

## Endbericht

# ***Telemetrische Untersuchungen zu räumlich-zeitlichen Aufenthaltsmustern von Sterntauchern bei der Überwinterung und auf dem Zug***

**PD Dr. Stefan Garthe  
Dr. Volker Dierschke  
Dr. Axel Zinke  
Dr. Gerrit Peters  
Dipl. Biol. Nils Guse  
Dr. Philipp Schwemmer**

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

März 2013

**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 0325020 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Summary</b> .....	<b>1</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>5</b>
<b>Einleitung</b> .....	<b>6</b>
<b>Stand von Wissenschaft und Technik</b> .....	<b>10</b>
<b>Material und Methoden</b> .....	<b>12</b>
Verwendete GPS-Datenlogger und deren Weiterentwicklung.....	<b>12</b>
Fang und Ausrüstung im Projektjahr 2008, Island.....	<b>15</b>
Fang und Ausrüstung in den Projektjahren 2010-2012, Finnland .....	<b>19</b>
Implantation der GPS-Datenlogger.....	<b>22</b>
<b>Ergebnisse</b> .....	<b>25</b>
Ergebnisse im Projektjahr 2008, Island .....	<b>25</b>
Ergebnisse in den Projektjahren 2010-2013, Finnland.....	<b>31</b>
<b>Diskussion und Ausblick</b> .....	<b>35</b>
<b>Danksagung</b> .....	<b>39</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>39</b>

## Summary

Among the seabirds living in the German parts of North Sea and Baltic Sea, the Red-throated Diver *Gavia stellata* (listed in Annex I of the EU Birds Directive) belongs to the most sensitive species regarding disturbance. Red-throated Divers occur in the German marine areas during both autumn and spring migration as well as during winter in numbers reflecting high proportions of the biogeographic population (Garthe et al. 2007, Mendel et al. 2008). They are prone to flushing by moving ships, leading to dislocations in marine areas with much ship traffic. In addition, it has been shown at several operating offshore wind farms that Red-throated Divers avoid to enter or approach wind farms and are only rarely swimming closer than 2-4 km from wind turbines (Dierschke & Garthe 2006, Dierschke 2011, Table 1). As a consequence, wind farm areas and an additional 2 km buffer zone have to be considered as lost habitats for this species.

Whereas the seasonal distribution patterns of the species are quite well known on the basis of aerial and ship-based surveys (e.g. Garthe et al. 2004), such information is lacking on the basis of individuals. For example, it is unknown whether individual Red-throated Divers spend the winter in a given part of the North or Baltic Sea or whether they switch between several parts within a couple of days, among weeks or even during the winter. Individual-based distribution patterns are an important prerequisite for the understanding of lengths of stay in given marine areas, which would enable to calculate the numbers of individuals actually using the German sections of North and Baltic Sea for wintering and for stopping over during migration. Moreover, relatively few information is available about the migratory routes taken by Red-throated Divers (e.g. Berndt & Drenckhahn 1974), and nothing is known about diurnal flights, for instance between foraging and roost sites. Given the avoidance of wind farms and shipping lanes, knowledge about diurnal and seasonal movements is important in order to assess the impact of the observed disturbances.

This project was aimed to investigate such movements by the help of GPS data loggers, which should record movement patterns of individual divers in high spatial resolution (which cannot be attained with satellite transmitters). GPS data loggers have been used successfully in a number of seabird species (e.g. Garthe et al. 2011, Schwemmer & Garthe 2011), and therefore this method was also selected for Red-throated Divers. Before the start of this project, remote tracking of divers has been applied by the help of satellite transmitters only (e.g. Kenow et al. 2002, Schmutz et al. 2009). In detail, the targets of this project have been defined as:

- (1) test of methods to attach data loggers to Red-throated Divers;
- (2) description and analysis of movements of Red-throated Divers from the end of the breeding season until the next year;
- (3) geographical description of spatial patterns of diver occurrence with reference to the location of planned offshore wind farms;
- (4) description and analysis of medium and large-scale movements of Red-throated Divers during their stay in the German sections of the North Sea and Baltic Sea as well as in adjacent marine areas;
- (5) identification of habitat characteristics (e.g. water depth, fronts) especially in the German marine areas.

The use of GPS data loggers with divers requires a trapping of the birds at the breeding sites, because in contrast to satellite transmitters data are not transferred via satellite, but are stored in the logger and have to be read out some time after the recording period. Due to a high breeding site fidelity it is therefore useful to equip breeding adults, which will return to the same breeding site in subsequent years, with data loggers. Equipment of juveniles cannot be productive, because the age and place of settlement for breeding are highly unpredictable. Further, trapping divers in the non-breeding season is inappropriate, as it is extremely unlikely to get hold of the individual in any later period.

In the course of the project, the method of attachment and the design of the logger were developed stepwise, respectively. A first test of field work took place in W Iceland in May 2008, followed by field sessions in S Finland in 2010, 2011 and 2012. At all places, breeding Red-throated Divers were trapped on the nest with spring traps (Fig. 6). In order to prevent damage of the eggs, these were removed at least for the period of trapping and replaced by artificial eggs. All GPS data loggers deployed were developed and produced by earth & ocean technologies (Kiel).

In Iceland (May 2008), field work took place within a joint project of Aarhus University and Iceland Institute of Natural History, which was aimed to equip Red-throated Divers with daylight geolocation loggers on a leg ring. In addition to the geolocator a GPS data logger was attached externally on the back of four Red-throated Divers by the help of a harness (Fig. 1, 7 and 13), with 30 minutes between trapping and release. Although the birds did not show conspicuous alterations of behaviour and were even seen incubating during the days following equipment (summarized in Table 3, see also Fig. 14), two of the divers were found dead in a very lean condition close to the breeding site after two and seven weeks, respectively. As the other two birds did not return to the breeding site the next year, the

method of external attachment was judged to be not appropriate for Red-throated Divers. However, data recording was operating and showed the presence of the two divers at the nest site as well as close to or on the beach later on (Fig. 15 and 16).

For the continuation of the project, it was decided to implant GPS data loggers, which can send the recorded data at predetermined time slots one year after deployment via radio transmission. The design of the loggers had been developed by the help of several dead dissected Red-throated Divers. Because captive divers were not available, the method of deployment (surgery, anesthesia, remain of logger in the bird) was tested from January to March 2010 with two captive Great Cormorants (*Phalacrocorax carbo*), which show a body structure very similar to divers. During field work in Finland, at first (in June/July 2010), a logger consisting of two parts connected by a cable (Fig. 2) was implanted into a breeding female, while in May 2011 two loggers consisting of three parts (Fig. 3) were implanted into a breeding female and a breeding male, respectively. After trapping the birds were anaesthetized (inhalation of Isofluran). During the surgery (Fig. 12), the logger was inserted through two openings of 2 cm and 5-7 cm, placed dorsally (antenna part, fixed at the spine) and inguinal (between thighs and retral abdominal wall, main unit). Finally, the skin openings were sutured and the bird released after retaining full body tension. The whole procedure lasted about 60 minutes.

The female equipped with a logger in 2010 returned to the same nest site in 2011 and 2012 (Fig. 19), but in both years did not lay eggs. It is not clear whether the breeding failure was due to the habitat condition (water level) or other reasons. In May 2011, several attempts of data transmission from the implanted logger to the receiver unit failed.

The female equipped with a logger in 2011 continued to incubate, but breeding was not successful. In 2012, this bird returned late in the breeding season, but apparently did not start to breed. It was not possible to try data transmission.

The male equipped with a logger in 2011 also continued to breed and successfully raised chicks. It returned in 2012 to the same nest site, but after losing a first clutch (most likely due to predation) attempts to transfer recorded data failed. After starting to incubate a second clutch, this male could be trapped again on the nest and the logger was removed by surgery. It turned out that data were not recorded at all due to a broken cable. Most probably, the cable between two components of the logger was damaged because of high mechanical stress due to the movements of the thighs.

As the GPS data loggers used in Finland did not work as expected, none of the targets (2) to (5) as listed above could be reached. However, according to target (1) it could be shown that an external attachment of a logger is not useful in the Red-throated Diver, perhaps due to aquadynamic impairment of diving. In contrast, the method of implantation of loggers as developed in this project proved to be suitable, as all experimental birds did not show abnormal behaviour and did survive for at least one year (birds from 2011) or even two years (bird from 2010). In line with successful operation of implanted satellite transmitters (Schmutz et al. 2009, [www.movebank.org](http://www.movebank.org)), this result can be seen as promising for successful studies with Red-throated Divers in future.

## Zusammenfassung

Serntaucher gehören zu den besonders geschützten Arten. Sie sind extrem störungsempfindlich gegenüber menschlichen Aktivitäten auf See. Hierzu gehören u.a. der Bau bzw. Betrieb von Offshore-Windparks (OWP) sowie Schiffsverkehr. Außerhalb der Brutzeit befinden sich hohe Zahlen dieser Tiere in deutschen Meeresgebieten. Im Rahmen dieses Projektes sollten GPS-Datenlogger an Sterntauchern angebracht werden, um Zugwege und das räumlich-zeitliche Auftreten in deutschen Gewässern auf individueller Ebene zu klären und die Überlappung mit geplanten OWPs zu ermitteln. Dazu wurden GPS-Datenlogger so weiterentwickelt, dass sie an Sterntauchern eingesetzt werden konnten. Im ersten Projektjahr (2008) wurden die Geräte extern mit Hilfe eines Rucksacksystems an mehreren Tieren der isländischen Brutpopulation befestigt. Es zeigte sich, dass diese externe Anbringung der Geräte nicht zielführend war, da dies bei zwei von vier Tieren zu Mortalität führte. Daraufhin wurden neue Typen von GPS-Datenloggern entwickelt und eine Technik der Implantation für diese Geräte bei Sterntauchern. Eine Implantation gelang bei einigen Tieren der finnischen Brutpopulation. Es zeigte sich, dass die Tiere durch die Implantation der Geräte nicht wesentlich beeinträchtigt waren. Aufgrund von technischen Problemen (u.a. eine zu hohe mechanische Belastung im Vogelkörper) sowie aufgrund von Schwierigkeiten beim Fang der wildlebenden Sterntaucher im Brutgebiet konnten keine Daten über räumlich-zeitliche Muster in deutschen Meeresgebieten gewonnen werden. Daher ergab das Projekt keine Ergebnisse zu den Zugrouten von Sterntauchern sowie zu Umlagerungsbewegungen der Tiere in den deutschen Meeresgebieten bzw. potentiellen Überlagerungen mit geplanten Windkraftgebieten. Die Studie konnte jedoch einen wichtigen methodischen Erkenntnisgewinn liefern, indem sie neue Geräte und Methoden der Implantation dieser Geräte hervorbrachte. Mit diesen Vorarbeiten sollte es möglich sein, ein anschließendes Projekt zum Erfolg zu führen.

## Einleitung

Sterntaucher *Gavia stellata* gehören zu den besonders störungsempfindlichen Seevögeln in der deutschen Nord- und Ostsee. Sie sind im Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie gelistet. Aufgrund ihrer Häufigkeit in deutschen Meeresgebieten hat Deutschland eine besondere Schutzverantwortung für diese Art. Sowohl die Nord- als auch die Ostsee werden von Sterntauchern während des Zuges und im Winter als Rast- und Nahrungshabitat genutzt. Aufgrund ihrer Störempfindlichkeit sind Sterntaucher besonders durch menschliche Aktivitäten und Eingriffe in die Meeresumwelt betroffen. Insbesondere der Bau von Offshore-Windparks (OWP) führt zu einer Verringerung des Lebensraumes dieser Art.

Bei mehreren bereits in Betrieb befindlichen OWP wurde eine Meidung durch Sterntaucher *Gavia stellata* festgestellt. Zum einen bezieht sich dies auf rastende Vögel, die sich nur selten näher als 2 km entfernt von Windenergieanlagen (WEA) und sehr selten innerhalb von OWP aufhalten. Zum anderen wurde deutlich, dass fliegende/ziehende Vögel deutlich vor OWP ihren Kurs ändern, um diese Strukturen zu umfliegen (zur Übersicht s. Dierschke & Garthe 2006, Dierschke 2011, weitere Angaben und Quellen in Tabelle 1).

Die deutschen Meeresgebiete von Nord- und Ostsee werden außerhalb der Brutzeit regelmäßig von bedeutenden Anteilen der biogeographischen Population des Sterntauchers aufgesucht (Garthe et al. 2007, 2012; Mendel et al. 2008). Obwohl in diesen Gebieten ein guter Kenntnisstand hinsichtlich der räumlichen Verteilung der Rastbestände herrscht, ist über deren zeitliche Dynamik auf individueller Basis ebenso wenig bekannt wie über die Lebensweise der Sterntaucher auf See – selbst zur Ernährung gibt es bisher nur wenige Informationen (Guse et al. 2009). So besteht nicht einmal ansatzweise eine Vorstellung darüber, ob einzelne Individuen a) innerhalb des Tagesverlaufs, b) innerhalb von mehreren Tagen oder c) im Laufe des Winterhalbjahres in einem eng begrenzten Teilgebiet von Nord- oder Ostsee verweilen oder z.B. im Tagesverlauf unterschiedliche Nahrungs- oder Ruheplätze aufsuchen bzw. im Verlauf von Tagen, Wochen oder Monaten zwischen verschiedenen Regionen innerhalb von Nord- und/oder Ostsee wechseln. Auch im Fall der in Deutschland besonders stark ausgeprägten Frühjahrsrast ist unbekannt, wie lange sich einzelne Individuen in einem Rastgebiet aufhalten: Handelt es sich um kurze Aufenthalte (wenige Tage) oder werden die Gebiete für längere Zeiträume (z.B. zur Anlage von Depotfett) genutzt? Stark voneinander abweichende Seetaucherverteilungen bei in kurzen Abständen durchgeführten flugzeuggestützten Zählungen deuten an, dass es im Frühjahr eine hohe Dynamik im Rastvorkommen gibt (Diederichs et al. 2002).

Tabelle 1: Zusammenfassung der an operierenden Offshore-Windparks bei Seetauchern (bei allen OWP ganz überwiegend Sterntaucher) beobachteten Effekte.

Windpark	Inbetriebnahme	Anzahl WEA	Fläche Windpark (km <sup>2</sup> )	fliegende Seetaucher	schwimmende Seetaucher	Quelle
Utgrunden (S)	2000	7		leichte Meidung	Meidung angedeutet	Pettersson 2002, 2003
Nysted (DK)	2003	72	24	im Nahbereich keine Meidung	Meidung bis in 1-2,5 km	Blew et al. 2008, Petersen et al. 2006, 2008
Horns Rev I (DK)	2002	80	20	starke Meidung, Mindestabstand 900 m, einzelne Durchquerungen	starke Meidung bis 2 km, Effekte bis 8 km	Christensen et al. 2004, Petersen et al. 2006, Petersen & Fox 2007
Alpha Ventus (D)	2010	12	6		Meidung bis in 1-3 km	BSH 2012
Egmond aan Zee (NL)	2006	36	40	starke Meidung, Abstand meist 2-4 km, einzelne Durchquerungen	Meidung bei manchen, aber nicht allen Zählungen (<100%, da einzelne Sterntaucher im OWP)	Krijgsveld et al. 2010, 2011, Leopold et al. 2011
Gunfleet Sands (GB)	2009	48	16		vollständige Meidung bis mind. 1 km	Barker 2011
Kentish Flats (GB)	2005	30	10	Meidung	starke Meidung, Effekte bis mind. 3 km	Percival 2009, 2010
North Hoyle (GB)	2003	30	10		starke Meidung, Effekte bis mind. 2,5 km	May 2008
Thanet (GB)	2010	100	35		Meidung <100%, statistisch signifikante Abnahme der Individuendichte	Ecology Consulting 2012

Eine genauere Kenntnis des räumlich-zeitlichen Aufenthaltsmusters ist dringend erforderlich, um zum einen das Turnover (den Durchfluss) von Individuen und damit die Anzahl der die deutschen Rastgebiete nutzenden Individuen genauer ermitteln zu können, zum anderen, um die Auswirkungen von Störungen vor allem durch OWP und Schiffsverkehr besser einschätzen zu können. Wegen der beim Sterntaucher festgestellten Habitatverluste und Barrierewirkungen durch OWP ist es wichtig zu wissen, ob über eine Verlagerung von Rastgebieten (durch Habitatverlust) zusätzlich eine Zerschneidung des Lebensraumes

(durch Barrierewirkung) auftreten kann. Wenn nicht nur die durch OWP bebauten Meeresflächen als Rast- und Nahrungsgebiete verloren gehen, sondern auch Flüge zwischen verschiedenen Aufenthaltsgebieten unmöglich oder durch Umwege zumindest länger (und damit energetisch aufwändiger) werden, dann könnten die Auswirkungen auf die Populationsdynamik des Sterntauchers stärker sein als bisher angenommen – insbesondere auch in der Kumulation der Effekte des Gesamtszenarios der Offshore-Windenergienutzung (Dierschke 2011).

Obwohl die Reaktion von Seetauchern auf verschiedene menschliche Aktivitäten auf See inzwischen genauer bekannt ist, fehlen grundlegende Informationen zum räumlichen und v.a. zeitlichen Auftreten sowie von Bewegungsmustern dieser Art in deutschen Meeresgebieten außerhalb der Brutzeit. Diese Informationen stellen jedoch die entscheidende Voraussetzung dar, um Eingriffe in die Meeresumwelt naturschutzfachlich beurteilen zu können. Hierbei ist es insbesondere eine wichtige Planungsgrundlage zu wissen, wie groß der erwartete Habitatverlust für Seetaucher ist. Um darüber quantitative Aussagen treffen zu können, fehlen bislang Daten zu Bewegungsmustern von Sterntauchern. Eine genauere Kenntnis von raum-zeitlichen Mustern ist die Voraussetzung zur Ermittlung einer genauen Bestandszahl in deutschen Meeresgebieten. Nur dadurch wird es möglich, die Auswirkungen von Störungen (hier vor allem OWP) überblicken zu können. Ein Verständnis der kleinräumigen Bewegungsmuster innerhalb der deutschen Gebiete ist wichtig, um beurteilen zu können, ob es v.a. durch die geplanten OWP zu einer Zerschneidung des Lebensraumes dieser Tiere kommen kann.

In deutschen Gewässern ist die räumliche Verteilung von Seevögeln zu den verschiedenen Jahreszeiten durch jüngste Forschungsprojekte bekannt bzw. in Bearbeitung (Garthe et al. 2004). Es ist daher geographisch gut abschätzbar, in welchen Seegebieten Lebensraum für Seevögel verloren gehen würde. Nicht bekannt ist, welche Bedeutung diese Gebiete auf individueller Ebene haben, d.h. wie fest Individuen an bestimmte Gebiete gebunden sind bzw. wie weiträumig sie auf See umherstreifen. Kenntnisse darüber sind insbesondere wichtig, um das Ausweichen auf andere, nicht mit Windparks bebaute Seegebiete zu beurteilen. Nur wenn das Potenzial von Ausweichbewegungen bekannt ist, lässt sich der Einfluss von Lebensraumverlusten auf die Populationsentwicklung feststellen. Außerdem sind Wechselbeziehungen zwischen Gebieten wie der Nord- und Ostsee wichtig, um die räumliche Ausdehnung der Bezugsgebiete für Populationen abschätzen zu können.

Ziel dieses Vorhabens war es daher, die räumlich-zeitlichen Aufenthaltsmuster von Sterntauchern außerhalb der Brutzeit und insbesondere in deutschen Meeresgebieten aufzuklären. Dabei sollten folgende fünf Hauptziele erarbeitet werden:

- (1) Erprobung der Methode und der Eignung der Anbringung von Datenloggern an Sterntauchern;
- (2) Beschreibung und Analyse der Wanderbewegungen von Sterntauchern vom Ende der Brutzeit bis zum nächsten Jahr;
- (3) Geographische Beschreibung der Raumnutzung der Sterntaucher in Bezug zur Lage der geplanten Offshore-Windparks;
- (4) Beschreibung und Analyse der mittel- und großräumigen Bewegungen der Sterntaucher während ihres Aufenthaltes in den deutschen Nord- und Ostseegewässern sowie angrenzenden Bereichen;
- (5) Erkennung von Eigenschaften der Lebensräume (z.B. Wassertiefe, Fronten), insbesondere in den deutschen Meeresgebieten.

Um das Ziel zu erreichen, individuelle Raum-Zeit-Muster von Sterntauchern ermitteln zu können, war es notwendig, einzelne Tiere mit GPS-Einheiten auszustatten. Aufgrund guter Erfahrungen bei anderen Seevogelarten sollte versucht werden, mit GPS-Datenloggern die Aufenthaltsmuster sowohl kleinräumig im Tagesverlauf als auch großräumig im Verlauf der gesamten Nichtbrutzeit aufzuzeichnen. Da Seetaucher auf dem Meer im Prinzip nicht gefangen werden können, musste die Ausrüstung der Tiere mit Loggern am Brutplatz erfolgen, zumal zum Auslesen der Daten über Funk eine Annäherung bzw. ein Wiederfang nötig ist. Aus diesem Grund kamen auch Jungvögel für eine Bearbeitung nicht in Betracht, weil der Ort der späteren Ansiedlung nicht bekannt ist. Altvögel kehren dagegen jedes Jahr mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit an ihren angestammten Brutplatz zurück (Bauer & Glutz von Blotzheim 1966).

Es war geplant, die von den GPS-Datenloggern erzielten Ergebnisse mit archivierten Daten aus schiffs- und flugzeugbasierten Seevogelerfassungen in der Nord- und Ostsee zu vergleichen. Darüber hinaus sollten Umweltparameter (v.a. hydrographische und bathymetrische Daten) mit den Aufenthaltsmustern der Sterntaucher verschnitten werden, um erweiterte Erkenntnisse zur Habitatwahl der Tiere zu erlangen. Diese Umweltdaten sollten aus archivierten Beständen abgefragt werden (z.B. Daten aus dem Cosyna-Projekt des Helmholtz-Zentrums Geesthacht, Daten des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie).

Da GPS-Datenlogger an Sterntaucher noch nicht zuvor zum Einsatz kamen, war es notwendig, für diese Tiere entsprechende Geräte zu entwickeln. Die Verwendung von GPS-Datenloggern wurde dem Einsatz von Satellitensendern vorgezogen, da das GPS-System mit einer viel größeren räumlichen Genauigkeit aufzeichnen kann. Dies war von Nöten, um auch kleinräumige Bewegungsmuster der Tiere (gemäß des Projektzieles) erfassen zu können und damit auch beurteilen zu können, welche Verbindungen zwischen verschiedenen kleineren Bereichen der deutschen Meeresgebiete bestehen. Des Weiteren können GPS-Datenlogger sehr viel mehr Positionsbestimmungen pro Tag vornehmen als Satellitensender. Ein wesentliches Ziel des Projektes bestand somit in der Entwicklung und Erprobung von GPS-Datenloggern bei Sterntauchern, einem Verfahren, was bislang weltweit noch nicht im Einsatz ist.

Die Projektteile auf Island wurden in enger Kooperation mit Ib Krag Petersen vom Department of Bioscience der Universität Aarhus durchgeführt. Alle isländischen Kartengrundlagen wurden vom Icelandic Institute of Natural History mit Genehmigung der Firma Loftmyndir ehf zur Verfügung gestellt.

## **Stand von Wissenschaft und Technik**

Über die Zugwege der Sterntaucher ist verhältnismäßig wenig bekannt: Viele der in Skandinavien und Russland brütenden Vögel gelangen größtenteils über die Ostsee in die Winterquartiere der Nord- und Ostsee (z.B. Berndt & Drenckhahn 1974, Fransson & Pettersson 2001, Okill 2002, Lehikoinen et al. 2006). Die genauen Details des Wegzuges sind allerdings unklar. Etwas besser bekannt ist der Heimzug, der je nach Witterung schon Ende Januar beginnen kann, im deutschen Seegebiet vor allem aber von Ende Februar bis Ende April stattfindet. Zunächst wird die südliche Nordsee überquert, wobei der Zug auch küstenfern z.B. bei Helgoland erfolgt (Dierschke 2002). Ansammlungen vor der schleswig-holsteinischen Westküste lassen den Schluss zu, dass vor dem Abflug in die Brutgebiete besonders dort ein Rastaufenthalt eingelegt wird (Garthe et al. 2004). Das Vorkommen vor der schleswig-holsteinischen Westküste ist über die letzten Jahre hinweg räumlich und zeitlich sehr stabil (Garthe et al. 2012). Auch im Seegebiet um Rügen halten sich, vor allem im April, viele rastende Sterntaucher auf (Garthe et al. 2004).

Großräumige Verteilungsmuster von Sterntauchern in deutschen Meeresgebieten werden seit Anfang der 1990er Jahre im Rahmen eines regelmäßigen Erfassungsprogrammes (Seabirds at Sea-Programm, koordiniert und durchgeführt vom FTZ Büsum) erfasst. Daher lagen schon vor Beginn des Projektes Informationen zur Verteilung von Sterntauchern in der deutschen Nord- und Ostsee vor (z.B. Garthe et al. 2004). Allerdings war es für die Erfüllung

des Projektzieles erforderlich, individuelle Bewegungs- und Verteilungsmuster zu erfassen. Dies konnte nur mit Hilfe von Besenderung einzelner Tiere realisiert werden.

Die Besenderung von Seevögeln ist seit vielen Jahren gängige Praxis. Das FTZ hat positive Erfahrungen in der Verwendung von GPS-Geräten bei Basstölpeln, verschiedenen Möwenarten und Austernfischern sammeln können (z.B. Garthe et al. 2007; Garthe et al. 2011; Schwemmer & Garthe 2011; FTZ, unveröff.). Gaviidae wurden bislang nicht mit GPS-Einheiten versehen, aber in wenigen Projekten mit Satellitensendern ausgestattet. Telemetrische Untersuchungen zur Aufzeichnung großräumiger Wanderbewegungen wurden an Seetauchern vor allem in Nordamerika durchgeführt, wo Satellitensender bei Eistauchern (*Gavia immer*) implantiert wurden (Kenow et al. 2002). Daher bestand das erste Projektziel darin, Erfahrungen im Einsatz von GPS-Einheiten bei Sterntauchern zu sammeln. Während der Laufzeit dieses Projektes wurden ebenfalls in Nordamerika Sterntaucher erfolgreich mit implantierten Satellitensendern ausgerüstet (Schmutz et al. 2009), ferner ein Sterntaucher in Grönland (Boertmann & Mosbech 2011). Schließlich wurden auch in Litauen im Jahr 2012 im Rahmen des Life Projektes „DENOFLIT“ mehrere Sterntaucher mit Satellitensendern ausgestattet. Im Gegensatz zu diesen Studien sollte in der vorliegenden Studie GPS-Datenlogger eingesetzt werden. Anders als Satellitensender, die nur wenige Positionen pro Tag registrieren können und die räumlich sehr ungenau sind, können GPS-Datenlogger eine weitaus feinere räumlich-zeitliche Auflösung herstellen. Der Einsatz dieser Geräte war zur Beurteilung des Konfliktpotentials mit OWP in den deutschen Meeresgewässern und zur Abschätzung von kleinskaligen Umverteilungen der Tiere erforderlich. Von Sterntauchern ist aus Untersuchungen am dänischen OWP Horns Rev bekannt, dass rastende oder Nahrung suchende Vögel den unmittelbaren Windparkbereich und das Gebiet im Umkreis von etwa 2-4 km nahezu vollständig meiden (Petersen et al. 2006, s. auch Übersicht bei Dierschke & Garthe 2006).

---

<sup>1</sup>[http://corpi.ku.lt/denoflit/uploads/files/Dokumentai/DENOFLIT-Bird\\_telemetry.pdf](http://corpi.ku.lt/denoflit/uploads/files/Dokumentai/DENOFLIT-Bird_telemetry.pdf)

## Material und Methoden

### Verwendete GPS-Datenlogger und deren Weiterentwicklung

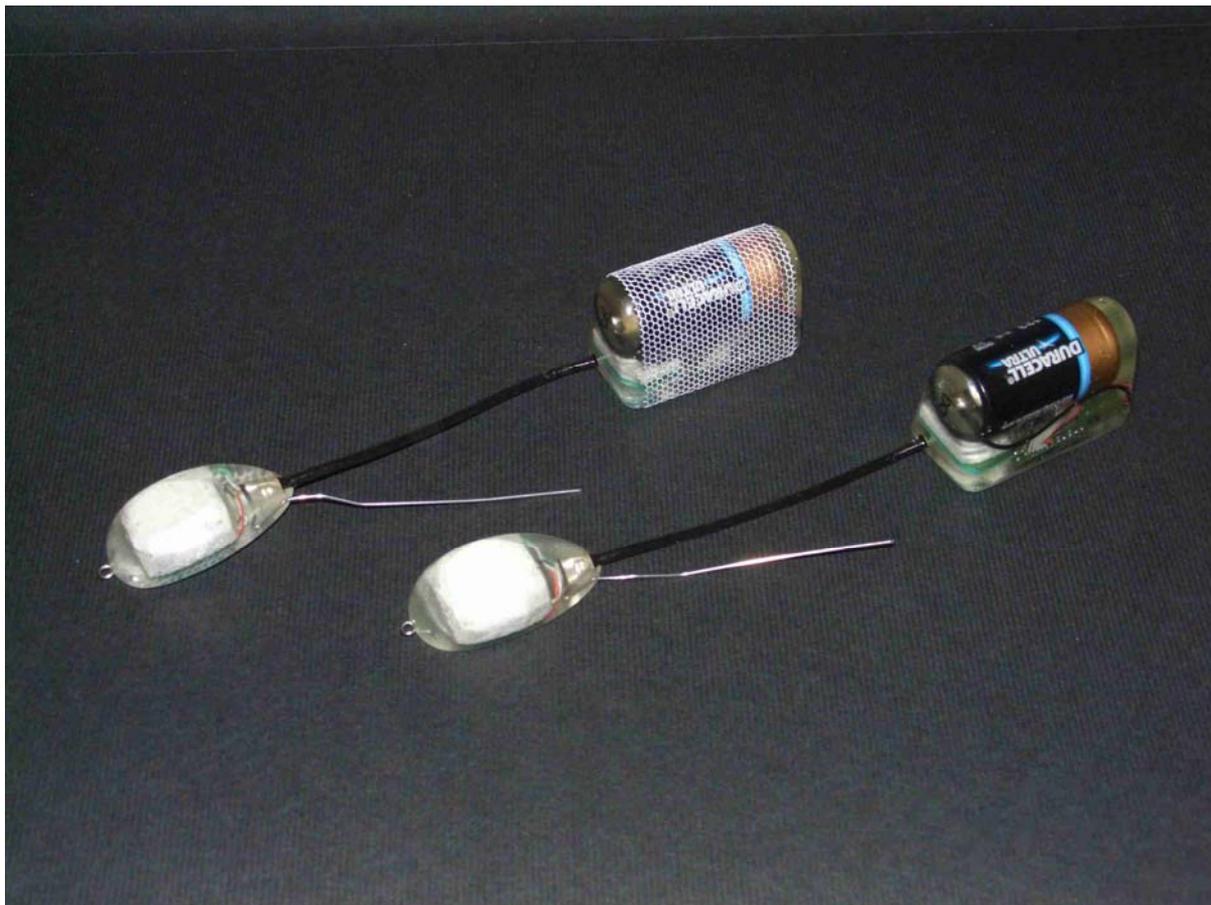
Die Entwicklung der für die erste Feldsaison geplanten GPS-Geräte konnte nicht rechtzeitig vor der Brutzeit 2008 abgeschlossen werden, da die Vorlaufzeit für die Firma earth & ocean technologies zu kurz war. Daher wurde ein Testlauf mit einem für den Einsatz modifizierten, auf einem Seriengerät beruhenden Modell auf Island durchgeführt (der Ort wurde gewählt, weil dort geeignete Logistik durch die Zusammenarbeit mit dem dänischen Forschungsinstitut NERI bereits etabliert war). Dieses Modell wurde extern mit einem eigens dafür entwickelten Gurtsystem ausgestattet (Abb. 1). Bei dem Testlauf stellte sich heraus, dass die Sterntaucher sehr empfindlich auf den Fang und die Ausrüstung mit den Loggern reagieren. Insgesamt wurden vier Tiere mit den Loggern ausgestattet. Nach nur zwei bzw. sieben Wochen Ausrüstezeit wurde bereits je ein Tier tot aufgefunden. Daher wurde aus wissenschaftlichen und ethischen Gründen entschieden, die externe Befestigung zu verwerfen und die Geräte zu implantieren.

Für die Anwendung der GPS-Technik in einem Implantat wurde eine völlig neue, zweiteilige Loggervariante entworfen (Abb. 2). Diese bestand aus einem kleineren und subkutan implantierbaren Antennenteil und einer größeren Haupteinheit. Beide Komponenten sind über ein Kabel verbunden. Nach anatomischen Erwägungen und gemäß den technischen Notwendigkeiten entwickelte die Firma earth & ocean technologies verschiedene Loggerdummy-Varianten. Zum Test des Gerätes wurden mehrere tote Sterntaucher unterschiedlicher Größe seziiert, um sich in situ ein exaktes Bild der anatomischen Gegebenheiten zu machen und anschließend die Loggerdummies bestmöglich anzupassen. Dabei stellte sich unter anderem heraus, dass sich aus Platzgründen eine inguinale Implantation der Loggerhaupteinheit anbot. Die Operationstechnik für die Implantierung für diese neuartige Loggerkonfiguration wurde in Zusammenarbeit mit Dr. Zinke entwickelt. Um sowohl die Operationstechnik, die Verträglichkeit der Geräte für lebende Vögel als auch die Technik selbst zu testen, wurden zwei GPS-Loggerprototypen von Ende Januar bis Ende März 2010 in zwei Kormorane implantiert. Die Kormorane wurden gewählt, da sie sowohl anatomisch wie ökologisch den Sterntauchern nahe stehen. Die Versuchstiere stammten aus einer Zoopopulation und wurden während der Versuchsdauer im Tierpark Neumünster professionell versorgt. Beide Tiere verhielten sich während des Versuches normal und zeigten bei der Implantation der Logger sowie bei der Entnahme nach annähernd zwei Monaten Dauer keine Probleme.

Zum Mai 2011 wurde von der Firma earth & ocean Technologies ein nochmals verbessertes Gerätedesign mit einem dreiteiligen Loggersystem abgeliefert (Abb. 3), das vor allem auf den Erfahrungen der Feldarbeit 2010 basierte.



*Abb. 1: GPS-Datenlogger mit Geschirr aus Teflonband zur externen Befestigung. Foto: V. Dierschke.*



*Abb. 2: Zweiteiliger, zu implantierender GPS-Datenlogger. Diese Ausführung wurde im Jahr 2010 verwendet. Foto: G. Peters.*

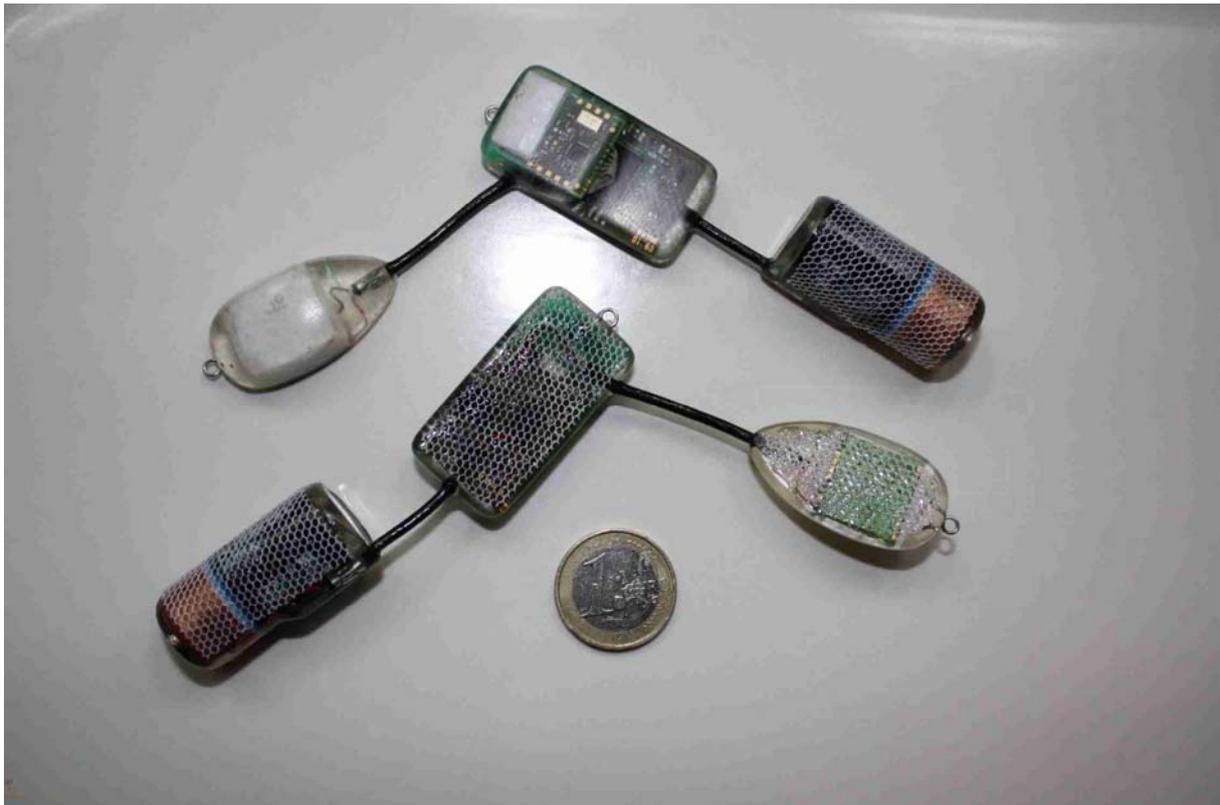


Abb. 3: Dreiteiliger, zu implantierender GPS-Datenlogger. Diese Ausführung wurde im Jahr 2011 verwendet. Foto: G. Peters.

### Fang und Ausrüstung im Projektjahr 2008, Island

Die Untersuchungsgebiete sollten so beschaffen sein, dass auf relativ kleiner Fläche möglichst viele Sterntaucher-Paare brüten, damit Fang, Beobachtung und Kontrolle spontan den jeweiligen Wetterumständen angepasst werden konnten. Zudem mussten die Sterntaucher-Nester so gelegen sein, dass ein Aufstellen von Fallen zum Fang von brütenden Altvögeln möglich war. Schließlich sollte es sich vorzugsweise um Brutgebiete handeln, aus denen voraussichtlich ein Teil der Vögel nach dem Ende der Brutzeit deutsche Meeresgebiete aufsucht.

Im Jahr 2008 wurde Island als Untersuchungsgebiet ausgewählt, weil es kurz nach der Bewilligung des Projekts möglich war, sich einer auf Sterntaucher ausgerichteten Fangexpedition anzuschließen. Dazu wurde vom 28.5.-5.6. das Gebiet um das Dorf Akrar in der Region Myrar (West-Island; 64,63° N, 22,38°W; Abb. 4) von B. Dean, V. Dierschke, I. K. Petersen und Æ. Petersen aufgesucht, wo im Umkreis von 1 km um die als Feldstation dienende Hütte (Abb. 5) 29 besetzte Nester des Sterntauchers gefunden wurden (Abb. 4). Die Nester befanden sich ausnahmslos wenige (ca. 5-20) Zentimeter vom Ufer entfernt. Es handelt sich um kolonieartiges Brüten, Revierverhalten beschränkte sich weitgehend auf die

Seemitte. Zur Nahrungssuche flogen alle Altvögel auf das unmittelbar benachbarte Meer hinaus (vgl. Abb. 4).

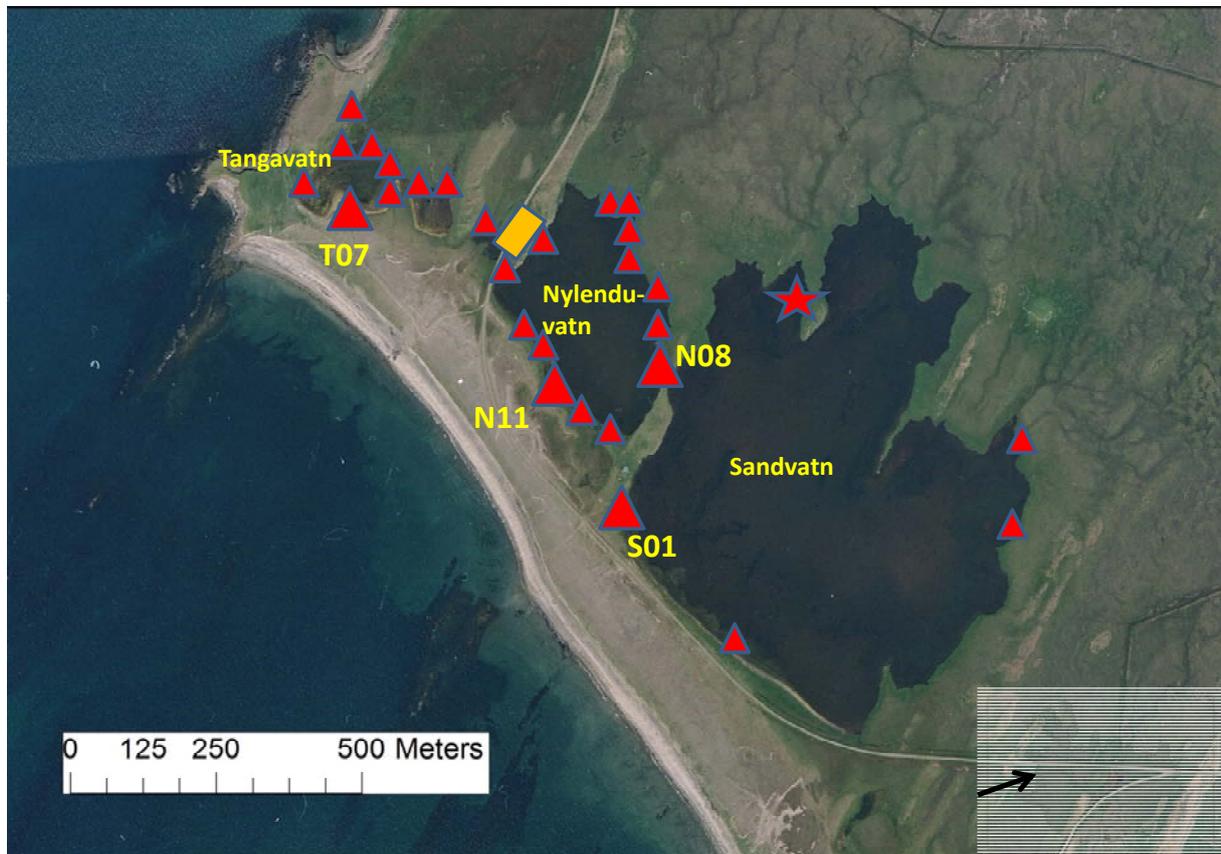


Abb. 4: Lage des Untersuchungsgebietes Akrar in West-Island mit der Lage von 29 Nestern des Sterntauchers (Dreiecke) und einem Nest des Eistauchers (Stern). Nester, an denen ein Sterntaucher mit einem Logger ausgestattet wurde, sind mit einem großen Dreieck und Nestnummer gekennzeichnet. Das Luftbild wurde vom Icelandic Institute of Natural History mit Genehmigung der Firma Loftmyndir ehf zur Verfügung gestellt.



*Abb. 5: Feldstation am Nylenduvatn (W-Island), an dem im Mai 2008 15 Sterntaucher-Paare brüteten. Foto: V. Dierschke.*

Mit auf dem Nest platzierten Schlagfallen (Abb. 6) wurden insgesamt 12 Sterntaucher gefangen, von denen vier zusätzlich zu einem am Bein befestigten Geolokationslogger (im Rahmen eines dänisch-isländischen Projektes) mit einem GPS-Datenlogger ausgerüstet wurden.



*Abb. 6: Schlagfalle am Nest eines Sterntauchers, in dem sich zwei Kunsteier befinden. Im weiteren Verlauf der Fangaktion wurde die Falle mit trockenem Gras getarnt. Foto: V. Dierschke.*

Während jeder Fangaktion wurde das Gelege des Sterntauchers aus dem Nest entfernt und durch künstliche Eier ersetzt, damit keine Verluste durch Prädatoren (vor allem Mantelmöwe) auftreten konnten. Die Eier wurden währenddessen in einem Inkubator warm gehalten und erst dann ins Nest zurückgelegt, wenn einer der Brutvögel zum Nest zurückkehrte.

In Island wurde der Logger mit Hilfe eines Geschirrs aus 5 mm breitem Teflonband auf dem Rücken befestigt (Abb. 2). Die Konstruktion des Geschirrs stellte eine Kombination aus publizierten Techniken (Smith & Gilbert 1981) sowie einer modifizierten Technik aus der Falknerei dar. Der Logger wurde mit Epoxy-Harz auf eine kleine Darvic-Plastikplatte geklebt (und zusätzlich mit zwei Kabelbindern gesichert). Von der Plastikplatte aus verliefen zwei Teflonbänder zunächst nach vorne, dann an den Schultern nach unten, quer über das Sternum und hinter den Flügeln aufwärts zurück zur Plastikplatte. Um einen optimalen Sitz des Geschirrs zu erreichen wurden die beiden Teflonbänder vor der Plastikplatte und an

ihrer Kreuzung (am Sternum) miteinander vernäht und anschließend in das Gefieder „eingeputzt“ (Abb. 7). Geschirr und Logger wogen zusammen 39 g (2,0-2,1% der Körpermasse eines Sterntauchers). Die für Seevögel kritische Schwelle von 3% des Körpergewichtes für die Anbringung externer Geräte (Phillips et al. 2003) wurde somit eingehalten. Vom Fang (Auslösen der Schlagfalle) bis zum Freilassen eines Vogels vergingen etwa 30 Minuten.



*Abb. 7: Teflongeschirr kurz vor dem „Einputzen“ ins Bauchgefieder des Sterntauchers. Foto: B. Dean.*

Vom Zeitpunkt des Freilassens der mit Logger ausgestatteten Vögel wurde mehrere Tage lang (bis zur Abreise aus dem Untersuchungsgebiet) ihr Verhalten beobachtet, um zu überprüfen, ob die externe Anbringung des Geräts diesbezüglich Auffälligkeiten zeigte.

### **2.1.3 Fang und Ausrüstung in den Projektjahren 2010-2012, Finnland**

In den Jahren 2010-2012 fand die Feldarbeit am Südrand der finnischen Seenplatte, etwa zwischen Hämeenlinna und Mikkeli (ca. 61°N, 25-27°E; Abb. 8) statt. Dort brüteten weit verstreut jeweils 1-2 Sterntaucherpaare an kleinen, meist in Wäldern gelegenen Seen (Abb.

9), die aber über das gut ausgebaute finnische Forstwegsystem gut erreichbar waren. Basis war meist der Ort Hillosensalmi beim Repovesi-Nationalpark (südlich von Mäntyharju).

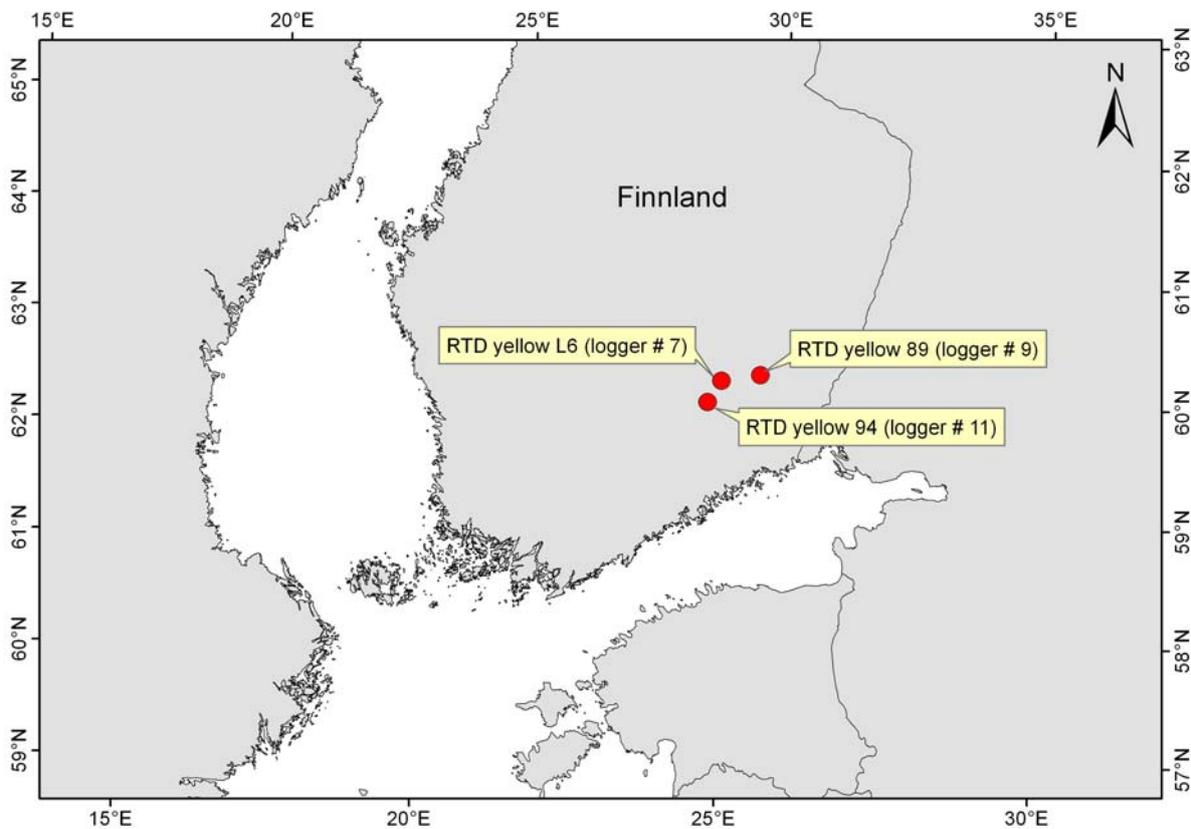


Abb. 8: Neststandorte der drei mit GPS-Datenloggern ausgestatteten Sterntaucher in Süd-Finnland (2010: Farbring L6 mit Logger #7; 2011: Farbring 94 mit Logger #11 und Farbring 89 mit Logger #9).

In Süd-Finnland befanden sich fast alle gefundenen Nester auf winzigen Inseln, wobei es sich zumeist um künstliche Nistflöße handelte (Abb. 9 und 10). Wegen der geringen Größe der Nistflöße eigneten sich nur wenige dieser Neststandorte zum Fang mit Schlagfallen. Da zudem viele Gelege frühzeitig verloren gingen (s. unten), gestaltete es sich äußerst schwierig, Vögel zur Implantation von Loggern zu fangen. Insgesamt konnten 2010 nur zwei und 2011 nur drei Vögel gefangen werden, wobei 2010 ein Logger und 2011 zwei Logger implantiert wurden (Abb. 12).

Die Gewässer, an denen 2010 und 2011 Sterntaucher mit GPS-Loggern ausgestattet worden waren, wurden jeweils ab Anfang Mai des folgenden Jahres von K. Eklöf und T. Kyllönen kontrolliert. Bei Anwesenheit der betreffenden Individuen wurde ohne Erfolg versucht, mit der Empfangseinheit auf dem Logger gespeicherte Daten auszulesen.

Abgesehen von den o.g. Kontrollen durch finnische Mitarbeiter fanden in den Jahren 2010-2012 folgende Fang- und Ausleseexpeditionen statt:

5.6.-13.6.2010 (M. Ahola, V. Dierschke, K. Eklöf, A. Zinke),

3.7.-7.7.2010 (M. Ahola, V. Dierschke, K. Eklöf, A. Zinke),

21.5.-28.5.2011 (V. Dierschke, K. Eklöf, P. Koskimies, A. Zinke),

24.5.-30.5.2012 (V. Dierschke, K. Eklöf, P. Koskimies, A. Zinke),

29.6.-1.7.2012 (K. Eklöf, T. Kyllönen, A. Zinke).



*Abb. 9: Typisches Brutgewässer eines Sterntauchers in Süd-Finnland. Am linken Rand des Nistfloßes ist ein brütendes Weibchen zu erkennen, das später gefangen und mit Logger ausgestattet wurde. Vehkalampi, 6.7.2010. Foto: V. Dierschke.*



Abb. 10: Sterntaucher-Weibchen (Partner von #9) auf künstlichem Nistfloß. Simlampi, Finnland, 26.5.2012. Foto: V. Dierschke.

#### 2.1.4 Implantation der GPS-Datenlogger

Die Implantation der Datenlogger erfolgte unter Allgemeinanästhesie in das lockere Bindegewebe der linken Körperseite und des Rückens. Anästhesiologische und chirurgische Prozeduren sowie das Hygienemanagement entsprachen den in der Veterinärmedizin für Vogelpatienten allgemein gebräuchlichen Vorgehensweisen, adaptiert an Freilandbedingungen.

Die Gussform der Datenlogger und der OP-Situs (die Wahl der Implantationsstelle) wurden ebenso wie die bei allen operierten Sterntauchern gleichartig durchgeführten chirurgischen Prozeduren in Vorstudien festgelegt. Nach initialer Konzeption an Sterntaucher-Sektionsmaterial des FTZ Westküste erfolgte Ende Januar 2010 die chirurgische Implantation von Logger-Modellen in zwei Kormorane (*Phalacrocorax carbo*). Seetaucher werden nicht in zoologischen Einrichtungen gehalten. Aufgrund der ähnlichen Lebensweise, Körpergröße, -form und -haltung sowie der Verfügbarkeit der Tiere in Tiergärten fiel die Wahl auf Kormorane. Durch Beobachtung der beloggerten Tiere in ihren Gehegen sowie Explantation des Modells nach zwei Monaten wurde u.a. die gute Akzeptanz des subkutanen Fremdkörpers durch die Vögel sowie das stabile und unkomplizierte bindegewebige Einwachsen der Implantate in der Subkutis nachgewiesen.

Zur Allgemeinanästhesie diente eine Isofluran-Inhalationsnarkose ohne Prämedikation. OP-begleitend wurden zur Vertiefung der Analgesie Meloxicam (0,3 mg/kg) sowie zur antibiotischen Prophylaxe bakterieller Wundinfektionen Marbofloxacin (10 mg/kg) per intramuskulärer Injektion verabreicht. Abb. 12 zeigt den Anschluss eines Seetauchers per Kopfmaske an eine transportables Komesaroff-Narkosegerät (Aufbau der gesamten Operationsstation im Freiland s. Abb. 11).

Die erste Hautinzision (lateraler Schnitt) erfolgte unmittelbar vor und parallel zu der vorderen Begrenzung der Oberschenkelmuskulatur. Die Schnittlänge betrug ca. 5 cm (2010 aufgrund des größeren Volumens der Loggerhaupteinheit: 7 cm). Nach stumpfer Präparation wurde die Loggerhaupteinheit tief in den spaltförmigen Raum zwischen Oberschenkel und hinterer Bauchwand eingebracht. Eine Hohlsonde wurde nun subkutan in kraniodorsomedialer Richtung bis auf Höhe der Wirbelsäule geführt. Über der Sondenspitze erfolgte eine zweite Hautinzision (dorsaler Schnitt) von ca. 2 cm. Der so entstandene subkutane Kanal wurde stumpf fingerförmig erweitert. Mit Hilfe eines, an der Öse am Antennenteil des Loggers angebrachten (s. Abb. 3) und über die Hohlsonde aus der zweiten Hautinzision herausgeführten chirurgischen Drahts wurde der Antennenteil nun bis auf Höhe der Wirbelsäule geführt. Per Drahtcerclage um die Öse des Antennenteils und den straffen bindegewebigen Halteapparat der Dornfortsätze der Wirbelsäule erfolgte nun die dorsale Fixation des Loggers. Die dorsale Hautinzision wurde sodann mit resorbierbarem Nahtmaterial vernäht und zusätzlich mit Gewebekleber verklebt. Als nächstes folgte die Fixation der Öse des mittleren Loggeranteils (beim Modell 2010 des u-förmig gebogenen Drahts des Antennenteils) per Drahtcerclage an der den Rippen aufliegenden Muskulatur. Die laterale Inzision wurde mittels fortlaufender subkutaner Naht, Hautnaht und Gewebekleber verschlossen.

Die Eingriffe dauerten ca. 60 Minuten. Die Vögel wurden postoperativ bis zum Erreichen der vollständigen Körperspannung in der Hand fixiert und dann am Seeufer ausgesetzt. Die operierten Tieren schwammen umgehend los, tauchten ab und betrieben schwimmend Gefiederpflege.



Abb. 11: OP-Ausrüstung am Simlampi, Finnland. In der Mitte befindet sich das Narkosegerät.  
Foto: V. Dierschke.



Abb. 12: Operation (Implantation eines Datenloggers) am Vehkalampi, Finnland (6.7.2010).  
Rechts der mit dem Narkosegerät verbundene Kopf des Vogels. Foto: M. Ahola.

## Ergebnisse

### 2.1.5 Ergebnisse aus dem Projektjahr 2008, Island

Im Frühjahr 2008 konnten in West-Island vier männliche Sterntaucher mit GPS-Loggern ausgestattet werden (Abb. 13). Daten und Maße sind Tab. 2 zu entnehmen.



*Abb. 13: Sterntaucher #4 mit GPS-Datenlogger kurz vor dem Freilassen (31.5.2008, Akrar, W-Island). Foto: V. Dierschke.*

In den folgenden Tagen wurde bei den vier Vögeln folgendes Verhalten beobachtet:

#1: Am Tag des Fangs (Tag 1 = 30.5.) flog der Vogel etwa fünf Stunden nach dem Freilassen auf das Meer hinaus, war aber spätestens am Abend wieder zurück. An den folgenden sechs Tagen brütete der Partner (das Weibchen) die meiste Zeit, während sich das Männchen meist in Nestnähe aufhielt und dabei oft am Ufer saß. An Tag 2 brütete auch das Männchen einige Stunden lang, flog dann aber für fünf Stunden auf das Meer hinaus. An

den folgenden Tagen wurden mehrere Brutschichten von 1-6 Stunden Dauer festgestellt. Unmittelbar vor der Abreise aus dem Untersuchungsgebiet wurden noch zwei Eier bebrütet.

#3: Nach dem Freilassen (13:50 h) am Tag 1 (31.5.) schwamm der Vogel bis zum Abend nah beim Nest, um dann für eine Stunde zu verschwinden. An Tag 2 saß er mehr als zwei Stunden lang auf dem Nest, ebenso wie für eine unbekannte Dauer an Tag 3 (Abb. 14). Am späten Abend von Tag 3 sowie am Abend von Tag 4 saß der Vogel neben dem Nest an Land. Anschließend gab es keine Beobachtung mehr. An Tag 5 brütete die Partnerin bis zum späten Abend, schwamm dann aber nur noch in der Nähe des Nests. An Tag 6 setzte sich das Weibchen nicht wieder auf das Nest; eine Kontrolle ergab, dass das Gelege prädiert worden war. Direkt vor der Abreise am Tag 6 (15:15 h) war das Nest offenbar verlassen.



*Abb. 14: Sterntaucher mit Logger (#3) brütet. Nylenduvatn, Island, 1.6.2008. Foto: V. Dierschke.*

#4: Obwohl sich der Vogel nach dem Freilassen (20:50 h) noch 15 Minuten lang auf dem See putzte, blieben anschließend beide Partner dem Nest fern. Am Morgen von Tag 2 (1.6.) waren die noch im Nest belassenen Kunsteier geraubt worden, doch wurden zwei neue

Kunsteier ins Nest gelegt. Am Mittag von Tag 2 engagierte sich das beloggerte Männchen in territorialen Auseinandersetzungen mit Vögeln benachbarter Brutpaare, war danach aber zunächst nicht mehr präsent. Abends brütete das Weibchen mindestens sechs Stunden lang auf den Kunsteiern, das Männchen putzte sich und schlief im flachen Wasser direkt neben dem Nest für mindestens zwei Stunden. An den folgenden Tagen wurde keiner der Vögel mehr gesehen, das Nest war aufgegeben worden.

#5: Direkt nach dem Freilassen (18:12 h an Tag 1 = 3.6.) startete das beloggerte Männchen, flog zwei Runden über dem Sandvatn und landete nach drei Minuten auf dem benachbarten Nylenduvatn. Dort blieb es bis zum Morgen von Tag 2 und schien von da an nicht mehr anwesend zu sein. Im Gegensatz zu den anderen beloggerten Vögeln war das Nest von der Feldstation aus nicht einsehbar, doch ergaben kurze Kontrollen des Nestes keine Sichtung eines brütenden Vogels. Es stellte sich jedoch heraus, dass jenes Paar ausgesprochen heimlich agierte, möglicherweise weil der See von einem Paar des Eistauchers dominiert wurde, wobei Sterntaucher offenbar nur an den äußersten Rändern akzeptiert wurden (s. Abb. 4). Am Tag der Abreise (Tag 3) wurden im Nest zwei warme (also bebrütete) Eier vorgefunden. Das Weibchen schwamm weit entfernt auf dem See, war also unbemerkt vom Nest ins Wasser geglitten. Gleichzeitig war auch das Männchen (mit Logger) wieder auf dem Nylenduvatn.

*Tabelle 2: Angaben zu den in Island und Finnland mit GPS-Datenloggern ausgestatteten Sterntauchern.*

Datum	See	Nest		Logger			Schnabel-	Flügel-	Körper-
		Nr.	Position	Nr.	Metallring Nr.	Geschlecht	länge (mm)	länge (mm)	masse (g)
30.05.2008	Tangavatn	T07	64,63°N 22,38°W	#1	Reykjavik 133474	männlich	50,5	299	1825
31.05.2008	Nylenduvatn	N08	64,63°N 22,37°W	#3	Reykjavik 133475	männlich	55,6	311	1958
31.05.2008	Nylenduvatn	N11	64,63°N 22,37°W	#4	Reykjavik 133477	männlich	56,2	304	1948
03.06.2008	Sandvatn	S01	64,63°N 22,37°W	#5	Reykjavik 133479	männlich	55,3	304	1920
06.07.2010	Vehkalampi		61,39°N 26,86°E	#7	Helsinki GA00312	weiblich			
26.05.2011	Pärnajärvi		61,23°N 26,51°E	#11	Helsinki GA00371	weiblich	53,1	291	1220
27.05.2011	Simlampi		61,35°N 27,58°E	#9	Helsinki GA00373	männlich	57,3	304	2060

Zusammenfassend ist festzustellen, dass zwei der vier Nester mit beloggerten Vögeln verlassen wurden, in einem Fall aufgrund von Prädation, im anderen Fall möglicherweise ebenfalls durch Prädation. Im Untersuchungsgebiet ist Eierraub durch Mantelmöwen nicht

ungewöhnlich, eventuell sind aber auch Polarfüchse und Minks als Prädatoren beteiligt. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Fangaktionen eine Rolle gespielt haben, ebenso wie bei ein oder zwei anderen Nestern, an denen während der Untersuchung Sterntaucher für andere Forschungszwecke gefangen wurden.

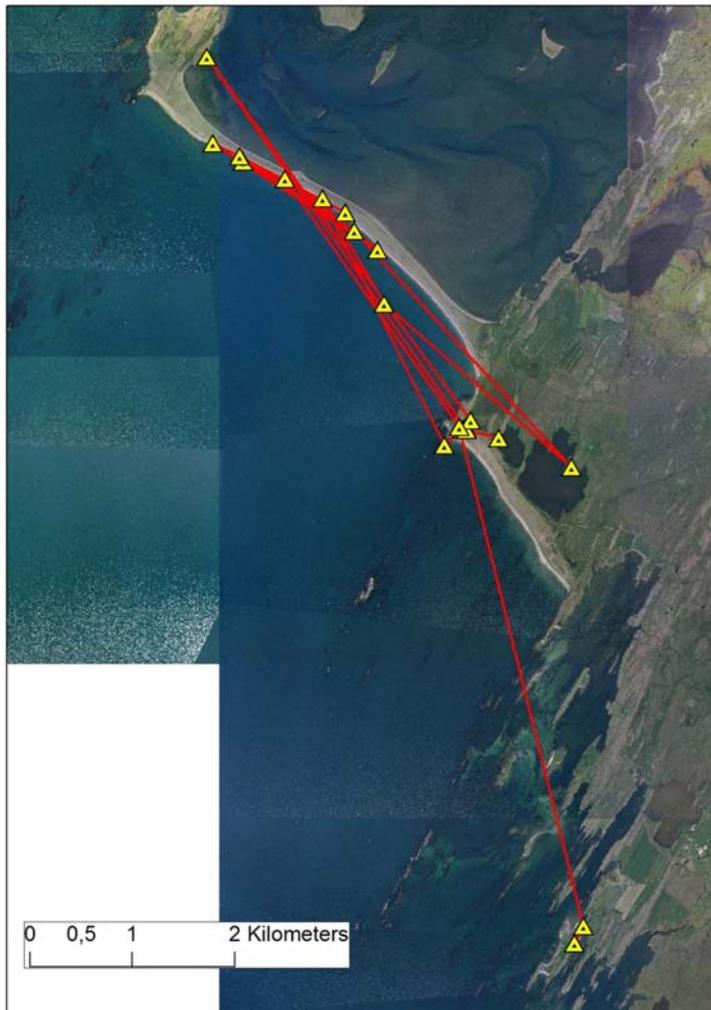
Einen Überblick über die beobachteten Verhaltensweisen zeigt Tab.3. Vogel #1 verhielt sich anscheinend normal, anfangs auch Vogel #3. Ihre Brutschichten waren jedoch kürzer als die ihrer Weibchen, doch ist dies beim Sterntaucher wahrscheinlich die Regel. Das einzige unnormale Verhalten war das Rasten an Land, wenn die Partnerin brütete. Als Grund für die Landaufenthalte kommt in Frage, dass die Isolation des Bauchgefieders durch das Geschirr etwas vermindert worden war oder dass sich die Vögel unkomfortabel gefühlt haben. Die Beweglichkeit war offensichtlich nicht eingeschränkt, da alle vier Vögel beim Tauchen und zwei beim Fliegen beobachtet wurden (auch die beiden anderen Vögel hatten ihren Brutsee definitiv fliegend verlassen). Es gab keine Beobachtungen, dass die Vögel durch das Geschirr behindert wurden.

*Tab. 3: Zusammenfassung des an den mit GPS-Datenloggern ausgestatteten Sterntauchern beobachteten Verhaltens. F Fang, A Abwesenheit (vom Brutgewässer), B Brüten, P Präsenz (am Brutgewässer).*

Vogel	30. Mai	31. Mai	01. Jun	02. Jun	03. Jun	04. Jun	05. Jun
#1	FPAP	PBAP	PAPAP	APBPB	BAPBA	PBPBPB	P
#3		FPAP	PAPBPAP	ABP	P	A	A
#4		FPA	APAPA	A	A	A	A
#5					FP	A	AP

Da das Verhalten im Grunde keine Auffälligkeiten zeigte, war es überraschend, dass gleich zwei Vögel in der Nähe des Brutgebiets tot aufgefunden wurden: #5 am 15.6. (12 Tage nach der Ausstattung mit dem Logger) und #1 am 17.7. (nach 49 Tagen). Es muss als sehr wahrscheinlich gelten, dass das Geschirr zu einer entscheidenden Beeinträchtigung geführt hat, beispielsweise beim Tauchen. Da beide Vögel vollständig im Naturkundlichen Museum in Reykjavik abgegeben wurden, konnten die auf den Loggern aufgezeichneten Daten ausgelesen werden. Die Positionen der Vögel deuten darauf hin, dass sie kein natürliches Verhalten mehr gezeigt haben. Vogel #1 hat sich offenbar meist am Strand eines Nehrungshakens nördlich des Brutgewässers aufgehalten, kehrte aber mehrfach in die Nähe

des Brutplatzes zurück (Abb. 15). Vogel #5 wurde noch zwei Tage nach dem Fang auf dem Brutsee geortet, alle späteren Daten stammen vom nahen Meeresstrand, wo der Vogel vermutlich bereits tot oder zumindest sterbend lag (Abb. 16). Die beiden anderen Vögel mit Logger wurden bei einer Folgeexpedition im Mai 2009 nicht im Brutgebiet angetroffen (I.K. Petersen pers. Mitt.).



*Abb. 15: Vom GPS-Logger aufgezeichnete Positionen (alle 59 Stunden) von Vogel #1. Fast alle Ortungen stammen von Stränden, so dass der Vogel vermutlich die meiste Zeit an Land geruht hat, ähnlich wie bei den Feldbeobachtungen kurz nach dem Fang (vgl. Text). Das Luftbild wurde vom Icelandic Institute of Natural History mit Genehmigung der Firma Loftmyndir ehf zur Verfügung gestellt.*

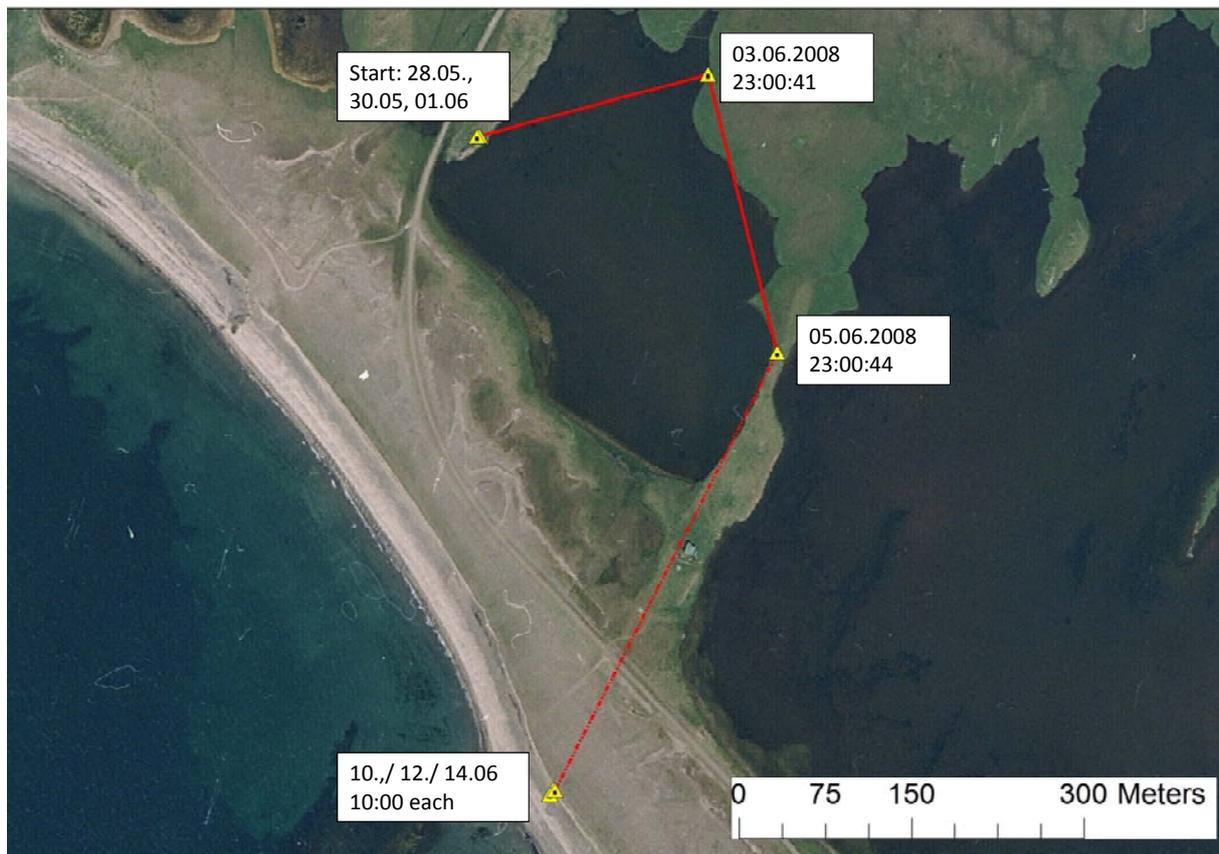


Abb. 16: Vom GPS-Logger aufgezeichnete Positionen (alle 48 Stunden) von Vogel #5. Bereits ab dem 10.6. lag der Vogel offenbar tot oder sterbend an einer Stelle am Strand. Das Luftbild wurde vom Icelandic Institute of Natural History mit Genehmigung der Firma Loftmyndir ehf zur Verfügung gestellt.

Beide tote Sterntaucher wurden an das FTZ überführt. Eine Obduktion ergab keine auffälligen äußeren Verletzungen, lediglich im Bereich der Brust, über den die Bänder des Geschirrs verliefen, war die Haut leicht gerötet. Die Vögel befanden sich in einem schlechten Ernährungszustand (Abb. 17) und waren daher höchstwahrscheinlich verhungert. Die Körpermassen beider Tiere waren mit 1150g (Ring-Nr. 133479) bzw. 1066g (Ring-Nr. 133474) deutlich niedriger als bei der Ausrüstung (vgl. Tab. 2). Nach einer makroskopischen Untersuchung wiesen die inneren Organe keine Anzeichen einer Erkrankung auf. Die Fettreserven (sowohl das Unterhaut- als auch das Eingeweidefett) waren komplett aufgebraucht. Der Brustmuskel war nur noch schwach ausgeprägt. Dies alles stützt die Annahme, dass die Tiere verhungert sind. Aufgrund der schlechten Erfahrungen aus dem ersten Projektjahr wurde daher beschlossen, anstatt einer externen Befestigung künftige Logger zu implantieren. Diese Methode führte bereits mit Satellitensendern zum Erfolg (Schmutz et al. 2009). Als Teilerfolg der Feldarbeit in Island ist die funktionierende Positionsaufzeichnung der beiden wiedererlangten Datenlogger festzuhalten.



*Abb. 17: Brustbereich eines der auf Island tot gefundenen, mit Logger ausgerüsteten Sterntauchers. Das deutlich vorstehende Sternum bzw. die nur noch schwach ausgeprägte Brustmuskulatur weist auf einen schlechten Ernährungszustand des Vogels hin. Foto: V. Dierschke).*

#### **2.1.6 Ergebnisse aus den Projektjahren 2010-2012, Finnland**

Im süd-finnischen Untersuchungsgebiet wurden vom 8.-11.6.2010 insgesamt 22 Brutplätze des Sterntauchers besucht. Nur an einem Nest konnte ein weiblicher Altvogel gefangen werden. Eine Loggerimplantation konnte nicht durchgeführt werden, da die Anästhesie nicht gelang und der Vogel wieder freigelassen werden musste. An zwei weiteren Nestern scheiterte der Fangversuch. An fünf Nestern war wegen der Lage des Nestes kein Aufbau einer Schlagfalle möglich, bei fünf weiteren Nestern wurde kein Fangversuch unternommen, weil gerade die Küken schlüpften und diese sensible Phase nicht gestört werden konnte. Neun Nester waren seit einer Vorkontrolle durch K. Eklöf bereits vor der Feldarbeit im Mai verlassen worden, davon eines nachweislich aufgrund von Prädation.

Vom 4.-6.7.2010 wurden einige der o.g. Brutplätze nochmals aufgesucht, um einen Fang von Küken führenden Altvögeln mit einem Fischnetz zu versuchen. Zwar scheiterte dies bei allen

vier Versuchen, doch konnte am 6.7. ein auf einem Nachgelege brütendes Weibchen mit einer Schlagfalle gefangen werden. Es handelte sich um einen Vogel, der am selben See bereits 2007 als Altvogel beringt worden war (u.a. mit Farbring Gelb L6) und dort seitdem in jedem Jahr zwei Küken führte (K. Eklöf pers. Mitt.). Diesem Vogel wurde der Logger #7 implantiert (s. auch Tab. 2 und Abb. 18).



*Abb. 18: Weibchen #7 unmittelbar nach der Implantation des Loggers. Vehkalampi, Finnland, 6.7.2010. Foto: V. Dierschke.*

Im folgenden Jahr 2011 wurde Finnland vom 21.-28.5. besucht. Der im Vorjahr mit Logger ausgestattete Vogel hielt sich mit Partner an seiner Brutinsel auf (Abb. 19), brütete jedoch noch nicht. Mehrere Versuche, die Daten des Loggers über Funk auszulesen, scheiterten.

Zusätzlich wurden 21 weitere Brutplätze aufgesucht, um weitere Altvögel mit Loggern auszustatten. Sieben Nester waren bereits verlassen bzw. die Brut hatte noch nicht begonnen, bei zwei weiteren konnte Nestprädation durch einen Kolkraben bzw. eine Rohrweihe beobachtet werden. Acht Nester waren für den Fang ungeeignet, ein Fangversuch blieb ohne Erfolg. Dreimal konnte jedoch ein Altvogel mit Schlagfalle auf dem Nest gefangen werden. Ein Männchen wurde im Rahmen eines finnischen Projekts mit einem extern angebrachten Satellitensender ausgestattet, zwei Vögel bekamen einen

gegenüber der Version von 2010 modifizierten GPS-Datenlogger implantiert (#11 Weibchen mit Farbring Gelb 94, #9 Männchen mit Farbring Gelb 89; s. auch Tab. 2 sowie Abb. 19 und 20). Vogel #11 brütete im Anschluss an die Fangaktion weiter, blieb jedoch ohne Erfolg und verweilte bis August am Brutgewässer. Auch #9 verblieb am Brutplatz (Abb. 21) und konnte Bruterfolg erzielen (K. Eklöf pers. Mitt.).



*Abb. 19: Das im Juli 2010 mit Logger ausgestattete Weibchen (#7, mit gelbem Farbring) im folgenden Jahr auf dem Nistfloß, im Vordergrund das Männchen. Vehkalampi, Finnland, 26.5.2011. Foto: P. Koskimies.*



Abb. 20: Weibchen #11 unmittelbar nach der Implantation des Loggers. Pärnajärvi, Finnland, 26.5.2011. Foto: V. Dierschke.



Abb. 21: Männchen #9 unmittelbar nach Logger-Implantation und Freilassen. Simlampi, Finnland, 27.5.2011. Foto: V. Dierschke.

Am 26.5. und 27.5.2012 wurde Vogel #9 am Brutplatz des Vorjahres angetroffen, wobei jeweils einer der Partner auf dem Nest saß. Obwohl sich #9 zeitweise sehr nah am aufgestellten Auslesegerät aufhielt, wurden keine Daten vom Logger übertragen. Am 28.5. fehlten beide Altvögel, zudem war das Nest leer. Nach bereits früher im Mai verlorenem ersten Gelege war es demzufolge noch nicht zu einem Nachgelege gekommen.

Am Brutgewässer von #11 wurden am 27.5. und 29.5.2012 keine Sterntaucher vorgefunden, am Nachmittag des 28.5. schwammen dort jedoch fünf Individuen. Im Juni wurde #11 dort anhand des Farbrings identifiziert, schritt aber offenbar nicht zur Brut. Ausleseversuche konnten nicht unternommen werden.

Auch der 2010 beloggerte Vogel (#7) wurde 2012 am Brutgewässer gesehen (28.5.), fehlte jedoch am 26.5. und 29.5. Aufgrund starker Schneeschmelze war der Wasserstand sehr hoch, so dass die künstliche Nistplattform möglicherweise zu tief im Wasser lag. Ausleseversuche konnten wegen des zu niedrigen Ladezustandes der Loggerbatterie ohnehin nicht mehr unternommen werden.

Da im Juni 2012 festgestellt wurde, dass das Brutpaar mit Vogel #9 noch ein Nachgelege produziert hatte, wurde am 30.6. versucht, den Vogel auf dem Nest zu fangen. Dies gelang im zweiten Versuch, so dass der Logger operativ entfernt werden konnte. Leider stellte sich heraus, dass aufgrund eines Kabelbruchs keine Daten aufgezeichnet worden waren. Als Teilerfolg ist festzuhalten, dass alle drei Vögel die Implantation eines Loggers mindestens ein Jahr lang (in einem Fall zwei Jahre) überlebt haben und sogar teilweise erfolgreich brüteten. Bei beiden Weibchen fehlt jedoch der Nachweis, dass es mit Implantat zu einer Eiablage gekommen ist.

## **Diskussion und Ausblick**

Aufgrund technischer Schwierigkeiten und Probleme beim Fang der wildlebenden Tiere konnten die meisten der in Kapitel 1.1 genannten fünf Ziele nicht erreicht werden. Das Projekt erbrachte jedoch wesentliche Erkenntnisse zum Hauptziel 1, der Erprobung der Methode und der Eignung bzw. Anbringung von Datenloggern an Sterntauchern. Hier konnte herausgestellt werden, dass eine äußerliche Anbringung von Geräten bei Sterntauchern (obwohl ausreichend leichte und aquadynamische Geräte genutzt wurden) nicht in Frage kommt, da die Tiere nicht erfolgreich weiter brüteten und zwei von vier Tieren tot

aufgefunden wurden. Dahingegen ist die Implantation von Datenloggern eine weitaus geeignetere Methode. Sie scheint für eine Weiterführung der Studie gut geeignet. Nach der Implantation kam es zu keinen Verhaltensänderungen, und alle besenderten Tiere konnten in folgenden Jahren im Brutgebiet wieder gesehen werden. Leider wurden aufgrund zu hoher mechanischer Beanspruchungen im Sterntaucherkörper die implantierten Geräte beschädigt, sodass es nicht mehr möglich war, Daten herunterzuladen bzw. die Geräte vermutlich schon vor der Aufzeichnung von Daten defekt waren. Diese Probleme könnten durch technische Anpassungen bei einem weitergehenden Projekt vermutlich behoben werden. Aufgrund dieser technischen Probleme und aufgrund der schweren Fangbarkeit von Sterntauchern im Brutgebiet in Finnland konnten die übrigen Projektziele nicht erreicht werden.

Der Projektverlauf zeigte jedoch deutlich, dass eine externe Anbringung von Geräten bei den störepfindlichen Sterntauchern keine Alternative darstellt. Das Projekt zeigte, dass hingegen Implantationen von GPS-Datenloggern bei Sterntauchern erfolgreich verlaufen. Dieser erfolgreiche Verlauf wird sowohl durch die offensichtlich gute Kondition der implantierten Vögel nach der Operation und das Wiederkehren von Tieren nach mehreren Jahren an ihren Brutplatz deutlich. Schmutz et al. (2009) und Kenow et al. (2002) zeigten zusätzlich, dass Implantationen von Satellitensendern bei Sterntauchern gut funktionieren. Dieses Ergebnis konnte nun für GPS-Datenlogger bestätigt werden. Neben der neuen Methode der Implantation von GPS-Einheiten gelang es im Zuge des Projektes entsprechende GPS-Logger zu entwickeln, die sowohl als Implantat bei Sterntauchern eingesetzt werden als auch die technischen Voraussetzungen zum Empfang von Daten erfüllen können. Allerdings konnten dennoch keine Daten aufgezeichnet werden, da die mechanische Belastung der Geräte im Vogelkörper unerwartet hoch war, sodass Kabelbrüche auftraten. Dies war höchstwahrscheinlich die Ursache für die erfolglosen Versuche, die Daten per Funk an eine Feststation zu übertragen.

Während der Laufzeit des Projektes wurden in Alaska Sterntaucher mit implantierten Geräten ausgestattet (Schmutz et al. 2009). In dieser Studie wurden jedoch Satellitensender eingesetzt, welche aufgrund ihrer räumlichen Ungenauigkeit und der geringen Zahl von Ortungen pro Tag für die Erfüllung der Projektziele der vorliegenden Studie nicht geeignet gewesen wären. Die Studie von Schmutz et al. (2009) konnte jedoch, genau wie die vorliegende Studie, zeigen, dass Implantierungen von Geräten bei Sterntauchern eine bessere Option darstellen als externe Anbringungen.

Außerdem wurde eine Studie von mit Satellitensendern ausgerüsteten Sterntauchern auf Grönland durchgeführt (Boertmann & Mosbech 2011). Einer der dort ausgerüsteten Individuen flog nach der Brutzeit in die deutsche Nordsee. Diese Studie gibt somit einen ersten Hinweis, dass Individuen aus der westlichen Arktis deutsche Meeresgebiete während des Zuges oder auch während des Winters nutzen.

Schließlich wurden auch in Litauen im Jahr 2012 mehrere Sterntaucher mit Satellitensendern ausgestattet ([www.movebank.org](http://www.movebank.org)). Zwei der dort besenderten Tiere hielten sich nach der Brutzeit zeitweise in deutschen Gewässern (sowohl in der Nordsee als auch in der Ostsee) auf (Abb. 21 und 22). Die Zugmuster der Vögel zeigten, dass einzelne Sterntaucher zumindest im Verlauf des Winters sukzessive verschiedene Gebiete in Nord- und Ostsee aufsuchen können. Die Aufenthaltsmuster zeigen somit eine hohe räumliche Dynamik, so dass Sterntaucher nicht zwangsläufig in einem einzigen Überwinterungsgebiet auszuharren scheinen.

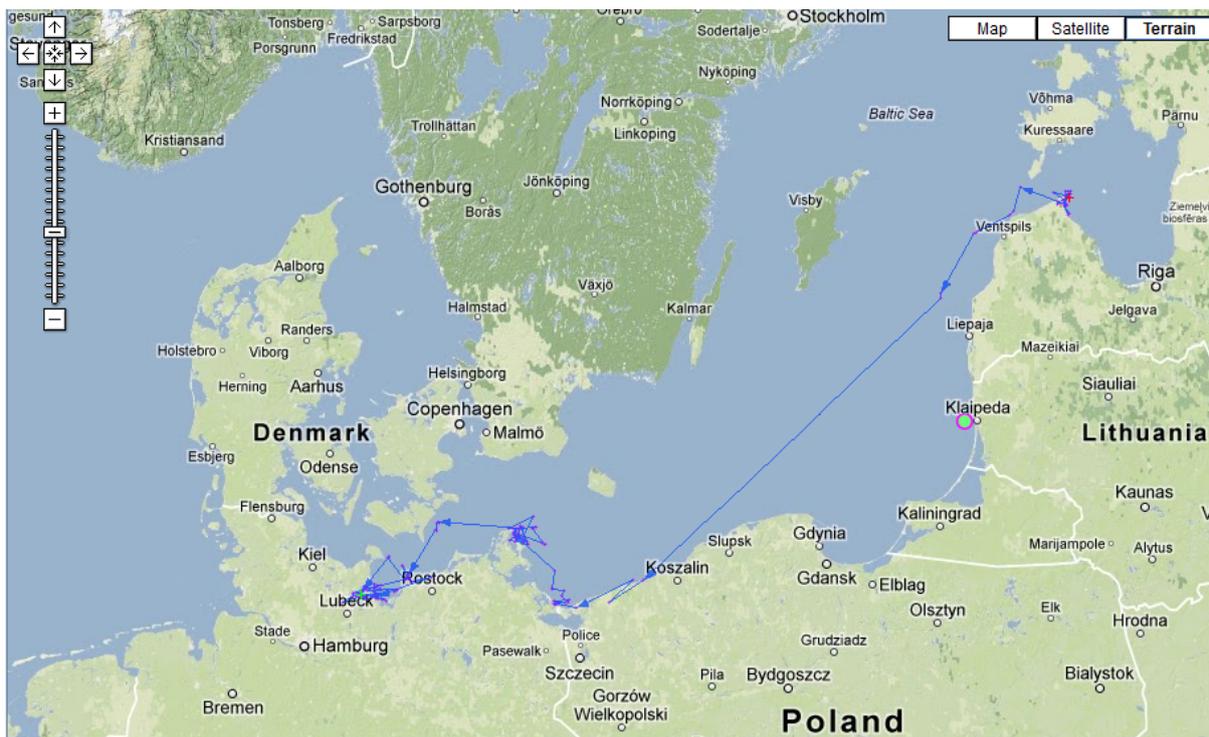


Abb. 21: Aufenthaltsorte und Zugwege des Sterntauchers 112114, besendert am 26.12.2012 in Litauen (Quelle: [www.movebank.org](http://www.movebank.org), 13.3.2013).

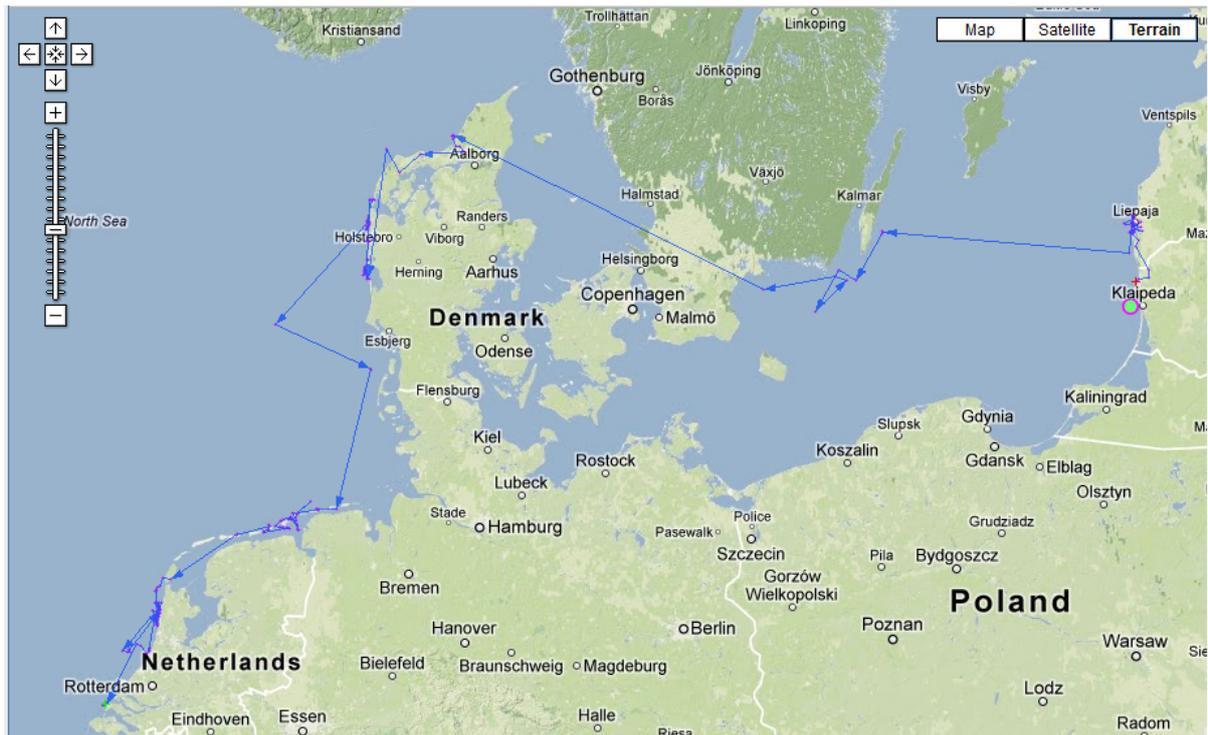


Abb. 22: Aufenthaltsorte und Zugwege des Sterntauchers 112110, besondert am 25.12.2012 in Litauen (Quelle: [www.movebank.org](http://www.movebank.org), 13.3.2013).

Auch wenn die meisten Projektziele im Rahmen der vorliegenden Studie nicht umgesetzt werden konnten, wurden dennoch wichtige methodische Grundlagen gewonnen, um eine erfolgreiche Durchführung eines ähnlichen Projektes in der Zukunft zu gewährleisten. Die entwickelten Geräte hielten den mechanischen Beanspruchungen im Vogel nicht stand. Dies wäre aber durch leichte Veränderungen in der Bauweise abzuändern. Auch für ein zukünftiges Projekt wäre die Implantation von Geräten offensichtlich die verträglichste Methode für den Vogel. Dies sollte sicherstellen, dass kein unnatürliches Verhalten aufgezeichnet wird. Ein weiteres Problem bestand in der schlechten Fangbarkeit von Tieren in Finnland. Für ein zukünftiges Projekt wäre es ggf. erforderlich entsprechende Voruntersuchungen zu unternehmen, um Gebiete zu identifizieren, in denen der Fang Erfolg ggf. höher ausfallen könnte. Das Brutgebiet auf Island im ersten Projektjahr erlaubte beispielsweise den Fang der Tiere weitaus problemloser als es im finnischen Gebiet möglich war. Theoretisch besteht auch die Möglichkeit, Sterntaucher auf See zu fangen. Allerdings dürfte der Fang aufgrund der hohen Störfähigkeit der Tiere eher fraglich sein. Sollen GPS-Datenlogger eingesetzt werden, wäre der Fang auf See auch keine Alternative, da ein Wiederfang der Tiere bzw. zumindest eine Annäherung an das Tier (zur Übertragung der Daten per Funk) notwendig wäre. Es wäre daher kaum möglich, denselben Sterntaucher nach einiger Zeit auf See wieder zu lokalisieren, um die Daten auszulesen.

Nach Abschluss des Projektes besteht weiterhin dringender Forschungsbedarf, um die individuelle Überschneidung von Bewegungsmustern von Seetauchern mit Windkraftgebieten in deutschen Meeresgebieten abzuschätzen und somit ihren Habitatverlust durch den Bau von OWP auf individueller Ebene zu quantifizieren. Dieses Ziel dürfte auch in Zukunft nur mit Hilfe von sehr kleinräumig auflösenden GPS-Datenloggern gelöst werden können. Mit den methodischen Erfahrungen und Weiterentwicklungen von Geräten aus der vorliegenden Studie sollte es möglich sein, die bislang nicht erreichten Ziele bei einem Folgeprojekt umzusetzen.

## Danksagung

Die Feldarbeit in Island fand in enger Kooperation mit Ib Krag Petersen (Universität Aarhus), Ævar Petersen (Icelandic Institute of Natural History, Reykjavik) und Ben Dean (JNCC, Aberdeen) statt. Die isländischen Kartengrundlagen wurden vom Icelandic Institute of Natural History mit Genehmigung der Firma Loftmyndir ehf zur Verfügung gestellt.

In Finnland wurde das Projekt maßgeblich von Kalevi Eklöf (Renko), Markus Ahola (Universität Turku), Pertti Koskimies (Kirkkonummi) und Tuula Kyllönen (Mäntyharju) unterstützt. Ohne die Ortskenntnisse und Hilfen der genannten Personen wäre ein Fang von Sterntauchern nicht möglich gewesen.

## Literaturverzeichnis

- Barker, R. (2011): Gunfleet Sands Gunfleet Sands 2 Offshore Wind Farms. Year 1 Post-construction Ornithological Monitoring. NIRAS Consulting Ltd, Cambridge.
- Bauer, K. M. & U. N. Glutz von Blotzheim (1966): Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Bd. 1. Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt/M.
- Berndt, R.K. & D. Drenckhahn (1974): Vogelwelt Schleswig-Holsteins. Bd. 1. OAG Schleswig-Holstein, Kiel.
- Blew, J., M. Hoffmann, G. Nehls & V. Hennig (2008): Investigations of the bird collision risk and the responses of harbour porpoises in the offshore wind farms Horns Rev, North Sea, and Nysted, Baltic Sea, in Denmark. Part I: Birds. Univ. Hamburg und BioConsult SH, Husum.
- Boertmann, D. & A. Mosbech (eds.) 2011. The western Greenland Sea, a strategic environmental impact assessment of hydrocarbon activities. Aarhus University, DCE

- Danish Centre for Environment and Energy, 268 pp. - Scientific Report from DCE - Danish Centre for Environment and Energy no. 22.  
<http://www2.dmu.dk/Pub/SR22.pdf>
- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (2012): Zwischenbericht des Jahres 2011 zum Projekt Ökologische Begleitforschung am Offshore-Testfeldvorhaben „alpha ventus“ zur Evaluierung des Standarduntersuchungskonzeptes des BSH – StUKplus. Kurzversion. BSH, Hamburg.
- Christensen, T.K., J.P. Hounisen, I. Clausager & I.K. Petersen (2004): Visual and radar observations of birds in relation to collision risk at the Horns Rev offshore wind farm. NERI Report.
- Diederichs, A., S. Gruber, T. Grünkorn & G. Nehls (2002): Umweltverträglichkeitsstudie für den Offshore-Bürger-Windpark Butendiek. Fachgutachten Rastvögel. Bioconsult SH, Hockensbüll.
- Dierschke, V. (2011): Bestand und Gefährdung von Rastvögeln der deutschen Nord- und Ostsee: Sterntaucher *Gavia stellata*, Prachtaucher *Gavia arctica*, Eisente *Clangula hyemalis*. Forschungsbericht im Auftrag des Instituts für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ im Rahmen des F+E-Vorhabens „Bestandsveränderungen von Zugvögeln des Wattenmeeres und der offenen See“ (BfN, FKZ 3510 86 1000).
- Dierschke, V. & S. Garthe (2006): Literature review of offshore wind farms with regard to seabirds. In: Zucco, C., W. Wende, T. Merck, I. Köchling & J. Köppel (eds.): Ecological Research on Offshore Wind Farms: International Exchange of Experiences. Part B: Literature Review of Ecological Impacts: 131-198. BfN-Skripten 186, Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- Ecology Consulting (2012): Thanet Offshore Wind Farm Ornithological Monitoring 2010-2011. Vattenfall & Royal Haskoning.
- Fransson, T. & J. Pettersson (2001): Svensk ringmärkingsatlas. Vol. 1. Naturhistoriska riksmuseet & Sveriges Ornitologiska Förening, Stockholm.
- Garthe, S., Montevecchi, W.A., Chapdelaine, G., Rail, J.-F. & A. Hedd (2007): 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, W.A. & G.K. Davoren (2011): Inter-annual changes in prey fields trigger different foraging tactics in a large marine predator. Limnol. Oceanogr. 56: 802-812.
- Garthe, S., Markones, N., Mendel, B., Sonntag, N. & J. Krause (2012): Protected areas for seabirds in German offshore waters: designation, retrospective consideration and current perspectives. Biol. Cons. 156: 126-135.

- Guse, N., S. Garthe & B. Schirmeister (2009): Diet of red-throated divers *Gavia stellata* reflects the seasonal availability of Atlantic herring *Clupea harengus* in the southwestern Baltic Sea. *J. Sea Res.* 62: 268-275.
- Kenow, K.P., Meyer, M.W., Evers, D.C., Douglas, D.C. & J. Hines (2002): Use of satellite telemetry to identify Common Loon migration routes, staging areas and wintering range. *Waterbirds* 25: 449-458.
- Krijgsveld, K.L., R.C. Fijn, C. Heunks, P.W. van Horssen, J. de Fouw, M. Collier, M.J.M. Poot, D. Beuker & S. Dirksen (2010): Effect studies Offshore Wind Farm Egmond aan Zee. Progress report on fluxes and behaviour of flying birds covering 2007 & 2008. Noordzeewind report OWEZ R 231 T1 20100810. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Krijgsveld, K.L., R.C. Fijn, M. Japink, P.W. van Horssen, C. Heunks, M.P. Collier, M.J.M. Poot, D. Beuker & S. Dirksen (2011): Effect studies Offshore Wind Farm Egmond aan Zee. Final report on fluxes, flight altitudes and behaviour of flying birds. Noordzeewind Rapport OWEZ R 231 T1 20111110. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Lehikoinen, A., Kondratyev, A.V., Asanti, T., Gustafsson, E., Lamminsalo, O., Lapshin, N.V., Pessa, J. & P. Rusanen (2006): Survey of arctic bird migration and staging areas at the White Sea, in the autumns of 1999 and 2004. *Finnish Environment* 25. Finnish Environment Institute, Helsinki.
- Leopold, M. F., E. M. Dijkman, L. Teal & the OWEZ-Team (2011): Local birds in and around the Offshore Wind Farm Egmond aan Zee (OWEZ) (T0 & T1, 2002-2010). Noordzeewind Rapport OWEZ R 221 T1 20111220. Imares, Wageningen.
- May, J. (2008): North Hoyle Offshore Wind Farm. Final annual FEPA monitoring report (2006-7) & Five year monitoring programme summary. NWP Offshore Ltd.
- Okill, D. (2002): Red-throated Diver. In: Wernham, C., Toms, M., Marchant, J., Clark, J., Siriwardena, G. & Baillie, S. (eds.): *The Migration Atlas: Movements of the birds of Britain and Ireland*. T. & A.D. Poyser, London.
- Percival, S. (2009): Kentish Flats Offshore Wind Farm: Review of monitoring of Red-throated Divers 2008-2009. Ecology Consulting, Durham.
- Percival, S. (2010): Kentish Flats Offshore Wind Farm: Diver Surveys 2009-2010. Report to Vattenfall Wind Power. Ecology Consulting, Durham.
- Petersen, I. K., T. K. Christensen, J. Kahlert, M. Desholm & A. D. Fox (2006): Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark. NERI Report, commissioned by DONG Energy and Vattenfall A/S.
- Petersen, I.K. & A.D. Fox (2007): Changes in bird habitat utilisation around the Horns Rev 1 offshore wind farm, with particular emphasis on Common Scoter. Report commissioned by Vattenfall A/S. National Environmental Research Institute, Kalø.

- Petersen, I.K., A.D.Fox & J. Kahlert (2008): Waterbird distribution in and around Nysted offshore wind farm, 2007. Report commissioned by DONG Energy. National Environmental Research Institute, Kalø.
- Pettersson, J. (2002): Bird observation in southern Kalmar Sound. Spring and autumn 2001. Report requested by Vindkompaniet AB and Enron Wind Sverige.
- Pettersson, J. (2003): Bird observation in southern Kalmar Sound. Spring and autumn 2002. Report requested by GE Wind Energy AB and Vindkompaniet AB.
- Phillips, R.A., Xavier, J.C. & J.P. Croxall (2003): Effects of satellite transmitters on albatrosses and petrels. *Auk* 120: 1082-1090.
- Schmutz, J.A., K.A. Trust & A.C. Matz (2009): Red-throated loons (*Gavia stellata*) breeding in Alaska, USA, are exposed to PCBs while on their Asian wintering grounds. *Environ. Poll.* 157: 2386-2393.
- Smith, D.G. & R. Gilbert (1981): Backpack radio transmitter attachment success in Screech Owls (*Otus asio*). *North Am. Bird Bander* 6: 142-143.
- Schwemmer, P. & S. Garthe (2011) Spatial and temporal patterns of habitat use by Eurasian Oystercatchers (*Haematopus ostralegus*) in the eastern Wadden Sea revealed using GPS loggers. *Mar. Biol.* 158:541–550.