydrografischer Parameter auf die Abundanz dieser Arten getestet. Die erhobenen hydrografischen Parameter wurden vorab auf Autokorrelation überprüft und solche, die hoch korreliert waren, wurden aus der Auswahl ausgeschlossen. Hieraus resultierend gingen in die jeweiligen Ausgangsmodelle die Meeresoberflächentemperatur, die Salzgehaltsschichtung, die Secchi-Sichttiefe, und Indikatoren für Temperatur- und Salzgehaltsfronten ein. Die Parameter Meeresoberflächensalinität und Temperaturschichtung zeigten hohe Korrelationen mit den Parametern Meeresoberflächentemperatur und Secchi-Sichttiefe und wurden deshalb nicht mit einbezogen. Die Modellauswahl erfolgte mit Hilfe der Backwards-Selektion (z.B. Crawley 2002).

Die ausgewählten hydrografischen Faktoren hatten einen stark unterschiedlichen Einfluss auf die untersuchten Seevogelarten. Besonders gut konnte die Abundanz der Eissturmvögel, Sturmmöwen, Trottellummen, Flusseeschwalben und Dreizehenmöwen mit diesen Faktoren erklärt werden (Tabelle 5). Arten, deren Verteilung auf der untersuchten Fahrt dagegen zu einem besonders geringen Ausmaß von den ausgewählten hydrografischen Faktoren beeinflusst wurde, sind nach den Modellergebnissen die Heringsmöwe, die Lachmöwe und der Basstölpel. Das beste Modellergebnis mit über 70 % erklärter Varianz wurde für den Eissturmvogel erzielt. Dessen Abundanz wurde laut des GAM signifikant von der Meeresoberflächentemperatur, der Secchi-Sichttiefe und den Salzgehaltsfronten beeinflusst.

Die Secchi-Sichttiefe hatte bei fast allen Arten einen signifikanten Einfluss auf die Abundanz. In den Modellen von Eissturmvogel, Sturmmöwe und Trottellumme erklärte sie alleine jeweils einen Varianzanteil von mehr als 45 %. Insgesamt stellte sie somit den wichtigsten Faktor für die Habitatwahl der untersuchten Arten dar. Bei der Dreizehenmöwe hatte der Indikator für Temperaturfronten mit exakt 45 % der erklärten Varianz den größten alleinigen Einfluss auf die Abundanz. Im Modell der Flusseeschwalbe hingegen gab es keinen einzelnen Faktor, der für den überwiegenden Anteil der erklärten Varianz verantwortlich war.

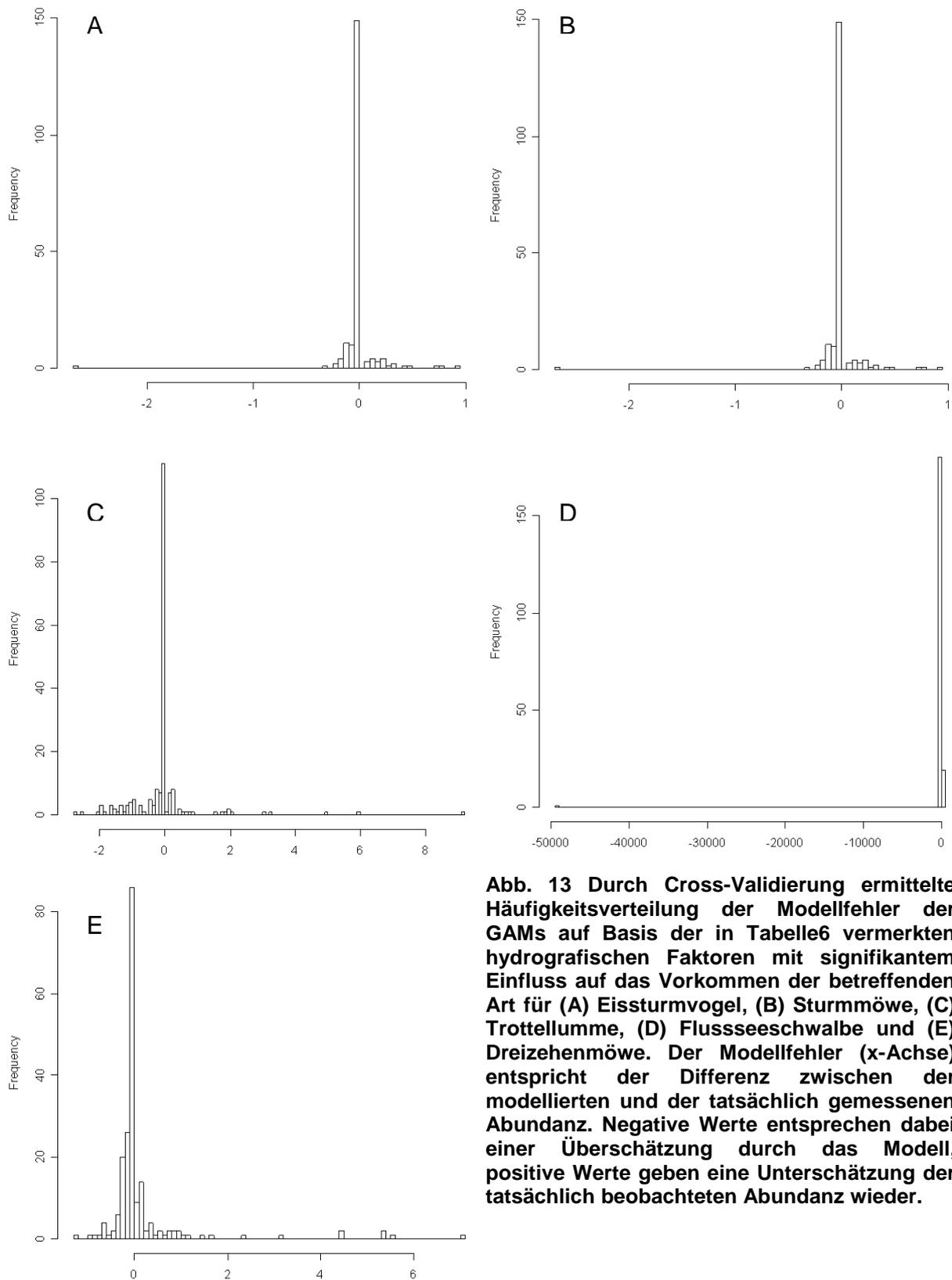
**Tabelle 5: Zusammenhang zwischen hydrografischen Faktoren und der Abundanz aller häufigen Seevogelarten während der Spezialreise im Juli/August 1999 auf Basis von GAM-Ergebnissen. Parameter mit signifikantem Einfluss auf die jeweilige Seevogelart sind mit einem X gekennzeichnet.**

Art	Meeresober- flächen- temperatur	Salzgehalts- schichtung	Secchi- Sichttiefe	Temperatur- fronten	Salzgehalts- fronten	Erklärte Varianz (%)
Eissturmvogel	X		X		X	73.5
Sturmmöwe	X	X	X		X	58.4
Trottellumme		X	X		X	56.4
Flusseeeschwalbe	X		X	X	X	53.7
Dreizehenmöwe	X	X		X	X	53.6
Küstenseeschwalbe	X	X	X	X	X	38.6
Brandseeschwalbe		X	X	X		29.9
Mantelmöwe		X	X	X	X	28.2
Silbermöwe	X		X		X	23.5
Heringsmöwe	X	X			X	19.1
Lachmöwe	X		X	X	X	17.9
Basstölpel		X	X			16.7

Zur Validierung der Modelle von den fünf genannten Arten mit den besten Modellergebnissen wurden sogenannte ten-fold Cross-Validierungen durchgeführt. Dazu wurden in zehn Durchgängen jeweils 10 % der Daten aus dem Ausgangsdatensatz separiert. Mit den übrigen 90 % der Daten wurden dann eine Vorhersage für die separierten 10 % berechnet. Der ermittelte Modellfehler, d.h. die Differenz zwischen Vorhersage und tatsächlicher Beobachtung, wurde für jeden Messpunkt aufgezeichnet. Zur Bewertung der Modellgüte wurde ein Histogramm aus den in allen Durchläufen ermittelten Modellfehlern erstellt (Abb. 13) und der Median dieser Fehler wurde berechnet (Tabelle 6).

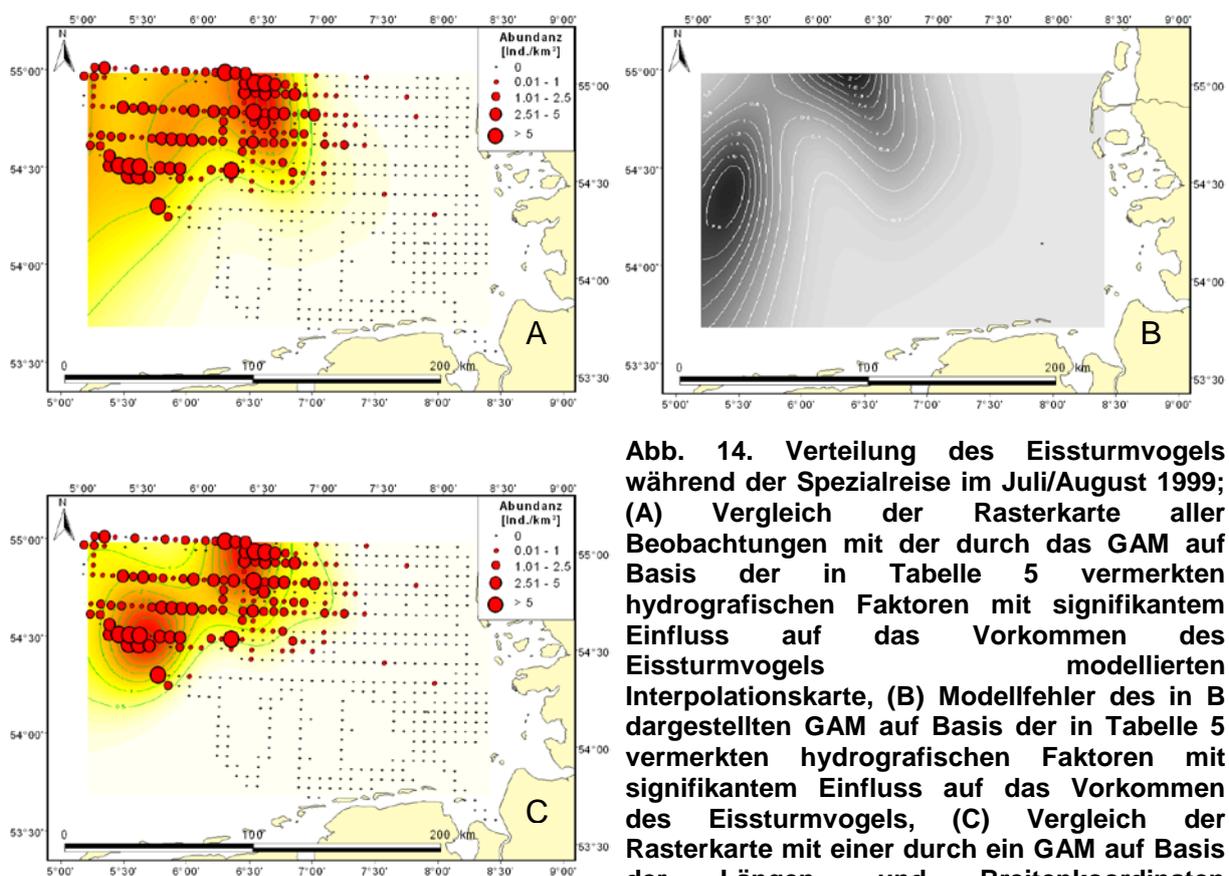
**Tabelle 6: Mittlere Abundanz der fünf Arten mit den besten GAM-Ergebnissen während der Spezialreise im Juli/August 1999 und Median der durch Cross-Validierung berechneten Modellfehler für die betreffenden Arten.**

Art	Mittelwert der gemessenen Abundanz [Ind./km <sup>2</sup> ]	Median der Modellfehler
Eissturmvogel	0,52	0,06
Sturmmöwe	0,05	0,02
Trottellumme	0,36	0,06
Flusseeeschwalbe	0,04	0,005
Dreizehenmöwe	0,31	0,11



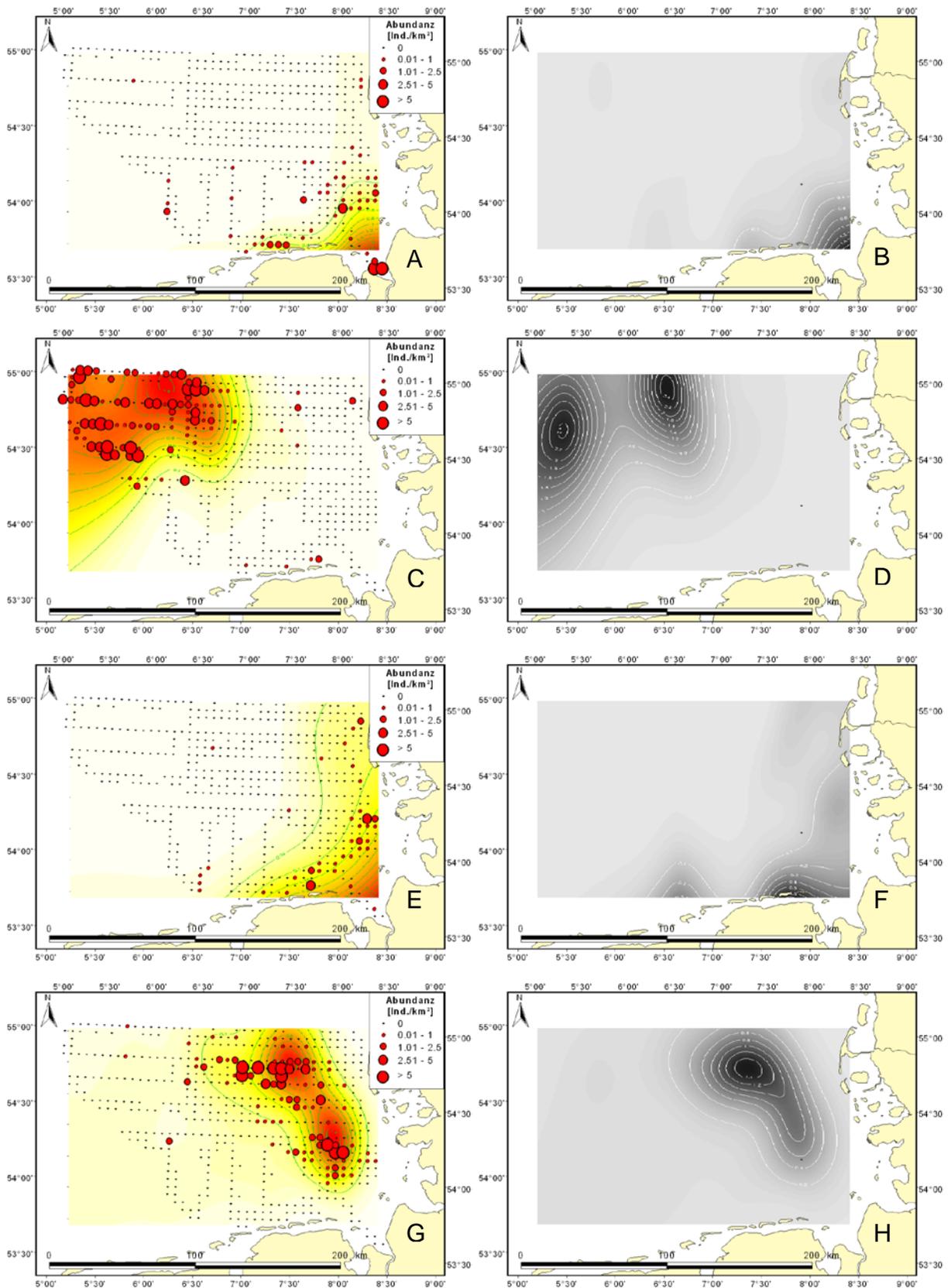
**Abb. 13** Durch Cross-Validierung ermittelte Häufigkeitsverteilung der Modellfehler der GAMs auf Basis der in Tabelle 6 vermerkten hydrografischen Faktoren mit significantem Einfluss auf das Vorkommen der betreffenden Art für (A) Eissturmvogel, (B) Sturmmöwe, (C) Trottellumme, (D) Flusseeschwalbe und (E) Dreizehenmöwe. Der Modellfehler (x-Achse) entspricht der Differenz zwischen der modellierten und der tatsächlich gemessenen Abundanz. Negative Werte entsprechen dabei einer Überschätzung durch das Modell, positive Werte geben eine Unterschätzung der tatsächlich beobachteten Abundanz wieder.

Die Ergebnisse verdeutlichen die guten Modellergebnisse. Alle Histogramme zeigen klar, dass die Modellfehler zum allergrößten Teil sehr niedrige Werte um Null annehmen und es nur einzelne Ausreißer gibt (Abb. 13). Der Median der Modellfehler liegt in allen Fällen deutlich unter der gemessenen mittleren Abundanz während der untersuchten Reise (Tabelle 6). Dies bedeutet, dass die Vorhersage des Modells in den allermeisten Fällen sehr nah an der tatsächlich gemessenen Abundanz liegt. Somit kann die Verteilung der fünf genannten Arten gut durch die ermittelten Modelle auf der Basis der ausgewählten hydrografischen Parameter beschrieben werden.



**Abb. 14.** Verteilung des Eissturmvogels während der Spezialreise im Juli/August 1999; (A) Vergleich der Rasterkarte aller Beobachtungen mit der durch das GAM auf Basis der in Tabelle 5 vermerkten hydrografischen Faktoren mit significantem Einfluss auf das Vorkommen des Eissturmvogels modellierten Interpolationskarte, (B) Modellfehler des in B dargestellten GAM auf Basis der in Tabelle 5 vermerkten hydrografischen Faktoren mit significantem Einfluss auf das Vorkommen des Eissturmvogels, (C) Vergleich der Rasterkarte mit einer durch ein GAM auf Basis der Längen- und Breitenkoordinaten modellierten Interpolationskarte.

Dies zeigt sich auch in der grafischen Darstellung der Modellergebnisse. Für alle fünf Arten wurde die modellierte Verteilung als in R 2.6.2 erstellte Interpolationskarte im Vergleich mit der Rasterkarte der tatsächlichen Beobachtungen abgebildet (Abb. 14 & Abb. 15). Zusätzlich wurde die räumliche Verteilung des Modellfehlers abgebildet. In Abbildung 5 C ist darüber hinaus ein Vergleich zwischen der Darstellung in Rasterkartenformat und im Format der Interpolationskarte abgebildet, der den Unterschied zwischen diesen beiden Abbildungsformen verdeutlichen soll. Die Interpolation erfolgte hierbei auf Basis eines GAM, in das nur die geographische Position als Erklärungsvariable einging.



**Abb. 15.** Verteilung und modellierte Verteilung der Sturmmöwe (A, B), der Trottellumme (C, D), der Flusseeeschwalbe (E, F) und der Dreizehenmöwe (G, H) während der Spezialreise im Juli/August 1999. In der linken Spalte ist jeweils die Rasterkarte der Beobachtungen dargestellt im Vergleich zur Interpolationskarte, die anhand des GAM auf Basis der ausgewählten hydrografischen Faktoren mit signifikantem Einfluss auf das Vorkommen der jeweiligen Art modelliert wurde. In der rechten Spalte ist der Modellfehler des links dargestellten GAM abgebildet.

## 5.6 Zeitliche Variation der Habitatbeziehungen

Bei einem Vergleich der Habitatbeziehungen einiger Seevogelarten zwischen den verschiedenen in Kapitel 5.2 vorgestellten Spezialreisen wurde deutlich, dass die Habitatpräferenzen zum Teil zeitlich variieren. In Abb. 16 ist die mittlere Abundanz von Eissturmvogel, Sturmmöwe, Trottellumme und Dreizehenmöwe in verschiedenen Salzgehaltsklassen für die Winterreise aus dem Jahr 1993 (in blau) und die beiden Sommerreisen aus den Jahren 1994 und 1999 (in rot) dargestellt. Der Faktor Salzgehalt bietet sich am besten für einen Vergleich zwischen verschiedenen Jahreszeiten an, da er z.B. im Vergleich zur Meeresoberflächentemperatur geringe jahreszeitliche Unterschiede zeigt. Eine Konzentration des Vogelvorkommens in Bereichen niedriger Salinität spricht deshalb immer für eine Präferenz der Kontinentalen Küstenwassermasse, eine Konzentration in Bereichen hoher Salinität für eine Präferenz der Zentralen Nordseewassermasse.

Einige Arten wie der Eissturmvogel und die Sturmmöwe zeigten während aller untersuchter Spezialreisen eine konsistente Präferenz für eine bestimmte Wassermasse und nur die Stärke der Korrelation zu dieser Habitatstruktur unterlag einer zeitlichen Variation (Abb. 16 a-f). Andere Arten wie die Trottellumme oder auch die Dreizehenmöwe zeigten nur zu einer bestimmten Jahreszeit eine Präferenz für eine bestimmte Wassermasse, in den übrigen Fällen jedoch ergab sich keine signifikante Korrelation (Abb. 16 g-l). Sehr ähnliche Ergebnisse ergab dagegen der Vergleich der beiden Sommerreisen, die zur gleichen Jahreszeit, jedoch in unterschiedlichen Jahren durchgeführt worden waren (vergleiche die Abbildungen Mitte und rechts in Abb. 16). Die zeitliche Variation von Habitatbeziehungen scheint somit am stärksten auf der Ebene der Jahreszeiten aufzutreten, während sie schwächer auf der Ebene der Jahre auftritt.

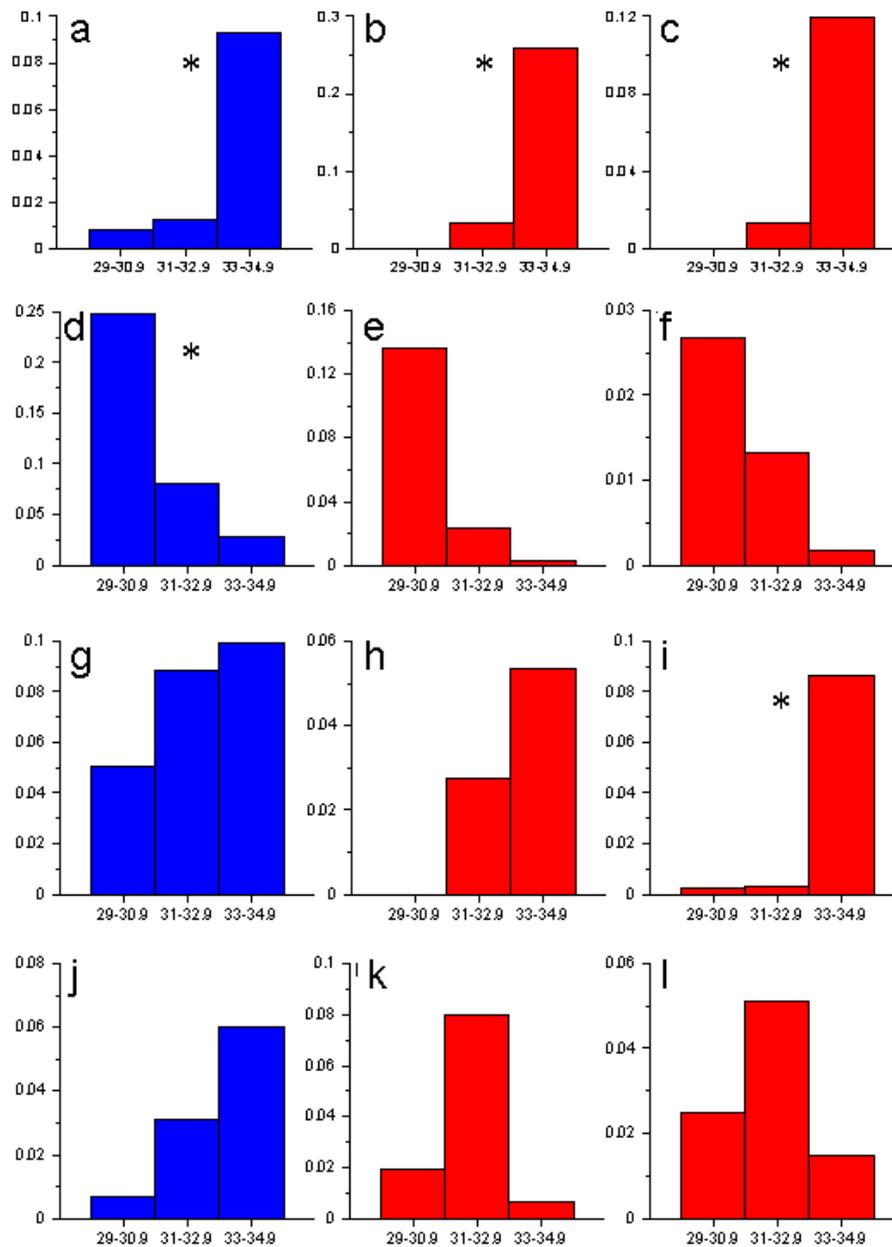


Abb. 16. Zeitliche Variation in Habitatbeziehungen ausgewählter Seevogelarten: Mittlere Abundanz von Eissturmvögeln (a-c), Sturmmöwen (d-f), Trottellummen (g-i) und Dreizehenmöwen (j-l) aufgetragen für verschiedene Klassen des Meeresoberflächensalzgehalts (SSS in psu) während einer Forschungsreise im frühen Winter 1993 (links) und zwei Reisen im Spätsommer 1994 und 1999 (Mitte bzw. rechts). \*Signifikante Unterschiede in der Abundanz zwischen den verschiedenen Salzgehaltsklassen nach Kruskal-Wallis H-Tests.

## 5.7 Wintervorkommen des Ohrentauchers *Podiceps auritus* in der Ostsee: Verbreitung, Habitatwahl, Nahrungsökologie

Der Ohrentaucher ist auf dem Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie gelistet. Im Winter hält sich mit knapp 6 % der biogeografischen Population ein auch im internationalen Kontext bedeutender Anteil in der deutschen Ostsee auf. Vor dem Hintergrund der ständig zunehmenden anthropogenen Nutzung mariner Gebiete sind umfassende Informationen zur Habitatwahl des Ohrentauchers daher unerlässlich, um eine mögliche Gefährdung der Art durch Eingriffe in die Meeresumwelt und eventuell nötige Schutzmaßnahmen frühzeitig abschätzen zu können.

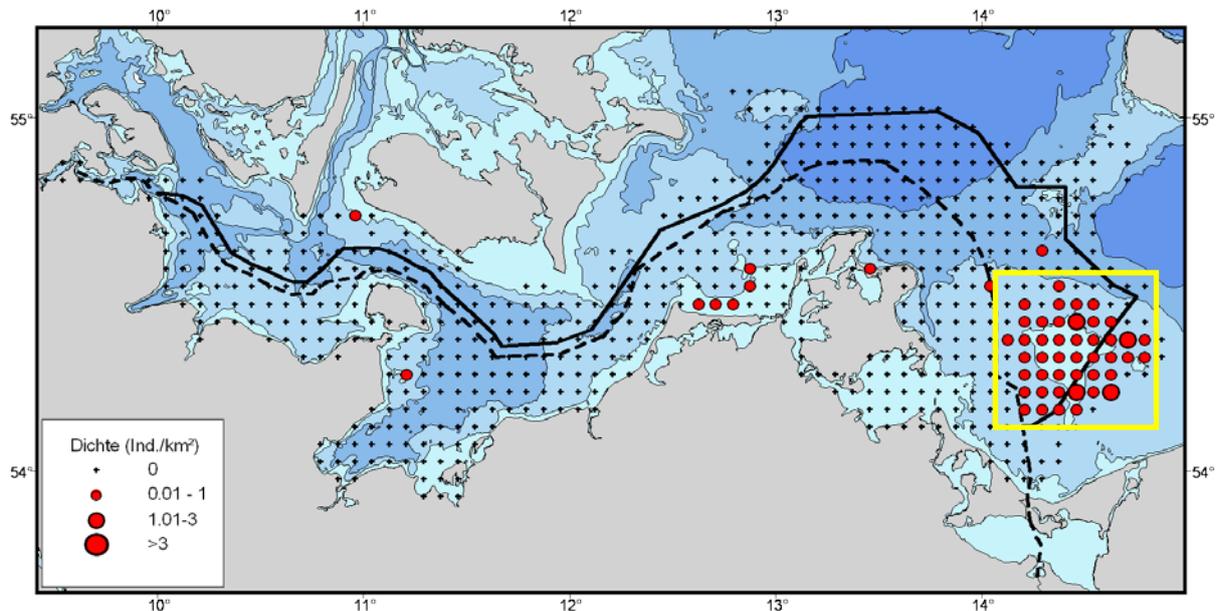
Ohrentaucher *Podiceps auritus* sind zirkumpolar auf der Nordhalbkugel verbreitet. Die Brutverbreitung erstreckt sich von Nordeuropa bis Kamtschatka und von Alaska bis Neufundland (Bauer et al. 2005). In Europa brüten 6.300 bis 11.000 Paare (BirdLife International 2004), die Schwerpunkte liegen in Russland und Fennoskandien (Abb. 17). In Deutschland brüten Ohrentaucher seit 1981 regelmäßig in geringer Anzahl (1-3 Brutpaare) in Schleswig-Holstein (Berndt et al. 2002).



Abb. 17. Verbreitung des Ohrentauchers in Europa; rot: Brutgebiete, grün: Winterverbreitung (BWPi 2004).

Bei den Bruthabitaten handelt es sich überwiegend um Binnengewässer, v.a. um kleine, meist eutrophe Seen und Teiche sowie Sumpfbereiche, z.T. auch um Krater- und Hochmoor-Seen. Den Winter hingegen verbringen Ohrentaucher an großen Binnenseen, aber auch im Küsten- und Offshore-Bereich mariner Lebensräume. In Mitteleuropa überwintern Ohrentaucher zwar regelmäßig, aber nur in geringer Anzahl im Binnenland (Fjeldså 2004, Bauer et al. 2005).

Während das Brutvorkommen in Deutschland sehr gering ist, befindet sich in den deutschen Ostsee-Gewässern ein Durchzugs- und Überwinterungsgebiet des Ohrentauchers von internationaler Bedeutung. Bis zu 1000 Individuen halten sich zeitgleich in der Pommerschen Bucht auf, das entspricht 5,5 % der biogeografischen Population (nach Wetlands International 2006). Der Verbreitungsschwerpunkt liegt dabei auf der Oderbank, einem Flachgrund im Offshore-Bereich der Pommerschen Bucht (Abb. 18).



**Abb. 18.** Verteilung des Ohrentauchers in der deutschen Ostsee (Jan-Dez 2000-2005; Seegang 0-4; Datengrundlage: Deutsche Seabirds at Sea-Datenbank Version 5.05; BfN-Projekte BALTAEWA, ERASNO, EMSO, BMU-Projekt MINOSplus – TP5). Gelber Kasten: Vorkommensschwerpunkt in der Pommerschen Bucht.

Das Auftreten des Ohrentauchers im Hauptverbreitungsgebiet im Bereich der Oderbank (gelber Kasten in Abb. 18) weist deutliche jahreszeitliche Unterschiede auf (Abb. 19). Im Herbst setzt ab Oktober der Zuzug aus den Brutgebieten in die Pommersche Bucht ein, der im November seinen Höhepunkt erreicht. Danach bildet sich der geringer ausgeprägte Winterbestand. Der Heimzug ist im Laufe des Aprils abgeschlossen, im Sommer halten sich kaum Ohrentaucher in der Ostsee auf.

Für die Habitatwahl des Ohrentauchers in der Pommerschen Bucht spielen insbesondere die Faktoren Wassertiefe und Sedimenttyp eine wichtige Rolle. Ohrentaucher halten sich im Winter dort fast ausschließlich in Gebieten mit Wassertiefen geringer als 15 Meter auf. Eine erste statistische Auswertung für den Monat November mit Hilfe eines Generalized Linear Models (GLM) in R 2.6.2 (R Development Core Team 2007) ergab einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen der Wassertiefe und der Dichte des Ohrentauchers in der Pommerschen Bucht (Abb. 20). Auch für den Monat April ergab sich ein hochsignifikanter

Zusammenhang; hierbei zeigte sich zudem, dass auch Gebiete mit Wassertiefen geringer als 8 m von Ohrentauchern häufig genutzt werden.

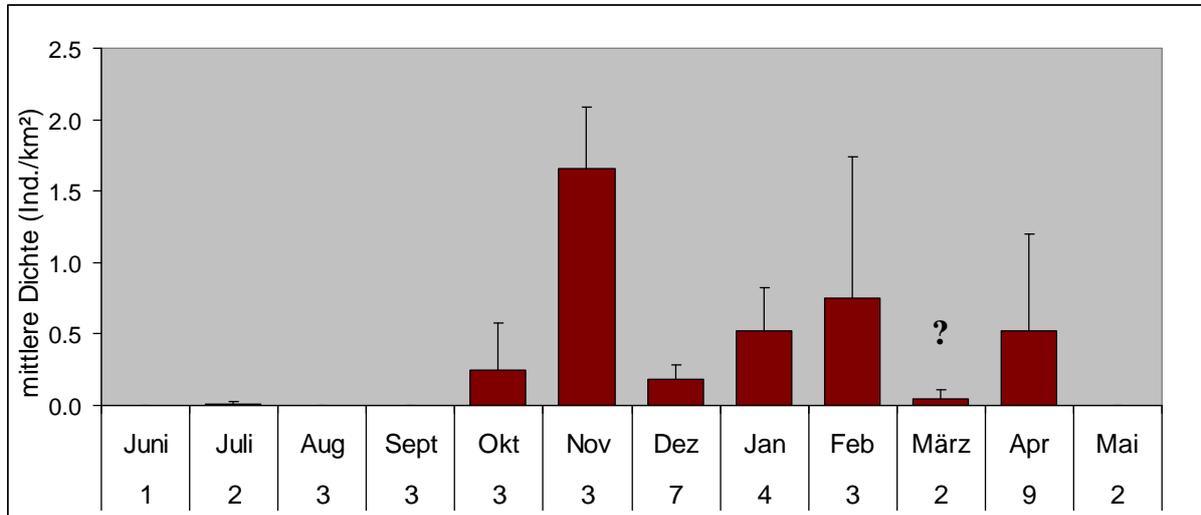


Abb. 19. Jahreszeitliches Auftreten des Ohrentauchers im Bereich der Oderbank in den Jahren 2000-2006 (Datengrundlage: Seabirds at Sea Datenbank des FTZ, Version 5.12; BfN-Projekte BALTAEWA, ERASNO, EMSON, BMU-Projekt MINOSplus – TP5). Die Zahlen auf der x-Achse geben den Kartieraufwand in Tagen pro Monat wieder. Nur Tage, an denen der Kartieraufwand im Untersuchungsgebiet mind. 5 km<sup>2</sup> betrug, wurden berücksichtigt. Im März ist die Datengrundlage zu gering für eine fundierte Aussage.

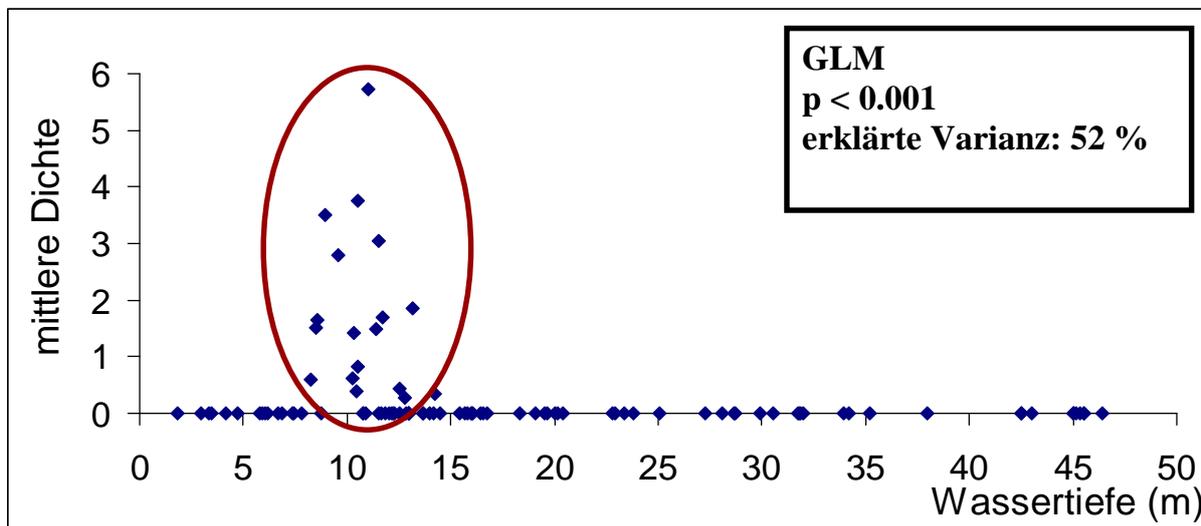


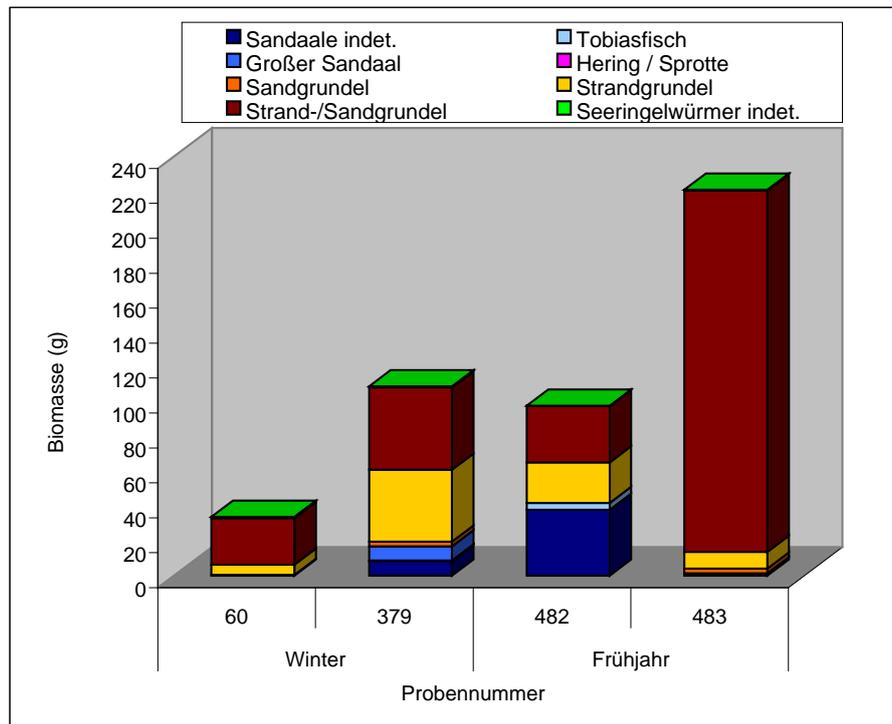
Abb. 20. Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Ohrentauchern und der Wassertiefe in der Pommerschen Bucht im November der Jahre 2000-2007 (Datengrundlage: Seabirds at Sea Datenbank des FTZ, Version 5.12; BfN-Projekte BALTAEWA, ERASNO, EMSON).

Innerhalb des präferierten Tiefenbereiches halten sich Ohrentaucher zudem bevorzugt über sandigem Sediment auf. Eine erste vorläufige Analyse für die Pommersche Bucht ergab eine deutliche Bevorzugung von Feinsand. Für November

konnten Wassertiefe und Sediment zusammen 62 % der Varianz des Vorkommens erklären (GLM). Zwischen den beiden Faktoren scheint dabei keine Interaktion zu bestehen.

Die Bedeutung des Faktors Wassertiefe könnte mit der Tauchphysiologie zusammenhängen. Je tiefer Vögel zum Nahrungserwerb tauchen müssen, desto höher sind die durch den Tauchvorgang entstehenden Energiekosten. Da im Winter hohe Energiekosten für Thermoregulation anfallen, kann insbesondere für kleine Arten wie den Ohrentaucher eine Reduktion der Energiekosten durch Minimierung der Tauchtiefe infolge des Aufsuchens von Gebieten mit geringen Wassertiefen eine Überlebensstrategie sein.

Die Bevorzugung eines bestimmten Sedimenttyps lässt sich höchstwahrscheinlich durch die Nahrung erklären. Untersuchungen der Mageninhalte von vier Ohrentauchern, die in der Pommerschen Bucht in Stellnetzen ertrunken sind, ergaben, dass die Winternahrung in diesem Gebiet von Grundeln dominiert wird, sowohl mengenmäßig als auch bezogen auf die Biomasse (Sonntag et al. 2009; Abb. 21). Neben Grundeln wurden auch Ringelwürmer (Fam. Nereidae) in z.T. großer Anzahl gefressen, bezogen auf die Biomasse spielten sie jedoch nur eine untergeordnete Rolle. Grundeln sind bodenbezogen lebende Fischarten, die bevorzugt über sandigem Sediment vorkommen. Ringelwürmer nutzen verschiedene Sedimenttypen als Lebensraum und kommen dabei auch auf Sandböden vor. In der Pommerschen Bucht scheinen Ohrentaucher daher in Gebieten mit sandigem Sediment ein gutes Nahrungsangebot und somit gute Bedingungen zum Überwintern vorzufinden.



**Abb. 21. Bedeutung verschiedener Beutekategorien in der Nahrung von Ohrentauchern in der Pommerschen Bucht. Dargestellt sind die absoluten Biomassen (in g) der wichtigsten Beutekategorien pro untersuchtem Ohrentaucher (aus Guse et al. 2008).**

## 5.8 Einfluss hydrografischer und meteorologischer Faktoren auf das Vorkommen von Seevögeln bei Helgoland

Der Einfluss hydrografischer und meteorologischer Faktoren auf räumlich-zeitliche Muster in der Abundanz von Seevögeln wurde in einem Untersuchungsgebiet der südöstlichen Nordsee analysiert. Wir gehen davon aus, dass die hydrografischen Faktoren die Nahrungshabitate von Seevögeln bedingen, während meteorologische Faktoren vor allem die Flugbedingungen während der Nahrungssuche und des aktiven Zugs beeinflussen. Ungünstige Bedingungen verursachen hohe Flug-Energiekosten und beeinträchtigen damit die Bereitschaft der Vögel, längere Strecken zurückzulegen (Haney & Lee 1994).

Das Untersuchungsgebiet ist ein intensiv beprobtes Seegebiet östlich der Insel Helgoland in der Übergangszone zwischen der Zentralen Nordseewassermasse und der Kontinentalen Küstenwassermasse. Zwischen 1990 und 2007 wurde die Abundanz von Seevögeln hier im Rahmen von standardisierten Seabirds at Sea Zählungen an 407 über den Jahresverlauf und den mehrjährigen Untersuchungszeitraum verteilten Tagen erfasst. Mit 93% wurde der Großteil aller auf Artniveau bestimmten Seetaucher, die im Transekt beobachtet wurden (n = 363 Individuen), als Sterntaucher (*Gavia stellata*) angesprochen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung können deshalb auf den Sterntaucher bezogen werden.

Daten zu verschiedenen meteorologischen Parametern wurden vom Deutschen Wetterdienst (DWD) für die Station Helgoland zur Verfügung gestellt. Tägliche Messwerte der Meeresoberflächensalinität und Meeresoberflächentemperatur von der langjährigen Messstation Helgoland-Reede stammen von der Helgoländer Station des Alfred-Wegener-Instituts (AWI; Wiltshire & Manly 2004, Franke et al. 2004).

Für Meeresoberflächensalinität (SSS) und Meeresoberflächentemperatur (SST) wurde die Abweichung dieser Parameter von durchschnittlichen Werten betrachtet. Dazu berechneten wir für jeden Datenpunkt den über die Jahre gemittelten Wert für den betreffenden Tag und definierten die Differenz des aktuellen Messwertes zu diesem langjährigen Mittel als „SSS Anomalie“ und „SST Anomalie“. Die SST Anomalie gibt dabei Auskunft über wärmere und kältere Jahre. SSS Anomalien weisen auf den Einfluss der Kontinentalen Küstenwassermasse (s. oben; SSS-Werte geringer als durchschnittlich) bzw. der Zentralen Nordseewassermasse (SSS-Werte höher als durchschnittlich; siehe auch Loewe et al. 2006).

Folgende abiotische Variablen gingen als Ausgangsdatensatz in das Modell ein:

- Absoluter Luftdruck
- Änderung des Luftdruckes vor dem Beobachtungstag
- Änderungen des Luftdruckes während des Beobachtungstags

- Landwind – Seewind – Komponente: Windgeschwindigkeit und -richtung (Windfeld)
- Temperaturdifferenz zwischen Meeresoberfläche und Atmosphäre
- Anomalie der Meeresoberflächentemperatur (SST)
- Anomalie der Meeresoberflächensalinität (SSS)

Die Abhängigkeit der Vogelabundanz von den o.g. Parameter wurde für 10 Vogelarten für die Jahreszeiten Herbst(zug) und Winter anhand von Generalized Additive Models (GAMs) ermittelt. Die Modellauswahl erfolgte mit Hilfe der Backwards-Selektion.

**Tabelle 7: Signifikanz der Einflüsse verschiedener abiotischer Faktoren auf die Vogelabundanz in einem Untersuchungsgebiet östliche Helgolands während der Monate August und September. Die Auswertungen basieren auf 95 Zähltagen von 1990 bis 2006. - = Faktor nicht signifikant, \* = Faktor signifikant auf dem 95 % Niveau, \*\* = Faktor signifikant auf dem 99 % Niveau, \*\*\* = Faktor signifikant auf dem 99.9 % Niveau. L = Lachmöwe, ST = Sturmmöwe, H = Heringsmöwe, SI = Silbermöwe, MM = Mantelmöwe, D = Dreizehenmöwe, BS = Brandseeschwalbe, FK = Fluss/Küstenseeschwalbe.**

	L	ST	H	SI	MM	D	BS	FK
Absoluter Luftdruck	***	-	-	-	-	-	-	**
Luftdruckänderung I	***	***	***	-	-	***	***	-
Luftdruckänderung II	-	-	-	-	-	***	-	-
Windfeld (Richtung und Stärke)	**	-	-	**	*	*	**	*
Temperaturdifferenz Meeresoberfläche - Atmosphäre	**	-	***	-	**	-	*	-
SST Anomalie	-	***	-	*	*	***	-	*
SSS Anomalie	**	-	**	-	**	-	***	-
erklärte Varianz	69.1%	29.7%	42.6%	20.1%	41.6%	65.2%	46.7%	23.8%

Sowohl für die Hauptzugmonate August und September als auch die Wintermonate ergab sich, dass sowohl eine Reihe meteorologischer als auch die beiden hydrografischen Faktoren einen signifikanten Einfluss auf die Häufigkeit der acht untersuchten Vogelarten(gruppen) hatten (Tabelle 7, Tabelle8). Die Luftdruckänderungen dürften dabei vor allem für den aktiven Zug und räumliche Verlagerungen der Arten eine wichtige Rolle spielen, die hydrografischen Parameter für die Nahrungssuche im offenen Meer.

Auf die Abundanz der Seetaucher bei Helgoland im Winter hatten die Luftdruckänderung vor dem Beobachtungstag und die Luftdruckänderung während des Beobachtungstags einen signifikanten Einfluss (Tabelle 8). Ein hoher Vorhersagefehler des Modells und eine geringe Korrelation zwischen den beobachteten und vorhergesagten Werten deuten jedoch daraufhin, dass die Modellergebnisse mit Vorsicht interpretiert werden müssen. Einzelne hohe Abundanzwerte hatten einen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse der Modellauswahl und Modellvalidierung.

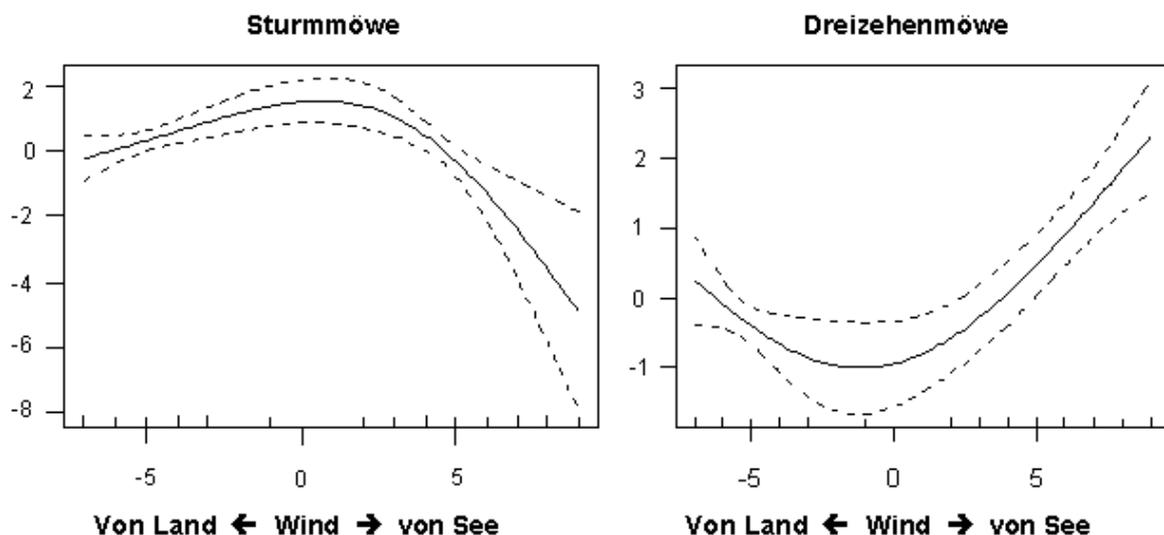
**Tabelle 8: Signifikanz der Einflüsse verschiedener abiotischer Faktoren auf die Vogelabundanz in einem Untersuchungsgebiet östliche Helgolands während der Wintermonate November bis Februar. Die Auswertungen basieren auf 84 Zähltagen von 1990 bis 2007. - = Faktor nicht signifikant, \* = Faktor signifikant auf dem 95 % Niveau, \*\* = Faktor signifikant auf dem 99 % Niveau, \*\*\* = Faktor signifikant auf dem 99.9 % Niveau. STR = Sterntaucher, Z = Zwergmöwe, ST = Sturmmöwe, SI = Silbermöwe, MM = Mantelmöwe, D = Dreizehenmöwe, TL = Trottellumme, TA = Tordalk.**

	STR	Z	ST	SI	MM	D	TL	TA
Absoluter Luftdruck	-	**	-	-	-	-	***	-
Luftdruckänderung I	*	***	-	-	-	*	-	-
Luftdruckänderung II	*	***	*	***	*	***	-	-
Windfeld (Richtung und Stärke)	-	-	***	*	*	***	-	-
Temperaturdifferenz Meeresoberfläche - Atmosphäre	-	**	-	***	*	-	-	-
SST Anomalie	-	**	-	***	-	***	***	-
SSS Anomalie	-	***	-	-	-	-	-	*
erklärte Varianz	17.7%	78.8%	31.2%	71.5%	25.1%	73.4%	47.5%	14.4%

Der Einfluss des Windfelds auf die Abundanz der verschiedenen Seevogelarten ist exemplarisch in Abb. 22 dargestellt. Ablandiger Wind hatte im Untersuchungsgebiet während der Wintermonate einen negativen Effekt auf die Abundanz der Dreizehenmöwen, auf die Abundanz der Sturmmöwen jedoch einen positiven Effekt. Bei Verhältnissen, in denen der Wind von See kam, nahm die Abundanz der Dreizehenmöwen zu, während die der Sturmmöwen abnahm. Diese Ergebnisse zeigen sehr deutlich den Einfluss einer Habitatbindung von Vogelarten an verschiedene Wassermassen, deren Verteilung stark vom Windfeld beeinflusst wird. Aus früheren Untersuchungen ist bekannt, dass Sturmmöwen eine Assoziation zur Kontinentalen Küstenwassermasse zeigen, während die pelagisch orientierten

Dreizehenmöwen im Winter eine deutliche Assoziation zur Zentralen Nordseewassermasse zeigen (Garthe 1997, Markones 2007).

Ein signifikanter Einfluss von meteorologischen Variablen auf das Vorkommen von Seevögeln muss bei der Konzeption von Erfassungsprogrammen berücksichtigt werden. Um ein vollständiges Bild der Verteilungsmuster abbilden zu können, müssen Seevogelerfassungen während verschiedener Wetterszenarien durchgeführt werden. Flugsurveys werden nur bei guten Wetterbedingungen und geringem Seegang durchgeführt, da die Entdeckbarkeit der Vögel bei rauherem Seegang durch die Bildung von Schaumkronen erschwert wird. Diese Bedingungen treten vor allem im Rahmen von Passagen hohen Luftdrucks – oft in Verbindung mit östlichen Winden – auf, die wiederum die Abundanz von Seevögeln beeinflussen und oftmals Zugbewegungen auslösen (Hüppop et al. 2006). Die Repräsentativität dieser Erfassungen muss deshalb insbesondere für Arten geprüft werden, deren Abundanz stark von meteorologischen Faktoren gesteuert wird. In diesen Fällen ist eine Ergänzung des Erfassungsprogramms durch weniger windabhängige schiffsgestützte Erfassungen zu empfehlen.



**Abb. 22. GAM smoothing curves: Einfluss des Windfelds auf die Abundanz von Sturmmöwen und Dreizehenmöwen im Untersuchungsgebiet östlich Helgolands während der Wintermonate November - Februar. Die Auswertungen basieren auf 84 Zähltagen von 1990 bis 2007. Die Abundanz ist als Funktion des Windfelds dargestellt. Die gestrichelten Linien geben die 95 % Konfidenzintervalle um den Haupteffekt wieder. Sturmmöwe:  $F = 6.368$ ,  $p < 0.001$ ; Dreizehenmöwe:  $F = 18.572$ ,  $p < 0.0001$ .**

## 5.9 Einfluss von Schiffsverkehr auf Seetauchervorkommen

Der permanente und kurzfristige Einfluss von Schiffsverkehr auf das Seetauchervorkommen wurde im Bereich der Hauptschifffahrtsroute (Verkehrstrennungsgebiet) vor der ostfriesischen Küste untersucht. Dazu wurde basierend auf AIS-Daten eine Auswertung zur Untersuchung des generellen Einflusses von Schiffsverkehrsintensitäten auf Seetauchervorkommen und zusätzlich eine Auswertung zur unmittelbaren Scheuchwirkung einzelner Schiffe durchgeführt.

Das AIS (Universal Shipborne Automatic Identification System) ist ein automatisches Schiffsidentifikationssystem, mit dessen Hilfe sich Schiffe sofort über Identität, aktuelle Fahrdaten und Manöver anderer Schiffe informieren können, die dieses System ebenfalls installiert haben. Zusätzlich ergeben sich neue Möglichkeiten zur Überwachung des Verkehrsgeschehens über AIS-Landstationen.

Zur Untersuchung des generellen Einflusses von Schiffsverkehrsintensitäten wurden auf Basis von AIS-Daten Gebiete hohen, mittleren und geringen Schiffsverkehrs im Bereich des Verkehrstrennungsgebietes nördlich der ostfriesischen Inseln identifiziert. Für die Auswertungen wurden zusätzlich zu den zwei Schifffahrtsstraßen fünf Referenzgebiete gewählt. Eins liegt in der Zone zwischen den Verkehrstrennungsgebieten, jeweils zwei schließen sich nördlich und südlich der Verkehrszonen an. Jeder der sieben Zonen wurde eine der drei Störklasse zwischen 0 (wenig Schiffe) und 2 (viele Schiffe) zugewiesen.

Für die Analysen wurden Daten von drei Flugtagen aus dem Frühjahr 2002 und 2006 ausgewertet, die gezielt zur Erfassung des Einflusses von Schiffsverkehr auf das Vorkommen von Seetauchern durchgeführt worden waren.

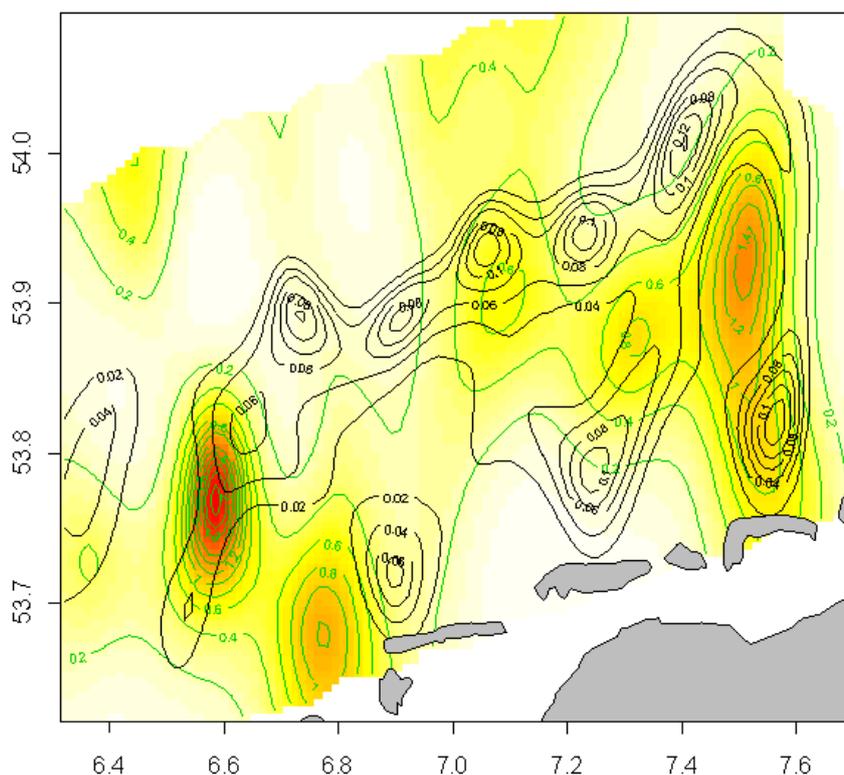
Mit einem Generalized Linear Mixed Model (GLMM; z.B. Faraway 2006) wurde der Einfluss von Wassertiefe (hier auch als Maß für die Küstenentfernung verwendet) und Störungskategorie auf die Verteilung von Seetauchern getestet. Dabei zeigte sich, dass die permanente Störung durch hohe Schiffsverkehrsintensität einen signifikanten negativen Einfluss auf die Abundanz von Seetauchern hatte ( $p < 0.001$ ). Mit zunehmender Schiffsintensität wurden also signifikant weniger Seetaucher erfasst. Der Einfluss der Störungskategorie auf das Seetauchervorkommen war dabei größer als der des Umweltfaktors Wassertiefe.

In einer zweiten Auswertung wurde im gleichen Gebiet eine Auswertung zur unmittelbaren Scheuchwirkung einzelner Schiffe durchgeführt. Hier flossen alle Flugtage im Frühjahr ab dem Jahr 2002 ein. Bei den Erfassungen wurden gleichzeitig Seetaucher und Schiffe erfasst. Da aus anderen Untersuchungen bekannt ist, dass Seetaucher eine Fluchtdistanz von etwa 2 km haben können, wurden die Daten auf Basis eines 2x2 km Rasters zusammengefasst.

Anhand von Generalized Additive Models (GAMs) wurden zunächst die Konzentrationsgebiete von Seetauchern und Schiffen visualisiert. Dabei zeigte sich, dass hohe Abundanzen von Seetauchern räumlich nicht mit den Gebieten intensivsten Schiffsverkehrs überlappten (Abb. 23).

Mit einem weiteren GAM wurde der Einfluss der Schiffs-Abundanzen und der Wassertiefen auf die Verteilung der Seetaucher untersucht.

Die Analyse ergab, dass die Abundanz der Schiffe einen signifikanten negativen Einfluss auf das Vorkommen der Seetaucher hatte ( $p < 0.01$ ). Je mehr Schiffe unterwegs waren, desto weniger Seetaucher wurden also beobachtet. Auch bei dieser Auswertung hatte der Schiffsverkehr einen größeren Effekt auf die Seetaucherabundanzen als die Wassertiefe.



**Abb. 23.** Konzentrationsgebiete von Seetauchern (bunte Konturen) und Schiffen (schwarze Konturlinien) im Bereich des Verkehrstrennungsgebietes vor der ostfriesischen Küste (Datengrundlage: Seabirds at Sea Datenbank des FTZ, Version 5.12; BMU-Projekte MINOS – TP5 und MINOSplus – TP5).

## 5.10 Einfluss von Strömungsgeschwindigkeit, Wassertiefe und Kolonieentfernung auf Verbreitung und Nahrungssuche von Seeschwalben im Wattenmeer

Seevögel haben verschiedene Techniken, um Nahrung aufzunehmen. Neben verschiedenen Techniken des Tauchens erbeutet eine Reihe von Seevögeln ihre Nahrung ausschließlich auf oder dicht unter der Wasseroberfläche. Dazu gehören auch Seeschwalben im deutschen Wattenmeer. Im Gegensatz zu tauchenden Arten können Seeschwalben also einen großen Teil der Wassersäule als Nahrungshabitat nicht nutzen. Daher sind sie auf biologische oder physikalische Prozesse angewiesen, welche die Nahrungsverfügbarkeit an der Wasseroberfläche beeinflussen. So ist zu vermuten, dass hohe Strömungsgeschwindigkeiten Verwirbelungen erzeugen und dabei potentielle Nahrung nah an die Wasseroberfläche befördert wird. Des Weiteren beeinflusst die Wassertiefe die biologische Produktivität: In flacheren Bereichen ist die Produktivität höher, und somit ist eine höhere Zahl potentieller Beuteorganismen zu erwarten. Auch die Lage der Brutkolonie ist ein wichtiger Faktor, der das Nahrungssuchverhalten von Seevögeln beeinflusst (Seeschwalben entfernen sich während der Brutzeit nur wenige Kilometer von ihrer Kolonie). Darüber hinaus sind Flussmündungen in der Regel Gebiete, in denen zahlreiche Fische vorkommen.

In dieser Studie wurde daher der Einfluss der Parameter (1) Strömungsgeschwindigkeit des Wassers, (2) Wassertiefe, (3) Koloniedistanz sowie (4) Distanz zum nächstgelegenen Flussästuar auf die Verbreitung fressender Seeschwalben untersucht.

Dazu wurden über mehrere Jahre schiffsbasierte Daten zum Verhalten und zur Verbreitung von Flusseeeschwalben (*Sterna hirundo*) und Küstenseeschwalben (*Sterna paradisaea*) erhoben. Mit Hilfe von statistischer Modellierung (Generalized Additive Models) wurden die Verbreitungsmuster der Nahrung suchenden Seeschwalben mit den oben genannten Parametern verschnitten. Die Daten zur Strömungsgeschwindigkeit wurden vom BSH zur Verfügung gestellt. Außerdem wurden Küstenseeschwalben in einer Brutkolonie am Eidersperrwerk beobachtet: Die Zeit zwischen Verlassen der Brutkolonie und dem ersten Versuch Beute aufzunehmen wurde gemessen und mit verschiedenen Phasen des Tidezyklus in Verbindung gebracht.

Die Zeit bis zum ersten Versuch der Beuteaufnahme war am kürzesten bei auf- und ablaufendem Wasser, also zu Zeiten höchster Strömungsgeschwindigkeiten. Im Gegensatz dazu dauerte es während Hochwasser am längsten bis die Seeschwalben den ersten Jagdversuch unternahmen. Zudem flogen in dieser Zeit viele Tiere über den Deich Richtung Binnenland, um im Fluss zu fressen. Die höchsten Dichten Nahrung suchender Seeschwalben auf See wurden an Orten

höchster Strömungsgeschwindigkeiten gefunden. Diese lagen vor allem zwischen den Inseln, innerhalb der großen Prielsysteme. Hier wurden besonders die flachen Bereiche zur Nahrungsaufnahme genutzt. Die Dichte Nahrung suchender Seeschwalben zeigte eine negative Abhängigkeit von der Koloniedistanz. Die Entfernung zum nächstgelegenen Flussästuar hatte keinen Einfluss auf die Abundanz Nahrung suchender Seeschwalben.

Die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten treten immer wieder in den gleichen Gebieten im Wattenmeer auf. Für Seeschwalben bieten diese Gebiete daher eine verlässliche und vorhersagbare Nahrungsquelle. Seeschwalbenkolonien liegen meist in geringer Entfernung zu diesen Gebieten. Allerdings ist für die Wahl des Brutstandortes natürlich nicht nur eine nah gelegene Nahrungsquelle von Bedeutung, sondern es sind auch die Gegebenheiten in der Brutkolonie (z.B. potentielle Prädatoren, Beschaffenheit der Vegetation, Konkurrenz um Brutplatz etc.) relevant. Unsere Studie legt aber nahe, dass Standorte für Brutkolonien auch in möglichst großer Nähe zu Orten mit vorhersagbar guter Nahrungsverfügbarkeit etabliert werden.

Die Ergebnisse dieser Studie machen die Bedeutung biologisch-physikalisch gekoppelter Prozesse im Wattenmeer deutlich. Kleinskalige physikalische Phänomene, wie Verwirbelungen durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten und die Beschaffenheit des Meeresbodens können die Nahrungsverfügbarkeit von Seevögeln, die an der Wasseroberfläche fressen, stark beeinflussen.

### 5.11 Nahrungswahl der Heringsmöwe in der Nordsee

Die Heringsmöwe *Larus fuscus* ist eine typische oberflächennah fressende Seevogelart der Deutschen Bucht. Ihre Verbreitung liegt schwerpunktmäßig im Offshore-Bereich (Camphuysen 1995, Garthe 1997). Die Anzahl der Brutpaare entlang der deutschen Nordseeküste hat in den letzten 20 Jahren stark zugenommen (Garthe et al. 2000). Der Trend ist den letzten Jahren in Deutschland entlang der Nordseeküste weiter positiv bzw. scheint sich an einigen Brutstandorten auf diesem hohen Stand stabilisiert zu haben (B. Hälterlein mündl.).

Die Hauptnahrung dieser Möwenart besteht vielerorts überwiegend aus Fisch und Krebstieren (Noordhuis & Spaans 1992, Dierschke & Hüppop 2003, Kubetzki & Garthe 2003), wobei Fisch zumeist küstenfern auf natürliche Weise oder hinter Fischkuttern erbeutet wird und Krebstiere, hauptsächlich Schwimmkrabben (*Liocarcinus holsatus*), eher küstennah aufgenommen werden (Schwemmer & Garthe 2005, Dries 2007).

Neueste Untersuchungen der Nahrung von Heringmöwen in einer Kolonie auf Amrum aus dem Jahr 2006 zeigten, dass in bis zu 75% der untersuchten Speiballen (= unverdauliche Nahrungsreste, die von Möwen wieder hervorgewürgt werden) Schwimmkrabben enthalten waren. Vergleiche mit älteren Studien zeigten, dass der Anteil von Schwimmkrabben in der Nahrung bis 1997 kontinuierlich zunahm und seitdem auf diesem hohen Niveau stabil war (Schwemmer & Garthe 2005). Diese Zunahme in der Nahrung ging einher mit einer generellen Zunahme von Schwimmkrabben in der Deutschen Bucht (Dries 2007).

**Tabelle 9: Prozentualer Anteil der Nahrungsbestandteile in Speiballen von Heringsmöwen auf Amrum während verschiedener Phasen des Brutgeschäftes im Jahr 2006.**

Nahrungsbestandteile	Nahrungszusammensetzung (%)	
	Inkubation	Aufzucht
Schwimmkrabben	52,0	57,1
Fisch	4,9	13,9
Insekten	16,1	8,6
Regenwürmer	12,2	6,9
Eier	1,7	4,3
Müll	3,8	2,4
Getreide	0,2	2,3
Säuger	1,7	1,7
Muscheln	1,6	1,5
Polychaeten	4,1	1,1
Vögel	1,0	0,0
andere Krabben	0,6	0,0

Semiquantitative Analysen der in den Speiballen von Amrum enthaltenen Nahrungskomponenten ergaben, dass Schwimmkrabben bis zu 57 % der Nahrung von Heringsmöwen ausmachten (siehe Tabelle 9). Andere häufige Nahrungskomponenten waren Insekten (16 %), Fisch (13 %) und Regenwürmer (12 %). Daran ist zu erkennen, dass Schwimmkrabben zumindest für Heringsmöwen auf Amrum eine der wichtigsten Nahrungsquellen darstellen.

Anhand des Energiebedarfs einer Heringsmöwe, dem Energiegehalt der Schwimmkrabben und der semiquantitativen Analyse der Nahrungsbestandteile in Speiballen konnte erstmalig die Anzahl der von allen Heringsmöwen der Kolonie Amrum gefressenen Schwimmkrabben berechnet werden. Die vorläufige Analyse ergab, dass die 20.326 Heringsmöwen während der Brutzeit (also die Individuenzahl der Brutvögel dieser Kolonie) im Jahr 2006 mindestens 32 Mio. Schwimmkrabben gefressen haben, davon 14 Mio. während der Inkubationsphase und ca. 18 Mio. während der Aufzuchtphase (Dries et al. in Vorb.). Diese Anzahl an Schwimmkrabben entspricht ca. 4,5 % aller in dem Gebiet um Amrum geschätzt vorkommenden Schwimmkrabben.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Heringsmöwe eine hauptsächlich pelagisch fressende Art ist, die in einzelnen Gebieten sehr stark auf eine Beuteart spezialisiert sein kann. Anhand des Bioenergetischen Modells konnte gezeigt werden, dass die Heringsmöwe sehr wahrscheinlich keinen Top-down Einfluss auf die Schwimmkrabben ausübt. Eine bottom-up Kontrolle seitens der Schwimmkrabben und dadurch eine weitere Zunahme der Heringsmöwenpopulation wären aber durchaus möglich.

## 5.12 Nahrungswahl von Lappentauchern in der Pommerschen Bucht

Aus der Familie der Lappentaucher (Podicipedidae) halten sich die drei Arten Haubentaucher *Podiceps cristatus*, Rothalstaucher *Podiceps grisegena* und Ohrentaucher *Podiceps auritus* regelmäßig in den deutschen Ostseegewässern auf. Nach Verlassen ihrer limnischen Brutgebiete erreichen sie das Gebiet im Spätsommer oder Herbst auf dem Durchzug. Etwa 8500 Haubentaucher, 750 Rothalstaucher und 1000 Ohrentaucher überwintern auf der deutschen Ostsee (Mendel et al. 2008). Dabei weisen die drei Arten deutliche Unterschiede in ihren Verbreitungsmustern auf (Fig. 1). Hauben- und Rothalstaucher sind weiträumig verteilt, doch während erstere auf die Küstengewässer und Bodden beschränkt sind, kommen Rothalstaucher auch in den küstenfernen Offshore-Gewässern vor. Ohrentaucher haben ihren Verbreitungsschwerpunkt in der Pommerschen Bucht im Bereich der Oderbank. In der westlichen Ostsee überwintern nur wenige Individuen.

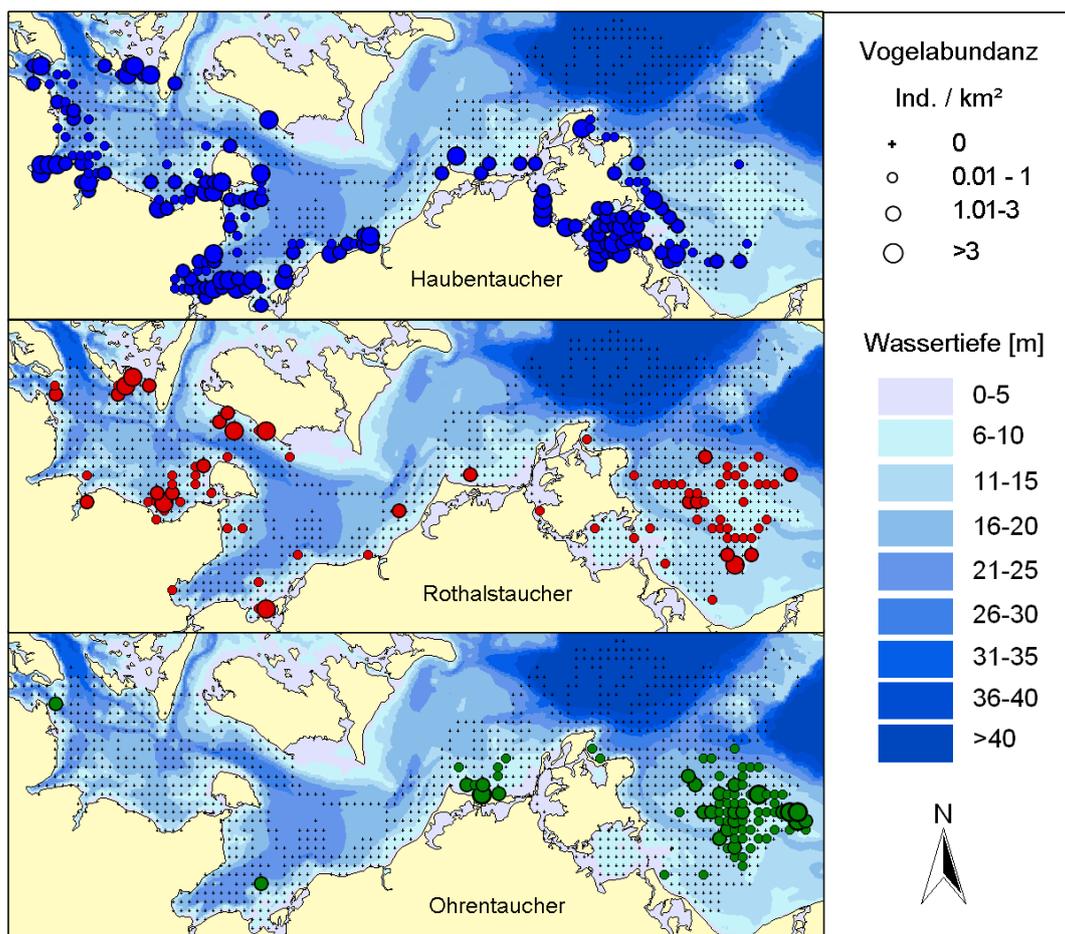


Abb. 24. Verbreitung von Lappentauchern in der deutschen Ostsee im Winter (Dezember bis Februar), basierend auf Schiffstransektzählungen der Jahre 2000-2008 (Datenquelle: Seabirds at Sea Datenbank des FTZ, Version 5.12; BfN-Projekte BALTAEWA, ERASNO, EMSON, BMU-Projekt MINOSplus – TP5). Die Vogelabundanz wurde als Anzahl Tiere pro untersuchter Fläche berechnet und ist in Rastern von 2x3 geographischen Minuten dargestellt (Rastergröße ca. 12 km<sup>2</sup>).

## Methodik der Nahrungsanalysen

In der Pommerschen Bucht werden regelmäßig Lappentaucher und andere Vogelarten in der Stellnetzfisherei auf Dorsch und Zander, die besonders intensiv in den Küstengewässern von Rügen und Usedom sowie im Greifswalder Bodden ausgeübt wird, beigefangen und ertrinken (Schirmeister 2003). Einige dieser Stellnetzopfer stehen für Nahrungsanalysen zur Verfügung.

An 20 Haubentauchern, 23 Rothalstauchern und 4 Ohrentauchern, die in Ahlbeck an der Küste Usedom angelandet wurden, wurden Untersuchungen des Mageninhaltes durchgeführt. Die Stichproben enthielten männliche und weibliche Tiere unterschiedlicher Altersklassen, die fast alle in guter körperlicher Verfassung mit kräftiger Flugmuskulatur und stark ausgeprägten Fettdepots waren (Tabelle 10).

**Tabelle 10: Probenmaterial Lappentaucher für Nahrungsuntersuchungen: Fundzeitraum, Alter, Geschlecht und Körperkondition der analysierten Tiere. ♂ Männchen, ♀ Weibchen. Die Bestimmung der Körperkondition erfolgte nach van Franeker (2004).**

		Herbst (Okt. - Nov.)		Winter (Dez. - Feb.)		Frühjahr (Mrz. - Apr.)		Körper- kondition
		♂	♀	♂	♀	♂	♀	
Haubentaucher (N = 20)	adult		2	5				17 x gut 3 x mäßig
	immatur		1	4	2			
	?			5	1			
Rothalstaucher (N = 23)	adult					4	8	21 x gut 2 x mäßig
	immatur		1	1	2	3	4	
	?							
Ohrentaucher (N = 4)	adult					1		3 x gut 1 x mäßig
	immatur				1	1		
	?				1			

Den Tieren wurden Magen und Darm entnommen und diese bis zur weiteren Analyse eingefroren. Dazu wurden die Proben geöffnet und der Inhalt sorgfältig ausgespült. Nahrungsreste wurden aussortiert und getrocknet bzw. in Ethanol eingelegt. Die Bestimmung der Beutereste erfolgte stets bis auf das

niedrigstmögliche Taxon. Fische wurden anhand von Otolithen (Gehörsteine), Prämaxillen (Teile des Oberkiefers), Wirbeln, Gaskammern, Rücken- oder Bauchstacheln mit Hilfe von Härkönen (1986), Leopold et al. (2001), Watt et al. (1997) und einer Vergleichssammlung bestimmt. Teilweise konnten die Überreste nur auf Familienniveau und in sehr wenigen Fällen nur als unbestimmte Fische angesprochen werden. Wirbellose Tiere wurden anhand von Kieferzangen (Seeringelwürmer), Carapax-Elementen (Krebstiere) oder chitinösen Teilen des Exoskeletts (Insekten) bestimmt. Die kleinste definitive Anzahl der jeweiligen Beutekategorie wurde unter Berücksichtigung aller vorhandenen Beutereste bestimmt. Paarig vorkommende Strukturen (Otolithen, Kiefer, Stacheln) wurden dabei anhand von Größe, Gestalt, Farbe und Abnutzung einander zugeordnet. Bei Insekten war die Bestimmung der Anzahl meist nicht möglich, da es sich oftmals nur um sehr kleine Bruchstücke handelte.

Anhand von Otolithen, Stichlings-Stacheln und Kiefern der Seeringelwürmer konnte durch Messung der Objektlänge und/oder -breite die Größe und Biomasse der aufgenommenen Beutetiere berechnet werden. Für die meisten Fischarten stammten entsprechende Regressionen zur Berechnung der Gesamtlänge der Fische aus der Otolithenlänge bzw. -breite sowie die meisten Längen-Gewichts-Beziehungen von Leopold et al. (2001). Die Daten für die Berechnung der Stichlingsgrößen anhand ihrer Stacheln stammten von M.F. Leopold (unveröff.), die Längen-Gewichts-Beziehungen von Thiel (1990). Die Längen-Gewichts-Beziehung für Kaulbarsche stammte von Hahn (1981), diejenige für Zander basierte auf Daten von Hahlbeck & Müller (2003). Regressionen für Ringelwürmer wurden Debus und Winkler (1998) entnommen. Bei den Otolithen und Stichlings-Stacheln wurde eine Korrektur für Abnutzungserscheinungen wie bei Guse et al. (2009) beschrieben, vorgenommen.

Insbesondere die Otolithen von Grundeln und Sandaalen können oftmals nicht auf Artniveau bestimmt werden, so dass für die unbestimmten aber messbaren Otolithen jeweils die Regressionsformel derjenigen Sandaal- bzw. Grundelart herangezogen wurde, welche am häufigsten bei der jeweiligen Vogelart auf Artniveau bestimmt werden konnte. Fische, die nicht wenigstens auf Familienniveau bestimmt werden konnten, sowie Krebstiere und Insekten wurden nicht in die Berechnung der Biomasse einbezogen.

Nur im Falle der Hauben- und Rothalstaucher war eine ausreichend große Stichprobe vorhanden, die einen Vergleich zwischen beiden Arten ermöglichte. Mögliche Unterschiede zwischen verschiedenen Altersgruppen oder Geschlechtern einer Art blieben dabei jedoch unberücksichtigt. Für den Vergleich von Anzahl und Biomasse verschiedener Beutekategorien zwischen beiden Lappentaucherarten wurde ein Generalized Linear Model mit *quasibinomial* als zugrunde liegender Linkfunktion angewandt. Fischlängen wurden mit einem Linear Mixed Effect Model in Kombination mit einer ANOVA verglichen. Dabei ging jede Magenprobe als *random factor* in das Model ein. Alle Auswertungen erfolgten mit Version 2.8.1 der Statistiksoftware R (R Development Core Team 2008).

## Ergebnisse

### Nahrungsspektrum

Fische waren die dominierende Beutegruppe im Nahrungsspektrum aller drei Lappentaucherarten (Abb. 25). Ihr Anteil an der Gesamtzahl konsumierter Beutetiere betrug 69,1 % beim Haubentaucher, 85,2 % beim Rothalstaucher und 76,1 % beim Ohrentaucher. Polychaeten (Seeringelwürmer) machten mit jeweils 30,7 %, 14,5 % und 23,0 % den zweitgrößten Anteil aus. Krebstiere spielten nur eine sehr geringe Rolle im Nahrungsspektrum, mit einem Anteil von weniger als einem Prozent bei allen drei Lappentaucherarten. Der Unterschied in der Nahrungszusammensetzung zwischen Hauben- und Rothalstaucher war statistisch signifikant ( $p = 0,006$ ).

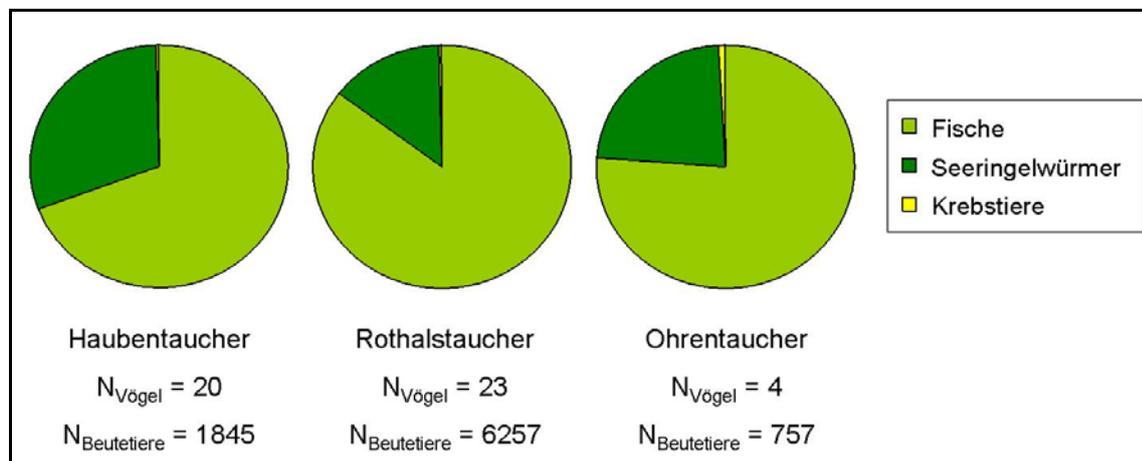


Abb. 25. Nahrungszusammensetzung von Lappentauchern aus der Pommerschen Bucht.

In den insgesamt analysierten 47 Vögeln wurden 15 Fischarten aus zehn verschiedenen Familien sowie einzelne unbestimmbare Fische nachgewiesen. Grundeln (Gobiidae) waren die häufigste Fischart bei allen drei Lappentauchern. Ihr Anteil an allen konsumierten Fischen betrug 76,9 % beim Haubentaucher, 97,2 % beim Rothalstaucher und 95,3 % beim Ohrentaucher (Abb. 26). Beim Ohrentaucher wurden außer Grundeln nur Sandaale (Ammodytidae) und ein unbestimmter Heringsfisch (Clupeidae) in den Mägen gefunden, bei den beiden anderen Arten war das Nahrungsspektrum diverser (Tabelle 11). Dabei spielten jedoch nur barschartige Fische (Percidae) mit einem Anteil von 20,8 % aller konsumierten Fische beim Haubentaucher eine wichtige Rolle, während alle anderen Fischarten oder -familien nur in sehr geringer Anzahl vertreten waren (Abb. 26; Tabelle 11).

Der Anteil von Grundeln und Barschen im Nahrungsspektrum unterschied sich signifikant zwischen Hauben- und Rothalstaucher (jeweils  $p < 0,001$ ), bei Stichlingen (Gasterosteidae) gab es keinen Unterschied zwischen beiden Arten ( $p = 0.61$ ).

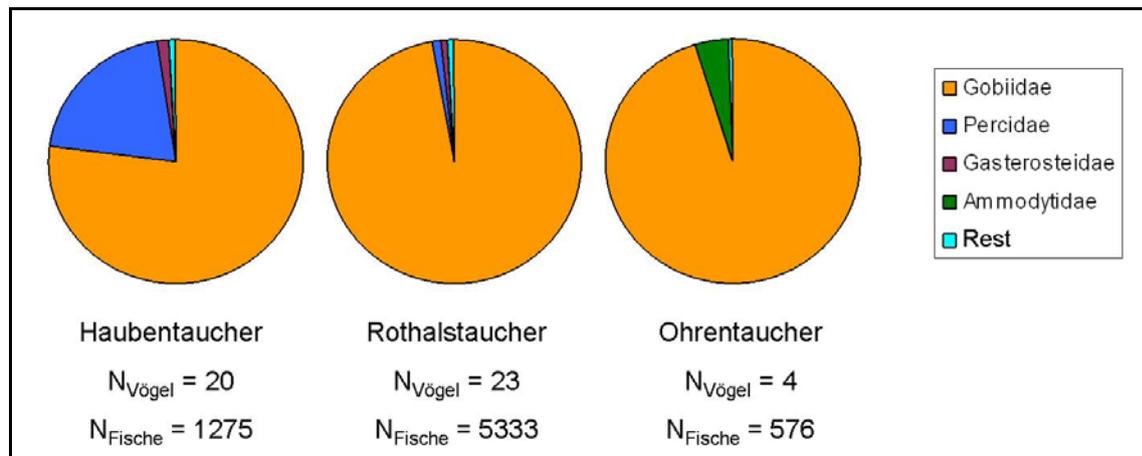


Abb. 26. Prozentuales Vorkommen verschiedener Fischfamilien im Beutespektrum von Lappentauchern aus der Pommerschen Bucht.

Tabelle 11: Fischkategorien in der Nahrung von Lappentauchern aus der Pommerschen Bucht. Vorkommen: Anteil von Mägen mit der jeweiligen Fischkategorie; Anzahl: Prozentualer Anteil der jeweiligen Fischkategorie an der Gesamtzahl konsumierter Fische.

	Haubentaucher		Rothalstaucher		Ohrentaucher	
	Vorkommen [%]	Anzahl [%]	Vorkommen [%]	Anzahl [%]	Vorkommen [%]	Anzahl [%]
	N=20 Mägen	N=1275 Fische	N=23 Mägen	N=5333 Fische	N=4 Mägen	N=576 Fische
<b>Clupeidae</b>						
Sprotte	5.0	0.1				
unbestimmt					25	0.2
<b>Osmeridae</b>						
Stint	5.0	0.7				
<b>Gadidae</b>						
Dorsch			4.3	0.02		
<b>Gasterosteidae</b>						
3-stachl. Stichling	35.0	1.4	60.9	0.86		
<b>Cottidae</b>						
Seeskorpion			8.7	0.04		
<b>Ammodytidae</b>						
			8.7	0.04		

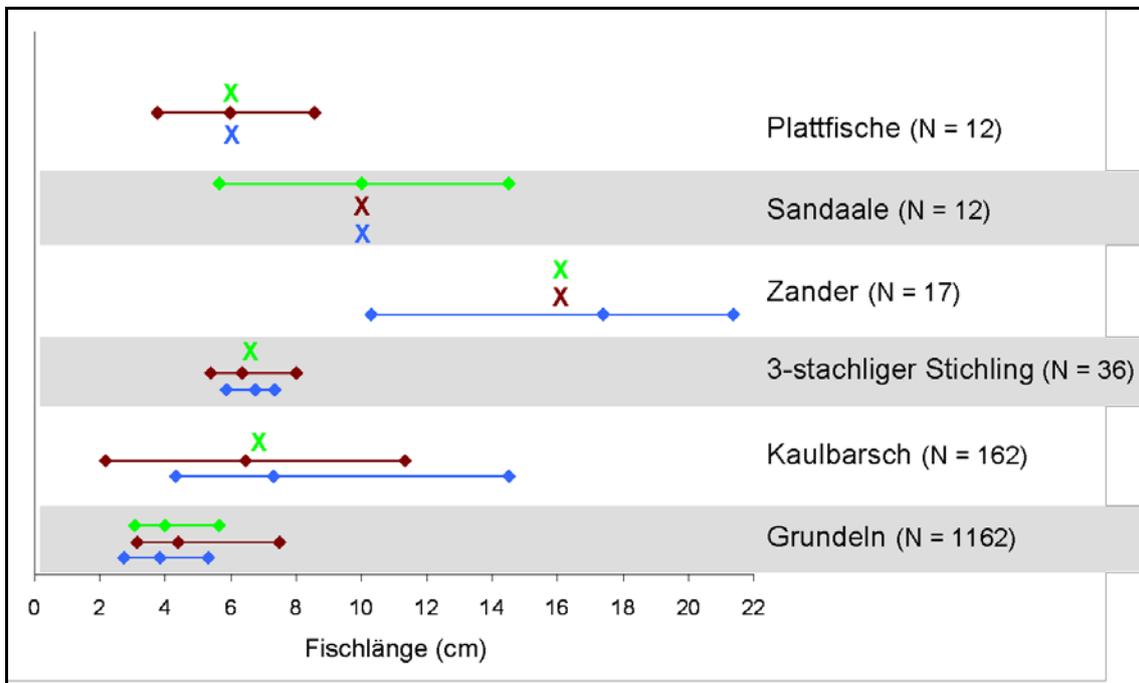
Tobiasfisch				50	0.5	
Gefleckter gr. Sandaal				25	0.2	
unbestimmt				75	3.5	
<b>Gobiidae</b>	65.0	76.9				
Strandgrundel			87.0	7.97	100	30.4
Sandgrundel			43.5	0.39	50	2.4
Strand- / Sandgrundel			91.3	88.77	100	62.5
Schwarzgrundel			4.3	0.02		
Kristallgrundel			4.3	0.02		
<b>Percidae</b>						
Zander	55.0	2.1				
Kaulbarsch	65.0	18.7	56.5	1.10		
<b>Pleuronectidae</b>						
Kliesche			4.3	0.06		
Kliesche / Flunder			13.0	0.26		
unbestimmt			13.0	0.09		
<b>Cyprinidae</b>						
Rotaugen	5.0	0.1				
<b>Unbest. Fisch</b>			30.4	0.36	25	0.3

Grundeln waren fast ausschließlich durch die beiden Arten Strandgrundel und Sandgrundel vertreten. Aufgrund der großen Ähnlichkeit und der zum Teil starken Abnutzungserscheinungen ihrer Otolithen war eine Unterscheidung zwischen beiden Arten nur in wenigen Fällen möglich (z.B. 34 % beim Ohrentaucher). Da jedoch bei allen bestimmbaren Otolithen der Anteil der Strandgrundeln dominierte (95 % beim Rothals-, und 93 % beim Ohrentaucher), ist davon auszugehen, dass diese Grundelart die wichtigere Rolle im Nahrungsspektrum von Lappentauchern aus den Küstengewässern der Pommerschen Bucht spielt. Beim Haubentaucher wurde keine Unterscheidung der beiden Grundelarten vorgenommen.

### ***Fischlänge und Biomasse***

Bei der Länge der konsumierten Fische gab es deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Fischarten. Grundeln, Stichlinge und Plattfische (Pleuronectidae) waren deutlich kleiner als Barsche und Sandaale (Abb. 27). Auch zwischen den

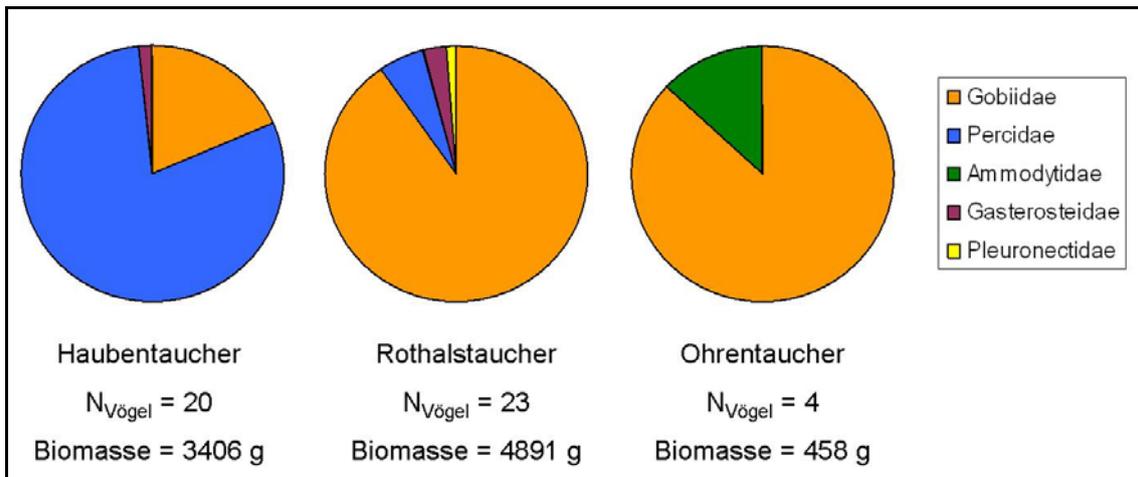
Vogelarten gab es Unterschiede: Haubentaucher konsumierten längere Kaulbarsche ( $p = 0.002$ ) aber kleinere Grundeln ( $p = 0.008$ ) als Rothalstaucher. Bei Stichlingen gab es keinen Unterschied ( $p = 0.76$ ).



**Abb. 27.** Länge der wichtigsten konsumierten Fische von Haubentauchern (blau), Rothalstauchern (rot) und Ohrentauchern (grün) aus der Pommerschen Bucht. Rauten repräsentieren Minimum, Median und Maximum der Fischlängen. Kreuze zeigen an, dass Fische der entsprechenden Kategorie nicht gemessen werden konnten.

Durch die unterschiedlichen Fischlängen ergaben sich Unterschiede in der konsumierten Biomasse (Abb. 28): Grundeln, die zahlenmäßig bei allen drei Lappentaucherarten dominierten, machten bei Rothals- und Ohrentauchern mit jeweils 90,3 % und 87,0 % auch den Großteil der Biomasse aus. Beim Haubentaucher jedoch stellten Barsche mit 79,7 % den Hauptteil der Fischbiomasse, da ihre Längen im Vergleich zu Grundeln deutlich größer waren.

Die Unterschiede in der konsumierten Biomasse bei Hauben- und Rothalstaucher waren statistisch signifikant für Grundeln und Barsche (jeweils  $p < 0,001$ ), jedoch nicht für Stichlinge ( $p = 0,55$ ).



**Abb. 28. Prozentuale Anteile verschiedener Fischfamilien an der gesamten konsumierten Fischbiomasse von Lappentauchern aus der Pommerschen Bucht. Es wurden nur Fischfamilien mit einem Anteil von mindestens 1 % berücksichtigt.**

### **Wirbellose Beutetiere**

Seeringelwürmer, zahlenmäßig die zweithäufigste Beutekategorie im Nahrungsspektrum aller drei Lappentaucherarten, wurden nur in sehr geringer Länge konsumiert (mittlere Länge jeweils 1,6 cm bei Hauben- und Rothalstauchern, 1,3 cm bei Ohrentauchern). Ihr Biomasse-Anteil betrug daher jeweils weniger als ein Prozent an der insgesamt aufgenommenen Beutemasse. Es ist daher unklar, ob sie wirklich direkt von den Lappentauchern aufgenommen wurden, oder ob die Beutereste möglicherweise aus den Mägen der konsumierten Fische stammten.

In einigen Mägen waren Insektenreste vorhanden, die aber nur selten genauer identifiziert werden konnten. Einige ließen sich als wasserliebende Käferarten bestimmen, die von den Lappentauchern möglicherweise im Schilfgürtel entlang der Küste von Usedom aufgenommen wurden.

### **Diskussion**

Insgesamt weist die Nahrung der drei Lappentaucherarten aus der Pommerschen Bucht nur geringe Unterschiede auf. In der Nahrungszusammensetzung dominierten Fische als wichtigste Beutekategorie und Grundeln als die wichtigste Beutefischart bei allen drei Vogelarten. Rothals- und Ohrentaucher waren zudem auch bezüglich der konsumierten Biomasse sehr ähnlich. Haubentaucher unterschieden sich von den beiden anderen Arten durch eine größere Anzahl an Kaulbarschen und das Vorkommen einiger großer Zander. Letztere fehlten im Nahrungsspektrum von Rothals- und Ohrentaucher völlig. Obwohl Barsche auch beim Haubentaucher zahlenmäßig deutlich hinter Grundeln lagen, ergaben sich aus ihrer größeren Länge Unterschiede in der Biomasseverteilung. Ob es sich dabei um einen echten Unterschied im Sinne von unterschiedlichen Nahrungsnischen handelt, kann

aufgrund der geringen Stichprobengröße nicht abschließend bewertet werden. Haubentaucher unterscheiden sich in ihrer Verbreitung deutlich von den beiden anderen Arten, so dass die Nahrungsunterschiede auch durch unterschiedliche Verteilungsmuster hervorgerufen sein können. Zander und Kaulbarsch sind Süßwasserarten, die aufgrund des geringen Salzgehaltes auch in der Pommerschen Bucht vorkommen können. Dort sind sie am häufigsten in den Lagunen und küstennahen Gewässern anzutreffen, die am stärksten durch den Süßwasserzufluss aus den Flüssen beeinflusst sind (Hahlbeck & Müller 2003, Thiel et al. 2007). Sie sind daher vermutlich besser für die ebenfalls in diesen Gebieten vorkommenden Haubentaucher verfügbar. Obwohl die drei Vogelarten durch morphologische Unterschiede ihrer Schnäbel durchaus verschiedene Beutegrößen konsumieren könnten, war dies nur bei Haubentauchern zu einem gewissen Teil der Fall. Im IJsselmeer in den Niederlanden haben überwinterte Ohrentaucher im Vergleich zum Rothalstaucher größere Individuen der Hauptbeuteart Stint gefressen, obwohl ihr Schnabel nur etwa halb so groß ist wie derjenige von Rothalstauchern. Offenbar wird die Nahrungswahl nicht (nur) von der Schnabelgröße, sondern auch von der Wendigkeit beim Schwimmen bestimmt, die beim Ohren- besser ist als beim Rothalstaucher (Piersma 1988). Allerdings ist weniger die Länge, als vielmehr die Höhe einer Fischart für die Aufnahme durch Vögel entscheidend (Piersma 1988). Stinte haben eine schlanke Körperform, während Barsche deutlich hochrückiger sind. Entsprechend haben Rothalstaucher im IJsselmeer größere Kaulbarsche konsumiert als Ohrentaucher. Die nur geringe Anzahl bzw. das völlige Fehlen von Barschen im Nahrungsspektrum von Rothals- und Ohrentauchern aus der Pommerschen Bucht liegt jedoch vermutlich eher in der mehr küstenfernen Verbreitung der beiden Arten begründet. Eine echte Ausbildung von Nahrungsnischen, etwa zur Vermeidung von Konkurrenz oder begründet durch unterschiedliche Schnabelgrößen, scheint in den Wintergebieten in der Pommerschen Bucht nach derzeitigem Kenntnisstand nicht vorzuliegen.

### 5.13 Ökologisches Potential ausgewählter Seevogelarten

Basierend auf einer erheblichen Informationsbasis aus empirischen Studien und publizierten Arbeiten wurde ein erster Versuch einer Quantifizierung des ökologischen Potentials der häufigsten Seevogelarten in den deutschen Meeresgebieten erstellt (Tabelle 12). Um einen Wert für das ökologische Potential zu erhalten, wurde die Flexibilität in der Habitat- und Nahrungswahl auf einer Fünf Punkte Skala bewertet und miteinander multipliziert.

Der Sterntaucher rangiert dabei im unteren Drittel des ökologischen Potentials unter anderen Arten mit einer eingeschränkten Flexibilität in Nahrungs- und Habitatwahl wie z.B. der Zwergmöwe und Trottellumme. Die drei Arten mit dem höchsten ökologischen Potential sind große *Larus* Möwen, die für ihre opportunistischen Ernährungs- und Verhaltensweisen bekannt sind. Zuunterst auf der Liste rangieren mit der Eis- und Trauerente zwei benthivore Arten, deren Nahrungshabitat auf Flachgründe beschränkt ist, und die Brandseeschwalbe, die als Nahrungsspezialist ausschließlich kleine pelagische Fische erbeutet.

**Tabelle 12: Versuch einer Quantifizierung des ökologischen Potentials von 14 häufigen Seevogelarten in der südöstlichen Nordsee und südwestlichen Ostsee (verändert nach Garthe et al. in Vorb.). Das ökologische Potential ist als Produkt der „Flexibilität in der Habitatwahl“ multipliziert mit der „Flexibilität in der Nahrung“ dargestellt. Beide Kategorien werden auf einer fünf Punkte-Skala bewertet, wobei 0 für keine Flexibilität steht und 5 die höchste Flexibilität wiedergibt. Quellen: Camphuysen & Garthe (1997), Camphuysen et al. (1995), Garthe (1997, 1998, 1999, 2003b, 2003c, unveröff.), Garthe & Hüppop (1994), Garthe & Kubetzki (1998), Garthe & Scherp 2003, Garthe et al. (1995, 1999, 2003a, 2003b), Glutz von Blotzheim & Bauer (1982), Kubetzki & Garthe 2003, Markones (2003), Ojowski et al. 2001, Schwemmer & Garthe 2005, Skov & Prins (2001), Sonntag et al. (2006).**

Vogelart	Flexibilität in der Habitatwahl	Flexibilität in der Nahrung	Ökologisches Potential
Heringsmöwe	4.5	5	<b>22.5</b>
Silbermöwe	4.5	5	<b>22.5</b>
Mantelmöwe	4.5	4	<b>18.0</b>
Eissturmvogel	4	4	<b>16.0</b>
Sturmmöwe	3.5	4	<b>14.0</b>
Basstölpel	4	2.5	<b>10.0</b>
Dreizehenmöwe	4	2.5	<b>10.0</b>
Sterntaucher	2.5	3	<b>7.5</b>
Zwergmöwe	3	2.5	<b>7.5</b>
Lachmöwe	2.5	2.5	<b>6.3</b>
Trottellumme	4	1.5	<b>6.0</b>
Eisente	2	1	<b>2.0</b>
Brandseeschwalbe	2	0.5	<b>1.0</b>
Trauerente	1.5	0.5	<b>0.8</b>

## 5.14 Bewertung von Eingriffen bezüglich der Sensitivitäten der verschiedenen Seevogelarten

Innerhalb des Projektes wurden wichtige Ergebnisse erzielt, die Bewertungen von Eingriffen und verschiedenen Raumnutzungsformen im Hinblick auf die Habitatwahl und Habitatbindung ausgewählter Seevogelarten in Nord- und Ostsee ermöglichen. Unabhängig von diesem Projekt wurde das FTZ Westküste 2006 vom Bundesamt für Naturschutz damit beauftragt, ein Buch über "Artensteckbriefe von See- und Wasservögeln der deutschen Nord- und Ostsee. Verbreitung, Ökologie und Empfindlichkeiten gegenüber Eingriffen in ihren marinen Lebensraum" zu erstellen. Dieses Buchvorhaben bot die hervorragende Gelegenheit, aktuelle Erkenntnisse zu den Sensitivitäten der verschiedenen Vogelarten und viele weitere Aspekte der Biologie und Ökologie der Arten, die auch aus diesem Projekt stammen, zeitnah und ausführlich darzustellen. In dem 2008 in deutscher und englischer Sprache erschienenen Werk (Mendel et al. 2008) werden 27 Vogelarten und damit alle regelmäßig im Offshorebereich der deutschen Nord- und Ostsee in nennenswerter Anzahl vorkommenden Vogelarten abgedeckt. In dem Buch gibt es für jede Vogelart Darstellungen zu folgenden Aspekten:

- Kennzeichen
- Verbreitung / Bestand
  - Welt / Europa
  - Deutschland
  - Bestandsentwicklung
- Biologie / Ökologie
  - Fortflanzung / Brutbiologie
  - Alter / Sterblichkeit
  - Mauser
  - Wanderungen
  - Habitat
  - Ernährungsökologie
  - Sonstige Verhaltensweisen
- Gefährdungen, Empfindlichkeiten, Verantwortlichkeiten
  - Gefährdungsursachen
  - Besondere Empfindlichkeiten gegenüber ausgewählten anthropogenen Faktoren
- Erfassung
- Forschungsbedarf

Details aus dem in deutscher Sprache 437 Seiten umfassenden Werk können hier aus Platzgründen nicht dargestellt werden.

## 6 Veröffentlichungen

Ergebnisse des Projektes wurden in den nachfolgend aufgeführten bereits erfolgten Veröffentlichungen publiziert. Darüber hinaus ist eine Reihe weiterer geplanter Veröffentlichungen in Vorbereitung.

### Erfolgte Veröffentlichungen:

Garthe S, Markones N, Hüppop O, Adler S (2009) Effects of hydrographic and meteorological factors on seasonal seabird abundance in the southern North Sea. *Marine Ecology Progress Series* 391: 243-255.

Mendel B, Sonntag N, Wahl J, Schwemmer P, Dries H, Guse N, Müller S, Garthe S (2008) Artensteckbriefe von See- und Wasservögeln der deutschen Nord- und Ostsee. Verbreitung, Ökologie und Empfindlichkeiten gegenüber Eingriffen in ihren marinen Lebensraum. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 59. Bundesamt für Naturschutz, Bonn - Bad Godesberg.

Mendel B, Sonntag N, Wahl J, Schwemmer P, Dries H, Guse N, Müller S, Garthe S (2008) Profiles of seabirds and waterbirds of the German North and Baltic Seas. Distribution, ecology and sensitivities to human activities within the marine environment. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 61. Bundesamt für Naturschutz, Bonn - Bad Godesberg.

Schwemmer P, Guse N, Markones N, Adler S, Garthe S (2009) Influence of water flow velocity and water depth on distribution and foraging patterns of a surface-feeding seabird in the German Wadden Sea. *Fisheries Oceanography* 18: 161-172.

Sonntag N, Garthe S, Adler S (2009) A freshwater species wintering in a brackish environment: Habitat selection and diet of Slavonian grebes (*Podiceps auritus*) in the southern Baltic Sea. *Estuarine and Coastal Shelf Science* 84: 186-194.

## 7 Literaturverzeichnis

- Bauer H-G, Bezzel E, Fiedler W (2005) Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Band 1: Nonpasseriformes - Nichtsperlingsvögel. Aula-Verlag, Wiebelsheim.
- Bellebaum J, Diederichs A, Kube J, Schulz A, Nehls G (2006) Flucht- und Meidedistanzen überwinternder Seetaucher und Meerestenten gegenüber Schiffen auf See. Ornithologischer Rundbrief Mecklenburg-Vorpommern 45, Sonderheft 1:86-90.
- Berndt RK, Koop B, Struwe-Juhl B (Hrsg., 2002): Vogelwelt Schleswig-Holsteins. Band 5: Brutvogelatlas. Wachholtz-Verlag, Neumünster.
- BirdLife International (2004) Birds in Europe: Population estimates, trends and conservation status. BirdLife Conservation Series 12. BirdLife International, Cambridge.
- BWPi (2004): The birds of the western Palearctic. Interactive DVD Birdguides. Shrewsbury.
- Camphuysen CJ (1995) Herring gull *Larus argentatus* and lesser black-backed gull *L. fuscus* feeding at fishing vessels in the breeding season: Competitive scavenging versus effective flying. *Ardea* 83: 365-380.
- Camphuysen CJ, Garthe S (1997) An evaluation of the distribution and scavenging habits of Northern Fulmars (*Fulmarus glacialis*) in the North Sea. *ICES Journal of Marine Science* 54: 654-683.
- Camphuysen CJ, Calvo B, Durinck J, Ensor K, Follestad A, Furness RW, Garthe S, Leaper G, Skov H, Tasker ML, Winter CJN (1995) Consumption of discards by seabirds in the North Sea. Final report EC DG XIV research contract BIOECO/93/10. NIOZ-Report 1995-5, Netherlands Institute for Sea Research, Texel.
- Crawley MJ (2002) Statistical computing - An introduction to data analysis using S-plus. Wiley & Sons, London.
- Debus L, Winkler HM (1996) Hinweise zur computergestützten Auswertung von Nahrungsanalysen. Rostocker Meeresbiologische Beiträge 4: 97-110.
- Diederichs A, Nehls G, Petersen IK (2002) Flugzeugzählungen zur großflächigen Erfassung von Seevögeln und marinen Säugern als Grundlage für Umweltverträglichkeitsstudien im Offshorebereich. *Seevögel* 23: 38-46.
- Dierschke A-K, Hüppop O (2003) Langfristige Veränderungen in der Ernährung von Silbermöwen (*Larus argentatus*) auf Helgoland unter dem Einfluss der Fischerei mit Vergleichen zur Heringsmöwe (*Larus fuscus*). *Seevögel* 24: 3-15.

- Dierschke V, Garthe S, Mendel B (2006) Possible conflicts between offshore wind farms and seabirds in the German sectors of North Sea and Baltic Sea. In: Köller J, Köppel H, Peters W (Hrsg.) Offshore wind energy. Research on environmental impacts. Springer, Berlin: S. 121-143.
- Dietrich G, Kalle K, Krauss W, Siedler G (1975) Allgemeine Meereskunde. Eine Einführung in die Ozeanographie. 3. Aufl., Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Doerffer R (1980) Applications of a two-flow model for remote sensing of substances in water. *Boundary-Layer Meteorology* 18: 221-232.
- Dries H (2007) Distribution patterns of swimming crabs (*Liocarcinus spec.*) in the German Bight and their significance for foraging seabirds. Diplomarbeit, Universität Kiel.
- Faraway JJ (2006) Extending the linear model with R: generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models. Chapman and Hall, London.
- Figge K (1981) Begleitheft zur Karte der Sedimentverteilung in der Deutschen Bucht 1: 250000 (Nr. 2900). Deutsches Hydrographisches Institut, 13 S.
- Fjeldså J (2004) The Grebes. Oxford University Press, New York.
- Fleet DM, Gaus S, Schulze Dieckhoff M (2003) Zeigt die Ausweisung der Nordsee als MARPOL-Sondergebiet für Öl die ersten Erfolge? Ölopfer in der Deutschen Bucht in den Wintern 2000/2001 und 2001/2002. *Seevögel* 24:16-23.
- Franke H-D, Buchholz F, Wiltshire K (2004) Ecological long-term research at Helgoland (German Bight, North Sea): retrospect and prospect – an introduction. *Helgoland. Marine Research* 58: 223-229.
- Garthe S (1997) Influence of hydrography, fishing activity, and colony location on summer seabird distribution in the south-eastern North Sea. *ICES Journal of Marine Science* 54: 566-577.
- Garthe S (1998) Gleich und doch anders: Zur Habitatwahl von Eissturmvogel (*Fulmarus glacialis*) und Sturmmöwe (*Larus canus*) in der Deutschen Bucht. *Seevögel* 19, Sonderheft: 81-85.
- Garthe S (1999) The influence of fishing activities on the distribution and feeding ecology of seabirds at sea. In: Adams NJ & Slotow RH (Hrsg.) Proceedings 22 International Ornithological Congress, Durban: 706-716. BirdLife South Africa, Johannesburg.
- Garthe S (2003a) Erfassung von Rastvögeln in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee. Abschlussbericht zum F+E Vorhaben. Bundesamt für Naturschutz.
- Garthe S (2003b) Verbreitung, Bestand und Jahresdynamik der Mantelmöwe *Larus marinus* in der Deutschen Bucht, Nordsee. *Corax* 19, Sonderheft 2: 43-50.

- Garthe S (2003c) Verteilungsmuster und Bestände von Seevögeln in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der deutschen Nord- und Ostsee und Fachvorschläge für EU-Vogelschutzgebiete. *Berichte zum Vogelschutz* 40: 15-56.
- Garthe S (2005) Distribution, activity and foraging behavior of seabirds in north-central European seas in relation to physical, biological and anthropogenic conditions. Habilitation thesis, University of Kiel, Germany.
- Garthe S, Hüppop O (1994) Distribution of ship-following seabirds and their utilization of discards in the North Sea in summer. *Marine Ecology Progress Series* 106: 1-9.
- Garthe S, Hüppop O (1996) Das „Seabirds-at-Sea“-Programm. *Vogelwelt* 117: 303-305.
- Garthe S, Hüppop O (2004) Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. *Journal of Applied Ecology* 41:724–734.
- Garthe S, Kubetzki U (1998) The diet of Sandwich Terns (*Sterna sandvicensis*) on Juist, southern North Sea. *Sula* 12: 13-18.
- Garthe S, Scherp B (2003) Utilization of discards and offal from commercial fisheries by seabirds in the Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science* 60: 980-989.
- Garthe S, Alicki K, Hüppop O, Sprotte B (1995) Die Verbreitung und Häufigkeit ausgewählter See- und Küstenvogelarten während der Brutzeit in der südöstlichen Nordsee. *Journal für Ornithologie* 136: 253-266.
- Garthe S, Freyer T, Hüppop O, Wölke D (1999) Breeding Lesser Black-backed Gulls *Larus graellsii* and Herring Gulls *Larus argentatus*: coexistence or competition? *Ardea* 87: 227-236.
- Garthe S, Flore B-O, Hälterlein B, Hüppop O, Kubetzki U, Südbeck P (2000) Brutbestandsentwicklung der Möwen (Laridae) an der deutschen Nordseeküste in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. *Vogelwelt* 121: 1-13.
- Garthe S, Hüppop O, Weichler T (2002): Anleitung zur Erfassung von Seevögeln auf See von Schiffen. *Seevögel* 23: 47-55.
- Garthe S, Ullrich N, Weichler T, Dierschke V, Kubetzki U, Kotzerka J, Krüger T, Sonntag N, Helbig AJ (2003a) See- und Wasservögel der deutschen Ostsee - Verbreitung, Gefährdung und Schutz. Bundesamt für Naturschutz, Bonn. 170 S.
- Garthe S, Wienck K, Cassens I (2003b) Herring Gull *Larus argentatus* winter diet at the western Baltic Sea coast: does ice cover make a difference? *Atlantic Seabirds* 5: 13-20.

- Garthe S, Dierschke V, Weichler T, Schwemmer P (2004) Rastvogelvorkommen und Offshore-Windkraftnutzung: Analyse des Konfliktpotenzials für die deutsche Nord- und Ostsee. Endbericht zum MINOS Teilprojekt 5 im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Garthe S, Markones N, Hüppop O, Adler S (2009) Effects of hydrographic and meteorological factors on seasonal seabird abundance in the southern North Sea. *Marine Ecology Progress Series* 391: 243-255.
- Glutz von Blotzheim UN, Bauer KM (1982) Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 8. Charadriiformes (3. Teil). Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden.
- Guse N (2005) Diet of a piscivorous top predator in the Baltic Sea – the Red-throated Diver (*Gavia stellata*) in the Pomeranian Bight. Diplomarbeit, Universität Kiel.
- Guse N, Markones N, Mendel B, Sonntag N, Garthe S (2008) Nahrungsökologie von marinen Säugetieren und Seevögeln für das Management von NATURA 2000 Gebieten: Teilbericht Seevögel. Unveröffentlichter Endbericht für das Bundesamt für Naturschutz, Vilm, zum F + E Vorhaben FKZ: 805 85 018 sowie Anschlussvorhaben.
- Guse N, Garthe S, Schirmeister B (2009) Diet of Red-throated Divers *Gavia stellata* reflects the seasonal availability of Atlantic Herring *Clupea harengus* in the southwestern Baltic Sea. *Journal of Sea Research* 62: 268-275.
- Härkönen T (1986) Guide to the otoliths of the bony fishes of the Northeast Atlantic. Danbiu Aps, Hellerup, 256 S.
- Hahlbeck E, Müller H (2003) Untersuchungen des Zanderbestandes in den deutschen Küstengewässern der Ostsee von 1992 bis 2002. Informationen für die Fischwirtschaft aus der Fischereiforschung 50: 71-80.
- Hahn W (1981) Fischereibiologische Untersuchungen am Kaulbarsch *Gymnocephalus cernua* (L.) der Darß-Zingster-Boddenkette. Diplomarbeit, Universität Rostock.
- Haney JC, Lee DS (1994) Air-sea heat flux, ocean wind fields, and offshore dispersal of gulls. *Auk* 111: 427-440.
- Hastie T, Tibshirani R (1990) Generalised Additive Models. Chapman and Hall, London.
- Hodum PJ, Hobson KA (2000) Trophic relationships among Antarctic fulmarine petrels: insights into dietary overlap and chick provisioning strategies inferred from stable-isotope ( $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$ ) analyses. *Marine Ecology Progress Series* 198:273-281.
- Hüppop O, Garthe S, Hartwig E, Walter U (1994) Fischerei und Schiffsverkehr: Vorteil oder Problem für See- und Küstenvögel? In: Lozán JL, Rachor E, Reise K, v. Westernhagen H, Lenz W (Hrsg.) Warnsignale aus dem Wattenmeer. Blackwell-Wissenschaftsverlag, Berlin: 278-285.

- Hüppop, O., Exo, K.-M. & Garthe, S. (2002): Empfehlungen für projektbezogene Untersuchungen möglicher bau- und betriebsbedingter Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Vögel. Berichte zum Vogelschutz 39: 75-94.
- Hüppop O, Dierschke J, Exo K-M, Fredrich E, Hill R (2006) Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines. Ibis 148:90-109.
- Kubetzki U, Garthe S (2003) Distribution, diet and habitat selection by four sympatrically breeding gull species in the southeastern North Sea. Marine Biology 143: 199-207.
- Leopold MF, van Damme CJG, Philippart CJM, Winter CJN (2001) Otoliths of North Sea fish: interactive guide of identification of fish from the SE North Sea, Wadden Sea and adjacent fresh waters by means of otoliths and other hard parts. CD-ROM, ETI Biodiversity Center, Amsterdam, The Netherlands.
- Loewe P, Becker G, Brockmann U, Dick S, Frohse A, Herrmann J, Klein B, Klein H, Nies H, Schmolke S, Schrader D, Schulz A, Theobald N, Weigelt S (2006) Nordseezustand 2004. Ber. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie 40:1-217.
- Louzao M, Hyrenbach KD, Arcos JM, Abelló P, Gil de Sola L, Oro D (2006) Oceanographic habitat of an endangered Mediterranean procellariiform: implications for marine protected areas. Ecological Applications 16:1683-1695.
- Maclean IMD, Skov H, Rehfisch MM (2007) Further use of aerial surveys to detect bird displacement by windfarms. BTO Research Report No. 482 to COWRIE. BTO, Thetford.
- Markones N (2003) Multivariate Analyse des Vorkommens von Seevögeln in der Deutschen Bucht (Nordsee). Diplomarbeit, Universität Kiel.
- Markones N (2007) Habitat selection of seabirds in a highly dynamic coastal sea: temporal variation and influence of hydrographic features. Dissertation, Universität Kiel.
- Markones N, Garthe S, Dierschke V, Adler S (2008) Small scale temporal variability of seabird distribution patterns in the south-eastern North Sea. In: Wollny-Goerke K, Eskildsen K (Hrsg.): Marine mammals and seabirds in front of offshore wind energy. MINOS – Marine warm-blooded animals in North and Baltic Seas. Teubner, Wiesbaden. S. 115-140.
- Markones N, Mendel B, Garthe S (2009) Habitatwahl der Seevögel in der deutschen Nord- und Ostsee als Grundlage zur Bewertung von Eingriffen (FKZ 0327627). Seetaucher – Zwischenbericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Mendel B, Sonntag N, Garthe S (2007) GIS-gestützte Analyse zur Verbreitung und Habitatwahl ausgewählter Seevogelarten in der Ostsee. In: Traub K-P, Kohlhus J (Hrsg.) Geoinformationen für die Küstenzone. Beiträge des 1. Hamburger

- Symposiums zur Küstenzone. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg. S. 196-206.
- Mendel B, Sonntag N, Wahl J, Schwemmer P, Dries H, Guse N, Müller S, Garthe S (2008): Artensteckbriefe von See- und Wasservögeln der deutschen Nord- und Ostsee. Verbreitung, Ökologie und Empfindlichkeiten gegenüber Eingriffen in ihren marinen Lebensraum. Naturschutz und Biologische Vielfalt 59. Bundesamt für Naturschutz, Bonn - Bad Godesberg.
- NERI (2000) Offshore wind farms. Proposals and criteria for acceptable impacts on bird populations. National Environmental Research Institute, Kalø, Denmark; 12 S.
- Noordhuis R, Spaans AL (1992) Interspecific competition for food between herring *Larus argentatus* and lesser black-backed gulls *L. fuscus* in the Dutch Wadden Sea area. *Ardea* 80: 115-132.
- Ojowski U, Eidtmann C, Furness RW, Garthe S (2001) Diet and nest attendance of incubating and chick-rearing Northern Fulmars (*Fulmarus glacialis*) in Shetland. *Marine Biology* 139: 1193-1200.
- Piersma T (1988) Body size, nutrient reserves and diet of Red-necked and Slavonian Grebes *Podiceps grisegena* and *P. auritus* on Lake IJsselmeer, The Netherlands. *Bird Study* 35: 13-24.
- R Development Core Team (2007) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL: <http://www.R-project.org>.
- R Development Core Team (2008) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.
- Schirmeister B (2001) Ungewöhnliche Ansammlungen der Zwergmöwe *Larus minutus* in der Pommerschen Bucht vor Usedom im Spätsommer 2000. *Ornithol. Rundbr. Mecklenburg-Vorpommern* 43: 35-48.
- Schirmeister B (2002) Durchzug und Rast der Zwergmöwe *Larus minutus* in der Pommerschen Bucht vor Usedom in den Jahren 2001 und 2002. *Ornithol. Rundbr. Mecklenburg-Vorpommern* 44: 34-46.
- Schirmeister B (2003) Verluste von Wasservögeln in Stellnetzen der Küstenfischerei - das Beispiel der Insel Usedom. *Meer und Museum* 17: 160-166.
- Schirmeister B (2006) Das Auftreten der Zwergmöwe *Larus minutus* auf der Insel Usedom in den Jahren 2003 und 2004. *Ornithol. Rundbr. Mecklenburg-Vorpommern* 45, Sonderheft 1: 93-108.
- 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. *Marine Ecology Progress Series* 285: 245–258.

- Schwemmer P, Mendel B, Sonntag N, Dierschke V, Garthe S (2011) Effects of ship traffic on seabirds in offshore waters: implications for marine conservation and spatial planning. *Ecological Applications* 21: 1851-1860.
- Skov H, Prins E (2001) Impact of estuarine fronts on the dispersal of piscivorous birds in the German Bight. *Marine Ecology Progress Series* 214:279-287.
- Sonntag N, Mendel B, Garthe S (2006) Die Verbreitung von See- und Wasservögeln in der deutschen Ostsee im Jahresverlauf. *Vogelwarte* 44: 81-112.
- Sonntag N, Mendel B, Garthe S (2007) Erfassung von Meeressäugtieren und Seevögeln in der deutschen AWZ von Ost- und Nordsee (EMSON): Teilvorhaben Seevogel. Abschlussbericht zum F&E-Vorhaben im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz, Vilm. [www.habitatmarenatura2000.de/downloads](http://www.habitatmarenatura2000.de/downloads)
- Sonntag N, Garthe S, Adler S (2009) A freshwater species wintering in a brackish environment: Habitat selection and diet of Slavonian grebes (*Podiceps auritus*) in the southern Baltic Sea. *Estuarine and Coastal Shelf Science* 84: 186-194.
- Tasker ML, Hope Jones P, Dixon T & Blake BF (1984): Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardized approach. *Auk* 101: 567-577.
- Thiel R (1990) Untersuchungen zur Ökologie der Jung- und Kleinfischgemeinschaften in einem Boddengewässer der südlichen Ostsee. Dissertation, Universität Rostock.
- Thiel R, Winkler HM, Neumann R (2007) Erfassung von FFH-Anhang II-Fischarten in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee (ANFIOS). Endbericht für das Bundesamt für Naturschutz, 42 S.
- van Franeker JA (2004) Save the North Sea Fulmar-Litter-EcoQO manual part 1: collection and dissection procedures. Wageningen, Alterra, 38 S.
- Watt J, Pierce GJ, Boyle PR (1997) Guide to the identification of North Sea fish using premaxillae and vertebrae. ICES Cooperative Research Report 220: 221 S.
- Webb A, Durinck J (1992): Counting birds from ship. In: Komdeur J, Bertelsen J & Cracknell G (Hrsg.): Manual for aeroplane and ship surveys of waterfowl and seabirds. IWRB Special Publication. 19: 24-37.
- Wetlands International (2006) Waterbird population estimates. 4. Aufl. Wetlands International, Wageningen.
- Wilson B, Reid R, Grellier K, Thompson PM, Hammond PS (2004) Considering the temporal when managing the spatial: a population range expansion impacts protected areas-based management for bottlenose dolphins. *Animal Conservation* 7: 331–338.

- Wiltshire KH, Manly BFJ (2004) The warming trend at Helgoland Roads, North Sea: phytoplankton response. *Marine Ecology Progress Series* 58: 269-273.
- Wood SN (2000) Modelling and smoothing parameter estimation with multiple quadratic penalties. *Journal of the Royal Statistical Society Series B* 62: 413-428.
- Wood SN (2006) *Generalized Additive Models. An Introduction* with R. Chapman and Hall, London.
- Žydelis R, Bellebaum J, Österblom H, Vetemaa M, Schirmeister B, Stipniece A, Dagys M, Van Eerden M, Garthe S (2009) Bycatch in gillnet fisheries - An overlooked threat to waterbird populations. *Biological Conservation* 142: 1269-1281.