© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

Vogelwarte 53, 2015: 121 – 138
© DO-G, IfV, MPG 2015

Verbreitung, Jahresdynamik und Bestandsentwicklung der Seetaucher *Gavia* spec. in der Deutschen Bucht (Nordsee)

Stefan Garthe, Henriette Schwemmer, Nele Markones, Sabine Müller & Philipp Schwemmer

Garthe S, Schwemmer H, Markones N, Müller S & Schwemmer P 2015: Distribution, seasonal dynamics and population trend of divers *Gavia* spec. in the German Bight (North Sea). Vogelwarte 53: 121-138.

One of the most important wintering sites for Red-throated Divers *Gavia stellata* is the offshore zone of the German North Sea. The implementation of the EU Birds Directive in German offshore waters requires special protection of divers that comprise mainly Red-throated and Black-throated *G. arctica* Divers. An important first step concerning the protection was the establishment of two Special Protection areas for birds in the EEZ of the North and Baltic Seas in 2004. Anthropogenic activities at sea, such as the construction of offshore wind farms or ship traffic, have strong impacts on divers. In the course of the ongoing marine spatial planning it is particularly important to improve the knowledge on distribution patterns and phenology of divers in the German part of the North Sea.

This publication presents the most recent analysis of spatio-temporal patterns of divers in the German North Sea. By merging data from scientific projects and environmental impact studies, the data basis could be considerably improved. Divers were recorded by ship-based and aerial surveys during 2000 to 2013. Distribution patterns on a 1 km x 1 km grid were interpolated using Generalized Additive Models.

The first nameable aggregations of divers during the course of the year are found in the area of East Frisia during October. Abundance values increase constantly during the following weeks. Eventually, divers are found in the whole coastal zone of the German North Sea during the winter months. Areas of main abundance shift seawards during spring with high density areas occurring in and around the Special Protection Area "Eastern German Bight" off the island of Sylt. Several wind farm sites overlap with hot spots of diver distribution. The mean spring population of divers in the German North Sea was calculated at 20,000 individuals for the period 2002 to 2013. Numbers in spring did not significantly increase or decrease over this period.

The most recent data on diver abundance reflect certain regional, annual variability that can most likely be explained by varying abundance in bentho-pelagic fish stocks as well as by variances in the hydrodynamic systems. The core aggregation of divers during spring could constantly be found within the region of the Special Protection Area "Eastern German Bight" over the course of the last years. However, most recent data still underline that the core area extends west outside the borders of the protected area. Some of the wind farms already established clearly overlap with the main distribution areas of divers.

✉ SG, HS, NM, SM & PS: Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Universität Kiel, Hafentörn 1, D-25761 Büsum, Germany. E-Mail: garthe@ftz-west.uni-kiel.de

1. Einleitung

Für die Artengruppe der Seetaucher *Gavia* spec. sind die deutsche Nord- und Ostsee wichtige Überwinterungs- und Rastgebiete vor allem auf dem Heimzug in die Brutareale. Stern- und Prachttaucher *Gavia stellata* und *G. arctica* nutzen die deutschen Seegebiete dabei in international bedeutsamen Zahlen (Garthe et al. 2007; Mendel et al. 2008; Dierschke et al. 2012). Die beiden großen Seetaucher-Arten Eistaucher *Gavia immer* und Gelbschnabeltaucher *G. adamsii* sind jährlich nur mit wenigen Individuen vertreten (Sonntag et al. 2006; Bellebaum et al. 2010; FTZ unveröff.). In der deutschen Nordsee stellen Sterntaucher mit mehr als 90 % den überwiegenden Anteil der rastenden Seetaucher. Eines der überregional wichtigsten Rastgebiete dieser Art befindet sich in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) im Offshorebereich westlich von Sylt und Amrum (Skov et al. 1995; Garthe 2003; Mendel et al. 2008; Garthe et al. 2012). Zum Schutz der Seetaucher und weiterer Arten wurde deshalb dort das Vogelschutzgebiet „Östliche Deutsche Bucht" ausgewiesen. Ein Konfliktpotenzial ergibt sich in der östlichen deutschen Nordsee aus einer starken räumlichen Überlappung des Seetaucher-Vorkommens mit Windparkplanungen (Mendel & Garthe 2010).

Seetaucher sind als sehr empfindlich gegenüber Offshore-Windparks (OWPs) einzustufen (Garthe & Hüppop 2004) und fliehen vor sich nähernden Schiffen bereits in großer Distanz (Bellebaum et al. 2006; Schwemmer et al. 2011). Aus diversen Untersuchungen an OWPs ist bekannt, dass sie diese weiträumig meiden (Petersen et al. 2006; Dierschke et al. 2012) und deren hohe Scheuchwirkung zu einem weit reichenden, anhaltenden Habitatverlust führen kann (Dierschke et al. 2006). Da Seetaucher im Hinblick auf OWPs eine der sensitivsten Artengruppen sind und als Anhang I-Arten der EU Vogelschutz-Richtlinie (VS-RL) einen hohen

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

Schutzstatus genießen, werden sie bei den Genehmigungsverfahren von OWPs von der Genehmigungsbehörde besonders berücksichtigt. Der Vorschlag des Forschungs- und Technologiezentrums Westküste (FTZ), ein Hauptkonzentrationsgebiet für Seetaucher abzugrenzen (dargestellt in Schwemmer et al. 2014), wurde durch das Bundesumweltministerium (BMU) aufgegriffen und dort in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Naturschutz (BfN) in einem Positionspapier festgehalten (BMU 2009). Das Positionspapier bildet seitdem die Basis für die naturschutzfachliche Einschätzung von Windparkplanungen in der Nordsee. Ein an den gesetzlichen Anforderungen (VS-RL, Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, BNatSchG) ausgerichteter Schutz der Seetaucher kann demnach nur erreicht werden, wenn im Hauptkonzentrationsgebiet keine weiteren OWPs mehr genehmigt werden.

Ziel dieses Artikels ist, die aktuelle Datenlage zum räumlich-zeitlichen Vorkommen von Seetauchern in der Deutschen Bucht (Nordsee) darzustellen. Die Datenlage hat sich in den letzten Jahren massiv verbessert, da es gelang, Daten aus Forschungsprojekten mit denen aus Umweltverträglichkeitsstudien in einer Datenbank zusammenzuführen. Somit ist es möglich, sowohl auf aktuelle Entwicklungen als auch auf jährliche Schwankungen in der Verbreitung der Seetaucher genauer einzugehen.

2. Material und Methode

2.1 Datengrundlage

Im Teilprojekt „Gemeinsame Auswertung von Daten zu Seevögeln für das ökologische Effektmonitoring am Testfeld alpha ventus" im Rahmen der begleitenden ökologischen Forschung im Offshore-Testfeld „alpha ventus" (BSH & BMU 2014) sowie im Rahmen eines vom BSH im Dezember 2013 beauftragten Gutachtens wurden alle vorhandenen Daten aus Forschungsprojekten, Überwachungsprogrammen und Umweltverträglichkeitsstudien nach Angaben zum Vorkommen von Seevögeln in deutschen Gewässern geprüft, harmonisiert und in eine gemeinsame Datenbank eingepflegt. Wegen der unterschiedlichen Zählmethoden bei schiffs- und flugzeuggestützten transektbasierten Seevogelerfassungen wurden diese Daten separat aufbereitet, überprüft und gespeichert. Alle Daten aus Umweltverträglichkeitsstudien wurden nach den Standard-Untersuchungskonzepten (StUK 1 bis 3, BSH 2001, 2003 und 2007) erhoben. Grundsätzlich fanden die in Garthe et al. (2002) und Diederichs et al. (2002) beschriebenen Zählmethoden Anwendung.

Für die Auswertungen standen zwei Haupt-Datenquellen zur Verfügung (Stand der Datenbanken: 1.4.2014):

1. Daten aus Umweltverträglichkeitsprüfungen und bau- und betriebsbegleitenden Umweltuntersuchungen von OWPs. Die schiffsgestützten Erhebungen decken die Jahre 2000 bis 2012, die flugzeuggestützten Erfassungen die Jahre 2001 bis 2012 ab.
2. Daten aus dem Seevogel-Monitoring des Bundes (Bundesamt für Naturschutz) und des Landes Schleswig-Holstein (Nationalparkverwaltung im Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein) sowie aus Forschungsvorhaben mit Finanzierungen durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, das Bundesamt für Naturschutz, das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, das Umweltbundesamt, das Niedersächsische Landesamt für Ökologie und die Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Hier umfassen die schiffsgestützten Erfassungen die Jahre 2000 bis 2013 und die flugzeuggestützten Erfassungen die Jahre 2002 bis 2013.

Für die Modellierung der Seetaucher-Verbreitung und die Berechnung von Bestandsgröße und -entwicklung wurden die Daten aus schiffs- und flugzeugbasierten Zählungen zusammengeführt. Vorbereitend wurden Distanz-Korrekturfaktoren getrennt für schiffs- und flugzeugbasierte Erfassungsdaten berechnet. Für alle Fragestellungen wurden nur Daten

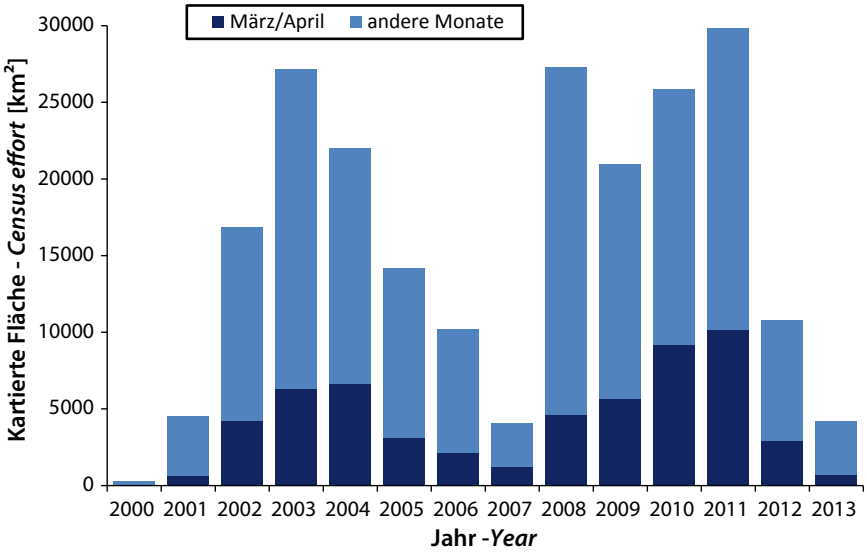

Abb. 1: Kartieraufwand der Jahre 2000 bis 2013, der dieser Auswertung zugrunde liegt, getrennt nach Daten aus dem Frühjahr (März bis April) und den anderen Monaten (Mai bis Februar). – *Census effort from 2000 to 2013 that forms the basis for this analysis; separated into data from spring (March to April) and from the other months (May to February).*

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

verwendet, die bei einer Seegangsstärke („Seastate", Definition nach Dietrich et al. 1975; beschreibt den Zustand der Meeresoberfläche bzgl. Wellenhöhe und Schaumkronen) kleiner 6 (Schiff) bzw. bei einer Seegangsstärke kleiner 3 (Flugzeug) erhoben wurden. Für jahreszeitenbezogene Auswertungen wurden die Daten von März und April als „Frühjahr" und von November bis Februar als „Winter" aggregiert.

Die meisten Daten wurden in den Jahren 2002 bis 2012 gewonnen (Ausnahme: 2007; Abb. 1). Der Kartierungsaufwand war dabei nicht konstant, sondern unterschied sich sowohl im Frühjahr als auch über den gesamten Jahresverlauf gesehen stark zwischen den einzelnen Jahren. Noch stärkere interannuelle Unterschiede gab es in der flächigen Ausdehnung des Kartieraufwands (Abb. 10 bis 17). In den Frühjahren 2000, 2001, 2007, 2008, 2009 und 2013 wurden die bereits bekannten Schwerpunktbereiche des Seetaucher-Vorkommens (Schwemmer et al. 2014) nicht abgedeckt. Bei der Betrachtung des Vorkommens auf Monats- oder Jahreszeitenebene wurden die Daten aller Jahre aggregiert. Damit basieren letztgenannte Ergebnisse jeweils auf einer großen Datenmenge und einer relativ ähnlichen flächigen Abdeckung der wesentlichen Gebiete. Bei allen Auswertungen wurde der Kartieraufwand berücksichtigt, so dass nur mit aufwandbereinigten Daten gearbeitet wurde.

Wegen des ähnlichen Aussehens der verschiedenen Seetaucher-Arten kann bei den Erfassungen nur ein begrenzter Anteil der Seetaucher auf Artniveau bestimmt werden. Für die Auswertungen wurden deshalb Beobachtungsdaten von Sterntauchern, Prachttauchern und unbestimmten Seetauchern gemeinsam betrachtet. In der deutschen Nordsee überwiegt deutlich der Anteil der Sterntaucher, der im Winter und Frühjahr ca. 92 % aller artbestimmten Seetauchern ausmacht (Schiffstransektzählungen; Garthe 2003; Markones et al. unveröff. Daten). Nicht berücksichtigt wurden Beobachtungen der übrigen, in der deutschen Nordsee sehr seltenen Eis- und Gelbschnabeltaucher.

2.2 Korrekturfaktoren für Berechnung der Abundanz

Während der Kartierungen können Vögel mit zunehmender Entfernung vom Schiff bzw. vom Flugzeug schlechter erfasst werden. Um den Anteil der in den äußeren Transektbereichen vermutlich übersehenen Seetaucher auszugleichen, wird ein artgruppenspezifischer Distanz-Korrekturfaktor berechnet, mit dem im Rahmen von Datenaufbereitungen die Abundanz der festgestellten Individuen multipliziert wird (Garthe et al. 2007). Für die Abundanzberechnung auf Basis von Schiffsdaten werden nur die Abundanzen der schwimmenden Vögel mit Korrekturfaktoren korrigiert, da von einer vollständigen Erfassung der fliegenden Vögel innerhalb des Transekts ausgegangen wird. In Berücksichtigung der unterschiedlichen Beobachtungsbedingungen werden für die Abundanzberechnung auf Basis von Flugdaten dagegen die Abundanzen aller Individuen korrigiert (Markones & Garthe 2012). Für eine möglichst genaue Bestandsberechnung sollten die Korrekturfaktoren immer anhand des Datensatzes berechnet werden, auf den sie angewendet werden sollen. Deshalb wurden für die vorliegenden Analysen aktuelle Korrekturfaktoren für die flug- und schiffsgestützten Erfassungsdaten des verwendeten Datenpools berechnet. Dabei wurden auch methodische Unterschiede zwischen einzelnen Datenerheber-Gruppen berücksichtigt.

Um eine Datenbasis für die Berechnung der Korrekturfaktoren zu erreichen, wird der Transektstreifen mittels der Entfernungsmessung nach Heinemann (1981) in unterschiedliche Bänder unterteilt. Bei den schiffsgestützten Erfassungen handelt es sich um vier verschiedene Bänder, bei den fluggestützten Erfassungen um drei verschiedene Bänder (Details bei Garthe et al. 2002; Markones & Garthe 2012). Bei einem großen Teil der fluggestützten Erfassungen wurde das Transekt gemäß StUK 1 bis 3 (BSH 2001, 2003 und 2007; mit Verweis auf Diederichs et al. 2002) nur auf zwei Bänder aufgeteilt. Da bei dieser Datenlage keine Funktion zur Darstellung der Entdeckungswahrscheinlichkeit an die Daten angepasst werden kann, wurde in diesen Fällen das unter dem Flugzeug gelegene Transektband „D" (siehe Abb. 1 in Diederichs et al. 2002), das regulär nicht zum Erfassungstransekt gezählt wird, in die Auswertungen mit einbezogen. Je nach Fokussetzung der Datenerheber wurde es dabei in der Auswertung den anderen Bändern vorangestellt (D-A-B) oder zwischen die Standardbänder eingereiht (A-D-B). Wurde bei den Erfassungen in Abweichung von der Standardmethode große Aufmerksamkeit auf Transektband D gelegt (D-A-B-Schema; bei zwei Datenerheber-Gruppen), wurden die Daten aus Transektband D auch für die Hauptanalysen berücksichtigt.

Nicht für jede Beobachtung kann eine genaue Transektbandzuordnung während der Erfassungen erfolgen (Markones & Garthe 2012). Vor allem bei der schiffsgestützten Seetaucher-Erfassung besteht dabei die Schwierigkeit in der Störungsempfindlichkeit der Arten (Bellebaum et al. 2006; Schwemmer et al. 2011). Fliegt ein Seetaucher bereits in großer Entfernung vor dem herannahenden Schiff auf, ist eine Transektbandzuordnung nicht möglich. In diesem Fall geht die Beobachtung als „innerhalb Transekt" ohne Transektbandangabe in die Daten ein. Datenbasis für die Korrekturfaktorenberechnung sind aber jeweils nur die Beobachtungen, für die eine genaue Transektbandangabe vorliegt.

Korrekturfaktoren wurden nach der von Buckland et al. (2001) und Markones & Garthe (2012) beschriebenen Methode auf Basis der Unterschiede in den Anzahlen der Vogelbeobachtungen zwischen den verschiedenen Transektbändern und unter Einbeziehung der Truppgröße und der Seegangsstärke berechnet. Dazu wurde mit dem Software-Paket DISTANCE 6.0 (http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/distanceabout.html) die Anpassung verschiedener mathematischer Modellfunktionen an die Erfassungsergebnisse getestet, die dazu über die einzelnen Transektbänder zusammengefasst wurden. Je nach Höhe des AIC (Akaike's Information Criterion) wurde entweder die halbnormale Funktion oder die hazard-rate-Funktion jeweils mit Kosinus-Anpassung verwendet, um die sogenannte effektive Streifenbreite („effective strip width", ESW) zu berechnen. Die ESW ist die theoretische Transektbreite, bis zu der alle Individuen des verwendeten Datensatzes gesehen worden wären. Der jeweilige Korrekturfaktor ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen der tatsächlichen Transektbreite und der ESW (die kleiner als die tatsächliche Transektbreite ist). Bei der Berechnung der ESW wurde die mittlere Truppgröße durch Anpassung einer Regression berechnet, um die oftmals positive Beziehung zwischen Truppgröße und Entdeckbarkeit zu berücksichtigen. Zudem wurde die Seegangsstärke als Co-Variable in die Berechnung einbezogen. Der berechnete Korrekturfaktor kann bei Abundanzberechnungen dann unabhängig von der Truppgröße und der Seegangsstärke auf alle Beobachtungen angewendet werden.

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

Für die Berechnung des Faktors zur Distanzkorrektur der schiffsgestützten Daten wurden die Erfassungsdaten aller Beobachtungsteams kombiniert und so ein Faktor von 1,6 berechnet. Wegen der Verwendung verschiedener Transektbandeinteilungen sowie der unterschiedlichen Fokussetzung auf die einzelnen Transektbänder wurden Korrekturfaktoren für fluggestützte Erfassungsdaten für jede Gruppe von Datenerhebern getrennt berechnet. Im Anschluss daran wurde ausgehend von den jeweiligen Gesamtzahlen der Seetaucher-Beobachtungen mit genauer Transektbandangabe einer jeden Gruppe von Datenerhebern ein gewichtetes Mittel von 2,6 gebildet.

Bei schiffsgestützten Erfassungen ist aufgrund der Störungsempfindlichkeit der Seetaucher von einem deutlichen Erfassungsfehler auszugehen, da viele Individuen bereits in großer Entfernung vor dem sich nähernden Schiff flüchten und somit nicht erfasst werden können. Dieser Erfassungsfehler fällt bei fluggestützten Erfassungen wegen einer verminderten Fluchtreaktion (bzw. der Möglichkeit dazu) deutlich geringer aus. Somit lässt sich aus dem Vergleich von Ergebnissen aus flug- und schiffsgestützten Erfassungen eine Annäherung an einen Faktor zum Ausgleich der bei schiffsgestützten Erfassungen aufgrund von Fluchtreaktionen nicht erfassten Seetaucher ableiten. Basierend auf gleichzeitig bzw. mit geringem zeitlichen Abstand durchgeführten flug- und schiffsgestützten Erfassungen von Seetauchern im gleichen Gebiet (Markones & Garthe 2012) wurde ein mittlerer Faktor von 1,4 für bereits distanzkorrigierte Erfassungsdaten abgeschätzt.

Bei der Datenaufbereitung für die Hauptanalysen (Verbreitungsmodellierung und Berechnung von Bestandsangaben und –trends) wurden somit alle Seetaucher-Abundanzwerte aus fluggestützten Erfassungen mit dem Faktor 2,6 multipliziert. Im Fall der schiffsgestützten Erfassungen wurden zunächst die Abundanzwerte aller schwimmenden Seetaucher mit dem Faktor 1,6 multipliziert. Anschließend wurden alle Abundanzen aus schiffsgestützten Erfassungen noch mit dem Faktor 1,4 multipliziert.

2.3 Modellierung der Verbreitung

Daten zur Verbreitung können auf verschiedene Arten dargestellt werden. Aufbauend auf Arbeiten der letzten Jahre haben wir uns für Interpolationskarten entschieden. Diese haben den großen Vorteil, dass Vorkommen als Gradienten in der Häufigkeit sowie flächig dargestellt werden können, auch wenn es jahrweise Unterschiede in den genauen Abdeckungen des Untersuchungsgebietes gibt. Um zu verdeutlichen, welche Auswirkungen die Form der Datenaufbereitung und der Darstellung in räumlicher Hinsicht hat, werden zudem für den Hauptdatensatz des Vorkommens der Seetaucher im Frühjahr verschiedene weitere Auswertungen präsentiert.

Für die Modellierung der Daten wurden die Anzahlen der erfassten Seetaucher und der Kartieraufwand in km² jeweils in einem räumlichen Raster von 1 km x 1 km summiert und anschließend für jede Rasterzelle dividiert (erfasste Seetaucher/Kartierungsaufwand), sodass jeder Rasterzelle ein mittlerer Dichtewert zugeordnet werden konnte. Die Rasterung wurde im Geographischen Informationssystem ArcGIS 10.0 in flächentreuer UTM-Projektion durchgeführt (ESRI 2011).

Die gerasterten Daten wurden mit Hilfe eines Generalized Additive Models (GAM; Wood 2006) flächig interpoliert, um Hauptdichtegebiete identifizieren zu können. Dazu wurden die Dichtewerte einer jeden Rasterzelle (als abhängige Variable) mit einem Interaktionsterm aus Länge und Breite eines jeden Rastermittelpunktes (als erklärende Variable) modelliert. Die Modellierung wurde in R, Version 3.0.2 (R Development Core Team 2013) durchgeführt. Für das Modell kamen als „smoothing functions“ „thin plate regression splines“ zur Anwendung (für weitere Details s. Wood 2006). Das Modell wurde mit Hilfe des Paketes MGCV (Wood 2003) erstellt. Im ersten Schritt erfolgte eine Logarithmierung der Dichtewerte, um sich einer Normalverteilung der Daten anzunähern und um Ausreißerwerte nicht so stark zu bewerten. Da es sich bei den Daten um Zählwerte handelt, die jedoch aufgrund der Dichteberechnung keiner Poisson-Verteilung mehr entsprechen, wurde eine Quasipoisson-Verteilung für die Modellierung zu Grunde gelegt. Die Visualisierung des GAM-Resultats erfolgte mittels der Funktion vis.gam (Wood 2006). Die Interpolation in den Raum hinein wurde mit Hilfe des Arguments too.far begrenzt (too.far=0.05). Hiermit werden für die Visualisierung Bereiche, die räumlich zu weit von den Ausgangsdaten entfernt liegen, ausgeschlossen. Dieses Vorgehen wurde gewählt, damit Bereiche mangelnder Datenabdeckung und somit größerer Unsicherheit keine Berücksichtigung in der Interpretation der Modellkarten finden. Die Visualisierung der Modellkarten erfolgte mit Hilfe der R-Pakete maptools (Lewin-Koh & Bivand 2011) und rgdal (Bivand et al. 2014). Hierfür wurden „shape-files“ der Küstenlinie, der Windparks und weiterer geographischer Informationen mit dem Modelloutput verschnitten. Um den Flächenaufwand zu visualisieren, wurden die gerasterten Beobachtungspositionen auf einigen Karten hinzugefügt.

2.4 Bestandsberechnungen

Die Berechnung der Bestandsgröße von Seetauchern im Frühjahr erfolgte auf Basis der in 1 km x 1 km-Rastern aggregierten Daten aus den Frühjahren 2000 bis 2013. Basierend auf der Verteilung der mittleren Seetaucher-Dichten wurden AWZ und Küstenmeere der deutschen Nordsee in Teilgebiete unterschiedlicher Dichte unterteilt (nach Garthe et al. 2007). Für diese Teilgebiete wurde jeweils eine separate Bestandszahl berechnet, indem die mittlere Dichte des Teilgebiets (Gesamtzahl der im Teilgebiet beobachteten Seetaucher – multipliziert mit den oben genannten Korrekturfaktoren – und dividiert durch den aufsummierten Kartieraufwand in km²) mit der Gebietsgröße multipliziert wurde. Der Gesamtbestand ergab sich aus den summierten Bestandszahlen der Teilgebiete.

2.5 Bestandstrends

Der Bestandstrend der Seetaucher im Frühjahr wurde anhand von korrigierten Daten mit den Original-Positionen aus den Jahren 2002 bis 2012 berechnet. Die Berechnung erfolgte anhand von mittleren Abundanzwerten (Individuen pro Quadratkilometer) für 14 Zählgebiete („Trendboxen“; Garthe et al. unveröff. Daten; Markones et al. 2014). Um belastbare Daten zu erhalten, gilt für die Nordsee ein minimaler Erfassungsaufwand pro Box von 20 km² als Voraussetzung für die Verwendung der Daten für die Trendanalysen (Markones et al. 2014).

Zu beachten ist die ungenügende Datengrundlage für die Jahre 2007, 2008 und 2009. In diesen Jahren wurden die bekannten Schwerpunktbereiche des Seetaucher-Vorkommens (Schwemmer et al. 2014) nicht abgedeckt. Dies muss bei der Betrachtung des Trendergebnisses berücksichtigt werden.

Die Berechnung der Trends erfolgte mit dem Software-Programm TRIM (Trends & Indices for Monitoring data,

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

Version 3.53; Pannekoek & van Strien 2005). Dieses Programm ermöglicht, Werte für Datenlücken zu berechnen und ist somit sehr gut für Datensätze aus ökologischem Monitoring geeignet. Zudem ist die angewandte Methodik bei der Berechnung von Wasservogeltrends bereits weltweit etabliert (s. auch Markones et al. 2014).

3. Ergebnisse

3.1 Verbreitung im Jahresverlauf

Im Oktober (Abb. 2) baut sich der Winterbestand der Seetaucher in der Nordsee mit zunächst vereinzelten Vorkommen im Küstengebiet der ostfriesischen Inseln langsam auf. Im Laufe des Winters (November bis Februar) kommen Seetaucher dann nahezu im gesamten Küstenbereich vor Schleswig-Holstein und den niedersächsischen Hoheitsgewässern in geringen bis mittleren Dichten vor (Abb. 3 bis 6). Während im November (Abb. 3) ein Verbreitungsschwerpunkt nördlich von Borkum zu erkennen ist, liegen im Dezember (Abb. 4) die wichtigsten Vorkommen in drei verschiedenen Regionen (rund um Borkum, nördlich Helgoland, nordwestlich von Sylt) vor. Im Januar (Abb. 5) verlagert sich das Wintervorkommen vor Schleswig-Holstein weiter nach Westen in die AWZ hinein. Dieser Trend ist im Februar (Abb. 6) noch einmal verstärkt zu erkennen. Im Frühjahr (März bis April) sind Seetaucher dann entlang des gesamten Küstenstreifens verbreitet, lokale Verbreitungsschwerpunkte existieren nördlich der Ostfriesischen Inseln (Abb. 7 bis 8). Das Vorkommen erstreckt sich stärker als im Winter weit in die Offshore-Bereiche der AWZ hinein, mit flächigen Vorkommen bis zu einer Entfernung von etwa 120 km von der Küste. Die größten Konzentrationen befinden sich im EU-Vogelschutzgebiet (SPA) „Östliche Deutsche Bucht“ und weiter westlich (zur Lage des SPA s. Abb. 23). Die Seetaucher-Dichten in diesem

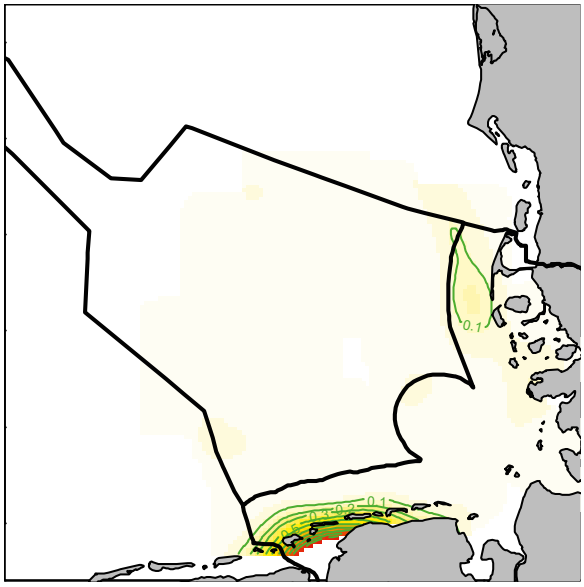

Abb. 2: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Monat Oktober (Jahre 2000 bis 2013). Die zunehmende Dichte der Seetaucher wird über die Farbskala von gelb über orange nach rot wiedergegeben. Datenbasis: Kartierte Fläche: 11.698 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 479 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in October (2000 to 2013). Increasing diver densities are visualised by colours from yellow through orange to red. Data basis: Area counted: 11,698 km², number of divers (corrected): 479 ind.*

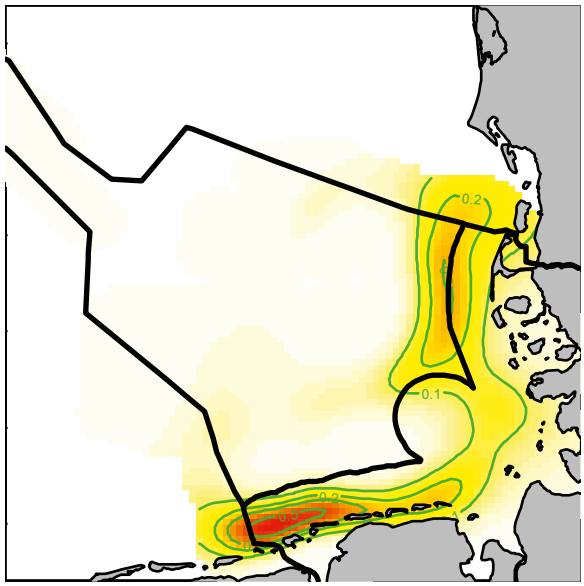

Abb. 3: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Monat November (Jahre 2000 bis 2013). Datenbasis: Kartierte Fläche: 10.238 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 1.626 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in November (2000 to 2013). Data basis: Area counted: 10,238 km², number of divers (corrected): 1,626 ind.*

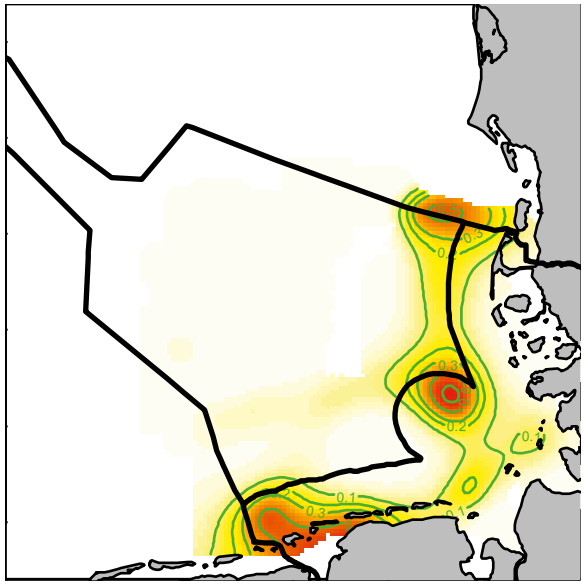

Abb. 4: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Monat Dezember (Jahre 2000 bis 2013). Datenbasis: Kartierte Fläche: 10.332 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 1.351 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in December (2000 to 2013). Data basis: Area counted: 10,332 km², number of divers (corrected): 1,351 ind.*

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

Gebiet steigen vom März zum April noch einmal deutlich an. Im Mai (Abb. 9) nehmen die Ausdehnung der Seetaucher-Verbreitung und die Dichte dann wieder markant ab. Mittelhohe Dichten sind noch vor der Küste westlich von Sylt anzutreffen. Von Juni bis August kommen Seetaucher nur noch vereinzelt in der deutschen Nordsee vor (3 bis 12 gesichtete Tiere), erst im September steigt ihre Zahl wieder leicht an (ca. 65 gesichtete Tiere).

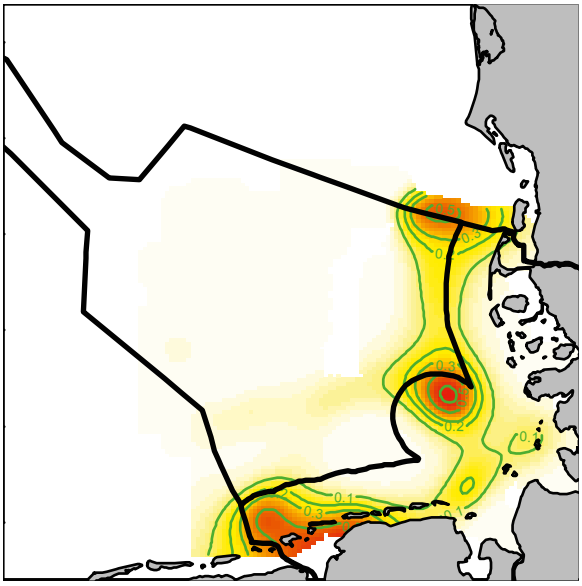

Abb. 5: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Monat Januar (Jahre 2000 bis 2013). Datenbasis: Kartierte Fläche: 8.356 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 1.078 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in January (2000 to 2013). Data basis: Area counted: 8,356 km², number of divers (corrected): 1,078 ind.*

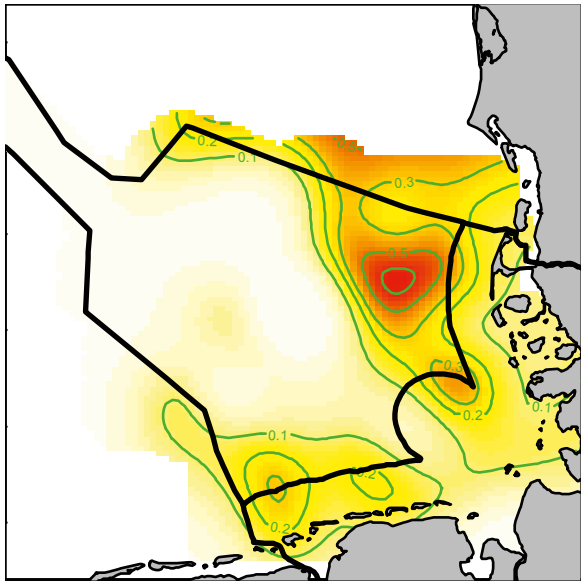

Abb. 7: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Monat März (Jahre 2000 bis 2013). Datenbasis: Kartierte Fläche: 24.667 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 9.668 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in March (2000 to 2013). Data basis: Area counted: 24,667 km², number of divers (corrected): 9,668 ind.*

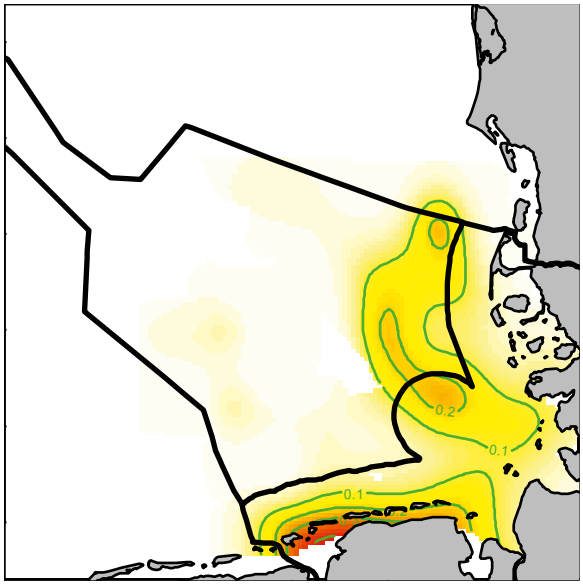

Abb. 6: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Monat Februar (Jahre 2000 bis 2013). Datenbasis: Kartierte Fläche: 19.344 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 3.811 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in February (2000 to 2013). Data basis: Area counted: 19,344 km², number of divers (corrected): 3,811 ind.*

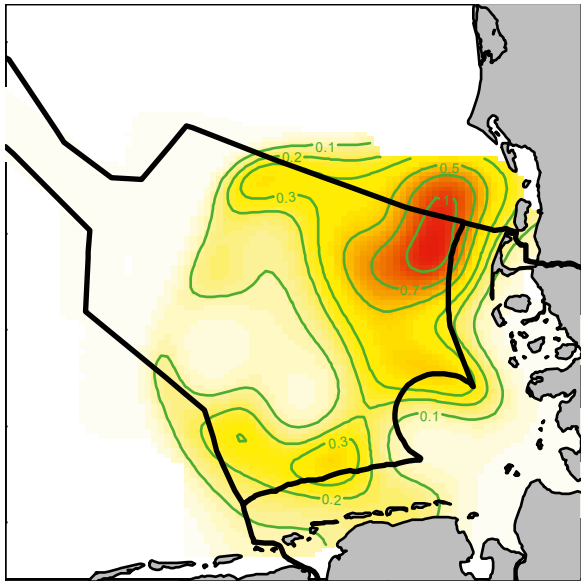

Abb. 8: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Monat April (Jahre 2000 bis 2013). Datenbasis: Kartierte Fläche: 32.868 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 25.038 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in April (2000 to 2013). Data basis: Area counted: 32,868 km², number of divers (corrected): 25,038 ind.*

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

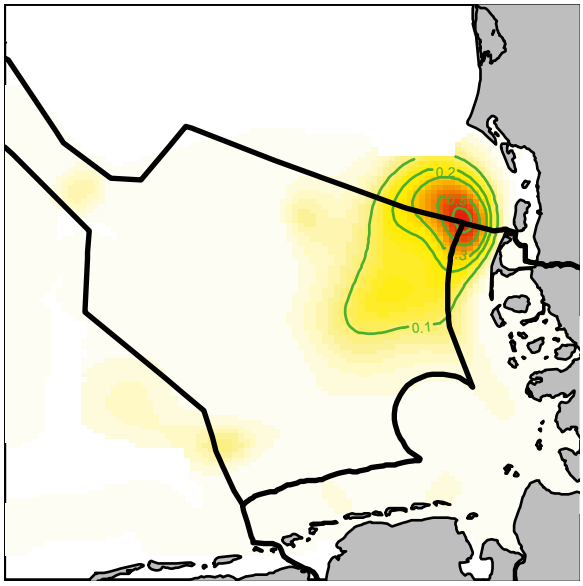

Abb. 9: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Monat Mai (Jahre 2000 bis 2013). Datenbasis: Kartierte Fläche: 21.948 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 2.027 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in May (2000 to 2013). Data basis: Area counted: 21,948 km², number of divers (corrected): 2,027 ind.*

3.2 Variabilität der Verbreitung über mehrere Jahre hinweg

Der Verbreitungsschwerpunkt der Seetaucher im Frühjahr liegt zwischen den Jahren relativ konstant westlich der Insel Sylt (Abb. 10 bis 17). Die größten Dichten wurden in fast jedem untersuchten Jahr im Nordosten der deutschen AWZ, im Bereich des EU-Vogelschutzgebietes „Östliche Deutsche Bucht" und westlich davon bzw. im 2009 definierten Seetaucher-Hauptkonzentrationsgebiet (BMU 2009) erreicht. Nur im Jahr 2010 hat sich der Verbreitungsschwerpunkt anscheinend deutlich verkleinert und nach Westen verlagert (Abb. 15). Hinzu kommen in einigen Jahren geringe bis mittlere Seetaucher-Vorkommen im Süden und Südwesten der Deutschen Bucht. Dieses Gebiet erlangte erst in den letzten Jahren einen Zuwachs an Bedeutung (z. B.

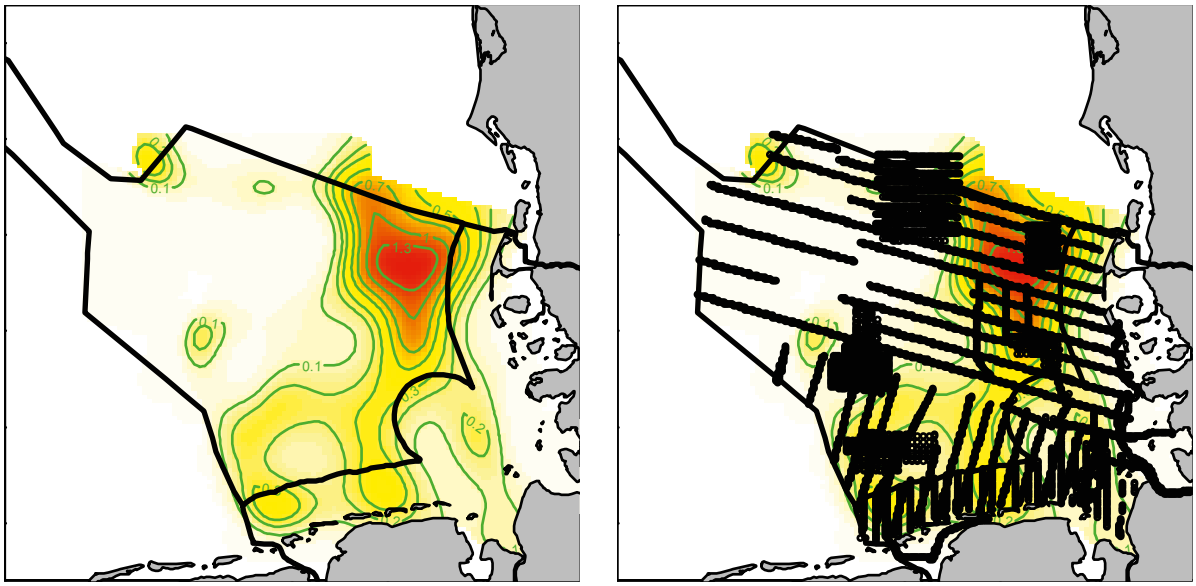

Abb. 10: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Frühjahr 2002 (1.3. bis 30.4.). Auf der linken Seite ist jeweils die Interpolationskarte der Seetaucher-Abundanz dargestellt, auf der rechten Seite die gleiche Karte mit darüber gekennzeichnetem Kartieraufwand (schwarze Symbole). Datenbasis: Kartierte Fläche: 4.195 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 2.229 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in spring 2002 (1 Mar to 30 Apr). The left graph shows the interpolation map of diver abundance, the right graph the same map with survey effort plotted on top (black symbols). Data basis: Area counted: 4,195 km², number of divers (corrected): 2,229 ind.*

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

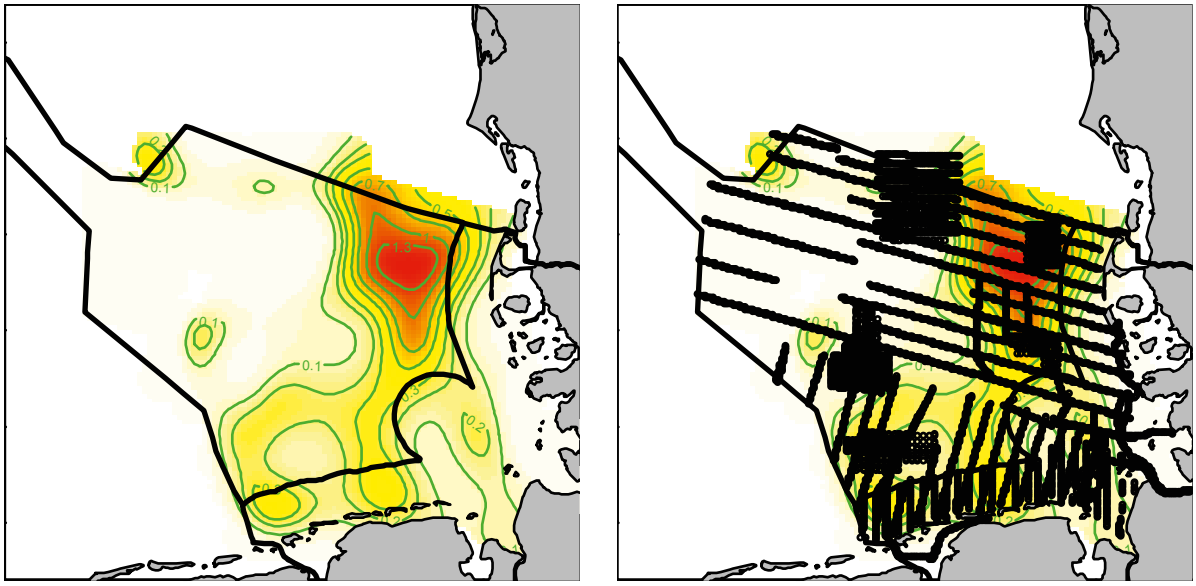

Abb. 11: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Frühjahr 2003 (1.3. bis 30.4.). Vgl. auch Abb. 10. Datenbasis: Kartierte Fläche: 6.327 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 5.567 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in spring 2003 (1 Mar to 30 Apr). Data basis: Area counted: 6,327 km², number of divers (corrected): 5,567 ind.*

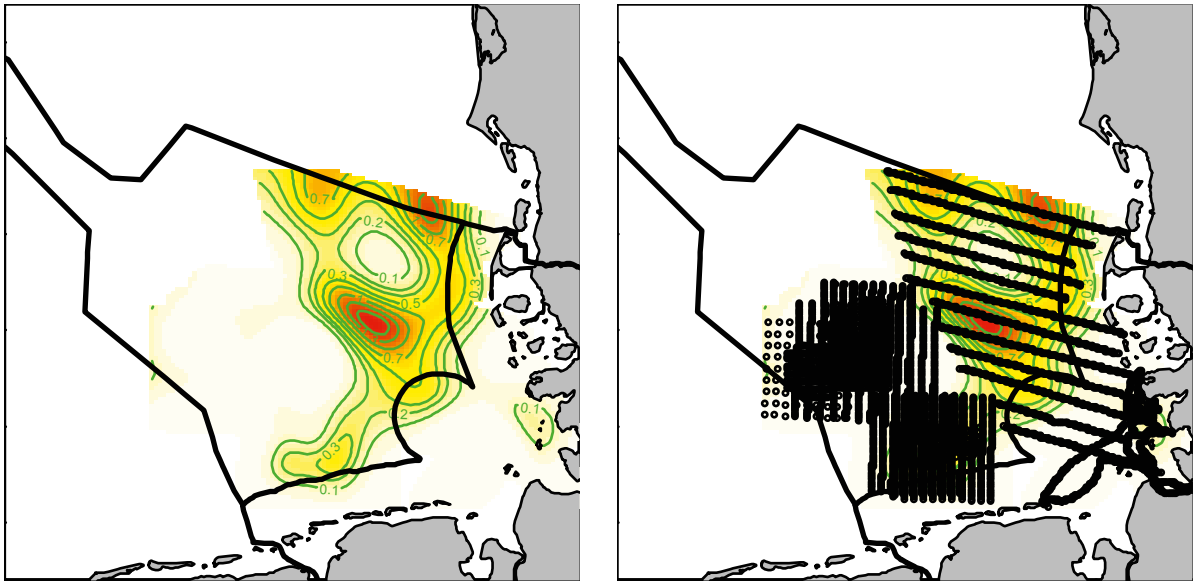

Abb. 12: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Frühjahr 2004 (1.3. bis 30.4.). Vgl. auch Abb. 10. Datenbasis: Kartierte Fläche: 6.654 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 2.596 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in spring 2004 (1 Mar to 30 Apr). Data basis: Area counted: 6,654 km², number of divers (corrected): 2,596 ind.*

Garthe 2003) und wies im Jahr 2011 und 2012 eine mittlere bis hohe Abundanz auf (Abb. 16 bis 17). Das Hauptvorkommen der Seetaucher mit sehr hohen Dichten befindet sich aber weiterhin im Nordosten der AWZ der deutschen Nordsee.

3.3 Vergleich verschiedener Verbreitungsdarstellungen

In den Abb. 18 bis 22 ist der Datensatz für das Frühjahr (März und April) der Jahre 2000 bis 2013 in verschiedener Form dargestellt. Abb. 18 zeigt eine Interpolation über die Fläche, Abb. 19 bis 21 Darstellungen in Rastern verschiedener Größen und Abb. 22 die Originaldaten.

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

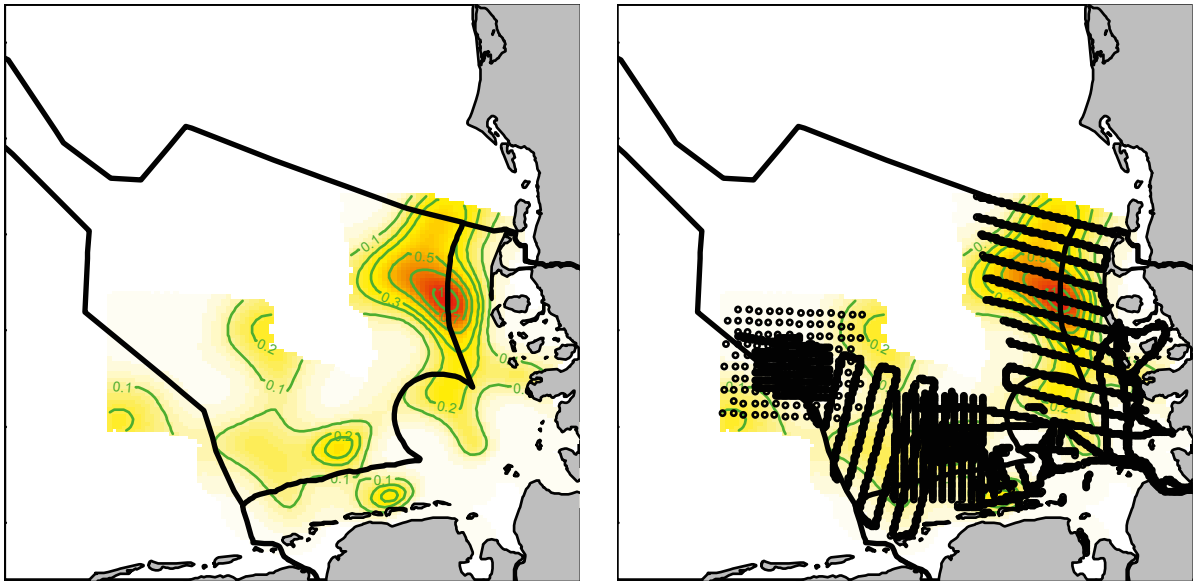

Abb. 13: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Frühjahr 2005 (1.3. bis 30.4.). Vgl. auch Abb. 10. Datenbasis: Kartierte Fläche: 3.087 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 1.154 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in spring 2005 (1 Mar to 30 Apr). Data basis: Area counted: 3,087 km², number of divers (corrected): 1,154 ind.*

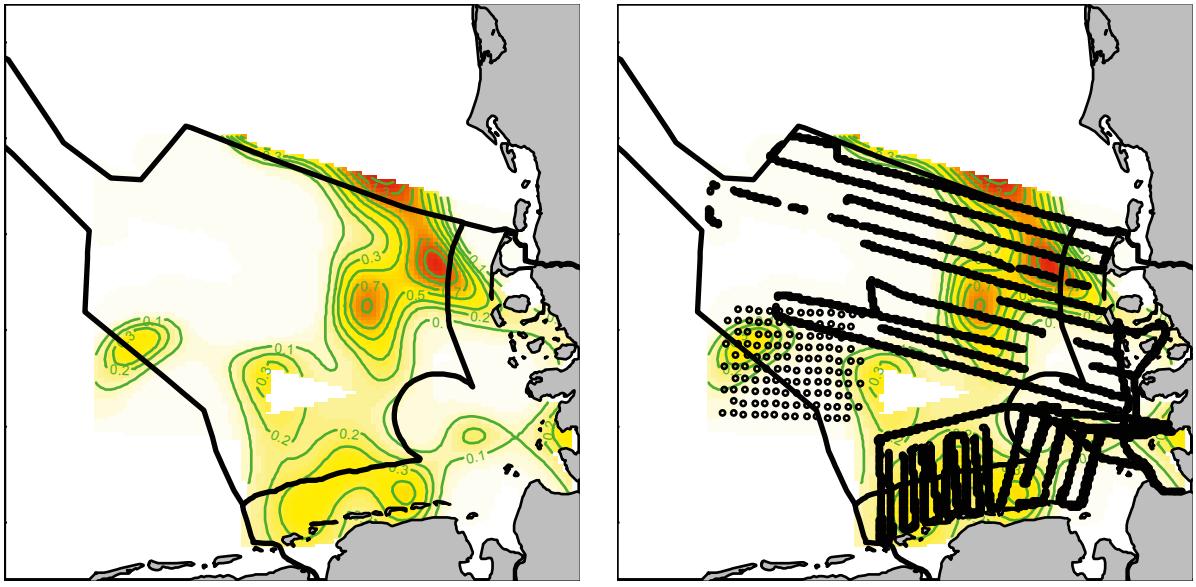

Abb. 14: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Frühjahr 2006 (1.3. bis 30.4.). Vgl. auch Abb. 10. Datenbasis: Kartierte Fläche: 2.112 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 1.839 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in spring 2006 (1 Mar to 30 Apr). Data basis: Area counted: 2,112 km², number of divers (corrected): 1,839 ind.*

3.4 Seetaucher-Verbreitung in Bezug zu Schutzgebieten und Offshore-Windparks

Die Verbreitung der Seetaucher im Frühjahr überlagert sich stark mit dem SPA „Östliche Deutsche Bucht“, welches u. a. für Stern- und Prachttaucher etabliert wurde (Garthe et al. 2012; Abb. 23). Das Hauptvorkommen der Seetaucher dehnt sich noch etwas weiter nach Westen aus und unterstützt damit weiterhin den Fachvorschlag für das EU-Vogelschutzgebiet aus dem Jahr 2003 (Garthe 2003); es steht in keinerlei Widerspruch zu dem o. g. Hauptkonzentrationsgebiet im Positionspapier des BMU (BMU 2009).

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

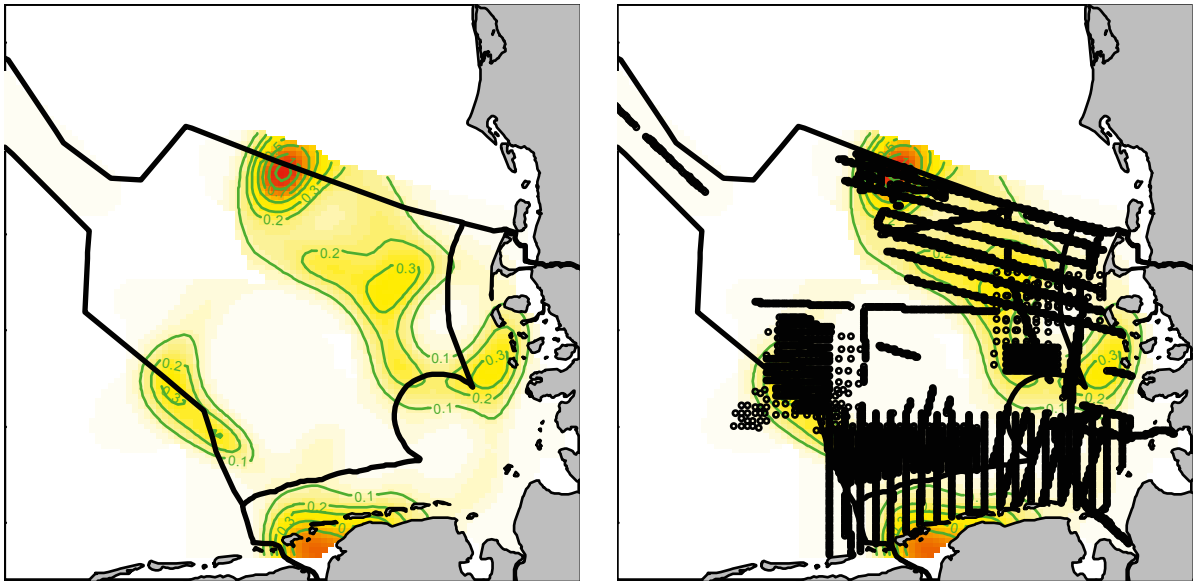

Abb. 15: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Frühjahr 2010 (1.3. bis 30.4.). Vgl. auch Abb. 10. Datenbasis: Kartierte Fläche: 9.159 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 2.424 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in spring 2010 (1 Mar to 30 Apr). Data basis: Area counted: 9,159 km², number of divers (corrected): 2,424 ind.*

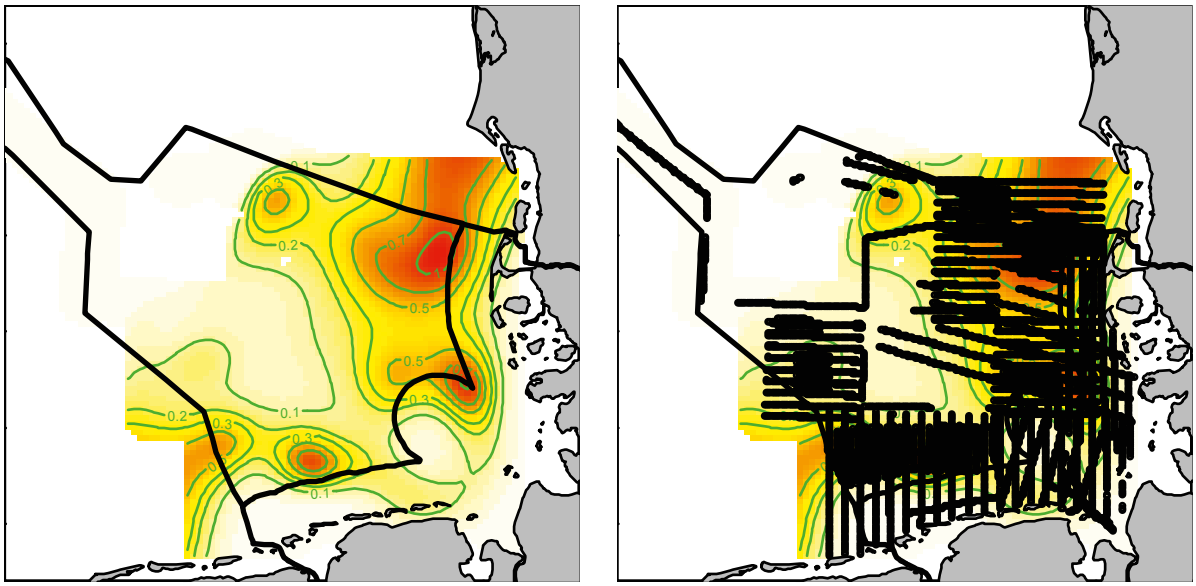

Abb. 16: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Frühjahr 2011 (1.3. bis 30.4.). Vgl. auch Abb. 10. Datenbasis: Kartierte Fläche: 10.195 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 13.027 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in spring 2011 (1 Mar to 30 Apr). Data basis: Area counted: 10,195 km², number of divers (corrected): 13,027 ind.*

Inzwischen wurden einige OWPs in diesem Bereich errichtet. Die weiteren OWPs befinden sich großteils in Bereichen geringer bis sehr geringer Seetaucher-Vorkommen (Abb. 24).

3.5 Bestandsentwicklung

Der mittlere Frühjahrs-Bestand der Seetaucher in der deutschen Nordsee betrug für den Zeitraum 2002 bis 2013 gut 20.000 Ind. (Tab. 1). 75 % des Bestandes entfallen dabei auf die AWZ, 17 % auf das Küstenmeer Schleswig-Holsteins und 8 % auf niedersächsische Gewässer. Der Anteil der Sterntaucher betrug 92 % (Markones et al. unveröff. Daten; vgl. Material und Methode).

Der Frühjahrs-Bestand schwankte im Zeitraum 2002 bis 2012 stark (Abb. 25), eine signifikante Zu- oder Abnahme konnte nicht festgestellt werden (Trend =

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

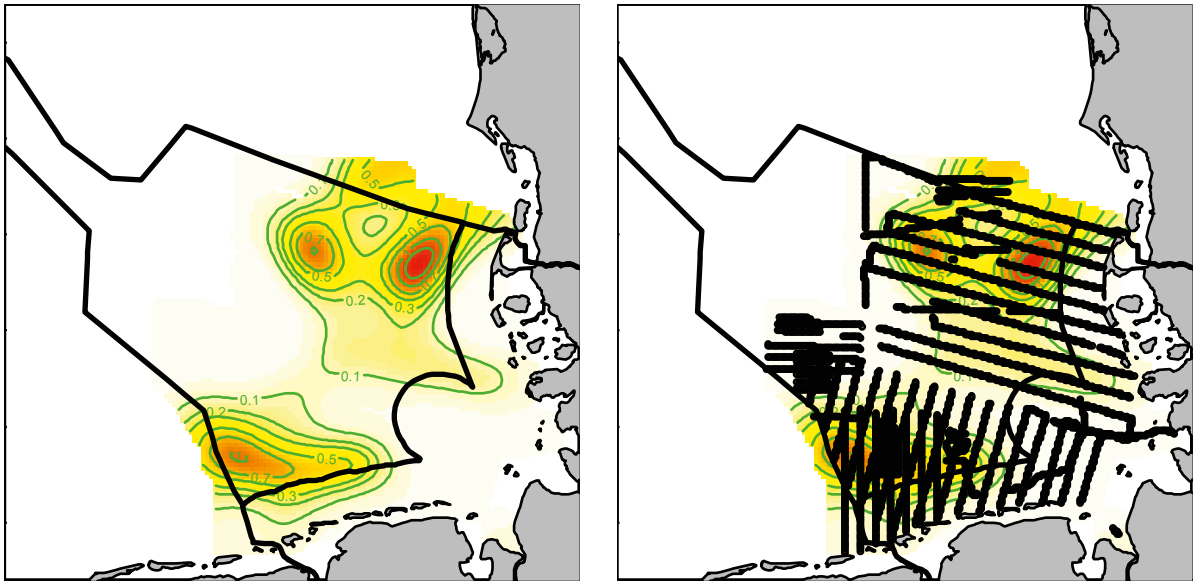

Abb. 17: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Frühjahr 2012 (1.3. bis 30.4.). Vgl. auch Abb. 10. Datenbasis: Kartierte Fläche: 2.901 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 3.036 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in spring 2012 (1 Mar to 30 Apr). Data basis: Area counted: 2,901 km², number of divers (corrected): 3,036 ind.*

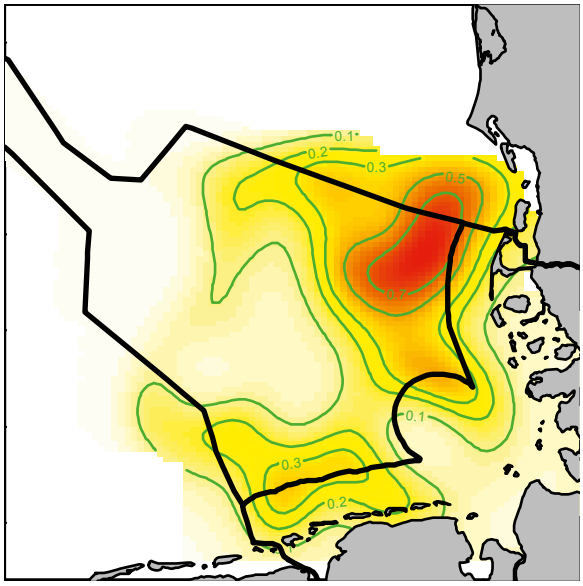

Abb. 18: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Frühjahr 2000 bis 2013 (1.3. bis 30.4.), dargestellt als Interpolationskarte. Datenbasis: Kartierte Fläche: 57.557 km², Anzahl Seetaucher (korrigiert): 34.721 Ind. – *Distribution of divers in the German Bight in spring 2000 to 2013 (1 Mar to 30 Apr), presented as interpolation map. Data basis: Area counted: 57,557 km², number of divers (corrected): 34,721 ind.*

unsicher). Der in den Jahren 2007 bis 2009 festgestellte niedrige Seetaucher-Bestand fällt mit der fehlenden Abdeckung der Schwerpunktgebiete zusammen.

4. Diskussion

Als Anhang I-Arten der EU Vogelschutz-Richtlinie (VS-RL, http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:020:0007:0025:de:PDF) kommt Seetauchern ein besonderer Schutzstatus zu. In einem ersten Umsetzungsschritt der VS-RL wurden in Deutschland spezielle Vogelschutzgebiete (SPA) ausgewiesen. Neben Schutzgebieten in den Küstenmeeren sind hier besonders das SPA „Östliche Deutsche Bucht“ in der Nordsee und das SPA „Pommersche Bucht“ in der Ostsee zu nennen (Garthe 2006; Garthe et al. 2012). Für Seetaucher gilt ein strenges Artenschutzregime auch außerhalb der Schutzgebiete. Entsprechend Art. 5 VS-RL sind erhebliche Störungen dieser Arten unzulässig. Dem entspricht auch die nationale Umsetzung im besonderen Artenschutzrecht des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) 2010, § 44 Abs. 1 Nr. 2, welches mit Inkrafttreten des Gesetzes zum 1. März 2010 gemäß § 56 BNatSchG 2010 auf die AWZ ausgeweitet wurde. In Bezug auf die Genehmigung von OWPs sind Seetaucher als Bestandteil der Meeresumwelt geschützt. Deren Gefährdung stellt einen Versagungsgrund für den Bau von OWPs nach § 3 Satz 1 Nr. 1 der Seeanlagenverordnung (SeeAnlV) dar (Dahlke 2002). Zur Beurteilung des Raumanspruchs der Seetaucher und zur Bewertung der Seetaucher-Vorkommen bezüglich des Ausbaus der erneuerbaren Energien spielen aktuelle Verbreitungs- und Bestandsangaben deshalb eine große Rolle. Daher wurde in diesem Artikel eine aktuelle Übersicht über den gegenwärtigen Kenntnisstand gegeben. Insgesamt bestätigen sich die Interpretationen zum Seetaucher-Vorkommen bzgl. der Lage der Vogelschutzgebiete

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

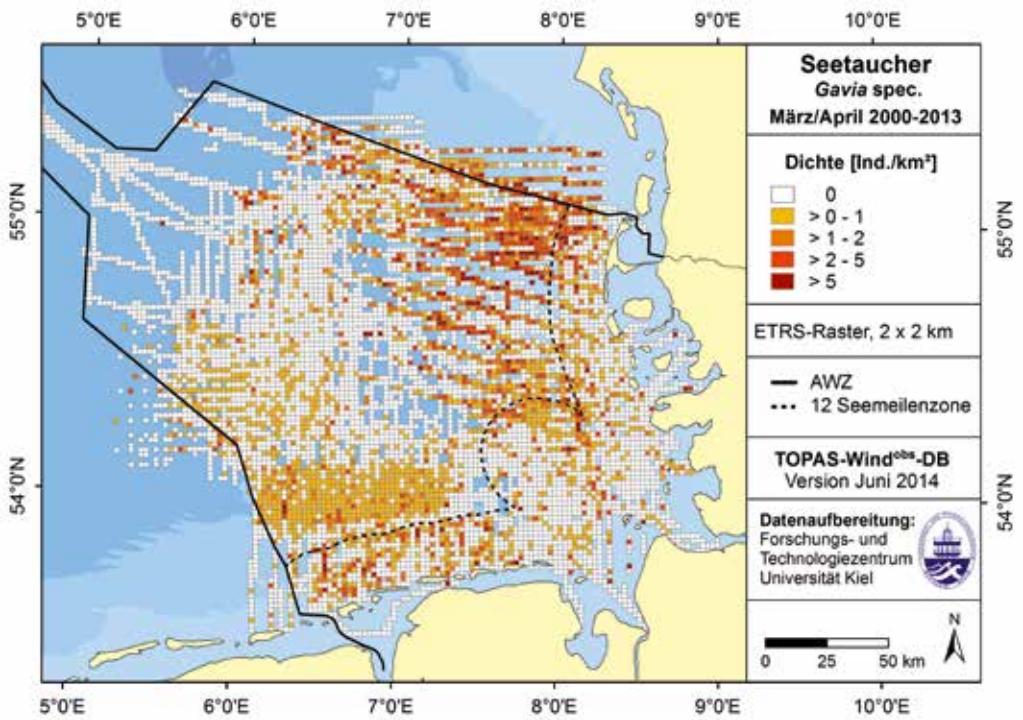

Abb. 19: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Frühjahr 2000 bis 2013 (1.3. bis 30.4.), dargestellt als Rasterkarte mit einer Zellgröße von 2 km x 2 km. Die Datengrundlage entspricht Abb. 18. – *Distribution of divers in the German Bight in spring 2000-2013 (1 Mar to 30 Apr), presented as grid map with 2 km x 2 km cells. Data basis as in Fig. 18.*

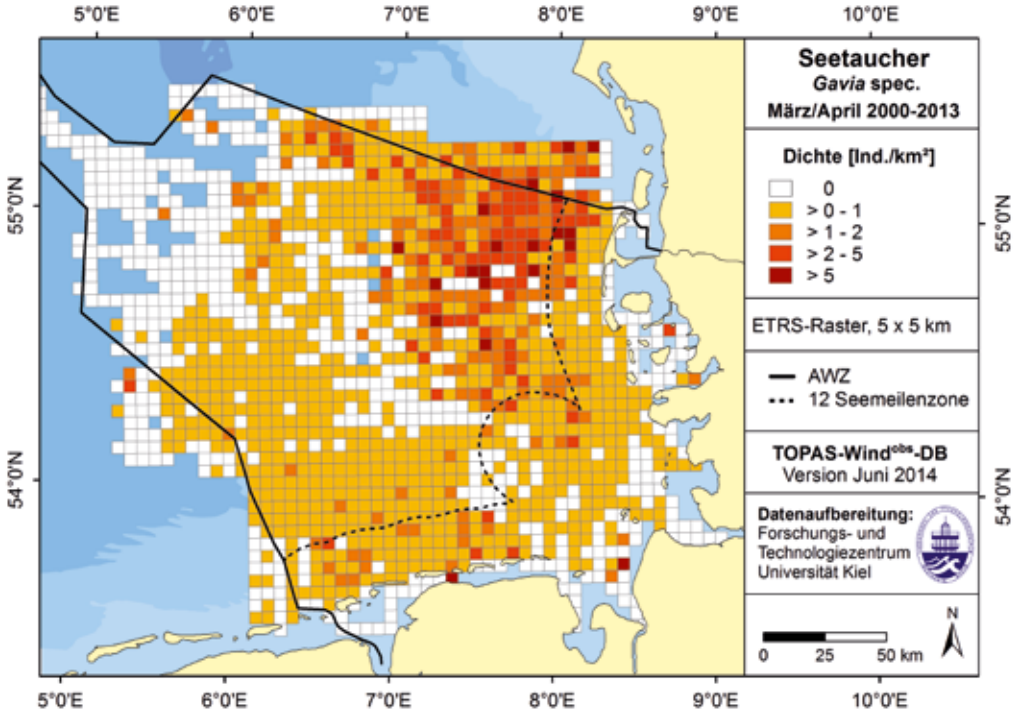

Abb. 20: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Frühjahr 2000 bis 2013 (1.3. bis 30.4.), dargestellt als Rasterkarte mit einer Zellgröße von 5 km x 5 km. Die Datengrundlage entspricht Abb. 18. – *Distribution of divers in the German Bight in spring 2000-2013 (1 Mar to 30 Apr), presented as grid map with 5 km x 5 km cells. Data basis as in Fig. 18.*

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

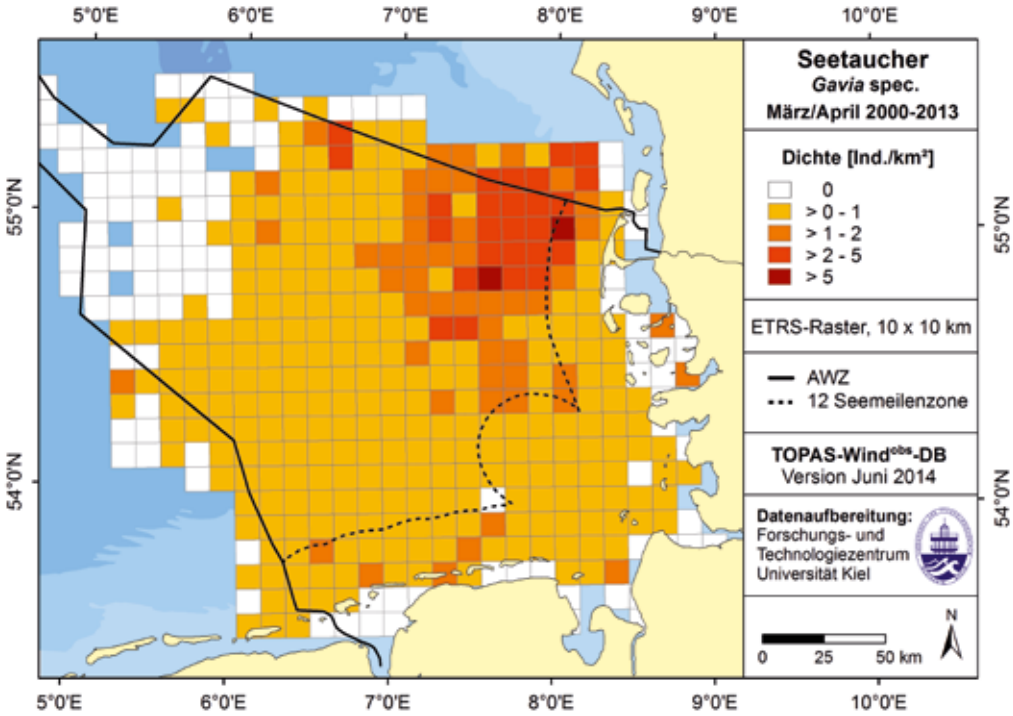

Abb. 21: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Frühjahr 2000 bis 2013 (1.3. bis 30.4.), dargestellt als Rasterkarte mit einer Zellgröße von 10 km x 10 km. Die Datengrundlage entspricht Abb. 18. – *Distribution of divers in the German Bight in spring 2000 to 2013 (1 Mar to 30 Apr), presented as grid map with 10 km x 10 km cells. Data basis as in Fig. 18.*

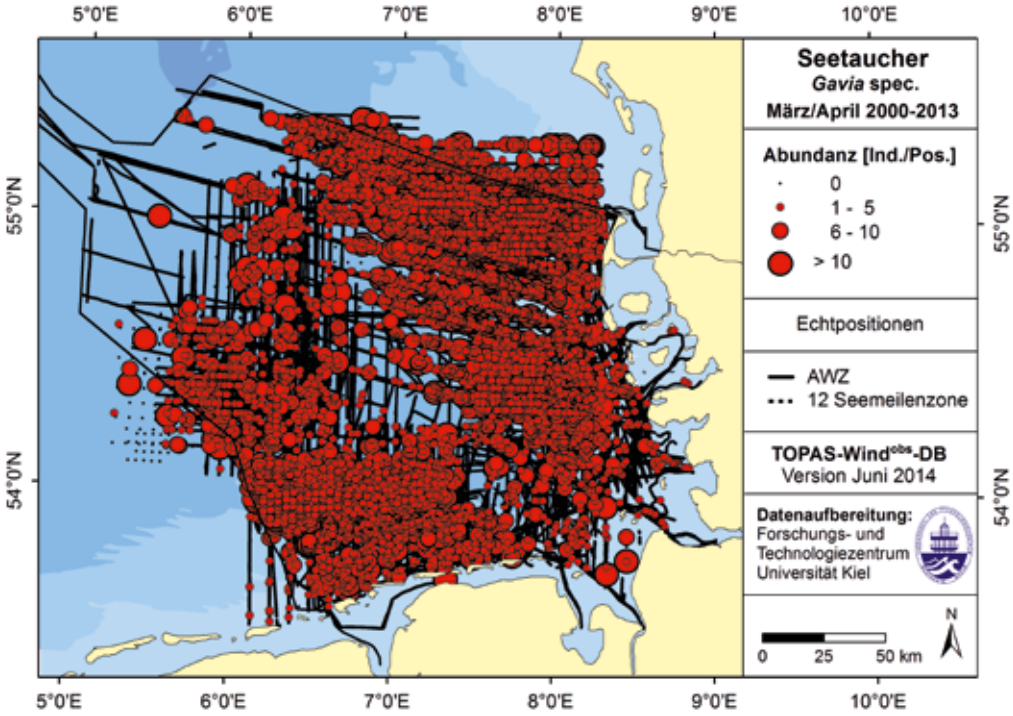

Abb. 22: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Frühjahr 2000 bis 2013 (1.3. bis 30.4.), dargestellt ohne Rasterung, also mit den Originalpositionen. Die Datengrundlage entspricht Abb. 18. – *Distribution of divers in the German Bight in spring 2000 to 2013 (1 Mar to 30 Apr), presented as original positions only. Data basis as in Fig. 18.*

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

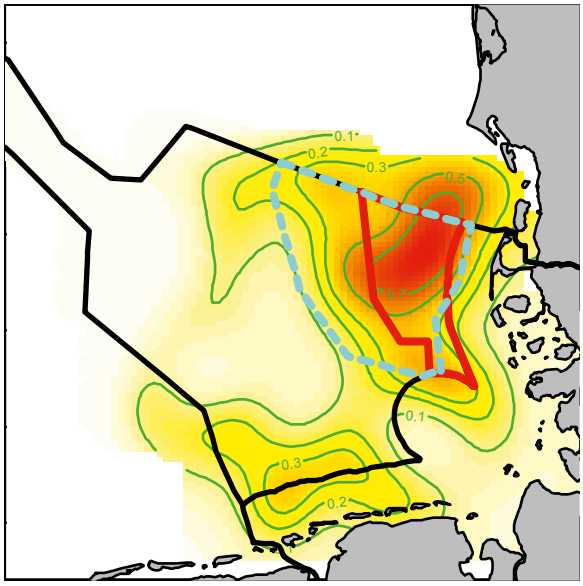

Abb. 23: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Frühjahr 2000 bis 2013 (1.3. bis 30.4.). Zusätzlich ist das EU-Vogelschutzgebiet „Östliche Deutsche Bucht" mit einer roten Linie und das Gebiet der Hauptkonzentration der Seetaucher mit einer blau gestrichelten Linie gekennzeichnet. Die Datengrundlage entspricht Abb. 18. – *Distribution of divers in the German Bight in spring 2000 to 2013 (1 Mar to 30 Apr). In addition, the EU Special Protection Area "Eastern German Bight" (red line) and the so-called "main concentration area" of divers (blue line) are shown. Data basis as in Fig. 18.*

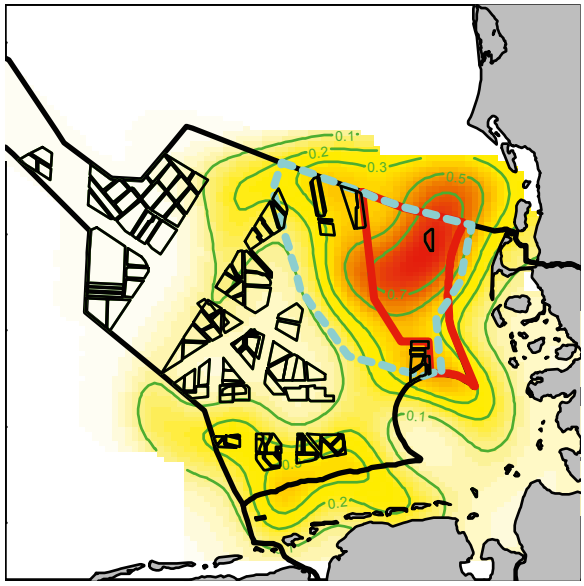

Abb. 24: Verbreitung der Seetaucher in der Deutschen Bucht im Frühjahr 2000 bis 2013 (1.3. bis 30.4.) im Zusammenhang mit der Lage aller Offshore-Windparks, die sich im Betrieb oder im Bau befinden bzw. genehmigt oder beantragt waren (Stand November 2013). Zusätzlich ist das EU-Vogelschutzgebiet „Östliche Deutsche Bucht" mit einer roten Linie und das Gebiet der Hauptkonzentration der Seetaucher mit einer blau gestrichelten Linie gekennzeichnet. Die Datengrundlage entspricht Abb. 18. – *Distribution of divers in the German Bight in spring 2000 to 2013 (1 Mar to 30 Apr) in relation to offshore wind farms that are in operation, under construction, approved or applied for (as of November 2013). In addition, the EU Special Protection Area "Eastern German Bight" (red line) and the so-called "main concentration area" of divers (blue line) are shown. Data basis as in Fig. 18.*

(Garthe et al. 2012) und des BMU-Positionspapiers (BMU 2009 bzw. Schwemmer et al. 2014).

Bedeutende Rastvorkommen von Seetauchern gibt es vor allem während des Frühjahrszugs, aber auch schon während des Herbstzugs und der Wintermonate. Lediglich in den Sommermonaten nutzen Seetaucher die deutsche Nordsee kaum. Das Vorkommen im März und April setzt sich auch nach Norden in die dänischen Gewässer weiter fort (Petersen & Nielsen 2011). Auch wenn die räumliche Ausdehnung dieses Schwerpunktvorkommens in der AWZ westlich der Insel Sylt von Jahr zu Jahr schwankt, ist das Vorkommen dort weitgehend beständig. Seetaucher sind in diesem Gebiet stark mit dem hydrographischen Frontensystem des Jütland Stroms assoziiert, dessen Lage und Ausdehnung u. a. in Abhängigkeit von Windverhältnissen variiert (Skov & Prins 2001). Da sich Seetaucher, vor allem der zahlenmäßig dominierende Sterntaucher, primär von benthopelagischen Fischen ernähren (z. B. Madsen 1957; Guse et al. 2009), ist davon auszugehen, dass die Vögel ihrer Beute folgen und sich die Seetaucher-Vorkommen wegen der Mobilität vieler Fischarten stets leicht umverlagern. Eine gewisse, im Laufe der Jahre angestiegene, Bedeutung für die Seetaucher-Vorkommen im Frühjahr hat auch der Bereich nördlich der Ostfriesischen Inseln. Verglichen mit dem Vorkommen westlich der Insel Sylt sind diese Vorkommen aber deutlich geringer und weniger beständig ausgeprägt.

Der Frühjahrs-Bestand der Seetaucher in der Deutschen Bucht schwankt jahrweise, eine Zu- oder Abnahme ist derzeit nicht zu klären. Die Fortschreibung der Datenaufnahme im Rahmen der oben genannten Quellen wird hier in wenigen Jahren weitere Schlüsse ermöglichen. Der aktuell ermittelte Seetaucher-Bestand für die deutsche Nordsee liegt etwas höher als die letzte Angabe in Garthe et al. (2007), bei der 16.500 Stern- und 2.000 Prachttaucher als Frühjahrs-Bestand angegeben wurden. Diese Differenz lässt sich nicht als Zunahme erklären, sondern dürfte vor allem auf der in-

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

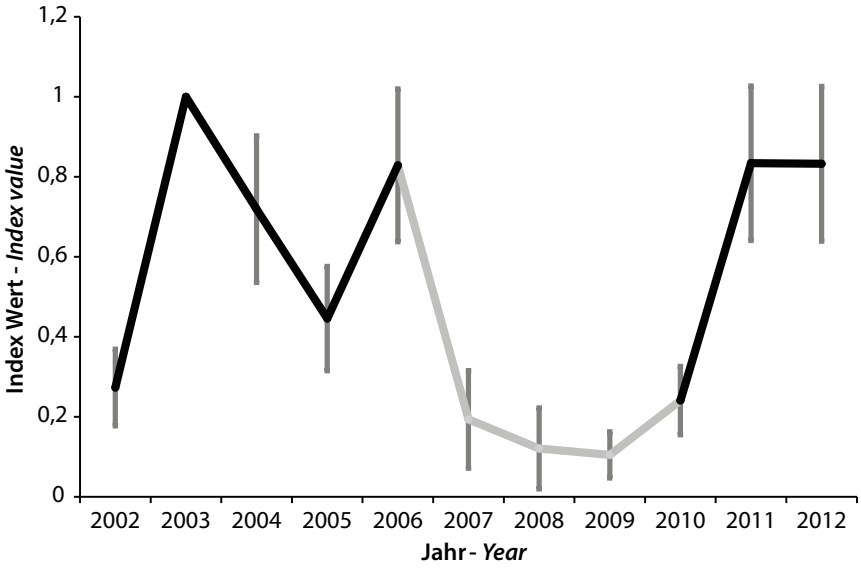

Abb. 25: Modellbasierte Bestandstrends der Seetaucher im Frühjahr (März bis April) in der Deutschen Bucht von 2002 bis 2012. Für das Frühjahr 2003 wurde die Bezugsgröße = 1 gesetzt. In Grau sind Jahre bzw. Trends mit nur geringer Abdeckung des Hauptvorkommens der Seetaucher markiert. – *Model-based population trends of divers in spring (March to April) in the German Bight from 2002 to 2012. Spring 2003 was set to 1 as reference value. Years and trends shown in grey illustrate poor coverage of the core study area.*

Tab. 1: Bestandsgrößen von Seetauchern insgesamt sowie von Sterntauchern und Prachttauchern in der deutschen Nordsee im Frühjahr 2002 bis 2013. Die Zahlen wurden auf Hunderter gerundet. – *Population size of total divers, Red-throated Divers and Black-throated Divers in the German North Sea in spring 2002 to 2013. Values were rounded to the next 100.*

	Summe Seetaucher *Total divers*	Sterntaucher *Red-throated Diver*	Prachttaucher *Black-throated Diver*
AWZ *Exclusive Economic Zone (EEZ)*	15.200 Ind.	14.000	1.200
Schleswig-Holstein	3.400 Ind.	3.100	300
Niedersachsen	1.600 Ind.	1.500	100
Gesamtbestand deutsche Nordsee *Total population size German North Sea*	20.200 Ind.	18.600	1.600

zwischen deutlich verbesserten Datenbasis und der Verwendung neuer, verbesserter Korrekturfakturen basieren. Entsprechendes galt auch bereits zuvor für den Vergleich mit noch älteren, weniger belastbaren Bestandsabschätzungen (z. B. Garthe 2003).

Die Darstellung des gleichen Datensatzes mittels verschiedener Auswertemethoden, wie er hier für das Frühjahrs-Vorkommen über die Jahre 2000 bis 2013 veranschaulicht wurde, zeigt, dass jede Darstellung optisch leicht von anderen abweicht. Dies gilt zum einen für unterschiedlich große Rasterzellen (wie im Artikel dargestellt), zum anderen auch für unterschiedliche Häufigkeitsklassen und mögliche logarithmische Darstellungen (beide nicht dargestellt). Ferner ergibt sich bei einer flächigen Interpolation, wie sie bei fast allen Karten in diesem Artikel vorgenommen wurde, ein leicht anderes Bild als bei Rasterdarstellungen, da über die Transektlinien hinweg interpoliert wird. Für Abschätzungen des Raumbedarfs von zu schützenden Tieren bzw. Lebensräumen („Schutzgüter“) wie auch für Nutzungen sind bei ausreichender Datenlage Interpolationen grundsätzlich geeigneter. Bei allen Auswertungen ist aber auch zu bedenken, dass sich mit jedem neuen Datensatz die Ergebniskarten geringfügig verändern können.

Abschließend lässt sich feststellen, dass sich trotz deutlich verbesserter Datenlage – unter Nutzung aller verfügbaren Daten – das Gesamtszenario des Seetaucher-Frühjahrsvorkommens in der deutschen Nordsee in den letzten 10 bis 15 Jahren nicht verändert hat. Weiterhin ist das SPA „Östliche Deutsche Bucht“ von großer Bedeutung, wobei sich bestätigt hat, dass die Seetaucher-Vorkommen deutlich ausgedehnter sind. Daher wird das „Hauptkonzentrationsgebiet“ gemäß BMU (2009) und Schwemmer et al. (2014) als Ausschlussgebiet für weitere Windparks dem Schutzbedarf der Seetaucher in stärkerem Maße gerecht. Innerhalb dieses Hauptkonzentrationsgebietes gibt es verschiedene OWPs, die inzwischen ihren Betrieb aufgenommen haben oder die derzeit errichtet werden. Inwieweit diese Offshore-Projekte die

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

großräumige Verteilung der Seetaucher in ihrem Hauptkonzentrationsgebiet und ggf. darüber hinaus beeinflussen, wird sich erst durch die Ergebnisse der jeweiligen Begleituntersuchungen und ergänzende großräumige Forschungsvorhaben ermitteln lassen.

Diese Auswertung ist gleichzeitig ein anschauliches Beispiel für die hohe zeitlich-räumliche Dynamik von Rastvogelbeständen und -vorkommen. Auch wenn die Meeresumwelt aufgrund der Hydrodynamik eine besondere räumliche Variabilität aufweist, legt die Analyse nahe, dass auch bei vielen terrestrischen Arten ähnliche Gegebenheiten zu erwarten sind. Ihre Kenntnis wäre nicht zuletzt für den Vogelschutz enorm wichtig.

Dank

Der Großteil der Auswertungen für diesen Artikel erfolgte im Rahmen des Gutachtens „Raumnutzung der Seetaucher in der Deutschen Bucht", finanziert vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, und des Projektes „Erforschung der Raumnutzung und Raum-Zeit-Muster von Seevögeln und marinen Säugetieren in Nord- und Ostsee sowie Weiterentwicklung und Anpassung der Erfassungsmethoden (TopSpace)", finanziert vom Bundesamt für Naturschutz. Investoren, Gutachterbüros und Fachbehörden stellten umfangreiche Datensätze zur Verfügung. M. Boethling, A. Binder und T. Merck standen für Beratungen jederzeit zur Verfügung. Das Manuskript profitierte von der Durchsicht durch M. Boethling, W. Fiedler, M. Hauswirth, O. Hüppop und T. Merck.

Zusammenfassung

Eines der wichtigsten Überwinterungsgebiete des Sterntauchers befindet sich im Seegebiet der deutschen Nordsee. Die Umsetzung der EU-Vogelschutz-Richtlinie in deutschen Gewässern verlangt einen besonderen Schutz für die Artengruppe der Seetaucher, zu der neben dem Stern- auch der Prachttaucher gehört. Ein erster wichtiger Schritt zu ihrem Schutz war die Errichtung zweier Vogelschutzgebiete in der AWZ der Nord- und Ostsee im Jahre 2004. Anthropogene Aktivitäten auf See, wie die Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen oder Schiffsverkehr, beeinflussen Seetaucher jedoch massiv. Im Zuge der fortschreitenden marinen Raumplanung ist es daher bedeutsam, dass Informationen zu Verteilungsmustern und zeitlichem Auftreten von Seetauchern in der deutschen Nordsee weiter verbessert werden. In diesem Artikel wird die aktuelle Datenlage zum räumlich-zeitlichen Auftreten von Seetauchern in der deutschen Nordsee präsentiert. Durch Zusammenführung von Daten aus Forschungsprojekten und Umweltverträglichkeitsstudien hat sich die Datenlage beträchtlich verbessert. Seetaucher wurden im Zeitraum 2000 bis 2013 durch schiffs- und flugzeugbasierte Zählungen erfasst. Auf Basis eines 1 km x 1 km Rasters wurden die Verteilungsmuster mit Hilfe von Generalisierten Linearen Modellen interpoliert.

Die ersten nennenswerten Vorkommen von Seetauchern im Jahresverlauf sind im Oktober im Bereich Ostfrieslands zu finden. Das Vorkommen baute sich in den folgenden Wochen immer weiter auf, bis in den Wintermonaten schließlich fast im gesamten Küstenstreifen der deutschen Nordsee Seetaucher zu finden sind. Im Frühjahr verlagern sich die Gebiete höchster Dichten seewärts, und besondere Schwerpunkte befinden sich im Bereich des Vogelschutzgebietes „Östliche Deutsche Bucht" vor Sylt. Mehrere Windparks liegen in Verteilungsschwerpunkten von Seetauchern. Der mittlere Frühjahrs-Bestand der Seetaucher in der deutschen Nordsee betrug für den Zeitraum 2002 bis 2013 gut 20.000 Individuen. Der Bestandstrend im Frühjahr zeigte keine signifikante Zu- oder Abnahme.

Die aktuellen Daten zum Auftreten von Seetauchern in der deutschen Nordsee wiesen eine gewisse jährliche Variabilität auf, die vermutlich mit Schwankungen in bentho-pelagischen Fischbeständen und hydrographischen Systemen erklärt werden kann. Das Kernvorkommen im Frühjahr lag über die Jahre hinweg konstant im Bereich des Vogelschutzgebietes „Östliche Deutsche Bucht". Auch nach der deutlich verbesserten, aktuellen Datenlage dehnt es sich jedoch Richtung Westen über das Schutzgebiet hinweg aus. Es gibt bereits jetzt Windparks, die teils sehr deutlich mit dem Seetaucher-Vorkommen überlappen.

5. Literatur

Bellebaum J, Bock C, Garthe S, Kube J, Schilz M & Sonntag N 2010: Vorkommen des Gelbschnabeltauchers *Gavia adamsii* in der deutschen Ostsee. Vogelwelt 131: 179-184.

Bivand R, Keitt R & Rowlingson B 2014. Package „rgdal" – Bindings for the geospatial data abstraction library. R package version 0.8-16. http://cran.r-project.org/web/packages/rgdal (letzter Zugriff 15.5.2015).

BMU 2009: Positionspapier des Geschäftsbereichs des Bundesumweltministeriums zur kumulativen Bewertung des Seetaucherhabitatverlusts durch Offshore-Windparks in der deutschen AWZ der Nord- und Ostsee als Grundlage für eine Übereinkunft des BfN mit dem BSH. Einführung eines neuen fachlich begründeten Bewertungsverfahrens. Berlin. (Ausführlich zitiert z. B. in Schwemmer et al. 2014)

BSH 2001, 2003, 2007, 2013: Standard-Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Hamburg. http://www.bsh.de/de/Produkte/Buecher/Standard/index.jsp (letzter Zugriff 2.6.2015)

BSH & BMU (Federal Maritime and Hydrographic Agency and Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety) 2014 (eds): Ecological Research at the Offshore Windfarm alpha ventus. Springer Spektrum, Wiesbaden.

Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL, Borchers DL & Thomas L 2001: Introduction to distance sampling: estimating abundance in biological populations. TJ International, Padstow.

Dahlke C 2002: Genehmigungsverfahren von Offshore-Windenergieanlagen nach der Seeanlagenverordnung. Natur und Recht 24: 472-479.

Diederichs A, Nehls G & Petersen IK 2002: Flugzeugzählungen zur großflächigen Erfassung von Seevögeln und marinen Säugern als Grundlage für Umweltverträglichkeitsstudien im Offshorebereich. Seevögel 23: 38-46.

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

Dierschke V, Exo K-M, Mendel B & Garthe S 2012: Gefährdung von Sterntaucher *Gavia stellata* und Prachttaucher *G. arctica* in Brut-, Zug- und Überwinterungsgebieten – eine Übersicht mit Schwerpunkt auf den deutschen Meeresgebieten. Vogelwelt 133: 163-194.

Dierschke V, Garthe S & Mendel B 2006: Possible conflicts between offshore wind farms and seabirds in the German sectors of North Sea and Baltic Sea. In: Köller J, Köppel H & Peters W (Hrsg): Offshore wind energy. Research on environmental impacts: 121-143. Springer, Berlin.

Dietrich G, Kalle K, Krauss W & Siedler G 1975: Allgemeine Meereskunde. Eine Ein-führung in die Ozeanographie. Gebrüder Borntraeger, Berlin.

ESRI 2011: ArcGIS v. 10. ESRI, Redlands, California.

Garthe S 2003: Verteilungsmuster und Bestände von Seevögeln in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der deutschen Nord- und Ostsee und Fachvorschläge für EU-Vogelschutzgebiete. Ber. Vogelschutz 40: 15-56.

Garthe S 2006: Identification of areas of seabird concentrations in the German North Sea and Baltic Sea using aerial and ship-based surveys: In: von Nordheim H, Boedeker D & Krause JC (Hrsg): Progress in marine conservation in Europe: Natura 2000 sites in German offshore waters: 225-238. Springer, Berlin.

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, Hüppop O & Weichler T 2002: Anleitung zur Erfassung von Seevögeln auf See von Schiffen. Seevögel 23: 47-55.

Garthe S, Markones N, Mendel B, Sonntag N & Krause J 2012: Protected areas for seabirds in German offshore waters: designation, retrospective consideration and current perspectives. Biol. Conserv. 156: 126-135.

Garthe S, Sonntag N, Schwemmer P & Dierschke V 2007: Estimation of seabird numbers in the German North Sea throughout the annual cycle and their bio-geographic importance. Vogelwelt 128: 163-178.

Guse N, Garthe S, Schirmeister B 2009: Diet of Red-throated Divers *Gavia stellata* reflects the seasonal availability of Atlantic Herring *Clupea harengus* in the southwestern Baltic Sea. J. Sea Res. 62: 268-275.

Heinemann D 1981: A range finder for pelagic bird censusing. J. Wildl. Manage. 45: 489-493.

Lewin-Koh NJ & Bivand R 2011: Maptools: Tools for 488 reading and handling spatial objects. R package version 0.8-10. http://CRAN.R489project.org/package/maptools (letzter Zugriff 15.5.2015).

Madsen FJ 1957: On the food habits of some fish-eating birds in Denmark. Divers, grebes, mergansers, and auks. Dan. Rev. Game Biol. 3: 19-83.

Markones N & Garthe S 2012: Ermittlung von artspezifischen Korrekturfaktoren für flugzeuggestützte Seevogelerfassungen als Grundlage für Bestandsberechnungen von Seevögeln im Rahmen des Monitorings in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone von Nord- und Ostsee. Endbericht für das Bundesamt für Naturschutz, Vilm. https://www.ftz.uni-kiel.de/de/forschungsabteilungen/ecolab-oekologie-mariner-tiere/publikationen/dateien-publikationen-ecolab-marine-tiere/Korrekturfaktoren_Methodenvergleich_Endbericht_FTZ_Feb2012.pdf_(letzter Zugriff 3.6.2015)

Markones N, Guse N, Borkenhagen K, Schwemmer H & Garthe S 2014: Seevogel-Monitoring 2012 / 2013 in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee. Bericht für das Bundesamt für Naturschutz, Vilm. https://www.ftz.uni-kiel.de/de/forschungsabteilungen/ecolab-oekologie-mariner-tiere/publikationen/publikationen-ecolab-gruppe-oekologie-mariner-tiere/dateien-publikationen-ecolab-marine-tiere/BfN_Monitoring_Seevoegel_2012-2013_FTZ.pdf (letzter Zugriff 3.6.2015)

Mendel B & Garthe S 2010: Kumulative Auswirkungen von Offshore-Windkraftnutzung und Schiffsverkehr am Beispiel der Seetaucher in der Deutschen Bucht. In: Kannen A, Schernewski G, Krämer I, Lange M, Janßen H & Stybel N (Hrsg): Forschung für ein Integriertes Küstenzonenmanagement: Fallbeispiele Odermündungsregion und Offshore-Windkraft in der Nordsee. Coastline Rep. 15: 31-44.

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

Pannekoek J & van Strien A 2005: TRIM 3 manual (Trends & Indices for Monitoring data). CBS Statistics Netherlands, Voorburg

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, commissioned by DONG Energy and Vattenfall A/S, DK. http://www.folkecenter.net/gb/rd/wind-energy/publications_downloads_wind/ (letzter Zugriff 3.6.2015)

Petersen IK, Nielsen RD 2011: Abundance and distribution of selected waterbird species in Danish marine areas. Report commissioned by Vattenfall A/S. National Environmental Research Institute, Aarhus University, Denmark. www.ens.dk/sites/ens.dk/files/byggeri/abundance_and_distribution_of_selected_waterbird_species_in_danish_marine_areas.pdf (letzter Zugriff 3.6.2015)

R Development Core Team 2013: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, http://www.R-project.org (letzter Zugriff 15.5.2015).

Schwemmer H, Kotzerka J, Mendel B & Garthe S 2014: Gemeinsame Auswertung von Daten zu Seevögeln für das ökologische Effektmonitoring am Testfeld „alpha ventus" (SEABIRD-DATA). Endbericht zum Projekt ‚Ökologische Begleitforschung am Offshore-Testfeldvorhaben alpha ventus zur Evaluierung des Standarduntersuchungskonzeptes des BSH – StUKplus' für das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg. http://www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Wirtschaft/Windparks/StUKplus/Berichte/Abschlussberichte/Schlussbericht_Rastvoegel_Gemeinsame_Auswertung_von_Daten_zu_Seevoegeln_fuer_das_oekologische_Effektmonitoring.pdf (letzter Zugriff 2.6.2015)

Schwemmer P, Mendel B, Sonntag N, Dierschke V & Garthe S 2011: Effects of ship traffic on seabirds in offshore waters: implications for marine conservation and spatial planning. Ecol. Appl. 21: 1851-1860.

Skov H, Durinck J, Leopold MF & Tasker ML 1995: Important bird areas for seabirds in the North Sea including the Channel and the Kattegat. BirdLife International, Cambridge.

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

Skov H & Prins E 2001. Impact of estuarine fronts on the dispersal of piscivorous birds in the German Bight. Mar. Ecol. Prog. Ser. 214: 279-287.

Sonntag N, Mendel B & Garthe S 2006: Die Verbreitung von See- und Wasservögeln in der deutschen Ostsee im Jahresverlauf. Vogelwarte 44: 81-112.

Wood SN 2003: Thin-plate regression splines. Modelling and smoothing parameter estimation with multiple quadratic penalties. J. R. Stat. Soc. B 65: 95-114.

Wood SN 2006: Generalized additive models: an introduction with R. Chapman and Hall, London.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Vogelwarte - Zeitschrift für Vogelkunde

Jahr/Year: 2015

Band/Volume: 53_2015

Autor(en)/Author(s): Garthe Stefan, Schwemmer Henriette, Markones Nele, Müller Sabine, Schwemmer Philipp

Artikel/Article: Verbreitung, Jahresdynamik und Bestandsentwicklung der Seetaucher Gavia spec. in der Deutschen Bucht (Nordsee) 121-138