

Offshore-Windenergieanlagen und Vogelschutz

Klaus-Michael Exo¹⁾, Ommo Hüppop¹⁾ & Stefan Garthe²⁾

Zusammenfassung

Seit Ende der 1990er Jahre wird die Nutzung von Windenergie auf See intensiv vorangetrieben. Die Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen (WEA) kann jedoch zu einer erheblichen Beeinträchtigung von Vögeln führen, und zwar sowohl von stationär auf dem Meer lebenden Seevogelarten als auch von Wasser- und Landvögeln, welche die Meere auf dem Zug regelmäßig überqueren. In der Deutschen Bucht (Nordsee) liegen zwei Bereiche, die für See- und Küstenvögel internationale Bedeutung haben, die östliche Deutsche Bucht und die Seegebiete vor den ostfriesischen Inseln. In den deutschen Ostsee-Bereichen sind insbesondere die Boddengebiete Mecklenburg-Vorpommerns mit dem Stettiner Haff, die Pommersche Bucht sowie größere Teile der Lübecker-Mecklenburger Bucht und der Kieler Bucht von großer Bedeutung. Während der Zugzeiten überqueren alljährlich mehrere 10 Mio. Vögel Nord- und Ostsee auf ihrem Zug zwischen Brut- und Winterquartieren und umgekehrt. Beide Meere liegen im Zentrum globaler Zugwegsysteme.

Vögel werden durch die Errichtung von WEA im Offshore-Bereich potenziell vor allem durch folgende Faktoren gefährdet: (1) Gefahr der Kollision mit WEA (Vogelschlag), (2) kurzfristige Verluste von Lebensräumen während der Bauphase und/oder Wartungsarbeiten, (3) langfristige Verluste von Lebensräumen auf Grund der Scheuchwirkung von WEA, (4) Barrierewirkung für Zugvögel und (5) „Zerschneidung“ ökologisch zusammen gehöriger Einheiten wie Rast- und Nahrungsgebieten von stationären Vögeln. Zur Abschätzung des Konfliktpotenzials der einzelnen Parameter müssen neben dem Vorkommen von Vögeln im Plangebiet Details zum Verhalten vor allem die Flughöhen über See, die Wahrnehmbarkeit von WEA für Vögel sowie die artspezifischen Störungsempfindlichkeiten bekannt sein. Zur Analyse der artspezifischen Empfindlichkeiten sind detaillierte Verhaltensstudien an Pilotparks vorzunehmen.

In einem vom Umweltbundesamt finanzierten Projekt wurden Standards für ornithologische Begleituntersuchungen und eine Methode zur Bewertung der Suchräume für Windparks entwickelt. Im Rahmen von Begleituntersuchungen sind im Wesentlichen drei Untersuchungskomplexe abzudecken: (1) Linientranssektuntersuchungen zur Analyse der Verteilung und Dichte von Seevögeln sowie (2) Radaruntersuchungen und

(3) Sichtbeobachtungen/Registrierungen von Flugrufen zur Erfassung von Vogelzugbewegungen und Flügen nahrungssuchender Vögel. Die Begleituntersuchungen müssen sowohl mehrjährige Vorher-/Nachhervergleiche im Plangebiet als auch parallele Untersuchungen in von WEA unbeflussten Referenzgebieten beinhalten. Regelungen für eine Qualitätssicherung müssen getroffen werden.

Eine fundierte biologische Bewertung der Auswirkungen von Offshore-WEA auf die marine Umwelt ist nur möglich, wenn Einzelstandorte nicht isoliert betrachtet werden, sondern alle potenziellen Windparkstandorte inkl. der Netzanbindung in eine gemeinsame übergeordnete Bewertung für Nord- bzw. Ostsee einbezogen werden.

Summary

Offshore wind energy has rapidly developed in recent years. However, the erection of wind farms on the seabed may have considerable impacts on birds, namely local seabirds as well as waterbirds and terrestrial species that regularly cross the sea during migration or during foraging flights. There are two internationally important areas for seabirds and coastal birds off the German North Sea coast: the Eastern German Bight and the sea stretch seawards off the East Frisian Islands. Important areas along the Baltic coast comprise sea inlets in Mecklenburg-West Pomerania including the Szczecinski lagoon, Pomeranian Bay, as well as large parts of the Bight of Lübeck and Kiel Bay. Every year during migration, tens of millions of birds cross the North Sea and the Baltic Sea on their way from breeding grounds to wintering areas and back. Both seas are part of global flyway systems.

The erection of wind facilities offshore can have the following adverse affects on birds: (1) risk of collision with wind turbines; (2) short-term habitat loss during construction; (3) long-term habitat loss due to disturbance by wind turbines including disturbances from sailing activities in connection with maintenance; (4) formation of barriers on migratory routes; and (5) disconnection of ecological units, such as roosting and feeding sites of local birds. To evaluate conflict potentials of individual parameters, we should know the distribution of birds at proposed wind plant locations and details of their behavior, in particular flight altitudes above sea level, perceptibility of wind

turbines and species-specific sensitivities. To analyze the latter, elaborate behavioral investigations should be carried out on pilot wind power facilities.

Methodological assessment standards and an assessment method for proposed wind farm sites are being developed within the scope of a project funded by the German Federal Environmental Agency. The environmental impact studies will comprise three major research complexes: (1) transect studies to analyze distribution and density of seabirds; (2) radar investigations; and (3) visual observations/flight call recordings to detect movements of passage migrants and foraging local birds. They should also include long-term comparative studies before and after installation of a wind farm as well as synchronous investigations in unaffected reference areas (BACI approach). Quality control regulations should be implemented.

For a sound assessment of impacts of offshore wind farms on the marine environment, it is vital that all potential construction sites are considered not individually, but as parts of an integral assessment framework, including their cable connections to the network on land, in the North Sea and the Baltic Sea respectively.

Einleitung

Die Windenergienutzung erfuhr während der letzten Jahrzehnte eine rapide technische Entwicklung. Mit einer Steigerung auf mehr als das 30-fache von ca. 200 MW im Jahr 1992 auf 6.900 MW Mitte 2001 (ENDER 2001) ist Deutschland heute weltweit „Windenergieland Nr. 1“. Dennoch liegt der Anteil regenerativer Energien immer noch unter dem von der EU und dem Bund geforderten Ziel, den Stromerzeugungsanteil aus regenerativen Energiequellen bis zum Jahr 2010 gegenüber heute zu verdoppeln (BMU 2001). Nachdem zumindest in den windhöufigsten küstennahen Zonen Deutschlands fast alle Landstandorte ausgenutzt sind, werden nun boomartig Offshore-Standorte gesucht. Das am 01. April 2000 in Kraft getretene Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG, BGBl. 13 vom 31.03.2000, Bonn) sieht besondere Vergünstigungen für bis zum Jahresende 2006 in Betrieb genommene Offshore-Windenergieanlagen (WEA) vor und gibt den Investoren durch festgelegte Vergütungsbeiträge die notwendige

Investitionssicherheit. Die mindestens ebenso wichtige Planungssicherheit fehlt hingegen (z.B. BMU 2001, RUNGE 2001).

Bis Februar 2002 lagen dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) als Genehmigungsbehörde Anträge für 29 Windparkstandorte in der Ausschießlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Nord- und Ostsee mit insgesamt mehr als 12.000 Windturbinen und einem Flächenbedarf von über

13.000 km², entsprechend 26,5 % der Fläche der AWZ, vor. Die Errichtung von Offshore-WEA kann damit in Europa zum großräumigsten technischen Eingriff in marine Lebensräume werden (MERCK & VON NORDHEIM 2000). Eines der wesentlichsten Schutzgüter, das – basierend auf im Binnenland gemachten Erfahrungen – durch die Errichtung von WEA beeinflusst werden kann und somit im Rahmen von Umweltverträglichkeitsstudien zu betrachten ist,

Tab. 1: Bedeutung der östlichen Deutschen Bucht (Nordsee) als Nahrungs-, Rast- und Überwinterungsgebiet für See- und Küstenvögel. Angegeben sind die durchschnittlichen Winterbestände der Jahre 1980 – 1993 und die prozentualen Anteile an der biogeografischen Population (aus SKOV et al. 1995). Berücksichtigt wurden nur Arten, die in international bedeutenden Beständen auftraten, d.h. mit ≥ 1% der biogeografischen Population.

Table 1: Importance of the Eastern German Bight (North Sea) as a feeding, resting, and wintering area for seabirds and coastal birds. Mean numbers of wintering birds in 1980-1993 are given, also in percentages of their biogeographical populations (from SKOV et al. 1995). Only those species are noted that appeared in internationally important numbers, i.e. ≥ 1% of their biogeographical populations.

Stern-/Prachtaucher	<i>Gavia stellata</i> / <i>G. arctica</i>	24.000	21,8 %
Trauerente	<i>Melanitta nigra</i>	190.000	14,6 %
Brandseeschwalbe	<i>Sterna sandvicensis</i>	6.700	4,5 %
Zwergmöwe	<i>Larus minutus</i>	2.900	3,9 %
Sturmmöwe	<i>Larus canus</i>	21.500	1,3 %
Rothalstaucher	<i>Podiceps grisegena</i>	1.850	1,2 %

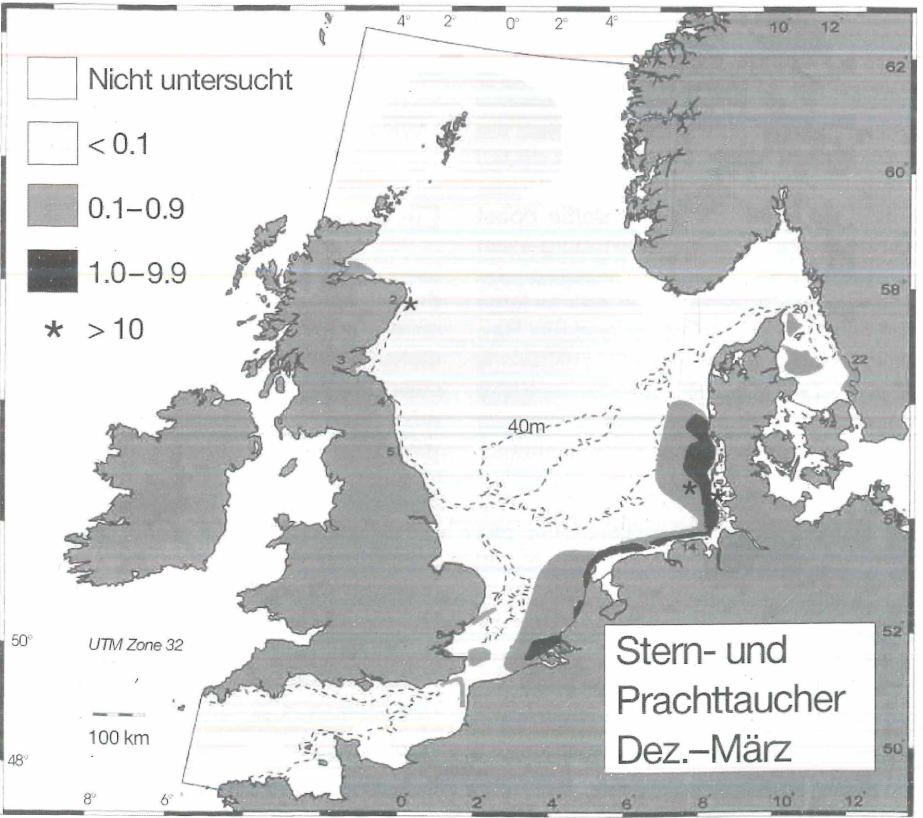


Abb. 1: Verbreitung von Stern- und Prachtauchern in der Nordsee im Zeitraum Dezember bis März. Angegeben ist die mittlere Dichte pro km² (nach SKOV et al. 1995).

Fig. 1: Distribution of Red-throated and Black-throated Divers in the North Sea from December to March. Mean density per km² is given (from SKOV et al. 1995).

sind Vögel (z.B. GARTHE 2000, RUNGE 2001, BMU 2001). Dennoch können auch über ein Jahrzehnt nach der boomartigen Zunahme von WEA an Land die Eingriffsfolgen für Vögel noch immer nicht befriedigend abgeschätzt werden (z.B. BREUER & SÜDBECK 1999, SCHREIBER 1999, BFN 2000, ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001). Um die bei der Errichtung von WEA an Land zwischen Natur- und Umweltschutz aufgetretenen Konflikte zu vermeiden, die oftmals emotionale Diskussion zu versachlichen und sowohl dem Naturschutz als auch den Betreibern rechtzeitig die zwingend notwendige Planungssicherheit zu geben, sind die potenziellen Auswirkungen im Vorfeld der Maßnahme qualitativ und quantitativ zu erfassen und zu beurteilen sowie Vorschläge zur Vermeidung und Verminderung von Belastungen zu erarbeiten. Aus diesem Grunde beauftragten BMU/UBA im Herbst 2000 unabhängige Forschungsinstitute im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens „Untersuchungen zur Vermeidung und Verminderung von Belastungen der Meeresumwelt durch Offshore-Windenergieanlagen im küstenfernen Bereich der Nord- und Ostsee“ mit einer zusammenfassenden Darstellung des derzeitigen Kenntnisstandes (UBA 2001). Ziel dieses Beitrages ist, die überragende internationale Bedeutung von Nord- und Ostsee für Vögel exemplarisch darzustellen, denkbare Gefährdungsursachen aufzuzeigen und darauf aufbauend ein zur Analyse des potenziellen Einflusses von WEA auf Vögel geeignetes Untersuchungskonzept vorzustellen.

Bedeutung der Nord- und Ostsee für Vögel

International bedeutsame Vorkommen von See- und Küstenvögeln in Nord- und Ostsee

Durch das internationale „Seabirds-at-Sea“-Programm (SAS), an dem sich deutsche Ornithologen seit 1990 beteiligen (GARTHE & HÜPPOP 1996, 2000), aber auch durch Flugzeugzählungen (vor allem Ostsee- und Wattenmeerraum; z.B. SKOV et al. 1995, 2000, NEHLS 1998), liegt umfangreiches Datenmaterial über die räumlich-zeitliche Verteilung von See- und Küstenvögeln auf See vor. Die Daten flossen bereits in mehrere internationale und nationale Atlanten sowie Analysen der Bedeutung verschiedener Meeresgebiete für den Vogelschutz ein (z.B. SKOV et al. 1995, 2000, STONE et al. 1995, MITSCHKE et al. 2001, GARTHE & HÜPPOP in Vorb.). Auch wenn die Datenbasis noch lückenhaft ist, dürften zumindest die für Seevögel sensibelsten Gebiete der Deutschen Bucht und Ostsee weitgehend bekannt sein. In der Ostsee sind i.d.R. größere Kenntnislücken zu verzeichnen als in der Deutschen Bucht.

Im deutschen Teil der Nordsee gibt es nach SKOV et al. (1995) zwei Bereiche, die für See- und Küstenvögel internationale Bedeutung haben und entsprechend von BirdLife International als „Important Bird Areas“ (IBA) ausgewiesen wurden (SKOV et al. 1995, HEATH & EVANS 2000, BFN 2001a): die östliche Deutsche Bucht und die Seegebiete vor den ostfriesischen Inseln. Die östliche Deutsche Bucht, in der sechs Seevogelarten regelmäßig in international bedeutenden Beständen vorkommen, wird für den gesamten Nordseebereich (einschl. Kanal und Kattegat) als das 5. wichtigste Gebiet eingestuft. Nordseeweit ist die östliche Deutsche Bucht einschl. der dänischen Teile mit durchschnittlich 24.000 Individuen, entsprechend 22 % der biogeografischen Population, das wichtigste Überwinterungsgebiet für Seetaucher (Stern- und Prachtaucher *Gavia stellata*, *G. arctica*; Abb. 1, Tab. 1; SKOV et al. 1995). Daneben ist das Gebiet u.a. für Trauerente *Melanitta nigra*, Brandseeschwalbe *Sterna sandvicensis*, Zwerg- und Sturmmöwe *Larus minutus*, *L. canus* sowie Rothalstaucher *Podiceps cristatus* von internationaler Bedeutung (Laut Ramsar-Konvention wird ein Gebiet als international bedeutend eingestuft, wenn es regelmäßig mehr als 20.000 Wasser- und Watvögel beherbergt bzw. ≥ 1 % der Zugwegpopulation einer Art [z.B. SKOV et al. 1995]). Das Gebiet vor den ostfriesischen Inseln (nordseeweit Rang 17) ist nach SKOV et al. (1995) für Seetaucher ($> 2.100 = 1,9$ %), nach neueren Auswertungen (HEIBGES & HÜPPOP 2000) zumindest zeitweise auch für Trauer- (bis 40.000 = 3,1 %) und Eiderente *Somateria mollissima* (bis 120.000 =

12 %), als Rastgebiet von internationaler Bedeutung.

In der deutschen AWZ der Ostsee decken sich für die Errichtung von WEA vorgesehene Bereiche in weiten Teilen mit Küstenabschnitten, die international bedeutende Vogelbestände beherbergen (SKOV et al. 2000). Es sind dies insbesondere die Boddengebiete Mecklenburg-Vorpommerns mit dem Stettiner Haff, die Pommersche Bucht (Tab. 2) sowie größere Teile der Lübecker-Mecklenburger Bucht und der Kieler Bucht. In der Pommerschen Bucht sind Ohrentaucher *Podiceps auritus*, Samtente *Melanitta fusca*, Eisente *Clangula hyemalis*, Trauerente, *Gryllteiste* *Cepphus grylle* und fünf weitere Arten regelmäßig in international bedeutsamen Zahlen zu finden (Tab. 2). Für die Kieler Bucht sind vor allem Eiderente und Trauerente zu erwähnen (GARTHE 2000).

Die vorliegenden Daten belegen nicht nur, dass Nord- und Ostsee für eine Vielzahl von See- und Wasservogelarten internationale Bedeutung zukommt und die Meeresteile damit einem besonderen Schutzstatus unterliegen (z.B. EU-Vogelschutz-/FFH-Richtlinie, vgl. Zusammenstellung in MITSCHKE et al. 2001), sie zeigen zugleich, dass verschiedene Gebiete – auch innerhalb der beiden Meere – ganz unterschiedliche Arten beherbergen. In einem Gebiet gewonnene Daten können wegen artspezifisch unterschiedlicher Habitatsprüche oder Störungsempfindlichkeit damit nicht zwangsläufig auf andere Räume übertragen werden. In beiden Meeren sind es vor allem

die ausgedehnten flacheren Bereiche (< 20 - 30 m Wassertiefe), die als Nahrungsgebiete für Rastvögel aber auch für Brutvögel nahe gelegener Küsten (z.B. Brandseeschwalbe im Wattenmeer, HEIBGES & HÜPPOP 2000, MITSCHKE et al. 2001) von internationaler Bedeutung sind. Dem unterschiedlichen räumlichen Auftreten verschiedener Arten ist bei der Auswahl der Untersuchungsgebiete für Pilotstudien (s.u.) Rechnung zu tragen. Darüber hinaus sind die jahreszeitlich unterschiedlichen Verteilungen zu berücksichtigen.

Vogelzug über See

Sowohl zur Zeit des Frühjahrszuges als auch während des Herbstzuges überqueren alljährlich mehrere 10 Mio. Vögel Nord- und Ostsee auf ihrem Zug zwischen Brut- und Winterquartieren und umgekehrt. Beide Meere liegen nicht nur im Zentrum des europäischen Vogelzuges, sondern vielmehr im Zentrum globaler Zugwegsysteme, die von Nordost-Kanada bis nach Nordost-Sibirien (Brutgebiete) und Südafrika (Überwinterungsgebiete) reichen und für die der Bundesrepublik Deutschland auf Grund verschiedener Abkommen und Konventionen internationale Verantwortung obliegt, bspw. im Rahmen des AEWA-Abkommens zum Schutz der afrikanisch-eurasisch wandernden Wasservogelarten (ADAMS 2000).

„Zugvögel“ überqueren Nord- und Ostsee offensichtlich i.d.R. in breiter Front (Abb. 2; z.B. JELLMANN 1977, BUURMA 1987, ALERSTAM 1990). Lediglich bei einigen Arten oder unter besonderen Wettersituationen kann es zur Leitlinienwirkung von Küstenlinien oder Flüssen kommen, anscheinend an den stärker strukturierten Küsten der Ostsee eher als an der ausgeglicheneren Küstenlinie der Deutschen Bucht (JELLMANN 1988, ALERSTAM 1990). Nach derzeitigem Kenntnisstand ziehen über der gesamten Nord- und Ostsee tags wie auch nachts Vögel. Der Zug über See erfolgt von knapp über der Wasseroberfläche bis in mehrere tausend Meter Höhe (s.u.). Hinzu kommen in der küstennahen Zone regelmäßige Nahrungs- und Rastplatzflüge.

Tab. 2: Bedeutung der Pommerschen Bucht (einschließlich der polnischen Teile) als Nahrungs-, Rast- und Überwinterungsgebiet für See- und Küstenvögel. Angegeben sind die durchschnittlichen Rast- bzw. Winterbestände der Jahre 1988 – 1995 und die prozentualen Anteile an der biogeografischen Population (aus SKOV et al. 2000, prozentuale Anteile der biogeografischen Population auf Basis der Bestandsgrößen aus DURINCK et al. 1994). Berücksichtigt wurden nur Arten, die in international bedeutenden Beständen auftraten, d.h. mit ≥ 1 % der biogeografischen Population.

Table 2: Importance of the Pomeranian Bay (including its Polish parts) as a feeding, resting, and wintering area for seabirds and coastal birds. Mean numbers of resting and wintering birds in 1988-1995 are given, also in percentages of their biogeographical populations (from SKOV et al. 2000, percentages of the biogeographical populations are based on numbers given in DURINCK et al. 1994). Only those species are noted that appeared in internationally important numbers, i.e. ≥ 1 % of their biogeographical populations.

Ohrentaucher	<i>Podiceps auritus</i>	1.225	24,5 %
Samtente	<i>Melanitta fusca</i>	240.000	24,0 %
Eisente	<i>Clangula hyemalis</i>	837.000	17,8 %
Trauerente	<i>Melanitta nigra</i>	215.000	16,5 %
Gryllteiste	<i>Cepphus grylle</i>	3.975	12,0 %
Rothalstaucher	<i>Podiceps grisegena</i>	1.275	8,5 %
Haubentaucher	<i>Podiceps cristatus</i>	4.180	4,2 %
Mittelsäger	<i>Mergus serrator</i>	3.000	3,0 %
Stern-/Prachtaucher	<i>Gavia stellata</i> / <i>G. arctica</i>	1,7 %	

Potenzielle Gefährdungsursachen durch Offshore-WEA

Vögel können auf verschiedene Art und Weise durch die Errichtung von WEA im Offshore-Bereich gefährdet werden. Als wesentliche Risiken, welche sowohl auf der offenen See für längere Zeiträume lebende Wasservögel – im Folgenden auch als „stationäre Vögel“ bezeichnet – als auch das Meer auf dem Zug überqueren-

de Wasser- und Landvögel („Zugvögel“) gefährden können, sind anzuführen:

- Gefahr der Kollision mit WEA (Vogelschlag),
- kurzfristige Verluste von Lebensräumen (Verlust von Rast- und/oder Nahrungsgebieten) bspw. während der Bauphase und/oder Wartungsarbeiten,
- langfristige Verluste von Lebensräumen (Verlust von Rast- und/oder Nahrungsgebieten) auf Grund der Scheuchwirkung von WEA,
- Barrierewirkung auf „Zugrouten“,
- „Zerschneidung“ ökologisch zusammen gehöriger Einheiten wie Rast- und Nahrungsgebieten von stationären Vögeln,
- Veränderung von Nahrungsgebieten benthos- und fischfressender Vogelarten in Folge Veränderung der Bodenstruktur (z.B. Einbringung von Hartsubstraten) bzw. der Fischfauna und damit einhergehender Veränderungen des Artenspektrums und der Dichte.

Der letztgenannte Punkt wird allein auf Grund des vergleichsweise geringen direkten Flächenbedarfs der Fundamente derzeit als nachrangig eingestuft und hier nicht weiter betrachtet.

Zur Abschätzung des Konfliktpotenzials der einzelnen Parameter müssen neben

dem Vorkommen von Vögeln im Planungsgebiet Details zum Verhalten vor allem die Flughöhen über See, und zwar insbesondere nachts bzw. allgemein bei schlechter Sicht, die Wahrnehmbarkeit von WEA für Vögel sowie die artspezifischen Störungsempfindlichkeiten bekannt sein. Gerade zu diesen Problemkreisen ist bisher aber sehr wenig bekannt. Da weltweit kaum Erfahrungen mit Offshore-Windparks vorliegen, muss zur Verdeutlichung des Konfliktpotenzials im Folgenden vorwiegend auf an Land gemachte Erfahrungen zurückgegriffen werden.

Vogelschlagrisiko

Der Vogelschlag an WEA ist ein viel diskutiertes Problem, quantitative Analysen sind aber rar. Im Binnenland ist die Kollisionsgefahr bei den bisher eingesetzten und untersuchten Anlagen, deren Gesamthöhe aber meist unter 100 m lag, im Allgemeinen – abgesehen von einigen größeren weniger manövrierfähigen Arten und bspw. Thermikseglern sowie bei in Flugschneisen errichteten Anlagen – wohl als eher gering einzustufen (z.B. BÖTTGER et al. 1990, WINKELMAN 1990, 1992a-d, CLAUSAGER & NØHR 1995, COLSON

1996, MUSTERS et al. 1996, SCHERNER 1999). In der überwiegenden Zahl der Studien wurden Kollisionsraten zwischen 0 und 40 Vögeln pro WEA und Jahr ermittelt (vgl. Zusammenstellung in CLAUSAGER & NØHR 1995). Für zwei küstennahe Windparks in den Niederlanden nennt WINKELMAN (1985, 1989, 1992a) als geschätzte tägliche Kollisionsraten 0,04 (Urk, Herbst) bzw. 0,09 (Oosterbierum, Frühjahr) Vögel pro WEA und Tag. Analysen des Verhaltens fliegender Vögel bei der Annäherung an einen Erprobungspark bei Oosterbierum ergaben, dass nachts mehr Vögel in unmittelbarer Nähe der Rotorblätter auftraten als tagsüber (WINKELMAN 1990). Von den Vögeln, welche die Anlage in Rotornähe durchflogen, kollidierten nachts deutlich mehr als tagsüber: bei Dunkelheit 14 von 51 Vögeln, bei Tageslicht aber nur 1 von 14 Vögeln. Bei Gegenwind reagierten die Vögel häufiger mit Ausweichbewegungen als bei Rückenwind. Die unterschiedlichen Reaktionen dürften sowohl auf die unterschiedliche akustische Wahrnehmbarkeit der Anlagen als auch auf die unterschiedliche Manövrierfähigkeit bei verschiedenen Zuggeschwindigkeiten in Folge Rücken- bzw. Gegenwinds zurückzuführen sein. Am IJsselmeer (NL) stellten DIRKSEN et al. (1998a) unter „quasi Offshore-Bedingungen“ mittels Radarbeobachtungen fest, dass der Abstand fliegender Enten zu WEA bei schlechten Sichtbedingungen am geringsten war. Im Offshore-Windpark Tunø Knob (Kattegat, DK) war die Zahl der Flugbewegungen von Enten in dunklen Nächten am geringsten (TULP et al. 1999). Allerdings flogen die Enten bei Dunkelheit eher durch die Anlagen hindurch (= höheres Kollisionsrisiko).

Tagbeobachtungen belegen, dass Seevögel insbesondere während der Nahrungssuche sehr dicht über der Wasseroberfläche fliegen (< 150 m, oftmals < 50 m; KRÜGER 2001, KRÜGER & GARTHE 2001, HÜPPOP unveröff.). Dies bestätigen auch Radaruntersuchungen an der Küste rastender Wasser- und Watvögel, die bei ihren regelmäßigen Wechseln zwischen Rast- und Nahrungsgebieten ebenfalls weit unter 150 m fliegen (z.B. DIRKSEN et al. 1996, 1998b). Generell scheint der Vogelzug in den unteren Luftschichten zur Küste hin dichter zu werden (DIERSCHKE 2001).

Nach Sichtbeobachtungen verläuft der Vogelzug am Tage über See weit niedriger als über Land und reicht offensichtlich ebenfalls vielfach bis in die Höhe der WEA hinunter (Abb. 3; z.B. BERNDT & BUSCHE 1993, KOOP 1997, 1999, BRUDERER 1997). CLEMENS (1978) zeigte an Hand von Radarstudien, dass ein Großteil des Zuges im Nordseegebiet in Höhen von unter 200 m stattfindet. Aktuelle Radar-

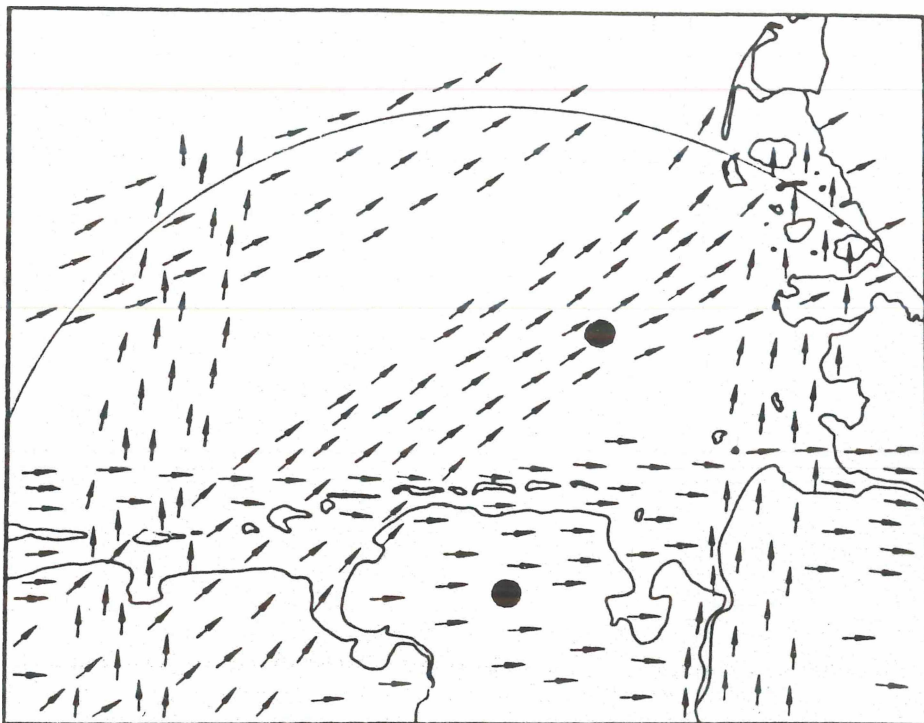


Abb. 2: Hauptvogelzugströme in der Deutschen Bucht nach Radarbeobachtungen im Frühjahr 1971 (02.04. – 16.05.1971). Die schwarzen Punkte markieren die ungefähre Lage der Radarstationen Wittmund (Ostfriesland) und Helgoland, der Halbkreis die Reichweite des Radargeräts (80 km) (nach JELLMANN & VAUK 1978).

Fig. 2: Major migration routes in the German Bight according to radar observations in spring 1971 (02 April 1971 – 16 May 1971). Filled dots mark approximate locations of Wittmund (East Friesland) and Helgoland radar stations; the semi-circle circumscribes the radar view (80 km) (from JELLMANN & VAUK 1978).

messungen ergaben, dass bei Helgoland im Mittel mehr als 20 % aller Vögel bis zur „Messgrenze“ des Radargeräts in 1.800 m Höhe unter 200 m ziehen, vor Rügen und Fehmarn sogar mehr als 30 %. Bewölkung und Regen zwingen die Vögel in besonders niedrige Höhen. Dem gegenüber scheinen die Angaben von JELLMANN (1979, 1989) zu stehen, der bei nächtlichen Zughöhenmessungen mittels Überwachungsradar über Nordwest-Deutschland keinen Vogelzug unterhalb von 150 m registrierte, sondern vielmehr mittlere Zughöhen zwischen 430 m und 910 m. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die

verwendeten Radaranlagen über dem Seegebiet unter ca. 300 m keine verlässlichen Aufzeichnungen erlaubten. Ungeachtet dessen gibt es auch über See starke Zughbewegungen in großer Höhe, die sich aber der Erfassung mit dem Auge entziehen (z.B. BUURMA 1987, JELLMANN 1989, BECKER et al. 1997), was quantitative Angaben zur Höhenverteilung und damit auch zur potenziellen Auswirkung von Offshore-Windparks auf den Vogelzug derzeit noch erschwert.

Das Wetter, insbesondere Windrichtung und -geschwindigkeit, hat einen starken

Einfluss auf die Zughöhen. Schon GÄTKE beschrieb 1891, dass Zugvögel bei starkem Gegenwind oft nur knapp über der Wasseroberfläche ziehen. Dies wurde seitdem mehrmals bestätigt. Aktuelle „Seawatching-Beobachtungen“ nördlich der Insel Wangooge belegen, dass viele See- und Küstenvogelarten (z.B. Sterntaucher, Eiderente, Trauerente, Brandgans *Tadorna tadorna*, Brand-, Fluss- *Sterna hirundo* und Küstenseeschwalbe *S. paradisaea*) bei Gegenwind sehr dicht, meist unter 10 m über der Wasseroberfläche ziehen, bei Rückenwind mit zunehmender Windgeschwindigkeit hingegen bevorzugt in größeren Höhen (> 25 m) (Abb. 4; KRÜGER 2001, KRÜGER & GARTHE 2001). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen DIRKSEN et al. (1998a): Enten flogen im Bereich der Küste vorwiegend in Höhen von bis zu 75 m und über offenen Gewässern in bis zu 50 m, bei Gegenwind sank die Flughöhe auf 30 m ab. KOOP (1999) gibt für Kleinvögel bei starkem Gegenwind Flughöhen von 40-60 m an. Gerade bei Rückenwind, wenn Vögel die Anlagen vermutlich schlechter wahrnehmen und vermutlich auch weniger gut zu manövrieren vermögen, können sie damit in den Einzugsbereich der Rotorblätter geraten.

Die vorliegenden Studien deuten übereinstimmend darauf hin, dass sowohl stationäre Vögel als auch Gast- und „Zugvögel“ durch Offshore-WEA potenziell gefährdet werden. Auch wenn an einem Offshore-Windpark in Dänemark keine Kollision von Eiderenten beobachtet wurde (GUILLEMETTE et al. 1999), dürfte das Kollisionsrisiko über See höher als über Land einzustufen sein. Im Offshore-Bereich sollen deutlich höhere Anlagen eingesetzt werden, die akustische Wahrnehmbarkeit dürfte wegen des über der offenen See höheren Grundrauschens schlechter sein, zudem fliegen fast alle Seevogelarten dicht über der Wasseroberfläche und auch viele Landvogelarten scheinen über der See niedriger zu ziehen als über Land (Abb. 3). Die Hauptkollisionsgefahr besteht nachts, insbesondere in mondlosen Nächten selbst an beleuchteten Strukturen (VERHEIJEN 1980) sowie unter ungünstigen Wetterbedingungen wie Nebel, Regen und starken Winden. Aussagekräftige Daten, die eine Abschätzung des Vogel-schlagrisikos erlauben würden, liegen derzeit jedoch nicht vor. Sie sind nur durch eine Kombination von radargestützten, optischen und akustischen Erfassungen an Pilotparks zu gewinnen.

Scheuch- und Barrierewirkung

Insbesondere in offenen Habitaten lebende Vogelarten meiden hohe Vertikalstrukturen,

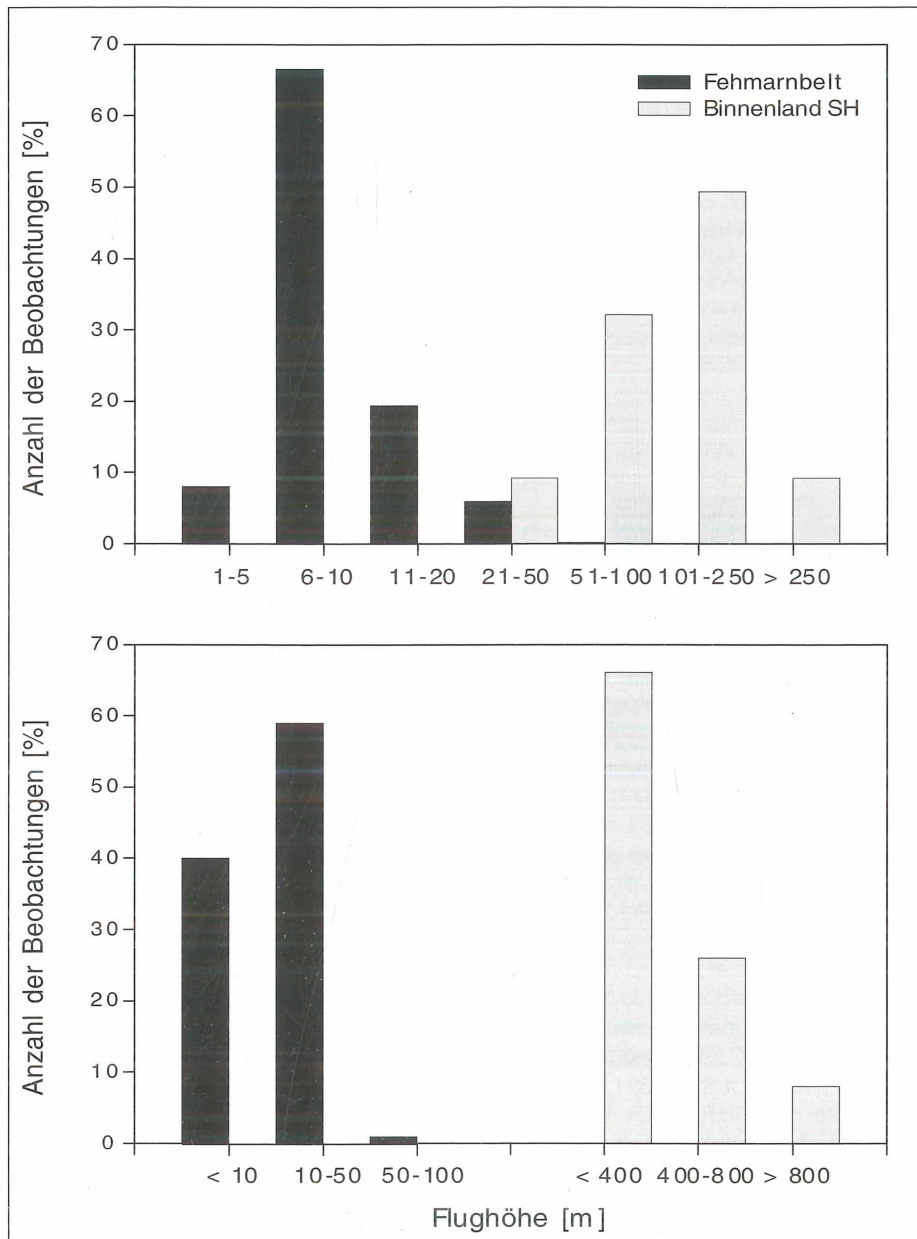


Abb. 3: Flughöhen von Eiderenten (oben; nach BERNDT et al. 1993) und Trauerenten (unten; nach BUSCHE et al. 1993) im Fehmarnbelt im Vergleich zum schleswig-holsteinischen Binnenland.

Fig. 3: Flight altitudes of Common Eiders (above; from BERNDT et al. 1993) and Common Scoters (below; from BUSCHE et al. 1993) in Fehmarnbelt compared to those in inland Schleswig-Holstein.

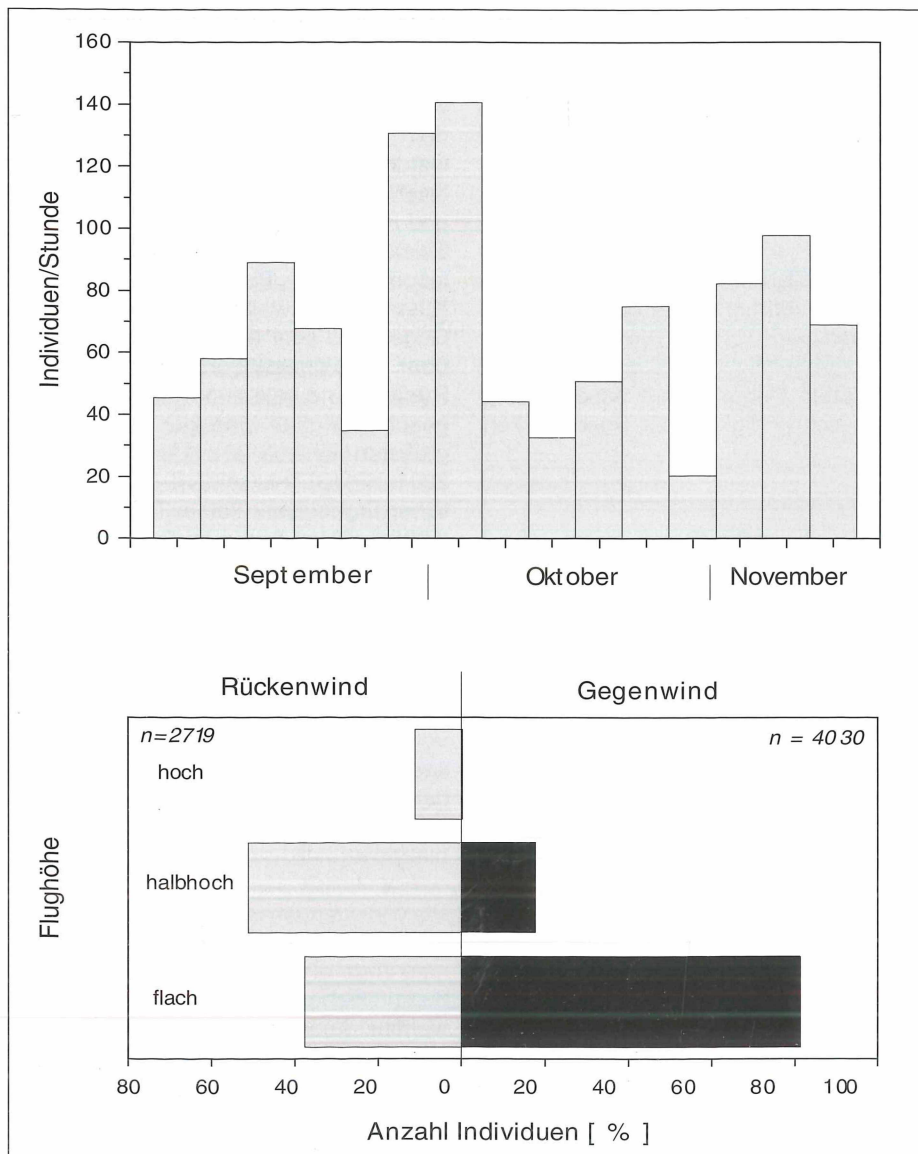


Abb. 4: Jahreszeitliches Auftreten (oben; mittlere Anzahl pro Stunde und Pentade, $n = 19.233$) und Flughöhen (unten) von Trauerenten vor der Insel Wangerooge zur Zeit des Herbstzuges 1998–1999 (nach KRÜGER 2001).

Fig 4: Seasonal occurrence (above; mean numbers per hour and five-day periods, $n=19,233$) and flight altitudes (below) of Common Scoters seawards off Wangerooge Island during autumn migration 1998–1999 (from KRÜGER 2001). Low: < 1.5 m, medium high: 1.5–11 m, high > 11 (~ 25 m).

Rotorblätter können Fluchtreaktionen auslösen. WEA können somit trotz relativ geringen direkten Flächenverbrauchs zu einer großflächigen „indirekten Flächenversiegelung“ führen. Zahlreiche Studien an Land haben Störeffekte und damit Lebensraumverluste durch WEA insbesondere für Gastvögel wie zahlreiche Wasser- und Watvogelarten in Entfernungen von bis 500–800 m um WEA nachgewiesen, wobei die Scheuchwirkung mit der Größe bzw. Höhe der Anlagen zunimmt (CLAUSAGER & NØHR 1995). Die Bestände innerhalb von 250 m um WEA rastender bzw. nahrungssuchender Vögel gingen an Land um 60–95 % zurück, wobei es große Unterschiede

zwischen den untersuchten Arten sowie Brut- und Gastvögeln gibt (z.B. PEDERSEN & POULSEN 1991, WINKELMAN 1992a–d, SCHREIBER 1994, CLEMENS & LAMMEN 1995, BRAUNEIS 1999, KRUCKENBERG & JAENE 1999, ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001). Aktuelle Untersuchungen an Brutvögeln incl. Studien an Watvogelarten wie Säbelschnäbler *Recurvirostra avosetta*, Rot-schenkel *Tringa totanus*, Großer Brachvogel *Numenius arquata*, Goldregenpfeifer *Pluvialis apricaria* und Kampfläufer *Philomachus pugnax*, die allgemein als besonders empfindlich gelten, könnten darauf hindeuten, dass viele Brutvogelarten in

geringerem Umfang von WEA beeinflusst werden als vielfach angenommen (PERCIVAL & PERCIVAL 1998, PERCIVAL 2000). Während für Brutvögel zumindest eine gewisse Gewöhnung angenommen werden kann – die aber noch nachzuweisen ist –, haben sich nur kurzfristig im Gebiet aufhaltende Gastvogelarten und vor allem durchziehende Vögel kaum die Möglichkeit, sich an Störquellen zu gewöhnen. Basierend auf Untersuchungen an Land sind Singvögel nach derzeitigem Kenntnisstand wohl generell als am unempfindlichsten einzustufen, ausgenommen eines etwaigen Einflusses auf den Vogelzug. Jüngst von STÜBING (2001) vorgestellte Daten belegen auch für mehrere Kleinvogelarten Einflüsse auf den Vogelzug, zumindest am Tage in der Regel ein weiträumiges Umfliegen der Anlagen. Als besonders empfindliche Gastvogelarten gelten u.a. Gänse, Pfeifenten *Anas penelope* und Watvögel, wie Großer Brachvogel und Goldregenpfeifer, die Abstände von z.T. über 500 m um WEA einhalten. Exemplarisch angeführt sei hier die Studie von KRUCKENBERG & JAENE (1999) an Bläßgänsen *Anser albifrons* aus dem Rheiderland, eine der wenigen quantitativen Studien, die, wie für eine fundierte Bewertung unerlässlich, sowohl einen Vorher-/Nachhervergleich als auch die Untersuchung von Eingriffs- und Referenzgebieten umfasst. Die Dichte weidender Bläßgänse war bis zu einer Entfernung von 600 m um den Windpark geringer als in den umgebenden nicht von WEA beeinflussten Gebieten des Rheiderlandes (Abb. 5). Noch in einem Abstand von 400–600 m um den Windpark war eine Nutzungsminderung von ca. 50 % zu verzeichnen. Erst ab einer Entfernung von über 600 m wurde die Verteilung der Bläßgänse nicht mehr vom Windpark beeinflusst. Dem gegenüber ermittelten LARSEN & MADSEN (2000) für Kurzschnabelgänse *Anser brachyrhynchos*, die allgemein als vergleichsweise empfindlich eingestuft werden, Meidungsdistanzen von nur 100–200 m. Wie Bläßgänse traten Kurzschnabelgänse aber nicht im Innern von Windparks zwischen Turbinen auf. Nahrungssuchende Weißwangengänse *Branta leucopsis* wurden gar in nur 25 m Abstand von Windrädern beobachtet (PERCIVAL 2000). Neben artspezifischen Unterschieden wird die Empfindlichkeit bzw. Toleranz gegenüber einer Störquelle von einer Vielzahl anderer Faktoren beeinflusst, bspw. der Verfügbarkeit geeigneter Habitats, der Jahreszeit und der Trupfgröße (z.B. KEMPF & HÜPPOP 1998). Verteilungen können nicht monokausal erklärt werden. Zum umfassenden Verständnis der Reaktionen auf WEA bzw. zum Verständnis der Verteilungen sind Detailstudien, die der Breite und Komplexität der Thematik Rechnung tragen, notwendig.

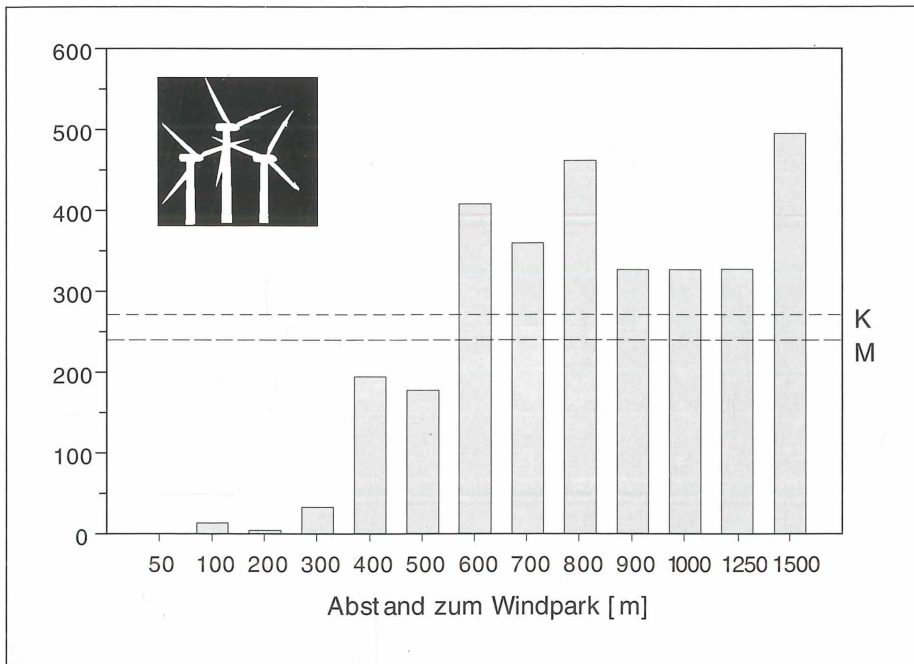


Abb. 5: Dichte nahrungssuchender Bläßgänse in Abhängigkeit vom Abstand zum Windpark Holtgaste (Rheiderland) in den Wintermonaten 1996/97 und 1997/98. Angegeben sind die mittleren Gänsesummen pro 200x200 m Rasterfeld. Gestrichelte Linien: M – mittlere Dichte im Untersuchungsgebiet Holtgaste, K – mittlere Dichte im Kontrollgebiet Jemgumgaste (nach KRUCKENBERG & JAENE 1999).

Fig. 5: Densities of foraging White-fronted Geese in relation to distance from the Holtgaste wind farm (Rheiderland, East Friesland) in winter months of 1996–1997 and 1997–1998. Given are mean geese totals per square of 200x200 m. Dashed lines: M – mean density in Holtgaste study area, K – mean density in Jemgumgaste reference area (from KRUCKENBERG & JAENE 1999).

Direkte Reaktionen von Vögeln auf Offshore-WEA sind außer an Eiderenten bisher nicht untersucht. Im Windpark Tunø Knob (Kattegat, DK) konnten keine Auswirkungen auf die Zahl rastender bzw. nahrungssuchender Eiderenten nachgewiesen werden. Die räumliche Verteilung des Nahrungsangebots hatte offensichtlich einen größeren Effekt auf die Raumnutzung durch Eiderenten als der Windpark (GUILLEMETTE et al. 1998, 1999). Dabei ist aber nicht vollständig auszuschließen, dass etwaige Störwirkungen des Windparks durch die übergeordnete Bedeutung der Verteilung des Nahrungsangebots überlagert und maskiert wurden. TULP et al. (1999) berichten von derselben Anlage, dass Landungen und Starts von Eiderenten in 100 m Abstand um die Turbinen signifikant seltener waren als im Abstand von 300–500 m. Die nächtliche Flugaktivität war sogar in einem Umkreis von 1.500 m um die Anlage erniedrigt, sie hat eine deutliche Barrierewirkung für Flüge der Enten. Auch DIRKSEN et al. (1998a) schließen aus ihren Beobachtungen am IJsselmeer (NL), dass Tauchenten bei ihren Nahrungsflügen durch die Barrierewirkung von WEA behindert werden können. Seetaucher und Trauerenten sind besonders störungsempfindliche Seevogelarten. Sie flüchten

vor Schiffen teilweise schon in mehreren Kilometern Entfernung. Ihre Vorkommen sind deshalb weitgehend auf Meeresgebiete mit geringem Schiffsverkehr beschränkt (MITSCHKE et al. 2001). Ihre Störungsempfindlichkeit könnte somit zu großflächigen Gebietsverlusten bei der Errichtung und dem Betrieb von Offshore-WEA führen. Da im Offshore-Bereich vergleichsweise viele große oft als besonders störungsempfindlich geltende Vogelarten vorkommen und deutlich höhere Anlagen als an Land installiert werden sollen (bis zu ca. 150 m Gesamthöhe), ist auch in diesem Fall von einem höheren Konfliktpotenzial als bei den bisher an Land errichteten Anlagen auszugehen.

Untersuchungskonzept und Methoden

Im Rahmen des eingangs genannten F+E-Vorhabens wird durch das Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ der derzeitige Kenntnisstand hinsichtlich der Avifauna zusammengefasst und mittels eigener Studien vertieft (UBA 2001). Dargestellt werden sollen vor allem das räumliche Rast- und Zugvogelaufkommen im deutschen Teil von Nord- und Ostsee im

Jahresverlauf und das Zugverhalten (jahres- und tageszeitliches Auftreten, Flughöhen). Darüber hinaus wurden Standards für ornithologische Begleituntersuchungen und eine Methode zur Bewertung der Suchräume für Windparks entwickelt. Entsprechende projektbezogene Empfehlungen zur Untersuchung bau- und betriebsbedingter Auswirkungen von Offshore-WEA auf die marine Umwelt wurden bereits im Frühsommer 2001 vorgelegt (PROJEKTGRUPPE OFFSHORE-WEA 2001) und kürzlich aktualisiert (HÜPPOP et al. 2002). Das gebietsübergreifende Forschungsvorhaben ist geeignet, die Basis zur generellen Beurteilung potenzieller Standorte für Offshore-WEA zu liefern. **Das F+E-Vorhaben erlaubt aber keine Aussagen zu den tatsächlichen Auswirkungen von Windparks wie auch einzelner Standorte.** Bevor Offshore-Windparks errichtet werden, sind daher auf dem F+E-Vorhaben aufbauende Detailstudien zu den Auswirkungen auf die Avifauna an Pilotparks (s.u.) in Nord- und Ostsee vorzunehmen (Aufnahme etwaiger Veränderungen der Seevogelverteilungen, Scheuch- und Barrierfunktion etc.). Erst Studien an Pilotparks werden Aussagen zu den tatsächlichen Risiken und damit auch eine Abschätzung des Konfliktpotenzials erlauben.

Basierend auf den Ergebnissen des F+E-Vorhabens sollten vom Gesetzgeber potenzielle Suchräume für Offshore-Windparkstandorte ausgewiesen werden (vgl. BFN 2001a, b). Für jeden potenziellen Standort sind vom einzelnen Eingreifer dann zunächst aktuelle Status-quo-Analysen vorzunehmen. Die Voruntersuchungen müssen neben Auswertungen vorhandener Datenbanken (z.B. European Seabirds-at-Sea [ESAS]-Datenbank) durch unabhängige Institute bzw. Gutachter eigene lokale Felduntersuchungen beinhalten (s.u.).

Da für Vogelarten der offenen See aus Nord- und Ostsee keine Langzeitdatenreihen vorliegen, anhand derer bspw. natürliche Bestandsfluktuationen quantifiziert werden könnten, sind, um baubedingte Veränderungen von natürlichen Schwankungen unterscheiden zu können, in allen Fällen parallel an die Windparkstandorte angrenzende, von WEA unbeflusste Referenzflächen mit zu untersuchen. Das Referenzgebiet muss bzgl. Lage, Strömungsverhältnissen, Wassertiefe, Entfernung zur Küste, Größe, Artenspektrum, Individuendichte etc. dem Eingriffsgebiet vergleichbar sein. Auch wenn parallel vergleichbare Referenzgebiete bearbeitet werden, ist nicht auszuschließen, dass diese zur Beurteilung etwaiger eingriffsbedingter Störungen allein nicht ausreichen, ggf. werden nach Errichtung des Windparks ergänzende Experimente notwendig (vgl.

GREEN 1979, HULBERT 1984, STEWART-OATEN 1986, GUILLEMETTE et al. 1998, SDN 1998). Angesichts der hohen Variabilität von Vogelgemeinschaften auf dem Meer müssen die zu untersuchenden Flächen für Bau- und Referenzgebiet i.d.R. jeweils mindestens 200 km² groß sein. Die Untersuchungsgebiete sollen die tatsächlich zu bebauende Fläche allseitig jeweils um mindestens 25 % überragen.

Was muss eine ornithologische Begleitstudie an den verschiedenen Standorten im Einzelnen umfassen? Um die o.a. Risiken abschätzen zu können, sind im Wesentlichen drei Untersuchungskomplexe abzudecken (Details zur Methodik s. HÜPPOP et al. 2002):

- (1) Linientransektuntersuchungen,
- (2) Radaruntersuchungen,
- (3) Sichtbeobachtungen / Erfassungen von Flugrufen.

Linientransektuntersuchungen: Anhand von Linientransektuntersuchungen wird die großräumige Verteilung und Dichte von Seevögeln im Untersuchungsgebiet (Eingriffs- und Referenzgebiet) in ihrer räumlichen und zeitlichen Dynamik erfasst. Die Zählungen erfolgen von Schiffen bzw. Flugzeugen aus. Schiffszählungen sind nach der für nordwest-europäische Gewässer standardisierten Methode des ESAS-Projekts durchzuführen (z.B. TASKER et al. 1984, WEBB & DURINCK 1992, GARTHE & HÜPPOP 1996, 2000, GARTHE et al. 2002). Von einem hochseegängigen Schiff werden vom Peildeck aus alle auf einem 300 m breiten Transekt links bzw. rechts der Kiellinie des Schiffes anwesenden Vögel erfasst. Zur Erfassung von Seetauchern, Lappentauchern und Meeresenten, die relativ störungsempfindlich sind und mitunter schon weit (> 1 km) vor einem Schiff auffliegen, sind von einem zusätzlichen Beobachter mit einem Fernglas nach vorne suchende Beobachtungen vorzunehmen (vgl. WEBB & DURINCK 1992, GARTHE et al. 2002). Die Summe der Transekte sollte mindestens 10 % des zu untersuchenden Gebiets abdecken. Eine aktuelle und detaillierte Anleitung veröffentlichten jüngst GARTHE et al. (2002). Flugzeugzählungen basieren im Prinzip auf der gleichen Methode, der Erfassung von Vögeln auf Transekten. Eine ausführliche Beschreibung findet sich bei DIEDERICHS et al. (2002) (vgl. auch PIHL & FRIKKE 1992). Schiffszählungen haben den großen Vorteil, dass aus nahezu allen Gebieten Referenzdaten vorliegen (ESAS-Datenbank), welche die Einordnung der eigenen Ergebnisse erst ermöglichen. Zudem erlauben Schiffszählungen zugleich die Erfassung ziehender Vögel sowie die Differenzierung zwischen ähnlichen Arten wie bspw. Stern-/Prachtaucher, Fluss-/Küstenseeschwalbe, Trottellumme/Tordalk Uria aalge/Alca torda

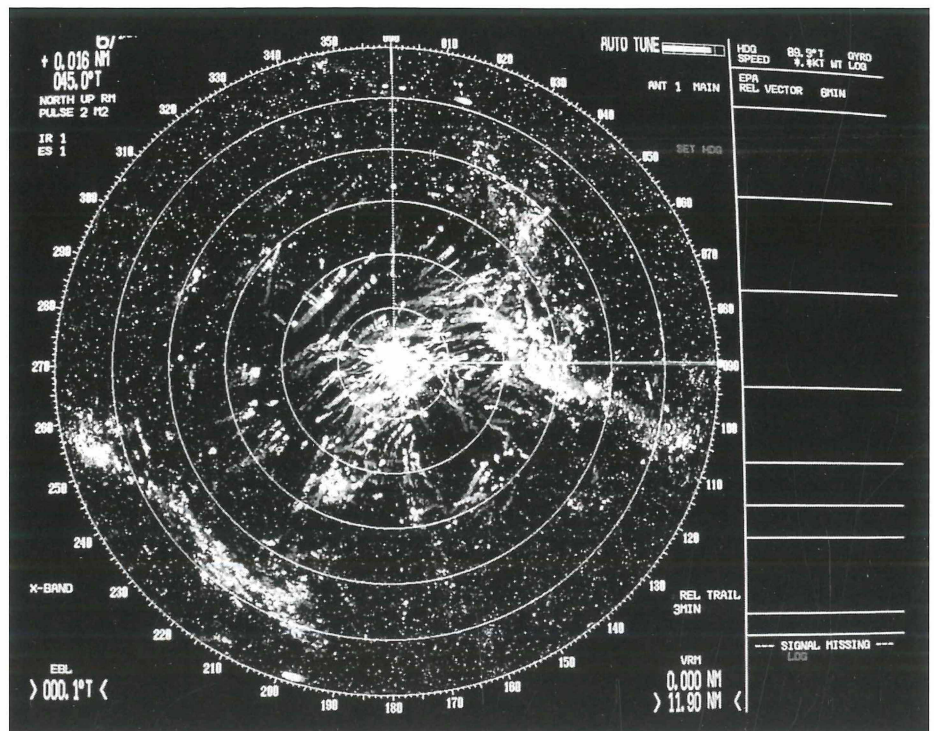


Abb. 6: Erfassung der Vogelzuges mittels Schiffsradar: exemplarische Darstellung eines Originalradarbildes. An windstillen Tagen können sowohl auf der Wasseroberfläche sitzende Vögel, hier Möwen (Punktwolken), als auch fliegende Vögel (Signale mit „Fahne“) gut erkannt werden (Furuno FR 2125, range 6 nm, 1 Ring = 1 nm, Echo trail 30 s; Aufnahme: C. KETZENBERG).

Fig. 6: Bird migration recorded by means of marine surveillance radar: example of an original radar image. Birds resting on sea surface (here gulls, groups of dots) as well as flying individuals („fanned“ signals) can be easily detected in still weather (Furuno FR 2125, range 6 nm, 1 circle = 1 nm, echo trail 30 s; survey: C. KETZENBERG).

bzw. verschiedener Möwenarten (z.B. WEBB & DURINCK 1992, PIHL & FRIKKE 1992, DIEDERICHS et al. 2002, GARTHE et al. 2002). Vorteile von Flugzeugzählungen sind (a) es können vergleichsweise große Bereiche in relativ kurzer Zeit vergleichend bearbeitet werden, (b) es können auch Arten erfasst werden, die vom Schiff aus auf Grund hoher Fluchtdistanzen kaum bzw. nur mit spezieller Methodik erkannt werden können (z.B. verschiedene Seetaucher, Meeresenten). Die Nachteile von Zählungen aus der Luft sind vor allem Bestimmungsprobleme, die Gefahr, seltene Arten zu übersehen und die noch stärkere Abhängigkeit von ruhigen Wetterlagen als bei Zählungen von Schiffen.

Radaruntersuchungen: Vogelzugbewegungen wie auch Flüge nahrungssuchender Vögel, Flüge zwischen Nahrungs- und Rastgebieten etc. sollten an Hand kontinuierlicher Radarbeobachtungen aufgenommen werden (vgl. Abb. 6). Hierbei sollten parallel ein Überwachungsradar (Radar mit horizontal drehender Antenne) zur Registrierung der Zugrichtung und ein „Höhenradar“ (z.B. vertikal ausgerichtetes Überwachungsradar, z.B. HARMATA et al. 1999) zur Analyse der Flughöhen und Intensitäten einge-

setzt werden. Radaruntersuchungen erlauben neben der Aufnahme von Vogelflugbewegungen insbesondere eine quantitative Erfassung und Dokumentation etwaiger horizontaler und vertikaler Ausweichmanöver im Bereich von Windparks (Abb. 7; z.B. TULP et al. 1999, VAN DER WINDEN et al. 1999) und damit zugleich eine Abschätzung der Barrierefunktion sowie des potenziellen Kollisionsrisikos. Beim Einsatz von Radargeräten sind standortspezifische Entscheidungen zu treffen. Da zumindest der Einsatz eines Horizontalradars auf Schiffen nach derzeitigem Kenntnisstand nur bei vergleichsweise geringen Windstärken (bis 3 Bft abhängig vom verwendeten Schiffstyp) möglich erscheint, sind vorzugsweise Messungen von unbeweglichen Standorten aus durchzuführen. In küstennahen Bereichen bieten sich Inseln und ggf. Leuchttürme an, während in der küstenfernen AWZ auf Plattformen zurückgegriffen werden muss.

Sichtbeobachtungen/Erfassung von Flugrufen: Radarstudien erlauben a priori lediglich die Ortung und Erfassung von Echos (vgl. Abb. 6), Angaben zum Artenspektrum wie auch zu der Absolutzahl der ein Gebiet passierenden Vögel hingegen nur sel-

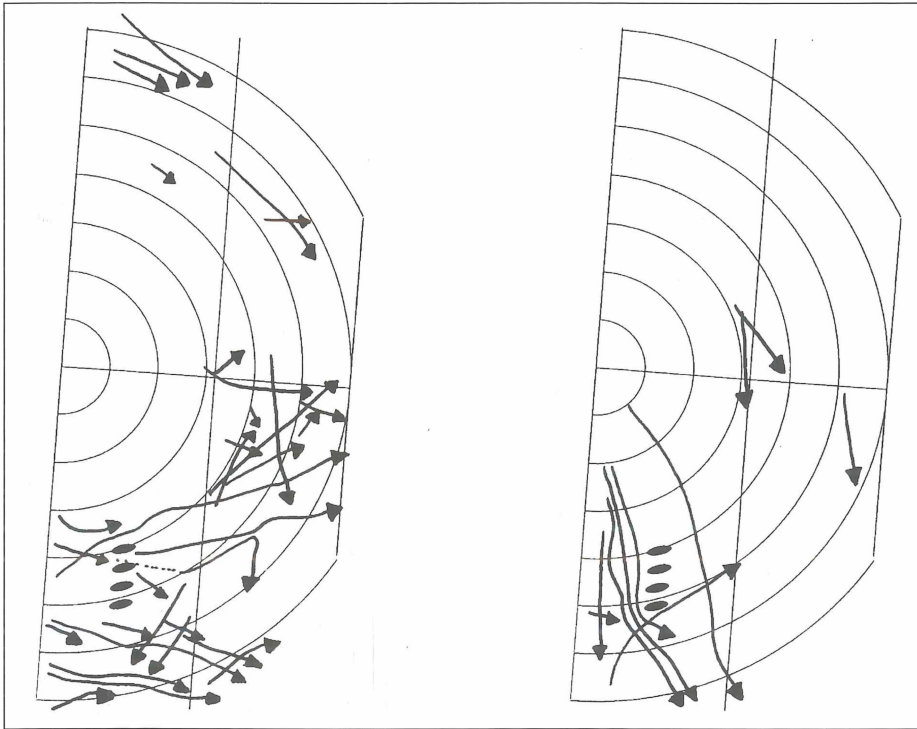


Abb. 7: Exemplarische Darstellung der Flugwege von Reiher- und Tafelenten (*Aythya fuligula*, *A. ferina*) im Bereich von vier WEA (Ovale) der 500 kW-Klasse am IJsselmeer (NL) aufgenommen mittels Überwachungsradar. Links: mondheile Nacht (29.03.1996), rechts mondlose Nacht (23.11.1995) (aus: VAN DER WINDEN et al. 1999)

Fig. 7: Flight patterns of Tufted Ducks *Aythya fuligula* and Pochards *A. ferina* in the vicinity of four 500 kW wind turbines (ovals) at Lake IJsselmeer (NL) as recorded by means of surveillance radar. Left: moonlight night (29.03.1996). Right: moonless night (23.11.1995) (from VAN DER WINDEN et al. 1999).

ten. Ein Signal kann sowohl einen ganzen Vogelschwarm, aber auch nur einen einzelnen Vogel repräsentieren. Zur Aufnahme der Artenspektren wie auch der Absolutzahl der ein Untersuchungsgebiet überquerenden Vögel sind deshalb während des Radarbetriebs tagsüber parallel Sichtbeobachtungen durchzuführen und nachts Rufe zu registrieren.

Zeiträumen

Die Begleituntersuchungen an einzelnen Standorten gliedern sich in folgende Abschnitte:

- Voruntersuchungen bestehend aus einer Referenzphase, die der Findung eines geeigneten Eingriffs- und Referenzgebiets dient und zweijährige Feldstudien zur Dokumentation des Status quo,
- baubegleitende Studien sowie
- mindestens drei-, besser fünfjährige Nachuntersuchungen während des Betriebs der WEA. Nach drei Jahren sollte ein detaillierter Zwischenbericht vorgelegt werden, auf Grund dessen eine unabhängige Expertenkommission über das weitere Vorgehen entscheiden sollte.

Die großen jahreszeitlichen Unterschiede in den Zahlen anwesender Vögel (Überwinterer, Übersommerer und Durchzügler, evtl. nahrungssuchende Brutvögel nahe gelegener Küsten) sowie die artspezifisch sehr unterschiedliche Bedeutung einzelner Gebiete erfordern, auch wenn generell der gesamte Jahresverlauf durch Untersuchungen abzudecken ist, in allen Fällen ein variables, den gebietsspezifischen Verhältnissen angepasstes Beprobungsmuster.

Linientransektuntersuchungen: In Jahreszeiten, in denen eine geringe Art- und/oder Individuendichte zu erwarten ist, genügen zwei Erfassungen pro Monat, in allen übrigen Monaten sind \geq drei Erfassungen durchzuführen. Es sollten pro Monat eine Schiffs- und eine Flugzeugerfassung vorgenommen werden, die dritte kann eine der beiden Methoden umfassen und sollte sich an den jeweiligen bedeutenden Arten und ihrer Erfassbarkeit orientieren. Eine Vorabanalyse der in der ESAS-Datenbank gespeicherten Daten ergibt erste Anhaltspunkte über die im Untersuchungsgebiet zu erwartenden Seevogelarten und deren jahreszeitlichem Auftreten.

Radaruntersuchungen: Wie bei den Linientransektuntersuchungen ist der gesamte Jahreslauf durch Untersuchungen abzudecken. Die Untersuchungen sollen sich aber schwerpunktmäßig auf die Hauptzugzeiten im Frühjahr und Herbst (März-Mai, Juli/August-November) sowie auf die Zeiten hoher Seevogeldichte konzentrieren. Zu den Hauptzugzeiten bzw. den Zeiten mit hoher Seevogeldichte werden die Verteilungen, Flugrichtungen und Höhen an jeweils mindestens sieben Tagen pro Monat mit je 24 Stunden pro Tag aufgenommen. Die sieben Beobachtungstage sind in minimal zwei Erfassungsblöcke pro Monat aufzuteilen und keinesfalls en bloc abzuarbeiten.

Sichtbeobachtungen/Erfassung von Flugrufen: Während der Zeiten des Radarbetriebs werden tagsüber parallel Sichtbeobachtungen durchgeführt und nachts Flugrufe registriert. Wie bei den Radarstudien ist der gesamte Tageslauf durch Registrierungen abzudecken, wobei aber stichpunktartig gleichmäßig über den Tag/die Nacht verteilte Erfassungsblöcke ausreichen. Minimal ist ein Block von 15 Minuten pro Stunde, besser zwei Blöcke à 15 Minuten pro Stunde, abzudecken. Bei küstennahen Standorten bzw. wenn eine Plattform zur Verfügung steht, sind zusätzliche „Seawatching-Beobachtungen“ (vgl. CAMPHUYSEN & VAN DYK 1983, DIERSCHKE 1991) nach demselben Zeitschema durchzuführen. Dauer und Terminierung der Erfassungstage s. Radaruntersuchungen.

Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung biologischer Begleituntersuchungen wurde oftmals kritisiert. Die bei der Errichtung und Durchführung von Begleituntersuchungen an Windparks im Binnenland gemachten Fehler wie bspw. eine fehlende Standardisierung avifaunistischer Bestandserfassungen (z.B. verschiedene Beiträge in BUND 1999, BFN 2000, HANDKE 2000) sollten im Offshore-Bereich nicht wiederholt werden. Aufbauend auf verschiedenen Konzepten (EHRICH et al. 2001, PROJEKTGRUPPE OFFSHORE-WEA 2001) hat das BSH im Dezember 2001 ein „Standarduntersuchungskonzept für Genehmigungsverfahren nach der Seeanlagenverordnung“ veröffentlicht, das kontinuierlich aktualisiert und fortgeschrieben werden soll (Das Konzept ist gegen Schutzgebühr vom BSH, Postfach 301220, 20305 Hamburg, zu beziehen).

Da die im Rahmen von Begleituntersuchungen an Offshore-Windparks einzusetzenden Methoden als besonders schwie-

rig einzustufen sind und derzeit in Deutschland nur relativ wenig geschulte Mitarbeiter zur Verfügung stehen, ist sicher zu stellen, dass die an den Untersuchungen beteiligten Institutionen, Unternehmen bzw. deren MitarbeiterInnen nachgewiesenermaßen über entsprechende Erfahrungen verfügen. Dies kann beispielsweise durch die Teilnahme an Ringversuchen, regelmäßigen Schulungen bzw. international anerkannten Programmen dokumentiert werden. Dies gilt sowohl für die Planung und Durchführung der Freilanduntersuchungen, so benötigen bspw. alle „Zähler“ eine praktische Einführung durch die bisherigen Bearbeiter der ESAS-Projekte, wie auch für die Auswertung und Bewertung der Ergebnisse (z.B. VAN DER MEER & CAMPHUYSEN 1996). Entsprechende Referenzen sollten den Genehmigungsbehörden vorab vorgelegt werden. Nur so kann eine Qualitätssicherung und fundierte Bewertung gewährleistet werden.

Schlussbetrachtung

Die vorgestellten Daten belegen exemplarisch die große internationale Bedeutung von Nord- und Ostsee für die Avifauna und damit die der Bundesrepublik Deutschland im Rahmen internationaler Naturschutzabkommen obliegende Verantwortung bzw. Verpflichtung, bspw. im Rahmen der EU-Vogelschutzrichtlinie und des AEWA-Abkommens zum Schutz wandernder Wasservogelarten (vgl. Zusammenstellung in MITSCHKE et al. 2001). Auf Grund der beim Betrieb von WEA an Land gemachten Erfahrungen muss derzeit davon ausgegangen werden, dass sowohl auf dem Meer lebende See- und Küstenvögel als auch „Zugvögel“ durch Offshore-Windparks gefährdet sein können. Das Gefährdungspotenzial ist möglicherweise sogar wesentlich höher als an Land. Der Scheuch- und Barrierefunktion könnte langfristig das größte Konfliktpotenzial zukommen. Ob und inwieweit WEA als Barrieren wirken und bspw. See- oder Küstenvögel aus ihren angestammten Lebensräumen vertreiben bzw. ziehende Vögel von ihren angestammten Zugrouten ablenken und zu Umwegen zwingen, ist an Pilotanlagen detailliert zu untersuchen. Dafür sind minimal drei Jahre zu veranschlagen. Erst Detailstudien an Pilotparks werden eine Abschätzung des Konfliktpotenzials erlauben und damit auch die Beantwortung der zentralen Frage, ob und wie ein konfliktarmes Nebeneinander von Offshore-WEA und Vogelschutz überhaupt möglich ist. Verhaltensbeobachtungen an Pilotparks sollten darüber hinaus zugleich Aussagen zur naturschutzverträglichsten Form des technischen Aufbaus von Windparks ermöglichen, d.h. neben Angaben zur absoluten Größe einzelner Parks, Angaben zur

Anordnung, zum Abstand und zur Beleuchtung einzelner WEA innerhalb eines Parks, Angaben zu den Abständen zwischen verschiedenen Windparks etc. Ggf. können Störungen durch einen entsprechenden Anlagenaufbau bzw. auch ein zeitweiliges Abschalten (z.B. bei Wetterbedingungen mit erhöhtem Kollisionsrisiko, zu Zeiten intensiven Vogelzuges in geringen Höhen) minimiert werden.

Daneben scheint es unumgänglich, die derzeitige Rechtslage zu korrigieren, und zwar (a) die geltende Genehmigungspraxis, die Genehmigung von Einzelanträgen auf Grund der Seeanlagenverordnung (BMU 2001, DAHLKE SDN Kolloquium 28.05.2001) und (b) den durch das EEG vorgegebenen Zeitdrucks, d.h. die Gewährung besonderer Vergünstigungen für bis zum Jahresende 2006 in Betrieb genommener Anlagen.

Eine fundierte biologische Bewertung der Auswirkungen von Offshore-WEA auf die marine Umwelt ist nur möglich, wenn Einzelstandorte nicht isoliert betrachtet werden, sondern alle potenziellen Windparkstandorte in eine gemeinsame übergeordnete Bewertung für Nord- bzw. Ostsee einbezogen werden. In das Verfahren sollten zudem (a) alle bisherigen Nutzungen bspw. durch Verkehrswege, Öl- und Gasplattformen, Pipelines, Kabeltrassen, Sand- und Kiesabbau, Militär, Fischerei sowie bereits bestehende, aber auch vorgeschlagene marine Schutzgebiete (BSH 2001), (b) die Ergebnisse des Ende des Jahres 2002 abzuschließenden BMU/UBA F+E-Vorhabens und (c) die Ergebnisse der in den nächsten Jahren durchzuführenden Studien an Pilotparks einfließen. Nur das Verschneiden der im Rahmen des F+E-Vorhabens gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich der Bedeutung verschiedener Regionen von Nord- und Ostsee für die marine Umwelt mit den bisher schon bestehenden Belastungen erlaubt letztlich die Ausweisung von „Weißflächen“, d.h. von Flächen mit dem geringsten Konfliktpotenzial. Die Weißflächenausweisung sollte in enger internationaler Kooperation aller Nord- und Ostsee-Anrainerstaaten erfolgen. In eine übergeordnete integrierende Raumplanung wie auch in die für die Einzelstandorte durchzuführenden Umweltverträglichkeitsstudien (z.B. BMU 2001, RUNGE 2001) sollte zugleich die Netzanbindung einbezogen werden.

Die Geltungsdauer des EEG sollte verlängert werden. Wie ausgeführt, erlaubt das vom BMU/UBA im Herbst 2000 vergebene F+E-Vorhaben bspw. keine Abschätzung der tatsächlichen Auswirkungen von Offshore-Windparks auf die Vogelwelt. Hierzu sind vielmehr weitere, minimal dreijährige Untersuchungen an Pilotparks un-

umgänglich. Die Auswahl der Standorte für Pilotparks muss sich an den Ergebnissen des F+E-Vorhabens orientieren. Auszuwählen sind Standorte mit dem vermutlich geringsten Konfliktpotenzial, die, wenn sie sich später dennoch als ungeeignet erweisen sollten, aber auch wieder rückgebaut werden müssen. Nach derzeitigem Kenntnisstand sind schon jetzt alle küstennahen Standorte der deutschen Nord- und Ostsee auszuschließen (vgl. BFN 2001a, b). Mit ersten Studien von Forschungsplattformen kann frühestens im Sommer 2003 begonnen werden. Unter der optimistischen Annahme (vgl. DEWI 2001, BMU 2001), dass die ersten Pilotparks im Jahr (2003)/2004 errichtet werden, können diese Studien frühestens im Jahr 2006/2007 abgeschlossen werden. Dies bedeutet, dass weitere Anlagen nicht vor 2007/2008 errichtet werden können. Pilotanlagen werden offensichtlich zugleich auch zur Erprobung der Technik benötigt. Weder sind die für den Einsatz im Offshore-Bereich vorgesehenen Anlagen der 3–5 MW-Klasse gegenwärtig verfügbar (BMU 2001, DEWI 2001), noch scheint die Technik der Installation in Wassertiefen von ≥ 30 m geklärt. Die Gewährung von Vergünstigungen für die Inbetriebnahme sollte somit um mindestens 2–3 Jahre verlängert werden.

Der Aufbau der Offshore-Windenergienutzung ist technisch zweifelsohne innovativ. Heute kann aber noch niemand sagen, in welchen Meeresgebieten wie viele Anlagen ohne (vertretbare) Nachteile für die marine Umwelt errichtet werden können. Erst die hier kurz skizzierten Studien an Pilotparks werden eine sachlich fundierte und differenzierte Abwägung des Für und Widers von Offshore-WEA erlauben. Dabei muss die Errichtung von Offshore-WEA zugleich vor dem Hintergrund bereits bestehender Belastungen der Meeresumwelt betrachtet werden. Nur eine integrierende Bewertung und abgestimmte Gesamtplanung kann sowohl dem Natur- und Umweltschutz als auch den Betreibern die dringend notwendige Planungssicherheit geben.

Themenbezogene Publikationen und aktuelle Informationen zu dem Themenkomplex finden sich in Kürze auf der Homepage des Instituts für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ (www.vogelwarte-helgoland.de/offshore.htm).

Danksagung

FRANZ BAIRLEIN danken wir für die kritische Durchsicht des Manuskripts. THORSTEN KRÜGER und HELMUT KRUCKENBERG überließen uns dankenswerterweise die Originaldaten für Abb. 4 bzw. 5, CHRISTIANE KETZENBERG und JAN VAN DER WINDEN stellten Abb. 6 bzw. 7 zur Verfügung.

Literatur

- ADAMS, G. (2000): AEWA-Umsetzung in Deutschland: Handlungsbedarf, Aufgabenverteilung und mögliche Überlappung mit der Ramsar-Konvention und der EG-Vogelschutzrichtlinie. – In: H. HAUPT, K. LUTZ & P. BOYE (Hrsg.): Internationale Impulse für den Schutz von Wasservögeln in Deutschland. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 60: 21–29.
- ALERSTAM, T. (1990): Bird Migration. – Cambridge University Press, Cambridge, 420 S.
- BECKER, J., E. KÜSTERS, W. RUHE & H. WEITZ (1997): Gefährdungspotential für den Vogelzug unrealistisch. – Naturschutz und Landschaftsplanung 29: 314–315.
- BERNDT, R.K. & G. BUSCHE (Hrsg.) (1993): Vogelwelt Schleswig-Holsteins. – Band 4, Entenvögel II, Wachholtz, Neumünster, 228 S.
- BERNDT, R.K., G. NEHLS & K. KIRCHHOFF (1993): Eiderente – *Somateria mollissima*. – In: BERNDT, R.K. & G. BUSCHE (Hrsg.): Vogelwelt Schleswig-Holsteins. Band 4, Entenvögel II, S. 53–73, Wachholtz, Neumünster.
- BfN (2000): Empfehlungen des Bundesamtes für Naturschutz zu naturschutzverträglichen Windkraftanlagen. – Bonn-Bad Godesberg, 224 S.
- BfN (2001a): Meeresgebiete im Deutschen Nordseebereich welche möglicherweise für Standorte von „Offshore“-Windenergieanlagen aus naturschutzfachlicher Sicht geeignet sind (Stand Mai 2001). – www.bfn.de/09/090501.htm.
- BfN (2001b): Meeresgebiete im Deutschen Ostseebereich welche für eine Untersuchung auf eine mögliche Eignung als Standorte für „Offshore“-Windenergieanlagen aus naturschutzfachlicher Sicht in Frage kommen (Stand Mai 2001). – www.bfn.de/09/090501.htm.
- BMU (2001): Windenergienutzung auf See: Positionspapier des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Windenergienutzung im Offshore-Bereich vom 07.06.2001. – BMU, Berlin, <http://www.bmu.de/erneuerbare-energien>.
- BÖTTGER, M., T. CLEMENS, G. GROTE, G. HARTMANN, E. HARTWIG, C. LAMMEN & E. VAUK-HENTZELT (1990): Biologisch-ökologische Begleituntersuchungen zum Bau und Betrieb von Windkraftanlagen. – NNA-Berichte 3, Sonderheft, Schneverdingen, 124 S.
- BRAUNEIS, W. (1999): Der Einfluß von Windkraftanlagen auf die Avifauna am Beispiel der „Solzer Höhe“ bei Bebra-Solz im Landkreis Hersfeld-Rotenburg. Untersuchungszeitraum von März 1998 bis März 1999. – BUND, Landesverband Hessen (Hrsg.), Gedon & Rauss, München, 93 S.
- BREUER, W. & P. SÜDBECK (1999): Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Vögel – Mindestabstände von Windkraftanlagen zum Schutz bedeutender Vogel Lebensräume. – Bremer Beitr. Naturkd. Natursch. 4: 171–175.
- BRUDERER, B. (1997): The study of bird migration by radar. Part 1: The technical basis. – Naturwissenschaften 84: 1–8.
- BSH (2001): Karten zu Nutzungen in Nord- und Ostsee. – www.bsh.de/Meeresumwelt/Rechtsangelegenheiten/CONTIS/CONTIS_2001.htm.
- BUND LANDESVERBAND BREMEN (Hrsg.) (1999): Themenheft „Vögel und Windkraft“. – Bremer Beitr. Naturkd. Natursch. 4: 180 S.
- BUSCHE, G., R.K. BERNDT & G. NEHLS (1993): Trauerente – *Melanitta nigra*. – In: Berndt, R.K. & G. Busche (Hrsg.): Vogelwelt Schleswig-Holsteins. Band 4, Entenvögel II, S. 82–88, Wachholtz, Neumünster.
- BUURMA, L.S. (1987): Patronen van hoge vogeltrek boven het Noordzeegebied in oktober. – Limosa 60: 63–74.
- CAMPHUYSEN, C.J. & J. VAN DIJK (1983): Zee- en kustvogels langs de Nederlandse Kust. – Limosa 56: 81–230.
- CLAUSAGER, I. & H. NØHR (1995): Vindmøllers indvirkning på fugle. Status over viden. – Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 147. 51 S.
- CLEMENS, T. (1978): Vergleichende Untersuchung des Nachtvogelzuges auf Helgoland im März 1976 und 1977 nach Radar- und Feldbeobachtungen. – Unveröff. Diplomarbeit, Universität Oldenburg, 105 S.
- CLEMENS, T. & C. LAMMEN (1995): Windkraftanlagen und Rastplätze von Küstenvögeln – ein Nutzungskonflikt. – Seevögel 16: 34–38.
- COLSON, E.W. (1996): Avian interactions with wind energy facilities: a summary. – In: AWEA Windpower 1995 (Hrsg.): 77–86.
- COOPER, B.A., R.H. DAY, R.J. RITCHIE & C.L. CRANOR (1991): An improved marine radar system for studies of bird migration. – J. Field Ornithol. 62: 367–377.
- DEWI (2001): Weiterer Ausbau der Windenergienutzung im Hinblick auf den Klimaschutz – Teil 1. – Deutsches Windenergie Institut GmbH, Wilhelms- haven, 106 S., www.bmu.de.
- DIEDERICH, A., G. NEHLS & I.K. PETERSEN (2002): Flugzeugzählungen zur großflächigen Erfassung von Seevögeln und marinen Säugern als Grundlage für Umweltverträglichkeitsstudien im Offshorebereich. – Seevögel 23: 38–46.
- DIERSCHE, V. (1991): Seawatching auf Helgoland. – Ornithol. Jahresber. Helgoland 1: 49–53.
- DIERSCHE, V. (2001): Vogelzug und Hochseevögel in den Außenbereichen der Deutschen Bucht (südöstliche Nordsee) in den Monaten Mai bis August. – Corax 18: 281–290.
- DIRKSEN, S., A.L. SPAANS & J. VAN DER WINDEN (1996): [Nocturnal migration and flight altitudes of waders at the IJmuiden northern breakwater during spring migration] (Niederländisch). – Sula 10: 129–142.
- DIRKSEN, S., A.L. SPAANS, J. VAN DER WINDEN & L.M.J. VAN DEN BERGH (1998a): [Nocturnal flight patterns and altitudes of diving ducks in the IJsselmeer area] (Niederländisch). – Limosa 71: 57–68.
- DIRKSEN, S., J. VAN DER WINDEN & A.L. SPAANS (1998b): Nocturnal collision risks of birds with wind turbines in tidal and semioffshore areas. – In: RATTO, C.F. & G. SOLARI (Hrsg.): Wind energy and landscape. Proc. Internat. Workshop on Wind Energy and Landscape, S. 99–108, Balkema, Rotterdam.
- DURINCK, J., H. SKOV, F.P. JENSEN & S. PIHL (1994): Important marine areas for wintering birds in the Baltic Sea. – Ornithol. Consult Report 1994, Copenhagen, 110 S.
- EHRICH, S., J. HOFFMANN, R. KAFEMANN, W. PIPER, K. RUNGE, F. THOMSEN & G.-P. ZAUKE (2001): Untersuchungs- und Monitoringskonzept zur Abschätzung der Auswirkungen von Offshore-Windparks auf die marine Umwelt, Entwurf Stand 1.5.2001.
- ENDER, C. (2001): Windenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland – Stand 30.06.2001. – DEWI Magazin 19: 33–43.

- EXO, K.-M., B. HÄLTERLEIN, J. BLEW, S. GARTHE, O. HÜPPPOP, P. SÜDBECK & G. SCHEIFFARTH (2003): Küsten- und Seevögel. – In: LOZAN, J. et al. (Hrsg.): Warnsignale aus der Nordsee: Vom Wattenmeer bis zur offenen See: S. 317–329.
- GÄTKE, H. (1891): Die Vogelwarte Helgoland. – R. Blasius, Braunschweig, 654 S.
- GARTHE, S. (2000): Mögliche Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf See- und Wasservögel der deutschen Nord- und Ostsee. – In: MERCK, T. H. & H. VON NORDHEIM (Hrsg.): Technische Eingriffe in marine Lebensräume. – Workshop des Bundesamtes für Naturschutz, Internationale Naturschutzakademie Insel Vilm, 27.-29. Oktober 1999, BfN-Skripten 29: 113–119
- GARTHE, S. & O. HÜPPPOP (1996): Das "Seabirds-at-Sea"-Programm. – Vogelwelt 117: 303–305.
- GARTHE, S. & O. HÜPPPOP (2000): Aktuelle Entwicklungen beim *Seabirds-at-Sea*-Programm in Deutschland. – Vogelwelt 121: 301–305.
- GARTHE, S. & O. HÜPPPOP (in Vorb.): Atlas der Seevögel der Deutschen Bucht (Nordsee) - Verbreitung, Ökologie und Schutz auf See.
- GARTHE, S., O. HÜPPPOP & T. WEICHLER (2002): Anleitung zur Erfassung von Seevögeln auf See von Schiffen. – Seevögel 23: 47–55.
- GREEN, R.H. (1979): Sampling design and statistical methods for environmental biologists. – Wiley Interscience, Chichester.
- GUILLEMETTE, M., J.K. LARSEN & I. CLAUSAGER (1998): Impact assessment of an offshore wind park on sea ducks. – National Environmental Research Institute, NERI Technical Report No. 227, Denmark, 61 S.
- GUILLEMETTE, M., J.K. LARSEN & I. CLAUSAGER (1999): Assessing the impact of the Tunø Knob wind park on sea ducks: the influence of food resources. – National Environmental Research Institute, NERI Technical Report No. 263, Denmark, 21 S.
- HANDKE, K. (2000): Vögel und Windkraft im Nordwesten Deutschlands. – LÖBF-Mitt. 2/00: 47–55.
- HARMATA, A.R., K.M. PODRUZNY, J.R. ZELENÁK & M.L. MORRISON (1999): Using marine surveillance radar to study bird movements and impact assessment. – Wildlife Society Bulletin 27: 44–52.
- HEATH, M.F. & M.L. EVANS (Hrsg.) (2000): Important Bird Areas in Europe: priority sites for conservation. – BirdLife International, Bird Life Conservation Series 8, Cambridge.
- HEIBGES, A.-K. & O. HÜPPPOP (2000): Ökologische Bedeutung der seewärtigen Bereiche des niedersächsischen Wattenmeeres. – WWF Deutschland, Frankfurt am Main, Nationalparke 9: 1–55. (<http://www.vogelwarte-helgoland.de/sbnwatt.htm>)
- HÜPPPOP, O., K.-M. EXO & S. GARTHE (2002): Empfehlungen für projektbezogene Untersuchungen möglicher bau- und betriebsbedingter Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Vögel. – Berichte Vogelschutz 39 (im Druck).
- HULBERT, S.H. (1984): Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. – Ecological monographs 54: 187–211.
- ISSELBÄCHER, K. & T. ISSELBÄCHER (2001): Windenergieanlagen. – In: RICHARZ, K., E. BEZZEL & M. HORMANN (eds.): Taschenbuch für Vogelschutz. 128–142, Aula, Wiesbaden.
- JELLMANN, J. (1977): Radarbeobachtungen zum Frühjahrszug über Nordwestdeutschland und die südliche Nordsee im April und Mai 1971. – Vogelwarte 29: 135–149.
- JELLMANN, J. (1979): Radarbeobachtungen zum Heimzug von Wildgänsen (*Anser, Branta*) im Raum der Deutschen Bucht. – Abh. Geb. Vogelk. 6: 269–288.
- JELLMANN, J. (1988): Leitlinienwirkung auf den nächtlichen Vogelzug im Bereich der Mündungen von Elbe und Weser nach Radarbeobachtungen am 8. 8. 1977. – Vogelwarte 34: 208–215.
- JELLMANN, J. (1989): Radarmessungen zur Höhe des nächtlichen Vogelzuges über Nordwestdeutschland im Frühjahr und im Hochsommer. – Vogelwarte 35: 59–63.
- KEMPF, N. & O. HÜPPPOP (1998): Wie wirken Flugzeuge auf Vögel? – Naturschutz und Landschaftsplanung 30: 17–28.
- KOOP, B. (1997): Vogelzug und Windenergieplanung. Beispiele für Auswirkungen aus dem Kreis Plön (Schleswig-Holstein). – Naturschutz und Landschaftsplanung 29: 202–206.
- KOOP, B. (1999): Windkraftanlagen und Vogelzug im Kreis Plön. – Bremer Beitr. Naturkd. Natursch. 4: 25–32.
- KRUCKENBERG, H. & J. JAENE (1999): Zum Einfluss eines Windparks auf die Verteilung weidender Bläßgänse im Rheidelerland (Landkreis Leer, Niedersachsen). – Natur Landsch. 74: 420–427.
- KRÜGER, T. (2001): Untersuchungen zum Zugverhalten ausgewählter See- und Küstenvögel in der südlichen Nordsee. – Unveröff. Diplomarbeit, Universität Oldenburg, 123 S.
- KRÜGER, T. & S. GARTHE (2001): Flight altitudes of coastal birds in relation to wind direction and wind speed. – Atlantic Seabirds 3: 203–216.
- LARSEN, J.K. & J. MADSEN (2000): Effects of wind turbines and other physical elements on field utilization by Pink-footed Geese (*Anser brachyrhynchos*): A landscape perspective. – Landscape Ecology 15: 755–764.
- MEER VAN DER, J. & C.J. CAMPHUYSEN (1996): Effect of observer differences on abundance estimates of seabirds from ship-based strip transect counts. – Ibis 138: 433–437.
- MERCK, T. & H. VON NORDHEIM (Hrsg.) (2000): Technische Eingriffe in marine Lebensräume. – Workshop des Bundesamtes für Naturschutz, Internationale Naturschutzakademie Insel Vilm, 27.-29. Oktober 1999, BfN-Skripten 29, Bonn-Bad Godesberg, 182 S.
- MITSCHE, A., S. GARTHE & O. HÜPPPOP (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, Bonn-Bad Godesberg, 100 S.
- MUSTERS, C.J.M., M.A.W. NOORDERVLIET & W.J. TER KEURS (1996): Bird casualties caused by a wind energy project in an estuary. – Bird Study 43: 124–126.
- NEHLS, G. (1998): Bestand und Verbreitung der Trauerente *Melanitta nigra* im Bereich des Schleswig-Holsteinischen Wattenmeeres. – Seevögel 19: 19–22.
- PEDERSEN, M.B. & E. POULSEN (1991): En 90/MW vindmøllens indvirkning på fuglelivet ved Fugles reaktioner på opførelsen og idriftsætelsen af Tjæreborgmøllen ved det Danske Vadehav. – Danske Vildundersøgelster Hæfte 47: 1–44.

- PERCIVAL, S.M. (2000): Birds and wind turbines in Britain. – *British Wildlife* 2000: 8–15.
- PERCIVAL, S.M. & T. PERCIVAL (1998): Breeding waders at the Nasudden wind farm, Gotland, Sweden. – *National Wind Power Ltd*, 11 p.
- PIHL, S. & J. FRIKKE (1992): Counting birds from aeroplane. – In: KOMDEUR, J., J. BERTELSEN & G. CRACKWELL (Hrsg.): *Manual for aeroplane and ship surveys of waterfowl and seabirds*. – IWRB Spec. Publ. 19: 8–23.
- PROJEKTGRUPPE OFFSHOREWEA (2001): Empfehlungen zu Mindestanforderungen an die projektbezogene Untersuchung möglicher bau- und betriebsbedingter Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt der Nord- und Ostsee (Stand: Juni 2001). – www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/offshore.htm.
- RUNGE, K. (2001): Inhalte der Umweltverträglichkeitsprüfung von Offshore-Windparks. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 33: 162–166.
- SCHERNER, E.R. (1999): Windkraftanlagen und „wertgebende Vogelbestände“ bei Bremerhaven: Realität oder Realsatire? – *Beitr. Naturkd. Niedersachsens* 52: 121–156.
- SCHREIBER, M. (1994): Lösungsansätze für innerfachliche Zielkonflikte im Natur- und Umweltschutz am Beispiel der Nutzung der Windenergie. – *Mitteilungen aus der NNA* 1: 2–9.
- SCHREIBER, M. (1999): Zur Notwendigkeit einer großräumigen Steuerung der Windkraft im Nordseeküstenbereich. – In: IHDE, S. & E. VAUK-HENTZELT (Hrsg.): *Vogelschutz und Windenergie*, S. 61–67, Carstens, Schneverdingen.
- SDN (Hrsg.) (1998): Referenzgebiete. Sinn und Unsinn von nutzungsfreien Zonen an unseren Küsten. – *Schriftenreihe Schutzgemeinschaft Deutsche Nordseeküste e.V.*, Varel, Heft 2/1998, 108 S.
- SKOV, H., J. DURINCK, M.F. LEOPOLD & M.L. TASKER (1995): Important bird areas for seabirds in the North Sea including Channel and the Kattegat. – *BirdLife International*, Cambridge, 154 S.
- SKOV, H., G. VAITKUS, K.N. FLENSTED, G. GRISHANOV, A. KALAMEES, A. KONDRATYEV, M. LEIVO, L. LUIGOJOE, C. MAYR, J.F. RASMUSSEN, L. RAUDONIKIS, W. SCHELLER, P.O. SIDLO, A. STIPNIECE, B. STRUWE-JUHL & B. WELANDER (2000): Inventory of coastal and marine important bird areas in the Baltic Sea. – *BirdLife International*, Cambridge, 287 S.
- STEWART-OATEN, A., J.R. BENICE & C.W. OSENBERG (1992): Assessing effects of unreplicated perturbations: no simple solutions. – *Ecology* 73: 1396–1404.
- STONE, C.J., A. WEBB, C. BARTON, N. RATCLIFFE, T.C. REED, M.L. TASKER, C.J. CAMPHUYSEN & M.W. PIENKOWSKI (1995): An atlas of seabird distribution in north-west European waters. – *JNCC*, Peterborough, 326 S.
- STÜBING, S. (2001): Untersuchungen zum Einfluß von Windenergieanlagen auf Herbstdurchzügler und Brutvögel am Beispiel des Vogelberges (Mittelhessen). – Unveröff. Diplomarbeit Universität Marburg, 144 S.
- TASKER, M.L., P.H. JONES, T.J. DIXON & B.F. BLAKE (1984): Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardized approach. – *Auk* 101: 567–577.
- TULP, I., H. SCHEKKERMAN, J.K. LARSEN, J. VAN DER WINDEN, R.J.W. VAN DE HATERD, P. VAN HORSSSEN, S. DIRKSEN & A.L. SPAANS (1999): Nocturnal flight activity of sea ducks near the windfarm Tunø Knob in the Kattegat. – *Bureau Waardenburg bv*, Report 99.64, Culemborg, 69 S.
- UBA (2001): Untersuchungen zur Vermeidung und Verminderung von Belastungen der Meeresumwelt durch Offshore-Windenergieanlagen im küstenfernen Bereich der Nord- und Ostsee. – www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/offshore.htm.
- VERHEIJEN, F.J. (1980): The moon; a neglected factor in studies on collisions of nocturnal migrant birds with tall lighted structures and with aircraft. – *Vogelwarte* 30: 305–329.
- WEBB, A. & J. DURNICK (1992): Counting birds from ships. – In: KOMDEUR, J., J. BERTELSEN & G. CRACKWELL (Hrsg.): *Manual for aeroplane and ship surveys of waterfowl and seabirds*. – IWRB Spec. Publ. 19: 24–37.
- WINDEN, J. VAN DER, A. SPAANS & S. DIRKSEN (1999): Nocturnal collision risk of local wintering birds with wind turbines in wetlands. – *Bremer Beiträge Naturk. Natursch.* 4: 33–38.
- WINKELMAN, J.E. (1985): Impact of medium-sized wind turbines on birds: a survey on flight behaviour, victims, and disturbance. – *Neth. J. agric. Sci.* 33: 75–77.
- WINKELMAN, J.E. (1989): Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvaringsslachtoffers en verstoring van pleisterende, eenden, ganzen en zwanen. – *Rijksinstituut voor Natuurbeheer*, Rin rapport 89/15, Arnhem.
- WINKELMAN, J.E. (1990): Verstoring van vogels door des Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) tijdens bouwfase in half-operationale situaties (1984–1989). – *Rijksinstituut voor Natuurbeheer*, Rin-rapport 9/157, Arnhem.
- WINKELMAN, J.E. (1992a): De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels, 1: aanvaringsslachtoffers. *DLO-Instituut voor Bosen Natuuronderzoek*, RIN-rapport 92/2, Arnhem, 71 S.
- WINKELMAN, J.E. (1992b): De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels, 2: nachtelijke aanvaringskansen. – *DLO-Instituut voor Bosen Natuuronderzoek*, RIN-rapport 92/3, Arnhem, 120 S.
- WINKELMAN, J.E. (1992c): De invloed van de Sepproefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels, 3: aanvliegedrag overdag. – *DLO-Instituut voor Bosen Natuuronderzoek*, RIN-rapport 92/4, Arnhem, 69 S.
- WINKELMAN, J.E. (1992d): De invloed van de Sepproefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels, 4: verstoringsonderzoek. – *DLO-Instituut voor Bosen Natuuronderzoek*, RIN-rapport 92/5, Arnhem, 106 S.

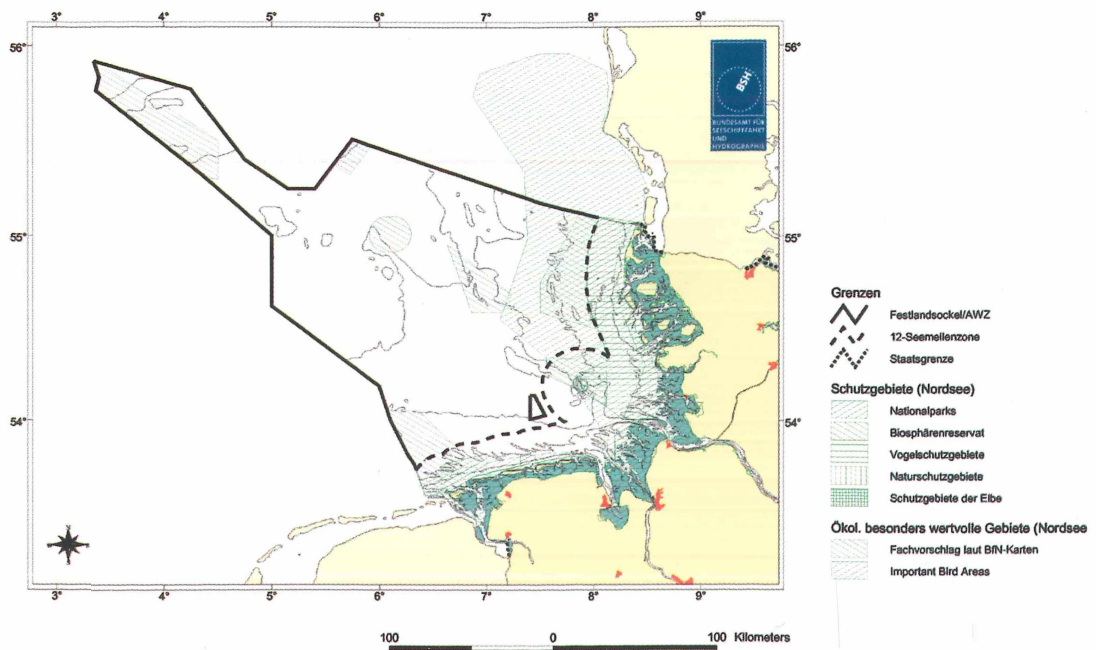
Anschriften der Verfasser:

Dr. Klaus-Michael Exo, Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“, An der Vogelwarte 21, 26386 Wilhelmshaven, Tel.: 04421/96890, Fax: 04421/968955, Email: michael.exo@ifv.terramare.de

Dr. Ommo Hüppop, Inselstation des Instituts für Vogelforschung, Postfach 1220, 27494 Helgoland, Tel.: 04725/306, Fax: 04725/7471, Email: O.Hueppop-IFV@t-online.de

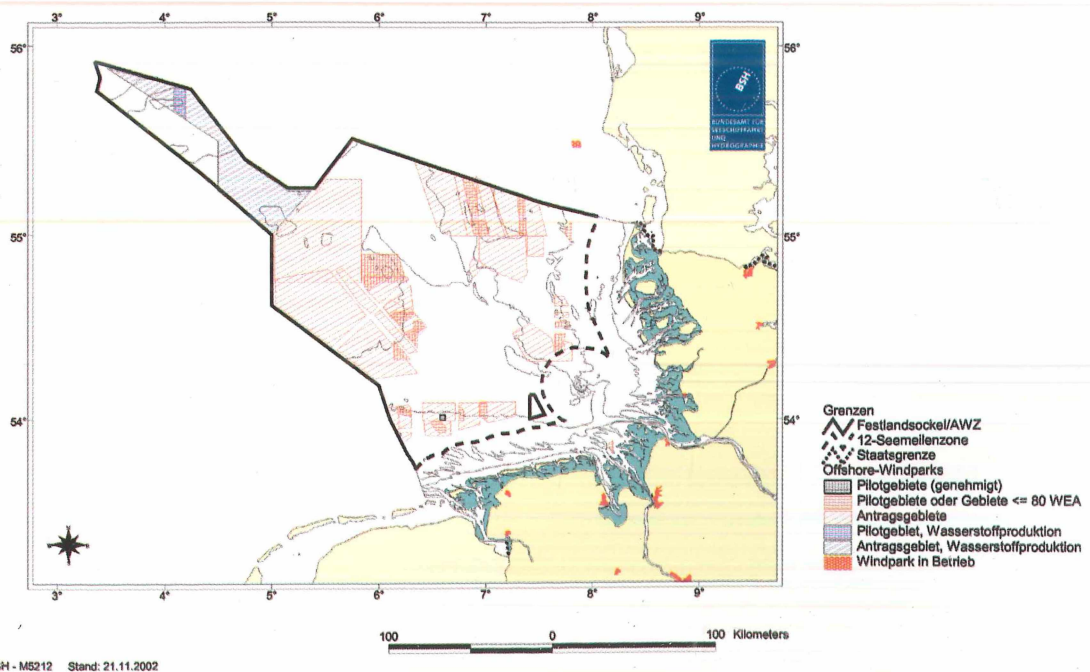
Dr. Stefan Garthe, Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Universität Kiel, Hafentörn, 25761 Büsum, Tel.: 04834/604-116, Fax: 04834/604-199, Email: garthe@ftz-west.uni-kiel.de

Nordsee - Schutzgebiete



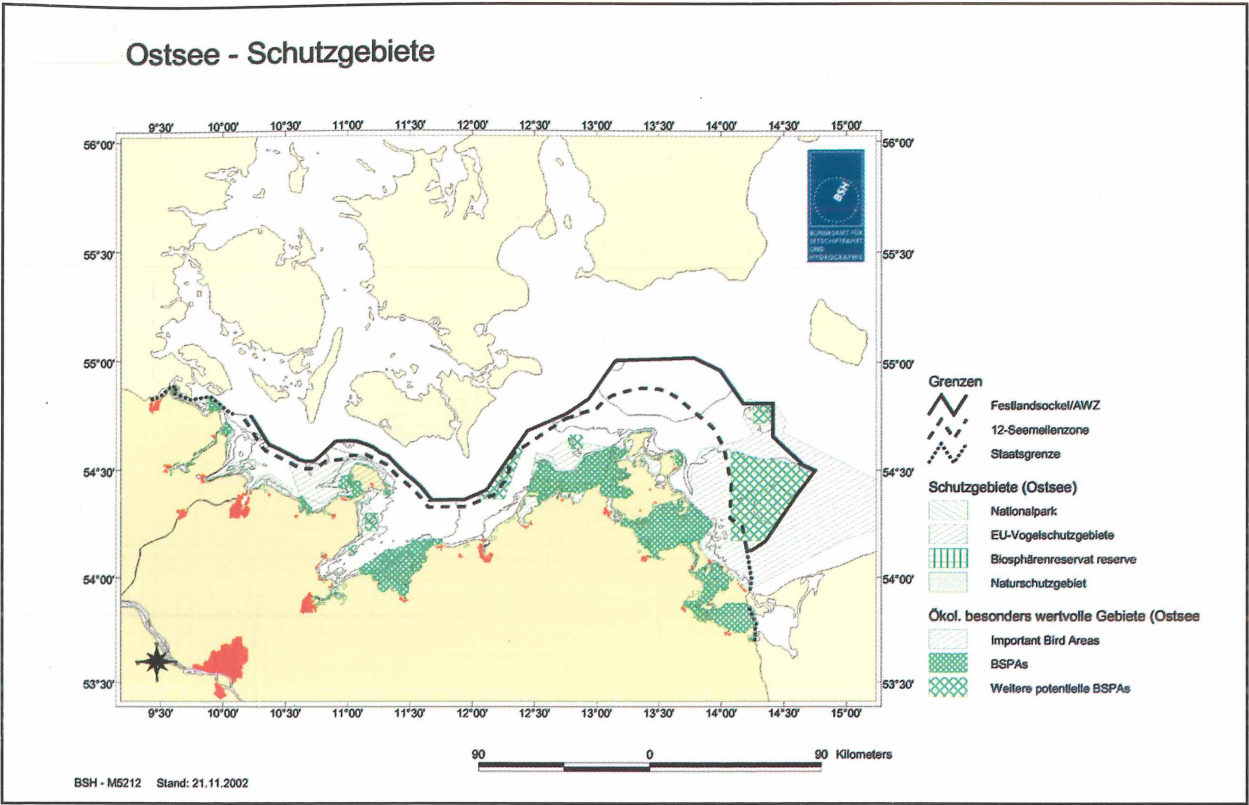
Geplante Schutzgebiete (bzw. Ökologisch besonders wertvolle Gebiete) in der Nordsee

Nordsee - Beantragte Offshore-Windparks

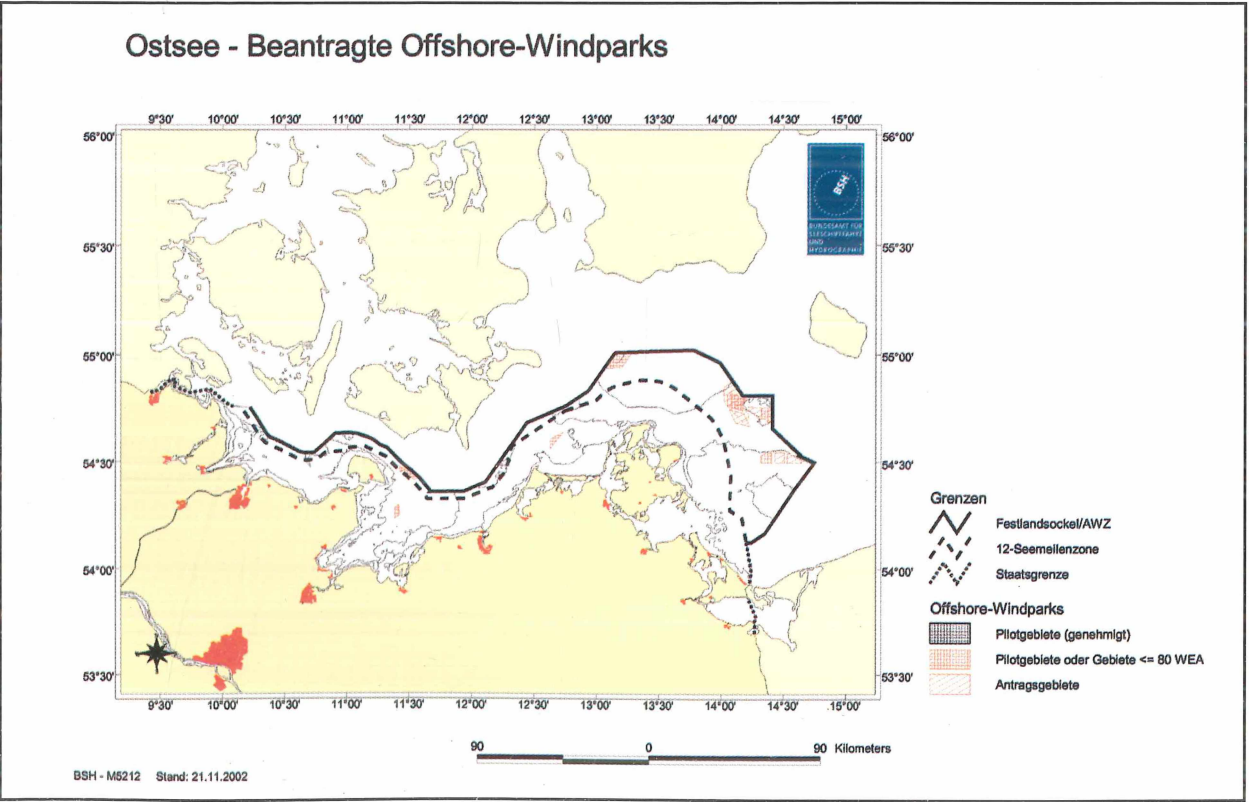


Geplante Windparks (Pilotgebiete bzw. Antragsvorhaben) in der Nordsee

Wir danken Herrn Dr. Manfred Zeiler vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie für die Erstellung der Karten und freundliche Genehmigung zum Druck



Geplante Schutzgebiete (bzw. Ökologisch besonders wertvolle Gebiete) in der Ostsee



Geplante Windparks (Pilotgebiete bzw. Antragsvorhaben) in der Ostsee

Wir danken Herrn Dr. Manfred Zeiler vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie für die Erstellung der Karten und freundliche Genehmigung zum Druck

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Seevögel - Zeitschrift des Vereins Jordsand zum Schutz der Seevögel und der Natur e.V.](#)

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: [23_2002](#)

Autor(en)/Author(s): Exo Klaus Michael, Hüppop Ommo, Garthe Stefan

Artikel/Article: [Offshore-Windenergieanlagen und Vogelschutz 83-95](#)