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

Vogelwarte 49, 2011: 105 – 110
© DO-G, IfV, MPG 2011

Georeferenzierte Digitalfotografie zur objektiven und reproduzierbaren Quantifizierung von Rastvögeln auf See

Christoph Kulemeyer, Axel Schulz, Alexander Weidauer, Volker Röhrbein, Konrad Schleicher, Torsten Foy, Görres Grenzdörffer & Timothy Coppack

Kulemeyer C, Schulz A, Weidauer A, Röhrbein V, Schleicher K, Foy T, Grenzdörffer G & Coppack T 2011: Georeferenced digital photography for an objective and reproducible quantification of staging sea birds. Vogelwarte 49: 105-110.

An expansion of offshore wind energy production could lead to a significant loss of wintering and staging habitats for seabirds. To assess the impact of wind farms before, during and after their construction, the standard investigation concept of the Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH) currently recommends ship- and aircraft-based bird surveys. Observation-based aerial surveys, however, have methodological disadvantages: Low flight elevation (78 m), necessary for species recognition, and high flight speed in combination with large numbers of birds allow only rough population estimates. In addition, aircrafts flying at this elevation disturb resting birds, further obstructing their quantification. In this pilot study, we compared visually estimated seabird numbers collected during an aerial transect survey with numbers derived from digital aerial photographs of the same transects. The photographic survey was carried out shortly before the visual survey at a height of 200 m above sea level using a high-resolution digital camera (39 Mega pixels). 415 vertical photos corrected for geometry and scale were taken at regular intervals along defined transects. The results of this study suggest that the observational survey significantly underestimated the number of sea ducks. The difference between visual and photographic methods varied considerably among species: 85% (Common Eider, *Somateria mollissima*), 41% (Long-tailed Duck, *Clangula hyemalis*) and only 2% (Common Scoter, *Melanitta nigra*) of the photographically documented individuals were observed. The reasons for these quantitative differences are discussed.

✉ TC, CK, AS, AW, VR & KS: Institut für Angewandte Ökosystemforschung (IfAÖ), Alte Dorfstraße 11, D-18184 Neu Broderstorf. E-Mail: coppack@ifaoe.de
TF & GG: Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Professur für Geodäsie und Geoinformatik, Justus-von-Liebig-Weg 6, D-18059 Rostock.

1. Einleitung

Zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Vogelwelt zählt neben phänologischen und geografischen Änderungen auch die zunehmende Zersiedelung von Lebensräumen durch den Ausbau erneuerbarer Energien. Zwar kann eine großräumige Nutzung der Windenergie auf See einen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung Europas leisten, doch aus der „Vogelperspektive" betrachtet steht die Offshore-Windenergienutzung im Konflikt zu den Belangen des Artenschutzes (SRU 2003). Der Ausbau von Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) wird in Kombination mit Schifffahrt und Fischerei zu einem erheblichen Verlust an störungsfreien Überwinterungs- und Rastgebieten für Seevögel führen (Dierschke et al. 2003, Garthe & Hüppop 2004, Hüppop et al. 2002, Petersen et. al 2006). Um diesen Belangen Rechnung zu tragen, initiierte die Bundesregierung 2002 ein umfangreiches Forschungsprogramm, das einerseits den Schutzgüterbestand in den deutschen Nord- und Ostseegebieten inventarisieren, und andererseits die möglichen Gefährdungen der Meeresumwelt durch Offshore-Windparks klären sollte (SRU 2003).

Die Einschätzung der Auswirkungen von Offshore-Windparks auf Rastvögel erfolgt auf der Basis großräumiger Kartierungen, die vor, während und nach dem Bau von Windparks vorgeschrieben sind. Im Standarduntersuchungskonzept (StUK) des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrografie (BSH) wird derzeit die Linientransektkartierung vom Schiff und Flugzeug aus empfohlen (StUK3, BSH 2007). Während Schiffszählungen (Garthe et al. 2002) erhebliche Kosten erzeugen, sind Flugzeugzählungen (Diederichs et al. 2002) kosteneffizienter, bringen allerdings methodische Einschränkungen mit sich. Durch die relativ hohe Fluggeschwindigkeit (180 km/h) und die zur Arterkennung empfohlene Flughöhe von 78 Metern (Diederichs et al. 2002) können Flugzeugtransektzählungen bei hohem Rastvogelaufkommen allenfalls grobe Bestandsschätzungen liefern (Camphuysen et al. 2004, vgl. auch Caughley 1974). Dies gilt insbesondere für die Ostsee, wo große Ansammlungen von verschiedenen Seevogelarten auftreten (Bellebaum et al. 2006, Sonntag et al. 2006, Mendel et al. 2008). Nied-

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

rig fliegende Flugzeuge scheuchen zudem rastende Vögel in einem nicht unerheblichen Maße auf, wodurch die genaue Quantifizierung zusätzlich eingeschränkt wird (Garthe & Hüppop 2004, Mendel et al. 2008, Thaxter & Burton 2009). Darüber hinaus nimmt die Erfassungswahrscheinlichkeit mit der Entfernung zwischen Vogel und Flugzeug ab, und Bestandsschätzungen differieren zwischen einzelnen Beobachtern. Zusammengenommen fließen in die Analyse von Beobachtungsdaten gleich mehrere Fehler ein, die man durch Korrekturfaktoren zu kompensieren versucht. Diese Korrektur verbessert jedoch nicht die Datenqualität an sich und gewährleistet nur bedingt eine Vergleichbarkeit von Datensätzen (Johnson 2008). So setzt beispielsweise die Distanzkorrektur nach Buckland et al. (2001) eine räumliche Gleichverteilung rastender Vögel voraus, was aber in vielen Fällen nicht der Realität entspricht. Trotz der Korrekturen werden vom Flugzeug aus ermittelte Seevogelbestände gegenüber schiffsbasierten Zählungen zum Teil unterschätzt (Bellebaum et al. 2006, vgl. auch Camphuysen et al. 2004).

Eine niedrige Flughöhe stört nicht nur rastende Seevögel, sondern erschwert auch das betriebsbegleitende Monitoring von OWEAs. So fordert die aktuelle Version des StUK u. a. Flugzeugtransektzählungen innerhalb von Windparks (StUK3, BSH 2007), also genau in Höhe der Rotorblätter der Turbinen. Bei nichtlinearer Anordnung der Anlagen innerhalb oder zwischen angrenzenden Windparks ist eine solche Befliegung problematisch oder sogar ausgeschlossen. Aus den genannten Gründen stellt die fotografische Vogelerfassung aus deutlich größerer Flughöhe eine sinnvolle Alternative zu der gängigen Kartierungsmethode dar.

Bereits in den frühen 50er Jahren wurden erste Versuche unternommen, große Vogelansammlungen durch konventionelle Luftbilder zu quantifizieren (z.B. Chattin 1952, Grzimek & Grzimek 1960, Murtha 1964). Inzwischen ist die Entwicklung der digitalen Orthofotografie (eine verzerrungsfreie und maßstabsgetreue Abbildung der Erdoberfläche; griech. *orthós* = gerade, aufrecht) so weit vorangeschritten, dass die standardisierte Luftbilderfassung kosteneffizienter eingesetzt werden kann (Morgan et al. 2010, Thaxter & Burton 2009). Bei hinreichend hoher Bildauflösung sind Kartierungen prinzipiell aus größeren Flughöhen (>200 m) möglich, wodurch die Scheuchwirkung auf Rastvögel deutlich vermindert werden kann und eine Befliegung oberhalb des Gefahrenbereichs von Windparks ermöglicht wird. Zudem können durch Fotos Vogelverteilungen und individuelle Abstände zu anthropogenen Störquellen dokumentiert und als Beleg archiviert werden, was einen wesentlichen Vorteil gegenüber der personengebundenen Protokollierung von Beobachtungsdaten mit Diktiergeräten darstellt.

In der vorliegenden Pilotstudie vergleichen wir eine herkömmliche Flugzeugtransektzählung mit einer auf georeferenzierten Digitalfotos basierten Rastvogelzählung.

2. Material und Methoden

Am 31. März 2010 wurde eine konventionelle Flugzeugtransektzählung über der äußeren Wismarbucht (südwestliche Ostsee) gemäß dem Standartuntersuchungskonzept – StUK 3 (BSH 2007) durchgeführt. Wir beflogen acht parallele Transekte (Gesamtlänge 98 km) in einer Partenavia mit nach außen gewölbten Fenstern (bubble windows) in 78 m Höhe (Abb. 1).

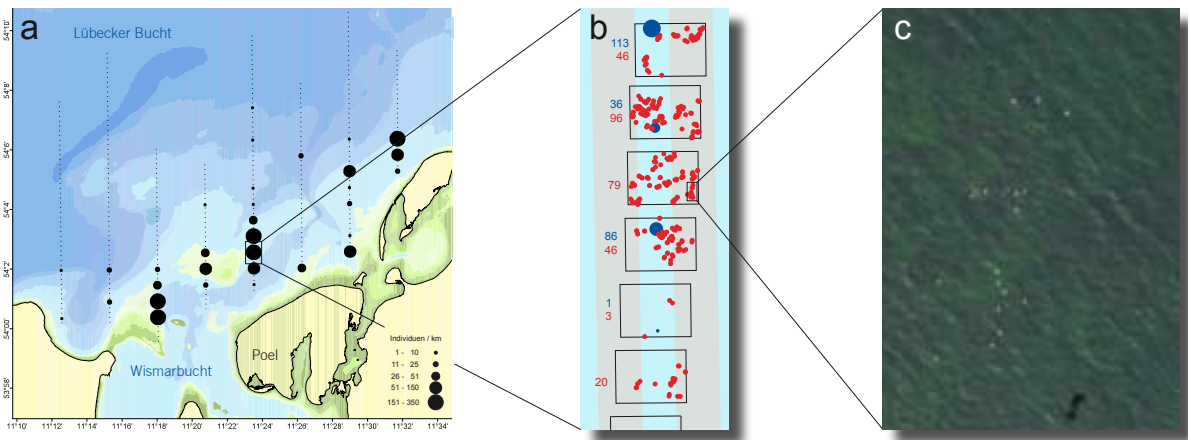

Abb. 1: (a) Verteilung der Eiderente auf den beflogenen Transekten (visuelle Zählung, Individuen pro km); (b) Transektausschnitt mit Bildrahmen der Orthofotos und einzeln registrierten Eiderenten (rote Punkte) sowie der visuell erfasste Bereich (Band A, grau) und geschätzte, auf 5 Sekunden-Intervalle summierte Indiviuenzahlen (blaue Punkte); (c) Ausschnitt eines repräsentativen Orthofotos in 70-Prozent-Verkleinerung. – *(a) Distribution of common eiders along surveyed transects (individuals per km); (b) section of a transect with photo frames and individual common eiders (red dots); numbers estimated by aerial visual survey (blue dots); (c) segment of an orthophoto scaled down by 70 percent.*

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

Dabei wurde die Position des Flugzeugs durch ein GPS-Gerät aufgezeichnet und Art, Anzahl und Verhalten beobachteter Seevögel sekundengenau von jedem Beobachter auf ein Diktiergerät gesprochen. Zusätzlich wurde auf beiden Flugzeugseiten der relative Abstand der Vögel zum Flugzeug in drei Abstandsklassen protokolliert; Band A (45–167 m), Band B (168–442 m) und Band C (443–1500 m, siehe Diederichs et al. 2002).

Mit einem zeitlichen Vorsprung von rund einer Stunde zeichneten wir entlang der gleichen Transekte aus 200 m Flughöhe 415 verzerrungsfreie, maßstabsgetreue und georeferenzierte Orthofotos mit einer hoch auflösenden Digitalkamera (Trimble AIC 45, 39 Megapixel) in einem durchschnittlichen Abstand von 90 m auf (vgl. Grenzdörffer 2002, 2006, Grenzdörffer et al. 2008). Die Kamera wurde in die Bodenluke des Flugzeugs installiert, so dass die Fotos senkrecht zur Wasseroberfläche aufgenommen werden konnten. Jedes Einzelfoto deckt eine Meeresfläche von 190 x 142 m ab und hat eine theoretische Bodenauflösung von 2,7 cm. Die Fotos zeigen jedoch eine leichte Bewegungsunschärfe durch eine zu geringe Verschlusszeit und/oder zu hohe Fluggeschwindigkeit. Eine Verringerung der Verschlusszeit würde schärfere Bilder liefern und das geometrische Potential voll ausschöpfen (vgl. Abb. 2).

Der quantitative Vergleich der Zählergebnisse wurde auf die häufigsten Vogelarten beschränkt: Eiderente (*Somateria mollissima*), Eisente (*Clangula hyemalis*) und Trauerente (*Melanitta nigra*). Die übrigen Vogelarten traten mit zu geringen Anzahlen auf, so dass eine Gegenüberstellung nicht sinnvoll war. Für die Analyse des konventionellen Zählflugs wurden nur die Schätzwerte sitzender Vögel im Transektband A (Diederichs et al. 2002) unkorrigiert herangezogen, da fliegende Vögel keiner Fläche zugeordnet werden können.

Bei der Auswertung der Luftbilder wurden alle Vögel manuell ausgezählt und auf die Fläche von Band A umgerechnet. Da die Beobachtungsdaten von beiden Seiten des Flugzeugs herangezogen wurden, deckte Band A insgesamt eine Breite von 244 m ab. Dennoch waren der fotografierte Bereich und das Band A nicht vollständig deckungsgleich, da senkrecht unterhalb des Flugzeugs nicht beobachtet werden kann (siehe auch Abb. 1b).

3. Ergebnisse

Mit der eingesetzten Technik konnten die im Untersuchungsgebiet anwesenden Wasservogelarten fotografisch erfasst und bestimmt werden. Neben den dominierenden Meeresenten wurden auf dem Fotoflug Seetaucher, Kormorane, Silber- und Mantelmöwen in geringer Anzahl nachgewiesen (vgl. Abb. 2). Die drei häufigen Meeresen-

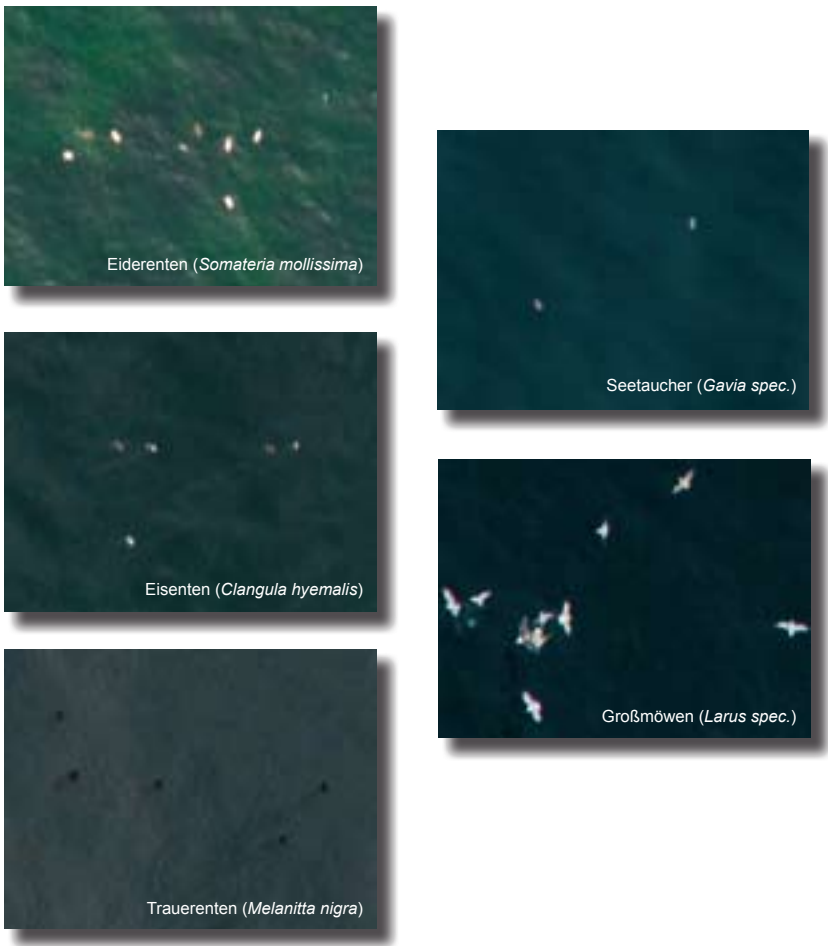

Abb. 2: Repräsentative Seevogelfotos in 108-prozentiger Vergrößerung, die in 200 m Flughöhe mit einer Trimble AIC 45 (39 Mpixel) aufgenommen wurden. Eine höhere Auflösung der Kamera würde eine Befliegung in noch größeren Höhen erlauben und damit die Bewegungsunschärfe bei gleicher Belichtungszeit verringern. – *Representative aerial orthophotos of sea birds enlarged by 108 % taken with a Trimble AIC 45 (39 Mpixel) at an elevation of 200 m. A camera with a higher resolution would allow surveys at higher altitude which would reduce motion blur.*

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

Tab. 1: Gesamtzahl erfasster Meeresenten eines konventionellen Transektflugs nach StUK (BSH 2007, aus 78 m Höhe) und eines Fotoflugs (aus 200 m Höhe) bezogen auf die gleiche Fläche sowie die prozentuale Abweichung zwischen den Methoden. Die fotografische Methode ermöglichte die Bestimmung von Geschlechterverhältnissen. – *Numbers of sea ducks estimated by observational (at 78 m height) and photographic aerial surveys (at 200 m height) in relation to the same area, as well as the percentage of deviation between survey methods. The photographic method allowed determining sex ratios.*

	Zählflug *observational survey*	Fotoflug *photographic survey*	Abweichung (%) *deviation*
Eiderente *Somateria mollissima*	1878	2214 1268 ♂ 946 ♀	15 %
Eisente *Clangula hyemalis*	64	156 82 ♂ 74 ♀	59 %
Trauerente *Melanitta nigra*	4	251 166 ♂ 85 ♀	98 %

tenarten (Eider-, Eis- und Trauerente) wurden beim klassischen Zählflug gegenüber dem Fotoflug unterschätzt (Tab. 1). Lediglich 85 % der Eiderenten, 41% der Eisenten und 2% der Trauerenten konnten erfasst werden (Tab. 1). Die Verteilung der Eiderente im Untersuchungsgebiet ist in Abbildung 1 exemplarisch dargestellt. Welchen Anteil am Ergebnis die zeitliche Differenz zwischen beiden Flügen und die geringen Unterschiede von fotografiertem Bereich und beobachtetem Band besitzen, lässt sich nicht quantifizieren.

Beim Zählflug konnten aufgrund der hohen Individuenzahl und der hohen Fluggeschwindigkeit keine Geschlechter bestimmt werden. Dies ist mit der fotografischen Methode möglich (Tab. 1).

4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass durch die fotografische Methode die häufigsten Seevögel verlässlich bestimmt werden können (vgl. Abb. 2) und gegenüber dem Sichtflug höhere Bestandszahlen ermittelt wurden. Letzteres bestätigen auch Rexstad & Buckland (2009), die eine Unterschätzung der Rastvogelbestände bei Flugzeugtransektzählungen gegenüber der digitalen Fotografie um das 5-fache feststellten. Die Ergebnisse unserer Vergleichserfassung verdeutlichen, dass die Differenz in den erhobenen Bestandszahlen zwischen Transektzählung und Fotografie zwischen Arten variiert und offensichtlich verschiedene Ursachen hat. Es muss aber an dieser Stelle betont werden, dass die hier vorgestellten Vergleichszahlen als Ergebnis eines einzelnen Pilotfluges zu bewerten sind, die nicht verallgemeinert werden können. Zur Ermittlung von realen Umrechnungsfaktoren bedarf es einer vielfachen Wiederholung von Parallelflügen in verschiedenen Untersuchungsgebieten.

4.1 Eiderente

Die Bestandszahlen der Eiderente wurden beim Zählflug um 15% gegenüber dem Fotoflug unterschätzt. Die Abweichung fällt bei der großen und auffälligen Art relativ gering aus und ist wahrscheinlich auf Schätzfehler bei der visuellen Erfassung zurückzuführen. So ist zu erwarten, dass kleinere Trupps der Eiderente bis ca. 20 Individuen gut erfasst und gezählt werden können, während größere Ansammlungen durch die hohe Fluggeschwindigkeit einem größeren Schätzfehler unterliegen. Zudem treten die Meeresenten in der Ostsee häufig aggregiert und vergesellschaftet auf, so dass mehrere Arten zeitgleich erfasst werden müssen (vgl. Abb 1a).

4.2 Eisente

Der Bestand der Eisente im Untersuchungsgebiet wurde während der Flugzeugtransektzählung gegenüber der fotografischen Methode um 59 % unterschätzt. Im Gegensatz zur Eiderente ist die kleinere Eisente aus dem Flugzeug leichter zu übersehen und fliegt zudem häufiger vor dem Flugzeug auf (Thaxter & Burton 2009, eigene Beobachtungen). Die größere Diskrepanz zwischen den Beobachtungsdaten auf der Transektzählung und dem Fotoflug ist vermutlich durch eine Kombination beider Einflüsse zu erklären.

4.3 Trauerente

Von der Trauerente ist bekannt, dass sie bereits aus großer Entfernung vor Schiffen und Flugzeugen flüchtet (Thaxter & Burton 2009). Da die visuelle Transektzählung standardgemäß aus 78 m Höhe durchgeführt wurde, flog der Großteil der Trauerenten vor dem Flugzeug auf und war somit für die Beobachter nur noch als fliegende Vögel ohne Bandzuordnung erfassbar. Mit der fotografischen Methode wurde das Gebiet hingegen in 200 m Höhe beflogen, so dass nur wenige Trauerenten aufgescheucht wurden und gegenüber der manuellen Transektzählung 98 % mehr schwimmende Trauerenten erfasst werden konnten.

4.4 Ausblick

Die derzeitige technologische Entwicklung ermöglicht prinzipiell den Einsatz von höher auflösenden digitalen Mittelformatkameras (derzeit bereits über 80 Megapi-

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

xel). Dadurch könnte eine fotografische Befliegung in größerer Höhe erfolgen, wodurch störungsempfindliche Vogelarten, wie beispielsweise die Trauerente, in einem geringeren Ausmaß auffliegen oder abtauchen und damit besser quantifiziert werden könnten. Darüber hinaus würde sich die fotografische Bewegungsunschärfe (vgl. Abb. 2) bei größerer Flughöhe vermindern. Durch eine 80 Megapixel Kamera könnte bei gleichem Objektiv eine Flughöhe von 400 m und eine Bodenauflösung von 2 cm erreicht werden. Bei niedrigerer Flughöhe wäre die Auflösung entsprechend höher.

In dieser Studie wurden die Meeresenten auf den Fotos manuell ausgezählt. Bei einer regelmäßigen Nutzung des Bildfluges als Methode zur Erfassung von Seevögeln wäre die Auswertung über eine Bildverarbeitungs-Software zu automatisieren und zu beschleunigen.

Die fotografische Zählmethode zeigt gegenüber der klassischen Flugzeugtransektzählung wesentliche Vorteile. Bestandsdaten sind beleg- und reproduzierbar, und genaue Individuenzahlen können ohne Korrektur-, Schätz- und Beobachtungsfehler ermittelt werden. Ferner ist die Ermittlung von Geschlechtsverhältnissen möglich, so dass die fotografische Methode detailliertere biologische Information liefert.

Die fotografische Methode vereinfacht auch das bau- und betriebsbegleitende Monitorings von Offshore-Windparks und setzt die Störwirkung bei der Befliegung herab. Da die konventionelle Flugzeugtransektzählung in Nabenhöhe der OWEA (78 m Höhe) erfolgt, ist eine Befliegung bei nichtlinearer Anordnung der Anlagen nur durch die fotografische Methode möglich. Außerdem könnten auf den Orthofotos individuelle Abstände zu anthropogenen Störquellen ermitteln werden (vgl. Abb. 1b), was durch die visuelle Erfassung nicht möglich ist.

5. Zusammenfassung

Ein Ausbau der Windenergienutzung auf See könnte zu einem deutlichen Verlust an störungsfreien Überwinterungs- und Rastgebieten für Seevögel führen. Um die Auswirkungen von Windparks vor, während und nach ihrem Bau einschätzen zu können, werden im derzeitigen Standarduntersuchungskonzept des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) neben schiffs- auch flugzeugbasierte Vogelzählungen empfohlen. Diese visuellen Transektzählungen haben jedoch methodische Nachteile. Aus der zur Arterkennung erforderlichen Flughöhe (78 m) und mit entsprechender Fluggeschwindigkeit können bei hohem Vogelaufkommen lediglich grobe Bestandskategorien geschätzt werden. Darüber hinaus üben Flugzeuge in dieser Höhe eine Scheuchwirkung auf Rastvögel aus, wodurch die Erfassbarkeit einiger Arten (v. a. Trauerenten) zusätzlich erschwert und die zu untersuchende Störwirkung von Windparks überlagert wird. In der vorliegenden Pilotstudie vergleichen wir eine herkömmliche Flugzeugtransektzählung mit einer kurz zuvor durchgeführten fotografischen Seevogelerfassung über der Wismarbucht in der deutschen Ostsee. Die fotografische Kartierung erfolgte mit einer hoch auflösenden Digitalkamera (39 Megapixel) aus 200 m Höhe. Entlang definierter Transekte wurden in regelmäßigen Abständen 415 entzerrte, maßstabsgetreue Digitalfotos (Orthofotos) aufgenommen. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass bei der herkömmlichen Flugzeugtransektzählung die Bestände von Meeresenten (Eider-, Eis-, Trauerenten) deutlich unterschätzt wurden. Die Abweichung gegenüber der fotografischen Methode variierte deutlich zwischen den Arten. Während des visuellen Zählflugs wurden ohne Korrekturfaktoren 85 % (Eiderente), 41 % (Eisente) und lediglich 2 % (Trauerente) der fotografisch nachgewiesenen Individuen erfasst. Die Ursachen für diese quantitativen Unterschiede werden diskutiert.

6. Literatur

Bellebaum J, Kube J & Schulz A 2006: Counting methods for seaducks and divers at sea: aerial vs. ship-based surveys. Posterbeitrag auf der 139. Jahresversammlung der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft.

BSH (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie) 2007: Standard. Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (StUK3). Hamburg & Rostock.

Buckland ST, Andersson DR, Burnham KP, Laake JL Borchers DL & Thomas L 2001: Introduction to distance sampling. Oxford University Press, New York.

Camphuysen CJ, Fox AD, Leopold MF & Petersen IK 2004: Towards standardised seabirds at sea census techniques in connection with environmental impact assessments for offshore wind farms in the U.K. Cowrie Report.

Caughley G 1974: Bias In Aerial Survey. J. Wildlife Manag. 38: 921-933.

Chattin JE 1952: Appraisal of California waterfowl concentrations by aerial fotography. Trans. 17th N. Amer. Wildife Conf.: 421-426.

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

Dierschke V, Hüppop O & Garthe S 2003: Populationsbiologische Schwellen der Unzulässigkeit für Beeinträchtigungen der Meeresumwelt am Beispiel der in der deutschen Nord- und Ostsee vorkommenden Vogelarten. Seevögel 24: 61-72.

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

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.

Grenzdörffer G 2002: Konzeption, Entwicklung und Erprobung eines digitalen integrierten flugzeuggetragenen Fernerkundungssystems für Precision Farming (PFIFF). Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C 552.

Grenzdörffer G 2006: Effizientes Spurenmonitoring im Umfeld von Wildtierpassagen durch Kombination von flächiger Bildflugerfassung und anschließender Vorortverifizierung identifizierter Korridore. Abschlussbericht F.u.E. Projekt des Wirtschaftsministeriums Mecklenburg-Vorpommern.

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

Grenzdörffer G, Guretzki M, Friedlander I 2008: Fotogrammetric image acquisition and image analysis of oblique imagery. Fotogramm. Rec. 23: 372–386.

Grzimek M & Grzimek B 1960: Flamingoes censused in east Africa by aerial photography. J. Wildlife Manag. 24: 215-217.

Hüppop O, Exo KM & Garthe S 2002: Empfehlungen für projektbezogene Untersuchungen möglicher bau- und betriebsbedingter Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Vögel. Ber. Vogelschutz 39: 77-94.

Johnson DH 2008: In defense of indices: The case of bird surveys. J. Wildlife Manag. 72: 857-868.

Markones N & Garthe S 2009: Erprobung eines Bund/Länder-Fachvorschlags für das Deutsche Meeresmonitoring von Seevögeln und Schweinswalen als Grundlage für die Erfüllung der Natura 2000 - Berichtspflichten mit einem Schwerpunkt in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee (FFH-Berichtsperiode 2007-2012). Endbericht, Bundesamt für Naturschutz (BfN).

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 (BfN), Bonn.

Morgan JL, Gergel SE & Coops NC 2010: Aerial fotography: a rapidly evolving tool for ecologicla management. Bioscience 60: 47-59.

Murtha PA 1964: The use of fotographs in wildlife management. Phd-Thesis, Cornell-University.

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.

Rexstad E & Buckland S 2009: Comparison of aerial survey methods for estimating abundance of common scoters. CREEM Technical Report.

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

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen 2003: Windenergienutzung auf See. Stellungnahme, Berlin.

Thaxter BC & Burton NHK 2009: High definition imagery for surveying seabirds and marine mammals: a review of recent trials and development of protocols. Cowrie Report.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Vogelwarte - Zeitschrift für Vogelkunde

Jahr/Year: 2011

Band/Volume: 49_2011

Autor(en)/Author(s): Kulemeyer Christoph, Schulz Axel, Weidauer Alexander, Röhrbein Volker, Schleicher Konrad, Foy Torsten, Grenzdörffer Görres, Coppack Timothy

Artikel/Article: Georeferenzierte Digitalfotografie zur objektiven und reproduzierbaren Quantifizierung von Rastvögeln auf See 105-110