

**Empfehlungen zu  
Mindestanforderungen  
an die projektbezogene  
Untersuchung  
möglicher bau- und betriebsbedingter  
Auswirkungen  
von  
Offshore - Windenergieanlagen  
auf die Meeresumwelt der Nord- und Ostsee**

(Stand: 8.6.2001)

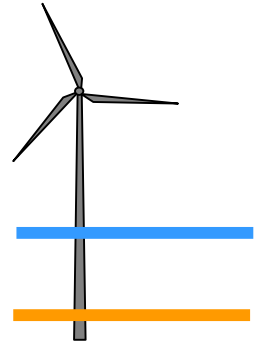
**- Projektgruppe OffshoreWEA -**

Vorbemerkungen des Umweltbundesamts, Fachgebiet Meeresschutz (Berlin, 8.6.2001):

Die folgende Ausarbeitung ist Teil eines Zwischenberichts zum BMU/UBA Forschungsvorhaben: "*Untersuchungen zur Vermeidung und Verminderung von Umweltbelastungen der Meeresumwelt durch Offshore-Windenergieanlagen im küstenfernen Bereich der Nord- und Ostsee*" (Förderkennzeichen 200 97 106). Sie bezieht sich auf den momentanen Stand der Diskussion und soll als Empfehlung zu Mindestanforderungen an projektspezifische Untersuchungen verstanden werden, die im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für Offshore-Windenergieanlagen zur Erfassung möglicher Auswirkungen auf Benthos, Fische, Vögel und marine Säugetiere durchzuführen sind.

Die Empfehlungen können beim Alfred-Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung, Dr. Rainer Knust, Columbusstrasse, 27568 Bremerhaven oder dem Umweltbundesamt, Fachgebiet Meeresschutz, Postfach 33 00 22, 14191 Berlin, oder unter [www.umwelbundeamt.de](http://www.umwelbundeamt.de) (Internetseite in Vorbereitung) bezogen werden.

**Empfehlungen zu  
Mindestanforderungen  
an die projektbezogene  
Untersuchung  
möglicher bau- und betriebsbedingter  
Auswirkungen  
von  
Offshore - Windenergieanlagen  
auf die Meeresumwelt der Nord- und Ostsee**



Bericht 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 )

- Stand : 08.06.2001 -

- Projektgruppe OffshoreWEA -

R.Knust, J.Heuers, A.Schröder  
M.Exo, O.Hüppop,  
C. Ketzenberg, H. Wendeln  
K.Lucke  
J.Gabriel

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung,  
Institut für Vogelforschung, Vogelwarte Helgoland,  
Forschungs- und Technologiezentrum Westküste, Universität  
Kiel,  
Deutsches Institut für Windenergie GmbH,

Bremerhaven \*)  
Wilhelmshaven und  
Helgoland  
Büsum  
Wilhelmshaven

\*) Korrespondenzanschrift :

Dr. Rainer Knust  
Alfred-Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung  
Columbusstrasse  
27568 Bremerhaven

Tel. : 0471 - 4831 - 1709  
Fax : 0471 - 4831 - 1724  
email : rknust@awi-bremerhaven.de

**Inhalt**

<b>1. Vorbemerkungen.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Voraussetzungen .....</b>	<b>7</b>
2.1 Potentielle Belastungspfade .....	7
2.2 Allgemeiner Zeitrahmen und Umfang der Untersuchungen .....	9
2.3 Qualifikation der Untersucher und Qualitätssicherung .....	10
2.4 Vorstudie .....	12
2.5 Studien zur Prognose und Beurteilung der standortspezifischen Umweltauswirkungen von Offshore-Windenergieparks.....	12
2.6 Veröffentlichung der Ergebnisse.....	13
2.7 Grundsätzliche Anforderungen an ein Referenzgebiet .....	14
<b>3. Anforderungen an die Begleituntersuchungen für die unterschiedlichen Systemkompartimente .....</b>	<b>15</b>
3.1 Lebensgemeinschaften des Meeresbodens ( Benthos und Fische ).....	15
3.1.1 Geräte und Methoden .....	16
3.1.2 Zeitrahmen und Probenumfang .....	19
3.1.3 Aufbereitung und Darstellung der Ergebnisse.....	22
3.2 Rast- und Zugvögel .....	23
3.2.1 Größe der Untersuchungsflächen für Bau- und Referenzgebiet .....	24
3.2.2 Zeitrahmen .....	25
3.2.3 Erfassungsmethoden .....	26
3.2.4 Auswertung und Darstellung der Daten.....	32
3.3 Marine Säuger .....	33
3.3.1 Zeitrahmen und Größe des Untersuchungsgebiets .....	34
3.3.2 Methoden .....	36
3.3.3 Messung von Schall und Schwingungen / Ausbreitungsberechnung .....	39
3.3.4 Darstellung und Auswertung der Daten zu Schall und Meeressäugern...	40
<b>4. Zusammenfassende Tabelle.....</b>	<b>42</b>
<b>5. Literatur .....</b>	<b>46</b>
<b>6. Vorschlag für die Struktur von Anträgen zur Errichtung von Offshore - Windenergieanlagen .....</b>	<b>48</b>
<b>7. Begriffe und Definitionen .....</b>	<b>51</b>

## 1. Vorbemerkungen

Durch die Nutzung der Windenergie eröffnet sich eine Möglichkeit der umweltfreundlichen Gewinnung elektrischer Energie. Ein erheblicher Vorteil der Windenergie besteht in der Regenerativität der Energieform und in dem überwiegenden Wegfall spezifischer Emissionen, die bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe anfallen und die insbesondere zum Treibhauseffekt, zur Versauerung sowie zur Eutrophierung von Böden und Gewässern beitragen.

Allerdings stellt die Errichtung von Windenergieparks im Offshorebereich der Nord- und Ostsee einen großräumigen und langfristigen technischen Eingriff in den marinen Lebensraum dar. Auswirkungen derartiger Anlagen auf den Naturhaushalt und das Landschaftsbild können nicht ausgeschlossen werden. In besonderem Maße ist voraussichtlich die marine Fauna und Flora sowohl im Nah- als auch im Fernbereich betroffen. Infolge dessen müssen die potentiellen Auswirkungen bereits im Vorfeld einer solchen Maßnahme sowohl qualitativ als auch quantitativ beurteilt werden, um die Eignung von Standorten beurteilen zu können und um gegebenenfalls Vorschläge zur Vermeidung und Verminderung von Belastungen sowie Möglichkeiten des Ausgleichs zu erarbeiten.

Die folgenden Empfehlungen zu Mindestanforderungen entstanden 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. Die Empfehlungen basieren auf ausführlichen Diskussionen innerhalb der Projektgruppe OffshoreWEA (u.a. Alfred-Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung, Institut für Vogelforschung, Deutsches Windenergie-Institut GmbH, Forschungs- und Technologiezentrum Westküste), die das o.g. Forschungsvorhaben bearbeitet. Insbesondere der generelle Rahmen bzw. das Schema des Verfahrensablaufes aber auch die Festlegung der jeweiligen Untersuchungsziele wurde in enger Kooperation mit dem Umweltbundesamt und dem Bundesamt für Naturschutz erarbeitet.

Mittlerweile wurden beim Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Hamburg, für über 10 verschiedene Standorte in Nord- und Ostsee Anträge auf Errichtung von Windenergieparks mit im Endausbau einer Ausdehnung von über 2.000 km<sup>2</sup> gestellt. Bisher fehlt allerdings ein Standard, mit dem im Genehmigungsverfahren standortspezifische Untersuchungen und Qualifizierungen hinsichtlich Umfang und Qualität harmonisiert werden. Diese Lücke soll mit den hier formulierten "Empfehlungen zu Mindestanforderungen an die pro-

jektspezifische Untersuchung möglicher bau- und betriebsbedingter Auswirkungen von Offshore – Windenergieparks auf die Meeresumwelt der Nord- und Ostsee" geschlossen werden. Einen Überblick über Ablauf und Inhalte der Untersuchungen gibt die Abbildung 1.

Mit diesen Mindestanforderungen sollen die Beurteilung der Eignung eines beantragten Standortes und der Genehmigungsfähigkeit des Projektes sowie von Alternativen (auch hinsichtlich der technischen Ausführung) auf eine wissenschaftlich valide Basis gestellt werden. Weiterhin werden Maßstäbe gesetzt, anhand derer Ergebnisse von Studien verschiedener Antragsteller, die demnächst für beantragte Standorte in Nord- und Ostsee zu fertigen sind, untereinander leichter vergleichbar werden.

Im Vordergrund dieser Empfehlungen stehen zunächst die durchzuführenden Status quo- Erhebungen (Referenzphase und Vorphase), deren Ergebnisse in die Beurteilung der grundsätzlichen Eignung eines beantragten Standortes und der Genehmigungsfähigkeit des Projektes einfließen. Sie müssen mit dem technisch-organisatorischen Konzept für den jeweils beantragten Windenergiepark im Rahmen einer Gesamtbeurteilung im Zusammenhang beurteilt werden. Darüber hinaus werden auch Mindestanforderungen für bau- und betriebsbegleitende Untersuchungen formuliert, die je nach Ergebnis der Voruntersuchungen für die einzelnen Standorte weiter zu konkretisieren sind.

**Abb.1: Ablaufschema zur Durchführung und Auswertung von Untersuchungen zum Bau und Betrieb von Offshore-Windenergieparks**



Für die Mindestanforderungen wurde eine konkrete Begleituntersuchung, die im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens bereits begonnen wurde, herangezogen. Das Konzept für diese Begleituntersuchung wurde im Vorfeld bereits sehr ausführlich mit den zuständigen Behörden im Detail diskutiert. Einbezogen waren dabei das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), das Bundesamt für Naturschutz (BFN), das Umweltbundesamt (UBA) und die Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BFA-Fisch). Berücksichtigung fanden ebenfalls Expertengespräche, Workshops und Vortragsveranstaltungen wie z.B. der Workshop zu ökologischen Auswirkungen von technischen Eingriffen in die marine Umwelt im Herbst 1999 auf der Insel Vilm (zusammengefasst bei KUBE, 2000) (siehe auch: MERCK & NORDHEIM, 1999; EHRICH, 2000 und dort zitierte Literatur). Der Entwurf zu einem Untersuchungs- und Monitoringkonzept von einer Autorengruppe um die BFA-Fisch (EHRICH et al. 2001) lag der Projektgruppe vor und wurde zur Kenntnis genommen und diskutiert.

Die Empfehlungen spiegeln daher den momentanen Stand der Diskussion wieder. Sie erheben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Bisher nicht geklärte Fragestellungen, die in den Bereich der Grundlagenforschung fallen (z.B. Wirkung schwacher elektromagnetischer Felder auf Meereslebewesen, Vervollständigung der Audiogramme von Schweinswalen, Entwicklung von Messeinrichtungen zur Bestimmung der Vogelschlaghäufigkeiten oder die überregionale Verteilung des Vogelzuges in Nord- und Ostsee), wurden nicht in die Mindestanforderungen aufgenommen. Sie müssen im Rahmen von übergreifenden Forschungsvorhaben bearbeitet werden.

Neben den hier formulierten Untersuchungen zu Auswirkungen auf die Umwelt sollten, wenn eine Vermeidung von Beeinträchtigungen nicht möglich ist, geeignete Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen vorgeschlagen werden. Wie Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen konkret abgeleitet werden können, ist nicht Gegenstand dieser Ausarbeitung. Auch sind Untersuchungen zum Kollisionsrisiko für Schiffe nicht Teil dieser Ausarbeitung. Empfehlungen zum Kollisionsrisiko für Schiffe hierzu werden in einem gesonderten Teil des o.g. BMU/UBA Forschungsvorhabens erarbeitet.

Einschränkend sei darauf hingewiesen, dass diese Empfehlungen auf Besonderheiten unterschiedlicher Standorte nicht eingehen können. Diese müssen daher bei der Konzeption kon-

kreter standortspezifischer Untersuchungen (Zielsetzung, Umfang, Methoden) entsprechend berücksichtigt werden.



## **2. Voraussetzungen**

In diesem Kapitel sind zunächst einmal als Überblick die Punkte aufgeführt, die für alle standortspezifischen Untersuchungen die Voraussetzungen und den Mindestrahmen beschreiben. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Untersuchungen erfolgt in Kapitel 3.

### **2.1 Potentielle Belastungspfade**

Bei den nachfolgenden Betrachtungen geht die Projektgruppe OffshoreWEA von folgenden potentiellen Belastungspfaden aus, die die aktuelle Diskussion über erhebliche negative Auswirkungen bestimmen. Sie werden in Tab. 2.1 in Stichworten aufgeführt sind. Andere potentielle Belastungspfade und Schutzgüter, die aus der Kenntnis um ökologische Zusammenhänge ebenfalls denkbar sind, werden z.Z. als untergeordnet betrachtet, oder der Untersuchungsaufwand ist nicht vertretbar. Hierzu ein Beispiel: Ein Windenergiepark mit mehreren Quadratkilometern Größe und einer entsprechend großen Zahl von Windenergieanlagen verändert die mittel- und kleinräumige Hydrographie im betroffenen Gebiet. Die Messung der Veränderung in der Hydrographie und erst recht die Messung der Auswirkung dieser Veränderung auf z.B. das Ansiedlungsverhalten von meroplanktischen Larven ist, wenn überhaupt möglich, nur mit einem nicht vertretbaren Aufwand zu realisieren. Das potentiell veränderte Ansiedlungsverhalten wird sich aber in der Veränderung des Benthos im Verlauf der Jahre widerspiegeln, so dass hier als gangbarer Kompromiss das Kriterium „mittelfristige Veränderung der benthischen Lebensgemeinschaft“ herangezogen werden muss.

Tab. 2.1: Potentielle Belastungspfade in Stichworten \*)

**A : Bauphase**

Ursache / Anlass	Zustandsveränderung	Betroffene Schutzgüter	Auswirkung / Potentielle Gefährdung
Vorbereitung des Meeresbodens, Absenkung oder Bau der Fundamente oder Einspülen der Piles, Einspülen der Kabel	Sedimentbewegungen, Resuspension von Feinmaterial, Sedimentation von Feinmaterial, Erhöhte Trübung	Lebensgemeinschaften des Meeresbodens (Benthos u. demersale Fische)	Veränderung in den Lebensgemeinschaften aufgrund der Veränderungen der Habitatstrukturen
Rammen der Piles	Auftreten von Lärm und Erschütterungen	Fische und marine Säuger	Vertreibung und Desorientierung, Beeinträchtigung der Kommunikation, Schädigung des Hörvermögens
Material- und Personentransport, sonstige Bauaktivitäten	Vermehrter Schiffsverkehr, evtl. Helikoptereinsatz	Fische, marine Säuger, Vögel	Vertreibung und Desorientierung, Verlust von Rast-, Nahrungs- und Mauserflächen durch Scheuchwirkungen

**B : Betriebsphase**

Ursache / Anlass	Zustandsveränderung	Betroffene Schutzgüter	Auswirkung / Potentielle Gefährdung
Fundamente / Piles	Verbau der natürlichen Sedimentoberflächen durch Fundamente, Zusätzliches Angebot an Hartsubstraten auf Fundamenten und Piles als Besiedlungsfläche, Veränderung der mittel- und kleinräumigen Hydrographie, Auskolkungen an Fundamenten / Piles	Lebensgemeinschaften des Meeresbodens (Benthos u. demersale Fische)	Veränderung der Lebensgemeinschaften durch Veränderungen der Habitatstruktur und Veränderungen in den Ansiedlungsprozessen durch veränderte Hydrographie
Ableitung der Energie durch Kabel	Auftreten von elektromagnetischen Feldern	Evertebraten, Fische und marine Säuger	Desorientierung und Störung des Migrationsverhaltens
Rotation der Flügel	Emission von Schall ins Wasser und Meeresboden, Emission von Luftschall	Fische und marine Säuger	Vertreibung und Desorientierung, Beeinträchtigung der Kommunikation
Bauwerke über der Wasseroberfläche, rotierende Flügel	Hindernisse im Flugraum	Zug- und Rastvögel	Vogelschlag, Behinderung der Nahrungsaufnahme, Hindernis (Barriere) für ziehende Vögel (Nahrungsflüge, Vogelzug), Verlust von Rast-, Nahrungs- und Mauserflächen
Anlagenkennzeichnung für Schifffahrt	Anlagenbeleuchtung	Zug- und Rastvögel	Desorientierung
Schiffsverkehr für Wartungsarbeiten	Akustische und visuelle Einflüsse	Vögel, marine Säuger	Vertreibung
Betriebsstörungen	Austritt wassergef. Stoffe	verschiedene Schutzgüter	Stoffspezifische Wirkungen

**C : Rückbau**

Ursache / Anlass	Zustandsveränderung	Betroffene Schutzgüter	Auswirkung / Potentielle Gefährdung
Wie unter Bauphase mit der Voraussetzung der vollständigen Entsorgung an Land	Wie unter Bauphase	Wie unter Bauphase	Wie unter Bauphase

\*) Die Aufzählung entspricht dem momentanen Stand der Diskussion und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

## 2.2 Allgemeiner Zeitrahmen und Umfang der Untersuchungen

Aus den unter 2.1 dargestellten potentiellen Belastungspfaden ergibt sich für die Untersuchungen ein Zeit- und Untersuchungsrahmen, der für alle Begleituntersuchungen die folgenden Mindestanforderungen erfüllen sollte:

**Tab. 2.2: Untersuchungsrahmen**

Phase	Zeitraum	Anforderung	Ziel
0. Referenzphase	1 Jahr (kann optional mit Phase 1 gekoppelt werden)	Erfassung der Biota sowie der wichtigen abiotischen Faktoren (Wassertiefe, Sedimentcharakteristika, Strömungsverhältnisse, Wassertemperatur, Salinität, Wasserschichtung) im gesamten Suchraum. Mindestens eine intensive Beprobung zu einer für die einzelnen Systemkompartimente relevanten Jahreszeit.	Charakterisierung des Suchraumes sowie Auswahl und Festlegung des Standortes des Pilot-Windenergieparks (Baugebiet) und eines geeigneten Referenzgebietes
1. Vorphase	Mind. 2 Jahre vor Baubeginn	Berücksichtigung der für die Biota relevanten Jahreszeiten. Probenumfang ausreichend für eine statistische Absicherung.	Charakterisierung der Ausstattung des Baugebietes, des Referenzgebietes und des Umfeldes. Erfassung der jahreszeitlichen Dynamik. Hinweise für Jahr-zu-Jahr Variabilität.  Prognose der Auswirkungen des Windparks auf Umwelt und Natur, Benennung von Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen
2. Bauphase	Gesamte Bauphase	Berücksichtigung der für die Biota relevanten Jahreszeiten. Probenumfang ausreichend für eine statistische Absicherung. Vergleich Referenzgebiet / Baugebiet.	Erfassung der relevanten Veränderungen im Baugebiet im Vergleich zur Vorlaufphase und zum Referenzgebiet. Prüfung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung nachteiliger baubedingter Auswirkungen .
3. Betriebsphase	Mind. 3-5 Jahre der Betriebszeit	Berücksichtigung der für die Biota relevanten Jahreszeiten. Probenumfang ausreichend für eine statistische Absicherung. Vergleich Referenzgebiet / Baugebiet.	Erfassung der relevanten Veränderungen im Baugebiet im Vergleich zu Phase 1 und 2 sowie zum Referenzgebiet. Prüfung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung nachteiliger betriebsbedingter Auswirkungen, Gesamteinschätzung zum Ausbau des Windenergieparks und möglicher Alternativen .
4. Ausbauphase	Festlegung zu g.g. Zeit	Festlegung zu g.g. Zeit	Festlegung zu g.g. Zeit
5. Rückbauphase	Festlegung zu g.g. Zeit	Festlegung zu g.g. Zeit	Festlegung zu g.g. Zeit

## **2.3 Qualifikation der Untersucher und Qualitätssicherung der Untersuchungen**

Im Bereich von Langzeituntersuchungen und Aufgaben zum Monitoring wird in den letzten Jahren zunehmend die Qualitätssicherung bei der Datenerhebung, bei der Probenanalyse und bei der Auswertung der Daten bewertet. Wurden zunächst nur bei der Analytik von Spurenstoffen so genannte Ringversuche durchgeführt, um die Qualität der Analyse bei den beteiligten Institutionen zu sichern, wird in den letzten Jahren dieses Instrument der Qualitätssicherung zunehmend auch auf biologische Untersuchungen angewandt. In diesem Zusammenhang sind z.B. die Qualitätssicherungsmaßnahmen im Rahmen des Bund-Länder-Messprogramms (BLMP Nord- und Ostsee, UBA-Berlin), des staatenübergreifenden Programms „European Seabirds-at-Sea“ (ESAS) (GARTHE & HÜPPOP 2000), sowie die im Rahmen des „International Council for the Exploration of the Sea“ (ICES) durchgeführten Programme zur Erhebung der benthischen Lebensgemeinschaften und der Fischfauna mit den entsprechenden Maßnahmen zur Qualitätssicherung zu nennen.

Zur Absicherung der Belastbarkeit von Untersuchungsergebnissen ist zu gewährleisten, dass bei der Planung und Durchführung der Untersuchungen auf See, sowie bei der Auswertung und Bewertung der Ergebnisse die z.Z. national und international festgelegten wissenschaftlichen Standards angewendet werden. Dies gilt nicht nur für den Umfang der einzelnen Untersuchungen, sondern auch für die dabei eingesetzten Methoden zur Probenahme und Untersuchung des Probenmaterials.

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 (z.B. Dipl. Biol.) und über ausreichend belegbare Erfahrungen in den Teildisziplinen verfügen. Die Institutionen sollen an Ringversuchen bzw. Workshops teilgenommen haben, oder an nationalen oder internationalen Programmen beteiligt sein, die eine entsprechende Qualitätssicherung gewährleisten. Referenzen hierüber sollen vorgelegt werden.

Die Durchführung der visuellen Erfassung von Meeressäugern und der anschließenden Auswertung der Daten soll von einer Person geleitet werden, die diesbezüglich bereits fundierte

Erfahrungen vorweisen kann. Die Beobachter sollen ebenfalls bereits Erfahrungen bei vorangegangenen Sichtungsfahrten / -flügen gesammelt haben.

Qualitätssicherung Linientranssektuntersuchungen vom Schiff (Vögel): 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. Eine entsprechende Schulung / Fachkunde der Beobachter ist nachzuweisen.

Qualitätssicherung Linientranssektuntersuchungen vom Flugzeug (Vögel): Voraussetzungen für die einzusetzenden Zähler sind eine extrem 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.

Qualitätssicherung 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.

Die Namen der Personen, die an den Benthosuntersuchungen, Schiffszählungen und/oder Flugzeugzählungen für Meeressäuger und/oder Rastvögel vor Ort beteiligt sind, sollen für die jeweilige Untersuchung dokumentiert werden. Dabei ist auch der vor Ort verantwortliche Leiter der jeweiligen Untersuchung zu nennen (Datum der Untersuchung, vor Ort beteiligte Beobachter, vor Ort verantwortlicher Leiter der Untersuchung).

Für den Aspekt Schall- und Schwingung ist ein Nachweis der Kompetenz (z.B. über eine Akkreditierung nach DIN EN 45001 für Messungen an Windenergieanlagen und Schallmessungen) beizubringen.

## **2.4 Vorstudie**

Die Beantragung eines Gebietes für die Errichtung eines Offshore-Windparks soll mit einer Vorstudie verbunden werden. In der Vorstudie sollen die in der Literatur bereits vorhandenen Kenntnisse zur Meeresumwelt am Standort und die technisch-organisatorischen Charakteristika von Bau, Betrieb, Betriebsstörungen und Rückbau des beantragten Offshore-Windparks gemäß den im Anhang 1 aufgeführten Gliederungspunkten erschöpfend dargestellt und, soweit möglich, fachlich beurteilt werden. Der Vorstudie soll ein Konzept für eine standortspezifische Untersuchung beigelegt werden, dass auf den hier formulierten Mindestanforderungen aufbaut.

## **2.5. Studien zur Prognose und Beurteilung der standortspezifischen Umweltauswirkungen von Offshore-Windenergieparks**

Nach Abschluss der standortspezifischen Voruntersuchungen (Referenz- und Vorphase) soll eine schutzgutübergreifende „Studie zur Prognose der Umweltauswirkungen des Pilot-Windenergieparks“ erstellt werden. Ziel dieser Studie ist, eine fachliche Beurteilung des beantragten Projektes, seiner Genehmigungsfähigkeit und Vorschläge zum umwelt- und naturverträglichen Bau und Betrieb des Offshore-Windenergieparks zu erarbeiten. Dazu soll neben den in der Anlage 1 formulierten Gliederungspunkten (Gliederungsvorschlag für Anträge auf Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen) Folgendes schwerpunktmäßig bearbeitet werden:

- Beschreibung der technisch-organisatorischen Ausgestaltung des Vorhabens für die Phasen Bau, Betrieb, Rückbau und Betriebsstörungen.
- Darstellung und Auswertung von Beobachtungsdaten der Referenz- und Vorphase für den Suchraum, das geplante Baugebiet und das Referenzgebiet (z.B. Arten, Individuenzahl, Biotoptypen, physikalisch-chemische Parameter) ggf. Ergänzung durch Literaturdaten
- Fachliche Beurteilung der umwelt- und naturschutzfachlichen Bedeutung des Suchraums, des Baugebiets und alternativer Standorte.
- Prognose und fachliche Beurteilung der vom Pilot-Windenergiepark in den Phasen Bau, Betrieb, Rückbau, Betriebsstörungen voraussichtlich ausgehenden Auswirkungen auf die Umwelt hinsichtlich:
  - möglicher Auswirkungen auf Struktur und Funktion des Ökosystems inklusive der Wirkungsmechanismen
  - räumlicher Ausdehnung der Auswirkungen
  - zeitlicher Ausdehnung der Auswirkungen
  - Unsicherheiten bei der Prognose möglicher Auswirkungen (Unsicherheiten zu Ursache-Wirkungsbeziehungen und Verzögerung eines potentiellen Schadenseintritts).
- Beurteilung der voraussichtlichen Wirksamkeit organisatorischer und technischer Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung nachteiliger Auswirkungen auf die Umwelt, die in den Phasen Bau, Betrieb und Rückbau sowie während Betriebsstörungen realisiert werden können.
- Gesamteinschätzung der Auswirkungen auf die Umwelt unter besondere Berücksichtigung der Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung, geprüfter alternativer Standorte und geprüfter alternativer Technologien.

Wird ein Pilot-Windenergiepark genehmigt, soll in einer weitergehenden schutzgutübergreifenden Studie „Studie zur Beurteilung der Umweltauswirkungen des Pilot-Windenergieparks“ unter Auswertung bau- und betriebsbegleitender Untersuchungen die Wirksamkeit der eingeleiteten Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen sowie der weitere Handlungsbedarf auf der Grundlage der Voruntersuchungen und der Untersuchungen zur Bau- und Betriebsphase fachlich beurteilt werden. Wird ein weiterer Ausbau des Pilot-Windenergieparks beantragt, soll auch fachlich beurteilt werden, ob und wie ein Ausbau umwelt- und naturverträglich realisiert werden kann.

## **2.6 Veröffentlichung der Ergebnisse**

Zu den einzelnen Schutzgütern Benthos, Fische, Meeressäuger und Vögel sollen jährliche Zwischenberichte erstellt werden. Die Zwischenberichte sollen neben ersten Auswertungen auch die Originaldatensätze aus den Untersuchungen enthalten. Sie sollen vom Antragsteller beim BSH in der Regel jährlich vorgelegt werden. Eine Kopie der Zwischenberichte und der Studien soll vom Antragsteller neben dem BSH auch dem UBA und dem BfN zugeleitet werden. Die Berichte und Studien sollen auch in elektronischer Form zur Verfügung gestellt werden.

Es ist wünschenswert, dass die Ergebnisse spätestens nach Abschluss der Untersuchungen der Öffentlichkeit in geeigneter Form zugänglich gemacht werden. Die Veröffentlichung soll dabei die Maßgaben von wissenschaftlichen Publikationen berücksichtigen. Die Methoden, Ergebnisse und die daraus gezogenen Schlussfolgerungen sollen auch so dargestellt werden, dass sie auch von Nicht-Fachleuten nachvollzogen und entsprechend diskutiert werden können.

Für die Datenformate wird eine Abstimmung mit den Datenformaten der Meeresumweltdatenbank (MUDAB) beim BSH als optional empfohlen. Dieses würde eine Weiterverwendung ausgewählter Datensätze in der MUDAB erleichtern.

## **2.7 Grundsätzliche Anforderungen an ein Referenzgebiet**

Das Referenzgebiet dient grundsätzlich dem Vergleich zwischen Baugebiet und einem Gebiet, das frei von Eingriffen ist, die mit dem Bau und dem Betrieb des Offshore-Windenergieparks zusammenhängen. Daraus ergibt sich zwangsläufig, dass das Referenzgebiet in seiner Beschaffenheit möglichst dem Baugebiet gleich ist. Daraus folgen als Grundbedingungen für ein Referenzgebiet folgende Bedingungen:

- Die Größe des Gebietes entspricht der Größe des Baugebiets, (für ornithologische Untersuchungen muss es größer sein, ebenso für Meeressäuger) um die räumliche Skalierung der vergleichenden Untersuchungen identisch zum Baugebiet gestalten zu können und um die räumlichen Randparameter ebenfalls auf den selben räumlichen Skalen anzutreffen.
- Die abiotischen Bedingungen des Referenzgebiets müssen denen des Baugebiets ähnlich sein. Dies betrifft insbesondere die sedimentalogischen Parameter, die Hydrographie und die Wassertiefe.
- Das Arteninventar des Referenzgebietes muss mit dem des Baugebiets ähnlich sein.
- Das Referenzgebiet soll frei von Störungen des Baugebiets sein. Eine entsprechende räumliche Distanz unter Berücksichtigung der Punkte 1 bis 3 ist dabei zu gewährleisten. Dieses beinhaltet auch, dass es außerhalb der Reichweite von betriebsbedingten Geräuschen des Windenergieparks ist.
- Die anthropogenen Eingriffe im Referenzgebiet sollen mit Ausnahme der Bauaktivitäten und des Betriebs der Anlagen, sowie deren Nebenaktivität mit dem Baugebiet vergleichbar sein. So ist anzustreben, die Fischerei aus dem Referenzgebiet fernzuhalten, wenn im Pilotgebiet keine Fischereiaktivitäten stattfinden. Dies trifft insbesondere für die Grundschnepf- und Baumkurrenfischerei zu.
- Für ggf. später zu realisierende Ausbaustufen eines Windenergieparks soll es weiterhin zur Verfügung stehen.

Je nach Gebiet kann es vorkommen, dass bereits das geplante Pilotgebiet eine sehr heterogene Habitatstruktur aufweist (z.B. unterschiedliche Sedimentbeschaffenheit). In diesem Fall sollte durch die Wahl des Referenzgebiets ein möglichst ähnlich strukturiertes Habitatmuster gefunden werden. Ist dies durch die Wahl eines einzelnen Referenzgebietes nicht möglich, kann das Referenzgebiet auch durch einzelne kleinere Gebiete repräsentiert werden, die in ihrer Summe der Habitatstruktur des Baugebiets entsprechen. Hierbei ist allerdings auf eine möglichst enge räumliche Bindung der Einzelgebiete zu achten.

Spezielle Ansprüche an ein Referenzgebiet, die sich aus den Einzeluntersuchungen ergeben, sind in der entsprechenden Beschreibung in Kapitel 3 zu finden.



### 3. Anforderungen der Begleituntersuchungen für die unterschiedlichen Systemkompartimente

#### 3.1 Lebensgemeinschaften des Meeresbodens ( Benthos und Fische )

Die Lebensgemeinschaft des Meeresbodens der Nord- und Ostsee umfassen im wesentlichen die folgende Organismengruppen:

- |                                  |                 |   |
|----------------------------------|-----------------|---|
| <b>1. Zoobenthos :</b>           | <b>Infauna</b>  | <b>Evertebrate Organismen, die vorwiegend in den oberen Schichten des Sediments leben.</b>  |
|                                  | <b>Epifauna</b> | <b>Evertebrate Organismen, die vorwiegend auf dem Sediment leben.</b>   |
| <b>2. Demersale Fischfauna :</b> |                 | <b>Fische, die vorwiegend die unteren Wasserschichten besiedeln und einen engen Nahrungsbezug zu Organismen des Meeresbodens haben.</b> |

Das Zoobenthos wird üblicherweise in drei Größengruppen eingeteilt: Mikrozoobenthos (<63 µm), Meiozoobenthos (63 - 1000 µm) und Makrozoobenthos (>1000 µm). Bei den folgenden Ausführungen wird nur das Makrozoobenthos betrachtet, wobei bedingt durch die heutzutage international eingesetzten Siebgrößen (500µm) auch Jungstadien der Makrofauna mit erfasst werden. Die Einschränkung auf das Makrozoobenthos ist insofern sinnvoll, als erstens der Arbeitsaufwand zur Bearbeitung des Mikro- und Meiozoobenthos sehr hoch ist und zweitens der Informationsstand über das Makrozoobenthos in der Nord- und Ostsee am höchsten ist und so ein Vergleich mit bereits vorhandenen oder parallel erhobenen Daten möglich ist.

Das Benthos und die Fischfauna der Nord- und Ostsee zeichnen sich in ihrem Bestand und in der Artenzusammensetzung durch eine hohe räumliche und zeitliche Variabilität aus. Dies muss bei der Erarbeitung eines Probennahmekonzepts beachtet werden. Für eine umfassende Beschreibung des Ist-Zustandes im Bau- und Referenzgebiet sowie zur Abschätzung möglicher Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften des Meeresbodens sind folgende Messparameter sinnvoll und notwendig:

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>1. Zoobenthos</b>           | <b>Anzahl der Arten, Abundanz u. Biomasse auf Artniveau im Baugebiet und in einem geeigneten Referenzgebiet unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Periodizität.</b>   |
| <b>2. Demersale Fischfauna</b> | <b>Anzahl der Arten, Abundanz u. Biomasse auf Artniveau, Größensammensetzung der einzelnen Populationen im Baugebiet und in einem geeigneten Referenzgebiet unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Periodizität.</b>   |
| <b>3. Abiotische Parameter</b> | <b>Oberflächenstruktur des Meeresbodens, Sedimentcharakteristika (Korngrößenverteilung, organischer Kohlenstoffgehalt), Sauerstoff, Wassertemperatur und Salinität im vertikalen Profil im Baugebiet und in einem geeigneten Referenzgebiet zur Zeit der Probennahme unter 1 und 2.</b> |

### **3.1.1 Geräte und Methoden**

#### **Endobenthos:**

Für die Beprobung des Endobenthos wird international sowohl der Einsatz eines Kastengreifers als auch der Einsatz eines modifizierten van Veen Greifers vorgeschlagen. Wir schlagen den Einsatz eines 0,1 m<sup>2</sup> van Veen Greifers vor, da dieses Gerät in der Vergangenheit als Standard auch international eingesetzt wurde und die Fängigkeit durchweg als sehr gut bezeichnet werden kann (RUMOHR 1998). Zur Erfassung tiefliebender Organismen kann es abhängig vom Sedimenttyp sinnvoll sein, neben dem van Veen Greifer auch einen Kastengreifer mit einer potentiell größeren Eindringtiefe einzusetzen. Allerdings ist das Handling solcher schweren und großen Geräte an Bord von kleineren Fahrzeugen nicht unproblematisch. Ein Vergleich dieser beiden Greifertypen zeigte auf weichen Sedimenten keine Unterschiede in der Fängigkeit (HEIP et al., 1985). In der Vorphase (Referenzphase) sollte der Einsatz eines Kastengreifers entsprechend geprüft werden. Als "Standard van Veen Greifer" hat sich ein Gerät bewährt, wie es von RUMOHR (1998) beschrieben ist (0,10m<sup>2</sup> Fläche, 70-100kg, Siebnetz im Deckel zur Verringerung der Schockwelle am Boden...).

Die Anzahl der Parallelproben ergibt sich aus einem arbeitsfähigen Kompromiss zwischen Arbeitsaufwand und zusätzlich gewonnener Informationssicherheit. Bei einem Einsatz eines 0,1m<sup>2</sup> van Veen Greifers erfasst man bei 2 Parallelproben ca. 60 - 65% des Artenspektrums, bei einer Verdopplung des Aufwandes auf 4 Parallelproben werden ca. 70% der Arten erfasst (GERLACH, 1972; GRAY, 1981; SCHRÖDER, 1995). Eine weitere Steigerung der Erfassung des Artenspektrums bis hin zu sehr selten auftretenden Arten ist nur mit einem immensen Arbeitsaufwand möglich. Wir schlagen daher vor für die Referenzphase eine Probendichte von 3 Parallelproben einzuhalten, um möglichst eine gute Erfassung des Artenbestandes zu ge-

währleisten. Bei der Vor-, Bau- und Betriebsphase kann auf zwei Parallelproben zurückgegangen werden, wenn eine entsprechend hohe Stationsdichte eingehalten wird (siehe Probenaufwand und Stationsdichte, weiter unten).

Die Greiferproben werden fraktioniert gesiebt: Siebung über ein 1000 µm und über ein 500 µm Sieb, wobei die Fraktionen getrennt aufzubewahren sind. Diese Vorgehensweise ist innerhalb der ICES-Benthos-Working-Group abgestimmt und wird bei Kartierungen im Nord- und Ostseebereich angewendet (siehe RUMOHR 1998). Die Siebung über 500 µm garantiert eine Erfassung auch von kleineren Organismen und Jungstadien, die Fraktionierung über 1000/500 µm garantiert eine Vergleichbarkeit der Proben mit älteren Daten aus der Literatur, oder mit Proben, bei denen eine 500 µm Siebung aufgrund der Sedimentbeschaffenheit nicht vorgenommen werden kann. Sollte die Sedimentbeschaffenheit eine direkte Siebung nicht zulassen (hoher Anteil von Grob- und Mittelsänden, Kies), so werden die Proben an Bord über ein Sieb dekantiert, wobei dafür Sorge zu tragen ist, dass die Probe mindestens 5x aufgespült wird und das überstehende Wasser sehr schnell über 1000/500 µm gesiebt wird.

Die Proben werden in gepuffertem Formol konserviert. Da ebenfalls die Biomasse bestimmt werden soll, ist von einer Fixierung in Alkohol abzusehen.

### **Epibenthos:**

Die Erfassung des Epibenthos wird mit einer Baumkurre (Breite: 2-3 m, Maschenweite: 1cm) durchgeführt. Vergleichbare Geräte werden ebenfalls von der ICES-Benthos-Working-Group eingesetzt. Die Schleppdauer beträgt ca. 5 -10 Minuten an Grund, die Schleppgeschwindigkeit 1 bis 3 Knoten ( Schleppzeit von 10 Minuten ist dann anzuraten, wenn die Fänge auch für die demersale Fischfauna genutzt werden (s.u.) ).

Zur mittel- und großräumigen Erfassung bietet sich der Einsatz von optischen Geräten (Video oder/und Photo) an. Empfohlen wird ein Videotransekt von ca. 30 Minuten bei einer Driftgeschwindigkeit von max. 1 kn. Diese Vorgehensweise hat sich im Offshorebereich bei bereits durchgeführten Untersuchungen bewährt (KNUST & SUCK, unpl. Data). Die geographische Positionierung des Transektes muss gewährleistet sein. Hier bietet sich an, die Aussetzposition und Einholposition des Gerätes, sowie im Abstand von 5 Minuten die momentane Schiffposition zu notieren und diese Markierungen optisch oder akustisch auf dem Video-

material einzuspielen. Eine quantitative Auswertung der Videos ist nur dann möglich, wenn die erfasste Fläche mit Laserpointern (sichtbar im Bild eingeblendet) markiert ist (Methoden hierzu siehe: PILGRIM, 2000). Wegen der besseren Auflösung insbesondere bei Standbildern sollte eine digitale Videokamera eingesetzt werden. Zur quantitativen Erfassung der Habitatstruktur und des Epibenthos hat sich allerdings auch die Aufnahme mit einer hochauflösenden 6x6 Kamera bewährt. Die Auflösung und damit die Auswertungsmöglichkeit dieser optischen Methode ist bisher von digitalen Aufnahmegeräten nicht erreicht (Methoden hierzu: PIEPENBURG & JUTERZENKA, 1994). Pro Station sollten 10 bis 20 Photos genommen werden, wobei auch hier das Schiff mit dem Strom über die Zentralstation driftet. Eine Quantifizierung der Photodaten erfolgt über die Bestimmung der photographierten Fläche.

**Makrophytobenthos:**

Abweichend zu den oben erwähnten Beschränkung auf das Makrozoobenthos sind bei geringen Wassertiefen der Windparks (<20m) mit dem Vorkommen von Makrophytobenthos zu rechnen, das dann entsprechend bei den Begleituntersuchung mit einbezogen werden muss. Auch hier bietet sich der Einsatz von visuellen Methoden (Video, Photos) an, um Artenzusammensetzung und Bedeckungsfläche zu bestimmen.

**Aufwuchs:**

Der Aufwuchs an den Piles und auf den Fundamenten wird mit optischen Geräten (Photo / Video) und mit Kratzproben erfasst. Hierbei ist der Einsatz von Tauchern geeignet, da hierdurch eine gezielte Beprobung gewährleistet ist. Die Quantifizierung der Proben erfolgt über die Fläche (Maßstab im Photo oder Video und Messung der abgekratzten Fläche). Die Probennahme soll in drei verschiedenen Wassertiefen durchgeführt werden: Oberfläche, mittlere Tiefe und in der Nähe des Meeresbodens.

**Fischfauna:**

Zur Untersuchung der Fischfauna werden Grundschleppnetz (Maschenweite Innensteert: 2 cm) und Baumkurre eingesetzt, da das Hauptaugenmerk auf den demersalen Arten liegen soll. Für die Baumkurrenfänge können die Fänge zur Erhebung der Epifauna verwendet werden (Beschreibung der Baumkurre s.o.). Die Kombination der Baumkurre mit dem Einsatz eines Grundschleppnetzes gewährleistet im hohen Maße eine quantitative Erfassung der demersalen Fischfauna. Hierbei erfasst die Kurre die Plattfische, insbesondere die Jungfische, während

das Grundschieppnetz auch größere und schnellere Rundfische wie Wittling und Kabeljau fängt. Zur Quantifizierung der Fänge werden die Positionen und Zeiten, an denen das Gerät an Grund ist und an denen das Gerät vom Grund abhebt, festgehalten (Quantifizierung möglichst über die abgedeckte Schleppfläche, wenn nicht möglich, Standardisierung über die Zeit).

### **3.1.2 Zeitrahmen und Probenumfang**

In Anlehnung der allgemeinen Voraussetzungen unter 2.2 ergibt sich für die Untersuchungen der Lebensgemeinschaften am Meeresboden folgender Zeitrahmen:

<b>0. Referenzphase</b>	<b>Charakterisierung des Suchraumes sowie Auswahl und Festlegung des Standortes eines Pilot-Windenergieparks (Baugebiet) und eines geeigneten Referenzgebiets.</b> Einmalige Erfassung des Arteninventars, der Habitatstruktur und Sedimentcharakteristika. Für Makrobenthos am besten im Frühjahr. Für die Fischfauna am besten im Sommer. Für die kombinierte Erfassung Benthos/Fisch bietet sich der frühe Herbst als Kompromiss an. Die Referenzphase kann mit der Vorphase zusammengefasst werden.
<b>1. Vorphase</b>	<b>Charakterisierung und Erfassung der Naturausstattung im Bau- und Referenzgebiet und der vom Bau unbeeinflussten Entwicklung der Lebensgemeinschaften in der jahreszeitlichen Dynamik.</b> ( 3 Beprobungen pro Jahr Frühjahr / Sommer / Herbst, Laufzeit 2 Jahre vor Baubeginn)
<b>2. Bauphase</b>	<b>Erfassung der relevanten Auswirkungen der Baumaßnahmen auf Umwelt und Natur, insbesondere auf die Lebensgemeinschaften und deren jahreszeitlichen Entwicklung.</b> ( 3 Beprobungen pro Jahr Frühjahr / Sommer / Herbst, Laufzeit während der gesamten Bauphase)
<b>3. Betriebsphase</b>	<b>Erfassung der betriebsbedingten Auswirkungen auf Umwelt und Natur, insbesondere der möglichen Veränderungen in den Lebensgemeinschaften</b> ( 2 Beprobungen im Jahr Frühjahr / Herbst, Laufzeit 3-5 Jahre)

Referenzphase:

Die Referenzphase ist notwendig, um mit Hilfe einer grundlegenden Beschreibung eines größeren Suchraumes den Standort des Pilot-Windenergieparks und ein geeignetes Referenzgebiet festlegen zu können. Die Infauna sollte in einem groben Raster beprobt werden. Dabei werden 3 Greifer pro Station genommen, um die hohe Variabilität zwischen Probe und Probe zu glätten. Die Größe des Rasters sollte einen Abstand von ca. 1 x 1 m nicht überschreiten. Die Anzahl der Stationen richtet sich nach der Gesamtgröße des Untersuchungsgebiets. Eine Mindestzahl von 20 Stationen sollte dabei aus statistischen Gründen nicht unterschritten wer-

den. Die Anzahl der Baumkurrenfänge und die Anzahl der Grundscheppnetzfüge richten sich nach der Anzahl der ermittelten Infauna-Stationen. Auch hier sollte eine Mindestanzahl von 10 pro Gerät nicht unterschritten werden.

Die Anzahl der Videotransekte und der Photos richtet sich ebenfalls nach der Größe des Gebiets. Auch hier ist eine Mindestanzahl von 10 bis 20 Stationen sinnvoll. Eine Beprobung im Frühjahr vor dem Larvenfall charakterisiert die Lebensgemeinschaft im Gebiet am besten (Ausnahme: Sehr kalte oder sehr sturmreiche Winter). Für die Fischfauna wäre eine Beprobung während des Sommers zur Zeit der höchsten Wassertemperaturen sinnvoll, um die regelmäßig einwandernden Arten zu erfassen. Allerdings kann die Probennahme aus Kostengründen auch mit den Benthoserhebungen kombiniert werden, so dass eine Beprobung im frühen Herbst als gangbarer Kompromiss angesehen werden kann.

In Ergänzung zu den benthologischen Untersuchungen und Videoaufnahmen sollen flächendeckende Side Scan Sonar Aufnahmen durchgeführt werden (ggf. in Zusammenhang mit Baugrunduntersuchungen). Sie dienen zur flächendeckenden Beschreibung der Beschaffenheit und Homogenität der Sedimentoberfläche und liefern so wertvolle Hinweise zur Homogenität bzw. Heterogenität der möglichen Oberflächenhabitatstruktur.

Die Vorphase hat die Aufgabe, den Status quo ante des Gebiets detailliert zu beschreiben. Hierzu ist es auch notwendig, die jahreszeitliche Dynamik zu erfassen, so dass eine dreimalige Probennahme (Frühjahr, Sommer, Herbst) als gangbarer Kompromiss zwischen Arbeitsaufwand und wissenschaftlicher Notwendigkeit angesehen werden kann. Zur Erfassung des Benthos (Infauna / Epifauna) kann die Beprobung des Baugebietes und des Referenzgebietes mit zwei unterschiedliche Methoden erfolgen: Durch ein *Random Designs* wie bei UNDERWOOD (1992, 1996) beschrieben oder durch eine an den Piles orientierte Probennahme, wie sie z.B. in der *PARCOM-Richtlinie* von 1988 zur Untersuchung von Auswirkungen von Plattformen vorgeschlagen werden. Bei einem Probenraster soll, wie in der Referenzphase, eine Rastergröße von 1 x 1 m nicht überschritten und eine Mindestanzahl von 20 Stationen pro Gebiet (Eingriff/Referenz) nicht unterschritten werden. Bei besonders heterogener Sedimentstruktur oder Biotopvielfalt sowie in Gebieten mit bisher wenig untersuchten Lebensgemeinschaften muss der Untersuchungsumfang erhöht werden. Da die Lebensgemeinschaften durch die Referenzphase bereits bekannt ist, schlagen wir für diese Phase eine Mindestanzahl

von 2 Greifern pro Rasterpunkt (bzw. Probennahmepunkt) vor. Pro Gebiet (Eingriff/Referenz) sollen mindestens 10 Baumkurrenfänge und 10 Grundsleppnetzfänge durchgeführt werden. Für die Erfassung der demersalen Fischfauna mit geschleppten Geräten ist ein Probenahmedesign nach *Parcom-Richtlinien* nur sehr eingeschränkt möglich. Hier sollte die Probennahme in einem Raster erfolgen, das so angelegt ist, dass nach Aufstellung der Piles eine weitere Beprobung der Stationen möglich ist.

#### Bauphase:

Die Erfassung der relevanten Auswirkungen der Baumaßnahmen auf die Lebensgemeinschaften und deren jahreszeitliche Entwicklung umfasst drei Beprobungen pro Jahr (Frühjahr / Sommer / Herbst) und erstreckt sich über die gesamte Bauphase. Umfang und Dichte der Proben wie in der Vorphase.

Gesonderte Untersuchungen zur Bestimmung der Sedimentbeschaffenheit und des Einflusses von Trübungsfahnen werden je nach Bauverfahren für Fundamente oder je nach Verlegverfahren für Kabel festgelegt.

#### Betriebsphase:

Die Erfassung der relevanten Auswirkungen der Betriebsphase auf die Lebensgemeinschaften und deren jahreszeitlichen Entwicklung umfasst zwei Beprobungen pro Jahr (Frühjahr / Herbst) und erstreckt sich über einen Zeitraum von drei bis fünf Jahren. Der Umfang der einzelnen Probennahmen entspricht der in der Bauphase. Bei einer Rasterkartierung sollen aber zusätzlich Informationen über die kleinräumige und mittelmäßige Veränderung der In- und Epifauna durch die Piles, bzw. Fundamente gesammelt werden. Hierzu bedarf es zusätzlicher Proben an mindestens zwei Piles in Anlehnung an die *Parcom-Richtlinien*. Bei einer sehr heterogenen Benthosbesiedlung muss die Anzahl der Piles erhöht werden, so dass alle relevanten Strukturen erfasst werden.

Zur Untersuchung des Aufwuchs an den Piles bzw. Fundamenten sollen Photo/Video-Aufnahmen und Kratzproben genommen werden (mindestens von zwei Piles) in jeweils drei unterschiedlichen Wassertiefen (nahe Oberfläche, Mitte und nahe Meeresboden).

### **3.1.3 Aufbereitung und Darstellung der Ergebnisse**

Die in der Nord- und Ostsee zu erwartenden Arten sind in der Literatur mit wenigen Ausnahmen gut beschrieben. Eine Analyse der Greifer-, Baumkurren und Grundsleppnetzfänge bis

auf Artniveau ist daher in den überwiegenden Fällen möglich. Grundsätzlich ist eine Bestimmung bis auf das höchste taxonomische Niveau anzustreben. Die Biomasse wird als Feuchtwicht pro Art bestimmt. Für die Fischfauna ist eine Bestimmung des Größenspektrums pro Art ohne größeren Aufwand möglich und sollte daher durchgeführt werden, um mögliche Veränderungen im Größenspektrum dokumentieren zu können. Im Einzelnen sollten die folgenden Parameter bestimmt werden:

- **Anzahl der Arten und Artenzusammensetzung**
- **Individuenzahl pro Art**
- **Biomasse pro Art**
- **Größenzusammensetzung pro Art (bei Fischen)**

Die Aufarbeitung der Daten der In-, Epi- und Fischfauna erfolgt nach gängigen statistischen Methoden der Gemeinschaftsanalyse. Die Daten sollten auf Fläche bezogen sein. Falls eine Normierung der Grundschieppnetze auf abgedeckte Fläche nur schwer möglich ist, kann hier auch auf den Fangaufwand (Fangzeit) normiert werden. Folgende Daten getrennt nach Fanggerät sollen dargestellt werden:

- **Gesamtindividuenzahl pro Fläche**
- **Gesamtbiomasse pro Fläche**
- **Individuenzahl pro Art und Fläche**
- **Biomasse pro Art und Fläche**
- **Dominanzverhältnisse (bezogen auf Individuenzahl und Biomasse)**
- **Diversität / Eveness**

Zur Gemeinschaftsanalyse bietet sich die Clusteranalyse bzw. die Multidimensionale Skalierung an, die sich in der Charakterisierung von Lebensgemeinschaften und deren Veränderungen bewährt haben.



### 3.2 Rast- und Zugvögel ( Avifauna )

Vögel können potenziell auf sehr verschiedene Weise durch die Errichtung von Windenergieanlagen (WEA) im Offshore-Bereich beeinflusst werden. Dies gilt sowohl für Wasservögel als auch für Landvögel, welche Meeresgebiete auf ihrem Zug überfliegen. Denkbare Risiken sind (vgl. auch Tab. 2.1):

- **Gefahr der Kollision mit WEA (Vogelschlag) bei Flugbewegungen jeglicher Art (Vogelzug, Flüge zwischen Nahrungsgründen, Brut- und Rastgebieten)**
- **Barrierewirkung von WEA auf „Zugstraßen“ oder „Zerschneidung“ der Verbindungen zwischen verschiedenen Rast- und / oder Nahrungsgebieten**
- **Kurzfristiger Verlust von Lebensräumen (Rast-, Nahrungsgebiete) während der Bauphase und bei Wartungsarbeiten durch Versorgungsschiffe und evtl. Helikopter**
- **Langfristiger Verlust von Lebensräumen (Rast-, Nahrungsgebiete) aufgrund der Scheuchwirkung von WEA**
- **Verlust und Veränderung von Nahrungsgebieten benthosfressender Enten durch Veränderung der Bodenstruktur**
- **Verlust und Veränderung von Nahrungsgebieten fischfressender See- und Küstenvögel durch Veränderungen der Fischfauna**

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 verschiedener Untersuchungsmethoden erforderlich. Zunächst muss bekannt sein, wann sich wo wie viele Vögel welcher Arten aufhalten und wie deren Verhalten (Fluggewohnheiten, Störungsempfindlichkeit) aussieht. Hierzu sind eine Auswertung vorhandener Daten, Kartierungen der Vogelbestände auf See (Linientranssektkartierungen von Schiffen oder ggf. Flugzeugen aus) sowie optische, akustische und radargestützte Erfassungen der Flugbewegungen erforderlich.

Für die jeweiligen Einzelstandorte sind vorhandene Datenbanken (ESAS, IFM, IfV, küstennah auch Wasser- und Watvogelzählungen u.a.) bzw. demnächst der Atlas der Seevögel der Deutschen Bucht (GARTHE & HÜPPOP in Vorb.) bereits in der Referenzphase umfassend auszuwerten und in den folgenden Phasen durch detaillierte lokale Untersuchungen für jedes Planungsgebiet zu ergänzen.

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.

Die im gebietsübergreifenden BMU / UBA-Forschungsvorhaben und in der jeweiligen lokalen Voruntersuchung gewonnenen Erkenntnisse müssen bei der konkreten Planung des Offshore-Windenergieparks (ggf. Richtung der Reihen, Größe von Passageflächen) berücksichtigt werden.

### **3.2.1 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. Angesichts der hohen Variabilität von Vogelgemeinschaften auf dem Meer müssen daher die zu untersuchenden Flächen für Bau- und Referenzgebiet jeweils mindestens 200 km<sup>2</sup> groß sein. Bei einer quadratischen Fläche entspräche dies einer Kantenlänge von rund 15 km oder 7,65 nautischen Meilen (nm). Die Kantenlängen (nicht die Fläche!) des Untersuchungsgebietes müssen die tatsächlich zu bebauende Fläche allseitig jeweils um rund 25 % überragen. Die Größe des Untersuchungsgebietes ist ggf. entsprechend anzupassen. Das Referenzgebiet soll möglichst an die Untersuchungsfläche für das Baugebiet angrenzen. Im Hinblick auf die Vogelerfassung mittels Linientransekttechnik (s.u.) ist ein rechtwinkliger Grenzverlauf von Vorteil. In Einzelfällen (z.B. weit zerstreutes Vorkommen von Seetauchern) müssen die Flächen in Abstimmung mit unabhängigen Fachgutachtern weit größer als oben genannt gewählt werden. Hier können Flugzeugzählungen eine sinnvolle Ergänzung sein.

Erfassungen von Flugbewegungen durch optische, akustische und radargestützte Methoden sollten stationär von Schiffen oder besser von Plattformen aus möglichst im jeweiligen Zen-

trum von Bau- und Referenzgebiet erfolgen. Hierbei sollte ein Standort pro 200 km<sup>2</sup> ausreichen, 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 sollte 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.

### **3.2.2 Zeitrahmen**

Voruntersuchungen müssen sich über mindestens 2 Jahre erstrecken (Referenzphase und Status quo ante), gefolgt von Studien während der gesamten Bauphase. Für die Untersuchungen zu Auswirkungen und Anpassungsverhalten der Vögel nach dem Bau eines Windparks sind mindestens drei Jahre, besser fünf Jahre erforderlich (Betriebsphase) (vergl. Abb.1).

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.

- a) 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. Ggf. können *zusätzlich* Flugzeugzählungen erfolgen.
- b) Radaruntersuchungen: Auch wenn der gesamte Jahreslauf durch Untersuchungen abzudecken ist (mindestens zwei zeitlich möglichst nicht geblockte Erfassungen über 24 Stunden pro Monat), 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. Zu den Hauptzugzeiten muss jeweils mindestens 1 Woche pro Monat (7 Tage) mit je 24 Stunden/Tag gemessen werden. Wegen Seeganges (Schiffsbewegungen, Wellenreflexionen) werden Messungen mit dem Horizontalradar

(s.u.) nicht immer möglich sein (maximal bis 5 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 40 m-Schiff z. B. mindestens bis 8 Bft).

- c) 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 (entsprechend 25 % der Gesamtzeit). Bei küstennahen Standorten bzw. wenn eine Plattform zur Verfügung steht, sind zusätzlich „Seawatching“-Beobachtungen nach dem gleichen Zeitschema durchzuführen.

### 3.2.3 Erfassungsmethoden

- a) Linientransekterfassungen: 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 ggf. 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 und die Differenzierung ähnlicher Arten (z.B. Stern-/ Prachtttaucher, Fluss- / Küstenseeschwalbe, Trottellumme / Tordalk) ist vom Schiff aus sicherer als vom Flugzeug (vgl. z.B. WEBB & DURINCK 1992, PIHL & FRIKKE 1992). 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 fehlende Referenzwerte in vielen Bereichen (aus dem deutschen Nordseeraum liegen bisher keine großflächigen Erfahrungen und Zählungen vor), Bestimmungsprobleme (s.o.), die Gefahr, seltenere Arten in der Masse zu übersehen, und die Abhängigkeit von ruhigen Wetterlagen (vgl. z.B. PIHL & FRIKKE 1992). Zudem sind extrem gut geschulte Beobachter erforderlich.

*Schiffszählungen* sind nach standardisierten Methoden des ESAS-Projektes (TASKER et al. 1984, WEBB & DURINCK 1992, GARTHE & HÜPPOP 1996, 2000) durchzuführen. Hierzu wird ein seegängiges Schiff mit einer Geschwindigkeit von 8 – 16 Knoten 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 4 Bft (bzw. über „Seatstate“ 3) abubrechen. 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 (immer!) 300 m breiten Transekt, der links oder rechts der Kiellinie des Schiffes liegt, die anwesenden Vögel in 10 Minuten-Intervallen (bei Geschwindigkeiten über 12 kn in 5 Minuten-Intervallen) erfasst. Vögel außerhalb des Transekts sollten 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) vorgestellten Schnappschusstechnik für fliegende Vögel zu achten. 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 Kantenlänge 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 (vgl. Tab. 3.1 in WEBB & DURINCK 1992). Sie wird unter Umständen zur Dichtekorrektur erforderlich (s. u.).

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 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 (vgl. auch WEBB & DURINCK 1992). Dieses kann aber nur von einer *weiteren* Person geleistet werden, da sonst andere Vogelarten, vor allem häufig fliegende, übersehen werden. In solchen Gebieten sind daher zwei, besser drei Beobachter nötig. 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 Entfernungsschätzung senkrecht zur Kiellinie ist hier natürlich unsinnig.

Mit dem Fernglas sollten regelmäßig auch die Streifen zwischen den Transekten abgesehen werden, damit z.B. sehr lokale Konzentrationen benthosfressender Enten über kleineren Muschelbänken nicht übersehen werden (vor allem Ostsee!). Solche Schwärme sind gesondert zu notieren.

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

Die Transekte sollen mindestens 10 % des zu untersuchenden Gebietes abdecken, bei kleineren Untersuchungsgebieten (< 200 km<sup>2</sup>) muss ein höherer Anteil von bis zu 25% abgedeckt werden. Das entspricht bei der vorgeschriebenen Transektbreite von 300 m einem Abstand der einzelnen Transekte von 3 km, die bei kleinen Gebieten entsprechend kürzer gewählt werden muss – jedoch 1 km nicht unterschreiten sollte. 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.

*Flugzeugzählungen* erfordern sehr viel Erfahrungen und wir empfehlen ausdrücklich, bei entsprechenden Planungen erfahrene Arbeitsgruppen zu konsultieren, um verlässliche Daten zu gewinnen und den Datenverlust möglichst gering zu halten.

Da Flugzeugzählungen bisher kaum standardisiert sind, ist dringend eine allgemeine Kalibrierung der Methode zu fordern (einschließlich Abgleich von Schiffs- und Flugzeug-

zählungen). Generell ist eine Vorgehensweise in Anlehnung an PIHL & FRIKKE (1992) erforderlich. Die Flughöhe ist gebietsspezifisch dem zu erwartenden Artenspektrum anzupassen, wobei sich im Offshore-Bereich eine Höhe von 80-150 m als geeignet erwiesen hat. Für weitere Details (Fluggeschwindigkeit, Transekt-Abstand, Methode der Datenerfassung, Positionserfassung etc.) sind entsprechende Fachliteratur einzusehen bzw. Expertenbefragungen durchzuführen. Flugzeugzählungen können unseres Erachtens derzeit nur eine Ergänzung zu Zählungen von Schiffen aus sein. Sie könnten aber nach experimentellen Vergleichen mit Schiffszählungen an Bedeutung gewinnen.

Die Position des Flugzeuges sollte wie bei den Schiffszählungen automatisch per GPS-Gerät mit Speicherfunktion in 10 sec Abstand registriert werden. Alle Zeitangaben erfolgen aus Gründen der Vergleichbarkeit mit der ESAS-Datenbank in UTC.

b) Radaruntersuchungen: Vogelzugbewegungen wie auch Flüge nahrungssuchender Vögel, Flüge zwischen Nahrungs- und Rastgebieten etc. können anhand kontinuierlicher Radarbeobachtungen registriert werden. Hierbei sind sowohl ein Überwachungsradar (mit horizontal drehender Antenne) zur Feststellung der Flugrichtung und -intensität als auch ein Höhenradar (mit vertikal drehender Antenne) zur Analyse der Flugintensität in verschiedenen Flughöhen einzusetzen. Radaruntersuchungen gestatten eine Erfassung der Vogelbewegungen und die Dokumentation etwaiger Ausweichmanöver.

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 auf Plattformen zurückgegriffen werden sollte. Bei festen Standorten ist ggf. eine Ausblendung der Wellenreflexionen zu empfehlen, z.B. durch eine Blende aus Aluminiumblech. Speziell bei einem Standort dicht über der Wasseroberfläche kann das Radargerät dann auch bei stärkeren Winden eingesetzt werden.

Nach derzeitigem Kenntnisstand müssen die verwendeten Radargeräte eine Leistung (nominal peak power output) von mindestens 10 kW für Höhenradar und mindestens 25 kW (notfalls 10 kW) für horizontales Radar haben. Bewährt haben sich Antennen mit einem Öffnungswinkel von  $25^\circ \times 1,2^\circ$  und einer Sendefrequenz von etwa 9,4 GHz. Bevorzugter



Arbeitsbereich (range) sollte 1,5 nm oder 3 nm sein (bei besonderem Bedarf – z.B. bei niedrig fliegenden Vögeln auch 0,75 nm). Eine entsprechende Anweisung ist in Vorbereitung.

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 an Videoaufzeichnungen des Überwachungsradar-Bildschirms zu erstellen.

Zur Ermittlung der relativen Flugintensität sollte alle 5 min eine Hardcopy des Bildschirms angefertigt werden, um eine spätere Auswertung von Flugrichtungen und -höhen zu gewährleisten. Alle Zeitangaben erfolgen aus Gründen der Vergleichbarkeit wiederum in UTC. Zur Qualitätskontrolle ist eine Kalibrierung des Gerätes nachzuweisen.

Sichtbeobachtungen / Erfassung von Flugrufen: Radarmessungen erlauben keine Bestimmung der Arten. Deshalb müssen während des Tages die Artenspektren durch parallele Sichtbeobachtungen ermittelt werden. Zur Eineichung des Radargerätes muss hierbei versucht werden, die mit Hilfe eines Fernglases identifizierten Vögel bestimmten Signalen auf dem Radarbildschirm zuzuordnen. Zugleich sind hierbei in Anlehnung an das „Seawatching“ (s.u.) die Artenspektren und die Anzahl der Vögel in einem definierten Sichtfenster, das den Bereich vom Horizont bis zu einer Winkelhöhe von 45° abdeckt, aufzunehmen. Hierfür soll ein Fernglas 10 x 40 mm (oder mit größerer Öffnung) verwendet werden. 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 kartografisch zu erfassen.

Während der Nacht müssen Zugrufe erfasst werden, um einen Überblick über das nächtliche Artenspektrum zu bekommen. Zwischen dem Beobachter am Radargerät und dem Beobachter, der sich optischer bzw. akustischer Erfassung widmet, muss Sprechkontakt bestehen.



- c) 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) sowie DIERSCHKE (1991). Mit einem Spektiv werden alle Vögel registriert, die in dem definierten Sichtfenster (vorgegeben durch die Vergrößerung und den Sichtwinkel des Spektivs: zu verwenden ist ein Weitwinkel-Spektiv mit 30x Vergrößerung und mindestens 80 mm Öffnung) vorbeiziehen. Hierbei erhält man einen Überblick über Artenspektren, Flugrichtungen (Kompass!) und Flugintensitäten. Möglichst sollten auch die Flughöhen geschätzt werden. Wegen der Schwankungen auf Schiffen ist der Einsatz von Spektiven, und damit das Durchführen von „Seawatching“ i.e.S., nicht möglich.

Eine Dokumentation der Beobachterstandorte auf den benutzten Schiffen / Plattformen durch Fotografien 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 vorgeschlagenen 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 bei verschiedensten Wetterlagen ausscheiden.

### 3.2.4 Auswertung und Darstellung der Daten

Die Originaldatensätze aus den Schiffs-, Flugzeug- und Radarzählungen sollen in standardisierter Form erstellt werden, die der ESAS-Datenbank bzw. einer noch zu erstellenden „Zugdatenbank“ entspricht

Jeweils für die Untersuchungsflächen des Bau- *und* des Referenzgebietes sind zudem zu erstellen:

#### a) *Linientransekterfassungen*

- 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). Für schwimmende Vögel

ist bei den Dichteberechnungen eine Korrektur nach BUCKLAND et al. (1993) vorzunehmen. Sie berücksichtigt die Tatsache, dass weiter vom Schiff entfernte Vögel eher übersehen werden als Vögel, die dichter am Schiff schwimmen. Die Faktoren können aus STONE et al. (1995: Tab. 3.5) übernommen oder aus den eigenen Kartierungen (nur bei großem Stichprobenumfang) errechnet werden.

- Kartographische Darstellung der Dichten (Berechnung s.o.) bzw. Individuen pro kartiertem km nach Monaten getrennt für die häufigsten Arten. Geographischer 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“.
- Vergleich der eigenen Untersuchungen mit vorhandenen Daten (ESAS, BMU / UBA-Projekt, Nordsee-Atlas).

#### *b) Flugbeobachtungen*

- Liste der beobachteten Vogelarten nach Tag und Nacht und nach Monaten getrennt.
- Darstellung der mittleren relativen Flugintensitäten (jeweils mit Wertebereich und Stichprobengröße) für jede Beobachtungsnacht und –tag in Tabellenform (möglichst mit Angabe der ermittelten Hauptarten). Darstellung der mittleren relativen Flugintensität im Tagesverlauf (nach Monaten zusammengefasst, jeweils mit Wertebereich und Stichprobengröße). Wegen der Keulenform des Radarstrahls sind entsprechende Korrekturen vorzunehmen (Richtlinien in Vorbereitung).
- Darstellung der relativen Flughöhenverteilung (in Stufen von 50 m) für jede Beobachtungsnacht und –tag in Tabellenform oder in Grafiken und für Monate gemittelt (wiederum ebenfalls tageszeitliche Verteilung). Wegen der Keulenform des Radarstrahls sind entsprechende Korrekturen vorzunehmen (Richtlinien in Vorbereitung).
- Darstellung der relativen Flugrichtungsverteilung für jede Beobachtungsnacht und –tag in Tabellenform oder in Grafiken und für Monate gemittelt (wiederum ebenfalls tageszeitliche Verteilung).
- Entsprechende Aufbereitung der „Seawatching“-Beobachtungen getrennt für die häufigsten Arten / Artengruppen.
- Während der 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 (BMU / UBA-Projekt)

### 3.3 Marine Säuger

Viele marine Säugetierarten orientieren sich und/oder kommunizieren über hydroakustische Signale. Einer der möglichen Belastungspfade für marine Säuger ist die Emission von Schall in den Wasserkörper durch den Bau und den Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen. Je nach Frequenzspektrum, Schallpegel und Ausbreitungscharakteristika der Schallemission ist eine Beeinträchtigung der Tiere, bzw. deren Orientierung und/oder deren Kommunikation zu besorgen. Allerdings ist der Wissensstand über derartige mögliche Zusammenhänge noch sehr gering. Die Projektgruppe OffshoreWEA schlägt deshalb eine Vorgehensweise vor, die eine mögliche Beeinträchtigung der Tiere durch Offshore-Windenergieanlagen insofern abschätzen lässt, indem auf der einen Seite die Schallemission und deren Charakteristika gemessen und beurteilt werden und auf der anderen Seite das Vorkommen der marinen Säuger in den betroffenen Gebieten zu verschiedenen Zeiträumen erfasst wird. Folgende Schritte werden als praktikable Lösung angesehen:

- **Erfassung des Vorkommens mariner Säuger im betroffenen Seegebiet und Referenzgebiet sowie der Nutzung des Lebensraumes in den maßgeblichen Phasen (Vorphase, Bauphase, Betrieb...)**
- **Messung der hydroakustischen Hintergrundbelastung am jeweiligen Standort und im Referenzgebiet.**
- **Messung der Schallemission via Körperschall und luftgetragenen Schall ins Wasser (Frequenzspektren und Schallpegel).**
- **Ausbreitungsrechnung für die zu erwartende Schallimmission und Gegenüberstellung mit der unter Punkt 1 gemessenen standortspezifischen Hintergrundbelastung**

Aus der artenreichen Gruppe der marinen Säugetiere sind im Bereich der deutschen Nord- und Ostsee lediglich der Schweinswal (*Phocoena phocoena*) sowie die Kegelrobbe (*Halichoerus grypus*) und der Seehund (*Phoca vitulina*) heimisch. Weitere marine Säugetierarten können im genannten Bereich vorkommen, sind dort aber nicht heimisch oder aber nur mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit anzutreffen.

Die grundlegende Fragestellung, die im Rahmen einer Status quo Untersuchung geklärt werden muss, ist die Festlegung der Bedeutung des Suchraumes und des Baugebietes für die oben genannten Arten. Bestimmte Gebiete können hinsichtlich der Nahrungssuche, der Fortpflanzung sowie der Aufzucht des Nachwuchses, des innerartlichen Sozialkontaktes, aber auch in

bezug auf Wanderungsbewegungen von besonderer Bedeutung für die marinen Säugetiere sein (im folgenden Text wird diese Nutzung des Lebensraumes als Habitatnutzung bezeichnet). Eine diesbezügliche Beurteilung bestimmter Meeresgebiete anhand externer (d.h. von den marinen Säugetieren unabhängigen) Parametern ist bislang nicht möglich, da nicht geklärt ist, welche dieser Parameter für die Raumnutzungsstrategie der Tiere entscheidend sind.

Die Umweltbelastung soll - dem Stand der Technik entsprechend -minimiert werden. Im Laufe der Zeit mögen eingehende Untersuchungen belegen, dass der entsprechende Nachweis entfallen oder der Aufwand verringert werden kann. Zunächst gilt es jedoch, mit Hilfe von WEA- Hintergrundgeräuschdaten und Erkenntnissen zu Audiogrammen Entscheidungs- und Bewertungsgrundlagen zu schaffen.

### **3.3.1 Zeitrahmen und Größe des Untersuchungsgebietes**

Aufgrund der geringen Datenlage zum Vorkommen und zur Habitatnutzung mariner Säuger in der Nord- und Ostsee wäre eine auf mindestens 4 Jahre ausgedehnte Voruntersuchung für den jeweiligen Standort wünschenswert (2 Jahre Untersuchungen zum Vorkommen, 2 Jahre für die Untersuchungen zur Habitatnutzung). Aus praktikablen Gründen wird ein an den anderen Untersuchungen ausgerichteter Zeitrahmen vorgeschlagen.

Gezielte Felduntersuchungen zur Erfassung des Vorkommens sollten in der Referenzphase und *Vorphase* (siehe Abb.1) mindestens über einen Zeitraum von 24 Monaten erfolgen, da sowohl von einer jahreszeitlichen als auch interannuellen Dynamik im Vorkommen der Tiere auszugehen ist. Die Erfassung der Habitatnutzung mit Hilfe von Klickdetektoren muss aus den oben genannten Zeitgründen parallel erfolgen. Während der gesamten Bauphase erfolgen ebenfalls Untersuchungen zum Vorkommen und zur Habitatnutzung. Der Untersuchungszeitrahmen während der Betriebsphase sollte mindestens 3, besser 5 Jahre betragen.

Für alle Untersuchungen sind identische Untersuchungen in einem Referenzgebiet erforderlich, das vergleichbare Abmessungen und ozeanographische Parameter (Salzgehalt, Temperatur) aufweisen sollte. Die Distanz zwischen den Gebieten muss je nach zu erwartender akustischer Einwirkungsreichweite gewählt werden. Die Bestandserfassung der Bestandsdichte erfolgt mittels einer visuellen Erfassung (Schiff oder Flugzeug), wobei mindestens eine Erfas-

sung pro Monat bei entsprechenden Witterungsbedingungen (siehe Methoden) nötig ist. Diese können mit den ornithologischen Zählungen verbunden werden. Während der Fortpflanzungsperiode der Kleinwale sollten zusätzliche Sichterfassungen erfolgen.

Die Größe des zu untersuchenden Gebietes richtet sich nach der Größe des Baugebietes und der zu erwartenden Ausdehnung des durch Schallemissionen beeinflussten Gebietes. Die intensivsten Schallemissionen sind während der Bauphase zu erwarten. Basierend auf Messungen während der Errichtung von Offshore WEAs vor Schweden ist eine Schallausbreitung und Wahrnehmbarkeit von mindestens 10 km um die WEAs als wahrscheinlich anzusehen. Eine entsprechende Einwirkfläche vom 10 x 10 km sollte durch die visuelle Erfassung abgedeckt werden. Die Ausdehnung dieser Fläche variiert mit den zu erwartenden Schallemissionen, beispielsweise aufgrund unterschiedlicher Sedimenttypen, Bauverfahren und WEA-Typen.

Die Untersuchungen zur Habitatnutzung erfolgen mittels stationärer Klickdetektoren. Diese können in einem maximalen Abstand von 600-700 m ausgebracht werden.. Ausgewählte Bereiche sollten so mit mindestens 12 Geräten untersucht werden. Die Anzahl untersuchter Bereiche ist von der Größe des Baugebietes abhängig. Bei der derzeit verfügbaren Geräteversion muss der Datenspeicher nach spätestens 4-6 Wochen ausgelesen werden; gleichzeitig ist eine Wartung sowie ein Austausch der Energieversorgung erforderlich. Eine Verlängerung der Wartungsintervalle sowie ein größerer Maximalabstand ist aufgrund kontinuierlich verbesserter Versionen der Klickdetektoren absehbar.

### 3.3.2 Methoden

#### Bestandserfassung

Die Erfassung des Vorkommens der marinen Säugetiere (Schweinswale, Seehunde, Kegelrobben) kann grundsätzlich mit Hilfe visueller oder akustischer Methoden erfolgen.

#### Allgemeines zur visuellen Erfassung:

Die visuelle Erfassung des Vorkommens von marinen Säugern kann prinzipiell von Bord eines Schiffes oder per Flugzeug vorgenommen werden. Bei der visuellen Erfassung der Tiere im Suchraum sollte die "Linientranssektuntersuchungs"-Methode ("line-transect" Methode) angewandt werden (detailliert beschrieben in BUCKLAND et al. (1993) und HIBY & HAMMOND (1989), siehe auch HAMMOND ET AL. (1995)). Diese Methode kann sowohl von einem Schiff, als auch von einem Flugzeug aus eingesetzt werden. Aufgrund der geringeren Witterungsabhängigkeit ist jedoch die Erfassung von einem Schiff aus zu bevorzugen.

Diese Methoden ermöglichen die Bestimmung der Abundanz mariner Säugetiere. Dabei wird von der Anzahl gesichteter Tiere mit Hilfe des Korrekturfaktors  $g(0)$  auf die tatsächliche Anzahl von Tieren im Untersuchungsgebiet geschlossen.

In dem Untersuchungsgebiet sollten aus statistischen Gründen mindestens 8-10 Transekte parallel zueinander verlaufen. Der Mindestabstand zwischen den Transekten muss so gewählt sein, dass es zu keiner Überschneidung der erfassten Bereiche kommt (z.B. mindestens doppelte "Streifenbreite" als Abstand zwischen zwei benachbarten Transekten). Die visuelle Erfassung von Schweinswalddenken ist nur bis zu Windstärke (Beaufort) 3 bei guten Sichtbedingungen (z.B. nicht bei Nebel oder Regen) sinnvoll durchführbar, da ansonsten die Sichtungswahrscheinlichkeit zu gering ist. Die Windbedingungen müssen für die einzelnen Ausfahrten dokumentiert und bei der Auswertung der Datensätze berücksichtigt werden.

Die visuelle Erfassung von Bord eines Schiffes aus ist mit mindestens 3 Beobachtern durchzuführen; eine solche Erfassung ermöglicht die Bestimmung der relativen Dichte im Untersuchungsgebiet. Anstelle von absoluten Dichtewerten wird somit lediglich die Anzahl gesichteter Tiere pro Schiffs- oder Flugkilometer errechnet. Eine Aussage über die Bedeutung des untersuchten Gebietes kann dann nur in Relation zu anderen, vergleichbar untersuchten Gebieten getroffen werden, eine Korrelation zur absoluten Dichte im Untersuchungsgebiet nur

durch eine vergleichbare Untersuchung in einem Gebiet mit bekannter - und statistisch ausreichend abgesicherter - absoluter Dichte.

Die Erfassung erfolgt in dem Bereich vor dem Schiff bis zu einem Winkel von 90° zu beiden Seiten des Schiffes mit Hilfe von Ferngläsern. Die Geschwindigkeit des Schiffes sollte für Schiffszählungen erfahrungsgemäß (siehe SCANS, HAMMOND 1995) zwischen 8-10 Knoten liegen, die Standhöhe der Sichtungsplattform bei mindestens 7 m. Die Höhe der Sichtungsplattform ist entscheidend für die Breite des erfassten Bereichs ("Streifenbreite").

Während der Schiffszählungen sollen die folgenden Daten gesammelt werden:

- **Anzahl und Art der gesichteten Tiere**
- **Entfernung der Tiere zum Schiff**
- **Winkel zur Fahrtrichtung des Schiffs**
- **Uhrzeit und Position der Sichtung**
- **Verhalten der Tiere**
- **Wind und Wellengang**
- **Witterungsverhältnisse**
- **Name des Beobachters**

Darüber hinaus werden regelmäßig vom Schiff aus:

- **Temperatur des Oberflächenwassers**
- **Salzgehalt des Oberflächenwassers**

gemessen werden. Diese Messungen können problemlos während der Fahrt durchgeführt werden.

Bei einer visuellen Erfassung vom Flugzeug aus muss zur Bestimmung des Korrekturfaktors mit 2 Flugzeugen gleichzeitig ein Tandemflug mit je 3 Beobachtern durchgeführt werden. Bei den Flugzählungen ist die Erfassung des Bereichs unterhalb des Flugzeuges bedeutend. In diesem Zusammenhang hat sich der Einsatz von Flugzeugen mit sogenannten "bubble-windows" bewährt, die eine freie Sicht aller Beobachter nach unten ermöglichen. Die Flughöhe sollte unter 200m betragen, die Fluggeschwindigkeit ca. 160 km/h.

#### Allgemeines zur akustischen Erfassung:

Das Vorkommen von Schweinswalen kann von einem Schiff aus darüber hinaus mit Hilfe von Schlepphydrophonen in Kombination mit einem akustischen Detektionsgerät (Klickdetektor)

erfasst werden. Da auch bei dieser Methode eine Analyse nach der Linientranssektuntersuchungsmethode durchgeführt werden sollte, müssen mindestens zwei Schlepphydrophone gleichzeitig eingesetzt werden, um mit Hilfe einer speziellen Auswerteeinheit eine Richtungs- und Entfernungsbestimmung durchführen zu können. Mit Hilfe eines einzelnen Klickdetektors kann - vergleichbar der visuellen Schiffszählung mit nur 3 Beobachtern - die relative Dichte der Schweinswale im Untersuchungsgebiet ermittelt werden. Da sich beide Methoden ergänzen, sollten die Hydrophone bei jeder visuellen Erfassung simultan eingesetzt und die Ergebnisse miteinander abgeglichen werden.

### **Erfassung der Habitatnutzung**

Die kontinuierliche Erfassung der Habitatnutzung durch Schweinswale sollte mit Hilfe von autonomen Klickdetektoren durchgeführt werden, die stationär ausgebracht werden können und die hochfrequenten akustischen Emissionen ("Klicks") der Schweinswale kontinuierlich registrieren. Die Auswertung der aufgezeichneten Daten einzelner Klickdetektoren ermöglicht Aussagen über die Häufigkeit des Auftretens von Tieren im Erfassungsbereich des Gerätes sowie eine grobe Charakterisierung ihrer Aktivitäten. Durch eine kombinierte Auswertung mehrerer Klickdetektoren, deren Erfassungsbereich sich überschneidet oder aneinandergrenzt, kann zusätzlich die tatsächliche Anzahl der Tiere bzw. Tiergruppen und ihre Verweildauer in dem betreffenden Gebiet ermittelt sowie eine genauere Charakterisierung ihres Verhaltens durchgeführt werden. Der flächendeckende Einsatz dieser Geräte in einem Kernbereich des gesamten Suchraumes ermöglicht so Aussagen über die Art der Habitatnutzung und über die Bedeutung des Gebietes für die Tiere. Eine Absicherung der Geräte gegen Verlust durch Fischerei kann durch eine Betonung der Geräte und den Ausschluss fischereilicher Aktivitäten aus dem Gebiet erzielt werden.

### **Abiotische Randparameter :**

Aus Mangel an ausreichenden Kenntnissen über die für die Tiere entscheidenden Habitatparameter müssen hydrographische Parameter (Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoffgehalt) im Untersuchungsgebiet regelmäßig erfasst werden (Messungen der Oberflächenwerte sind z.B. während der Sichtungsfahrten vom Schiff aus durchführbar). Darüber hinaus sollten die Erkenntnisse über die Fischfauna im Untersuchungsgebiet in Relation zu den vorhandenen Kenntnissen über die Nahrungspräferenz der marinen Säugetiere gestellt werden, da so weitere Rückschlüsse auf die Bedeutung des Gebietes gezogen werden können.



### **3.3.3 Messung von Schall und Schwingungen / Ausbreitungsrechnung**

Für den Betrieb der Windenergieanlagen ist der Eintrag von Körperschall und möglicherweise auch von Luftschall in das Gewässer relevant. Dabei soll auch die Bildung von Interferenzen berücksichtigt werden. Zur Vermeidung des Verlusts von möglichen Habitatflächen für u.a. Säugetiere soll das Untersuchungsprogramm auch konkrete Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung nachteiliger Schall- und Schwingungswirkungen zum Gegenstand haben.

Im Rahmen der projektspezifischen Untersuchungen sollen standortbezogene (Immissions-) wie auch schallquellenbezogene (Emissions-) Messungen durchgeführt werden. Über Ausbreitungsrechnungen wird -mit Hilfe von Daten zur Schallemission der WEA und geeigneter Modelle- die zu erwartende Immission der WEA prognostizierbar. Kombiniert mit Erkenntnissen zu natürlichen Hintergrundgeräuschen wird damit die Umweltrelevanz der Emission von Offshore-WEA bewertet- und vergleichbar.

#### **Messungen der Hintergrundgeräusche**

Vor Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen sollen standortbezogene Messungen der natürlichen Hintergrundgeräusche in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit und der Wassertiefe erfolgen, wobei unter dem Begriff Hintergrundgeräusche die Summe auf marine Organismen wirkender Immissionen vor (bzw. ohne) Betrieb des Offshore-Windparks zu verstehen ist. Als weitere zu messende Parameter sind insbesondere Wellengang, Salzgehalt und Temperaturverlauf anzusehen. Derzeit liegen nur begrenzt entsprechende Daten vor, mit denen die Immissionen, wie z. B. Meeresumgebungsrauschen, quantifiziert werden können. Aus ökonomischer Sicht sind diese Messungen vor Errichtung und Betrieb der Anlagen sinnvoll, da ansonsten ggf. für die Messungen der gesamte Windpark und alle Aggregate abgeschaltet werden müssten. Über die Windgeschwindigkeitsabhängigkeit kann rechnerisch der Bezug zum Betriebszustand (Höhe der Leistungsabgabe) der Windenergieanlagen hergestellt werden.

#### **Emissionsmessungen**

Messungen zur Erfassung der Quellstärke sollen zunächst an Prototypen der Offshore WEA, die voraussichtlich vorab an Land getestet werden, durchgeführt werden. So können konstruktive Veränderungen an den Anlagen in Bezug auf Reduzierung der Pegelhöhe, Vermeidung von Resonanzfrequenzen und, soweit bekannt, von störenden Frequenzen frühzeitig rea-

lisiert werden. Durch die Messungen sind die für die Ausbreitungsrechnung benötigten Parameter zu ermitteln.

### **Ausbreitungsrechnung**

Bei der Ausbreitungsrechnung ist der Einfluss der Wassertiefe auf die Abstrahlung und die Ausbreitung von Geräuschen zu berücksichtigen.

Die an den Prototypen gewonnenen Ergebnisse sollen dann im Meer in der Pilotphase des Pilot-Windenergieparks verifiziert werden, um Modellannahmen zur Ausbreitungsrechnung und die Wirksamkeit der eingeleiteten Maßnahmen unter realen Verhältnissen überprüfen zu können.

### **3.3.4 Darstellung und Auswertung der Daten zu Schall / Meeressäugern**

Darstellung und Auswertung der projektspezifischen standort- und schallquellenbezogenen Messungen sowie der zugehörigen Ausbreitungsrechnung sollten sich für Luftschall grob an den bei WEA-Errichtungen an Land geforderten Immissionsschutznachweisen orientieren.

Die Bewertung möglicher schädlicher, von Windenergieanlagen ausgehender Einwirkungen auf marine Organismen, sollte in Relation zu den natürlichen Hintergrundgeräuschen und dem Hörbereich mariner Lebewesen erfolgen. Auf dem gegenwärtigen Kenntnisstand ist eine, durch Ergebnisse von Untersuchungen untermauerte, Definition von Grenzwerten für relevante Umweltbelastungen (vergleichbar den Immissionsrichtwerten der TA-Lärm) nicht möglich. Ebenso ist unter Wasser der „Einwirkungsbereich“ von Offshore-WEA nicht definiert.

Auf der Grundlage der beschriebenen Messungen und der Ausbreitungsrechnung lassen sich jedoch Bereiche um die Anlagen ermitteln, außerhalb derer nur noch mit unter den Werten der natürlichen Hintergrundgeräusche liegenden Immissionspegeln zu rechnen ist. Die Größe dieser Areale hängt von der Intensität und Frequenz der Schallemission der WEA ab und ist damit leistungs- und windgeschwindigkeitsabhängig.

#### **4. Zusammenfassende Tabelle**

Als Überblick und Zusammenfassung sind in der Tab. 4.1 die im Text erläuterten Messprogramme noch einmal stichwortartig zusammengefasst.



Tab. 4.1: Zusammenfassung der Messprogramme (Teil 1: Benthos und demersale Fischfauna)

Schutzgüter	Untersuchungsziele / Organismengruppe	Untersuchungsphase	Zeitraum	Referenz-gebiet	Methode / Geräteeinsatz	Saison	Parameter
Benthos und demersale Fischfauna	Evertebrate Infauna	Vorphase Bauphase Betriebsphase	2 Jahre Dauer Bauphase 3-5 Jahre	Ja	0,1m <sup>2</sup> van Veen (3 pro Station) = 0,3m <sup>2</sup> . Kastengreifer (mind. 3 pro Station) = 0,3m <sup>2</sup> . Gesiebt in 2 Fraktionen (500um + 1000um)	Spätwinter od. Frühjahr, Sommer, Herbst. Betriebsphase: Spätwinter od. Frühjahr, Herbst	Anzahl der Arten Abundanz pro Art Biomasse pro Art
	Evertebrate Epifauna	Vorphase Bauphase Betriebsphase	2 Jahre Dauer Bauphase 3-5 Jahre	Ja	Baumkurre mit Vorlaufkette, Maschenweite 1 cm. Video+Phototransekte. Bauphase / Betriebsphase : + Kratzproben von Piles und Fundamenten.	Spätwinter od. Frühjahr, Sommer, Herbst. Betriebsphase: Spätwinter od. Frühjahr, Herbst	Anzahl der Arten Abundanz pro Art Biomasse pro Art Bedeckungsfläche
	Demersale Fischfauna	Vorphase Bauphase Betriebsphase	2 Jahre Dauer Bauphase 3-5 Jahre	Ja	Baumkurre mit Vorlaufkette Maschenweite 1 cm. Grundschieppnetz mit Innensteert 2 cm .	Spätwinter od. Frühjahr, Sommer, Herbst. Betriebsphase: Spätwinter od. Frühjahr, Herbst	Anzahl der Arten Abundanz pro Art Biomasse pro Art Größenverteilung pro Art

Tab. 4.1: Zusammenfassung der Messprogramme (Teil 2: Vögel)

Schutzgüter	Untersuchungsziele / Organismengruppe	Untersuchungsphase	Zeitraum	Referenzgebiet	Methode / Geräteeinsatz	Saison	Parameter
Vögel	Rastvögel	Vorphase Bauphase Betriebsphase	2 Jahre Vorphase, gesamte Bauphase, 3-5 Jahre Betriebsphase	Ja	Linientranssektzählungen von Schiffen aus nach international standardisierter Methode an 4 (mind. 2) Tagen pro Monat, evtl. ergänzende Zählungen von Flugzeugen aus	Ganzjährig	Arten, Abundanzen, evtl. Tagzug
	Vogelzug, Nahrungs- und Rastplatzflüge	Vorphase Bauphase Betriebsphase	2 Jahre Vorphase, gesamte Bauphase, 3-5 Jahre Betriebsphase	Ja	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 (10 -) 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 Messschwerpunktewegen lokaler Besonderheiten auch zu anderen Zeiten	Flugintensität, Flugrichtungen, Flughöhen, Verhalten in Bezug zu laufenden Anlagen

Tab. 4.1: Zusammenfassung der Messprogramme (Teil 3: Marine Säugetiere)

Schutzgüter	Untersuchungsziele / Organismengruppe	Untersuchungsphase	Zeitraum	Referenzgebiet	Methode / Geräteeinsatz	Saison	Parameter
Marine Säugetiere	Schallimmission	Vorphase	1 Jahr	Ja	Messung der hydroakustischen Hintergrundbelastung	Standortabhängig (Phasen geringen und hohem Schiffsverkehrs-aufkommen, wenn ermittelbar, und unterschiedlicher Wetterlagen)	Schallpegel und Frequenzen (0,1 Hz bis 150 KHz)
			Abdeckung des gesamten Leistungsumfangs der WEA	Nein	Messen der Schallabstrahlung eines WEA-Prototyps an Land und Ausbreitungsrechnung für geplanten Meeresstandort		Schallpegel und Frequenzen (0,1 Hz bis 150 KHz)
		Bauphase	Dauer Bauphase	Ja	Messung der Schallemission durch Bauaktivitäten (Rammarbeiten, Einspülen...)	während typischer Bauaktivitäten	Schallpegel und Frequenzen, Ausbreitungscharakteristika
		Betriebsphase	2-5 Jahre	Ja	Messung der Schallemission	unterschiedliche Windregime und Auslastungsgrade der Anlage	Schallpegel und Frequenzen, Ausbreitungscharakteristika
	Marine Säugetiere	Vorphase Bauphase Betriebsphase	2 Jahre Dauer Bauphase 2-5 Jahre	Ja	Visuelle Erfassung: "Line-transect"-Methode. Akustische Erfassung: Klickdetektoren – stationär und geschleppt	Mindestens 1x pro Saison; Juni bis August monatlich	Abundanz und Habitatnutzung

## 5. Literatur

- BUCKLAND, S.T.; ANDERSON, D.R.; BURNHAM, K.P. & J.L. LAAKE. (1993): Distance sampling: Estimating abundance of biological populations. Chapman & Hall, London. 446 S.
- CAMPHUYSEN, C.J. & van DIJK, J. (1983) Zee- en kustvogels langs de Nederlandse Kust. *Limosa* 56: 81-230.
- DIERSCHKE, V. (1991) Seawatching auf Helgoland. *Ornithol. Jahresber. Helgoland*, 1: 49-53.
- EHRICH, S. (2000): Auswirkungen von Offshore-Windkraftanlagen auf die Fischfauna. Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Institut für Seefischerei, Hamburg (Internes Papier zum Workshop auf Vilm).
- EHRICH, S., HOFFMANN, J., KAFEMANN R., PIPER, W., RUNGE K., THOMSEN, F. UND ZAUKE, G.-P. (2001): „Untersuchungs- und Monitoringkonzept zur Abschätzung der Auswirkungen von Offshore-Windparks auf die marine Umwelt, Entwurf Stand 1.5.2001.
- GARTHE, S. & O. HÜPPOP (1996): Das „Seabirds-at-Sea“-Programm. *Vogelwelt* 117: 303-305.
- GARTHE, S. & O. HÜPPOP (2000): Aktuelle Entwicklung beim Seabirds-at-Sea-Programm in Deutschland. *Vogelwelt* 121: 301-305.
- GERLACH, S.A. (1972): Die Produktionsleistung des Benthos in der Helgoländer Bucht. Verhandlungsbericht der Deutschen Zoologischen Gesellschaft, 65: 1-13.
- GRAY, J.S. (1981): The ecology of marine sediments. Cambridge University Press 1981, 185pp.
- HAMMOND, P.S.; BENKE, H.; BERGGREN, P.; BORCHERS, D.L.; BUCKLAND, S.T.; COLLET, A.; HEIDE-JØRGENSEN, M.P.; HEIMLICH-BORAN, S.; HIBY, A.R.; LEOPOLD, M.F. & N. ØIEN. (1995): Distribution and abundance of the harbour porpoise and other small cetaceans in the North Sea and adjacent waters. Final Report LIFE 92-2/UK/027. October 1995. 64pp.
- HEIP, C., BREY, T., CREUTZBERG, F., DITTMER, J., DÖRJES, J., DUINEVELD, G. KINGSTON, P. MAIR, H., RACHOR, E., RUMOHR, H., THIELEMANN, L. & VANOSMAEL, C. (1985): Report on an intercalibration exercise on sampling for macrobenthos. *ICES CM* 1985/L:19.
- HIBY, A.R. & P.S. HAMMOND. (1989): Survey techniques for estimating abundance of cetaceans. *Rep. Int. Whal. Commn (Special Issue 11)*: 47-80.
- KUBE, J.(2000): Konzeption naturschutzrelevanter Untersuchungen zur Offshore-Windenergienutzung. Bundesamt für Naturschutz, 21pp.
- MERK, T. & NORDHEIM, H.von (1999): Probleme bei der Nutzung von Offshore-Windenergie aus der Sicht des Naturschutzes. *Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Suppl.* 10,1999.
- 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.
- PILGRIM, D.A., PARRY, D.M., JONES, M.B. & KENDALL, M.A. (2000): ROV Image Scaling with Laser Spot Patterns. *Journal of Society for Underwater Technology*, 24(3): 93-103.
- PIEPENBURG, D. & JUTERZENKA, K. (1994): Abundance, biomass and spatial patterns of brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea) on the Kolbeinsey Ridge north of Iceland. *Polar Biol.* 14: 185-194.
- RUMOHR, H. (1998): Soft bottom macrofauna: Collection, treatment and quality assurance of samples.- *ICES, Techniques in environmental sciences*, 8: 1-17.
- SCHRÖDER, A. (1995): Das Makrozoobenthos am West-Gamma-Wrack in der äußeren Deutschen Bucht. Zum Fischereieinfluß auf eine Bodenfaunagemeinschaft der Nordsee.



- Dipl.-Arbeit Rheinische Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn / Alfred-Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung Bremerhaven, 115pp.
- STONE, C.J., WEBB, A., BARTON, C., RATCLIFF, N., REED, T.C., TASKER, M.L., CAMPHUYSEN, C.J. & PIENKOWSKI, M.W. (1995): An atlas of seabird distribution in north-west European waters. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.
- 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.
- UMWELTBUNDESAMT (2001): Gliederungsvorschlag für Anträge auf Errichtung von „Offshore-Windenergieanlagen“ Stand April 2001, Berlin, unveröffentlicht
- UNDERWOOD, A.J. (1992): Beyond BACI: the detection of environmental impacts on the populations in the real, but variable, world.- *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 161: 145-178.
- UNDERWOOD, A.J. (1996): Detection, interpretation, prediction and management of environmental disturbances: some roles for experimental marine ecology.- *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 200: 1-27.
- 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.

## **6. Gliederungsvorschlag für Anträge auf Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen**

(Umweltbundesamt, Berlin, Stand April 2001)

- I. Allgemeine Beschreibung des Vorhabens
  - Lage und Größe
  - Abstand zu Anlagen Dritter
  - Technische Darstellung der Windenergieanlagen
  - Technische Darstellung der Fundamente
  - Technische Darstellung der elektrischen Infrastruktur (windparkinternes Netz, Netzanbindung, Umspannstationen und Kabeltypen)
  - Aufstellungskonzept
  - Betriebskonzept (Steuerung, Wartungskonzept, technische Störungen, Abfallentsorgung (Art, Menge und Entsorgungswege))
  - Rückbaukonzept
  - Zeitplan
  - Beschreibung der möglichen Emissionen und Emissionsquellen
- II. Beschreibung der Meeresumwelt am Standort und im Einwirkungsbereich einschließlich der Vorbelastung durch menschliche Nutzung darzustellen
  - A. Beschreibung der Bodenverhältnisse am Standort (Boden der Nordsee, Boden des Wattenmeeres, Boden des Festlandes, Grundwasser)
  - B. Beschreibung des Wasserkörpers (Wasserkörper der freien Nordsee, Wasserkörper des Wattenmeeres)
  - C. Beschreibung Flora und Fauna:
    - Phytoplankton und Phytobenthos
    - Zooplankton und Zoobenthos
    - Fische
    - Vögel (Brut, Nahrungssuche/Rast, Vogelzug)
    - Meeressäuger
  - D. Beschreibung besonders geschützter Bereiche
  - E. Beschreibung der Landschaft/Landschaftsbild
  - F. Beschreibung Klima, Luft
  - G. Beschreibung physikalischer Parameter (Geräusche, elektrische und magnetische Felder, Licht und Schatten)
- III. Beschreibung der vorhandenen und geplanten Nutzung am Standort und im Einwirkungsbereich (Fischerei, Schifffahrt, militärische Nutzung, Erholung, Bergbau und Energiewirtschaft, sonstige Seekabelrichtfunktrassen, Radarüberwachung).

- IV. Beschreibung der baubedingten Auswirkungen auf die Meeresumwelt am Standort und im Einwirkungsbereich:
- A. Boden
  - B. Wasserkörper (Hydrographie, Wasserqualität)
  - C. Flora und Fauna
    - Vegetation,
    - Zooplankton und Zoobenthos,
    - Fische,
    - Vögel (Brut, Nahrungssuche, Rast, Vogelzug, Vogelschlag),
    - Meeressäuger
  - D. Besonders geschützte Bereiche, Landschaft
  - E. Auswirkungen physikalischer Parameter
    - Schall und Schwingungen,
    - elektrische und magnetische Felder
    - Licht und Schatten
- V. Beschreibung der betriebsbedingten Auswirkungen auf die Meeresumwelt am Standort und im Einwirkungsbereich  
(zur Gliederung siehe Kapitel IV)
- VI. Beschreibung der bau- und betriebsbedingten Auswirkungen auf die vorhandene und geplante Nutzung am Standort und im Einwirkungsbereich
- VII. Technische und organisatorische Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung von Auswirkungen auf die Meeresumwelt
- VIII. Technische und organisatorische Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung von Auswirkungen auf vorhandene und geplante Nutzungen
- IX. Risikostudie für Schiffsunfälle (Schadensfall: Austritt wassergefährdender Stoffe)
- Risiko eines Schiffsunfalls
  - Mögliche Auswirkungen eines Unfalls für die regionale Meeresumwelt
  - Speziell auf den Offshore-Windenergiepark ausgerichtete organisatorische und konstruktive Maßnahmen zur Vermeidung / Verminderung nachteiliger Wirkungen auf das Meeresökosystem (z.B. Standortwahl, Sicherung der Windenergieanlagen und des Windenergieparks, Konfiguration des Windenergieparks, schiffskörpererhaltendes Kollisionsverhalten der Windenergieanlage, Interventionsmöglichkeiten bei Unfällen)
- X. Vergleich und Prüfung von Alternativen
- Alternative Standort
  - Alternative technische Konzepte

- Alternative organisatorische Konzepte

XI. Wissenslücken und Unsicherheiten

XII. Programm zur Erfassung der Auswirkungen des Windenergieparks auf Fauna und Flora (Vor-, Begleit- und Monitoringuntersuchungen am geplanten Standort und in einem Referenzgebiet)

- Referenz- und Vorphase (Fragestellungen, Organismengruppen, Art und Umfang der Untersuchungen, Zeitplan)
- Bauphase (Fragestellungen, Organismengruppen, Art und Umfang der Untersuchungen, Zeitplan)
- Betriebsphase (Fragestellungen, Organismengruppen, Art und Umfang der Untersuchungen, Zeitplan)

XIII. Fachliche Beurteilung der Gesamthematik

## **7. Begriffe und Definitionen**

### **Pilot-Offshore-Windenergiepark (kurz Pilot-Windpark):**

Ein Pilot- Offshore-Windenergiepark ist ein Teil eines voll ausgebauten Offshore-Windenergieparks. Für den Erkenntnisgewinn zu offenen Fragen zum Meeresschutz und für die Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf Ausbaustufen sind ausreichend dimensionierte Pilotphasen notwendig. Je nach Standort muss ein ausgewogenes Verhältnis zwischen dem Vorsorgeprinzip (möglichst geringe Zahl von Einzelanlagen), der Wirtschaftlichkeit und einer wissenschaftlich begründeten Mindestanlagenzahl angestrebt werden.

### **Suchraum:**

Großflächiges Meeresgebiet, in dem nach einem geeigneten Baugebiet für einen Pilot-Offshore-Windenergiepark oder für einen Offshore-Windenergiepark im Endausbau sowie nach einem geeigneten Referenzgebiet gesucht wird. Der Suchraum kann über das Plangebiet hinausgehen

### **Plangebiet:**

Meeresgebiet, in dem der Bau eines Offshore-Windenergieparks im Endausbau geplant wird. Das Plangebiet beinhaltet das Baugebiet für einen Pilot-Windpark.

### **Baugebiet:**

Meeresgebiet, in dem zunächst ein Pilot-Offshore-Windenergiepark gebaut werden soll. Es kann sich zu ggZ. auch auf den Endausbau eines Offshore-Windenergieparks beziehen.

### **Referenzgebiet:**

Ein dem Baugebiet ähnliches Meeresgebiet, das von den möglichen Auswirkungen des Pilot-Offshore-Windenergieparks oder des Offshore-Windenergieparks im Endausbau weitgehend unbeeinflusst ist.

**Einwirkfläche:**

Gebiet, in dem die möglichen Auswirkungen des Pilot-Offshore-Windenergieparks oder des Offshore-Windenergieparks im Endausbau auf die Schutzgüter zu erwarten oder messbar sind.

**Referenzphase:**

Zeitraum der vor-Ort-Untersuchungen, in dem der Suchraum mit dem Ziel untersucht wird, ein geeignetes Bau- und Referenzgebiet zu identifizieren.

**Vorphase:**

Zeitraum der vor-Ort-Untersuchungen, in dem die von einem Anlagenbau und -betrieb unbeeinflusste Situation im geplanten Baugebiet und im Referenzgebiet untersucht wird.

**Bauphase:**

Zeitraum vom Baubeginn bis zur Fertigstellung voll funktionsfähiger technischer Anlagen (u.a. Windenergieanlagen, Transformatoren, Kabel)

**Betriebsphase:**

Zeitraum ab Inbetriebnahme der technischen Anlagen (u.a. Windenergieanlagen, Transformatoren, Kabel)