



Kumulative Auswirkungen von Offshore-Windkraftnutzung und Schiffsverkehr am Beispiel der Seetaucher in der Deutschen Bucht

Bettina Mendel & Stefan Garthe

Forschungs- und Technologiezentrum (FTZ) Westküste

Abstract

There are not many areas in the German Bight that are not used by humans. Apart from intense pressures such as fisheries and shipping, the installation of offshore wind farms will demand huge areas. Since it is known from other studies that several seabird species are sensitive to disturbances, it is most likely that increasing uses will interfere with their distribution and behaviour. To assess possible impacts of anthropogenic pressures, it is important that they are not only considered as single events but also in a cumulative way. In addition to wind farms, other uses such as intense ship traffic are known to influence seabirds distribution.

Based on evidence from investigations at existing offshore wind farms in Sweden and Denmark where strong avoidance responses have been shown, the species group of divers (Red-throated Diver *Gavia stellata*, Black-throated Diver *Gavia arctica*) is taken as example for particular sensitive species.

On the assumption that divers avoid both offshore wind farm areas as well as intensively used shipping lanes, the loss of suitable habitats as well as the number of potentially affected divers is calculated for these two human pressures in the German Bight.

1 Hintergrund und Fragestellung

Die deutsche Nordsee ist nicht nur zur Brutzeit ein sehr wichtiger Lebensraum für Seevögel, denn auch außerhalb der Brutzeit rasten und überwintern dort viele verschiedene Arten in zum Teil international bedeutenden Konzentrationen (Garthe et al. 2007). Von den 28 in der deutschen Nordsee regelmäßig vorkommenden Seevogelarten erreichen 13 Arten dort einen Bestand, der mindestens 1 % ihrer biogeografischen Population entspricht (Garthe et al. 2007). Es werden jedoch weite Bereiche der Nordsee bereits durch den Menschen genutzt. Durch verschiedene Untersuchungen ist bekannt, dass beispielsweise Nutzungen durch Fischerei und Schiffsverkehr ebenso die Flora und Fauna beeinflussen wie Sedimentabbau und militärische Nutzungen (Exo et al. 2003).

Seetaucher zählen zu den empfindlichsten Seevogelarten in Bezug auf Störungen durch jegliche Art von menschlicher Nutzung. Sie reagieren beispielsweise sehr stark auf Störungen durch Schiffsverkehr. Aus verschiedenen Untersuchungen und Beobachtungen ist bekannt, dass Seetaucher schon weit vor sich nähernden Schiffen auffliegen (Garthe et al. 2004, Bellebaum et al. 2006, FTZ unveröffentlichte Daten). Außerdem konnte belegt werden, dass Seetaucher auf Grund dieser hohen Empfindlichkeit viel befahrene Schifffahrtsstraßen meiden (Hüppop et al. 1994, Mitschke et al. 2001, FTZ unveröffentlichte Daten). Diese Meidung bestimmter Areale führt unweigerlich zu einer Verkleinerung und Zerschneidung wichtiger Rast- und Überwinterungsgebiete.

Durch die geplanten Offshore-Windparks kommt auf dem Meer nun noch eine weitere Nutzung hinzu, die eine große Fläche beanspruchen wird. Untersuchungen an bereits existierenden Offshore-Windparks in Dänemark und Schweden haben gezeigt, dass die Artengruppe der Seetaucher zu den besonders betroffenen Seevogelarten gehört, da sie diese Gebiete in einem weiten Umkreis meiden (Pettersson 2005, Petersen et al. 2006). Dabei verlieren die Seetaucher einerseits wichtige Gebiete für

Rast und Nahrungssuche, andererseits müssen sie bei Errichtung großer bzw. vieler Windparks unter Umständen große Umwege in Kauf nehmen, um von einem Rastgebiet ins nächste zu gelangen. Diese Umwege kosten sowohl Zeit, die zur Lasten der Nahrungssuche geht, als auch Energie, was sich negativ auf die Kondition der Vögel auswirken kann.

Bislang wurde bei Untersuchungen anthropogener Effekte der Fokus hauptsächlich nur auf eine einzelne Nutzung gelegt, obwohl alle durchgeführten Nutzungen gleichzeitig auf die Seevögel einwirken. Deshalb ist es unerlässlich, die Auswirkungen anthropogener Nutzungen kumulativ zu betrachten. In diesem Bericht werden daher die ersten Ergebnisse einer kumulativen Betrachtungsweise der Auswirkungen von Offshore-Windkraft und Schiffsverkehr am Beispiel der Seetaucher dargestellt. Dabei werden zwei verschiedene Ansätze verfolgt:

Für Seetaucher stehen nur bestimmte Bereiche der deutschen Nordsee zur optimalen Nahrungssuche zur Verfügung. Daher stellt sich erstens die Frage, wie viel Fläche von ihrem begrenzten Lebensraum noch zur Verfügung stehen würde, wenn alle Nutzungen genauso wie geplant durchgeführt werden. Dazu wird anhand von Verbreitungsdaten der potenziell geeignete Lebensraum der Seetaucher modelliert und mit den Flächen, die durch Offshore-Windparks und Schifffahrtsrouten belegt sind bzw. belegt werden sollen, in Beziehung gesetzt. Außerdem wird zweitens der Einfluss der anthropogenen Nutzung auf Individuen- bzw. Populationsebene betrachtet, wozu die Anzahl der potenziell betroffenen Individuen in Bezug zu ihrem Bestand abgeschätzt werden.

2 Methodik

Untersuchte Vogelarten

Die Artengruppe der Seetaucher besteht aus zwei Arten, dem Sterntaucher (*Gavia stellata*) und dem Prachtaucher (*Gavia arctica*). Die fischfressenden Seetaucher brüten hauptsächlich in skandinavischen Süßgewässern und halten sich außerhalb der Brutzeit vor allem auf dem Meer auf. Die deutschen Nord- und Ostseegewässer werden regelmäßig als Durchzugs- und Winterquartiere genutzt: Der Sterntaucher ist in der Deutschen Bucht weiter verbreitet und kommt dort teilweise in sehr hohen Dichten vor. Der Prachtaucher hingegen macht nur etwa 5 % aller Seetaucher in den deutschen Nordseegewässern aus, ist aber in der deutschen Ostsee teils häufiger als der Sterntaucher (Mendel et al. 2008).

Die Schätzung eines gesamten Winterbestandes für europäische Gewässer ist sehr schwierig, da nicht alle nationalen Winterbestände ausreichend bekannt sind. Nach Durinck et al. (1994) wird der nordwest-europäische Winterbestand auf 110.000 Individuen geschätzt. Dieser Bestand wird vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) als Referenzgröße zur Bewertung von Eingriffen in deutschen Gewässern herangezogen.

Auch die deutschen Bereiche der Nordsee sind für rastende Seetaucher von sehr großer Bedeutung (Abb. 1). Neueste Bestandsberechnungen haben ergeben, dass sich beispielsweise im Frühjahr in den deutschen Nordseegewässern 16.500 Sterntaucher und 2.000 Prachtaucher aufhalten (Garthe et al. 2007). Von den insgesamt 18.500 Seetauchern kommen 14.600 in der deutschen AWZ vor, wo so gut wie alle Offshore-Windparks geplant sind. Im SPA (Special Protection Area) „Östliche Deutsche Bucht“ beträgt der Bestand zu dieser Jahreszeit 3.610 Tiere. Da der Gesamtbestand der beiden Seetaucherarten in den letzten Jahrzehnten deutlich abgenommen hat, sind Stern- und Prachtaucher wegen ihrer Gefährdung im Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie gelistet. Auf Grund der großen Bedeutung der deutschen Gewässer als Rastgebiet sowie ihrer Gefährdung und Empfindlichkeit gegenüber anthropogenen Störungen wurden Seetaucher zum Gegenstand der aktuellen Windkraftdiskussion. Aus diesen Gründen wurden Seetaucher als Beispielart für diese Untersuchung ausgewählt.

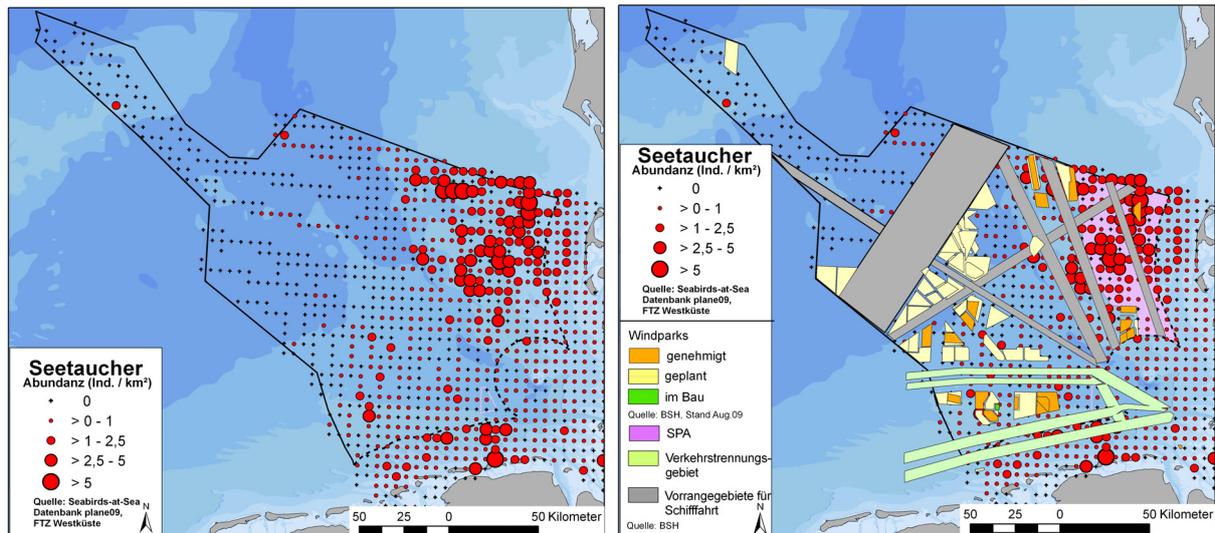


Abb. 1: Links: Verbreitung der Seetaucher im Frühjahr in der Deutschen Bucht. Die Karte fasst Daten aus dem Zeitraum 1.3.–15.5. der Jahre 2002 bis 2008 zusammen. Rechts: Anthropogene Nutzungen auf dem Meer und Verbreitung der Seetaucher (wie links). Die Vorranggebiete für Schifffahrt entstammen dem Raumordnungsplan für die deutsche AWZ (BSH 2009a)

Datenerfassung und Datenauswertung

Seit 1990 wird in der deutschen Nordsee das „Seabirds-at-Sea“-Untersuchungsprogramm durchgeführt, um die Verbreitung und Häufigkeit von See- und Küstenvögeln zu erfassen. Diese Zählungen werden von Schiffen aus durchgeführt. Seit 2002 finden diese Zählungen zusätzlich auch von Flugzeugen aus statt. Das entscheidende Prinzip dieser Zählmethode ist es, die Abundanz der Vögel zu bestimmen, also die Individuenzahl in einer bestimmten Fläche. Dazu werden die Vögel innerhalb eines definierten Transekts gezählt. Durch die Breite des Transekts und die Strecke, die das Schiff oder Flugzeug in einem definierten Zählintervall zurücklegt, wird ein Flächenbezug erstellt, der zur Berechnung der Dichte herangezogen wird.

Die hier verwendeten Daten stammen aus Vogelzählungen, die von einem kleinen zweimotorigen Flugzeug aus durchgeführt wurden (zur detaillierten Beschreibung der Erfassungsmethode siehe Diederichs et al. 2002). Diese Methode eignet sich am besten zur Erfassung von Seetauchern, da diese, wie oben beschrieben, eine hohe Fluchtdistanz gegenüber Schiffen aufweisen. Da Seetaucher vom Flugzeug aus bei nicht optimalen Bedingungen übersehen werden können, wird ein Korrekturfaktor von 1,9 angewendet, der mit den Seetauchernzahlen multipliziert wird (Garthe et al. 2007). Die hier durchgeführten Auswertungen beziehen sich auf das Seetauchervorkommen während des Frühjahrs (1.3.–15.5.), da sich zu dieser Zeit die meisten Seetaucher in deutschen Gewässern aufhalten. Es wurden für die Berechnungen Daten der Jahre 2002 – 2008 berücksichtigt.

Definition des geeigneten Lebensraumes

Um auf Grundlage der Verbreitungsdaten eine räumliche Modellierung des geeigneten Lebensraumes von Seetauchern durchzuführen, wurde ein Verallgemeinertes Additives Modell (*Generalised Additive Model*, GAM) verwendet (siehe Guisan et al. 2002, Leathwick et al. 2006, Schwemmer et al. 2009, Sonntag et al. 2009).

Ein GAM ist eine semiparameterfreie Regressionsanalyse zur Modellierung nicht normalverteilter Daten (Wood 2006). Das resultierende Modell setzt sich aus einzelnen Teilmodellen zusammen, so genannten *Splines*. Diese *Splines* können lineare, quadratische oder kubische Modelle sein. Hinsichtlich der räumlichen Modellierung können lokale Effekte sehr genau erfasst werden, ohne dass sie einen überproportionalen Einfluss auf das Gesamtmodell haben.

Bei der Modellierung des GAMs der Seetaucher-Lebensräume wurde die Abundanz der Vögel in einem 5x5 km Raster als Antwortvariable benutzt. Die Längen- und Breitenkoordinaten der Rastermittelpunkte wurden als Kovariablen herangezogen. Als zu Grunde liegende Verteilung der *Splines* wurde die Poisson-Verteilung gewählt.

Das GAM, welches die Karte der modellierten räumlichen Verbreitung zeigt, wird für weitere Auswertungen in das Programm ArcGIS 9.2 (ESRI) eingeladen. Das GAM zeigt Isolinien, die die Bereiche mit derselben Vogeldichte anzeigen. Diese Gebiete werden zusätzlich in derselben Farbe dargestellt (helles gelb zeigt geringe Abundanzen an, je dunkler die Farbe (rot) desto höher sind die Vogeldichten). Für die folgende Auswertung wurde der Bereich der 0,1-Isolinie als „geeignetes Habitat“ für Seetaucher definiert. Der Bereich zwischen der 0,1- und der 0,2-Isolinie stellt zwar für Seetaucher ein potentiell geeignetes Habitat dar, jedoch haben die Gebiete jenseits der 0,2-Isolinie eine wichtigere Bedeutung als Rastgebiet, da sich dort mehr Seetaucher in höheren Dichten aufhalten. Als Grenzwert wurde die 0,2-Isolinie gewählt, damit kleinere lokale Ansammlungen von Seetauchern nicht zu stark betont werden, da sie oft nur durch wenige Beobachtungen zustande kamen. Die drei Bereiche, die durch die 0,2-Isolinie markiert sind, werden im Folgenden als „Hauptverbreitungsgebiete“ bezeichnet, wobei berücksichtigt werden muss, dass allen drei Bereichen eine unterschiedliche Wichtigkeit als Rastgebiet zukommt (Abschnitt 3).

Flächenverluste durch anthropogene Nutzungen

Die oben beschriebene Habitatmodellierung zeigt, dass für Seetaucher nur bestimmte Gebiete in Frage kommen, in denen sie optimal rasten und überwintern können. Wenn man nun davon ausgeht, dass neben dem schon existierenden Schiffsverkehr neue Nutzungen in der Nordsee geplant sind, stellt sich die Frage, wie viel Lebensraum für Seevögel dadurch verloren geht. Dazu wird die Größe der beanspruchten Flächen der einzelnen Nutzungen berechnet und auf die Größe des Seetaucher-Lebensraumes bezogen.

Verkehrstrennungsgebiet

In der Deutschen Bucht findet der Schiffsverkehr hauptsächlich in Ost-West-Richtung statt. Dabei konzentriert sich der Verkehr in drei Verkehrstrennungsgebieten (BSH 2009b), die zu den meist befahrenen Schifffahrtsstraßen der Welt gehören und mit genau vorgeschriebenen Fahrwasserbreiten für jede Fahrtrichtung den Verkehr regeln. Zwei dieser Verkehrstrennungsgebiete (VTG) verlaufen durch den südlichen Teil der Seetaucher-Lebensräume. Die VTG bestehen jeweils aus zwei Schifffahrtsstraßen (eine pro Fahrtrichtung), die von einer dazwischen liegenden Trennzone geteilt sind. In den Schifffahrtsstraßen ist im Gegensatz zu der Trennzone Fischerei verboten.

Untersuchungen im Bereich des südlichen VTGs haben gezeigt, dass Seetaucher die viel befahrenen Bereiche meiden und sich signifikant häufiger in der Trennzone aufhalten (FTZ unveröffentlichte Daten). Auf dieser Grundlage wird in dieser Untersuchung angenommen, dass Seetaucher die viel befahrenen Schifffahrtsstrecken meiden.

Es wird im Folgenden berechnet, wie viel Fläche des VTGs in den Seetaucher-Lebensräumen liegt und damit als ungestörtes Rastgebiet verloren geht. Dabei wird allerdings die Fläche der Trennzone nicht ausgeschlossen, auch wenn dort relativ gesehen häufiger Seetaucher vorkommen. Dieses Gebiet wird zwar nicht von den großen kommerziellen Schiffen befahren, aber dafür von Fischereifahrzeugen, die immer wieder kurzfristige Störungen hervorrufen können. Da die Seetaucher eine sehr hohe Fluchtdistanz aufweisen, kann man außerdem davon ausgehen, dass bereits Schiffe, die am Rand des VTGs fahren, Auswirkungen auf rastende Seetaucher in der Trennzone haben können.

Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Schiffsverkehr

Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie hat in einem maritimen Raumordnungsplan für die AWZ bestimmte Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Schifffahrt ausgewiesen (BSH 2009a). Diese Bereiche wurden auf Grundlage von schon bestehenden Hauptschifffahrtsrouten und in Bereichen mit Hinweisen auf zunehmenden Schiffsverkehr festgelegt. Diese Vorranggebiete wurden

festgelegt, um wichtige Schifffahrtsrouten von für die Schifffahrt unverträglichen Nutzungen freizuhalten. Jedoch führt diese Festlegung nicht unmittelbar zur Lenkung und Bündelung des Schiffsverkehrs, da auch weiterhin die gesamte Deutsche Bucht durch Seeverkehr genutzt werden kann.

In dieser Auswertung werden die Vorranggebiete einbezogen, die zusätzlich zum VTG vorgeschlagen wurden. Es wurde dabei angenommen, dass auch diese Flächen in Zukunft als ungestörte Nahrungs- und Rasthabitate verloren gehen. Die Flächen der Vorrang- und Vorbehaltsgebiete, die innerhalb der Lebensräume der Seetaucher liegen, wurden hier zusammengefasst berechnet.

Offshore-Windkraft

Da nachgewiesen wurde, dass Seetaucher Offshore-Windparks weiträumig meiden (Pettersson 2005, Petersen et al. 2006), wird in dieser Auswertung davon ausgegangen, dass die gesamten Windparkflächen nicht mehr durch Seetaucher genutzt werden. Da die Vögel den Windparks schon in weiter Entfernung ausweichen, wird außerdem eine Pufferzone von 2 km um jeden Windpark modelliert, die ebenfalls als Lebensraum für Seetaucher verloren gehen würde. Da diese weiträumige Meidung als realistisch anzusehen ist, und offensichtlich auch in größerer Entfernung noch verminderte Abundanzen auftreten, werden im Folgenden die Werte für die Windparks inklusive der 2-km Pufferzone angegeben, wenn nicht explizit anders benannt. Die bei der Puffer-Erstellung entstehenden Flächenüberschneidungen bei nahe beieinander liegenden Windparks werden bei der Berechnung berücksichtigt.

Bis zum August 2008 wurden in der deutschen Nordsee 19 Windparks genehmigt, die insgesamt eine Fläche von 704 km² einnehmen. Von diesen liegen 14 gänzlich im Bereich des geeigneten Habitats der Seetaucher (drei weitere Windparks liegen nur mit kleinen Teilflächen in diesem Gebiet). Die meisten dieser 14 Parks liegen zwischen den Verkehrstrennungsgebieten sowie im Nordosten der AWZ bis zu 100 km westlich vor Sylt. Zur Berechnung des Flächenverlustes wurden alle Windparks bzw. ihre Teilflächen herangezogen, die im geeigneten Habitat bzw. in den Hauptverbreitungsgebieten liegen (Abb. 3).

Kumulative Betrachtung

Die hier genannten, für Seetaucher störenden Nutzungen wirken nicht einzeln, sondern gleichzeitig auf die Vögel ein. Deswegen ergibt sich die Notwendigkeit, die negativen Auswirkungen der Eingriffe kumulativ zu betrachten, um das Ausmaß der Störungen bewerten zu können. Dazu wurden alle durch Schiffsverkehr und Windkraft beanspruchten Flächen addiert, um den Flächenverlust der Seetaucher-Lebensräume berechnen zu können. Dabei ist zu beachten, dass sich die Bedeutung des Flächenverlustes zwischen den zwei Nutzungsformen unterscheidet.

Es wurde davon ausgegangen, dass die Flächen, die zukünftig mit Offshore-Windparks bebaut werden sollen, ebenso wie eine 2-km breite Pufferzone um jeden Windpark herum, gänzlich von Seetauchern gemieden werden. Diese Annahmen können sicher getroffen werden, da es aus den bestehenden Windparks in Dänemark und Schweden viele Beobachtungen gibt, die genau dieses Verhalten von Seetauchern belegen. Problematischer wird es bei dem anzunehmenden Flächenverlust durch die Schifffahrt. Es konnte zwar nachgewiesen werden, dass Seetaucher häufiger in Bereichen rasten in denen kein bzw. nur wenig Schiffsverkehr herrscht (Mendel et al. in Vorbereitung), es ist jedoch schwierig, einen Wert für die Intensität der Meidung zu berechnen. Seetaucher fliegen in weiter Entfernung zu sich nähernden Schiffen auf und suchen dann vermutlich zu dieser Zeit ungestörte oder zumindest weniger gestörte Bereiche auf. Bereiche mit sehr starkem Schiffsverkehr werden höchst wahrscheinlich gänzlich als Nahrungs- oder Rastgebiet gemieden. Jedoch ist noch nicht vorherzusehen, wie sich die Intensität des Schiffsverkehrs in den Vorranggebieten entwickeln wird. Sicher ist jedoch, dass in allen Hauptschifffahrtsstraßen keine ungestörte Rast stattfinden kann und diese Gebiete deswegen stark an Wert verlieren werden.

Betroffene Individuen

Eine wichtige Diskussion beispielsweise in Offshore-Windkraft-Verfahren befasst sich damit, wie viele Individuen von bestimmten Nutzungen beeinträchtigt werden dürfen, ohne dass es zu Auswirkungen auf Populationsebene kommt. Bereits 1971 trat die Ramsar-Konvention in Kraft, die ein Instrumentarium zur Bewertung von Wasservogel-Rastgebieten liefert (Herkenrath & O'Sullivan 1999). Es wurde dabei festgelegt, dass ein Rastgebiet internationale Bedeutung erlangt, wenn es regelmäßig mind. 1 % der biogeografischen Population einer Art beherbergt. Dabei ist egal, ob es sich um kurze Rastaufenthalte während des Durchzuges handelt oder um mehrmonatige Aufenthalte, z. B. im Überwinterungsgebiet. Von Dierschke et al. (2003) wurde vorgeschlagen, auch für Seevögel ein 1 %-Kriterium einzuführen. Da zwar zum Schutz von Seevögeln internationale Zusammenarbeit erforderlich wäre, es momentan aber noch keine Grundlagen dafür gibt, schlagen die Autoren vor, die Bewertung von Störungen deswegen übergangsweise für die nationale Ebene durchzuführen. Ein Vorteil dabei wäre, dass durch die jahrelangen Seevogelkartierungen (Garthe et al. 2007) die nationalen Bestandsgrößen der verschiedenen Arten, so auch für die der Seetaucher, sehr genau bekannt sind, während die biogeografischen Bestände oft nur auf groben Schätzwerten basieren.

Dierschke et al. (2003) gehen davon aus, dass es sich um eine unzulässige Beeinträchtigung handle, die sich auf Populationsniveau bemerkbar machen würde, wenn 1 % des nationalen Bestandes einer Seevogelart in mindestens einer Jahreszeit durch Störung betroffen wäre. Dieser Schwellenwert von 1 % darf nur bei der Betrachtung von kumulativen Effekten herangezogen werden. Um Auswirkungen eines einzelnen Windparks bewerten zu wollen, müssten die Schwellenwerte erheblich niedriger liegen (Dierschke et al. 2003).

Bezogen auf den nordwest-europäischen Winterbestand von 110.000 Individuen nach Durinck et al. (1994) liegt der Schwellenwert des 1 %-Kriteriums bei 1.100 Individuen. Wenn man vom nationalen Bestand von 18.500 Individuen ausgeht (Garthe et al. 2007) dürften nicht mehr als 185 Seetaucher durch die Störungen beeinträchtigt werden.

Um nun zu untersuchen, wie viel Prozent des nationalen Seetaucherbestandes durch die Nutzungen Schifffahrt und Offshore-Windparks betroffen wären, wurden Bestandsberechnungen durchgeführt. Dazu wurden die Daten von im Frühjahr rastenden Seetauchern herangezogen, da sich zu dieser Jahreszeit in den deutschen Gewässern die meisten Seetaucher befinden. Um Bestände berechnen zu können, braucht man einen Abundanzwert der Vögel, der auf eine bestimmte Fläche hochgerechnet werden kann und somit Auskunft über die sich dort aufhaltenden Individuen gibt. Es ist entscheidend, diese Berechnungen nicht auf Grundlage nur einer Zählung durchzuführen; es sollten daher genügend Daten aus möglichst verschiedenen Jahren vorliegen. Um diese gute Datenbasis zu gewährleisten, wurden in der Deutschen Bucht fünf größere Gebiete ausgewählt, in denen das Seetauchervorkommen relativ einheitlich ist und in denen mehrere Windparks liegen (zur Methode siehe Dierschke et al. 2006). Für jeden dieser Bereiche wurde über die Anzahl der dort vorkommenden Seetaucher und die in dem Bereich kartierte Fläche ein Abundanzwert berechnet. Es wird davon ausgegangen, dass die Abundanz der Seetaucher innerhalb dieser Bereiche einigermaßen gleichförmig ist. Diese Dichtewerte wurden jeweils mit den Flächen der einzelnen Windparks bzw. den Schifffahrtslinien multipliziert, um die Summe der betroffenen Individuen in jedem Teilgebiet zu erhalten.

Bei der Auswertung wurde davon ausgegangen, dass alle Seetaucher, die sich jetzt in den Bereichen der zukünftigen Windparks befinden, vertrieben werden. Das heißt 100 % der in diesen Gebieten vorkommenden Seetaucher wären durch die Nutzung Windkraft betroffen. Im Falle der Schifffahrtslinien wird davon ausgegangen, dass der Schiffsverkehr grundsätzlich als Störquelle gegenüber Seetaucher-Rastgebieten fungiert, es innerhalb der Schifffahrtstrecken jedoch immer wieder Teilbereiche gibt, in denen die Störung nicht konstant auftritt. Da zudem nicht abzusehen ist, wie sich die Intensität des Seeverkehrs in Zukunft entwickeln wird, wurde in dieser Untersuchung davon ausgegangen, dass 50 % der in den Schifffahrtslinien vorkommenden Seetaucher durch diese Nutzung betroffen sind.

3 Ergebnisse

Wo befindet sich der geeignete Lebensraum für Seetaucher?

Das GAM, das auf Grundlage der Verbreitungsdaten der Seetaucher im Frühjahr erstellt wurde, modelliert die Gebiete, in denen Seetaucher vorkommen. Die dort gezeigten Isolinien stellen die Dichtewerte der dort vorkommenden Seetaucher dar (Abb. 2). Die Isolinie 0,1 deckt ein großes Gebiet von einer Fläche von 21.116 km² ab und wird als „geeignetes Habitat“ der Seetaucher definiert. Dieses Gebiet nimmt fast den gesamten Teil der inneren Deutschen Bucht ein (Abb. 3).

Die Isolinie 0,2 markiert drei kleinere Flächen mit einer Gesamtflächengröße von 11.690 km². Diese drei Bereiche werden als „Hauptverbreitungsgebiete“ bezeichnet. Auch wenn diese drei Gebiete in den folgenden Auswertungen zusammen als Hauptverbreitungsgebiete betrachtet werden, unterscheiden sich alle Gebiete stark in ihrer Bedeutung als Rastgebiet. Das größte und wichtigste der drei Gebiete liegt im Norden der Deutschen Bucht und erstreckt sich hauptsächlich in der AWZ von Sylt im Norden bis vor Eiderstedt (Abb. 3). In diesem Bereich befindet sich auch das SPA „Östliche Deutsche Bucht“. Es werden in diesem nördlichen Gebiet mit Abstand die höchsten Dichtewerte erreicht (Abb. 2, Dichtewert 1,2). Das zweitwichtigste Gebiet befindet sich nördlich der Ostfriesischen Inseln (Abb. 3). Dort erreichen die modellierten Dichten einen maximalen Wert von 0,8. Das dritte und kleinste Gebiet befindet sich im Bereich der Wesermündung und ist eher von untergeordneter Bedeutung. Möglicherweise kommt dort der Dichtewert von 0,2 durch einzelne Beobachtungen zustande. Der Vollständigkeit halber wird dieses Gebiet aber ebenso gewertet wie die übrigen Hauptverbreitungsgebiete. Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass in den Bereichen zwischen den Linien 0,1 und 0,2 Seetaucher regelmäßig vorkommen, dort aber eher vereinzelt anzutreffen sind. Die drei Bereiche ab der 0,2-Isolinie werden von Seetauchern bevorzugt aufgesucht und haben daher eine größere Bedeutung als Rast- und Überwinterungsgebiete, wobei aber die unterschiedliche Wichtigkeit dieser drei Gebiete berücksichtigt werden muss.

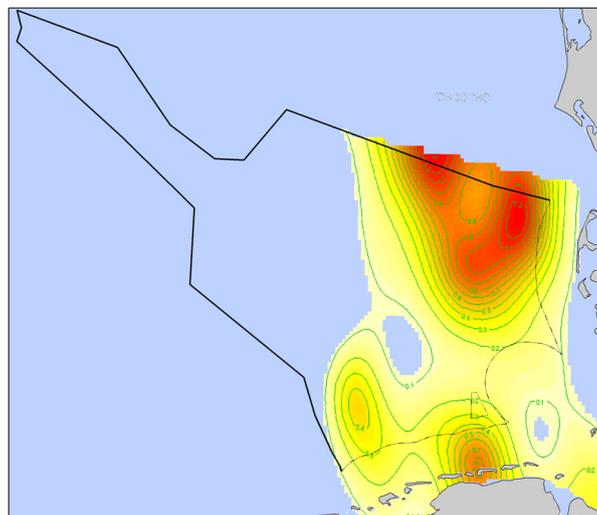


Abb. 2: Modellierter Verbreitung der Seetaucher im Frühjahr. Zur Datengrundlage siehe Abb. 1. Die Isolinien des GAMs zeigen Bereiche derselben Vogeldichte an. Zusätzlich werden die Dichtewerte über die Farben skaliert (je dunkler desto höhere Seetaucher-Dichten)

Wie viel Fläche des für Seetaucher geeigneten Lebensraumes geht verloren?

Die 14 im Bereich des geeigneten Habitats der Seetaucher liegenden Windparks nehmen ohne Pufferbereiche eine Fläche von ca. 520 km² ein (Abb. 3): Das bedeutet, dass allein durch die

Windkraft insgesamt 3 % des gesamten Habitats gänzlich verloren gehen. Wenn man die 2-km-Pufferzone rund um die Windparks mit einberechnet sind es 7 % der Fläche.

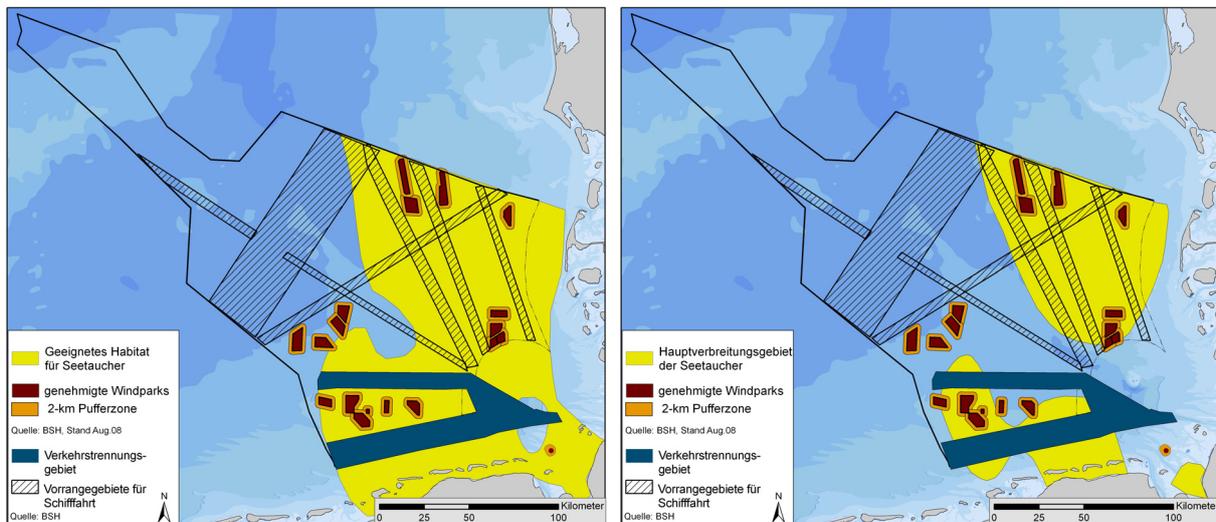


Abb. 3: Anthropogene Nutzungen im geeigneten Habitat der Seetaucher (links) und in den Hauptverbreitungsgebieten (rechts) auf Basis der vom BSH genehmigten Windparks (Stand: August 2008). Die Vorranggebiete entstammen dem Raumordnungsplan der deutschen AWZ (BSH 2009a)

Die zwei Verkehrstrennungsgebiete belegen eine Fläche von 2.710 km² und die Vorrang- und Vorbehaltsgebiete, die die maritime Raumordnung für den Schiffsverkehr vorsieht, etwa 2.818 km². Zusammengefasst betrachtet werden von Windkraft und Schifffahrt 29 % des geeigneten Habitats der Seetaucher beeinträchtigt (Tab. 1).

Dabei kann unterschieden werden, dass durch den Bau von Windparks die betroffenen Flächen gänzlich verloren gingen, während 26 % der Fläche durch die Schifffahrt zu einem für Seetaucher gestörten Bereich würden. Inklusive des 2-km Pufferbereichs werden von beiden Nutzungen zusammen 33 % des Habitats eingenommen.

Neun der 19 genehmigten Windparks liegen vollständig in den drei Bereichen des Hauptverbreitungsgebietes. Vier weitere Parks liegen nur zum Teil in den Seetauchergebieten. Die Fläche der Windparks ohne Puffer beträgt innerhalb des Hauptverbreitungsgebietes ca. 435 km². Wenn man die 2-km Pufferzone mit einbezieht, beträgt die Fläche etwa 1.105 km² (Tab. 1). Damit werden durch die Nutzungen Windkraft und Schiffsverkehr insgesamt 35 % bzw. 41 % des Hauptverbreitungsgebietes belegt. Von den letztgenannten 41 % gehen insgesamt ca. 9 % gänzlich durch den Bau der Windparks verloren. Wie man an diesen Ergebnissen erkennen kann, machen die Pufferzonen einen großen Teil des Flächenverlustes aus. Da bekannt ist, dass Seetaucher schon weite Bereiche um die Windparks meiden, beziehen sich die folgenden Zahlen auf die Störungen inklusive der Pufferbereiche.

Die zwei großen Hauptverbreitungsgebiete werden wegen ihrer großen Bedeutung zusätzlich separat betrachtet. Das nördliche Gebiet deckt eine Fläche von 7.410 km² ab, während die geplanten Nutzungen in diesem Bereich eine Fläche von 2.910 km² einnehmen (39 %) würden. Dort kommen die Seetaucher in sehr hohen Dichten vor (Abb. 1), so dass sich die genehmigten Windparks im Nordosten der Deutschen Bucht genau in den Seetaucher-Hotspots befinden. Des Weiteren findet hier eine Zerschneidung des Lebensraums durch die Vorrang- und Vorbehaltsgebiete statt.

Das südliche Seetaucher-Gebiet vor den Ostfriesischen Inseln ist 4.024 km² groß. Es werden 47 % der Fläche durch menschliche Nutzungen belegt (1.871 km²). Dort befinden sich die größten Seetaucherkonzentrationen südlich des VTGs vor den Ostfriesischen Inseln. Im westlichsten Teil

dieses Gebietes befinden sich zwischen den beiden VTG einige genehmigte Windparks. Dort gibt es einen kleinen Hotspot von Seetauchern, der aber geringere Dichten erreicht als in den oben bereits erwähnten Hotspots. Um die Windparks herum bleiben zudem noch einige Randbereiche frei, die nicht bebaut werden.

Tab. 1: Durch anthropogene Nutzung beanspruchte Flächen. OWP = Offshore-Windpark, Stand August 2008, VTG = Verkehrstrennungsgebiet und RO = maritime Raumordnung für Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Schifffahrt

	Geeignetes Habitat (21.116 km ²)		Hauptverbreitungsgebiete (11.690 km ²)	
	Fläche(km ²)	Fläche incl.Puffer (km ²)	Fläche (km ²)	Fläche incl. Puffer (km ²)
OWP (Aug 08)	520	1.381	435	1.104
VTG	2.710	2.710	1.552	1.552
RO	2.818	2.818	2.153	2.153
Summe	6.048	6.909	4.140	4.809

Wie viele Seetaucher werden durch anthropogene Nutzungen beeinträchtigt?

Im Frühjahr beträgt der Bestand der Seetaucher in der deutschen Nordsee 18.500 Individuen (16.500 Sterntaucher und 2.000 Prachttäucher, Garthe et al. 2007). In den anthropogen genutzten Bereichen des geeigneten Habitats halten sich im Frühjahr insgesamt 6.010 Individuen auf. Wenn man davon ausgeht, dass durch die Nutzung der Windparks 100 % und durch Schiffsrouten 50 % der Tiere beeinträchtigt wären, würden insgesamt 4.168 Individuen aus ihren Lebensräumen vertrieben werden. Bezogen auf den oben genannten nationalen Bestand wären daher 23 % des in der deutschen Nordsee vorkommenden Bestandes durch die Nutzungen betroffen.

In den menschlich genutzten Hauptverbreitungsgebieten kommen insgesamt 5.482 Individuen vor. Durch die unterschiedliche Betrachtung der Nutzungsformen wären insgesamt 3.397 Seetaucher negativ beeinträchtigt. Dies sind 18 % des gesamten Bestandes der deutschen Nordsee. Dem nördlichsten der drei Hauptverbreitungsgebiete kommt auch hier die größte Bedeutung zu. Denn alleine in diesem Gebiet werden 2.792 Individuen von den Störungen beeinträchtigt. Dabei wäre der Bau der Windparks für 41 % der beeinträchtigten Seetaucher verantwortlich.

4 Diskussion

Diese Untersuchung macht deutlich, dass Seetaucher schon jetzt durch den aktuell herrschenden Schiffsverkehr auf dem Meer beeinträchtigt werden. Außerdem konnte gezeigt werden, dass auch die zukünftigen Offshore-Windkraftanlagen zusätzlich negativ auf das Vorkommen der Seetaucher wirken würden. Viele Seetaucher verlieren also durch diese beiden Nutzungen Rast- und Nahrungshabitats.

Um die Auswirkungen der menschlichen Eingriffe besser bewerten zu können, wurden zwei methodische Ansätze verfolgt. Zum einen wurde auf Basis des Lebensraumes der Seetaucher errechnet, wie viel Fläche insgesamt durch die Nutzungen Schiffsverkehr und Windkraft verloren geht, wenn von einer Meidung der gestörten Gebiete ausgegangen wird. Zum anderen wurde dargestellt, wie viele Individuen durch die menschlichen Eingriffe gestört wären, um mögliche Auswirkungen auf Populationsebene besser einordnen zu können. Diese Untersuchungen wurden am Beispiel von Stern- und Prachttäuchern durchgeführt, da sie zu den empfindlichsten Seevogelarten in Bezug auf menschliche Störung gehören und deshalb im Genehmigungsverfahren der Windparks zu einem aktuellen und relevanten Diskussionspunkt geworden sind.

Die hier betrachteten anthropogenen Nutzungen müssen jedoch unterschiedlich bewertet werden. Der Schiffsverkehr ist eine „reale“ Nutzung und hat schon jetzt einen Einfluss auf die Verteilung der Seetaucher. Das Verkehrsaufkommen in den VTG ist dabei sehr viel höher als in den übrigen Hauptschiffahrtsstraßen, auf deren Grundlage die meisten Vorranggebiete der Raumordnung entwickelt worden sind. Man kann daher davon ausgehen, dass Seetaucher in Bereichen des VTGs (z. B. im südlichen Teil) nahezu 100 % ihres Lebensraumes verlieren, da sie viel befahrene Schiffahrtsstraßen meiden (Hüppop et al. 1994). Da einerseits in den Vorranggebieten der Raumordnung aktuell weniger Verkehr herrscht als in den VTG, und da andererseits noch nicht abgeschätzt werden kann, wie sich das Verkehrsaufkommen dort in den nächsten Jahren entwickelt, wurde für diese Auswertung angenommen, dass die gesamte Fläche nicht mehr als ungestörtes Nahrungs- und Rasthabitat zur Verfügung steht. Für die Berechnungen auf Individuenebene wurde jedoch davon ausgegangen, dass 50 % der dort vorkommenden Seetaucher diese Gebiete meiden, was als eine Annäherung an die potenziell entstehenden Verluste zu sehen ist.

Für die zweite Nutzung durch Offshore-Windparks gibt es in Deutschland noch keine realen Daten, da erst vor kurzem der erste Test-Windpark *alpha ventus* gebaut wurde. Was die Auswirkungen betrifft, die durch den Bau der Windparks hervorgerufen werden, kann daher derzeit nur auf Untersuchungen aus anderen Staaten zurückgegriffen werden. Auf Basis der dänischen und schwedischen Untersuchungen kann man allerdings davon ausgehen, dass Seetaucher nicht nur den Windpark, sondern auch einen Bereich von mindestens 2 km rund um den Park meiden (zusammengestellt in Dierschke & Garthe 2006). Aus diesem Grund wird in dieser Studie davon ausgegangen, dass auch Seetaucher in den deutschen Nordseegewässern die Gebiete der Windparks weiträumig meiden werden, so dass hier ein Habitatverlust von 100 % sowohl für die eigentlichen Windparkflächen als auch für die 2-km Pufferbereiche sicher angenommen werden kann.

Wie auf den Abb. 1 und 3 zu sehen ist, werden die Lebensräume der Seetaucher durch die Schifffahrtsrouten und Windparks fragmentiert. Allein die Schifffahrt beeinträchtigt 27 % des geeigneten Seetaucher-Habitats. Durch die zukünftige Nutzung der Windkraft verlieren die Seetaucher 7 % ihres potentiell geeigneten Habitats bzw. 9 % ihrer Hauptverbreitungsgebiete.

Da die beiden hier genannten Nutzungsformen in Zukunft gemeinsam auf die Seetaucher einwirken, wurden auch ihre Auswirkungen zusammen betrachtet. Dabei muss allerdings die unterschiedliche Relevanz der Lebensräume berücksichtigt werden: auf der einen Seite das große potentiell geeignete Habitat mit zum Teil geringen Seetaucher-Dichten, und auf der anderen Seite die Hauptverbreitungsgebiete in denen sich zum Teil wichtige Hotspots befinden.

Von der großen Fläche des geeigneten Habitats der Seetaucher verbleiben nach dieser Betrachtungsweise ca. 67 %, wobei die Störungen durch Fischereifahrzeuge sowie durch Freizeitboote in anderen Bereichen nicht berücksichtigt wurden. Die Fläche, die den Seetauchern als geeignetes Habitat zugeordnet wird, umfasst zwar eine große Fläche, doch entsprechen die Hauptverbreitungsgebiete, in denen Seetaucher in hohen Dichten vorkommen, gerade 55 % dieses Gebietes. Auf Individuenebene betrachtet bedeutet dies, dass im gesamten geeigneten Habitat mehr als 4.150 Seetaucher beeinträchtigt werden, von denen sich 82 % allein in den Hauptverbreitungsgebieten befinden (im nördlichen Teil vor Sylt sind es alleine über 2.790 betroffene Vögel).

Diese vielen beeinträchtigten Seetaucher, die aus den gestörten Bereichen ihrer Hauptverbreitungsgebiete vertrieben werden, müssen sich nun einen neuen Rastplatz suchen. Es ist beim gegenwärtigen Kenntnisstand unmöglich vorherzusagen, ob sich die gestörten Seetaucher in die verbleibenden Flächen verlagern werden, oder ob es zu großräumigen Umverlagerungen in andere Rastgebiete außerhalb Deutschlands kommen wird. Ebenfalls ist unklar, ob eine Verdichtung der Vögel in möglicherweise suboptimalen Bereichen zu Nahrungsengpässen aufgrund von dichteabhängiger Konkurrenz führt (Lewis et al. 2001). Eigene Beobachtungen ergaben, dass auch Seetaucher in ihren Überwinterungsgebieten eher einzeln oder in kleinen Gruppen vorkommen (FTZ unveröffentlichte Daten), was vermuten lässt, dass außerhalb der Brutgebiete dichteabhängige

Nahrungskonkurrenz eine wichtige Rolle spielt. Es ist zudem zu bedenken, dass in den Bereichen der Windparks sowie im Verkehrstrennungsgebiet fischereiliche Aktivitäten nicht erlaubt sind. Aus diesem Grund wird auch die Fischerei auf die ungenutzten Bereiche ausweichen müssen, was möglicherweise zu einer Verdichtung der Fischereifahrzeuge in auch für Seetaucher relevanten Bereichen führen kann. Da bekannt ist, dass auch unregelmäßige und kurzfristige Störungen durch Schiffsverkehr die Seetaucher stark in ihrer Verteilung beeinflussen, muss bedacht werden, dass auch in den hier scheinbar als ungenutzte Bereiche benannten Gebieten immer wieder Störungen durch fahrende Schiffe auftreten werden.

Durch die Bebauung mit Windkraftanlagen sowie durch intensiven regelmäßigen Schiffsverkehr werden Seetaucher aus den genutzten Bereichen vertrieben. Möglicherweise müssen sie sich dadurch in Bereiche zurückziehen, in denen sie ein schlechteres Nahrungsangebot vorfinden. Wenn sich die Nahrungssituation durch Vertreibung aus ihren Nahrungshabitaten oder durch Konkurrenzdruck zwischen den Vögeln verschlechtert, und Seetaucher zusätzlich durch sich nährende Schiffe häufig auffliegen müssen, kann sich ihre Körperkondition verschlechtern. Es ist außerdem fraglich, in wie weit die Seetaucher den höheren Energieaufwand durch das ständige Auffliegen in einer sich dadurch verkürzten Nahrungssuchzeit wieder ausgleichen können. Die Individuen, die in den gestörten Bereichen überwintern, erreichen möglicherweise keine optimale Körperkondition, um mit ausreichenden Energiereserven ins Brutgebiet fliegen zu können, was zu einem verminderten Reproduktionserfolg der Tiere führen kann (Hüppop 1995). Die verschlechterte Körperkondition kann ebenfalls das Mortalitätsrisiko der Altvögel erhöhen.

Da Seetaucher erst mit drei Jahren geschlechtsreif werden und eine niedrige Fortpflanzungsrate haben, können sie eine höhere Mortalitätsrate der Altvögel so gut wie gar nicht ausgleichen (Mendel et al. 2008). Mit Hilfe eines Populationsmodells wurde berechnet, dass schon sehr geringe Mortalitätssteigerungen der Altvögel um 0,3 % zu einer signifikanten Beeinträchtigung der Population führen (Rebke 2005).

Untersuchungen an dänischen Windparks haben gezeigt, dass auch nach fünf bzw. sechs Jahren noch kein Gewöhnungseffekt bei den Seetauchern eingetreten ist und sie immer noch die Windparkfläche weiträumig meiden (Petersen & Fox 2007, Petersen et al. 2008). Daher ist davon auszugehen, dass auch in den deutschen Gewässern Seetaucher über sehr viele Jahre oder möglicherweise für immer aus den Gebieten mit Windkraftnutzung vertrieben werden. Es bedarf also einer Möglichkeit, die Auswirkungen auf die Seetaucher einordnen und bewerten zu können. Es wurde das 1 % Kriterium vorgeschlagen, um die Effekte von menschlichen Eingriffen zu bewerten (Dierschke et al. 2003). Mittlerweile ist das 1 % Kriterium in der Genehmigungspraxis anerkannt (Dahlke 2003) und ist zu einem wichtigen Instrument geworden; jedoch wird weiterhin über die Bezugsgrößen der Vogelbestände diskutiert. Wenn man die nordwest-europäische Population (Durinck et al. 1994) zu Grunde legt, dürften 1.100 Individuen durch Störungen beeinträchtigt werden, bezogen auf den nationalen Bestand 185 Seetaucher, bevor die Schwelle von 1 % überschritten wird. Tatsache jedoch ist, dass im gesamten geeigneten Lebensraum der Seetaucher über 4.150 Tiere betroffen wären. Somit wären 3,8 % des nordwest-europäischen Bestandes und 22,5 % des nationalen Bestandes durch die Nutzungen Schiffsverkehr und Windkraft negativ beeinträchtigt. Alleine durch die Windkraft würden 7,8 % des nationalen Bestandes ihren Lebensraum komplett verlieren. Da zwar nationale Bestandsgrößen sehr gut bekannt sind, sich aber wild lebende Tiere über nationale Grenzen hinweg austauschen, wäre es ökologisch sinnvoller, ein zusammenhängendes Wintergebiet als Bezugsgröße zu wählen. Dazu wäre denkbar, die Winterbestände von SW Jütland (Dänemark) über die deutschen Gewässer bis zur südlichen niederländischen Küste zusammenzufassen.

Da Seetaucher in weiten Bereichen ihres Lebensraumes gestört werden, müssten die ungestörten Flächen, in die sie sich prinzipiell zurückziehen könnten, besonders geschützt werden. Im Norden der Deutschen Bucht, in der AWZ vor Sylt, befindet sich das SPA „Östliche Deutsche Bucht“, das auf Grund von Fachvorschlägen als Vogelschutzgebiet eingerichtet wurde. Für dieses SPA wurde ein Bestand von etwa 3.600 Individuen im Frühjahr errechnet (Garthe et al. 2007), was die Wichtigkeit

dieser Region unterstreicht. Dass es selbst in einem Schutzgebiet, das als Rückzugsraum für Seevögel eingerichtet wurde, zu Nutzungskonflikten kommt, erkennt man an der Genehmigung eines Windparks im SPA, sowie an den Vorschlägen der maritimen Raumordnung dort Vorranggebiete für den Schiffsverkehr freizuhalten. Für folgende Nutzungen im SPA gibt es bislang keine Verbote: Flug- und Schiffsverkehr, militärische Nutzung, wissenschaftliche Meeresforschung und die berufsmäßige Seefischerei (BGBl 2005). Nach einer Eignungsprüfung können zudem unter anderem Maßnahmen zur Energiegewinnung durch Wind, Wasser und Strömung sowie die Gewinnung von Bodenschätzen genehmigt werden.

5 Schlussfolgerung und offene Fragen

Seit einigen Jahren werden Lebensraumverluste und die damit verbundenen Quantifizierungen von Seetauchern, die aus ihren Rastgebieten vertrieben würden, in der Genehmigungspraxis der Offshore-Windparks berücksichtigt. Je nach Wahl des Windpark-Standortes wird mit sehr geringen bis sehr hohen Anzahlen betroffener Seetaucher zu rechnen sein (Abb. 1 und 3). Daher sollte in Zukunft darauf geachtet werden, dass Windparks nicht mehr in besonders wertvollen Bereichen genehmigt werden. Zudem wäre es sinnvoll, bestimmte Areale in den Monaten mit den größten Seetauchervorkommen von allen störenden Nutzungen frei zu halten, um die nicht vermeidbaren negativen Störungen in anderen Bereichen besser ausgleichen zu können.

In dieser Untersuchung wurde gezeigt, dass Seetaucher sowohl durch starken Schiffsverkehr als auch durch den Bau von Windparks große Flächen ihres Lebensraumes verlieren. Zudem wurde deutlich, dass der für betroffene Individuen angewendete Schwellenwert von 1 % bezogen auf die nordwest-europäische Population bei der Betrachtung von kumulativen Auswirkungen schon längst überschritten ist.

Außerdem wurde hier deutlich gemacht, dass es möglich ist, Effekte verschiedener Nutzungsformen kumulativ zu betrachten. Die hier angewendeten Ansätze zum Flächenverlust von Lebensräumen und zur Einschätzung der betroffenen Individuen bieten zwei Instrumente, um die möglichen Auswirkungen anthropogener Nutzungen zu bewerten. Da bislang meist nur die Auswirkungen der Offshore-Windparks separat untersucht wurden, ist dies ein erster Ansatz, wie verschiedene Nutzungsformen gemeinsam betrachtet werden können. Allerdings darf nicht vergessen werden, dass es viele weitere Eingriffe des Menschen auf den Meeren gibt, die sich ebenfalls negativ auf die dort vorkommenden Seevögel auswirken. Wie oben bereits erwähnt, haben nicht nur die regelmäßig stark befahrenen Schifffahrtsstraßen einen Einfluss auf die Verteilung der Vögel, sondern jegliche Form von Schiffsverkehr, so auch die Fischerei, die in einigen Gebieten regelmäßig und in hoher Intensität durchgeführt wird. Aus diesem Grund ist es wichtig, zukünftig auch weitere Nutzungen in solche Bewertungen mit aufzunehmen.

Außerdem ist zu bedenken, dass nicht nur die hier genannten Seetaucher negativ auf menschliche Nutzungen reagieren. Auch andere Arten wie Trottellumme und Tordalk aber auch Trauerenten reagieren empfindlich auf sich nähernde Schiffe oder auf die gebauten Windparks (Mendel et al. 2008). Andere Vogelarten, wie beispielsweise die Heringsmöwe, werden von Schiffen angelockt und zeigen keine Meidereaktionen gegenüber Windparks. Jedoch ist bei Arten, die die Windparks nicht meiden, das Kollisionsrisiko sehr viel höher. Deshalb ist es wichtig, die Bewertungsansätze an die jeweiligen Vogelarten anzupassen. Außerdem sollte darauf geachtet werden, dass die Häufigkeit und die Verbreitung der Arten von einer Jahreszeit zur anderen variieren. Während Arten wie Stern- und Prachtttaucher nur außerhalb der Brutzeit in deutschen Meeresgewässern vorkommen, halten sich anderen Seevogelarten, wie beispielsweise die Küstenseeschwalbe, nur während der Brutzeit und der Zugzeiten in deutschen Gewässern auf. Es ist daher wichtig, für jede Vogelart einzeln auf Grundlage ihres spezifischen Lebensraumes zu ermitteln, ob ihnen noch ausreichend Lebensraum zur Verfügung steht, wenn überall in den Meeresgebieten menschliche Eingriffe stattfinden. Es stellt sich daher die Frage, ob genügend Raum bleibt, um die vertriebenen Individuen in anderen Gebieten aufzunehmen.

Bei diesem Thema muss auch bedacht werden, dass möglicherweise dichteregulatorische Kapazitätsgrenzen auftreten, die verhindern, dass das Ökosystem noch mehr Tiere versorgen kann.

Erst langfristige Untersuchungen an schon bestehenden Windparks werden zeigen, wie sich die verschiedenen Seevogelarten zukünftig verhalten werden, und ob möglicherweise ein Gewöhnungseffekt eintreten kann. Für Seetaucher stellt sich die Frage, ob sie auf andere Bereiche der Deutschen Bucht ausweichen oder dauerhaft vertrieben werden. Ein begleitendes großräumiges Monitoring ist daher unerlässlich.

Literatur

- Bellebaum, J., A. Diederichs, J. Kube, A. Schulz & G. Nehls (2006): Flucht- und Meidedistanzen überwinternder Seetaucher und Meerestenten gegenüber Schiffen auf See. *Ornithologischer Rundbrief Mecklenburg-Vorpommern* 45: 86–90.
- BGBl (2005): Verordnung über die Festsetzung des Naturschutzgebietes „Östliche Deutsche Bucht“ Teil I Nr.59 (www.bfn.de/habitatmare/de/downloads-verordnungstexte-karten-vogelschutzgebiete.php).
- BSH (2009a): Raumordnungsplan für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone in der Nordsee. (www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Raumordnung_in_der_AWZ, 21.12.2010).
- BSH (2009b): Umweltbericht zum Raumordnungsplan für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) in der Nordsee. (www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Raumordnung_in_der_AWZ, 21.12.2010).
- Dahlke, C. (2003): Aktuelle Entwicklungen im Bereich der Verwaltungsverfahren auf Zulassung von Offshore-Windenergieanlagen (WEA). *Berichte der Norddeutschen Naturschutz-Akademie* 16 (3): 37–46.
- Delany, S. & D. Scott (2006): Waterbird population estimates. Fourth edition. Wetlands International Global Series (Netherlands).
- Diederichs, A., G. Nehls & I. K. Petersen (2002): Flugzeugzählungen zur großflächigen Erfassung von Seevögeln und marinen Säugern als Grundlage für Umweltverträglichkeitsstudien im Offshorebereich. *Seevogel* 23: 38–45.
- Dierschke, V. & S. Garthe (2006): Literature review of offshore wind farms with regard to seabirds. *Ecological Research on Offshore Wind Farms: International Exchange of Experiences*. BfN-Skripten 186: 131–198.
- Dierschke, V., S. Garthe & B. Mendel, (2006): Possible Conflicts between Offshore Wind Farms and Seabirds in the German Sectors of North Sea and Baltic Sea. In: Köller, J., Köppel, H. & W. Peters (Hrsg.): *Offshore Wind Energy, Research on Environmental Impacts*. Berlin (Springer), S. 121–143.
- Dierschke, V., O. Hüppop & S. Garthe, (2003): Populationsbiologische Schwellen der Unzulässigkeit für Beeinträchtigungen der Meeresumwelt am Beispiel der in der deutschen Nord- und Ostsee vorkommenden Vogelarten. *Seevogel* 24: 61–72.
- Durinck, J., H. Skov, F.P. Jensen & S. Pihl (1994): Important marine areas for wintering birds in the Baltic Sea, *Ornis Consult Report*, Kopenhagen.
- Exo, K. M., B. Hälterlein, J. Blew, S. Garthe, O. Hüppop, P. Südbeck & G. Scheiffarth (2003): Küsten- und Seevogel. In: Lozán, J.L., E. Rachor, K. Reise, J. Sündermann & H. von Westernhagen (Hrsg.): *Warnsignale aus Nordsee & Wattenmeer. Eine aktuelle Umweltbilanz. Wissenschaftliche Auswertungen*, Hamburg, S. 317–329.
- Garthe, S., V. Dierschke, T. Weichler & P. Schwemmer (2004): Rastvogelvorkommen und Offshore-Windkraftnutzung. Analyse des Konfliktpotenzials für die deutsche Nord- und Ostsee. Abschlussbericht des Teilprojektes 5 im Rahmen des Verbundvorhabens "Marine Warnblüter in Nord- und Ostsee : Grundlage zur Bewertung von Windkraftanlagen im Offshore Bereich (MINOS)", S. 67–77.
- Garthe, S., N. Sonntag, P. Schwemmer & V. Dierschke (2007): Estimation of seabird numbers in the German North Sea throughout the annual cycle and their biogeographic importance. *Vogelwelt* 128: 163–178.
- Guisan, A., T. Edwards & T. Hastie (2002): Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling* 157: 89–100.
- Herkenrath, P. & J. O'Sullivan (1999): Internationale Konventionen im Naturschutz – ein Überblick. *Berichte zum Vogelschutz* 37: 21–39.
- Hüppop, O. (1995): Störungsbewertung anhand physiologischer Parameter. *Ornithologischer Beobachter* 92: 257–268.

- Hüppop, O., S. Garthe, E. Hartwig & U. Walter (1994): Fischerei und Schiffsverkehr: Vorteil oder Problem für See- und Küstenvögel. Warnsignale aus dem Wattenmeer. Wissenschaftliche Fakten. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, S. 278-285.
- Leathwick, J., J. Elith & T. Hastie (2006): Comparative performance of generalized additive models and multivariate adaptive regression splines for statistical modelling of species distributions. *Ecological Modelling* 199: 188-196.
- Lewis, S., T.N. Sherratt, K.C. Hamer & S. Wanless (2001): Evidence of intra-specific competition for food in a pelagic seabird. *Nature* 412: 816-819.
- Mendel, B., N. Sonntag, J. Wahl, P. Schwemmer, H. Dries, N. Guse, S. Müller & S. Garthe (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* 61, Bad Godesberg, 436 S.
- Mitschke, A., S. Garthe & O. Hüppop (2001): Erfassung der Verbreitung, Häufigkeiten und Wanderungen von See- und Wasservögeln in der deutschen Nordsee und Entwicklung eines Konzeptes zur Umsetzung internationaler Naturschutzziele. *BfN-Skripten* 34: 1-100.
- 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, DK.
- 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. NERI Report, commissioned by Vattenfall A/S, DK.
- Petersen, I. K., A.D. Fox & J. Kahlert (2008): Waterbird distribution in and around the Nysted offshore wind farm, 2007. NERI Report, commissioned by DONG Energy, DK.
- Pettersson, J. (2005): The impact of offshore wind farms on bird life in southern Kalmar Sound, Sweden. A final report based on studies 1999–2003. Report to the Swedish Energy Agency. ISBN 91-631-6878-2.
- Rebke, M. (2005): Populationsmodelle zur Abschätzung der Auswirkungen additiver Vogelmortalität an Offshore-Windenergieanlagen. Diplomarbeit, Universität Bremen.
- Schwemmer, P., S. Adler, N. Guse, N. Markones & S. Garthe (2009): Influence of water flow velocity, water depth and colony distance on distribution and foraging patterns of terns in the Wadden Sea. *Fisheries Oceanography* 18: 161-172.
- Sonntag, N., S. Garthe & S. Adler (2009): A freshwater species wintering in a brackish environment: Habitat selection and diet of Slavonian grebes in the southern Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 84: 186-194.
- Wood, S. N. (2006): *Generalized additive models: an introduction with R*. Chapman & Hall, London.

Danksagung

Die Arbeiten waren Teil des BMBF Verbundprojektes *Zukunft Küste – Coastal Futures* (BMBF FKZ 03F0476).

Die Datengrundlagen für die Analyse der Seevogelverbreitung und die Berechnung der Bestandszahlen entstammen der Deutschen Seabirds-at Sea-Datenbank am FTZ Westküste. Diese Daten basieren auf einer Vielzahl von Forschungsprojekten und der Mitarbeit vieler Ornithologen/innen. S. Adler hat bei der statistischen Auswertung beraten.

Adresse

Bettina Mendel & Stefan Garthe
 Forschungs- und Technologiezentrum Westküste
 Hafentörn 1
 25761 Büsum, Germany

mendel@ftz-west.uni-kiel.de