

## **Empfehlungen für projektbezogene Untersuchungen möglicher bau- und betriebsbedingter Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Vögel**

Berichte zum Vogelschutz 38: im Druck (erscheint voraussichtlich noch 2002)

### **Abstract**

Recommendations for project-related studies of possible impacts of marine wind farms during construction and operation on birds

The construction of offshore windfarms may become the largest technical impact on Europe's marine habitats. For roughly a quarter of the area of Germany's Exclusive Economic Zone there are plans to erect offshore windfarms. Several international conventions as well as national laws necessitate environmental impact assessment studies. We hence suggest methods for standardised investigations on the distribution, movements and flight behaviour of birds at sea. They include visual, acoustic and radar-based techniques and observations.

Keywords: marine wind energy, seabirds, bird migration, conservation, radar, techniques, environmental impact assessment

*Correspondence: Ommo Hüppop, Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“, Inselstation, Postfach 1220, D-27498 Helgoland. eMail: o.hueppop-ifv@t-online.de*

*Klaus-Michael-Exo, Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“, An der Vogelwarte 21, 26386 Wilhelmshaven. eMail michael.exo@ifv.terramare.de*

*Stefan Garthe, Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Universität Kiel, Hafentörn, D-25761 Büsum. eMail: garthe@ftz-west.uni-kiel.de*

### **1. Einleitung**

Mit dem rasanten von Bund und Ländern geforderten und durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (BGBI. I 2000: 305) staatlich geförderten Ausbau der Windenergienutzung ist in Deutschland der Platz für Windenergieanlagen [WEA] an Land knapp geworden. Scheinbar unbegrenzte Flächen und ungleich bessere Windverhältnisse machen die Nutzung der Meere zu einer verlockenden Alternative. Erfolgreiche Versuche in den küstennahen Offshore-Regionen der Nachbarstaaten Schweden und vor allem Dänemark, wo erste Pilotanlagen bereits 1991 in Betrieb gingen (REHFELDT & GERDES 2002), und die Entwicklung immer größerer und leistungsfähigerer Einzelanlagen haben auch in Deutschland den ehrgeizigen Planungen weiteren Auftrieb gegeben. So lagen dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie [BSH] als Genehmigungsbehörde im Februar 2002 Anträge für 29 Standorte in der Ausschließlichen Wirtschaftszone [AWZ] der Bundesrepublik Deutschland in der Nord- und Ostsee mit mehr als 12.000 Windturbinen und einem Flächenbedarf von über 13.000 km<sup>2</sup> (entsprechend 26,5 % der Fläche der AWZ, Tab. 1) vor. Hinzu kommen etliche kleinere Vorhaben innerhalb der 12 Seemeilen-Zone, die in den Zuständigkeitsbereich der Länder fallen, wie vier Anlagen vor Niedersachsens Küste (Stand Mai 2002, Niedersächsisches Aktionsprogramm zur Planung von Windenergiestandorten im Offshore-Bereich). Im November 2001 wurde die erste und bisher einzige Genehmigung für einen 12 Anlagen umfassenden Pilotpark in der AWZ 45 km nordwestlich der Insel Borkum erteilt (DAHLKE 2002). Die Bezirksregierung Weser-Ems erteilte im Juli 2002 einen positiven Bauvorbescheid für die Errichtung einer Großwindanlage vor der niedersächsischen Küste nördlich von Wilhelmshaven.

Die Forderung nach regenerierbaren Energien ist zweifelsohne sinnvoll. Nicht zuletzt zeigen uns Vögel die Folgen der zurückzuführenden Klimaveränderungen der letzten Jahrzehnte besonders deutlich auf (BAIRLEIN & WINKEL 2001). So hat sich bei Durchzüglern auf Helgoland der Heimzug im Laufe der letzten 40 Jahre um bis zu fast einem halben Monat verfrüht, wobei Zusammenhänge mit den Temperaturen im Winter und zeitigen Frühjahr eindeutig sind (HÜPPOP & HÜPPOP im Druck). Seit der jüngsten Novellierung des Bundesnaturschutzgesetzes sind der Schutz des Klimas und die Nutzung erneuerbarer Energien sogar gesetzlich vorgeschrieben (§2 BNatSchG, Abs.1, Nr.6: „Beeinträchtigungen des Klimas sind zu vermeiden; hierbei kommt dem Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung insbesondere durch zunehmende Nutzung Erneuerbarer Energien besondere Bedeutung zu.“). Die Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2050 die Hälfte der Primärenergien mit erneuerbaren Energien zu gewinnen. Im Jahr 2000 betrug der Anteil nur 2,1 % (BMU 2002).

Andererseits kann die Errichtung von Offshore-WEA in Europa zum großräumigsten technischen Eingriff in marine Lebensräume werden (MERCK & VON NORDHEIM 2000). Bei Planungen und Genehmigungen von Offshore-WEA muss daher neben Aspekten der Schiffsicherheit und des Verkehrs eine mögliche Gefährdung der Meeresumwelt bedacht werden, zählen doch Meeres- und Küstenhabitats zu den acht für die Vögel Europas wichtigsten Habitattypen (TUCKER & EVANS 1997). Die Hoheitsgewässer und die AWZ Deutschlands beherbergen mehrere Gebiete mit international bedeutsamen Konzentrationen von Brut- und Rastvögeln (SKOV et al. 1995, 2000, MITSCHKE et al. 2001), die entsprechend in den Listen der Bedeutenden Vogelschutzgebiete (IBAs) aufgeführt werden (HEATH & EVANS 2000, SUDFELDT et al. 2002). Aufgrund internationaler Abkommen trägt die Bundesrepublik Deutschland eine besondere Verantwortung für die dortigen Vogelbestände, z.B. auf der Basis der EU-Vogelschutzrichtlinie oder des „Abkommens zur Erhaltung der afrikanisch-eurasischen Wasservögel“ unter dem Dach der „Bonner Konvention zum Schutz wildlebender, wandernder Tierarten“ (ADAMS 2000, BOYE & HÜPPOP 2001).

Vögel können auf ganz verschiedene Weise und natürlich je nach Art unterschiedlich stark durch Offshore-WEA gefährdet oder beeinträchtigt werden (Details bei EXO et al. 2002), z.B. durch

- Kollision mit Windenergieanlagen („Vogelschlag“) bei Flugbewegungen aller Art (Vogelzug, Flüge zwischen Nahrungs- und Rastgebieten),
- Barrierewirkung von WEA für Zugvögel oder „Zerschneidung“ der Verbindungen zwischen verschiedenen Rast- und / oder Nahrungsgebieten,
- kurzfristigen Verlust von Lebensräumen (Rast- und Nahrungsgebiete) während der Bauphase und bei Wartungsarbeiten durch Versorgungsschiffe und -helikopter,
- langfristigen Verlust von Lebensräumen (Rast- und Nahrungsgebiete) aufgrund der Scheuchwirkung von WEA,
- Verlust oder Veränderung von Nahrungsgebieten benthosfressender Enten durch Veränderung der Bodenstruktur.

Die Errichtung, der Betrieb und die Nutzung von Bauwerken und künstlichen Inseln in der AWZ der Bundesrepublik Deutschland sind in der Seeanlagenverordnung (SeeAnIV, BGBl. I 1997: 57) geregelt: Danach bedürfen auch Offshore-WEA einer Genehmigung durch das BSH. Die Genehmigung hat den Charakter einer Baugenehmigung und ist im Ergebnis als polizei- und naturschutzrechtliche Unbedenklichkeitsbescheinigung zu verstehen (DAHLKE 2002). Als Versagungsgründe für eine Genehmigung werden in der SeeAnIV die Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs und die Gefährdung der Meeresumwelt genannt. Sofern keine Versagungsgründe vorliegen, besteht ein Rechtsanspruch auf die Genehmigung. Dem Versagungsgrund „Gefährdung der Meeresumwelt“ wurde mit der Novellierung der Seeanlagenverordnung (BGBl. I 2002: 1193) jüngst als Regelbeispiel auch die „Gefährdung des Vogelzuges“ (§3 S.2 Nr. 4 SeeAnIV) zugeordnet. Da nach dem bisherigen Kenntnisstand Offshore-WEA erhebliche nachteilige Umweltauswirkungen haben können, ist mit der Novellierung des Naturschutzgesetzes und der SeeAnIV festgeschrieben worden, dass eine in der 12-Seemeilenzone schon vorher erforderliche Umweltverträglichkeitsprüfung (RUNGE 2001) nunmehr auch bei Anträgen in der AWZ durchzuführen ist. Damit sind auch EU-Richtlinien (Vogelschutz/FFH, s.o.) anzuwenden (DAHLKE 2002).

An Land „ist häufig versäumt worden, den Ausbau der regenerativen Energien mit den Zielen der Biodiversität und des Naturschutzes so aufeinander abzustimmen, dass man von einem integrativen Vorgehen sprechen kann“ (WINKELBRANDT 2001). Das Bundesamt für Naturschutz hat erst zu einem vergleichsweise späten Zeitpunkt Empfehlungen zu naturschutzverträglichen Windkraftanlagen herausgegeben, in denen auch konkrete Anforderungen an die Erfassung und Bewertung von WEA-Standorten an Land spezifiziert werden (BfN 2000). Landesweit verbindlich Vorgaben gibt es bis heute nicht. Für den Offshore-Bereich formulierte hingegen die Projektgruppe OffshoreWEA im Rahmen des BMU/UBA Forschungsvorhabens "Untersuchungen zur Vermeidung und Verminderung von Umweltbelastungen der Meeresumwelt durch Offshore-Windenergieanlagen im küstenfernen Bereich der Nord- und Ostsee" (Förderkennzeichen 200 97 106) bereits im Frühjahr 2001 „Empfehlungen zu Mindestanforderungen an die projektbezogene Untersuchung möglicher bau- und betriebsbedingter Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt der Nord- und Ostsee“ (PROJEKTGRUPPE OFFSHOREWEA 2001). Etwa zeitgleich erschien der Entwurf zu einem Untersuchungs- und Monitoringkonzept von einer Autorengruppe um die Bundesforschungsanstalt für Fischerei (EHRICH et al. 2001). Das BSH hat aus beiden Studien ein „Standarduntersuchungskonzept für Genehmigungsverfahren nach Seeanlagenverordnung“ kompiliert und im Dezember 2001 veröffentlicht (in Deutsch und Englisch gegen Schutzgebühr vom BSH, Postfach 30 12 20, 20305 Hamburg zu beziehen). Inzwischen gibt es etliche neue methodische Erfahrungen, innovative Techniken wie der Einsatz von Schiffsradargeräten wurden intensiv erprobt und nicht zuletzt sind auch die vorrangig zu bearbeitenden Wissenslücken konkreter geworden, so dass uns eine Publikation der aktualisierten Empfehlungen für die Untersuchungen an Vögeln über das Internet hinaus in gedruckter Form angebracht und dringend notwendig

erschien. Einige Methoden, wie die zur Erforschung und Bewertung des Vogelschlagproblems, sind noch ungenügend entwickelt und können daher hier noch nicht vorgestellt werden.

Unsere Empfehlungen werden bei Bedarf auf der Homepage des Instituts für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ ([www.vogelwarte-helgoland.de/offshore.htm](http://www.vogelwarte-helgoland.de/offshore.htm)) fortgeschrieben und um detailliertere bzw. aktualisierte Informationen ergänzt. Dort stehen auch themenbezogene Publikationen, Formulare und Software zum Download bereit.

## **2. Ablaufschema der biologischen Begleituntersuchungen**

Die Vorschläge der PROJEKTGRUPPE OFFSHOREWEA (2001) sehen für alle Schutzgüter folgenden stufenweisen Ablauf vor:

1. *Antrag zur Errichtung eines Offshore-Windenergieparks:*  
Beantragung eines Baugebietes/Planungsgebiets mit folgenden Inhalten:  
Technische Beschreibung, Literaturstudie zur Charakterisierung des Baugebietes/Suchraumes, Vorschlag für ein Untersuchungsprogramm mit den Phasen 0, 1, 2, 3 (s.u.)
2. *Vor-Ort-Untersuchungsprogramm Phase 0 (Referenzphase):*  
Charakterisierung des Suchraums  
Ziele: Festlegung des Standortes eines Pilot-Windenergieparks (Baugebiet), Festlegung eines Referenzgebietes
3. *Vor-Ort-Untersuchungsprogramm Phase 1 (Vorphase):*  
Voruntersuchung vor dem Baubeginn  
Ziel: Charakterisierung der Naturausstattung im Bau- und Referenzgebiet insbesondere der Lebensgemeinschaften und ihrer jahreszeitlichen Dynamik
4. *Prognose der Umweltauswirkungen des Pilot-Windenergieparks:*  
Technisch-organisatorische Beschreibung des beantragten Windenergieparks, Auswertung der Beobachtungsdaten aus Phase 0 und Phase 1, Beurteilung möglicher Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung von negativen Auswirkungen auf die Umwelt, Gesamtbeurteilung zur Eignung des beantragten Standortes (Aufzeigen von Alternativen)
5. *Vor-Ort Untersuchungsprogramm Phase 2 (Bauphase des Pilot-Windenergieparks):*  
Erfassung der Auswirkungen der Bauphase auf die Meeresumwelt im Bau- und im Referenzgebiet
6. *Vor-Ort-Untersuchungsprogramm Phase 3 (Betriebsphase des Pilot-Windenergieparks):*  
Erfassung der Auswirkungen des Betriebes auf die Meeresumwelt im Bau- und im Referenzgebiet
7. *Studie zur Beurteilung der Auswirkungen des Pilot-Windenergieparks auf die Meeresumwelt:*  
Technisch-organisatorische Beschreibung des gebauten Pilot-Windenergieparks,  
Auswertung der Beobachtungsdaten aus den Untersuchungsphasen 0, 1, 2, 3,  
Beurteilung der Gesamtauswirkungen auf die Meeresumwelt,  
Vergleich und Beurteilung der Wirksamkeit eingeleiteter Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung nachteiliger Auswirkungen,  
Ableitung potentieller Auswirkungen des Endausbaus des Windenergieparks auf die Meeresumwelt basierend auf den Ergebnissen der Begleituntersuchungen,
8. *In Abhängigkeit der Ergebnisse aus dieser Studie:*  
Durchführung weiterer Untersuchungen und Abfassung einer Studie zu Auswirkungen weiterer Ausbaustufen

## **3. Grundlegende Voraussetzungen**

Um sowohl den Einfluss auf Zugvögel als auch auf die lokale Verteilung rastender und nahrungssuchender See- und Küstenvögel im (potenziellen) Baugebiet beurteilen zu können, ist eine Kombination sehr unterschiedlicher Untersuchungsmethoden erforderlich. Zunächst muss hinreichend bekannt sein, wann sich wo wie viele Vögel welcher Arten aufhalten und wie diese sich verhalten (Fluggewohnheiten, Störungsempfindlichkeit). Hierzu sind eine Auswertung vorhandener Daten, Kartierungen der Vogelbestände auf See (Linientranssektkartierungen von

Schiffen und Flugzeugen aus) sowie optische, akustische und radargestützte Erfassungen der Flugbewegungen erforderlich.

Für die jeweiligen Einzelstandorte sollen vorhandene Datenbanken (z.B. "European Seabirds at Sea Database" ESAS, "Deutsche Seabirds at Sea Database", küstennah auch Wasser- und Watvogelzählungen u.a.) bereits in der Referenzphase umfassend ausgewertet werden; sie müssen in den folgenden Phasen durch detaillierte lokale Untersuchungen für jedes Planungsgebiet ergänzt werden.

Um baubedingte Veränderungen von natürlichen Schwankungen unterscheiden zu können, ist immer ein Referenzgebiet mit zu untersuchen. Es muss bezüglich Lage, Strömungsverhältnissen, Wassertiefe, Entfernung zur Küste, Größe, Artenspektrum und Individuendichte dem Baugebiet vergleichbar sein. Alle hier empfohlenen Methoden beziehen sich ebenso wie der vorgeschlagene Zeitrahmen - sofern nicht anders vermerkt - auf das Bau- und das Referenzgebiet. Ebenso gelten sie für *alle* Phasen der Begleituntersuchungen nach der Referenzphase (Phase 0).

Die Ergebnisse/Erkenntnisse aller bisherigen Forschungsvorhaben, die internationale Fachliteratur und die in der jeweiligen lokalen Voruntersuchung gewonnenen Erkenntnisse müssen bei der weiteren konkreten Planung der Offshore-Windparks berücksichtigt werden (wie z.B. Richtung der WEA-Reihen, Größe von Passageflächen).

#### **4. Größe der Untersuchungsflächen für Bau- und Referenzgebiet**

Generell ist der Kenntnisstand über die Verbreitung von Vögeln auf See schon alleine aus logistischen Gründen deutlich schlechter als an Land. Hinzu kommt, dass es auf See keine festen Grenzen zwischen verschiedenen Lebensräumen gibt, wie wir sie von Land her kennen. Fronten zwischen verschiedenen Wasserkörpern, welche die Verteilung von Vögeln auf See entscheidend beeinflussen können, sind z.B. gezeiten- und windbedingt in ihrer Ausprägung und Lage hoch dynamisch (KRAUSE et al. 1986). Angesichts der entsprechend hohen Variabilität von Vogelmgemeinschaften auf dem Meer müssen daher die zu untersuchenden Flächen für Bau- und Referenzgebiet während aller Untersuchungsphasen jeweils mindestens 200 km<sup>2</sup> groß sein. Bei küstennahen Standorten (vor allem in der Ostsee) sind die oben genannten Mindestgrößen unter Umständen nicht praktikabel, sie müssen dann den standörtlichen Gegebenheiten angepasst werden. Abweichungen von den vorgegebenen Mindestgebietsgrößen sind zu begründen.

Langjährige, umfangreiche Untersuchungen zur Verbreitung von Seevögeln auf See (z.B. SKOV et al. 1995, STONE et al. 1995, SKOV et al. 2000) sowie ein Teil bisheriger Untersuchungen (z.B. DIEDERICHS et al. 2002) im Rahmen von WEA-Begleituntersuchungen zeigen deutlich, dass es sinnvoll ist, zusätzlich großräumige Untersuchungen im Umfeld der geplanten Standorte durchzuführen. Dafür bieten sich Linientranssektzählungen aus der Luft an.

Erfassungen von Flugbewegungen durch optische, akustische und radargestützte Methoden sollten stationär von Schiffen oder besser von Plattformen (möglichst im jeweiligen Zentrum von Bau- und Referenzgebiet) aus erfolgen. Normalerweise reicht ein Standort pro 200 km<sup>2</sup> aus, es sei denn, dass starke Gradienten der Flugintensität zu erwarten sind (z.B. küstennah). Während der Bau- und Betriebsphase sollten die Erfassungen von Flugbewegungen im Baugebiet randlich erfolgen, um mögliche Ausweichbewegungen fliegender Vögel zu erkennen. Der Standort soll sich während des Frühjahrszuges in der Nordsee an der Südwestecke des Baugebietes, während des Herbstzuges an dessen Nordostecke befinden. In der Ostsee sind entsprechend Standorte im Westen (Frühjahr) bzw. Osten (Herbst) vorzusehen.

#### **5. Zeitrahmen**

Voruntersuchungen müssen sich über mindestens zwei Jahre erstrecken (Referenzphase und Vorphase), gefolgt von Studien während der gesamten Bauphase. Für die Untersuchungen zu Reaktionen der Vögel beim Betrieb eines Windparks (Betriebsphase) sind mindestens drei Jahre, besser fünf Jahre erforderlich (vgl. Ablaufschema).

Die großen jahreszeitlichen und lokalen Unterschiede in den Zahlen anwesender Vögel (Überwinterer, Übersommerer und Durchzügler, nahrungssuchende Brutvögel der Küsten) sowie die artspezifisch unterschiedliche Bedeutung der Gebiete erfordern ein variables Beprobungsmuster. In Anlehnung an vorhandene Auswertungen (z.B. STONE et al. 1995) sollten Monate als zeitliche Basis für die Kartierungen ausreichen. Ein zeitlich dichteres Muster ist zwar wünschenswert, wird aber aus logistischen Gründen oftmals kaum realisierbar sein.

5.1 Linientransektuntersuchungen: Drei Erfassungstage pro Monat. In Jahreszeiten, in denen eine geringere Arten- und / oder Individuendichte zu erwarten ist (Bewertungsbasis vorab: Analyse der ESAS-Datenbank durch unabhängige Experten), genügen zwei Erfassungstage pro Monat. An einem Tag pro Monat sollten Flugzeugzählungen durchgeführt werden, an einem Tag Schiffszählungen, am dritten Tag sollten je nach Lage und Bedeutung des Gebietes entweder Schiffs- oder Flugzeugzählungen durchgeführt werden.

5.2 Radaruntersuchungen: Auch wenn der gesamte Jahreslauf durch Untersuchungen abzudecken ist, müssen sich die Untersuchungen schwerpunktmäßig auf die Hauptzugzeiten im Frühjahr und Herbst (März-Mai und Juli/August-November) sowie ggf. auf die aus den Transektuntersuchungen bekannten Zeiten hoher Dichten von Seevögeln im Untersuchungsgebiet konzentrieren. Mit verschiedenen Methoden (akustische und radargestützte Erfassung, Fangzahlen auf Helgoland) wurde übereinstimmend festgestellt, dass sich die Hälfte des gesamten Durchzugs auf nur 5 bis 10 % der Tage eines Jahres konzentriert (DIERSCHKE 1989, IfV unpubl. Daten). Daher ist bei den Zuguntersuchungen ein hoher Zeitaufwand unumgänglich: Zu den Hauptzugzeiten, die standortspezifisch variieren können, muss jeweils mindestens eine Woche pro Monat (7 Tage) mit je 24 Stunden pro Tag gemessen werden, in den übrigen Jahreszeiten an mindestens einem Tag pro Monat. Im Jahresverlauf sind minimal 50 Untersuchungstage abzudecken. Die Untersuchungstage sind möglichst zufällig über die einzelnen Monate zu verteilen, minimal sind sie in zwei Erfassungsblöcke pro Monat zu splitten. Wegen Seegangs (Schiffsbewegungen, Wellenreflexionen) werden Messungen mit dem Horizontalradar (s.u.) von Schiffen aus nicht immer möglich sein (maximal bis 2 oder 3 Bft). Daher muss ggf. vom vorgeschlagenen Zeitschema abgewichen werden. Die Erfassungen dürfen aber keinesfalls nur auf "Gutwettertage" beschränkt werden. Eine Abschätzung der Flugintensitäten und vor allem eine Erfassung der Flughöhen sowie grob auch der Richtungen ist mittels Vertikalradar auch bei stärkeren Winden möglich (bei einem 30 m-Schiff z.B. mindestens bis zu etwa 7 Bft. bzw. einer Wellenhöhe von 2 m).

5.3 Sichtbeobachtungen / Erfassung von Flugrufen: Während der Zeiten des Radarbetriebes sind tagsüber parallel Sichtbeobachtungen von Vogelflügen durchzuführen und nachts Flugrufe zu registrieren. Dies kann stichprobenartig, aber gleichmäßig über den Tag / die Nacht verteilt erfolgen. Minimal ist jeweils ein Block von 15 min pro Stunde abzudecken, besser zwei Blöcke à 15 min pro Stunde. Zwischen den Beobachtungsblöcken müssen Pausen von mindestens 15 min. liegen, um Ermüdung des Beobachters zu vermeiden. Bei küstennahen Standorten bzw. wenn eine Plattform zur Verfügung steht, sind zusätzlich „Seawatching“-Beobachtungen nach dem gleichen Zeitschema durchzuführen.

## **6. Erfassungsmethoden**

6.1 Linientransektbefassungen: Anhand von Transektuntersuchungen wird die großräumige Verteilung und die Dichte von Seevögeln in den Untersuchungsgebieten (jeweils im Bau- und Referenzgebiet) erfasst. Die Zählungen müssen von Schiffen und von Flugzeugen aus erfolgen. Schiffszählungen haben den großen Vorteil, dass aus nahezu allen Gebieten umfangreiche Referenzdaten vorliegen, welche die Einordnung der eigenen Ergebnisse erst ermöglichen. Weiterhin sind vom Schiff aus zugleich Sichtbeobachtungen ziehender Vögel möglich, ebenso eine Bestimmung auf Artniveau auch für schwierige Artengruppen wie Seetaucher, Lappentaucher, Möwen, Seeschwalben und Alken (z.B. WEBB & DURINCK 1992, PIHL & FRIKKE 1992; GARTHE et al. 2002, DIEDERICHS et al. 2002). Vorteile von Flugzeugzählungen sind: a) es können sehr große Bereiche in relativ kurzer Zeit bearbeitet werden, b) es werden auch Arten erfasst, die wegen ihrer Störungsempfindlichkeit vom Schiff aus nur mit spezieller Methodik (s.u.) erkannt werden (z.B. Seetaucher, manche Meeresenten). Die Nachteile dieser Methode sind vor allem Bestimmungsprobleme bei einigen Artengruppen sowie die Gefahr, seltener Arten in der Masse zu übersehen, sowie eine noch stärkere Abhängigkeit von ruhigen Wetterlagen (z.B. PIHL & FRIKKE 1992, DIEDERICHS et al. 2002).

6.1.1 Schiffszählungen sind nach standardisierten Methoden des ESAS-Projektes durchzuführen. Die klassische Methodenbeschreibung lieferte TASKER et al. (1984). Sie wurde durch WEBB & DURINCK (1992) fortgeschrieben. Die aktuellste und detaillierteste Erläuterung liefern GARTHE et al. (2002). Letztere Publikation ist vor Aufnahme von Feldstudien unbedingt zu konsultieren und kann hier nur in Kürze wiedergegeben werden. Es wird ein seegängiges Schiff mit einer Geschwindigkeit von 7 bis 18 Knoten (kn) eingesetzt, das eine Augenhöhe des Beobachters von mindestens 5 m (besser 7 m) über dem Wasserspiegel gewährleistet. Je nach Größe des Schiffes und den Seegangsbedingungen (Gischt, zu viel Schaumkronen, zu starke Schiffsbewegungen) sind Kartierungen bei Windstärken über 5 Bft (bzw. über „Seastate“ 4, Definition bei GARTHE et al. 2002) abzubrechen. Bei stärkeren Winden sind nur noch Arten wie Basstölpel, Eissturmvogel oder Dreizehenmöwe verlässlich kartierbar.

Die Erfassungen erstrecken sich jeweils über die gesamte Hellphase eines Tages. Vom Peildeck bzw. von der Nock werden von einem, besser zwei Beobachtern alle auf einem grundsätzlich 300 m breiten Transekt, der links oder rechts der Kiellinie des Schiffes liegt, anwesenden Vögel in 10- oder 1- Minuten-Intervallen (bei Geschwindigkeiten über 12 kn in 5 statt in 10 Minuten-Intervallen) erfasst. Vögel außerhalb des Transekts sollen auch notiert werden, gehen aber nicht in Dichteberechnungen ein. Daher muss der Schwerpunkt unbedingt auf Vögel im Transekt gelegt werden. Da aus den erfassten Daten Vogeldichten berechnet werden sollen, ist auf eine strikte Einhaltung der von TASKER et al (1984) und GARTHE et al. (2002) vorgestellten Schnappschusstechnik für fliegende Vögel zu achten. Bei Zählungen, die beide Seiten eines Schiffes abdecken, ist dabei eine sekundengenaue Übereinstimmung der Uhrzeiten beider Zählteams und mit der Zeit des GPS-Gerätes (s.u.) unerlässlich, um Doppelzählungen von Vögeln „im Transekt“ zu verhindern. Sinnvoll ist ein Schnappschuss zu jeder vollen Minute. Bei einer Geschwindigkeit von 10 kn legt ein Schiff pro Minute fast genau 300 m zurück. Diese Schiffsgeschwindigkeit ist für die Schnappschusstechnik ideal, da die Vögel jeweils in einer quadratischen Fläche mit 300 m Kantlänge zu zählen sind. Bei 16 kn sind bei minütlichem Schnappschuss hingegen nach vorne schon fast 500 m zu überblicken, womit die Gefahr wächst, kleinere Vögel (Seeschwalben!) zu übersehen. Bei schwimmenden Vögeln ist außerdem unbedingt die Entfernung senkrecht zur Kiellinie des Schiffes zu notieren (Tab. 3.1 in WEBB & DURINCK 1992). Sie wird unter Umständen zur Dichtekorrektur erforderlich (s. u.). Flughöhen sollten – wenn irgend möglich – ebenfalls geschätzt und notiert werden (s. 6.3).

Zur Erfassung von Seetauchern, Lappentauchern und Meeresenten ist die herkömmlich verwendete Methode nach TASKER et al. (1984) nicht ausreichend. Beide Artengruppen zeichnen sich dadurch aus, dass sie aufgrund der Störung durch das fahrende Schiff mitunter sehr weit (> 1 km) vor dem Schiff auffliegen und daher mit bloßem Auge oftmals übersehen werden. In Gebieten mit bekannten Lappentaucher-, Seetaucher- und Meeresenten-Vorkommen ist es daher unerlässlich, regelmäßig (zweimal pro Minute), in vielen Fällen auch kontinuierlich, mit dem Fernglas nach vorne suchend Beobachtungen vorzunehmen. Dieses kann aber nur von einer *weiteren* Person geleistet werden, da sonst andere Vogelarten, vor allem häufig fliegende, übersehen werden (GARTHE et al. 2002). In solchen Gebieten sind daher zwei, besser drei Beobachter je Schiffseite nötig; bei gleichzeitigen Zählungen auf der Backbord- und Steuerbordseite also zusammen mindestens vier, besser sechs Beobachter. Mit zunehmendem Abstand zum Beobachter steigt natürlich der Fehler bei Entfernungsschätzungen. Man sollte aber zumindest versuchen, möglichst mit dem Fernglas alle aus dem 300 m breiten Transekt auffliegenden Vögel zu erfassen und diese als „im Transekt“ zu notieren, damit sie als Basis für die Dichteberechnungen dienen können. Die oben geforderte Abstandsschätzung senkrecht zur Kiellinie ist bei den großen Entfernungen voraus natürlich kaum praktikabel.

Mit dem Fernglas sollten regelmäßig auch die Streifen zwischen den Transekten abgesucht werden, damit z.B. sehr lokale Konzentrationen benthosfressender Enten über kleineren Muschelbänken nicht übersehen werden (vor allem Ostsee!). Solche Schwärme sind gesondert zu notieren. Zu weiteren Details s. GARTHE et al. (2002).

Die Position des Schiffes soll automatisch per GPS-Gerät mit Speicherfunktion in minütlichem Abstand registriert werden. Alle Zeitangaben erfolgen aus Gründen der internationalen Vergleichbarkeit in UTC (Universal Time Code = Greenwich Mean Time).

Die Transekte sollen mindestens 10 % des zu untersuchenden Gebietes abdecken. Das entspricht bei der vorgeschriebenen Transektbreite von 300 m einem Abstand der einzelnen Transekte von 3 km. Bei kleinen Untersuchungsgebieten kann ein geringerer Abstand gewählt werden, er darf jedoch 1,5 km nicht unterschreiten. Ansonsten besteht die Gefahr von Zählartefakten bei störungsempfindlichen Arten. Ein 200 km<sup>2</sup> großes Untersuchungsgebiet ist somit bei einer Schiffsgeschwindigkeit von 10 kn in knapp 5 Stunden zu erfassen. Somit sind Bau- und Referenzgebiet normalerweise an einem Tag abzudecken, wobei die tageszeitliche Reihenfolge der Kartierungen alternieren sollte.

*6.1.2 Flugzeugzählungen* basieren im Prinzip auf der gleichen methodischen Grundlage wie Schiffszählungen, nämlich der Erfassung von Seevögeln auf Transekten. Bis vor kurzem waren sie kaum standardisiert; sie werden in Deutschland zudem erst seit ca. zwei Jahren für Linientransektzählungen eingesetzt. Nach der "klassischen" Methodenbeschreibung von PIHL & FRIKKE (1992) wurde kürzlich eine aktuelle Erläuterung von DIEDERICHS et al. (2002) geliefert; diese sollte unbedingt als Grundlage für Umweltverträglichkeitsstudien im Offshorebereich verwendet werden. Die Flughöhe beträgt idealerweise 78 m (250 ft), die Fluggeschwindigkeit 180 km/h. Aus Sicherheitsgründen sollten nur zweimotorige Maschinen verwendet werden. Die Flugzeuge müssen hochflügelig sein, damit die Erfassung nach unten auf Transektbändern ungehindert möglich ist. Ideal sind sog. Bubble-Windows, also nach außen gewölbte Scheiben.

Entscheidend für eine gute Erfassung ist eine ruhige Wasseroberfläche. Daher sollte nur bis zu einer maximalen Windgeschwindigkeit von 10 kn (= 5 m/s) gezählt werden. Der Seegang sollte nicht mehr als 2 betragen, die Sicht mindestens 5 km (DIEDERICHS et al. 2002). Je ein Zähler pro Flugzeugseite ist Voraussetzung, ein dritter

Zähler zum Abgleich der Erfassungen zwischen 2 Personen auf einer Seite des Flugzeugs sinnvoll. Jede Beobachtung wird mit Art (bzw. Artengruppe), Anzahl, Verhalten (fliegend oder schwimmend), Transektband und Zeit (auf eine Sekunde genau) notiert. Die Transektbänder werden mit Hilfe von Winkelmessern eingemessen (Abb. 1 in DIEDERICHS et al. 2002).

Die Position des Flugzeuges sollte wie bei den Schiffszählungen automatisch per GPS-Gerät mit Speicherfunktion registriert werden. Idealerweise sollten Beobachtungen mit einer Genauigkeit von 3-4 sec angegeben werden, maximal jedoch mit 10 sec (Zeitraum für das Zusammenfassen von Vogelangaben in Bereichen mit hoher Dichte); dieses entspricht bei einer Fluggeschwindigkeit von 180 km/h etwa 500 Metern. Alle Zeitangaben erfolgen aus Gründen der Vergleichbarkeit wiederum in UTC.

6.2 Radaruntersuchungen: Vogelzugbewegungen wie auch Flüge nahrungssuchender Vögel, Flüge zwischen Nahrungs- und Rastgebieten etc. können anhand kontinuierlicher Radarbeobachtungen registriert und quantifiziert werden. Dabei sollen nicht nur Vögel im „Gefahrenbereich“ der WEA untersucht werden. Vielmehr soll die Verteilung der Vögel über das gesamte Höhenspektrum quantifiziert werden, um die möglichen Auswirkungen einer WEA auf das gesamte Fluggeschehen in einem Gebiet beurteilen zu können.

Notwendig ist sowohl der Einsatz eines Überwachungsradars (mit horizontal drehender Antenne) zur Feststellung der Flugrichtungen und eventueller Ausweichbewegungen während der Bau- und Betriebsphase als auch die Benutzung eines Höhenradars zur Analyse der Flugintensitäten in verschiedenen Flughöhen (mit vertikal drehender Antenne, Abb. 1, COOPER et al. 1991, HARMATA et al. 1999). Ein Überwachungsradar erlaubt keine verlässliche Erfassung der Flughöhen und der Intensitäten. Unmittelbar über der Wasseroberfläche fliegende Vögel sind nur bei extrem ruhiger See radarmäßig erfassbar. Die Zahl der unter etwa 50 m fliegenden Vögel wird folglich unterschätzt. Hier sollte zumindest eine grobe Abschätzung des übersehenen Anteils durch zeitgleiche Sicht- und Radarbeobachtung vorgenommen werden.

Beim Einsatz der Radargeräte sind standortspezifische Entscheidungen zu fällen. Da ein Überwachungsradar-Einsatz auf Schiffen nur bei geringen Windstärken möglich ist (s.o.), sind vorzugsweise Messungen von unbeweglichen Standorten aus durchzuführen. In küstennahen Bereichen bieten sich Inseln, Küstenlinien oder ggf. Leuchttürme an, während in küstenfernen Bereichen möglichst auf Plattformen zurückgegriffen werden sollte. Bei festen Standorten kann evtl. eine Ausblendung der Wellenreflexionen sinnvoll sein, z.B. durch ein Aluminiumblech (COOPER et al. 1991). Ist eine Anbringung auf einem Schiff unumgänglich, was zumindest während der Vorphase meistens der Fall sein dürfte, sollte das Horizontalradar möglichst dicht über der Wasseroberfläche angebracht werden, das Vertikalradar so, dass die Drehebene parallel zum Kiel ausgerichtet ist (Abb. 1, Personenschutz beachten). Dadurch werden Fehler bei der Höhenmessung minimiert. Oft wird der Einwand vorgebracht, dass aussagekräftige Höhenmessungen von schaukelnden Schiffen nicht möglich sind. Dem ist nicht so: Bei einem 30 m langen Schiff verändert sich die Neigung der Längsachse bei 2 m hohen Wellen um maximal etwa 5° bei einer Radarumdrehung. Bei einem Vogel in 1000 m Entfernung (projiziert auf die Wasseroberfläche) ist der theoretische Messfehler der Höhe des Vogels somit maximal  $1000 \text{ m} \cdot \tan(5^\circ) = \text{ca. } 90 \text{ m}$ . In der Praxis sind bei den für die Fragestellung besonders relevanten niedrigen Flughöhen die Fehler natürlich geringer, wenn die Höhe immer von der auf dem Radarschirm deutlich sichtbaren Wasseroberfläche gemessen wird (s. u.): Bei 24 Umdrehungen pro Minute (entsprechend 1 Umdrehung pro 2,5 s) benötigt der Radarstrahl z.B. nur 0,08 s, um von einem in 1000 m Entfernung und 200 m Höhe fliegenden Objekt die Wasseroberfläche zu erreichen. Diese Zeit ist kurz genug, um verlässliche Messungen der Flughöhe zu erlangen.

Die verwendeten Radargeräte müssen eine Leistung (nominal peak power output) von mindestens 10 kW für Höhenradar und 25 kW für horizontales Radar haben. Bewährt haben sich Antennen mit einem (im normalen Betrieb) vertikalen Öffnungswinkel von 20 bis 25°, einem horizontalen Öffnungswinkel von 0,9 bis 1,2° und einer Sendefrequenz von etwa 9,4 GHz (X-Band-Radar). Der Standard-Arbeitsbereich (range) soll immer 3 nm für das Horizontalradar und 1,5 nm für das Vertikalradar sein. Nur für gezielte Beobachtungen (Ausweichbewegungen) darf hiervon abgewichen werden.

Größte Sorgfalt ist auf die Wahl der Radareinstellungen zu legen. Die Verstärkung muss so eingestellt werden, dass das Grundrauschen (= blaue Scheinechos) gerade verschwindet (Beispiele und genaue Anleitung unter [www.vogelwarte-helgoland.de/offshore.htm](http://www.vogelwarte-helgoland.de/offshore.htm)). Mittels der Sensitivity Time Control (STC, vgl. Handbücher) ist außerdem dafür zu sorgen, dass eine gleichmäßige Abbildung der Zielobjekte über den gesamten Bildschirm erfolgt. Mit der werksseitigen Einstellung unterdrücken die meisten Radargeräte schwache Echos im Nahbereich. Die STC lässt sich optimal einregeln, wenn man die Verstärkung soweit erhöht, dass die erwähnten blauen Punkte in guter Zahl erscheinen. Auch Regenwolken sind für die Einstellung der STC hilfreich. Auf Regen- und Seegangunterdrückung, FTC und andere die Entdeckbarkeit von Vögeln beeinflussende Einstellungen soll ganz verzichtet werden, auch wenn diese zunächst in bestimmten Situationen nützlich erscheinen. Extrem wichtig ist, dass die einmal gewählten Einstellungen insbesondere von Verstärkung und STC

beibehalten werden, da die Ergebnisse sonst nicht vergleichbar sind. Mit Veränderungen dieser beiden Einstellungen lässt sich bequem jeder Vogelzug „unterdrücken“! Die Einstellungen sind zusammen mit den Daten detailliert zu dokumentieren. Auf jeden Fall ist auch eine Distanzkorrektur bei den erhobenen Daten vorzunehmen (s. Anhang).

Während der Bau- und Betriebsphase ist besonders auf Reaktionen fliegender Vögel gegenüber den Anlagen zu achten (Änderungen von Flugrichtung / -höhe?). Hierzu ist eine repräsentative Stichprobe ( $n > 50$ ) an Daten zu speichern.

Im Routinebetrieb soll alle 5 min eine Hardcopy des Bildschirms angefertigt bzw. das Bild als Grafikdatei gespeichert werden, um eine spätere Auswertung von Flugrichtungen und -höhen zu gewährleisten (Abb. 2). Hierfür gibt es inzwischen verschiedene automatisierte Lösungen, von der einfachen Fotografie über aufwendige Computer-Interfaces bis hin zur preisgünstigen Lösung per Webcam und Notebook, die sich bei uns sehr bewährt hat. Eine Darstellung von Zugspuren zur Ermittlung der Zugrichtungen ist durch fotografische oder softwaremäßige Integration über mehrere Antennendrehungen oder einfacher (und preiswerter) mittels der am Radargerät vorhandenen Zielspur-Funktion (Wakes, Echo trail) möglich. In digitaler Form vorliegende Bilder von Radaraufzeichnungen können leicht über ein für das Grafik-Programm UTHSCSA ImageTool (<http://ddsdx.uthscsa.edu/>) und ein von uns unter [www.vogelwarte-helgoland.de/offshore.htm](http://www.vogelwarte-helgoland.de/offshore.htm) dafür zur Verfügung gestelltes Skript ausgewertet werden. Die Eingabe von Bezugspunkten bei jedem einzelnen Bild erlaubt auch die Auswertung von Aufnahmen, die bei bewegter See angefertigt wurden. Alle Zeitangaben erfolgen aus Gründen der Vergleichbarkeit wiederum in UTC.

6.3 Sichtbeobachtungen / Erfassung von Flugrufen: Radarmessungen erlauben keine Bestimmung der Arten. Deshalb müssen bei Tageslicht die jeweiligen Artenspektren durch parallele Sichtbeobachtungen ermittelt werden. In Anlehnung an das „Seawatching“ (s.u.) sind alle Vögel in einem definierten Sichtfenster, das den Bereich vom Horizont bis zu einer Winkelhöhe von  $45^\circ$  abdeckt, bis zu einer Entfernung von 1,5 km aufzunehmen, um einen definierten Raumbezug zu bekommen. Hierfür soll ein Fernglas 10 x 40 mm (oder mit größerer Öffnung) verwendet werden. Die Flughöhen können anhand der Decks- / Masthöhe des eigenen Schiffes bzw. während der Bau- und Betriebsphase anhand der WEA-Maße geschätzt werden. Eine Einteilung in folgende Höhenklassen hat sich bei noch laufenden Untersuchungen als praktikabel erwiesen: 0 bis 5 m, 5 bis 10 m, 10 bis 20 m, 20 bis 50 m, 50 bis 100 m, 100 bis 200 m, über 200 m. Entfernungsschätzungen sind zu üben, indem Distanzen zu Objekten wie Tonnen oder (kleinen) Booten mit dem Radargerät ausgemessen werden. Alternativ kann ein (Schnittbild-)Entfernungsmesser verwendet werden. Zu notieren sind für jede einzelne Beobachtung: Datum, Uhrzeit (UTC), Art, Anzahl, sofern möglich Alter und Geschlecht, Flughöhe und –richtung (Kompass!). Auch unbestimmte Vögel müssen notiert werden (z.B. als „Pieper spec.“ oder „graue Gänse“).

Analog zu den Radarbeobachtungen sind tagsüber Beobachtungen an Vögeln anzustellen, die auf die Anlage zufliegen (Bau- und Betriebsphase). Flugwege und –höhen (insbesondere deren Änderungen) sind an einer repräsentativen Stichprobe ( $n > 100$ ) kartografisch (evtl. mit Radarunterstützung) zu erfassen.

Während der Nacht müssen Zugrufe erfasst werden, um einen Überblick über das nächtliche Artenspektrum zu bekommen. In manchen Fällen hat es sich bewährt, dass zwischen dem Beobachter am Radargerät und dem Beobachter, der sich optischer bzw. akustischer Erfassung widmet, Sprechkontakt besteht. Wichtiger ist aber, dass beide Untersuchungsmethoden gleichzeitig laufen, was bei automatischer Registrierung der Radarbilder leicht realisierbar ist.

6.4 Seawatching: Von Küstenlinien oder von Plattformen aus sind darüber hinaus systematische Beobachtungen der Vogelbewegungen über offener See durchzuführen („Seawatching“). Die Methodik erfolgt in Anlehnung an CAMPHUYSEN & van DIJK (1983), DIERSCHKE (1991) und KRÜGER & GARTHE (2002). Um einen definierten Raumbezug zu bekommen, werden mit einem Spektiv alle Vögel registriert, die in einem Sichtfenster bis in eine Entfernung von 5 km vorbeiziehen (vorgegeben durch die Vergrößerung und den Sichtwinkel des Spektivs, zu verwenden ist ein Weitwinkel-Spektiv mit 30x Vergrößerung und mindestens 80 mm Öffnung). Zu notieren sind für jede einzelne Beobachtung: Datum, Uhrzeit (UTC), Art, Anzahl, sofern möglich Alter und Geschlecht, Flughöhe und –richtung (vgl. 6.3). Die Zahl der Höhenklassen kann reduziert werden, wenn entsprechende Vergleichsobjekte fehlen (z.B. KRÜGER & GARTHE 2001). Zumindest eine grobe Einteilung (0-5 m, 5-10 m, 10-50 m, > 50 m) ist aber notwendig. Auch unbestimmte Vögel müssen notiert werden. Wegen der Schwankungen auf Schiffen ist der Einsatz von Spektiven, und damit das Durchführen von „Seawatching“ i.e.S., nicht möglich.

6.5 Dokumentation: Eine fotografische Dokumentation der Beobachterstandorte auf den benutzten Schiffen / Plattformen ist erwünscht. Gleiches gilt für die Standorte der Radargeräte. Bei Problemen z.B. hinsichtlich Artbestimmung oder Schwarmgrößen können Fotos ebenfalls hilfreich sein.



Neben den hier vorgestellten Methoden zur Erfassung von Flugintensität, -höhe und -richtung gibt es *verschiedene Alternativen*, die aber weit kostspieliger als die hier vorgeschlagene Radartechnik sind (Wärmebildkameras: > 40.000 Euro, Flugüberwachungsradar mit Höhenabstufung: mehrere Mio. Euro) bzw. in noch stärkerem Maße von gutem Wetter abhängen (Mondbeobachtung, „Ceilometer“) und somit für die hier geforderten Vergleichsuntersuchungen auch bei schlechtem Wetter ausscheiden.

Eine Zusammenfassung der vorgeschlagenen Untersuchungsprogramme gibt Tab. 2.

## **7. Auswertung und Darstellung der Daten**

Die Originaldatensätze aus den Schiffs-, Flugzeug- und Radarzählungen sollen in einer standardisierten Form erstellt werden, die zur ESAS-Datenbank (vgl. Formulare in GARTHE et al. 2002) bzw. zu einer noch zu erstellenden „Zugdatenbank“ kompatibel ist.

Jeweils für die Untersuchungsflächen des Bau- und des Referenzgebietes sind zudem anzufertigen:

### 7.1 Linientransekterfassungen

- Karten mit den nach den GPS-Aufzeichnungen tatsächlich abgefahrenen / abgeflogenen Transekten.
- Liste der beobachteten Vogelarten nach Monaten getrennt.
- Für die häufigeren Arten: Mittlere Dichten pro km<sup>2</sup> bzw. Zahl der Individuen pro kartierter Strecke nach Monaten aufgeschlüsselt (mit Angaben des Wertebereichs und der Zahl der Kartierungsfahrten und -flüge). Für schwimmende Vögel ist bei den Dichteberechnungen eine Korrektur nach BUCKLAND et al. (2001) sinnvoll. Sie berücksichtigt die Tatsache, dass weiter vom Schiff oder Flugzeug entfernte Vögel eher übersehen werden als Vögel, die dichter am Schiff oder Flugzeug schwimmen. Die Faktoren können aus STONE et al. (1995: Tab. 3.5) übernommen (Quelle gilt nur für Schiffszählungen) und müssen in jedem Fall nachvollziehbar dokumentiert werden.
- Kartografische Darstellung der Dichten (Berechnung s.o.) bzw. Individuen pro kartiertem km (bei selteneren Arten) nach Jahreszeiten bzw. nach Monaten getrennt für die häufigsten Arten. Geografischer Bezug für alle Berechnungen sind Rechtecke mit Kantenlängen von 3' in der Breite und 6' in der Länge. Bei 54° N entspricht dies einer Fläche von 36,3 km<sup>2</sup>. Die Rechtecke sollen so gewählt werden, dass sie sich an ein Gradnetz „anlehnen“. Feinere Darstellungen sind nicht sinnvoll, sondern geben nur Momentaufnahmen wieder.
- Vergleich der eigenen Untersuchungen mit vorhandenen Daten (ESAS, aktuelle Forschungsprojekte, Publikationen).
- Detaillierte Betrachtung möglicher Unterschiede zwischen den von Schiffs- und Flugzeugzählungen abgeleiteten Ergebnissen. Die Vor- und Nachteile der beiden Methoden sollten bei der Auswertung berücksichtigt werden.
- Nur an einzelnen Tagen in den Untersuchungsflächen registrierte hohe Vogelkonzentrationen dürfen nicht als "Einzelereignisse" unberücksichtigt bleiben. Derartige Aussagen sind sowohl aufgrund des relativ geringen Erfassungsaufwandes als auch vor dem Hintergrund einer hohen Dynamik von Seevogelbeständen falsch.
- Auch bei Arten, die im Feld oftmals schwer auseinanderzuhalten sind (z.B. Stern- und Prachtaucher), gilt, dass die unbestimmten Individuen in die Auswertung mit einzubeziehen sind. In solchen Fällen bietet es sich an, z.B. von Seetaucher-Dichten zu sprechen und dazu dann den jeweiligen artbestimmten Anteil anzugeben.

### 7.2 Flugbeobachtungen

- Genaue Beschreibung der optischen Ausrüstung und der verwendeten Radargeräte, einschließlich der an diesen verwendeten Einstellungen.
- Liste der beobachteten Vogelarten nach Tag und Nacht sowie nach Monaten getrennt.
- Alle quantitativen Angaben, die auf Radaraufzeichnungen beruhen, müssen distanzkorrigiert werden (vgl. Anhang). Die dafür verwendete Methode ist nachvollziehbar zu beschreiben.
- Darstellung der mittleren relativen Flugintensitäten (jeweils mit Wertebereich und Stichprobengröße) für jede Beobachtungsnacht und für jeden Beobachtungstag in Tabellenform (mit Angabe der ermittelten Hauptarten). Darstellung der mittleren relativen Flugintensität im Tagesverlauf (nach Monaten zusammengefasst, jeweils mit Wertebereich und Stichprobengröße).
- Darstellung der relativen Flughöhenverteilung (für Radar in Schritten von 50 bis 100 m, bzw. bei Sichtbeobachtungen in den oben vorgegebenen Höhenstufen) für jede Beobachtungsnacht und für jeden

Beobachtungstag in Tabellenform oder in Grafiken und für Monate gemittelt (wiederum ebenfalls tageszeitliche Verteilung).

- Darstellung der relativen Flugrichtungsverteilung für jede Beobachtungsnacht und für jeden Beobachtungstag in Tabellenform oder in Grafiken und für Monate gemittelt (wiederum ebenfalls tageszeitliche Verteilung).
- Entsprechende Aufbereitung der „Seawatching“-Beobachtungen getrennt für die häufigsten Arten / Artengruppen.
- Für die Bau- und Betriebsphase: Exemplarische Darstellung der Flugbewegungen von Vögeln, die auf die Anlage zufliegen sowie tabellarische Zusammenstellung aller beobachteten Reaktionen bzw. „Nichtreaktionen“, vor allem der Änderungen von Flugrichtungen und -höhen.
- Vergleich der eigenen Untersuchungen mit vorhandenen Daten aus der Literatur, aus Projektberichten und ggf. Datenbanken. Diskussion der Ergebnisse.

## **8. Qualifikation der Untersucher und Qualitätssicherung der Untersuchungen**

Im Bereich von Langzeituntersuchungen und Aufgaben zum Monitoring wird zunehmend die Qualitätssicherung bei der Datenerhebung, bei der Probenanalyse und bei der Auswertung der Daten bewertet (PROJEKTGRUPPE OFFSHOREWEA 2001). Zur Qualitätssicherung der Ergebnisse ist sicherzustellen, dass die beteiligten Institutionen über entsprechende Erfahrungen verfügen und eine kontinuierliche Bearbeitung der Aufgaben sicherstellen können. Die Mitarbeiter bzw. Bearbeiter sollen eine ausreichend hohe Qualifikation vorweisen können und über belegbare Erfahrungen in den Teildisziplinen verfügen. Im Detail wird folgendes vorausgesetzt:

- Linientransektuntersuchungen vom Schiff: Alle Beobachter benötigen sehr gute Artenkenntnisse (See-, Küsten- und Landvögel) sowie eine persönliche Einführung auf See durch erfahrene Mitarbeiter des ESAS-Projektes, um die Anwendung standardisierter Bedingungen und somit die Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten. Auch bei den etablierten Teams sind Interkalibrationsfahrten unumgänglich (GARTHE et al. 2002). Eine entsprechende Schulung / Fachkunde der Beobachter ist nachzuweisen. Derzeit wird von ESAS eine Liste von Personen zusammengestellt, die aufgrund ihrer Erfahrung als offizielle ESAS-Trainer eingestuft werden.
- Linientransektuntersuchungen vom Flugzeug: Voraussetzungen für die einzusetzenden Zähler sind eine sehr gute Artenkenntnis (die Artbestimmung muss viel schneller als vom Schiff aus erfolgen!) und die persönliche Einarbeitung durch erfahrene „Flugzeugzähler“. Eine entsprechende Schulung / Fachkunde der Beobachter ist nachzuweisen.
- Sichtbeobachtung / Erfassung von Flugrufen: Voraussetzungen für die einzusetzenden Zähler sind eine sehr gute Artenkenntnis (einschließlich der Flugrufe) und die persönliche Einarbeitung durch erfahrene „Seawatcher“. Eine entsprechende Schulung / Fachkunde der Beobachter ist nachzuweisen.
- Radarbeobachtungen: Alle Mitarbeiter müssen in die Technik und in die Optimierung der Einstellungen der Radargeräte von einem erfahrenen Radarbeobachter eingewiesen worden sein.

Die Namen der beteiligten Personen müssen für die jeweilige Einzel-Untersuchung dokumentiert werden, so dass nachvollziehbar ist, wann wer welche Daten erhoben hat (Datum der Untersuchung, vor Ort beteiligte Beobachter, vor Ort verantwortlicher Leiter der Untersuchung). Die Originalprotokolle und die Radaraufzeichnungen sind mindestens 10 Jahre lang auf sicheren Datenträgern aufzubewahren.

## **Dank**

Für zahlreiche Anregungen, Diskussionen und Informationen danken wir Franz Bairlein, Bruno Bruderer, Luit S. Buurma, Ansgar Diederichs, Jochen Dierschke, Volker Dierschke, Sjoerd Dirksen, Jens Heuers, Joachim Hoffmann, Christiane Ketzenberg, Thorsten Krüger, Felix Liechti, Thomas Merck, Rainer Knust, Georg Nehls, Werner Piper, Wilhelm Ruhe, Karsten Runge, Albrecht Tiedemann, Dieter Todeskino, Jan van der Winden, Tanja Weichler, Helmut Wendeln und anderen.

## **Zusammenfassung**

Die Errichtung der in großem Umfang geplanten Offshore-Windenergieanlagen kann in Europa zum größten Eingriff in marine Lebensräume werden. Für rund ein Viertel der Fläche der Ausschließlichen Wirtschaftszone der Bundesrepublik Deutschland liegen Anträge vor. Verschiedene internationale Abkommen sowie nationale Gesetze und Verordnungen machen umfassende ökologische Begleitforschungen erforderlich. Standardisierte

Methoden zur Erfassung der Verbreitung und von Flugbewegungen über See, vorzugsweise für den Einsatz in Umweltverträglichkeitsstudien, werden vorgeschlagen. Dabei finden visuelle, akustische und radargestützte Beobachtungen Anwendung.

## 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.
- BAIRLEIN, F. & W. WINKEL (2001): Birds and climate change. In: LOZÁN, J.L., H. GRABL & P. HUPFER (Hrsg.): Climate of the 21st Century: Changes and risks. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg: 278-282.
- BfN (2000): Empfehlungen des Bundesamtes für Naturschutz zu naturschutzverträglichen Windkraftanlagen. Bundesamt für Naturschutz; Bonn.
- BMU (2002): Fachtagung Umwelt und erneuerbare Energien – Aktuelle Schwerpunkte des BMU zu Forschung und Entwicklung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Berlin ([www.bmu.de/erneuerbare-energien](http://www.bmu.de/erneuerbare-energien))
- BOYE, P. & O. HÜPPOP (2001): Vogelschutz im Offshore-Bereich der Deutschen Bucht. In: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Tagungsbd. "Offshore-Windenergienutzung und Umweltschutz", Berlin, 14./15. Juni 2001: IV-13 - IV-18. ([www.vogelwarte-helgoland.de/boye-hue.pdf](http://www.vogelwarte-helgoland.de/boye-hue.pdf))
- BRUDERER, B. (1997a): The study of bird migration by radar. Part 1: The technical basis. - *Naturwissenschaften* 84: 1 - 8.
- BRUDERER, B. (1997b): The study of bird migration by radar. Part 2: Major achievements. *Naturwissenschaften* 84: 45 - 54.
- BUCKLAND, S.T., ANDERSON, D.R., BURNHAM, K.P., LAAKE, J.L., BORCHERS, D.L., THOMAS, L. (2001): Introduction to distance sampling. Estimating abundance of biological populations. Oxford University Press, Oxford: 432 S.
- CAMPHUYSEN, C.J. & J. VAN DIJK (1983) Zee- en kustvogels langs de Nederlandse Kust. *Limosa* 56: 81-230.
- 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.
- DAHLKE, C. (2002): Genehmigungsverfahren von Offshore-Windenergieanlagen nach der Seeanlagenverordnung. *Natur und Recht* 8: 472 - 479.
- DIEDERICHS, 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.
- DIERSCHKE, V. (1989): Automatisch-akustische Erfassung des nächtlichen Vogelzuges bei Helgoland im Sommer 1987. *Vogelwarte* 35: 115-131.
- DIERSCHKE, V. (1991) Seawatching auf Helgoland. *Ornithol. Jahresber. Helgoland* 1: 49 - 53.
- EASTWOOD, E. (1967): Radar ornithology. Methuen, London: 278 S.
- EHRICH, S., J. HOFFMANN, R. KAFEMANN, W. PIPER, K. RUNGE, F. THOMSEN & G.-P. ZAUKE, G.-P. (2001): „Untersuchungs- und Monitoringkonzept zur Abschätzung der Auswirkungen von Offshore-Windparks auf die marine Umwelt, Entwurf Stand 1.5.2001.
- EXO, K.M., O. HÜPPOP & S. GARTHE (2002): Offshore-Windenergieanlagen und Vogelschutz. *Seevögel* 23: im Druck.
- GARTHE, S., O. HÜPPOP & T. WEICHLER (2002): Anleitung zur Erfassung von Seevögeln auf See von Schiffen. *Seevögel* 23: 47 - 55.
- HARMATA, A.R., K.M. PODRUZNY, J.R. ZELENAK & M.L. MORRISON (1999): Using marine surveillance radar to study bird movements and impact assessment. *Wildlife Soc. Bull.* 27: S. 44-52.
- HEATH, M.F. & M.I. EVANS (2000): Important Bird Areas in Europe: Priority sites for conservation. Vol. 1: Northern Europe. BirdLife International (BirdLife Conserv. Ser. 8), Cambridge, U.K.
- HÜPPOP, O. & K. HÜPPOP (im Druck): North Atlantic Oscillation and timing of spring migration in birds. *Proc. R. Soc. Lond. B*
- KRAUSE, G., G. BUDEUS, D. GERDES, K. SCHAUMANN & K. HESSE (1986): Frontal systems in the German Bight and their physical and biological effects. In: Nihoul, J.C.J. (Hrsg.): Marine interfaces ecohydrodynamics. Elsevier, Amsterdam: 119-140.
- KRÜGER, T. & S. GARTHE (2001): Flight altitude of coastal birds in relation to wind direction and speed. *Atlantic Seabirds* 3: 203-216.
- KRÜGER, T. & S. GARTHE (2002): Vorkommen ausgewählter See- und Küstenvögel vor Wangerooge: Der Einfluss von Windrichtung und -stärke. *J. Ornithol.* 143: 155-170.
- MERCK, T., & H. VON NORDHEIM (2000): Technische Eingriffe in marine Lebensräume. Tagungsband. BfN-Skripten 29: 182 S.

- MITSCHE, A., S. GARTHE & O. HÜPPOP (2001): Erfassung der Verbreitung, Häufigkeiten und Wanderungen von See- und Wasservögeln in der deutschen Nordsee und Entwicklung eines Konzeptes zur Umsetzung internationaler Naturschutzziele. BfN-Skripten 34: 100 S.
- PIHL, S. & J. FRIKKE (1992): Counting birds from aeroplane. In: Komdeur, J., J. Bertelsen & G. Crackwell (eds.): 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.
- REHFELDT, K. & G.J.GERDES (2002): Internationale Aktivitäten und Erfahrungen im Bereich der Offshore-Windenergienutzung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.  
(www.bmu.de/erneuerbare-energien)
- RUNGE, K. (2001): Inhalte der Umweltverträglichkeitsprüfung von Offshore-Windparks. Naturschutz und Landschaftsplanung 33: 162 - 166.
- SKOV, H., J. DURINCK, M.F. LEOPOLD & M.L. TASKER (1995): Important bird areas for seabirds in the North Sea including the 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.
- 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. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough: 326 S.
- SUDFELDT, C., D. DOER, H. HÖTKER, C. MAYR, C. UNSELT, A. VON LINDEINER & H.-G. BAUER (2002): Important Bird Areas (Bedeutende Vogelschutzgebiete) in Deutschland – überarbeitete und aktualisierte Gesamtliste (Stand 01.07.2002). Ber. Vogelschutz 38: 17-109.
- TASKER, M. & L. CANOVA (1997): Marine habitats. In: TUCKER, G.M. & M.I. EVANS (Hrsg.): Habitats for birds in Europe: a conservation strategy for the wider environment. BirdLife International (BirdLife Conserv. Ser. 6), Cambridge, U.K.: 59 - 91.
- 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.
- TUCKER, G.M. & M.I. EVANS (1997): Habitats for birds in Europe: a conservation strategy for the wider environment. BirdLife International (BirdLife Conserv. Ser. 6), Cambridge, U.K.
- WEBB, A. & J. DURINCK (1992): Counting birds from ships. In: KOMDEUR, J., J. BERTELSEN & G. CRACKWELL (eds.): Manual for aeroplane and ship surveys of waterfowl and seabirds. IWRB Spec. Publ. 19: 24 - 37.
- WINKELBRANDT, A. (2001): Berücksichtigung der Anliegen des Naturschutz bei der Offshore-Windkraftnutzung. Tagungsband „Offshore-Windenergienutzung und Umweltschutz“. Berlin, 14./15. Juni 2001: I-8 - I-10.

## Anhang: Distanzkorrektur für Radargeräte

Die Erfassbarkeit eines Vogels hängt von zahlreichen Faktoren ab (EASTWOOD 1967, BRUDERER 1997a, b). Bei Radarantennen nimmt das vom Strahl erfasste Volumen mit der Entfernung zu. Andererseits sinkt die Energiedichte von ausgesendeten Radarstrahlen um den Faktor  $4\pi R^2$  ab ( $R$  = Entfernung), der gleiche Energieverlust erfolgt mit den vom Vogel reflektierten Strahlen. Daraus ergibt sich eine komplizierte Beziehung zwischen der Entfernung und der Wahrscheinlichkeit, ein Objekt mit dem Radargerät zu entdecken. Um der entfernungsabhängigen „Empfindlichkeit“ der Radargeräte für quantitative Aussagen z.B. zur Höhenverteilung gerecht zu werden, ist daher die Zahl der erfassten Echos entsprechend zu korrigieren. Wir haben uns dabei gegen einen experimentellen Ansatz zur Kalibrierung des Gerätes (z.B. mit einem Modellflugzeug) entschieden. Stattdessen erprobten wir einen auf ohnehin erhobenen Daten basierenden empirischen Ansatz, der auf den durch Sichtbeobachtungen bestätigten Annahmen fußt, dass es (1.) vor Helgoland keinen Land-See-Gradienten in der Vogeldichte gibt und dass (2.) die Flugrichtungen innerhalb des vom Radar abgedeckten Entfernungsbereichs gleichverteilt sind. Entsprechend wurde eine Distanzkorrektur der Entdeckbarkeit für den Höhenbereich zwischen 50 und 150 m nach BUCKLAND et al. (2001) mit dem Programm Distance 3.5 ([www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/index.html](http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/index.html)) vorgenommen. Das Höhenband 50–150 m wurde gewählt, weil es (1.) in einem Bereich hoher Vogeldichten liegt und (2.) der Erfassungswinkel gegenüber der Horizontalen annähernd gleich bleibt. Dadurch werden Fehler aufgrund der vom Azimut (= „Blickwinkel“) abhängigen unterschiedlichen Radarquerschnitte der Vögel (z.B. Abb. 3.3 in EASTWOOD 1967) minimiert.

Verwendet wurde ein Half-normal-model mit Cosine series expansion (BUCKLAND et al. 2001) mit drei zu schätzenden Parametern ( $a_{1,3}$ ), das einen guten Kompromiss zwischen guter Anpassung (beurteilt nach dem Akaike Information Criterion) und Handhabbarkeit des Modells darstellt:

$$y = e^{(-x^2/2 a_1^2)} \cdot \left(1 + \sum_{j=2}^3 a_j \cdot \cos \frac{j \pi x}{w}\right)$$

worin  $x$  = Entfernung vom Radar [m] und  $y$  = Entdeckungswahrscheinlichkeit (Detection Probability),  $w$  = Transektbreite (hier 2500 m) ist. Das Ergebnis unserer Modellbildung zeigt Abb. 3. Entsprechend wurden die Echosummen für jedes 100 m · 100 m-Feld des gesamten Radarbereichs bis 1800 m entfernungsabhängig korrigiert, wobei das Maximum der Anpassungskurve = 1 gesetzt wurde (entspricht der Annahme, dass bei dieser Entfernung alle Vögel entdeckt wurden).

Für eine Bestimmung der relativen Zugintensität bis in Entfernungen von knapp 2000 m ist dieses Verfahren völlig ausreichend. Darüber hinaus wird die Wertedichte pro 100 m · 100 m-Feld zu gering. Diese Distanzkorrektur ist wegen herstellungs- und einstellungsbedingter Unterschiede für jedes Gerät individuell vorzunehmen.



Abb. 1: Vertikalradar (10 kW) an der Reling des Forschungskutters „Uthörn“ des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung (Länge über alles: 30,5 m, Radargerät etwa 4 m über der Wasseroberfläche). *Vertically working ship-radar on board the Research Vessel „Uthörn“ (Length: 30.5 m, radar c. 4 m above the water surface).* Foto: O. Hüppop

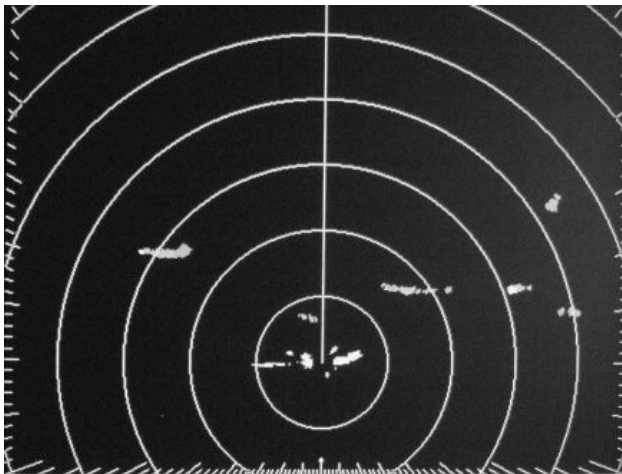


Abb. 2: Mit einem Vertikalradar erfasste ziehende Vögel. 1 Ring =  $\frac{1}{4}$  Nautische Meile = 0,463 km *Tracks of migrating birds registered with a vertically rotating ship radar. 1 ring =  $\frac{1}{4}$  Nautical Mile = 0.463 km.* Foto: O. Hüppop

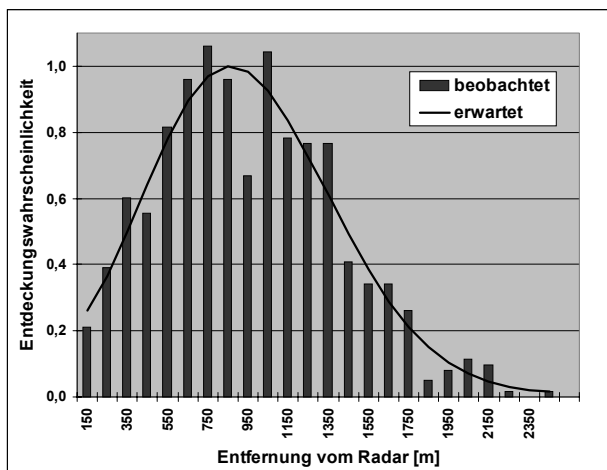


Abb. 3: Entdeckungswahrscheinlichkeit eines Vogels in Abhängigkeit der Entfernung über See (n = 694, Daten: Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ unveröff.). - *Detection probability of a bird in relation to distance from the radar (n = 694, data: Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ unpubl.).*

Tab. 1: Zahl und Flächenbedarf der bis Februar 2002 in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Bundesrepublik Deutschland beantragte Offshore-Windparks (Quelle: [www.offshore-wind.de/de/projekte/pr\\_140.html](http://www.offshore-wind.de/de/projekte/pr_140.html), Größe der AWZ aus TASKER & CANOVA 1997) – *Numbers and areas of offshore windfarms in the Exclusive Economic Zone (AWZ) of the Federal Republic of Germany applied for until February 2002 (www.offshore-wind.de/de/projekte/pr\_140.html, size of the AWZ from TASKER & CANOVA 1997)*

	Zahl der Anträge	Gesamtfläche [km <sup>2</sup> ]	Größe der AWZ [km <sup>2</sup> ]	davon für Offshore-WEA beantragt [% der Fläche]	Anzahl WEA	Max. Leistung [MW]
Nordsee	22	12.547	40.800	30,8	10.962	58.515
Ostsee	7	830	9.600	8,6	1.105	4.665

Tab. 2: Zusammenfassung der vorgeschlagenen Untersuchungsprogramme. - *Summary of the suggested environmental impact assessment studies*

<b>Untersuchungsziele / Organismengruppe</b>	<b>Untersuchungsphase</b>	<b>Zeitraum</b>	<b>Methode / Geräteeinsatz</b>	<b>Saison</b>	<b>Parameter</b>
Rastvögel:	Vorphase Bauphase Betriebsphase	2 Jahre Vorphase, gesamte Bauphase, 3-5 Jahre Betriebsphase	Linientranssektzählungen von Flugzeugen und Schiffen aus nach international standardisierter Methode an 3 (mind. 2) Tagen pro Monat	Ganzjährig	Arten, Abundanzen, evtl. Tagzug
Vogelzug, Nahrungs- und Rastplatzflüge	Vorphase Bauphase Betriebsphase	2 Jahre Vorphase, gesamte Bauphase, 3-5 Jahre Betriebsphase	a) Radarerfassung der flächigen und höhenmäßigen Verteilung der „nicht-sichtbaren“ Flugbewegungen (Dunkelheit, Nebel, größere Höhen), für mindestens 1 Woche pro Monat (ganztägig): Radargeräte mit 10 kW Leistung für Höhenradar und 25 kW für horizontales Radar. b) Visuelle (tags) und akustische Erfassung (nachts) von Flugbewegungen in geringen Höhen parallel zu den Radarmessungen: Spektiv 30 x 80 (oder größere Öffnung, Weitwinkelokular), Kompass	Ganzjährig mit Schwerpunkten von März bis Mai und von Aug. bis Nov., ggf. weitere Messschwerpunkte wegen lokaler Besonderheiten auch zu anderen Zeiten	Artenspektrum, Intensität, Flughöhen und -richtungen im Tages- und Jahreslauf, Einfluss des Wetters; während der Bau- und Betriebsphase zusätzlich Ausweichbewegungen, Vogelschlag