

Schlussbericht

Horizontale und vertikale Flugmuster von Heringsmöwen und Basstölpeln in Bezug zu Windparks in der AWZ der deutschen Nordsee (WINDBIRD)

Dipl. Lök. Anna-Marie Corman

Dr. Bettina Mendel

Dr. Jana Kotzerka

Prof. Dr. Stefan Garthe

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



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektkoordination: Projektträger Jülich, Geschäftsbereich Erneuerbare Energien

August 2015

Schlussbericht WINDBIRD

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht	
3. Titel Horizontale und vertikale Flugmuster von Heringsmöwen und Basstölpeln in Bezug zu Windparks in der AWZ der deutschen Nordsee (WINDBIRD)		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Corman, Anna-Marie (Dipl. Lök.) Mendel, Bettina (Dr. rer. nat.) Kotzerka, Jana (Dr. rer. nat.) Garthe, Stefan (Prof. Dr.)	5. Abschlussdatum des Vorhabens 28.02.2015	
	6. Veröffentlichungsdatum geplant	
	7. Form der Publikation Online-Bericht	
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Forschungs- und Technologiezentrum Westküste, Zentrale Einrichtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hafentörn 1, 25761 Büsum	9. Ber. Nr. Durchführende Institution	
	10. Förderkennzeichen 0325281	
	11. Seitenzahl 45	
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 53107 Bonn	13. Literaturangaben 28	
	14. Tabellen 3	
	15. Abbildungen 20	
16. Zusätzliche Angaben		
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)		
18. Kurzfassung Die Entstehung und Errichtung zahlreicher Offshore-Windparks in der deutschen AWZ erfordert Untersuchungen möglicher Auswirkungen auf die marine Tierwelt. Insbesondere Seevögel gelten als wichtigere Indikatoren für die Feststellung der potentiellen Auswirkungen von Offshore-Windparks. Dabei können vor allem deren räumliche und zeitliche Verteilung auf See sowie deren individuelle Flugmuster von großem Nutzen sein. Im Rahmen dieses Projektes sollten GPS-Datenlogger an brütenden Heringsmöwen und Basstölpeln angebracht werden, um die Flugrouten während der Nahrungssuche zu identifizieren und festzustellen, ob und wie diese von den Windparks beeinflusst werden. Dabei stand sowohl die horizontale als auch die vertikale Raumnutzung im Vordergrund. Aufgrund von Verzögerungen beim Bau der meisten Windparks konnten nur wenige Nahrungsflüge von Heringsmöwen innerhalb der Windparks aufgezeichnet werden. Für diese Art konnte weder ein Vermeidungsverhalten noch eine deutliche Anlockung durch die Anlagen festgestellt werden. Bezogen auf die Flughöhe sind Heringsmöwen in gewissem Maße kollisionsgefährdet, da sie des Öfteren in Höhe des gefährlichen Rotorbereichs fliegen. Die drei besenderten Basstölpel zeigten über einen Zeitraum von vier bis neun Wochen eine eindeutige Meidung des bereits betriebenen Windpark-Clusters nördlich von Helgoland. Die Ergebnisse verdeutlichen die Relevanz solcher Untersuchungen für den umweltverträglichen Ausbau von Offshore-Windparks.		
19. Schlagwörter Basstölpel, Flughöhe, Flugmuster, Heringsmöwen, Nahrungssuche, Offshore-Windenergie, Offshore-Windpark-Effekte		
20. Verlag	21. Preis	

Schlussbericht WINDBIRD

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unter dem Förderkennzeichen 0325281 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Inhalt

1	Kurze Darstellung	1
1.1	Aufgabenstellung	1
1.2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	2
1.3	Planung und Ablauf des Vorhabens	4
1.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand	6
	1.4.1 Wissenschaftlicher Stand.....	6
	1.4.2 Technischer Stand	7
	1.4.3 Verwendete Fachliteratur	8
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	11
2	Eingehende Darstellung	12
2.1	Erzielte Ergebnisse mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele	12
	2.1.1 Verwendete GPS-Datenlogger und deren Weiterentwicklung.....	12
	2.1.2 Heringsmöwen: Ergebnisse in den Projektjahren 2011-2014	13
	2.1.3 Basstölpel: Ergebnisse in den Projektjahren 2014-2015	29
2.2	Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	35
2.3	Anderweitig bekannt gewordene Fortschritte bzgl. des Vorhabens.....	36
2.4	Erfolgte oder geplante Veröffentlichung der Ergebnisse	37
3	Summary	38

1 Kurze Darstellung

1.1 Aufgabenstellung

Die aktuelle Errichtung bzw. Inbetriebnahme zahlreicher Offshore-Windparks (OWP) in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) führt zu großflächigen Überlappungen mit der marinen Tierwelt, die dieses Gebiet z.B. für die Nahrungssuche oder Rast nutzen. Eine der Tiergruppen, für die eine Beeinflussung durch die Errichtung der Windparks erwartet wird, sind Seevögel. Mögliche Effekte betreffen neben Arten, die die deutsche Nordsee als Rast-, Überwinterungs- und/oder Mausegebiet nutzen, v.a. auch Brutvögel der deutschen Nordseeküste. Zu den potentiellen Effekten der OWPs auf die verschiedenen Seevogelarten gehören u.a. Habitatverschiebung und/oder -verlust durch Meidung der Windpark-Flächen, Zerschneidung der häufig genutzten Flugrouten zwischen Brutkolonie und Nahrungsgründen, tödliche Kollisionen mit den Anlagen, Anlockung durch z.B. Möglichkeiten zur Rast auf den Anlagen und Entwicklung neuer Nahrungsressourcen durch veränderte benthische und pelagische Habitatstruktur innerhalb der Windparks. Die Effekte der Windparks auf Seevögel können demnach sowohl negativ, neutral, als auch positiv ausfallen.

In verschiedenen vorangegangenen Untersuchungen zu möglichen Effekten von OWPs auf die marine Vogelwelt lag der Fokus v.a. auf gefährdeten Arten, wie beispielsweise Seetauchern (*Gavia sp.*), die die Deutsche Bucht v.a. zur Rast und Überwinterung nutzen. Diese Arten spielen in Deutschland für die Genehmigungsverfahren der OWP-Vorhaben eine wichtige Rolle. Insbesondere Brutvogelarten mit großem Raumanspruch (z.B. Dreizehenmöwe, Heringsmöwe, Basstölpel), die große Teile der deutschen AWZ zur Nahrungssuche nutzen (z.B. Garthe et al. 2004, 2007a, b) und damit auch von der Errichtung bzw. Inbetriebnahme der Windparks betroffen sind, wurden bisher weitgehend ignoriert. In den Niederlanden und Großbritannien werden die Verbreitung und die Raumnutzung der dort brütenden Seevogelarten hingegen als wichtige Entscheidungsgrundlage für Genehmigungsverfahren herangezogen.

In diesem Forschungsprojekt sollen daher die Effekte von OWPs auf die räumlich-zeitlichen Flugmuster von Brutvogelarten geklärt werden. Mithilfe von GPS-Telemetrie sollen die individuellen Flugmuster von Heringsmöwen (*Larus fuscus*) und Basstölpeln (*Morus bassanus*) während der Nahrungssuche identifiziert werden. Neben der horizontalen wird auch die vertikale Raumnutzung der Tiere analysiert, um zu beurteilen, ob die Individuen gezielt Windparks

anfliegen oder meiden, ob die Lage der Windparks eine besondere Rolle für die Flugmuster auf See spielt und ob ein erhöhtes Kollisionsrisiko besteht. Diese Informationen können durch die standardisierten Erfassungen von Schiffen und Flugzeugen aus nicht gewonnen werden, da bei diesen Erfassungen nur das Gesamtvorkommen, nicht aber die individuellen Flugmuster während der Brutzeit der Tiere bestimmt werden kann. Der Einsatz von GPS-Datenloggern soll also eine wesentliche Erkenntnissteigerung gegenüber bisherigen Studien erbringen. Zudem ist ein weiteres Ziel des Projektes, die positiven, neutralen und negativen Auswirkungen des Betriebs von OWPs auf die Nahrungssuchflüge und das Verhalten der beiden Untersuchungsarten abzuschätzen.

Die drei definierten Hauptziele der Studie sind

- (1) die Aufzeichnung und Analyse der horizontalen und vertikalen Flugmuster brütender Heringsmöwen und Basstölpel;
- (2) die Beschreibung und Quantifizierung möglicher Auswirkungen im Betrieb befindlicher Offshore-Windparks in der deutschen AWZ auf die Flugmuster der beiden Arten;
- (3) Abschätzung der möglichen Auswirkungen des Betriebs von Offshore-Windparks auf die Nahrungsflüge und das Verhalten von Heringsmöwen und Basstölpeln.

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Zum Zeitpunkt der Projektplanung war der Stand der in der deutschen AWZ geplanten, genehmigten bzw. bereits gebauten OWPs wie folgt: Der Test-Windpark alpha ventus nahm den Betrieb im April 2010 auf, weitere sieben Windparks sollten in den Jahren 2011 und 2012 ans Netz gehen (Abb. 1).

Schlussbericht WINDBIRD

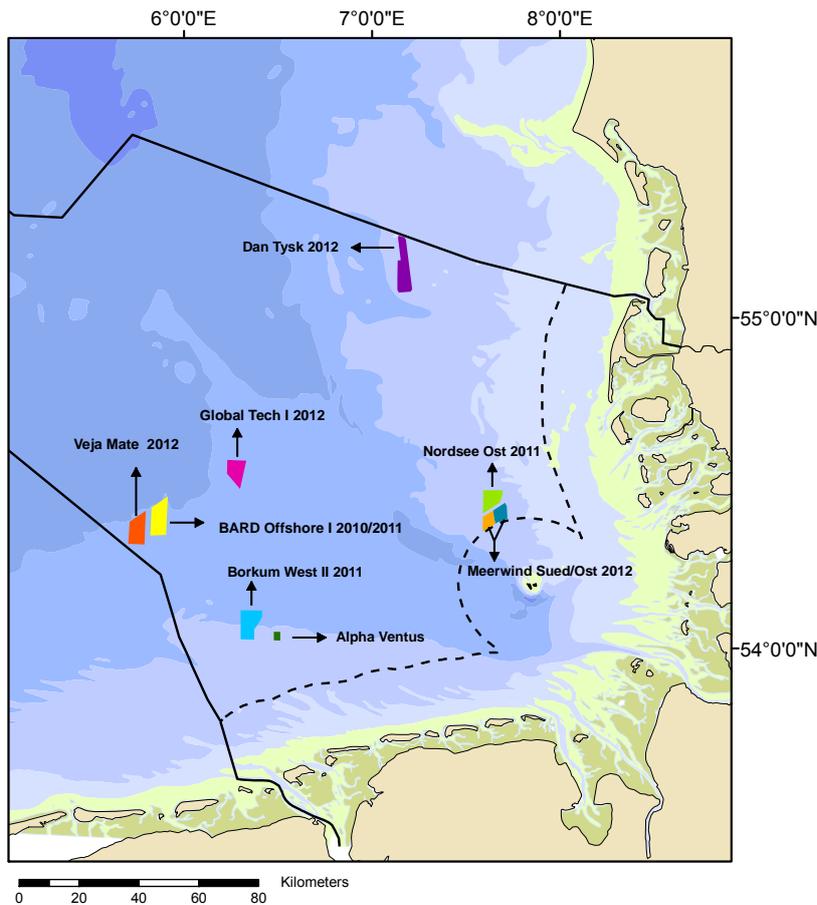


Abb. 1.: Lage und vermutliches Jahr der Inbetriebnahme der Windparks in der deutschen AWZ der Nordsee (Stand: November 2010; nach Informationen des BSH).

Auf dieser Grundlage sollten die telemetrischen Untersuchungen an Heringsmöwen und Basstölpeln in verschiedenen Brutkolonien in unmittelbarer Nähe der betriebenen Windparks durchgeführt werden. Voraussetzungen für die Auswahl der beiden Arten waren deren Häufigkeit in der Deutschen Bucht, deren Raumnutzungsverhalten, welches möglichst weiträumig sein sollte (d.h. möglichst weite Gebiete der AWZ für die Nahrungssuche zu nutzen), die Beschaffenheit der jeweiligen Brutkolonien (u.a. Zugänglichkeit), deren Eignung GPS-Datenlogger zu tragen und die Fangbarkeit der Arten, um die Geräte überhaupt anbringen zu können. Sowohl Heringsmöwen als auch Basstölpel erfüllen die genannten Voraussetzungen. Basstölpel fliegen zur Nahrungssuche weite Strecken (u.a. Garthe et al. 2007a, b; Hamer et al. 2009), brüten in der südlichen Nordsee aber nur auf der Hochseeinsel Helgoland mit etwa 600 Brutpaaren. Mit ca. 3

kg sind sie groß bzw. schwer genug, um problemlos Datenlogger tragen zu können. Heringsmöwen sind ebenfalls häufige Brutvögel in der südlichen Nordsee (ca. 40000 Brutpaare). Sie brüten entlang der gesamten deutschen Küste auf den meisten Nordseeinseln. Im Vergleich zu Basstölpeln haben sie einen wesentlich kleineren Raumanspruch, gelten aber im Gegensatz zu anderen Möwenarten als typische „Offshore-Art“, die v.a. im marinen Bereich nach Nahrung sucht (u.a. Kubetzki & Garthe 2003; Schwemmer & Garthe 2005).

Die Auswahl der Brutkolonien (Heringsmöwe) erfolgte einerseits nach deren Brutpaarzahlen und Zugänglichkeit, andererseits aber nach deren Nähe zu den OWPs, die während der Projektlaufzeit den Betrieb aufnehmen sollten. Folgende Kolonien wurden für die Freilandarbeit ausgewählt: Borkum (2012), Juist (2013, 2014), Norderney (2013), Spiekeroog (2012), Helgoland (2014), Amrum (2012, 2014).

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Um die individuellen Raum-Zeit-Muster von Heringsmöwen und Basstölpeln aufzeichnen zu können, mussten die einzelnen Tiere mit GPS-Datenloggern ausgerüstet werden. Diese wurden bereits in vorangegangenen Untersuchungen erfolgreich an beiden Untersuchungsarten eingesetzt (Mendel & Garthe 2010; Garthe et al. 2007a, b; Camphuysen 2011; Shamoun-Baranes et al. 2011). Die Ausrüstung der Tiere kann nur während der Brutzeit auf dem Nest erfolgen, da die Tiere nur dann an einen bestimmten Ort gebunden sind, zu dem sie immer wieder zurückkehren. Dies war insbesondere für die Abnahme der Datenlogger, d.h. den wiederholten Fang der besenderten Tiere, wichtig, um die aufgezeichneten Daten zu erhalten. Neben der Besenderung wurden in jeder untersuchten Brutkolonie Speiballen gesammelt, um die Nahrung der Brutpaare in der gesamten Kolonie zu bestimmen. Zusätzlich wurden den Individuen Blutproben entnommen für eine Stabile-Isotopen-Analyse. Diese liefert ebenfalls Aufschluss über die Nahrung (marin/terrestrisch, trophische Ebene), die das jeweilige Tier während der Ausrüstungszeit gefressen hat. Für jedes Tier wurde außerdem das Geschlecht bestimmt (Blut-/Federprobe; Tauros Diagnostik GbR, Bielefeld).

Die GPS-Datenlogger wurden ausgewählt, da diese die Flugmuster der Tiere mit einer sehr hohen räumlichen und zeitlichen Genauigkeit aufzeichnen können. So konnten insbesondere

kleinräumige Bewegungsmuster erfasst werden, was v.a. für die Erfassung möglicher Effekte von OWPs auf die Raumnutzungsmuster der Tiere von Bedeutung ist.

Für die Flughöhenerfassung mittels GPS-Datenlogger mussten die Geräte mehrfachen Testläufen unterzogen werden, um eine möglichst genaue und zuverlässige Höhenmessung zu erhalten. Diese Vorarbeit wurde in Zusammenarbeit mit Dr. Gerrit Peters (earth & ocean technologies, Kiel) durchgeführt.

Die Verwendung der solarbetriebenen GPS-Datenlogger der Firma e-obs, die durch die ständige technische Weiterentwicklung in der Telemetrie-Branche möglich wurde, erforderte Tests mit dem Teflon-Rucksacksystem (Harness), die an mehreren toten Individuen erprobt wurden. So wurde sichergestellt, dass die Anbringung der Geräte im Feld tiergerecht und reibungslos verlaufen konnte. Außerdem wurden auch diese Geräte im Vorfeld der Feldarbeit ausgiebig getestet, um eine sichere Funktion zu gewährleisten. Der Einsatz dieser neuen Geräte ermöglichte eine Aufzeichnung der Flugmuster von Heringsmöwen über die Eiphasen hinaus, da die Geräte fernauslesbar waren und die Tiere somit kein zweites Mal gefangen werden mussten.

Da die Basstölpel aus verschiedenen Gründen nur im dritten Projektjahr (2014) besendert werden konnten, sollte zusätzlich eine aktuelle Auswertung schiffsbasierter Erfassungsdaten (Seabirds at Sea Datenbank) erfolgen, die die Verbreitung der Basstölpel während der Brutzeit sowie ihre Interaktion mit Fischkuttern beschreibt. Fischkutter sind für viele Seevogelarten attraktiv, da bei den Fischereitätigkeiten oftmals Fischereiabfälle über Bord gegeben werden und somit eine zusätzliche und relativ leicht verfügbare Nahrung bietet. In verschiedenen Studien z.B. aus Großbritannien (Bodey et al. 2014) konnte eine deutliche Abhängigkeit der Basstölpel von Fischereiabfällen nachgewiesen werden. Bezogen auf das Vorhaben ist dies besonders spannend, da innerhalb der Windparkgebiete bislang keine Fischerei stattfinden darf. Anhand dieser Analyse sollte demnach geprüft werden, ob eine Meidung der Windparks durch die Basstölpel v.a. auf die Anlockung durch Fischereifahrzeuge zurückzuführen ist.

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand

1.4.1 Wissenschaftlicher Stand

Die groben räumlichen und zeitlichen Nahrungssuchmuster von Heringsmöwen in der deutschen AWZ sind größtenteils durch die standardisierten Erfassungen vom Schiff bzw. Flugzeug aus gut bekannt (u.a. Nordhuis & Spaans 1992; Schwemmer & Garthe 2005). Heringsmöwen nutzen v.a. das marine Habitat zur Nahrungssuche, fliegen aber auch ins Binnenland, um dort terrestrische Nahrung zu erbeuten. Sie ernähren sich hauptsächlich von Schwimmkrabben (*Liocarcinus* spp.), Fischen (natürlich erbeutet oder von über Bord geworfene Fischereiabfälle), Insekten, Regenwürmern oder Kleinsäugetern (Camphuysen 1995; Kubetzki & Garthe 2003; Schwemmer & Garthe 2005). Die Verbreitungsschwerpunkte während der Brutzeit liegen küstennäher als außerhalb der Brutzeit, reichen aber zwischen ca. 50 und 80 km von den Inselkolonien entfernt entlang der Nordseeküste (u.a. Camphuysen 1995; Kubetzki & Garthe 2003; Mendel et al. 2008). Erste individuelle Flugmuster besonderter Heringsmöwen stammen von der niederländischen Insel Texel (Camphuysen 2011). Auch auf Helgoland wurden vor dem Projektbeginn bereits einige Heringsmöwen mit GPS-Datenloggern ausgerüstet (z.B. Mendel & Garthe 2010).

Die Verbreitung der Basstölpel ist ebenfalls durch standardisierte Erfassungen hinreichend bekannt. Während der Brutzeit konzentrieren sie sich um die einzige deutsche Brutkolonie Helgoland, legen bei der Nahrungssuche jedoch sehr weite Strecken zurück (Hamer et al. 2000; Lewis et al. 2004; Garthe et al. 2007a). Sie ernähren sich hauptsächlich von pelagischen Schwarmfischen (z.B. Hering, Makrele), deren Vorkommen wiederum von bestimmten ozeanografischen Bedingungen abhängt und die Nahrungssuche der Basstölpel beeinflussen (Garthe et al. 2007b; Hamer et al. 2007). Auch Basstölpel wurden bereits vor Beginn des Projektes mit Datenloggern ausgerüstet, u.a. in Ostkanada (Garthe et al. 2007a, b) und Großbritannien (z.B. Hamer et al. 2000; Hamer et al. 2009). Bei diesen Studien lag der Schwerpunkt auf der generellen Raumnutzung und Habitatwahl der Tiere.

Über die möglichen Reaktionen beider Arten auf die Errichtung und Inbetriebnahme von OWP gab es zu Beginn des Projektes sehr wenige Informationen (Dierschke & Garthe 2006; Dierschke et al. 2006). Nach Garthe & Hüppop (2004) sind Heringsmöwen im Flug zwar sehr wendig und manövrierfähig, aber v.a. bei schlechter Witterung einem erhöhten Kollisionsrisiko ausgesetzt, da sie oftmals in Höhe des gefährlichen Rotorbereichs fliegen. Auch mögliche Anlockungseffekte

der Windparks könnten das Kollisionsrisiko für die Tiere noch erhöhen. Effektstudien in den Niederlanden (Krijgsveld et al. 2011; Leopold et al. 2011) und Dänemark (Petersen et al. 2006), die auf Radarmessungen bzw. Beobachtungsdaten basieren, zeigten, dass große Möwen, darunter auch Heringsmöwen, kaum durch die errichteten und betriebenen Windparks beeinflusst wurden.

Basstölpel sind nach Garthe & Hüppop (2004) relativ sensitiv gegenüber OWPs, da sie aufgrund ihrer Größe nur moderat manövrierfähig sind (Mendel et al. 2008). Sie sind daher einem erhöhtem Risiko ausgesetzt, mit den Anlagen zu kollidieren. Krijgsveld et al. (2011) stellten anhand von Radarbeobachtungen bei Basstölpeln eine durchschnittliche Meidungsrate von ca. 68% fest. Ebenso konnten Leopold et al. (2011) zeigen, dass Basstölpel die Windparks eher mieden und um sie herumflogen.

1.4.2 Technischer Stand

Durch die erfolgreichen Erfahrungen mit GPS-Datenloggern aus vorherigen bzw. anderen Studien (Garthe et al. 2007a, b; Mendel & Garthe 2010; Camphuysen 2011) konnte an Vorwissen und Methodik angeknüpft werden. Die verwendeten GPS-Datenlogger waren auf dem zu der Zeit jeweils aktuellsten Stand der Technik. Die in anderen Studien verwendete Satellitentelemetrie kam in diesem Projekt nicht zur Anwendung, da diese nur sehr viel weniger Positionen pro Zeiteinheit generieren können und zusätzlich eine gewisse räumliche Ungenauigkeit aufweisen. Im Gegensatz dazu konnten die verwendeten Datenlogger in einem meist zweiminütigen Intervall Daten aufzeichnen, was sehr feinskalierte Bewegungsmuster der Tiere lieferte. Dies war insbesondere wichtig, um die Reaktionen der Tiere auf die OWPs aufzeichnen zu können.

Um die Flughöhe möglichst genau aufzeichnen zu können, musste eine spezielle Programmierung der Datenlogger erfolgen. Die üblicherweise verwendeten GPS-Datenlogger waren so ungenau, dass sie so nicht für die Aufzeichnung der Flughöhen geeignet war. In verschiedenen Tests wurde die benötigte Vorlaufzeit ermittelt, die benötigt wird, um eine stabile Höhenmessung zu gewährleisten. Dazu wurde ein sekundliches Aufzeichnungsintervall gewählt. Die notwendige Vorlaufzeit betrug zwischen 32 und 35 Sekunden. So lagen 90% der aufgezeichneten Höhenwerte in einem Genauigkeitsbereich von ± 10 m (± 1 m: 17%, ± 5 m: 41%, ± 10 m: 32%, ± 15 m: 8%, ± 20 m: 2% der Daten). Solch eine genaue, individuelle

Flughöhenaufzeichnung durch einen GPS-Datenlogger war bis dato anderweitig nicht bekannt und wurde in diesem Projekt erstmalig angewendet.

Die Nutzung der solarbetriebenen Datenlogger im letzten Projektjahr (2014) wurde durch die ständige Weiterentwicklung und insbesondere die Miniaturisierung der Geräte möglich. Die andere Befestigungsmethode mittels (Teflon-) Rucksacksystem ist ebenfalls in ständiger Überarbeitung, um eine Beeinflussung der Tiere möglichst auszuschließen.

1.4.3 Verwendete Fachliteratur

Bodey TW, Jessopp MJ, Votier SC, Gerritsen HD, Cleasby IR, Hamer KC, Patrick SC, Wakefield ED, Bearhop S (2014) Seabird movement reveals the ecological footprint of fishing vessels. *Curr Biol* 24: R514-R515.

Busch M, Kannen A, Garthe S, Jessopp M (2013): Consequences of a cumulative perspective on marine environmental impacts: offshore wind farming and seabirds at North Sea scale in context of the EU Marine Strategy. *Ocean & Coastal Management* 71: 213-224.

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 efficient flying. *Ardea* 83:365–380.

Camphuysen CJ (2011) Lesser Black-backed Gulls nesting at Texel. Foraging distribution, diet, survival, recruitment and breeding biology of birds carrying advanced GPS loggers. Royal Netherlands Institute for Sea Research Texel. NIOZ Report 2011-05.

Camphuysen CJ (2013) A historical ecology of two closely related gull species (Laridae): multiple adaptations to a man-made environment. Ph.D.-thesis, Univ. Groningen, Groningen.

Dierschke V, Garthe S (2006) Literature review of offshore wind farms with regard to seabirds. Bundesamt für Naturschutz-Skripten 186: 131-198.

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 (eds): Offshore wind energy. Research on environmental impacts. Springer. pp. 121-143.

Furness RW, Wade HM, Masden EA (2013) Assessing vulnerability of marine bird populations to offshore wind farms. *Journal of Environmental Management* 119 (2013) 56-66.

Garthe S, Dierschke V, Weichler T, Schwemmer P (2004) Rastvogelvorkommen und Offshore-Windkraftnutzung: Analyse des Konflikt-potenzials für die deutsche Nord- und Ostsee. Abschlussbericht des Teilprojektes 5 im Rahmen des Verbundvorhabens "Marine Warmblüter in Nord- und Ostsee: Grundlagen zur Bewertung von Windkraftanlagen im Offshorebereich (MINOS).

Garthe S, Hüppop O (2004) Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. *J Appl Ecol* 41: 724-734.

Garthe S, Montevecchi WA, Chapdelaine G, Rail JF, A Hedd (2007a) Contrasting foraging tactics by northern gannets (*Sula bassana*) breeding in different oceanographic domains with different prey fields. *Mar. Biol.* 151: 687-694.

Garthe S, Montevecchi WA, Davoren GK (2007b) Flight destinations and foraging behaviour of northern gannets (*Sula bassana*) preying on a small forage fish in a low-Arctic ecosystem. *Deep-Sea Res. II* 54: 311-320.

Hamer KC, Humphreys EM, Magalhaes MC, Garthe S, Hennicke J, Peters G, Grémillet D, Skov H, Wanless S (2009) Fine-scale foraging behaviour of a medium-ranging marine predator. *J. Anim. Ecol.* 78: 880-889.

Johnston A, Cook ASCP, Wright LJ, Humphreys EM, Burton NHK (2014) Modelling flight heights of marine birds to more accurately assess collision risk with offshore wind turbines. *Journal of Applied Ecology* 51: 31-41.

Krijgsveld KL, Fijn RC, Japink M, van Horssen PW, Heunks C, Collier MP, Poot MJM, Beuker D, Dirksen S (2011) Effect studies Offshore Wind Farm Egmond aan Zee. Final report on fluxes, flight altitudes and behaviour of flying birds. Commissioned by NoordzeeWind. Bureau Waardenburg Report 10-219.

Kubetzki U, Garthe S (2003) Distribution, diet and habitat selection by four sympatrically breeding gull species in the southeastern North Sea. *Mar. Biol.* 143:199–207.

Leopold MF, Dijkman EM, Teal L, OWEZ-Team (2011) Local Birds in an around the Offshore Wind Farm Egmond Aan Zee (OWEZ) (T-0 & T-1, 2002-2010). Report nr. C187/11.

Leopold MF, van Bemmelen RSA, Zuur AF (2013) Responses of local birds to the offshore wind farms PAWP and OWEZ off the Dutch mainland coast. Report C151/12, Imares, Wageningen.

Mendel B, Garthe S (2010) Strategien bei der Nahrungssuche: Mit Hightech auf der Spur der Helgoländer Heringsmöwen. Falke 57: 402-408.

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. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.

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.

Petersen IK, Christensen TK, Kahlert J, Desholm M, Fox AD (2006) Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark. NERI Report to DONG Energy and Vattenfall A/S. National Environmental Research Institute, Denmark.

Schwemmer P, Garthe S (2005) At-sea distribution and behaviour of a surface feeding seabird, the lesser black-backed gull *Larus fuscus*, and its association with different prey. Mar. Ecol. Prog. Ser. 285:245–258.

Thaxter CB, Ross-Smith VH, Clark NA, Conway GJ, Rehfisch MM, Bouten W, Burton NHK (2011) Measuring the interaction between marine features of Special Protection Areas with offshore wind farm development zones through telemetry: first breeding season report. BTO Research Report No. 590. BTO, Thetford

Thaxter CB, Ross-Smith VH, Clark NA, Conway GJ, Wade H, Masen EA, Rehfisch MM, Bouten W, Burton NHK (2012) Measuring the interaction between marine features of Special Protection Areas with offshore wind farm development zones through telemetry: first breeding season report. BTO Research Report No. 610. BTO, Thetford

Vanermen N, Onkelinx T, Courtens W, Van de walle M, Verstraete H, Stienen EWM (2014) Seabird avoidance and attraction at an offshore wind farm in the Belgian part of the North Sea. *Hydrobiologia* 756: 51-61.

Votier SC, Bicknell A, Cox SL, Scales KL, Patrick SC (2013) A bird's eye view of discard reforms: bird-borne cameras reveal seabird/fishery interactions. *PLoS ONE* 8:e57376. doi: 10.1371/journal.pone.0057376

Wakefield ED, Bodey TW, Bearhop S, Blackburn J, Colhoun K, Davies R, Dwyer RG, Green JA, Grémillet D, Jackson AL, Jessopp MJ, Kane A, Langston RHW, Lescroël A, Murray S, le Nuz M, Patrick SC, Péron C, Soanes LM, Wanless S, Votier SC, Hamer KC (2013) Space partitioning without territoriality in gannets. *Science* 341: 68–70.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Projektdurchführung erfolgte durch das Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ) der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Die Entwicklung und Konzeption der GPS-Datenlogger ohne Solarbetrieb stammen von Dr. Gerrit Peters, earth and ocean technologies, Kiel. Die GPS-Datenlogger mit Solaroption wurden von der Firma e-obs GmbH, Grünwald, entwickelt.

Die Feldarbeit wurde in enger Zusammenarbeit mit den betreuenden Vereinen vor Ort sowie den zuständigen Genehmigungsbehörden durchgeführt. Diese waren im Einzelnen:

- Amrum: Verein Jordsand zum Schutze der Seevögel und der Natur e.V. (insbesondere Dieter Kalisch); Öömrang Ferian i.F. (Dr. Thomas Chrobock), Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein (u.a. Bernd Hälterlein);
- Helgoland: Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ Wilhelmshaven/Helgoland (Jochen Dierschke), Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein;

- Borkum, Juist, Norderney, Spiekeroog: Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer (Peter Südbeck, Gundolf Reichert), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz.

Ohne die Unterstützung der genannten Personen und Institutionen wäre die Feldarbeit in den verschiedenen Brutkolonien nicht so einfach möglich gewesen.

2 Eingehende Darstellung

2.1 Erzielte Ergebnisse mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

2.1.1 Verwendete GPS-Datenlogger und deren Weiterentwicklung

Für die Besenderung der Heringsmöwen und Basstölpel wurden verschiedene GPS-Datenlogger verwendet:

- die akkubetriebene GPS-Datenlogger der Firma earth & ocean technologies (Kiel; Dr. G. Peters; Abb. 2);
- solarbetriebene GPS-Datenlogger der Firma e-obs GmbH (Grünwald; Abb. 3).

Zusätzlich wurden bereits aus Eigenmitteln vorhandene, akkubetriebene GPS-Datenlogger der Firma Catnip Technologies (Hongkong/China) eingesetzt. Die beiden akkubetriebenen Gerätetypen der beiden unterschiedlichen Firmen werden im Folgenden nicht mehr unterschieden.



Abb. 2: GPS-Datenlogger „MiniGPSlog“ (earth & ocean technologies, Kiel), v.a. auf Heringsmöwen eingesetzt.



Abb. 3: Solarbetriebene GPS-Datenlogger „Solar-GPS-ACC“ (e-obs GmbH, Grünwald); links: für Heringsmöwen verwendete Version; rechts: für Basstölpel genutzte Version.

Da Heringsmöwen mit einem durchschnittlichen Gewicht von ca. 800 g weitaus weniger wiegen als Basstölpel, mussten auf ihnen leichtere Geräte eingesetzt werden. Aufgrund ihres Jagdverhaltens (tiefes Sturztauchen) mussten die Geräte für die Basstölpel außerdem druckfest sein. Die Möglichkeit, solarbetriebene GPS-Datenlogger zu verwenden, ergab sich erst während der Projektlaufzeit und war während der Projektbeantragung noch nicht vorherzusehen. Da aber diese Geräte eine längere Laufzeit sowie ein Fernauslesen (d.h. ein oftmals komplizierter Wiederfang der Tiere nicht unbedingt nötig, um die Daten zu erhalten) versprachen, wurden sie auf beiden Arten eingesetzt.

2.1.2 Heringsmöwen: Ergebnisse in den Projektjahre 2011-2014

Während der Projektjahre 2012–2014 wurden während der Brutzeit insgesamt 81 adulte Heringsmöwen verschiedener Brutkolonien entlang der deutschen Nordseeküste mit GPS-Datenloggern ausgerüstet. Der Fang erfolgte mit Hilfe einer Kastenfalle, die direkt über dem Nest aufgestellt wurde (Abb. 4). In dieser Falle, die die Möwe durch das Setzen auf ihr Nest selbst auslöst, kann das Tier dann eine Zeit lang ungestört weiterbrüten (Abb. 4). Der Fang wurde während der Eiphasen der Tiere durchgeführt, da sie nur dann an ihr Nest gebunden sind.



Abb. 4: Brütende Heringsmöwe in einer Kastenfalle.

Die meisten Tiere wurden mit akkubetriebenen Geräten (Abb. 2) besendert. Im Jahr 2014 konnten insgesamt neun Tiere mit den solarbetriebenen Datenloggern versehen werden. Letztere wurden mittels Rucksacksystem (Teflon-Harness) am Rücken der Tiere befestigt (Abb. 5), die übrigen Geräte wurden mit Gewebeklebeband an der Schwanzbasis angebracht (Abb. 5).



Abb. 5: Anbringung der GPS-Datenlogger an einer Heringsmöwe (links) mittels Teflon-Harness und (rechts) mittels Gewebeklebeband.

Insgesamt konnten 64 der 81 ursprünglich besenderten Heringsmöwen erfolgreich wiedergefangen werden. Die restlichen Tiere hatten ihr Gelege durch Prädation verloren oder aufgegeben oder hatten zum Zeitpunkt des Wiederfang bereits Küken, sodass ein Fang nicht mehr möglich war. Fünf Geräte konnten aufgrund technischer Defekte keine Daten aufzeichnen;

Schlussbericht WINDBIRD

eines der mit einem solarbetriebenen Datenlogger besenderten Tiere hat sofort nach der Besenderung die Kolonie verlassen, sodass keine Daten ausgelesen werden konnten. Es standen somit 58 brauchbare Datensätze für die Auswertung zur Verfügung (Tab. 1). Siebzehn dieser Datensätze enthielten die genauen Höhenmessungen.

Tab. 1: Brutkolonien besendeter Heringsmöwen.

Kolonie	Koordinaten	Fläche (km ²)	Brutpaare (Status)	Untersuchungszeitraum	Distanz zum Festland (km)	Verfügbare Datensätze
Amrum	54°41'N,	20.46	ca. 10,000 ^a (2012)	19.05.–04.06.2012	24	7
	8°20'E			17.05.–08.07..2014		7
Borkum	53°35'N , 6°40'E	30.74	ca. 1,500 ^b (2012)	20.05.–04.06.2012	17	6
Helgoland	54°11'N, 7°53'E	1.70	ca. 600 ^c (2013)	19.05.–22.05.2014	45	6
Juist	53°40'N, 7°04'E	16.43	ca. 1,000 ^b (2012)	16.05.–04.06.2013	10	11
				13.05.–17.05.2014		3
Norderney	53°43'N, 7°18'E	26.29	ca. 4,000 ^b (2012)	16.05.–03.06.2013	4	11
Spiekeroog	53°46'N, 7°42'E	18.25	ca. 8,000 ^b (2012)	19.05.–05.06.2012	7	7

^aVerein Jordsand e.V. (unveröffentl. Daten); ^bNationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer (unveröffentl. Daten); ^cInstitut für Vogelforschung “Vogelwarte Helgoland” (unveröffentl. Daten). Die Brutpaarzahlen sind Gesamtzahlen für die jeweiligen Inseln.

Die aufgezeichneten Nahrungsflüge aller besenderten Heringsmöwen unterschieden sich je nach untersuchter Brutkolonie, z.B. in ihrer Dauer, Länge und in dem Anteil an Flügen ins marine/terrestrische Habitat (Abb. 6): Die Amrumer Tiere suchten ihre Nahrung in beiden Untersuchungsjahren größtenteils an Land mit einer relativ eindeutigen Ortstreue. Die Heringsmöwen der ostfriesischen Inseln suchten ebenso häufig auf See nach Nahrung. Insbesondere die Borkumer Individuen hatten einen eindeutig marinen Schwerpunkt.

Schlussbericht WINDBIRD

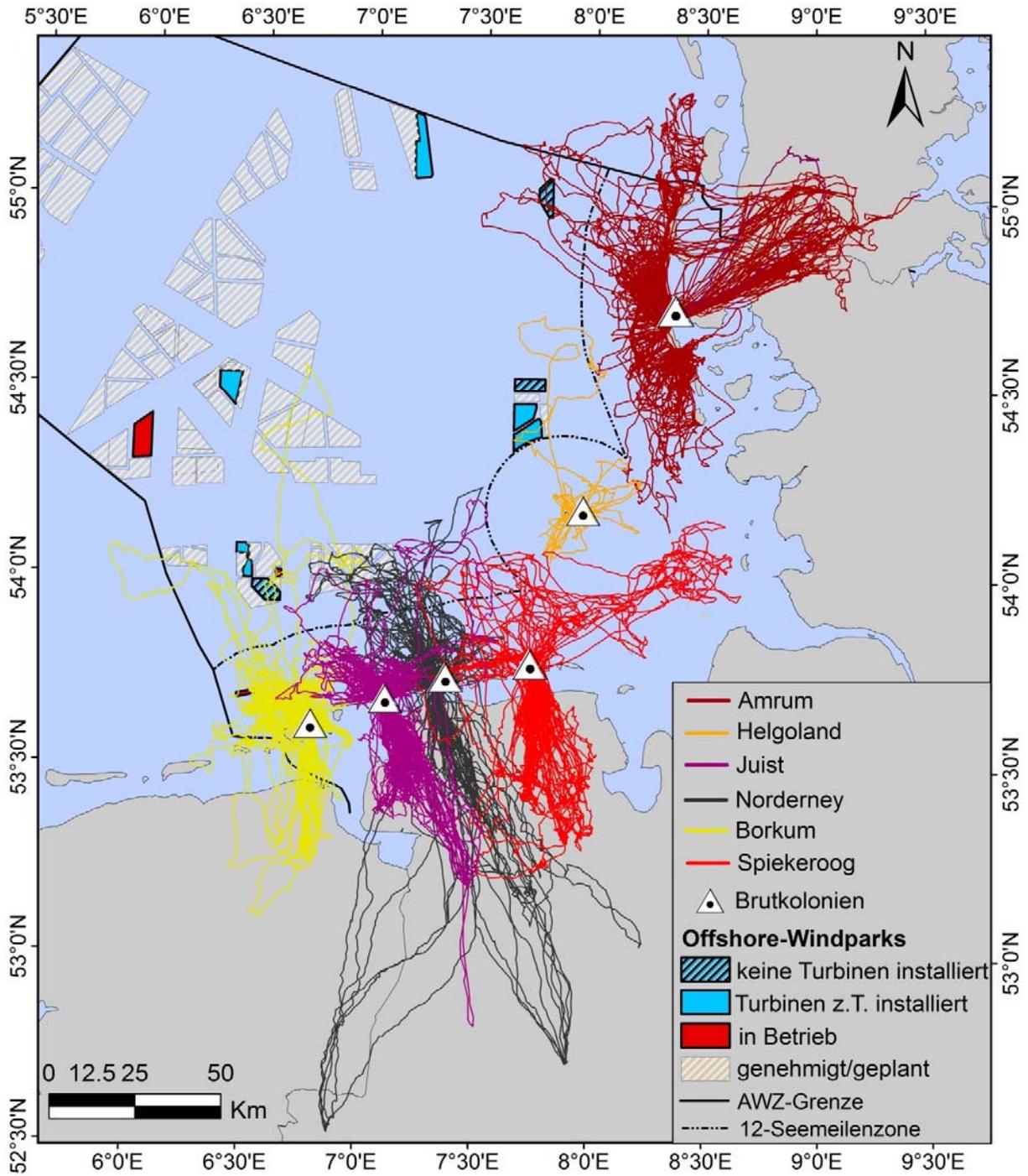


Abb. 6: Nahrungsflüge aller während der Projektlaufzeit 2012-2014 besenderten Heringsmöwen verschiedener Brutkolonien vor dem Hintergrund der bis dahin geplanten/genehmigten, gebauten bzw. betriebenen Offshore-Windparks (Stand: Februar 2015).

Helgoland ist mit etwa 45 km (Direktstrecke) zu weit vom Festland entfernt, sodass die Tiere auf See nach Nahrung suchen müssen. Die Nahrungssuche erfolgte zumeist in der Nähe der Kolonie. Die parallel durchgeführten Speiballenanalysen ergaben (Tab. 2), dass die Helgoländer Tiere sich vor allem von ungenutztem, über Bord geworfenem Beifang der in der Umgebung aktiven Fischkutter ernährten.

Tab. 2: Nahrungszusammensetzung (%) und Diversität (H') in Speiballen von heringsmöwen aus verschiedenen Brutkolonien und Untersuchungsjahren. „Sonstige“ repräsentieren Vögel, Eier, Früchte und Samen. Die graue Skala stellt einen Gradienten von niedrigen (weiß) bis hohen Werten (dunkelgrau).

Colony	Year	n	Bivalves	Bristleworms	Earthworms	Crabs	Insects	Fishes	Mammals	Waste	Others	H'
AM	2012	122	16.3	1.6	12.3	30.9	18.1	4.6	2.3	1.6	12.4	1.74
BO	2012	93	29.2	0	15.4	30.7	12.0	6.1	5.0	0	1.6	1.70
JU	2013	129	7.2	2.0	23.4	11.6	27.2	5.4	8.1	7.2	7.8	1.77
NO	2013	121	0.5	1.2	33.5	5.0	34.2	3.4	5.3	3.5	13.4	1.55
SP	2012	131	0.8	0	35.8	8.9	31.6	5.2	4.2	1.3	12.2	1.49

Auffällig war zudem, dass sich die Nahrungsflüge der Individuen der verschiedenen Kolonien kaum überlappten (Abb. 6). Dieses Verhalten ist wahrscheinlich eine Strategie zur Vermeidung intraspezifischer Konkurrenz um dieselben Nahrungsressourcen (vgl. Wakefield et al. 2013). Auch zwischen den Geschlechtern wurden Unterschiede im Nahrungssuchverhalten aufgedeckt: Während die Männchen insgesamt längere Nahrungsflüge absolvierten und tendenziell eher das marine Habitat nutzten, flogen Weibchen während der Nahrungssuche kürzere Strecken und tendierten zur terrestrischen Nahrungssuche. Die Analyse der stabilen Isotope im Blut der besenderten Tiere unterstützte diesen Befund (Abb. 7): Weibchen wiesen einen höheren Anteil an Regenwürmern und Käfern, dafür einen etwas geringeren Anteil an Fischen in ihrer Nahrung auf als Männchen. Der Anteil an Schwimmkrabben in der Nahrung war bei beiden Geschlechtern allerdings ähnlich hoch.

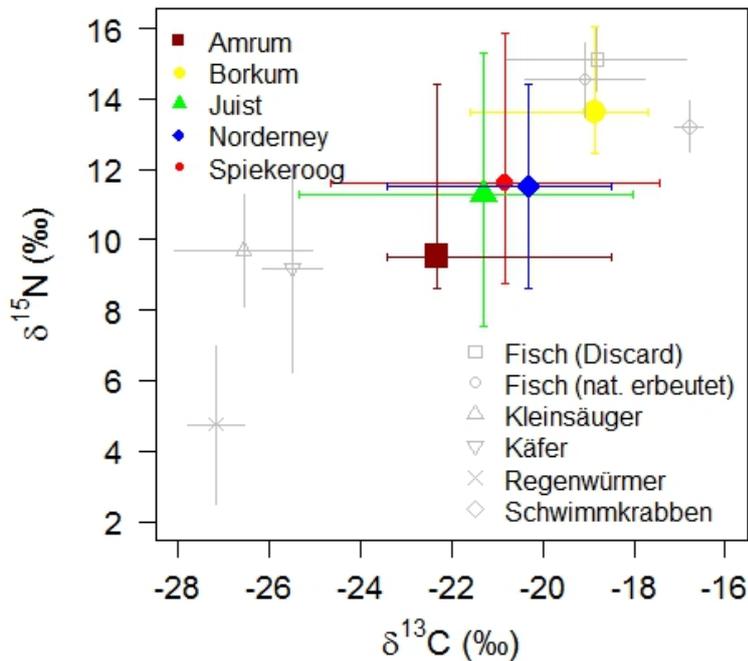


Abb. 7: Kolonie-spezifische Isotopenwerte (Mittelwert \pm Standardabw.) aus dem Blut von besenderten Heringsmöwen verschiedener Brutkolonien. In grau sind die verschiedenen wichtigsten Nahrungskomponenten der Heringsmöwen dargestellt.

Im letzten Projektjahr (2014) konnten aufgrund der neuen solarbetriebenen Datenlogger die ersten Nahrungsflüge von Amrumern außerhalb der Eiphasse aufgezeichnet werden (Abb. 11). Da dies aber noch zu wenig Datensätze waren, ließ sich nicht genau sagen, ob die Tiere ihr Nahrungssuchverhalten (z.B. gewähltes Nahrungshabitat) während der Kükenphase ändern oder beibehalten. Zusätzlich konnte auch erstmals eine andere Subkolonie weiter südlich auf der Insel Amrum beprobt werden (3 Individuen). Damit sollte geprüft werden, ob die Tiere ebenfalls stark an das Binnenland gebunden sind oder eher in anderen Gebieten nach Nahrung suchen. Die Ergebnisse (Abb. 18, 19) zeigten, dass diese drei Tiere ausschließlich auf See nach Nahrung suchen, sich also anders als die zuvor in der nördlichen Subkolonie der Insel besenderten Tiere verhalten.

Die Nahrungsflüge der Heringsmöwen überschneiden sich nur zu einem geringen Teil mit OWPs, die meisten der Windparks waren zu dem Zeitpunkt der Besenderung nur genehmigt bzw. im Bau. Der Stand der genehmigten OWPs konnte zu jeder Zeit unter folgender Webseite abgerufen werden: <http://www.4coffshore.com/windfarms/windfarms.aspx?windfarmid=DE05> (zuletzt

Schlussbericht WINDBIRD

abgerufen am 25.08.2015). Während der Brutzeit 2012 waren nur die OWP's alpha ventus ($54^{\circ} 0' 30''$ N, $6^{\circ} 35' 54''$ O) und BARD Offshore I ($54^{\circ} 21' 30''$ N, $5^{\circ} 58' 30''$ O) komplett bzw. teilweise in Betrieb (Abb. 8). Der Windpark Trianel Windpark Borkum Phase 1 (vorm. Borkum West; $54^{\circ} 2' 30''$ N, $6^{\circ} 28' 0''$ O) begann im Juni 2012 mit der Installation der Fundamente.

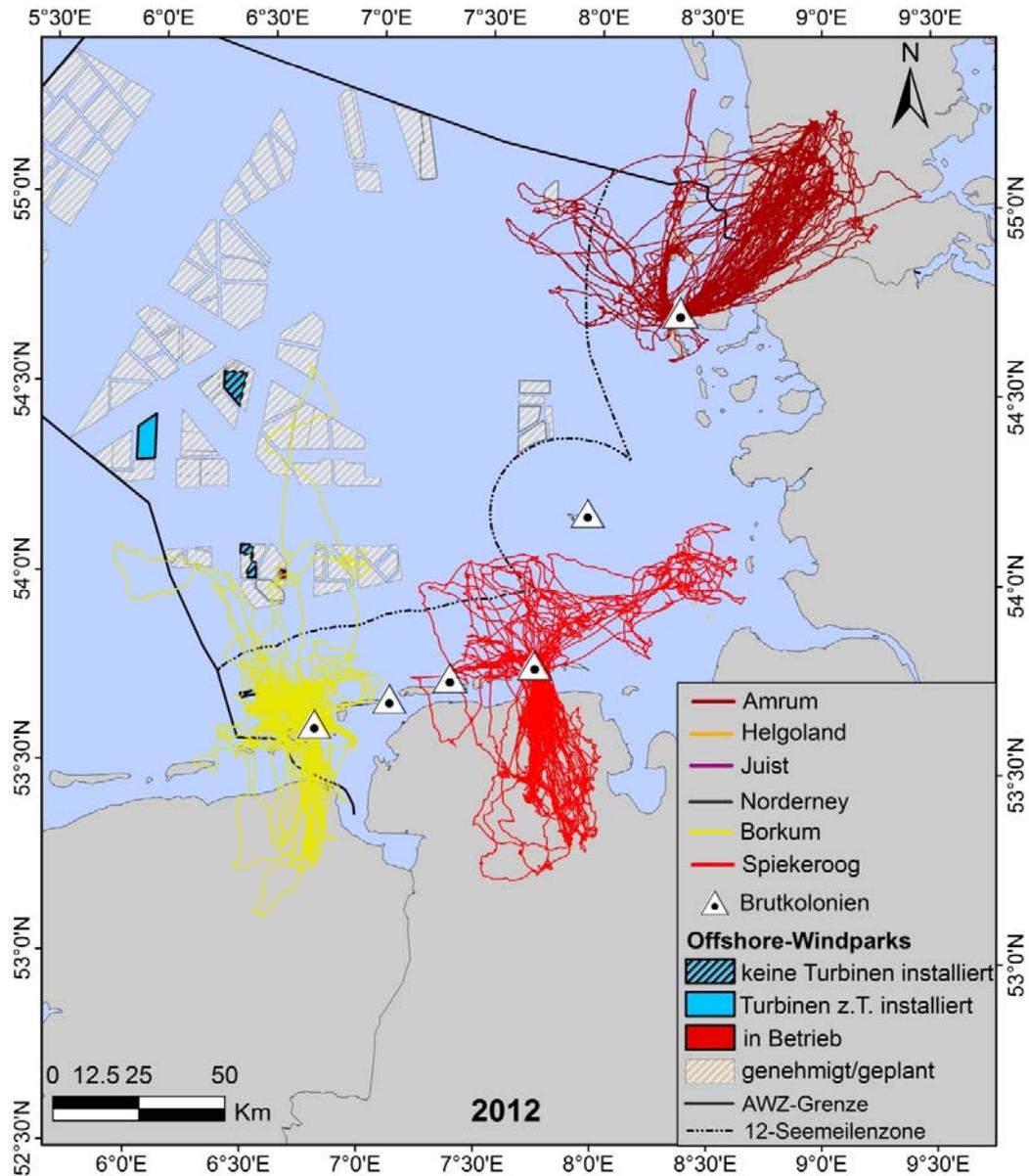


Abb. 8: Nahrungsfüge der 2012 auf Borkum, Spiekeroog und Amrum besiederten Heringsmöwen vor dem Hintergrund der bis dahin geplanten/genehmigten, gebauten bzw. betriebenen Offshore-Windparks (Stand: Dezember 2012).

Ein Borkumer Individuum flog während eines Nahrungstrips über bzw. durch den Testwindpark alpha ventus (Abb. 8). Die sichtbaren Schleifen in unmittelbarer Nähe dieses Windparks deuten auf einen längeren Aufenthalt, möglicherweise sogar auf eine Nahrungssuche in dem Bereich. Das Individuum hielt sich mehrmals zu unterschiedlichen Tageszeiten (ca. 11 Uhr, 16 Uhr und 21 Uhr) in unmittelbarer Nähe des Windparks alpha ventus auf. Die Aufenthaltsdauer betrug durchschnittlich 15 Minuten. Die Geschwindigkeiten, mit denen der Vogel den Windpark überflog bzw. durchflog lagen bei ca. 30-35 km/h, was wiederum für eine Nahrungssuche in dem Bereich spricht. Alle anderen Tiere flogen gar nicht in der Nähe der betriebenen oder sich im Bau befindlichen OWPs, zeigten jedoch Überlappungen mit geplanten bzw. bereits genehmigten OWPs (Abb. 9).

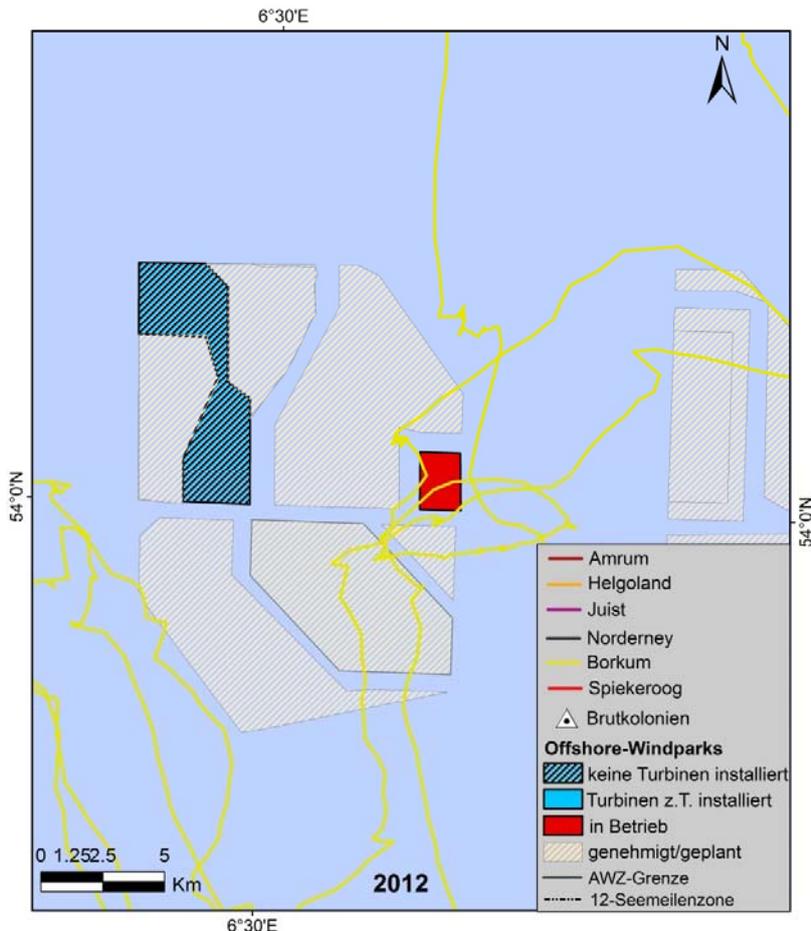


Abb. 9: Nahrungsflüge der 2012 auf Borkum besiederten Heringsmöwen vor dem Hintergrund der bis dahin geplanten/genehmigten, gebauten bzw. betriebenen Offshore-Windparks (Stand: Dezember 2012). Nahrungsflug eines Individuums innerhalb des betriebenen Offshore-Windparks alpha ventus.

Die restlichen, bereits genehmigten Windparks begannen erst später mit dem Bau. Demnach verzögerte sich der Baubeginn bei den meisten der zum Zeitpunkt der Projektbeantragung geplanten OWP-Vorhaben (vgl. Abb. 1, 8).

2013 waren während der Zeit der Besenderung der Heringsmöwen folgende (weitere) OWPs im Bau: Trianel Windpark Borkum Phase I war mit der Installation der Fundamente fertig, die erste Turbine wurde aber erst Ende Juli, also nach der Besenderung der Heringsmöwen, installiert. Global Tech I (54° 30' 0" N, 6° 21' 30" O), Dan Tysk (55° 9' 0" N, 7° 10' 30" O) sowie Meerwind Süd/Ost (54° 23' 0" N, 7° 41' 0" E) und Nordsee Ost (54° 26' 0" N, 7° 41' 0" E) hatten bereits einige Fundamente installiert, BARD Offshore I setzte die Turbineninstallation fort (Ende: August 2013), parallel waren schon einige Turbinen in Betrieb. Die besenderten Heringsmöwen von Norderney und Juist flogen größtenteils nicht in die Nähe der potentiell erreichbaren OWPs (Abb. 10; Windparks in „Reichweite“: alpha ventus, Trianel Windpark Borkum Phase I, BARD offshore I, Global Tech I, Meerwind Süd/Ost, Nordsee Ost). Die Norderneyer Tiere flogen sehr häufig an Land und nutzten auf See den Bereich nördlich ihrer Kolonie in einer ungefähren Entfernung von max. 40 km. Sie nutzten jedoch sehr häufig die Flächen nörderlich der Insel, in denen mehrere OWPs bereits genehmigt, jedoch noch nicht im Bau, waren. Eines der Juister Tiere suchte ca. 10 km von alpha ventus entfernt nach Nahrung, flog aber nicht näher heran (Abb. 10). Auch in diesem Untersuchungsjahr gab es demnach keine Überlappungen mit OWPs, die sich entweder im Bau befanden oder in Betrieb waren.

Schlussbericht WINDBIRD

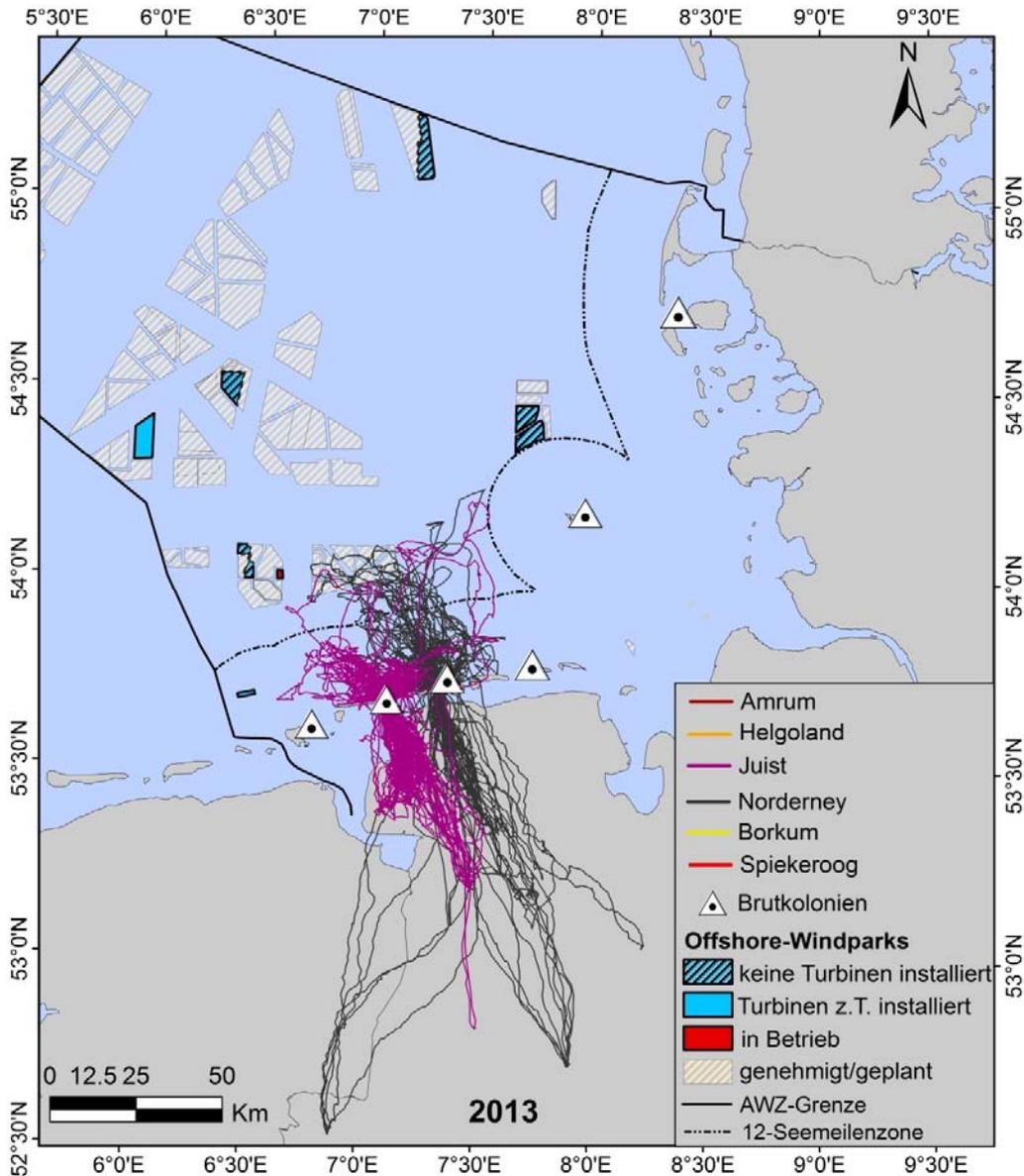


Abb. 10: Nahrungsflüge der 2013 auf Juist und Norderney besenderten Heringsmöwen vor dem Hintergrund der bis dahin geplanten/genehmigten, gebauten bzw. betriebenen Offshore-Windparks (Stand: Dezember 2013).

2014 waren alle Turbinen im OWP Meerwind Süd/Ost installiert und auch z.T. in Betrieb. BARD Offshore I nahm im August 2013 den kompletten Betrieb auf. Amrumbank West, Butendiek ($54^{\circ} 54' 0'' \text{ N}$, $7^{\circ} 45' 0'' \text{ O}$) und Borkum Riffgrund I ($53^{\circ} 58' 0'' \text{ N}$, $6^{\circ} 33' 0'' \text{ O}$) begannen mit der Installation der Fundamente. Trianel Windpark Borkum, Dan Tysk und Nordsee Ost hatten die Installation der Fundamente abgeschlossen und begannen mit der Installation der Turbinen. Auf

Juist wurden in diesem Jahr nur drei der speziellen „Höhenlogger“ verwendet, daher wurden nur sehr wenige Nahrungsflüge aufgezeichnet, die nicht in die Nähe der OWPs führten (Abb. 11). Eines der Amrumer Tiere, die in diesem Jahr besendert wurden, flog durch den OWP Butendiek, jedoch begann die Installation der ersten Fundamente erst Anfang Juni, daher waren zum Zeitpunkt des Durchfluges max. erst einige wenige Fundamente vorhanden.

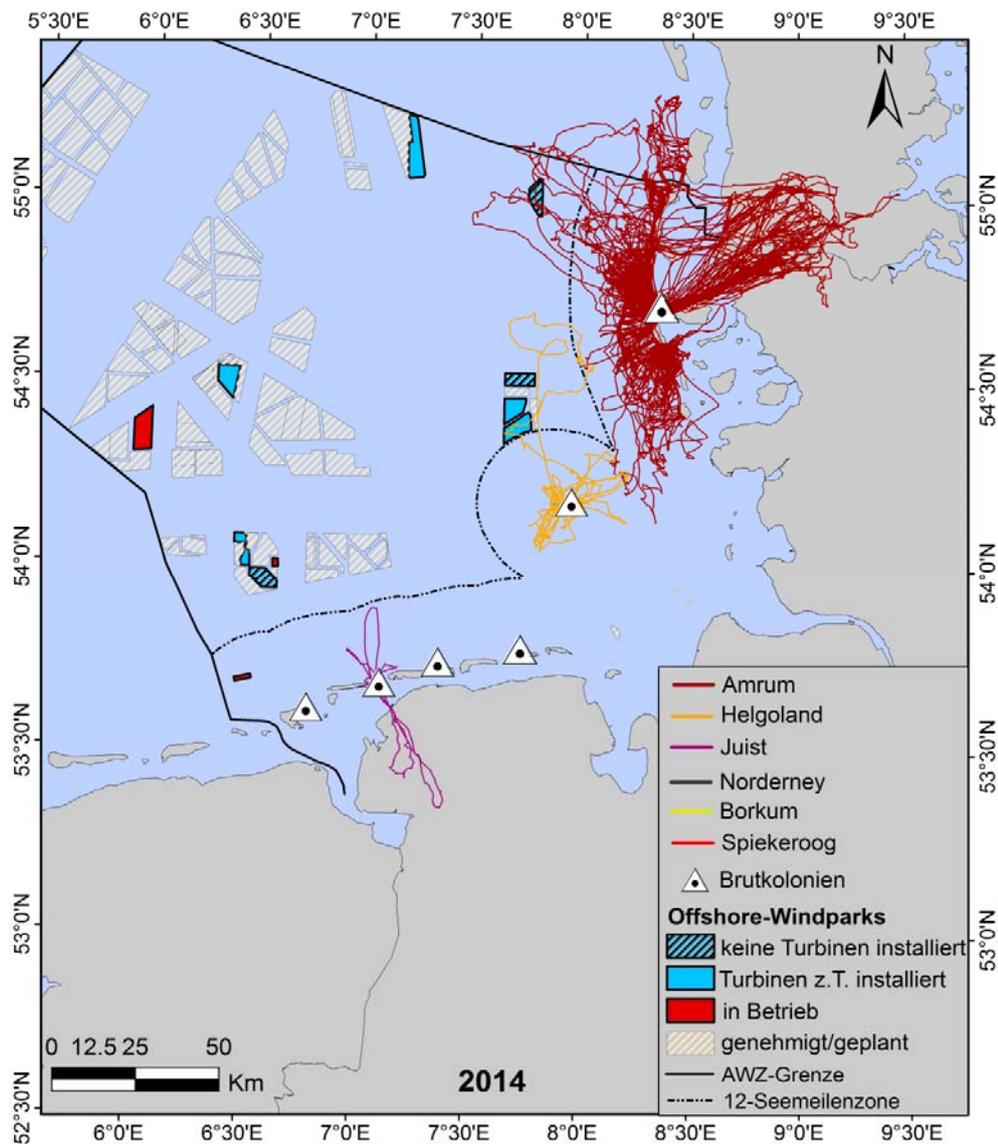


Abb. 11: Nahrungsflüge der 2014 auf Juist, Helgoland und Amrum besenderten Heringsmöwen vor dem Hintergrund der bis dahin geplanten/genehmigten, gebauten bzw. betriebenen Offshore-Windparks (Stand: November 2014).

Ein Nahrungsflug eines Helgoländer Individuums überschneidet sich mit dem bereits betriebenen OWP Meerwind Süd/Ost (Abb. 11): Das Tier hielt sich während der Nacht für ca. 6 h im Windpark auf, wahrscheinlich zur Rast (s.u.). Weitere Überschneidungen mit OWPs gab es in diesem Untersuchungsjahr nicht.

Insgesamt gab es während der Projektlaufzeit also drei Flüge von drei Individuen innerhalb betriebenen oder sich im Bau befindlichen OWPs. Diese Aufenthalte innerhalb der OWPs waren meist von kurzer Dauer bis auf das eine Helgoländer Individuum, das sich dort höchstwahrscheinlich zur Rast (schwimmend) aufgehalten hat. Des Weiteren konnten einige Überlappungen mit bisher nur genehmigten Windparks festgestellt werden (d.h. mehr oder weniger regelmäßige Nutzung der Flächen vor Baubeginn).

Insgesamt konnten in den Untersuchungsjahren 17 Datensätze mit Flughöhen gesammelt werden. Diese stammten von Tieren der Kolonien Juist (2013, 2014), Norderney (2013), Amrum (2014) und Helgoland (2014).

2013 konnten acht Höhendatensätze generiert werden. Die Auswertung ergab, dass 89% aller aufgezeichneten Positionen dieser acht Tiere in einer Höhe von ≤ 20 m üNN lagen. Das heißt, die meisten Tiere flogen unterhalb der für sie gefährlichen Rotorhöhe der Windenergieanlagen (ca. 30–150 m). Alle Flugpositionen wurden allerdings außerhalb jeglicher OWPs aufgezeichnet, d.h. die aufgezeichneten Flughöhen lieferten keinen Aufschluss darüber, ob die Tiere in der Nähe oder innerhalb der OWPs ihr Flugverhalten ändern. Die Tiere flogen sowohl über Land und auf See (Abb. 12a) als auch tagsüber und nachts (Abb. 12b) in unterschiedlichen Höhen. Zudem wurden sehr kurvige Flugabschnitte in geringeren Höhen durchgeführt als gerade Flugabschnitte. Kurvige Flugabschnitte deuten eine aktive Nahrungssuche der Heringsmöwen an, während gerade geflogene Strecken eher der schnellen Distanzüberwindung zwischen zwei Orten dienen. Die Heringsmöwen scheinen demnach eher während Streckenflügen auf Höhe des Rotorbereichs der Windenergieanlagen zu fliegen als während der aktiven Nahrungssuche. Für eine genauere Untersuchung dieses Flugverhaltens wären aber noch weitere Besonderungen von Vorteil.

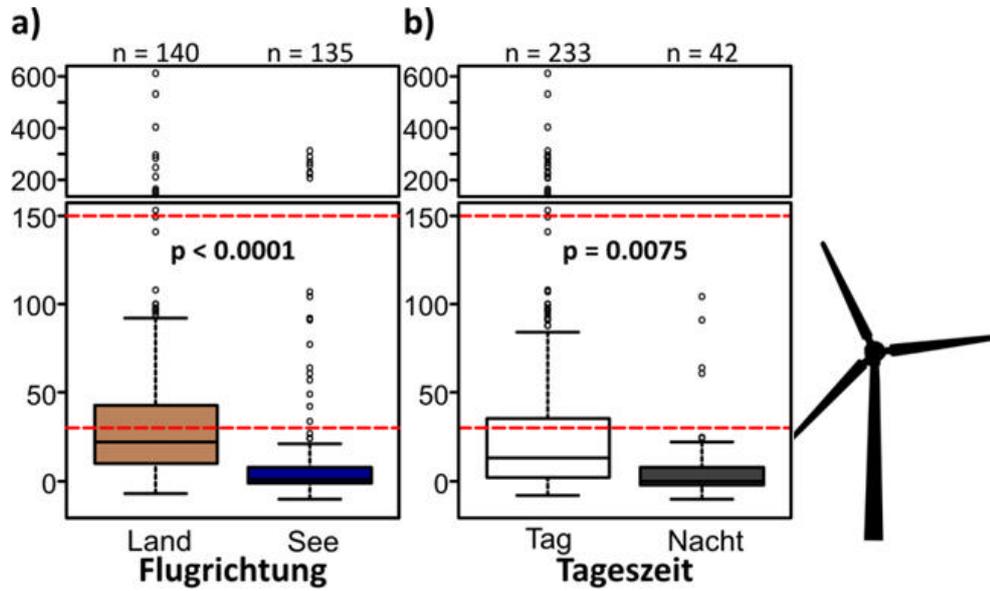


Abb. 12: Flughöhen (n=275) der Juister und Norderneyer Heringsmöwen (n=8), fliegend a) über Land und auf See und b) tagsüber und nachts. Die rot gestrichelten Linien repräsentieren den Rotorbereich der meisten bisher betriebenen Offshore-Windkraftanlagen (30–150 m).

Bei einigen Individuen deutete sich außerdem an, dass nach ca. 60% des gesamten Flugverlaufs zeitweise sehr hoch fliegen (Abb. 13), evtl. zur Orientierung in Richtung Kolonie bzw. zur nächsten Nahrungsquelle.

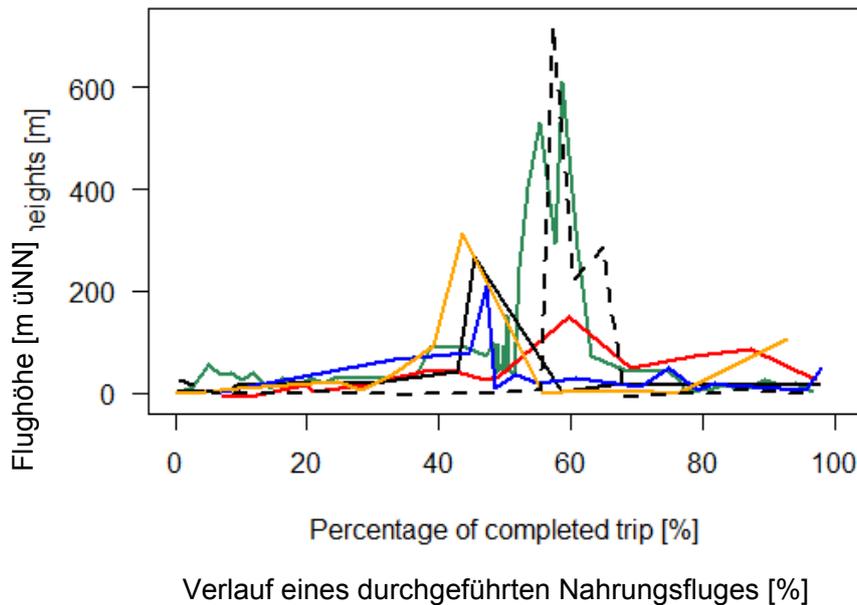


Abb. 13: Flughöhen der fliegenden Heringsmöwen im Verlauf der Nahrungsflüge (%) 2013. Die verschiedenen Farben repräsentieren jeweils einen Nahrungsflug verschiedener Individuen (n=5). Unterschiedliche Liniensignaturen repräsentieren unterschiedliche Nahrungsflüge eines Individuums.

Schlussbericht WINDBIRD

2014 konnten sechs Tiere auf Helgoland und drei Tiere auf Juist mit Höhenloggern besendert werden. Die Höhenverteilung dieser Tiere war ähnlich wie im Vorjahr (Abb. 14, 15): Die meisten Flugpositionen (ca. 78 %) lagen in einer Höhe von ≤ 20 m üNN. Etwa 19% der Tiere flogen innerhalb des Rotorbereichs, die restlichen 3% darüber.

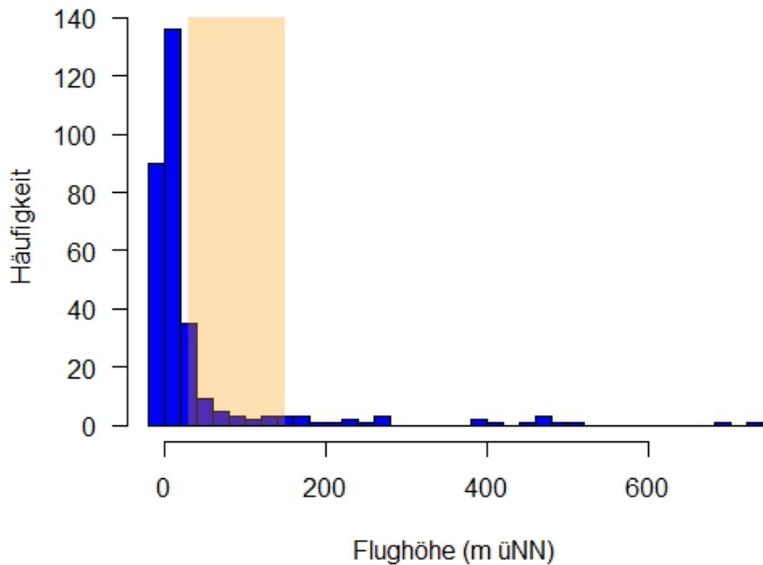
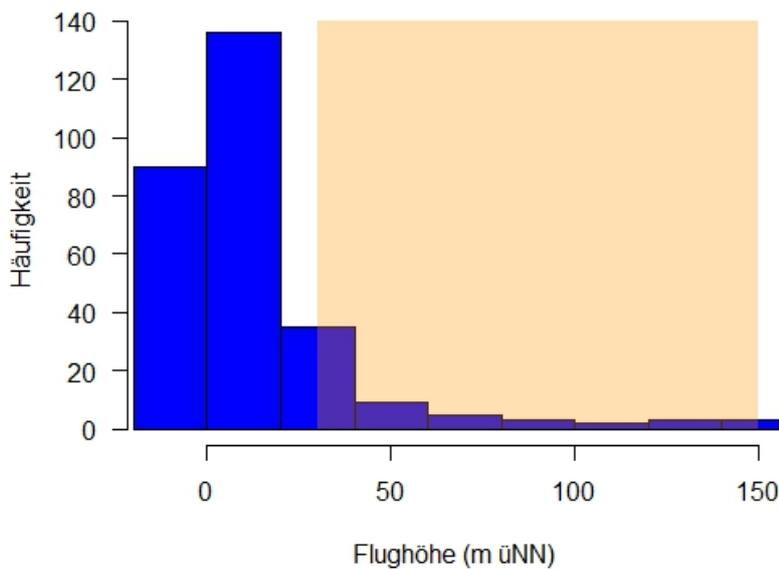


Abb. 14: Häufigkeit aller aufgezeichneten Flughöhen der Juister und Helgoländer Heringsmöwen (n=9). Dargestellt sind alle aufgezeichneten Flughöhen mit einer Momentangeschwindigkeit von >10 km/h. Der Rotorbereich der meisten bisher betriebenen Offshore-Windkraftanlagen (30–150 m) ist orange markiert.



Schlussbericht WINDBIRD

Abb. 15: Häufigkeit der aufgezeichneten Flughöhen zwischen -15 und 150 m üNN der Juister und Helgoländer Heringsmöwen (n=9). Dargestellt sind alle aufgezeichneten Flughöhen mit einer Momentangeschwindigkeit von >10 km/h. Der Rotorbereich der meisten bisher betriebenen Offshore-Windkraftanlagen (30–150 m) ist orange markiert.

Ersteres war von besonderer Bedeutung, da zu dem Zeitpunkt der Windpark Meerwind Süd/Ost nördlich von Helgoland bereits teilweise den Betrieb aufgenommen hatte. Die Juister Tiere flogen nicht in den Bereich von OWP, sondern blieben relativ küstennah bzw. flogen ans Festland, um dort Nahrung zu suchen (Abb. 11). Eines der sechs Helgoländer Tiere hielt sich wie oben bereits beschrieben für 6 h im Windpark Meerwind Süd/Ost auf. Auffällig dabei war die Höhenverteilung während dieses einen Nahrungsfluges (Abb. 16): Es ist deutlich zu erkennen, dass dieses Helgoländer Tier bei Einflug in den Windpark die Flughöhe verringert und beim Ausflug wieder erhöht hat (Abb. 16). Während seines langen Aufenthaltes innerhalb des Windparks befand sich das Tier wahrscheinlich zumeist schwimmend bzw. auf der Wasseroberfläche treibend. Die aufgezeichneten Geschwindigkeiten waren sehr gering, sodass anzunehmen ist, dass das Tier dort größtenteils gerastet bzw. geschlafen hat.

Schlussbericht WINDBIRD

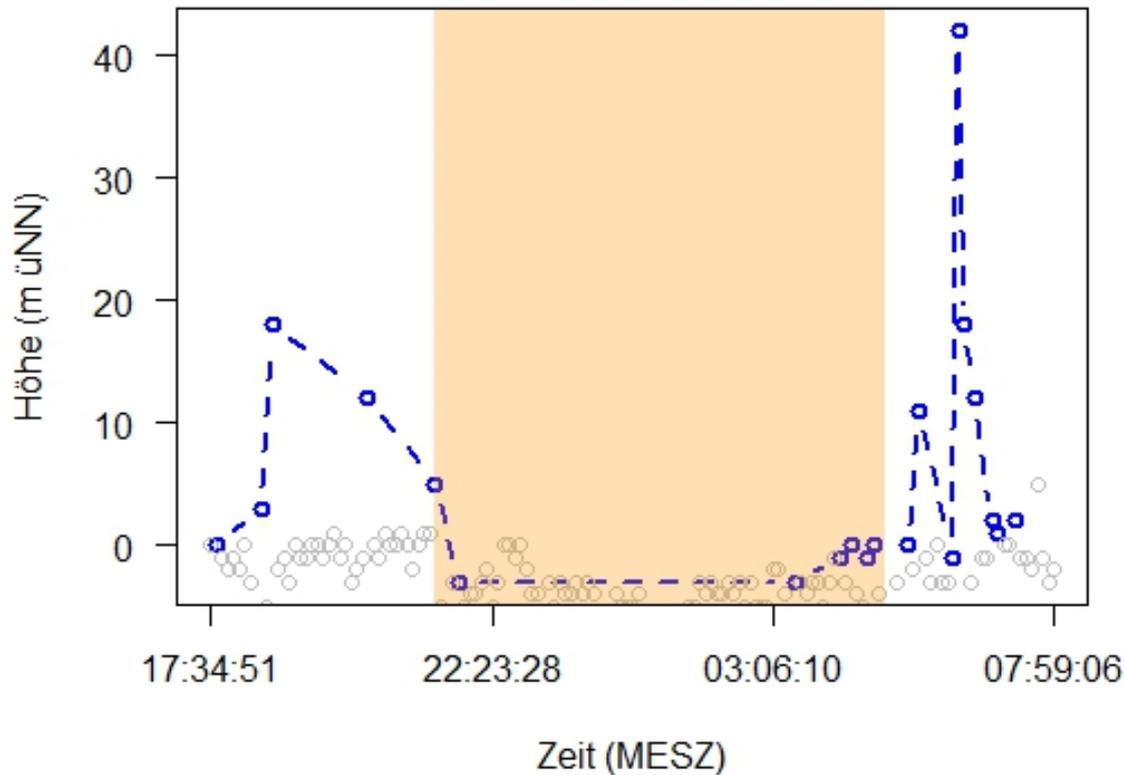


Abb. 16: Ausschnitt eines Nahrungsfluges einer Helgoländer Heringsmöwe mit Aufenthalt im Offshore-Windpark (orange) Meerwind Süd/Ost nördlich vor Helgoland. Die blauen Punkte stellen alle Flugpositionen $>10 \text{ km h}^{-1}$ dar, die grauen Punkte markieren alle Positionen $\leq 10 \text{ km h}^{-1}$, an denen sich das Tier wahrscheinlich auf der Wasseroberfläche aufgehalten hat.

Genauere Informationen zu der Aktivität des Tieres während des Windparkaufenthaltes wären beispielsweise mit einem Gerät mit integriertem Accelerometer (Beschleunigungssensor) möglich. Die bisher verwendeten Geräte sind aber wiederum nicht in der Lage, die Höhe genau zu messen. Demnach müsste ein neues Gerät entwickelt werden, das sowohl die Höhe genau genug messen kann als auch ein Accelerometer besitzt.

Insgesamt konnten in den drei Projektjahren 58 Datensätze von Nahrungsflügen brütender Heringsmöwen generiert werden. Diese lieferten Aufschluss über die generelle horizontale Raumnutzung sowie das Nahrungssuchverhalten der Tiere. Nur sehr wenige Überschneidungen mit OWPs konnten festgestellt werden. Diese waren sehr kurz, diese Tiere schienen jedoch nicht von den OWPs beeinflusst zu sein. Allerdings muss dabei darauf hingewiesen werden, dass die

meisten OWPs zum Zeitpunkt der Datenerhebung noch nicht in Betrieb waren, z.T. auch nicht im Bau, da es bei den meisten Betreibern zu Verzögerungen mit dem Baubeginn kam. Die vertikale Raumnutzung konnte anhand von 17 Individuen dargestellt werden. Diese individuellen und artspezifischen Flughöhendaten konnten in diesem Projekt erstmals mittels GPS-Telemetrie generiert werden. Die meisten Tiere flogen unterhalb bzw. oberhalb des für sie kritischen Rotorbereichs. Vertikale Flugbewegungen innerhalb von betriebenen Windparks konnten jedoch nicht nachgewiesen werden, sodass es sich hierbei um die potentiellen Auswirkungen von OWPs auf das vertikale Flugverhalten der Tiere handelt.

2.1.3 Basstölpel: Ergebnisse in den Projektjahren 2014-2015

Im letzten Projektjahr 2014 konnten Anfang Juli erstmals sieben adulte Basstölpel in ihrer Brutkolonie auf Helgoland gefangen und besendert werden (Abb. 17). Die Besenderung fand während der Kükenaufzuchszeit statt. Fünf der Tiere wurden mit solarbetriebenen und zwei Tiere mit akkubetriebenen GPS-Datenloggern ausgerüstet. Alle Geräte wurden an der Schwanzbasis der Tiere befestigt, da eine dauerhafte Befestigungsart (mittels Teflon-Harness) bei den Tieren zu dem Zeitpunkt noch nirgendwo getestet worden war. Alle Tiere mussten demnach wiedergefangen werden, um die Geräte zurückzubekommen, allerdings konnten die Daten der fünf solarbetriebenen Datenlogger – wie oben bereits beschrieben – fernausgelesen werden. Fünf Geräte gingen durch eine in der Schnelligkeit nicht vorhersehbare Mauser der Steuerfedern verloren. Insgesamt konnten Datensätze von drei Basstölpeln gesammelt und für nachfolgende Analysen verwendet werden (zwei dieser Geräte konnten von den Tieren abgenommen werden). Die Geräte lieferten Daten über einen Zeitraum von 68, 37 und 24 Tagen. Trotz des Verlusts der Datensätze von vier Individuen konnten insgesamt 168 Nahrungsflüge über einen relativ langen Zeitraum aufgezeichnet werden.



Abb. 17: (oben) Besenderung eines adulten Basstölpels; (unten) besendeter und farbmarkierter Altvogel mit Küken im Nest.

Die Nahrungssuche der drei besenderten Basstölpel erstreckte sich über nahezu die gesamte Deutsche Bucht und teilweise darüber hinaus (Abb. 18). Dabei gab es zwischen den einzelnen Individuen Unterschiede bzgl. der Länge und Dauer der Nahrungsflüge (Tab. 3). Die Nahrungsflüge dauerten durchschnittlich 0,4–53,5 h (Mittelwert \pm Standardabweichung, $7,9 \pm 8,0$ h). Die zurückgelegte Gesamtstrecke pro Nahrungsflug betrug durchschnittlich 4,7–937,9 km ($124,6 \pm 138,6$ km). Die maximale Entfernung vom Nest lag bei durchschnittlich $42,0 \pm 45,7$ km.

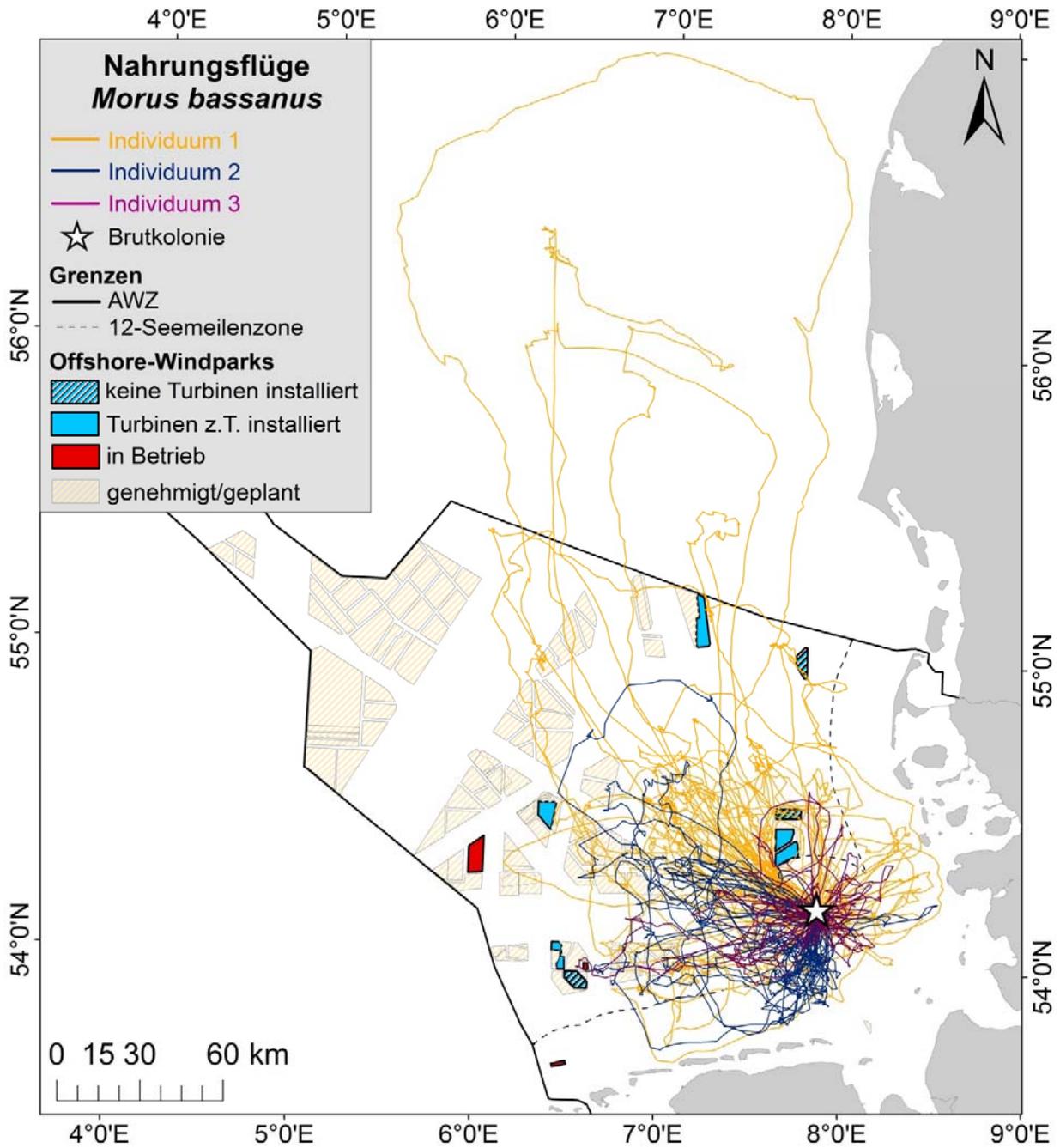


Abb. 18: Nahrungsflüge aller 2014 auf Helgoland besenderten Basstöpel vor dem Hintergrund der bis dahin geplanten/genehmigten, gebauten bzw. betriebenen Offshore-Windparks (Stand: Februar 2015).

Tab. 3: Charakteristika der Nahrungsflüge aller besenderten Basstölpel während der Brutzeit 2014.

Individuum	Max. Geschwindigkeit (km h⁻¹)	Mittlere Geschwindigkeit (km h⁻¹)	Max. Entfernung zur Kolonie (km)	Mittlere zurückgelegte Gesamtstrecke (km)	Mittlere Tripdauer (h)	Anzahl der Trips	Aufzeichnungszeitraum
1	97.5	20.3	320.8	146.1	7.9	89	04.07.–10.09.2014
2	86.1	15.47	108.3	125.3	8.6	43	04.07.–09.08.2014
3	83.8	12.4	88.5	70.7	6.9	36	04.07.–27.07.2014

Die einzelnen Nahrungsflüge zeigten eine eindeutige Lücke nord-nordwestlich von Helgoland (Abb. 18, 19). Dieses Gebiet wurde von allen besenderten Tieren während ihrer gesamten Nahrungsflüge umflogen. In dieser Lücke liegt das OWP-Cluster nordwestlich von Helgoland. Die Tiere zeigten demnach eine eindeutige Meidung der Windparkflächen (Abb. 19). Während der Besenderung waren die beiden südlichen Windparks des Clusters (Meerwind Süd/Ost) bereits z.T. in Betrieb, der nördlichste (Amrumbank West) jedoch noch im Bau: Es stand bereits das Umspannwerk und die Fundamente wurden gerade installiert (Abb. 19). Die Turbinen wurden erst im Februar 2015 installiert. Ein Individuum durchquerte diesen nördlichen Windpark (Amrumbank West) viermal.

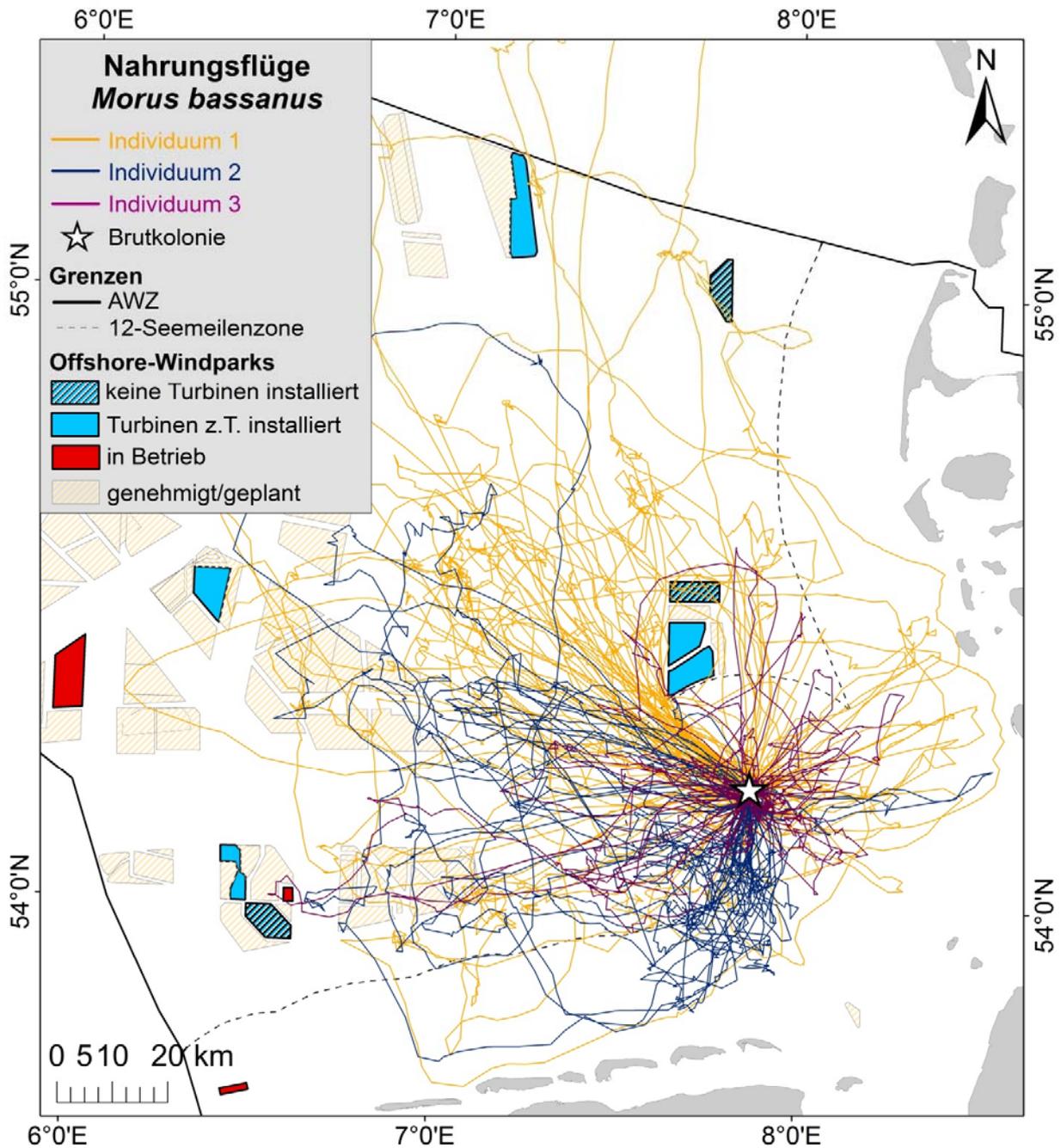


Abb. 19: Nähere Betrachtung der Nahrungsflüge aller 2014 auf Helgoland besenderten Basstölpel vor dem Hintergrund der bis dahin geplanten/genehmigten, gebauten bzw. betriebenen Offshore-Windparks (Stand: Februar 2015).

Die Analyse der schiffsbasierten Erfassungsdaten (Seabird at Sea-Datenbank) zur generellen Verbreitung der Basstölpel während der Brutzeit, die in der letzten Projektphase in 2015

durchgeführt wurde, ergab ein ähnliches Bild wie die Flugmuster der drei besenderten Tiere: Die Verbreitung erstreckte sich über die ganze Deutsche Bucht mit einem Schwerpunkt westlich von Helgoland. Ein weiteres Konzentrationsgebiet sehr weit westlich war sehr wahrscheinlich nicht mit der Brutkolonie Helgoland assoziiert (Abb. 20).

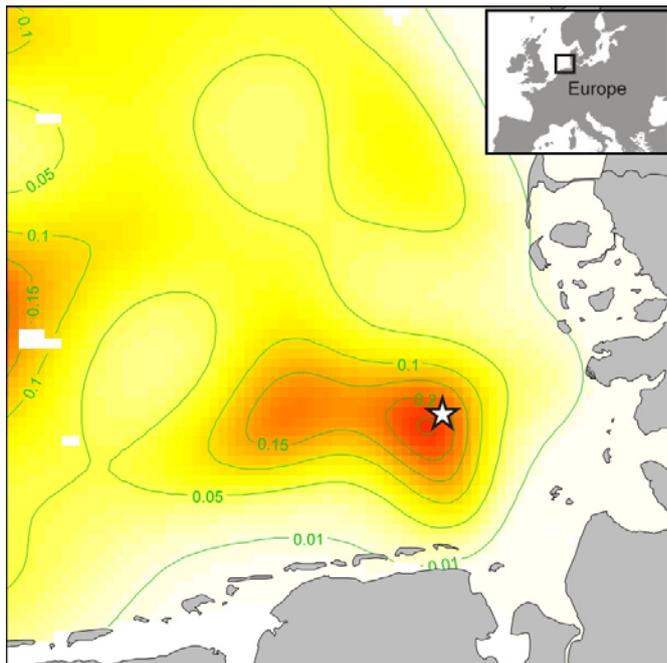


Abb. 20: Verbreitung brütender Basstölpel in der Deutschen Bucht (Juni–September in den Jahren 2005–2012). Die Daten basieren auf standardisierten Seevogelerfassungen vom Schiff aus (Seabird at Sea-Datenbank). Der weiße Stern markiert die Brutkolonie Helgoland. Die Abundanzen (Ind./km²) werden in grün dargestellt; rot bedeutet besonders hohe Abundanzen, hellgelb geringe Abundanzen.

Die offensichtliche Meidung der OWPs durch die drei besenderten Basstölpel erfolgte über mehrere Wochen. Die modellierten Verbreitungsdaten der per Schiff erfassten Basstölpel (Abb. 20) vor der Errichtung der Anlagen zeigten, dass die von den besenderten Individuen umflogenen Gebiete genauso häufig genutzt wurden wie andere Gebiete in der Nähe. Dadurch werden die Auswirkungen, die betriebene Windparks auf Basstölpel haben können, noch stärker. Die Ergebnisse wurden auch durch Befunde anderer Studien bekräftigt, die für Basstölpel eine starke Meidung von betriebenen OWPs nachweisen konnten (z.B. Leopold et al. 2013; Vanermen et al. 2014). Dieses Meidungsverhalten hat mehrere Konsequenzen für Basstölpel: durch das

Umfliegen reduziert sich das Mortalitätsrisiko durch Kollision mit den Anlagen. Zudem könnte es zu einem Habitatverlust kommen, wenn die Tiere den Windparkflächen teilweise oder komplett ausweichen. Dieser Habitatverlust wird für die Basstölpel insbesondere dann von Bedeutung, sobald die Anzahl in Betrieb befindlicher Windparks steigt (z.B. Busch et al. 2013).

Um zu klären, ob die offensichtliche Meidung der aktiven OWP bzw. OWP mit installierten Turbinen durch die Basstölpel ein wiederkehrendes Muster der gesamten Population oder nur einzelner Individuen ist, ist die Besenderung weiterer Tiere unerlässlich. Dadurch kann auch geklärt werden, ob sich die Tiere evtl. an die OWPs gewöhnen und wie lang diese Gewöhnung ggf. dauert.

Bei standardisierten Seabirds at Sea Zählungen erfasste Basstölpel waren nur zu 0,9% mit Fischkuttern assoziiert. Ein weiterer Datensatz von insgesamt 542 Zählungen an Fischkutter ergab, dass Basstölpel nur in zwei Fällen (0,4%) mit 1 bzw. 10 Individuen an Fischkuttern gesichtet wurden.

Die ursprünglich definierten Ziele konnten trotz der geringeren Stichprobe erreicht werden: die horizontalen Flugmuster der Basstölpel konnten aufgezeichnet und die Auswirkungen betriebener OWPs auf das Verhalten der Tiere beschrieben sowie die möglichen Folgen abgeschätzt werden. Für eine Quantifizierung der Effekte sind die Erhöhung der Stichprobengröße sowie die Inbetriebnahme weiter Windparks notwendig, da nur so großflächigere Effekte sichtbar würden.

2.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Studie stellen eine wichtige Grundlage für den umweltverträglichen Ausbau der Offshore-Windenergie dar. Insbesondere die Methode liefert einen unersetzlichen Beitrag zur Abschätzung möglicher Einflüsse von OWPs auf die (marine) Vogelwelt. Nur mittels GPS-Telemetrie können individuelle und artspezifische Flugmuster verschiedener Arten über einen längeren Zeitraum hinweg verfolgt und analysiert werden. Anhand dieser Daten können potentielle Auswirkungen abgeschätzt und bei einer ausreichend hohen Stichprobe und Flügen in unmittelbarer Nähe der OWPs z.T. auch quantifiziert werden. Dafür bietet sich die Kombination mit „herkömmlichen“ Methoden, wie visuellen Erfassungen vom Schiff oder Flugzeug aus oder Radarerfassungen, an. So können die Vor- und Nachteile dieser Methoden kombiniert bzw.

ausgeglichen werden, um eine bestmögliche Einschätzung der Effekte zu erreichen. Es ist daher in jedem Fall wichtig, die Telemetrie parallel zu den anderen Survey-Methoden weiter durchzuführen.

Die in diesem Projekt durch die GPS-Telemetrie gewonnenen Daten werden zudem für Nachfolgeprojekte, wie z.B. das Projekt „Untersuchungen zu möglichen Auswirkungen der Offshore-Windparks im Windcluster nördlich von Helgoland auf Seevögel und Meeressäuger (HELBIRD)“ (FKZ 0325751) genutzt. In diesem Projekt werden auf Helgoland brütende Seevögel mit GPS-Sendern versehen, um die Auswirkungen des sich z.T. schon in Betrieb befindlichen Windpark-Clusters nördlich von Helgoland auf das Nahrungssuchverhalten der Tiere zu analysieren. Die hier generierten Daten liefern dem neuen Projekt sowohl die Situation vor Konstruktion der Windparks, sowie auch während des Baus und des teilweisen Betriebs. Insbesondere die Basstölpel-Telemetrie wird in diesem Projekt fortgesetzt, um u.a. potentielle Gewöhnungseffekte der Art an die OWPs zu untersuchen.

2.5 Anderweitig bekannt gewordene Fortschritte bzgl. des Vorhabens

Während der Projektlaufzeit wurden keine anderen Studien aus dem Untersuchungsgebiet veröffentlicht, aber mehrere internationale Studien, die sich mit den Effekten von OWPs auf Seevögel (Thaxter et al. 2011; Thaxter et al. 2012; Furness et al. 2013; Johnston et al. 2014; Vanermen et al. 2014) bzw. mit den Raum-Zeit-Mustern von Heringsmöwen (Camphuysen 2013) und Basstölpeln (u.a. Votier et al. 2013; Wakefield et al. 2013) beschäftigen. In zwei dieser windpark-bezogenen Studien wurden ebenfalls Heringsmöwen mit GPS-Datenloggern ausgerüstet (Thaxter et al. 2011; Thaxter et al. 2012). Die betroffenen Windparks waren jedoch größtenteils erst in Planung bzw. genehmigt, sodass nur potentielle Effekte analysiert werden konnten. Es konnten Überlappungen mit den Flächen der geplanten bzw. genehmigten OWPs festgestellt werden. Furness et al. (2013) berechneten eine Erweiterung des wind farm sensitivity index (WSI) nach Garthe & Hüppop (2004). Darin wurde die Sensitivität verschiedener Seevogelarten (darunter auch die von Heringsmöwen und Basstölpeln) bzgl. Offshore-Windparks aktualisiert: Heringsmöwen sind demnach einem sehr hohen Kollisionsrisiko mit den Windenergieanlagen ausgesetzt. In die Berechnung des Kollisionsrisikos wurden der prozentuale Anteil an Flügen in Höhe des Rotorbereichs, eine Kombination von Manövrierfähigkeit, Anteil

an der fliegend verbrachten Zeit und die Nachtaktivität der jeweiligen Art, sowie der Schutzstatus einbezogen. Auch Basstölpel haben ein relativ hohes Risiko mit den Windenergieanlagen zu kollidieren. Bezogen auf die Einflussparameter Störung und Habitatverdrängung sind beide Arten laut Berechnung weniger gefährdet. Die in dieser Studie verwendeten Daten stammen aus verschiedenen Monitoringprogrammen. Es fehlen Daten, die nach der Konstruktion der OWPs erhoben wurden. Vanermen et al. (2014) und Leopold et al. (2013) konnten zeigen, dass Basstölpel aktive (d.h. arbeitende) OWPs stark, jedoch nicht komplett meiden und umfliegen.

Johnston et al. (2014) modellierten die Flughöhen verschiedener Seevogelarten, um deren Kollisionsrisiko mit OWPs abschätzen zu können. Diese Daten basierten ebenfalls auf Monitoringsdaten während der Prä-Konstruktionsphase verschiedener europäischer OWPs. Die Abschätzung der Flughöhen erfolgte per Schätzung in vordefinierten „Höhen-Bändern“ (Camphuysen et al. 2004). Laut Studie flogen ca. 7% der Basstölpel in Risikohöhe der Windenergieanlagen (2-6% innerhalb der Rotorhöhe), bei den Heringsmöwen waren es ca. 26% (8-20% innerhalb der Rotorhöhe). Die Studie kam zu dem Schluss, dass die Schätzungsmethode gewisse Ungenauigkeiten (z.B. Unterschätzung der tatsächlichen Flughöhe durch visuelle Beobachtung) mit sich bringt, dass aber auch andere Methoden wie z.B. Radar oder die GPS-Telemetrie ihre Nachteile haben (Radar: keine artspezifischen Flughöhen, Überschätzung der Flughöhen; GPS-Telemetrie: beschränkte Stichprobengröße).

Zwei britische Studien zur Assoziation von Basstölpeln mit Fischkuttern zeigten eine gewisse Abhängigkeit dieser Art von dem über Bord geworfenen ungenutzten Beifang (Votier et al. 2013; Bodey et al. 2014). Dabei zeigten die Männchen eine stärkere Bindung an die Fischkutter als die Weibchen.

2.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichung der Ergebnisse

Die wesentlichen Ergebnisse des Projekts stehen der Öffentlichkeit in Form dieses Schlussberichts zur Verfügung, der als Grundlage für weiterführende und ähnliche Studien dienen kann.

Im Rahmen des Projekts sind folgende Publikationen entstanden bzw. zur Veröffentlichung bei Fachzeitschriften eingereicht:

Corman AM, Garthe S (2014) What flight heights tell us about foraging and potential conflicts with wind farms: a case study in Lesser black-backed Gulls (*Larus fuscus*). Journal of Ornithology 155:1037–1043. DOI 10.1007/s10336-014-1094-0

Corman AM, Mendel B, Voigt CC, Garthe S (eingereicht) Varying foraging patterns in response to competition? A multi-colony approach in a generalist seabird

Corman AM, Voigt CC, Garthe S (eingereicht) Individual factors influencing sexual segregation in foraging habitats in a marine top predator

Garthe S, Corman AM (eingereicht) Marine wind farms, fisheries and northern gannets: a pilot study in the southern North Sea

3. Summary

Horizontal and vertical flight patterns of Lesser black-backed Gulls and Northern Gannets in relation to wind farms in the Exclusive Economic Zone (EEZ) of the German North Sea (WINDBIRD)

At the time the project started, several wind farms were assumed to start operating in the Exclusive Economic Zone (EEZ) of the German North Sea in the years 2011 and 2012. There will likely be an overlap between the distribution of breeding birds searching for food in this area and wind farms. The permit procedure for offshore wind farms in The Netherlands and Great Britain uses the distribution and flight patterns of breeding seabirds as a basis of decision-making. This is until today, hardly the case in Germany. This research project has therefore the aim to clarify to which extent these parameters are important for native breeding birds.

To date knowledge suggests that wind farms may affect these animals. Positive effects could be, mainly due to the attraction of anthropogenic activities, additional food resources as well as roosting places on the platforms. However, increased attraction, as we would expect particularly for Lesser Black-backed Gulls (*Larus fuscus*), may lead to higher collision risk. Current knowledge also suggests habitat loss through the avoidance of these areas.

This project emphasizes three major aims to determine potential effects of operating wind farms located in the German North Sea EEZ on the flight patterns of seabirds breeding at the North Sea coast (Lesser Black-backed Gulls and Northern Gannets *Morus bassanus*):

- (1) Recording and analysis of horizontal and vertical flight patterns of Lesser Black-backed Gulls and Northern Gannets breeding on Helgoland and at the North Sea coast;
- (2) Description and quantification of potential effects of operating wind farms in the German EEZ on the flight patterns of Lesser Black-backed gulls and Northern Gannets;
- (3) Evaluation of potential positive, neutral or negative effects of operating offshore wind farms on the foraging movements and behaviour of Lesser Black-backed Gulls and Northern Gannets.

Vertical flight patterns are important to give an adequate estimate of the birds' collision risk with the turbines. Most flight height measurements were carried out by standardised visual observations during ship based surveys, or by radar measurements. Both methods have advantages and disadvantages. Disadvantages are e.g. over- or underestimation of flight heights, or difficulties with species determination (radar). Furthermore, it is not possible to follow the birds' individual flight routes. GPS data loggers enable tracking of birds during their foraging flights over a certain period of time.

Individual flight patterns at sea will be determined through the attachment of GPS data devices on Northern Gannets and Lesser Black-backed Gulls. Horizontal positioning in addition to altimetry will be recorded. Such information will allow evaluating if individuals specifically head for wind farms or if they avoid them, whether the location of wind farms influences their flight pattern at sea and whether an increased collision risk exists. The collation of such information through ship-based or aerial surveys is not effective, because only information on the distribution of the animals will be gathered, but no data on individual long-term flight patterns will be collected. The use of data devices will therefore improve significantly current level of knowledge. In addition, positive, neutral and negative effects of operating offshore wind farms on the foraging flights and behaviour of local breeding Lesser Black-backed Gulls and Northern Gannets will be evaluated.

Both species are well-suited for this kind of study, because they are (1) common enough to get an adequate sample size, (2) large enough to carry the GPS data loggers, and (3) relatively wide-ranging species, with a distribution over more or less the whole German Bight during the breeding season. Additionally, Lesser Black-backed Gulls breed on most of the German North Sea islands along the coast with a varying number of breeding pairs in easily accessible colonies. There is only one breeding colony of Northern Gannets in Germany, the offshore island Helgoland, comprising about 650 breeding pairs.

The breeding colonies, where the individuals were equipped with GPS data loggers, were chosen according to their proximity to offshore wind farms, which were operating, under construction or consented. The study was conducted at six different breeding colonies of lesser Black-backed Gulls and one breeding colony of Northern Gannets, respectively: the islands of Borkum (53°35'N, 6°40'E, 1500 breeding pairs), Juist (53°40'N, 7°04'E, 1000 breeding pairs), Norderney (53°43'N, 7°18'E, 4000 breeding pairs), Spiekeroog (53°46'N, 7°42'E, 8000 breeding pairs), Helgoland (54°41'N, 8°20'E, 600 breeding pairs), and Amrum (54°41'N, 8°20'E, 10000 breeding pairs). All of the colonies additionally differed in their distance to the mainland.

Field work was carried out during the incubation period of Lesser Black-backed Gulls, and during the chick-rearing period of Northern Gannets, respectively. Lesser Black-backed Gulls were caught with a walk-in trap, which was set directly above the clutch of the relevant breeding birds. The trap was released by the bird itself, when it went back to its clutch to continue incubating. Northern Gannets were also caught on their nest by using a loop. All birds were (colour-) ringed, measured and equipped with different types of GPS data loggers. After release they returned to their nest and continued breeding, in some cases after a short time preening at sea.

We used two different types of data loggers: battery-powered GPS data loggers developed by earth & ocean technologies (Kiel, Germany) for Lesser Black-backed Gulls and, in 2014, solar-powered GPS data loggers developed by e-obs GmbH (Grünwald, Germany) for both study species. The former are glued to the innermost tail feathers with standard fabric tape (tesa®, Beiersdorf GmbH, Germany). Both types of devices recorded the geographic position, date, time, speed and direction. Seventeen battery-powered devices were scheduled in a special way to measure accurate flight heights during the gulls' flight. To retrieve these devices, and thus the

recorded data, the individuals had to be recaptured after about three to four weeks. The solar-powered devices were attached to the back of the birds using Teflon harnesses in the form of a backpack system. This attachment is designed for a more or less permanent telemetry of the birds, especially, because the recorded data can be remotely downloaded by a hand base station. As it has never been tested on Northern Gannets before, we only used it for Lesser Black-backed Gulls, which had been successfully equipped with Teflon harnesses in a few studies carried out in Great Britain and The Netherlands before. These birds did not have to be recaptured because of the remote download option of the attached devices. The solar-powered devices used on Northern Gannets were glued with the fabric tape at the innermost tail feathers as described above. Although data could be downloaded at any time and thus a second catch was not necessary, we tried to recapture the gannets to retrieve the devices.

To study the background scenario, the distribution of gannets was additionally derived from ship-based and aerial surveys following standardised transect counts. A comparative study of seabird surveys in German waters revealed that densities of gannets were equally well assessed from both counting platforms so that data from ship-based and aerial surveys were combined in this study. Densities were derived using the distance sampling methodology by calculating correction factors for birds increasingly overlooked in the outer transect bands. We analysed data from June to September during 2005–2012. In total, effort comprised 21,799 km of ship-based surveys and 41,593 km of aerial surveys. Data from before 2013 were selected to represent a situation nearly without wind farms: only two wind farms were built since 2008 (first turbines in 2009) and 2010 (first turbines in 2012), respectively. Also, the growing gannet colony on Helgoland has to be taken into account for abundance estimates. Therefore; we only selected data from 2005 onwards, when the population comprised ≥ 200 pairs.

The extent to which gannets attend fishing vessels may influence their distribution (Bodey et al. 2014a). To assess the relative importance of fishing boats, two methods were applied. First, the proportion of all gannets that were associated with fishing vessels were derived from ship-based seabirds at sea counts within the wider German Bight (east of 5°E, south of 56°N); this data set is based on 21,799 km of transects sailed between June and September 2005–2013. Second, fishing boats encountered during routine seabirds at sea counts were regularly scanned for ship-followers, if conditions allowed even at several km distance from the observation platform. For

the same period and area, a total of 542 counts of ship-followers could be analysed, mainly comprising shrimpers and beamers, reflecting the typical fishing fleets in the German Bight.

Overall, 81 Lesser Black-backed gulls were equipped with data loggers between 2012 and 2014. Out of these 64 devices could be retrieved. The remaining devices were lost due to predated clutches or already hatched chicks. Further six devices malfunctioned, so that 58 data sets were available for Lesser Black-backed Gulls. Seven Northern Gannets could be caught and equipped with devices in 2014 out of which three data sets with tracking data over four to nine weeks could be retained. Four of the equipped birds lost their devices because of an unexpected early tail feather moult.

Tracking data showed that foraging patterns of Lesser Black-backed Gulls clearly differed among and within colonies, e.g. in their trip duration, trip length or proportion of flights targeting the marine or terrestrial habitat. Gulls from Amrum foraged predominantly at land during both study years. Most birds even used nearly the same flight routes. The Lesser Black-backed Gulls from the East Frisian Islands (Borkum, Juist, Norderney and Spiekeroog) foraged at sea and at land to about the same extent. Especially, the birds from Borkum focused on the marine habitat. Helgoland is too far off the mainland coast (45 km beeline distance) and thus the individuals had to forage at sea. The pellet analyses, which were conducted in each colony in addition to the tracking of the gulls, revealed very similar patterns: gulls from Helgoland mainly fed on fishery discards.

Foraging range increased with increasing colony size and decreased with increasing colony distance from the mainland, though the latter might be due to the inclusion of the only offshore colony. Gulls from larger colonies with consequently greater density-dependent competition were more likely to forage on land instead of at sea.

Another striking result was the lack of overlap in the colony-specific flight patterns. This spatial segregation is most likely due to avoid intraspecific competition for the same prey. We also found sex-specific differences in the foraging patterns of Lesser-Black-backed Gulls. Males conducted longer foraging trips, mostly targeting the sea, while females covered rather shorter distances during foraging and tended to forage in terrestrial habitats.

Foraging trips of Lesser Black-backed Gulls did not overlap largely with offshore wind farms. There were delays in construction for most of the wind farm projects, so that most of the wind farms were only under construction or consented when field work was conducted. Overall, there were only three recordings of flights near or within wind farms, respectively. One individual from Borkum flew through the operating wind farm *alpha ventus* during one foraging trip. Most likely, it foraged near the wind farm area. The averaged time the bird spent within the wind farm was 15 minutes. Another individual from Amrum passed the wind farm *Butendiek*, but during this time there were only a few foundations installed. One bird from Helgoland stayed within the wind farm area of *Meerwind Sued/Ost* at night for about 6 h, most likely during resting.

Overall, there were 17 flight height data sets of birds from Juist, Amrum and Helgoland during the whole study period. The analysis revealed that about 85% (average) of all recorded fixes were ≤ 20 m above sea level, i.e., most gulls flew below the critical height of the rotor swept area (30–150 m). Most of the flight height measurements were recorded outside of wind farms, so it is not clear whether the birds change their flight behaviour when approaching or flying through wind farms. When the Helgoland individual, which rested within a wind farm for about 6 h, approached the wind farm it decreased its flight height, stayed swimming or floating at the sea surface and increased flight height again for the return flight. Most of the gulls flew below or above the rotor swept areas. This study could not provide vertical movements within operating wind farms, and therefore can only describe the potential effects of offshore wind farms on the vertical flight behaviour of the gulls.

The distribution of adult gannets extended throughout most of the German Bight, but the core area of birds counted at sea was to the west of the island. A further hotspot was visible far in the west and apparently not linked to Helgoland. The flight tracks of the three adult birds tagged showed the highest density of positions at sea to the west of the island, but also to the south and a marked axis to the northwest of Helgoland. A few long foraging trips led to areas west of Jutland in Denmark, while there were no trips directed far to the west.

Foraging trips of gannets from Helgoland lasted from 0.4 to 53.5 h, with an average of 7.9 ± 8.0 h ($n_{\text{trips}} = 168$, $n_{\text{birds}} = 3$). Averages of individuals varied between 6.9 h and 8.6 h. Split into three periods (the first two being shorter to get a better coverage of the different individuals), foraging

Schlussbericht WINDBIRD

trips lasted on average 7.2 h from 04 to 23 July ($n_{\text{trips}} = 84$, $n_{\text{birds}} = 3$), 7.9 h from 24 July to 12 August ($n_{\text{trips}} = 49$, $n_{\text{birds}} = 3$) and 9.5 h from 13 August to 10 September ($n_{\text{trips}} = 35$, $n_{\text{birds}} = 1$).

Total distance flown per foraging trip ranged from 4.7 to 937.9 km. The overall mean \pm SD was 124.6 ± 138.6 km ($n_{\text{trips}} = 168$, $n_{\text{birds}} = 3$), individual means varied between 70.7 and 146.1 km. Total distance flown was on average 95 km from 04 to 23 July ($n_{\text{trips}} = 84$, $n_{\text{birds}} = 3$), 138 km from 24 July to 12 August ($n_{\text{trips}} = 49$, $n_{\text{birds}} = 3$) and 178 km from 13 August to 10 September ($n_{\text{trips}} = 35$, $n_{\text{birds}} = 1$).

The averaged foraging range of gannets was 42.0 ± 45.7 km, with extreme values ranging from 2.0 to 320.8 km ($n_{\text{trips}} = 168$, $n_{\text{birds}} = 3$). Individual means were found to lay between 23.8 and 51.4 km. Foraging ranges amounted on average to 32 km from 04 to 23 July ($n_{\text{trips}} = 84$, $n_{\text{birds}} = 3$), 42 km from 24 July to 12 August ($n_{\text{trips}} = 49$, $n_{\text{birds}} = 3$) and 67 km from 13 August to 10 September ($n_{\text{trips}} = 35$, $n_{\text{birds}} = 1$).

During routine ship-based seabirds at sea counts, only 19 out of a total of 2,042 gannets (= 0.9 %) were found to be associated with fishing vessels while recorded. Of the 542 scans of ship-followers at fishing boats, only in two cases (0.4 %) gannets were recorded as followers, once a single bird and once ten birds.

The flight tracks revealed a gap of tracks to the north-northwest of Helgoland. Projecting the wind farm sites onto the map showed that the birds most obviously avoided that wind farm area. Although all individuals apparently approached wind farm sites at least a few times during their trips, only one individual flew through the northernmost of the three wind farms located north of Helgoland. The bird crossed the site four times, but at this time only a transformer station and a platform as well as the foundations were installed, while turbines were not installed until February 2015.

In summary, this study contributes important information about the flight and foraging patterns of Lesser Black-backed Gulls and Northern Gannets in the southern North Sea. It could show that Lesser Black-backed Gulls from different breeding colonies use different foraging areas. Furthermore, it revealed sex-specific foraging strategies for this species. The wide-ranging foraging patterns of Northern Gannets mirrored the overall distribution of gannets during breeding period derived during standardised ship-based and aerial surveys. We could also show

that gannets breeding at the German Bight were not associated with fishing vessels, contrasting findings from several British studies, which could demonstrate that gannets depend on discards from fishing vessels in this area of the North Sea. Regarding potential effects of offshore wind farms on the birds' flight behaviour, we could show that Lesser Black-backed Gulls were neither attracted to those areas nor avoided them explicitly. But it has to be kept in mind that most of the wind farm areas were delayed in construction. In contrast, the three tracked gannets showed a clear avoidance of the operating wind farm north of their breeding colony. Nevertheless, further studies are needed, especially in the cause of the ongoing wind farm construction, to test e.g. if there is an adaptation to the turbines or not.

The GPS telemetry is an adequate method to test such wind farm effects on birds and should be continued in combination with the other survey methods, which are used according to standard protocols (e.g. radar, ship-based or aerial surveys).