

Kollisionsrisiken auf See: Artenzusammensetzung und Höhenverteilung von Vögeln in dänischen Offshore-Windparks

Jan Blew, Malte Hoffmann, Georg Nehls, BioConsult SH

Abstract

This study investigates the collision risks of birds in operating offshore wind farms, focussing on all bird species present in the direct vicinity of the wind farms, their altitude distribution and reactions. The project was conducted jointly by BioConsult SH and the University of Hamburg in the two Danish offshore wind farms Horns Rev (North Sea) and Nysted (Baltic Sea) in the frame of a Danish-German cooperation and financed by the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). Data were collected between March 2005 and November 2006, using a ship anchored at the edge of the offshore wind farms; this way, bird species of all sizes can be considered. Daytime observations yielded data on species composition, flight routes and potential reactions of the birds; radar observations provided altitude distributions inside and outside the wind farm area and also reactions. The results shall help to further describe and assess the collision risk of different species groups. Since data analysis is still running, exemplary results will be presented here.

114 species have been recorded in Nysted and 99 in Horns Rev, appr. 65% of which have been observed inside the wind farm areas. Birds on migration seem to avoid flying into the wind farms, whereas individuals which are present in the areas for extended time periods, do utilize areas within the wind farms. While for the species on migration a barrier effect exists, resident species probably have a higher collision risk. Raptors migrating during daylight frequently enter the wind farm area on their flight routes, correcting their flight paths in order to avoid collisions. Radar results show that during times of intensive migration, the proportion of birds flying in large altitudes and thus above windmill height is higher than in times of low migration intensity. Consequently, a lower proportion of the birds migrating flies within the risk area.

Data will be further analysed to describe altitude changes of birds approaching the wind farm.

Einleitung

Vor dem Hintergrund einer beabsichtigten erheblichen Verringerung des CO₂-Ausstoßes ist ein Ausbau von Offshore-Windparks in deutschen Meeresgewässern geplant. Es liegen derzeit Genehmigungen für 15 Windparks in der Nordsee und für drei in der Ostsee vor (BSH 2007). Im Rahmen dieser Planungen werden Bedenken vorgebracht, dass Vögel, insbesondere ziehende Vögel, von diesen Offshore-Windparks nachteilig beeinflusst werden könnten. Mögliche Auswirkungen lassen sich in drei Kategorien unterteilen: 1) Vertreibung – Vögel meiden den Bereich der Windparks; möglicherweise besteht eine zusätzliche Meidung in einem Bereich um die Windparks herum; 2) Habitatverlust – ein direkter Verlust des Habitats durch die Windanlagenstrukturen; 3) Kollisionen - zusätzliche Sterblichkeit durch direkte Kollisionen der Vögel mit den Windkraftanlagen (sog. Vogelschlag). In Dänemark sind die Windparks Horns Rev and Nysted seit 2002 bzw. 2003 in Betrieb. Standortwahl,

Errichtung und Betrieb wurden durch dänische Wissenschaftler begleitet; im Bezug auf Vögel wurden insbesondere sowohl mögliche Effekte von Vertreibung (z. B. CHRISTENSEN et al. 2004, 2005) als auch solche durch Kollisionen untersucht (KAHLERT et al. 2005, DESHOLM 2005, 2006, DONG et al. 2006); der Fokus lag auf Seevögeln und Meeresenten, Artengruppen, welche an beiden Standorten sowohl nahrungssuchend als auch ziehend in großen Zahlen vorkommen.

Um Kollisionsrisiken zu berechnen, benötigt man zum einen Daten der Windkraftanlagen wie Höhe, Rotordurchmesser und -anstellwinkel, Drehzahl (technische Parameter), zum anderen Daten über die betrachtete Vogelart wie Größe (Länge, Flügelspanne etc.) des Vogels, Fluggeschwindigkeit sowie die Flugweise (gleitend, Flügel schlagend) (biometrische Parameter). Darüber hinaus sind weitere größtenteils artspezifische Daten erforderlich:

- Wie viele Vögel nutzen das betrachtete Gebiet (Windpark und Umgebung)?
- Wie viele Vögel nutzen das vom Windpark beeinflusste Gebiet?
- Wie viele Vögel fliegen innerhalb des Rotorbereichs:
 - im relevanten Höhenband?
 - innerhalb des Höhenbands im von den Rotoren erfassten Luftraum (dreidimensional)?

Liegen diese Daten vor, so lässt sich ein theoretisches Kollisionsrisiko berechnen (BAND et al. in press, DESHOLM 2006), welches angibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Vogel, der nicht ausweicht, mit einer Windkraftanlage kollidiert. Es ist aber bekannt, dass Vögel Windkraftanlagen wahrnehmen, ihnen weit- und kleinräumig ausweichen und es vermeiden, mit diesen zu kollidieren; in der Regel werden – aufgrund fehlender Grundlagendaten - 95% Ausweichreaktion angenommen (BAND et al., ERICKSON et al. 2001). Für dänische Offshore Windparks wurde gezeigt, dass z. B. Eiderenten tagsüber bei guter Sicht schon in einer Entfernung von 3-4 km von einem Offshore-Windpark ausweichen (KAHLERT et al. 2005). Bei schlechter Sicht oder nachts finden diese Ausweichreaktionen in kürzerer Entfernung statt. Fliegen Individuen durch den Windpark, so wählen sie anscheinend Flugrouten in den Korridoren zwischen den Windkraftanlagen (DESHOLM & KAHLERT 2005). Es muss angenommen werden, dass dieses für die meisten Arten, wenn auch in unterschiedlicher Ausprägung, gilt.

Die tatsächliche Anzahl von Kollisionen wird maßgeblich von diesen Ausweichreaktionen abhängen; in der Tat ist es so, dass eine Veränderung der oben beschriebenen technischen und biometrischen Parameter um jeweils 10% das Kollisionsrisiko zwischen 5-10% verändert; eine 10%ige Veränderung des Ausweichverhaltens ändert jedoch das Kollisionsrisiko z. B. um mehr als das 20fache (CHAMBERLAIN et al. 2006). Kollisionen erhöhen die Sterblichkeit innerhalb einer Population; abhängig von der Populationsökologie einer Art (Lebensalter, Reproduktivität, Beginn der Geschlechtsreife etc.) hat dieses Auswirkungen auf die jeweilige Populationsentwicklung. Populationsmodelle, für die allerdings eine Anzahl populationsökologischer Daten vorliegen müssen, können artspezifisch die Auswirkungen dieser zusätzlichen Mortalität näherungsweise abschätzen (z. B. REBKE 2005). Letztendlich müssen die Ergebnisse solcher Modellrechnungen in der Wirklichkeit überprüft werden. Das bedeutet insbesondere, dass vorhergesagte Kollisionsraten durch ein Effekt-Monitoring überprüft werden müssen. Für an Land befindliche Windkraftanlagen haben solche Untersuchungen beispielhaft stattgefunden (z. B. GRÜNKORN et al. 2005). Auf See hingegen sind bisher fast alle Versuche fehlgeschlagen, Kollisionen von Vögeln an Windkraftanlagen zu quantifizieren (s. DESHOLM 2005, WIGGELINKHUIZEN et al. 2006).

In Rahmen einer Kooperation zwischen den dänischen und deutschen Umweltministerien gab das deutsche Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2005 eine Studie in Auftrag, Daten zu den Kollisionsrisiken von Vögeln in Offshore Windparks zu erheben und zu bewerten.

Untersuchungsgebiete und Methode

Untersuchungsgebiete

Die Untersuchungen wurden in den beiden dänischen Offshore-Windparks Horns Rev (Nordsee) und Nysted (Ostsee) durchgeführt (Abb. 1), welche 2002 bzw. 2003 in Betrieb genommen wurden.



Abb. 1: Lage der beiden Untersuchungsgebiete Horns Rev (Nordsee) und Nysted (Ostsee).

Das Schiff wurde jeweils an den Rand des Windparks gelegt, in einer Entfernung von ca. 100 – 250 m, und zwar auf der Seite, von welcher der jahreszeitabhängig ankommende Vogelzug zu erwarten war, so dass die auf den Windpark zufliegenden Vögel beobachtet werden konnten (Abb. 2).

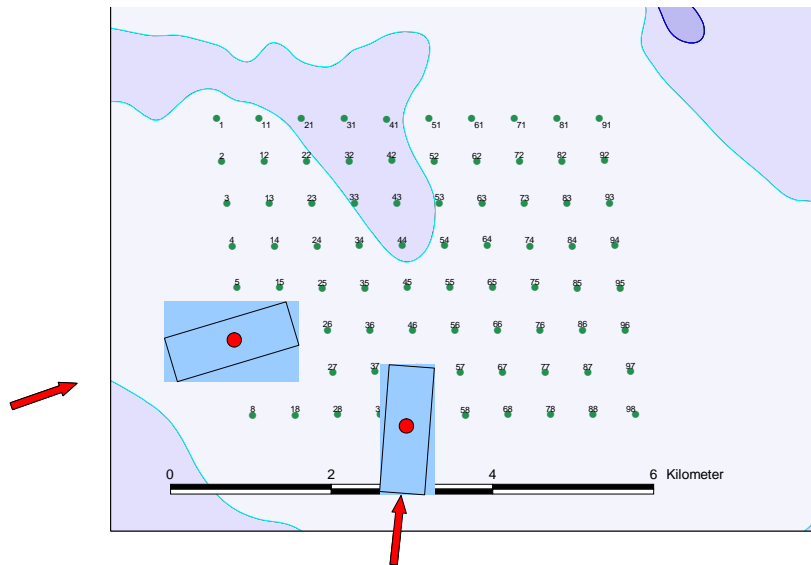


Abb. 2: Beispielhafte Positionen des Schiffes und der Beobachtungsräume, hier dargestellt für den Windpark Horns Rev während des Frühjahrs, wenn erwartet wird, dass der Vogelzug aus südlicher bis südwestlicher Richtung kommt. Rote Punkte – Schiff; rote Pfeile – erwartete Zugrichtung; hellblaue Rechtecke - Beobachtungsraum für Sichtbeobachtungen und Beobachtungen mit vertikal gestellten Radar.

Radaruntersuchungen

Es wurden je Schiff zwei Radargeräte eingesetzt. Ein Decca BridgeMaster E wurde vertikal gestellt (Vertikalradar), um die Anzahl und Höhe der Vögel innerhalb und außerhalb sowie mögliche Höhenänderungen zu messen, ein Raytheon Pathfinder wurde horizontal eingesetzt (Horizontalradar), um Zugrichtung und mögliche seitliche Ausweichreaktionen zu erfassen; technische Details der Radargeräte finden sich in Tabelle 1.

Tab. 1: Technische Spezifikationen der eingesetzten Radargeräte

	Decca BridgeMaster E	Raytheon Pathfinder
Leistung [kW]	25	10
Frequenz [MHz]/ Wellenlänge [mm]	9410±30 / ~31,86	9410±30 / ~31,86
Horizontaler Winkel des Radarstrahls [°]	1	1,15
Vertikaler Winkel des Radarstrahls [°]	24	~25
Drehzahl [min ⁻¹]	28	24
Antennenlänge [mm]	2440	1830

Das Horizontalradar wurde in einem Bereich von 2780 m (1,5 nautische Meilen) eingesetzt, das Vertikalradar wurde alle 30 min zwischen 500 m und 1500 m umgestellt; beide Geräte waren während der Beobachtungsperioden durchgehend im Einsatz. Das Vertikalradar wurde so ausgerichtet, dass es sich möglichst parallel zur erwarteten Hauptzugrichtung drehte; gleichzeitig musste es mehr oder weniger senkrecht in den Windpark zeigen, um Signale innerhalb und außerhalb des Windparks getrennt aufzeichnen zu können.

Von beiden Radargeräten wurde alle 150 s der Bildschirm mit einer Digitalkamera abfotografiert. Parallel dazu wurde beim Vertikalradar der Bildschirm in gleichen Zeitintervallen auf zwei Weisen digital aufgezeichnet: Einmal ebenfalls als Momentaufnahme (analog den Digitalfotos) und einmal als integrierte Summenaufnahme aller Signale und

Signalspuren der vergangenen 150 s. Zusätzlich wurden auf Overhead-Folien die Signale bzw. Signalspuren zweimal je 30 min über den Zeitraum von 150 s mitgezeichnet.

Die Daten dieser Aufzeichnungen wurden in Tabellen mit Angaben zu Höhe und Entfernung jedes Signals ausgewertet; eine Korrektur der Daten nach der „distance-sampling“ Methode wurde bei den vorliegenden Ergebnissen durchgeführt (BUCKLAND et al. 2001, BSH 2003, 2007).

Sichtbeobachtungen

Sichtbeobachtungen wurden von Sonnenaufgang bis -untergang, für jeweils 15 min pro halbe Stunde durchgeführt. Es wurde mit je einem Beobachter je ein Transekt parallel zum Vertikalradar beobachtet; davon verlief ein Transekt vom Schiff in den Windpark hinein, das andere Transekt in entgegengesetzter Richtung, vom Schiff aus weg vom Windpark. Mit den Sichtbeobachtungen konnten Anzahl und Art/Taxa der Vögel bestimmt werden, sowie deren Zugrichtung und -höhe und mögliche Reaktionen auf den Windpark dokumentiert werden.

Nachtzugbeobachtungen

Von Sonnenuntergang bis -aufgang wurden für jeweils 10 min pro halbe Stunde Rufe von Vögeln registriert. Hiermit können vor allem Arten ermittelt werden; einschränkend gilt, dass Rufe, abhängig von der Vogelart, nur bis zu einer bestimmten Reichweite hörbar sind, und dass zahlreiche Vogelarten während des Zugs oder Fliegens nicht rufen.

Beobachtungsaufwand

Es wurden insgesamt während 179 effektiver Schiffstage (Ausfahrtstage abzgl. An- und Abfahrt, Ausfallzeiten) Beobachtungen durchgeführt (Tab. 2).

Tab. 2: Effektive Schiffstage in den Jahren 2005 und 2006

	Horns Rev, Nordsee	Nysted, Ostsee
Frühjahr 2005	9,5	20
Herbst 2005	26	27,5
Frühjahr 2006	21,5	28
Herbst 2006	18,5	28
Summen	75,5	103,5

Ergebnisse

Da die Datenauswertung noch nicht abgeschlossen ist, werden hier exemplarische Beschreibungen und Auswertungen vorgestellt.

Sichtbeobachtungen tagsüber – Arten, Höhenverteilung, Meidung

Im Untersuchungsgebiet Nysted, Ostsee, wurden während der Untersuchungen insgesamt 114 Vogelarten beobachtet; 73 (64%) dieser Arten wurden auch innerhalb des Windparks registriert. Im Untersuchungsgebiet Horns Rev, wurden insgesamt 99 Arten beobachtet, davon 64 (65%) auch innerhalb des Windparks.

Bei einigen Arten besteht eine relativ deutliche Meidung des Windparkbereichs. So wurden sowohl Trauerente als auch Gänsearten in der Regel außerhalb des Windparks registriert; von den Trauerenten flogen einige auch innerhalb des Windparkbereichs, Gänse flogen nicht

in Höhe der Windkraftanlagen durch den Windpark, sondern überquerten den Windpark oberhalb des Rotorbereichs (Abb. 3).

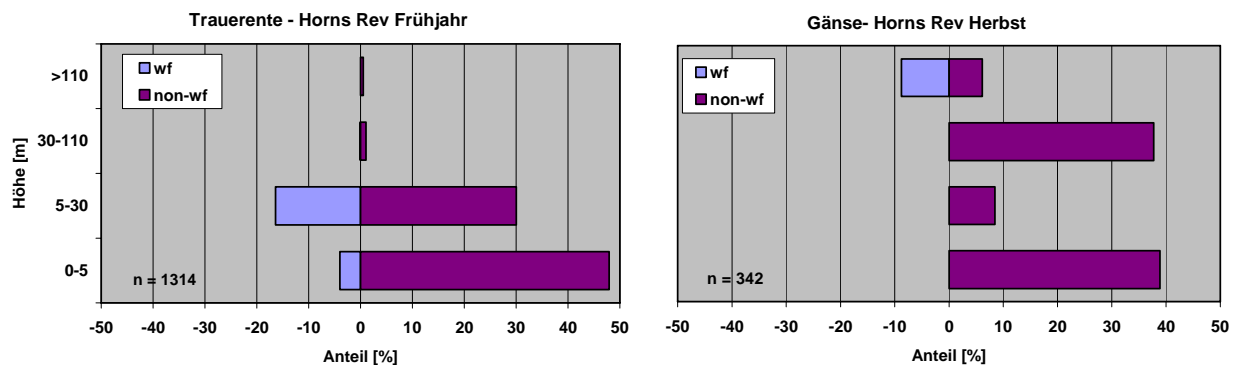


Abb. 3: Beispielhafte Höhenverteilungen – Windpark Horns Rev, Nordsee. Höhenklassen wie folgt: 0-5 m – sehr flach fliegend; 5-30 m – unterhalb des Rotorbereichs; 30-110 m – im Rotorbereich; > 110 m – oberhalb des Rotorbereichs.

Andere Arten hingegen scheinen die Windparks weniger zu meiden. Dazu gehören die meisten Möwenarten, welche über längere Zeit in den Gebieten anwesend waren, wie z. B. Silber- und Sturmmöwe; es scheint so gut wie keine Meidung des Windparks vorzuliegen und es werden alle Höhenbereiche, insbesondere auch der Höhenbereich der Rotorblätter genutzt. Die Zwergmöwe hingegen, ein Zugvogel, welcher in Horns Rev während des Zuges und auch bei der Nahrungssuche beobachtet wurde, zeigt eine deutliche, wenn auch nicht vollständige Meidung des Windparks (Abb. 4).

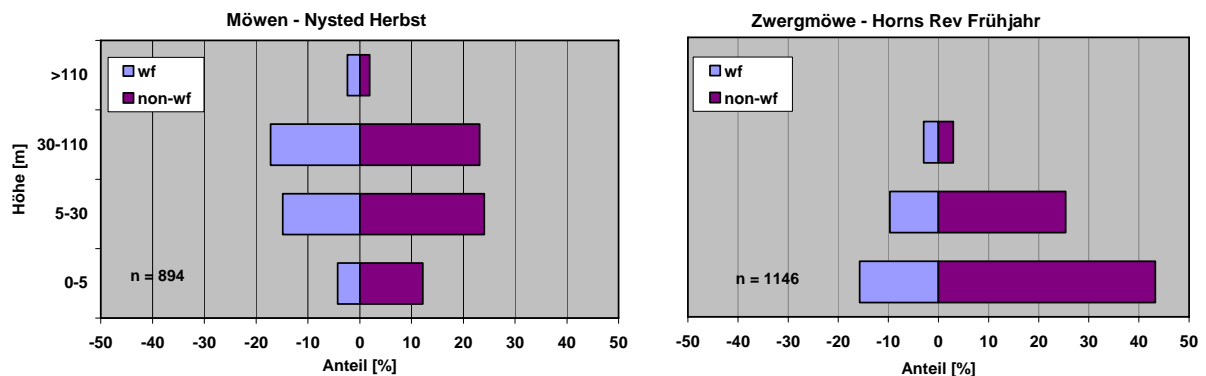


Abb. 4: Beispielhafte Höhenverteilungen für Möwen in beiden Windparks. Legende s. Abb. 3.

Ein weiteres Beispiel sind Greifvögel, welche während des Zugs auf den Windpark treffen. Es wurden insgesamt 185 Individuen von 14 Greifvogelarten in beiden Windparks beobachtet, von denen mindestens 88 im bzw. über den Windparks registriert wurden. Für den Sperber ist aufgrund der zahlreichen Beobachtungen in Nysted eine Darstellung sowohl der Höhenverteilung als auch der Reaktionen auf den Windpark möglich. Reaktionen konnten nur für eine Auswahl von eingehender beobachteten Individuen aufgezeichnet werden. Das sind in der Regel Ausweichreaktionen in mittlerer bis kurzer Entfernung, welche dazu führten, dass der Vogel entweder nicht in den Windpark einflog, oder dass der Vogel seine Flugroute so korrigierte, dass ein gewisser Abstand zu den Windkraftanlagen eingehalten wurde (Abb. 5).

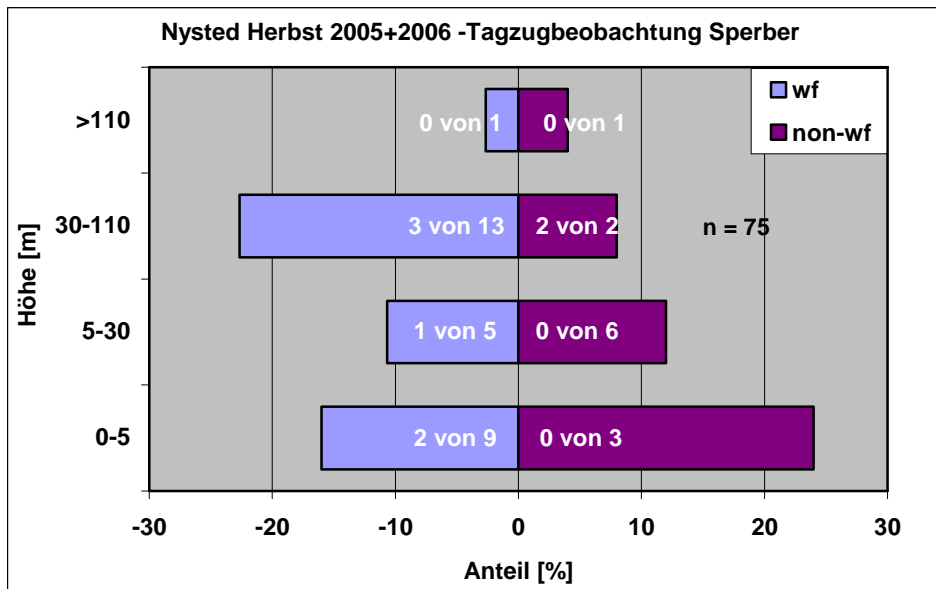


Abb. 5: Höhenverteilungen und Reaktionen am Beispiel des Sperbers in Nysted, Ostsee. Legende s. Abb. 3. In weißer Schrift ist die Anzahl der Reaktionen angegeben.

Radarbeobachtungen - Höhenverteilungen tags und nachts

Die Radardaten werden für jede Erfassungsreichweite (500 m, 1500 m) getrennt ausgewertet und dargestellt. Um so genannte Zugnächte besonders zu berücksichtigen, werden die fünf Tage bzw. Nächte mit dem stärksten Zugeschehen den restlichen Zeiträumen gegenübergestellt. Im Fall der Herbstdaten aus Nysted, Ostsee zeigt sich, dass dort in Zeiten hoher Zugintensität die Höhenverteilung der dargestellten Vögel deutlich nach oben verschoben ist; das bedeutet gleichzeitig, dass weniger Vögel in den unteren Höhenschichten registriert wurden. Betrachtet man den Risikohöhenbereich bis 200 m Höhe (Höhe der WKA: 110 m), so sind bei hoher Zugintensität in diesem Fall sowohl tagsüber als auch nachts durchschnittlich 25% der Signale unterhalb 200 m bzw. 13-14% unterhalb 100 m zu finden; in den übrigen Zeiträumen werden tagsüber 46% der Signale und nachts 41% unterhalb 200 m registriert bzw. tagsüber 34% und nachts 23% unterhalb 100 m (Abb. 6 und 7).

Artenzusammensetzung und Höhenverteilung von Vögeln in Offshore-Windparks

(BLEW, HOFFMANN, NEHLS)

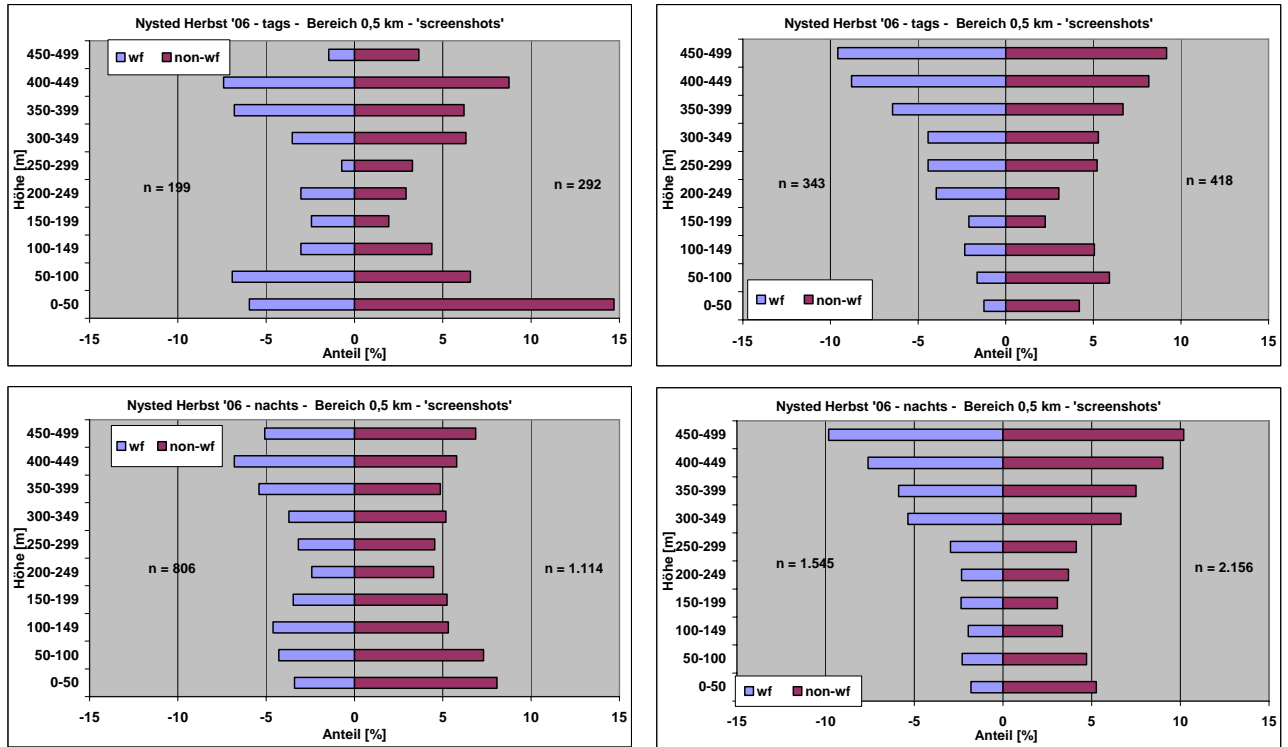


Abb. 6: Höhenverteilungen Beispiel Nysted, Ostsee. Erfassungsreichweite 500 m. Links: geringe Zugintensität, rechts: hohe Zugintensität; oben: tagsüber, unten: nachts.

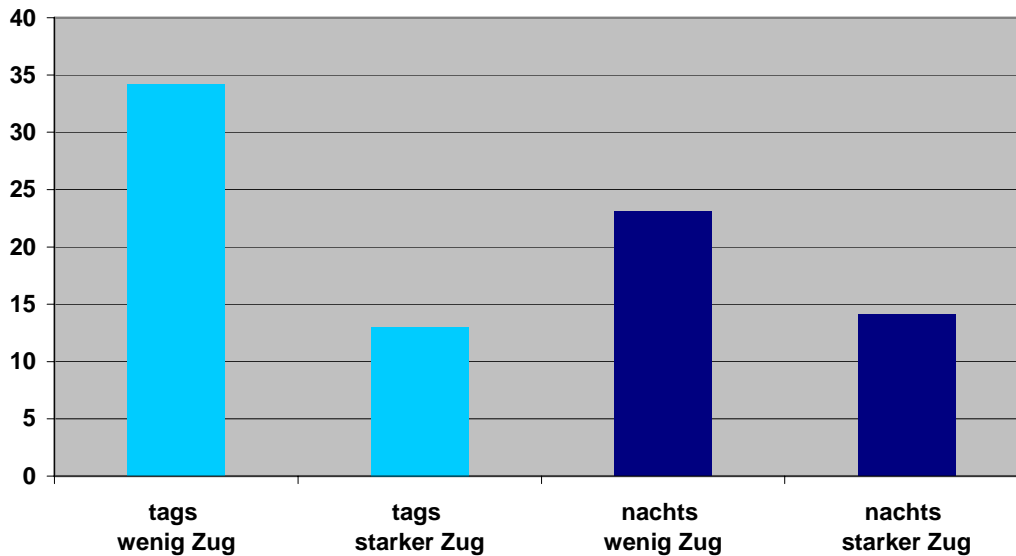


Abb. 7: Signale unterhalb 100 m in Tagen bzw. Nächten mit unterschiedlicher Zugintensität (Nysted, Ostsee, Herbst).

Wertet man den Bereich bis 1.500 m Reichweite aus, so zeigt sich außerdem, dass zu allen Zeiten, aber vor allem während Zeiten mit hoher Zugintensität ein Großteil der Vögel deutlich oberhalb von 500 m registriert wird; bei niedriger Zugintensität findet nur etwa 50% des Vogelzugs oberhalb 500 m statt, bei hoher Zugintensität dagegen 85-90% (Abb. 8).

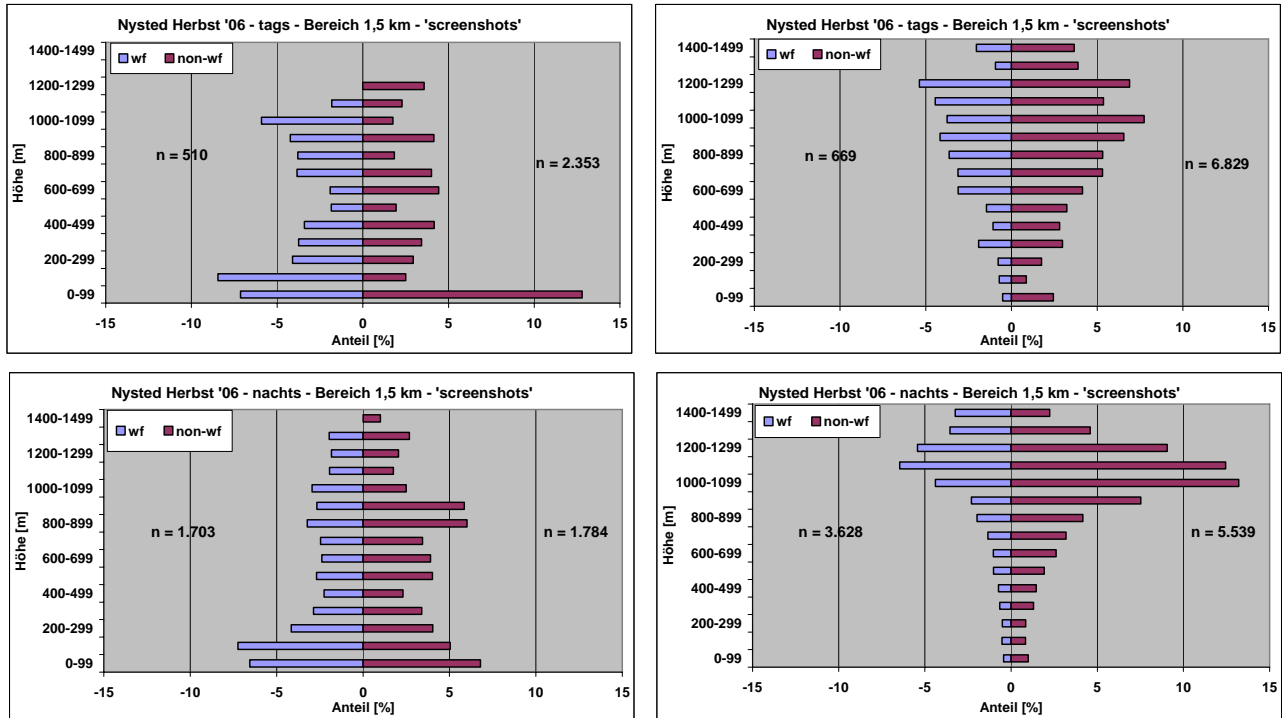


Abb. 8: Höhenverteilungen am Beispiel Nysted, Ostsee. Reichweite 1500 m. Links: geringe Zugintensität, rechts: hohe Zugintensität; oben: tagsüber, unten: nachts.

Diskussion

Ziel der Untersuchungen war es, Daten zum Kollisionsrisiko von Vögeln in Offshore-Windparks zu erheben und zu bewerten. Hiermit sollen vorliegende dänische Untersuchungen ergänzt werden, welche von festen Plattformen bzw. von Land aus Daten vor allem an Entenarten erhoben haben (Übersicht in PETERSEN et al. 2006). Es bestand somit die Notwendigkeit, in der unmittelbaren Nähe der Windparks Untersuchungen durchzuführen. Die hierzu vorgestellten Methoden sind Sicht- und Radarbeobachtungen; derzeit bestehen diese Möglichkeiten nur vom Schiff aus. Die erhobenen Daten ermöglichen im Wesentlichen Aussagen über das beobachtete Artenspektrum während der Hauptzugzeiten sowie über Höhenverteilungen innerhalb und außerhalb der Windparks. Weitergehende Auswertungen werden Reaktionen während des Tagzugs bzw. Höhenänderungen auf den Windpark zufliegender Vögel während der Tag- und Nachtzeit beschreiben.

Tagsüber meiden offensichtlich auf dem Zug befindliche Arten den Windpark, während Arten, die längerfristig in dem betroffenen Gebiet anwesend sind (Nichtbrüter, Rastvögel, Überwinterer), auch den Bereich des Windparks nutzen. Dieses Phänomen ist auch aus anderen Untersuchungen bekannt (z. B. KRIJGSVELD et al. 2005); im Windpark Nysted, Ostsee, sind insbesondere Kormorane mehrmals in sehr großer Zahl im Windpark bei der kollektiven Nahrungssuche beobachtet worden; einige Kormorane nutzen auf den täglichen Flügen zu den Nahrungsgründen die Wettermasten außerhalb des Windparks, aber auch die Strukturen (insbes. die Geländer) der Windkraftanlagenfundamente nach erfolgter Jagd zur Rast. Möwen sind mehr oder weniger durchgehend während der Tagzeit in und um die Windparks zu beobachten. Also existiert ein Vertreibungseffekt für die Arten, welche Offshore-Windparks großräumig meiden, während sich für Arten, die sich auch innerhalb des

Windparks aufhalten, das Kollisionsrisiko erhöht (GARTHE & HÜPPOP 2004, GRÜNKORN et al. 2005).

Tagsüber auf den Windpark zuziehende Greifvögel fliegen überwiegend in den Windpark ein, wobei sie offensichtlich Korrekturen der Flugbahnen vornehmen. Für kleinere Vögel sind diese Angaben aufgrund von Tagzugbeobachtungen schwer zu quantifizieren, weil diese häufig erst in unmittelbarer Nähe der Beobachtungsplattform gesichtet werden und selten weiter als bis an die Grenze des Windparks verfolgt werden können.

Vor allem Singvögel ziehen gehäuft innerhalb einzelner Tage – in Abhängigkeit von der längerfristigen Wetterphänologie und den kurzfristigen Wetterbedingungen. Vogelarten können bei den Radarauswertungen nicht unterschieden werden. Deshalb wurden sog. Zug-Tage gesondert ausgewertet, da man davon ausgehen kann, dass während dieser Zeiten überwiegend Singvogelzug stattfindet und somit mögliche Kollisionsereignisse wahrscheinlicher sind als zu zugschwachen Zeiten. Die Ergebnisse zeigen, dass während der intensiven Zugzeiten weniger Vögel im sog. Risikobereich, also dem Höhenband 0-100 m, registriert werden.

Die endgültigen Auswertungen des Untersuchungszeitraums werden einen Überblick darüber geben, zu welchen Zeiten und unter welchen Bedingungen welche Höhenverteilungen des Vogelzuges innerhalb und in der Umgebung von Offshore-Windparks registriert werden können und liefern damit Daten, welche in Kollisionsmodellen Eingang finden können. Hierzu ist eine enge Kooperation mit weiteren Untersuchungen in Offshore-Windparks erforderlich.

Zusammenfassung

Im Rahmen des hier vorgestellten Projektes wurden Untersuchungen zur Kollisionsgefahr von Vögeln in Offshore-Windparks durchgeführt. Das Projekt führt BioConsult SH gemeinsam mit dem Biozentrum Grindel an der Universität Hamburg durch; es wurde durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) finanziert und fand im Rahmen einer deutsch-dänischen Kooperation statt.

Zwischen März 2005 und November 2006 wurden in den beiden dänischen Offshore-Windparks Horns Rev, Nordsee und Nysted, Ostsee vom Schiff aus Untersuchungen in unmittelbarer Nähe der Windparks durchgeführt. Mit Tagzugbeobachtungen konnten Artenzusammensetzung, Flugrouten und mögliche Reaktionen registriert werden, mit Radarbeobachtungen Höhenverteilungen innerhalb und außerhalb der Windparks und ebenfalls Reaktionen. Die Ergebnisse sollen dazu dienen, das Kollisionsrisiko unterschiedlicher Artengruppen zu bewerten. Da die Datenauswertung noch läuft, werden an dieser Stelle beispielhafte Ergebnisse dargestellt.

Von den 114 in Nysted bzw. 99 in Horns Rev beobachteten Arten werden ca. 65% auch innerhalb der Windparks registriert. Auf dem Zug befindliche Vögel scheinen den Windpark eher zu meiden als solche, die längerfristig anwesend sind. Während für die Arten, welche Offshore-Windparks großräumig meiden, ein Vertreibungseffekt existiert, erhöht sich für Arten, die sich auch innerhalb des Windparks aufhalten, das Kollisionsrisiko.

Tagsüber ziehende Greifvögel fliegen überwiegend in den Windpark ein, wobei sie offensichtlich Korrekturen der Flugbahnen vornehmen. Radarbeobachtungen liefern Höhenverteilungen von Vögeln innerhalb und außerhalb der Windparks. In Zeiten mit starkem Zugeschehen werden Vögel häufiger in größeren Höhen und damit oberhalb der Windräder registriert als bei schwachem Zugeschehen. Das bedeutet gleichzeitig, dass dann ein geringerer Prozentsatz der Vögel im so genannten Risikobereich fliegt.

Quellen

- BAND, W.; MADDERS, M.; WHITFIELD, D. S. (2006): Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. In: DeLucas, M., G. Janss & M. Ferrer (Eds): *Birds and Wind Power*, Barcelona, Spain, Lynx edition.
- BSH (BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFFAHRT UND HYDROGRAPHIE) (2007): Genehmigte Windparkprojekte in der Nordsee:
<http://www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Wirtschaft/Windparks/index.jsp>
- BSH (BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFFAHRT UND HYDROGRAPHIE) (2007): Standard. Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (StJK 3). Hamburg und Rostock 2007, 30-33.
- BSH (BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFFAHRT UND HYDROGRAPHIE) (2003): Standarduntersuchungskonzept für die Untersuchung und Überwachung der Auswirkungen von Offshore Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt.. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock. 53 S.
- CHAMBERLAIN, D. E., REHFISCH, M. R.; FOX, A. D.; DESHOLM, M.; ANTHONY, S. (2006): The effect of avoidance rates on bird mortality predictions made by wind turbine collision risk models. *Ibis*, 148: 198-202.
- CHRISTENSEN, T. K., HOUNISEN, J. S.; CLAUSAGER, I.; PETERSEN, I. K. (2004): Visual and radar observations of birds in relation to collision risk at the Horns Rev offshore wind farm. Annual status report 2003, commissioned by Elsam Engineering A/S, Fredericia, DK. 53 S.
- CHRISTENSEN, T. K., HOUNISEN, J. S. (2005): Investigations of migratory birds during operation of Horns Rev offshore wind farm. Annual Status Report 2004, commissioned by Elsam Engineering A/S, Fredericia, DK. 39 S.
- DESHOLM, M., FOX, A. D.; BEASLEY, S.; KAHLERT, J. (2006): Remote techniques for counting and estimating the number of bird-wind turbine collisions at sea: a review. *Ibis* , 148: 76-89.
- DESHOLM, M., KAHLERT, J. (2005): Avian collision risk at an offshore wind farm.. *Biology Letters*, 1 : 296-298.
- DESHOLM, M. (2005): TADS investigations of avian collision risks at Nysted offshore wind farm, autumn 2004. NERI Report commissioned by Energie E2, DK. 31 S.
- DESHOLM, M. (2006): Wind farm related mortality among avian migrants - a remote sensing study and model analysis. PhD Thesis; Dept. of Wildlife Ecology and Biodiversity, National Environmental Research Institute and Center for Macroecology, Institute of Biology, University of Copenhagen, DK. 127 S.
- DONG et al. (2006): Danish offshore wind - key environmental issues. Dong Energy, Vattenfall, Danish Energy Authority, Danish Forest and Nature Agency. 145 S.
- ERICKSON, W. S., JOHNSON, G. D.; STRICKLAND, M. D.; YOUNG, D. S.; SERNKA, K. J.; GOOD, R. E. (2001): Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United States. National Wind Coordinating Committee (NWCC) Resource Document. Washington, D.C.,USA. 67 S.
- GRÜNKORN, T., DIEDERICHS, A.; STAHL, B.; POSZIG, D.; NEHLS, G. (2005): Entwicklung einer Methode zur Abschätzung des Kollisionsrisikos von Vögeln an Windenergieanlagen. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein, Flintbek. 109 S.

- KAHLERT, J., DESHOLM, M.; CLAUSAGER, I. (2004): Investigations of migratory birds during operation of Nysted offshore wind farm at Rødsand: Preliminary analysis of data from spring 2004.. NERI Note, commissioned by Energie E2, DK. 36 S.
- KRIJGSVELD, K. L., LENSINK, R.; SCHEKKERMAN, H.; WIERSMA, S.; POOT, M. J. M.; MEESTERS, E. H. W. G.; DIRKSEN, S. (2005): Baseline studies North Sea wind farms: fluxes, flight paths and altitudes of flying birds 2003-2004. Bureau Waardenburg bv and Alterra, commissioned by the National Institute for Coastal and Marine Management, The Hague, 192 S.
- KRIJGSVELD, K. L., VAN LIESHOUT, S. M. J.; SCHEKKERMAN, H.; LENSINK, R.; POOT, M. J. M.; DIRKSEN, S. (2003): Baseline studies North Sea wind farms: strategy of approach for flying birds. Bureau Waardenburg bv and Alterra, commissioned by the National Institute for Coastal and Marine Management, The Hague, S.
- PETERSEN, I. K., CHRISTENSEN, T. K.; KAHLERT, J.; DESHOLM, M.; FOX, A. D. (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. 166 S.
- REBKE, M. (2005): Populationsmodelle zur Abschätzung der Auswirkungen additiver Vogelmortalität an Offshore-Windenergieanlagen. Diplom-Arbeit, Universität Bremen, FB2, Biologie und Chemie. 141 S.
- WIGGELINKHUIZEN, E. J., RADEMAKERS, L. W. M. M.; BARHORST, S. A. M.; DEN BOON, H. J.; DIRKSEN, S.; SCHEKKERMAN, H. (2006): WT-Bird - Bird collisions recording for offshore wind farms. Report presented at the European Wind Energy Conference 2006, Athens, Greece.