

# Flugzeugzählungen zur großflächigen Erfassung von Seevögeln und marinen Säugern als Grundlage für Umweltverträglichkeitsstudien im Offshorebereich

Ansgar Diederichs<sup>1</sup>, Georg Nehls<sup>1</sup> & Ib Krag Petersen<sup>2</sup>

## 1 Einleitung

Die Verabschiedung des Erneuerbare Energien Gesetzes hat der Entwicklung der Windenergie in Deutschland einen starken Schub gegeben. Da der Ausbau der Windenergie an Land durch die Verfügbarkeit geeigneter Flächen begrenzt wird und die Windverhältnisse auf See zudem eine bessere Energieausbeute versprechen, werden seit einigen Jahren Windenergieparks auf hoher See geplant. Die Bundesregierung und zahlreiche Umweltverbände sehen in der Entwicklung der Offshore-Windnutzung einen wichtigen Beitrag zur Umstellung der Energieversorgung auf regenerative Energieträger. Ziel der Bundesregierung ist es, bis 2010 2.000 bis 3.000 Megawatt und langfristig bis zu 25 Gigawatt Windstrom offshore zu produzieren (Bundesregierung 2002). Dies könnte dann 20% des derzeitigen deutschen Strombedarfs decken. Die genannten Dimensionen verdeutlichen, dass die geplante Entwicklung der Offshore-Windenergienutzung sehr große Flächen in Anspruch nehmen könnte. Es ist daher von besonderer Bedeutung, dass bei der Entwicklung der Offshore-Windenergienutzung die Belange des Naturschutzes geprüft und Konflikte vermieden werden. Mit der Neufassung des Bundesnaturschutzgesetzes hat der Bundestag den Ausbau der Offshore-Windenergienutzung auch ausserhalb der Hoheitsgewässer UVP-pflichtig gemacht und zugleich die Möglichkeit gegeben, Schutzgebiete in der Ausschliesslichen Wirtschaftszone Deutschlands auszuweisen. Sowohl für die Prüfung der Umweltverträglichkeit, wie auch für die Ausweisung von Schutzgebieten gilt es, in relativ kurzer Zeit aussagekräftige Daten zu erheben, die eine Ermittlung des Konfliktpotenzials und der Schutzwürdigkeit von Seegebieten ermöglichen. Seevögel und Schweinswale zählen dabei zu den Artengruppen für die Schutzverpflichtungen durch das EU-Umweltrecht bestehen und sowohl für die Konfliktanalyse wie die Ausweisung von Schutzgebieten im Vordergrund stehen.

Für die Bewertung eines Windparkstandortes, wie für die Abgrenzung künftiger Schutzgebiete sind Angaben über räumliche und zeitliche Verteilungsmuster dieser Arten somit wichtige Entscheidungsgrundla-

gen. Die räumliche Skala und die zeitliche Frequenz der Untersuchungen entscheidet dabei über die Aussagekraft der Daten. Im Hochseebereich fehlen geomorphologische Habitatabgrenzungen und die Verbreitung von Seevögeln und marinen Säugern erstreckt sich, sofern sie nicht an bestimmte Flachwassergebiete im Küstenbereich gebunden sind, über sehr weite Bereiche. Für die Prüfung, ob ein Seegebiet von besonderer Bedeutung für Seevögel oder marine Säuger ist, sind daher Methoden gefordert, die sehr großflächig Anzahl und Verteilung der Tiere innerhalb einer möglichst kurzen Momentaufnahme aufzeigen können.

Seevögel und marine Säuger können auf dem offenen Meer vom Schiff oder vom Flugzeug aus erfasst werden. In Nord- und Ostsee sind Schiffzählungen bislang die traditionelle Methodik, die auch innerhalb des ESAS-Programms (European-Seabirds-at-Sea) weitgehend standardisiert ist (TASKER et al. 1984, WEBB & DURINCK 1992). Die ESAS-Datenbank liefert Basisinformationen zur großräumigen Verteilung und relativen Dichte von Seevögeln auf See (TASKER et al. 1984, WEBB et al. 1990, CAMPHUYSEN & LEOPOLD 1994; SKOV et al. 1995, STONE et al. 1995, OFFRINGA et al. 1995, MITSCHKE et al. 2001). Trotz einer festgeschriebenen Standardmethode beinhaltet sie jedoch sehr heterogenes Material, da die Erfassungsmethoden zwischen verschiedenen Beobacherteams zum Teil voneinander abweichen (VAN DER MEER & CAMPHUYSEN 1996), die Auswertung der Daten keinem einheitlichen Standard folgen und die verfügbare Datenmenge regional und zeitlich sehr unterschiedlich ist. Für aktuelle Bestandsaufnahmen in definierten Seegebieten haben Schiffzählungen zudem das Problem, dass pro Tag nur sehr kleine Bereiche abgefahren werden können. Bei weit verteilten Arten wie Seetauchern und Schweinswalen können Schiffzählungen daher innerhalb weniger Jahre kaum aussagekräftige Daten für die Bewertung eines bestimmten Standorts gewinnen.

Flugzeugzählungen wurden in der Vergangenheit insbesondere zur Kartierung spezieller Arten(gruppen) eingesetzt, die ein geklumpertes Verteilungsmuster mit individuenreichen Schwärmen aufweisen (z.B. Eiderenten, Brandgänse, etc.). Solche „Total surveys“ (PIHL & FRIKKE 1992) werden v.a.

im Bereich der Küstengewässer eingesetzt. Die Entwicklung des Global Positioning System (GPS) ermöglicht im Offshore-Bereich Daten mit einer hohen räumlichen Auflösung zu gewinnen. Auf Transektflügen entlang paralleler Linien werden alle Tiere innerhalb definierter Streifen zu beiden Seiten des Flugzeugs gezählt und exakten geografischen Positionen zugeordnet (NOER et al. 2000). Im Offshorebereich decken solche Flüge innerhalb kurzer Zeit große Meeresflächen ab, so dass die Verteilung der Tiere an einem Tag unter konstanten Bedingungen erkannt werden kann.

In dieser Arbeit stellen wir eine standardisierte Methodik zur Erfassung von Seevögeln und Meeressäugern aus dem Flugzeug vor. Entwickelt wurde die Methode vom dänischen National Environmental Research Institute (NERI), das Untersuchungen zu Offshore-Windkraftanlagen unter dem Einsatz von Flugzeugzählungen durchgeführt hat (KAHLERT et al. 2000; NOER et al. 2000; PETERSEN & CLAUSAGER 2000). Die Untersuchungen wurden von der Offshore-Bürgerwindpark „Butendiek“ GmbH & CO. KG in Auftrag gegeben, die einen Windpark in der Nordsee 30 km westlich der Insel Sylt plant.

## 2 Methode

### 2.1 Untersuchungsfläche

Vor Beginn der Feldarbeiten wird das Untersuchungsgebiet in parallele zwei bis fünf km weit auseinanderliegende Transekte eingeteilt, so dass eine gleichmäßige Abdeckung gewährleistet ist. Die Wendepunkte werden im GPS des Flugzeugs abgespeichert und dienen der Navigation während des Fluges. Die Orientierung der Transekte wird so ausgerichtet, dass sie Tiefenlinien und Frontensysteme des Wasserkörpers senkrecht schneiden. Die hohe Geschwindigkeit des Flugzeugs von ca. 180 km/h erlaubt es, in kurzer Zeit eine große Fläche zu erfassen. Für die hier vorgestellte Untersuchung haben wir ein Fläche von 2.500 km<sup>2</sup> ausgewählt, die durch 16 ost-west-orientierte 54 km lange Transekte in drei km Abstand abgedeckt wird. Eine Ausdehnung des beflogenen Bereichs ist möglich, in dem die Transektabstände

auf Kosten der räumlichen Auflösung vergrößert werden. Wenn die Möglichkeiten es zuließen, haben wir die Zählungen nach der Hälfte der Flugzeit für eine Pause unterbrochen, da besonders bei niedrigen Dichten der zu erfassenden Arten die Konzentration der Zähler nach zwei bis drei Stunden deutlich nachlässt.

Sichtbedingungen werden laufend notiert, da Gegenlicht, Nebel, Dunkelheit, etc. die Erfassung der Tiere erheblich behindern kann.

### 2.2 Flugzeugtyp

Aus Sicherheitsgründen werden Offshore-Erfassungen nur mit zweimotorigen Flugzeugen durchgeführt.

Die Flughöhe beträgt 78 m (250 ft). Die Geschwindigkeit liegt bei 180 km/h (90 bis 100 kn). Die Methode ist für eine mindestens viersitzige hochflügelige Propellermaschine mit normalen Fenstern ausgelegt, die einen maximalen Blickwinkel von 60° nach unten ermöglichen (z.B. Partenavia).

Flugzeuge mit nach außen gewölbten Scheiben, sogenannten bubble-windows erlauben es, über einen Winkel von 60° hinaus unter das Flugzeug zu schauen (maximal 85°).

Diese Scheiben erleichtern die Erfassung, da die Tiere früher gesehen werden können. Je steiler der Blickwinkel ist, desto kürzer ist die Beobachtungszeit. Deswegen ist die Erfassungswahrscheinlichkeit der Tiere über einem Winkel von 60° erniedrigt. Sichtungen aus diesem Bereich zwischen 85 und 60° werden einem gesonderten Transektband zugeordnet.

### 2.3 Erfassungsbedingungen

Die Erfassungsbedingungen werden wesentlich durch die Witterung bestimmt. Voraussetzung für eine gute Erfassung ist eine ruhige Wasseroberfläche. Daher wird nur bis zu einer maximalen Windgeschwindigkeit von zehn Knoten (~ fünf m/s) gezählt. Die Wasseroberfläche der See muss so glatt sein, dass die Wellenkämme sich nicht brechen. Sobald die Wellen sich brechen und weiße Schaumkronen entstehen (auf der Seegangsskala von Petersen oberhalb 2,5), sind die Bedingungen so stark eingeschränkt, dass eine Erfassung unmöglich wird. Die Sicht sollte fünf km nicht unterschreiten. Für die Zählung mariner Säuger ist es zudem wichtig, dass die Lichtbedingungen ausreichend sind, um die Tiere unterhalb der Wasseroberfläche erkennen zu können.

Dünung nach Tagen mit starkem Wind hat keinen negativen Einfluss, solange die Wellen sich nicht brechen. Änderungen der Erfassungsbedingungen, wie z.B. Seegangänderungen, werden unter Angabe der exakten Uhrzeit auf Diktafon gesprochen.

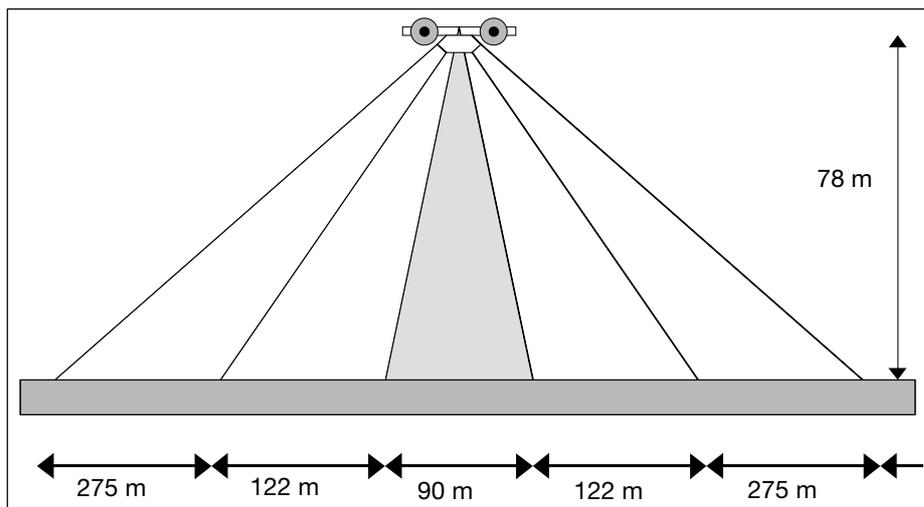


Abb. 1: Mit Hilfe von Winkelmessern eingemessene Transektbänder bei einer Flughöhe von 78 m.

Fig. 1: Transect bands measured by inclinometers at the flight altitude of 78 m.

	Band A	Band B	Band C
Entfernung zum Flugzeug	45 – 167 m	168 – 442 m	443 - 1500 m
Transektbandbreite	122 m	275 m	1057 m

Tab. 1: Transektbreiten bei Zählungen vom Flugzeug.

### 2.4 Erfassungsmethode

Drei Zähler erfassen kontinuierlich alle Vögel und Säuger. Ein Zähler sitzt auf der linken Seite hinter dem Piloten und zwei Zähler auf der rechten Seite (Co-Pilotensitz und dahinter). Da sich im Verlauf der Untersuchung zeigte, dass in der sechssitzigen Partenavia das Blickfeld hinter den beiden nebeneinander sitzenden Zählern nicht beeinträchtigt ist, wurde die Position des dritten Zählers vom Co-Pilotensitz auf die Rückbank verlegt, so dass diese Person vor Beginn jeden Transektes je nach Lichtbedingungen auf die Seite mit den optimalsten Zählbedingungen wechseln kann.

Vor Beginn einer Zählung erhält jeder Zähler eine digitale Stopuhr, deren Zeit sekundengenau mit der Zeit des GPS synchronisiert ist. Die Zähler sprechen alle Beobachtungen auf Diktafone. Bei Vogelsichtungen werden Art (und wenn möglich Alter und Geschlecht), Anzahl, Verhalten, Abstandsklasse und Zeit der Beobachtung auf die Sekunde genau festgehalten. Auf jeder Seite des Flugzeugs werden 90° zur Flugrichtung drei Abstandsklassen (Transektbänder) mit Hilfe von prismatischen Winkelmessern eingemessen (Abb. 1):

Band A: 60° bis 26°

Band B: 25° bis 11°

Band C: 10° bis zur Mitte zwischen den Transekten (in unserem Fall 1.500 m (entspricht 3°).

Die Breite der Abstandsklassen ist in Tabelle 1 dargestellt. Zur Auswertung werden

nur Transektseiten mit guter Sicht herangezogen.

Bei dem Einsatz von Flugzeugen mit gewölbten Scheiben wird ein zusätzliches Transektband D (von 60° bis 85°, entspricht einer Breite von 38 m) eingeführt.

Die Erfassung konzentriert sich auf die Abstandsklassen A und B. Beobachtungen in C beziehen sich auf größere Tiere (z.B. Basstölpel) oder Schwärme (z.B. Trauerenten).

Das Verhalten der beobachteten Vögel wird in vier verschiedenen Kategorien erfasst: schwimmen, (ab)tauchen, flüchten und fliegen.

Werden Meeressäuger gesehen, so wird ihr Abstand zum Flugzeug über den Winkel zum Flugzeug bestimmt. Dazu werden prismatische Winkelmessern verwendet. Art, Anzahl, Winkel auf ein Grad genau, Verhalten (abtauchen, fliehen, Tier unter Wasser/ Tier teilweise über Wasser) und sekundengenaue Uhrzeit werden auf Diktafon aufgezeichnet. Parameter, die die Verteilung der Tiere beeinflussen könnten, z.B. Schiffe, Frontenlinien zwischen Klar- und Trübwasser, Schaum oder Müllfronten, Ölflecken oder ähnliches werden sekundengenau aufgesprochen. Es wird versucht, jede Beobachtung mit einer Genauigkeit von höchstens vier Sekunden auf Band zu sprechen, was einer zurückgelegten Strecke von 206 m entspricht. Bei einer sehr hohen Vogeldichte werden Beob-

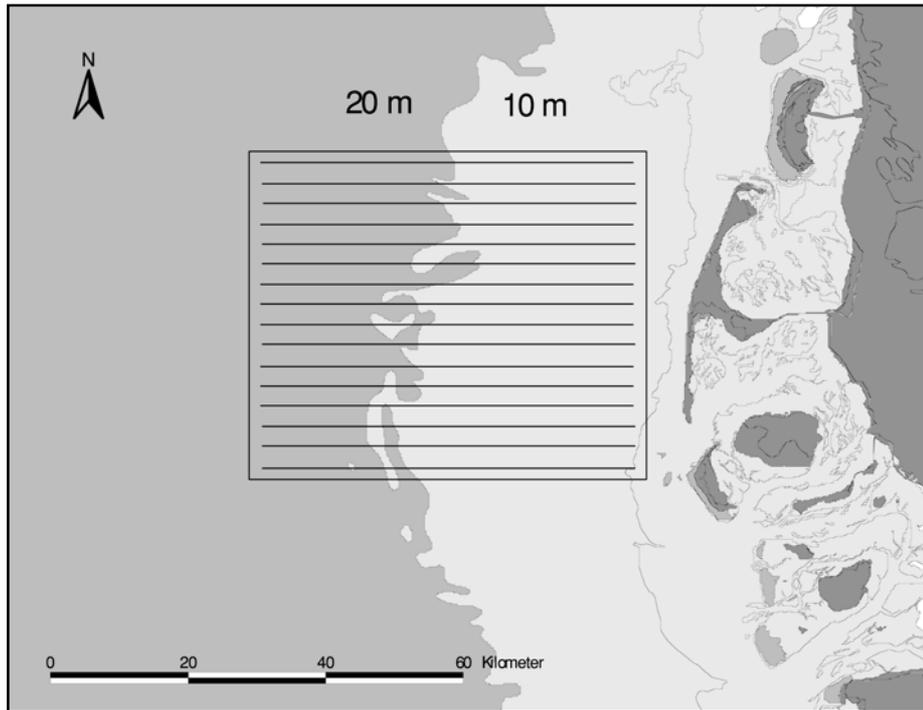


Abb. 2: Untersuchungsgebiet westlich von Sylt  
Fig. 2: Study area west of Sylt.

achtungen über maximal zehn Sekunden zusammengefasst (= 514 m).

Die Bestimmung der meisten Arten aus dem Flugzeug ist unproblematisch, setzt jedoch eine Gewöhnung an die Beobachtungsbedingungen voraus. Für eine präzise Durchführung der Zählung ist es daher wichtig, dass die Beobachter über sichere Artenkenntnis verfügen und mit Flugzeugzählungen vertraut sind. Neue Beobachter sollen daher erst auf Trainingsflügen für die Methode geschult werden.

Wenige einander sehr ähnliche Arten können vom Flugzeug aus kaum unterschieden werden. Sie werden zu folgenden Gruppen zusammengefasst:

Sterntaucher / Prachtaucher  
Trottellumme / Tordalk  
Spatelraubmöwe / Schmarotzerraubmöwe  
Flussseeschwalbe / Küstenseeschwalbe  
Immature Großmöwen

Flugdaten:

Während jeden Fluges nimmt ein GPS alle fünf Sekunden (entspricht alle 257 m) die Position in Längen- und Breitengraden auf ca. zwei Meter genau auf und speichert sie ab. Über die mit dem GPS synchronisierten Stoppuhren sind sämtliche Beobachtungszeiten mit einer exakten Position verknüpft.

## 2.5 Auswertung

Über die Verknüpfung von aufgezeichneter Beobachtungszeit und GPS-Zeit wer-

den in einem Geografischen Informationssystem (GIS) allen Beobachtungen Positionen zugeordnet. Die exakte Position jeder Beobachtung ist abhängig von Transektband und Flugzeugseite.

Die Verteilung der Tiere über das Untersuchungsgebiet wird in Punktkarten nach Arten getrennt abgebildet. Es werden zur Verteilungsdarstellung nur die Daten der beiden nebeneinander sitzenden Zähler herangezogen.

Zur Darstellung der Gebietsnutzung durch häufige Arten werden Zählungen in Gitternetz-karten kumulativ und nach Beobachtungsaufwand korrigiert dargestellt. Dazu wird das Untersuchungsgebiet bei einem Transektabstand von drei Kilometern in drei mal drei km große Gitterfelder eingeteilt und alle Beobachtungen für jedes Gitterfeld summiert. Mehrere Zählungen können in einer Gitternetz-karte zusammengefasst werden, indem entweder Maximalzahlen pro Zählung und Gitterfeld oder über den Beobachtungsaufwand mehrerer Zählungen gemittelte Werte pro Gitterfeld dargestellt werden. Strecken, auf denen einzelne Transektseiten durch Gegenlichtbedingungen eine eingeschränkte Sicht aufweisen, müssen bei der Auswertung berücksichtigt und die Daten gegebenenfalls verworfen werden.

Die Daten des auf dem Copilotensitz oder auf der Rückbank sitzenden Zählers dienen zum Abgleich der beiden hintereinandersitzenden Zähler und zur Abschätzung des Erfassungsgrads. Dazu werden die Daten zeitlich sortiert und auf Übereinstimmung in Zeit, Art und Transektband

geprüft. Beobachtungen beider Zähler von einer Art, die innerhalb eines Transektbandes liegen und nicht mehr als fünf Sekunden voneinander abweichen, werden als gemeinsame Beobachtung einer Art gewertet. Über das Verhältnis gemeinsamer und nur von einem Zähler gemachter Beobachtungen kann ein Erfassungsgrad abgeschätzt werden.

Mit Hilfe der Distance-Sampling Theorie nach BUCKLAND et al. (1993, 2001) können Dichten von Seevögeln und Meeressäugern berechnet werden.

Da für die Berechnung von Seevogeldichten viele Annahmen der Distance-Sampling Theorie nicht verifiziert werden können und kein Vergleichsmaterial vorliegt, haben wir bisher auf eine Dichteberechnung basierend auf Flugzeugzählungen weitestgehend verzichtet. In Kap. 3.1.1 wird beispielhaft für den Seetaucher eine Dichteberechnung vorgestellt.

## 3 Seevogel- und Meeressäugererfassung vom Flugzeug vor Sylt

Im Zeitraum von Januar bis April 2001 wurden gemäß der oben beschriebenen Methode Vögel und Meeressäuger vom Flugzeug aus in einem 2.500 km<sup>2</sup> großen Seegebiet westlich von Sylt erfasst (Abb. 2). Zum Einsatz kam entweder eine sechssitzige Partenavia mit normalen Fenstern oder eine Partenavia Observer aus Dänemark, die über sog. bubble-windows verfügt. Start- und Zielflughafen war Westerland auf Sylt.

Im Osten reicht das Gebiet bis sieben km an die Insel Sylt heran. Es wurde eine gesamte Transektlänge von 864 km geflogen.

### 3.1 Ergebnisse

Bei fünf Zählungen mit dem Flugzeug wurde insgesamt eine Strecke von 3.686 km gezählt (bei Transekten mit Gegenlicht wurde nur die halbe Strecke gewertet). Dabei konnten 24.451 Tiere in 25 Arten, bzw. Artengruppen gezählt werden (Tab. 2). Alleine die Trauerente nahm mit fast 16.000 Individuen 68 % der gezählten Tiere ein. Zweithäufigste Artengruppe waren Silbermöwen (2.160 Vögel, 9,2 %), wobei alleine am 29.1. ein Trupp von 1.000 Silbermöwen hinter einem Fischkutter beobachtet wurde. Es folgten die Seetaucher mit 2.098 Tieren (9 %). Trottellummen/Tordalke waren bei den ersten drei Zählungen mit je über 100 Individuen anwesend, im April aber weitestgehend abgezogen.

Im Folgenden wird beispielhaft die Verteilung von Seetauchern, Trauerenten und Schweinswalen vorgestellt.

Art	29.01.2001	10.02.2001	20.03.2001	09.04.2001	30.04.2001
gezählte km (nur Transektseiten mit Sicht)	648	868	540	758	872
Stern/Prachttaucher	116	72	869	444	597
Eissturmvogel	1	1	1	5	0
Basstölpel	1	0	0	144	4
Trauerente	5.936	6.194	1.152	2.503	25
Eiderente	26	169	681	0	0
Zwergmöwe	5	3	18	2	0
Lachmöwe	0	0	2	101	14
Sturmmöwe	1	0	1	28	2
Heringsmöwe	0	0	0	206	129
Silbermöwe	1.462	111	110	455	22
Mantelmöwe	9	1	7	15	9
Dreizehenmöwe	19	27	36	4	2
Möwe spec.	0	0	102	439	4
Brandseeschwalbe	0	0	2	40	297
Fluss/Küstenseeschwalbe	0	0	0	0	4
Trottellumme/Tordalk	186	105	107	14	0
Schweinswal	5	7	54	33	141
Seehund	4	2	26	5	28
Sonstige	0	20	4	19	5
Summe	7.771	6.712	3.172	4.457	1.283

Tab. 2: Anzahl der bei den Flugzeugzählungen erfassten Vögel.

Tab. 2: Number of birds counted from aerial observation.

### 3.1.1 Seetaucher

Vom Flugzeug aus sind Stern- und Prachttaucher nicht zu unterscheiden. Aufgrund ihrer übereinstimmenden Gebietsansprüchen (GLUTZ & BAUER 1982) wurden beide Arten als „Seetaucher“ zusammengefaßt. Nach SKOV et al. (1995) liegt der Anteil an Prachttauchern in der östlichen deutschen Bucht bei 20 – 50 %. MITSCHKE et al. (2001) geben den Anteil Prachttaucher im küstennahen Bereich mit 5 % wesentlich geringer an. Dieser Wert wird von VAUK et al. (1987) und AVERBECK et al. (1993) anhand von Totfunden entlang der deutschen Nordseeküste bestätigt.

Die Seetaucher zeigten gegenüber Flugzeugen kein Fluchtverhalten. Sie wurden zumeist einzeln oder in kleinen Trupps bis zu sechs Tieren gesehen. Am 20.3. wurde der größte Trupp mit 16 Individuen gezählt.

Die Taucher hielten sich in allen Bereichen des Untersuchungsgebietes auf, wobei im Bereich bis 20 km Entfernung zur Küste deutlich weniger Taucher als in den weiter westlich gelegenen Bereichen gesehen wurden.

Die Verteilung der Seetaucher im Untersuchungsgebiet war zwischen den einzelnen Zählungen deutlich unterschiedlich. Bei der Zählung am 20.3. wurde ein Konzentrationsbereich etwa entlang der 15 m Tiefenlinie in der Südhälfte des Untersuchungsgebietes deutlich, während am 9.4. die Vögel recht gleichmäßig über das

gesamte Untersuchungsgebiet verteilt waren (Abb. 3).

Die aus allen fünf Zählungen gemittelte Verteilung der Seetaucher in Abb. 4 bestätigt die sehr homogene Verbreitung der Vögel über das gesamte Untersuchungsgebiet mit Ausnahme eines ca. 12 km breiten Streifens am östlichen Rand des Gebietes.

#### Dichte

Für den Flug am 20.3. mit dem höchsten Seetauchervorkommen wurde eine Dichte berechnet (Tab. 3). Obwohl die Sichtungswahrscheinlichkeit mit dem Abstand zum Flugzeug abnimmt, wurden die Daten nicht mit Hilfe der Distance-Sampling-Theorie (THOMAS et al. 1998, BUCKLAND et al. 1993, 2001) korrigiert, da diese Theorie Annahmen voraussetzt, die nicht überprüft werden konnten (s.a. NOER et al. 2000).

Für die Dichteberechnung unabhängig der Sichtungswahrscheinlichkeit wurden folgende Grundannahmen gemacht:

1. Im ersten Transektband A werden alle Vögel unabhängig von ihrer Entfernung zum Flugzeug gesehen und erfasst. (In den beiden ersten Transektbändern A und B werden alle Vögel gesehen und erfasst.)
2. Die Vögel werden sofort erfasst; sie verschwinden nicht bevor sie erfasst werden und werden nicht doppelt erfasst.
3. Flughöhe, Entfernungs- und Winkelmessungen sind immer exakt.

Mit diesen Annahmen wurde sowohl die absolute Anzahl der in Transektband A als auch die Summe der in den beiden Abstandsklassen A und B gezählten Tiere durch die jeweils erfasste Fläche dividiert.

Unter der Annahme, dass alle Vögel im Transektband A erfasst wurden und die Vögel immer der richtigen Abstandsklasse zugeordnet wurden, lag die Dichte über das gesamte erfasste 2.500 km<sup>2</sup> große Gebiet gemittelt bei 4,9 Seetauchern pro km<sup>2</sup>. Werden die Transektbänder A und B zusammengefasst, so sinkt die Dichte auf 2,0 Seetaucher/km<sup>2</sup>. Dies verdeutlicht den zu erwartenden Effekt, dass der Erfassungsgrad mit zunehmender Entfernung zum Flugzeug auch innerhalb der erfassten Transekte deutlich abnimmt (BUCKLAND et al. 1993, 2001).

### 3.1.2 Trauerente

Trauerenten waren die mit Abstand häufigsten Vögel im Untersuchungsgebiet. Ihr Verbreitungsmuster blieb über 4 Zählungen sehr konstant. Bei der letzten Zählung am 30.04. waren fast keine Trauerenten mehr anwesend.

Die in Abb. 5 dargestellte mittlere Anzahl Trauerenten in drei mal drei km Gitterfeldern nach den fünf Flugzeugzählungen zeigt, dass die Enten konstant in einem 15 km breiten Streifen am östlichen Rand des Untersuchungsgebietes beobachtet wurden. Dabei lag die Hauptkonzentration im südlichen Bereich zwischen Westerland und

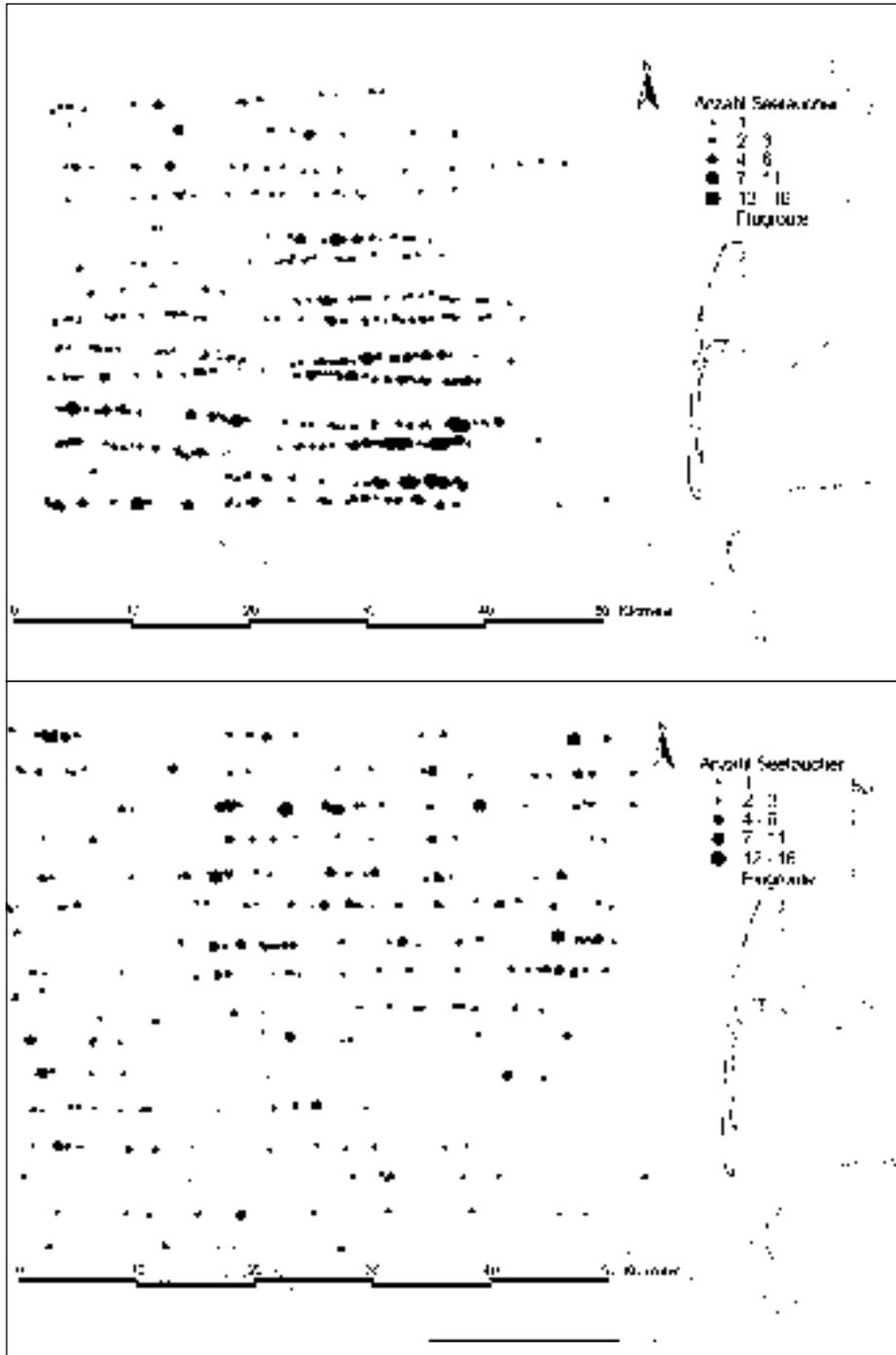


Abb. 3: Verteilung der Seetaucher bei Flugzeugzählungen vom 20.03.2001 (n = 869, oben) und vom 30.04.2001 (unten, n = 597).  
 Fig. 3: Distribution of Diver from aerial observations on 20.3.2001 (n = 869, above) and 30.4.2001 (n = 597, below).

	Transektband A (141 m)	Transektband A + B (459 m)
Erfasste Fläche	131,8 km <sup>2</sup>	428,8 km <sup>2</sup>
Gezählte Seetaucher	645	865
Dichte	4,9 Ind./km <sup>2</sup>	2,0 Ind./km <sup>2</sup>

Tab. 3: Berechnete Dichten der Seetaucher am 20.03.2001.  
 Tab. 3: Calculated densities of Diver from 20.03.2001.

Amrum. Die Trauerenten zeigten dem Flugzeug gegenüber eine deutlich höhere Fluchtdistanz als die anderen Vögel. Die Tiere flogen in der Nähe des vorbeifliegenden Flugzeuges auf. Individuenreiche Trupps mit bis zu 1.000 Vögeln erschwerten eine genaue Zuordnung der Trauerenten zu einer definierten Abstandsklasse.

Die bei den Flügen festgestellten hohen Bestände liegen in einem Bereich, in dem bislang nur wenige Trauerenten gesichtet wurden. Die Beobachtungen fügen sich aber gut in das generelle Bild der Trauerentenverbreitung im Bereich des Wattenmeeres ein. Trauerenten halten sich in stark wechselnden Zahlen und Verbreitungsschwerpunkten westlich des Wattenmeeres auf, werden aber nur selten in größerer Entfernung zur Küste als im Untersuchungsgebiet angetroffen (NEHLS 1998).

### 3.1.3 Schweinswale

Bei den Flügen im Januar und Februar wurden nur wenige Schweinswale gezählt (Tab. 2). Die anderen Flüge zeigten regelmäßiges Vorkommen über das gesamte Gebiet, wobei am 30.4. mit 141 erfassten Schweinswalen die höchste Anzahl gesehen wurde (Abb. 6). Schweinswale kamen zumeist einzeln, selten in Trupps bis zu vier Tieren vor.

Die kumulative und aufwandkorrigierte Darstellung der Verteilung der Schweinswale in Abb. 7 verdeutlicht die breit gestreute Verteilung der Wale über die gesamte Fläche, wobei der östlichste Bereich das geringste Vorkommen aufwies.

Die im Laufe des Winters ansteigenden Schweinswalzahlen der Flugzeugzählungen lassen einen saisonalen Trend vermuten, über den es bislang noch keine Erkenntnisse aus anderen Zählungen vorliegen. Bislang wurden Schweinswalzählungen ausschließlich in den Sommermonaten durchgeführt. In welchem Maße saisonale Unterschiede in der Schweinswalddichte vorliegen, wird sich erst im Laufe weiterer Untersuchungen zeigen können.

Unter Berücksichtigung einer Erfassungswahrscheinlichkeit der Schweinswale kleiner eins an der Grundlinie (0,3 bis 0,5) und mit Hilfe des Programms DISTANCE 3.5 (THOMAS et al. 1998) konnten Schweinswalddichten für die Zählungen von März und April berechnet werden. Gemittelt über die gesamte Untersuchungsfläche ergaben sich Werte zwischen 3,7 und 0,8 Individuen/km<sup>2</sup>.

### 3.2 Diskussion

Flugzeugzählungen bieten die Möglichkeit, ein sehr großes Seegebiet innerhalb eines

Tages zu kartieren und somit Bestandszahlen und Verteilungsmuster mariner Arten großflächig und unter konstanten Bedingungen zu erheben. Der Vergleich der drei aufgeführten Arten stellt die Stärken dieser Methode deutlich heraus:

Am Beispiel der Trauerente kann gezeigt werden, dass diese Erfassungsmethode für einige Arten konstante Vorkommen oder deutliche Verteilungsgradienten über große scheinbar gleichförmige Meeresflächen innerhalb weniger Zählungen erkennen lässt.

Wie bei Horns Rev oder im dänischen Bereich um Læsø gezeigt werden konnte, können durch regelmäßige Flugzeugzählungen saisonabhängige Verteilungsmuster gerade in Bereichen mit hohen Vogeldichten bestimmt werden (PETERSEN 2001).

Auf der anderen Seite zeigen die Daten von Seetauchern und Schweinswalen, dass selbst die Befliegung eines 2.500 km<sup>2</sup> großen Bereichs mit 54 km langen Transekten noch keine Verbreitungsschwerpunkte oder Gradienten erkennen lassen. Um für Arten wie z.B. Seetaucher einen zusammenhängenden Dichtegradienten mit zunehmender Entfernung von der Küste erkennen zu können, erscheint es nach vorliegenden Daten sinnvoll, mit Transektlängen von deutlich mehr als 50 km zu arbeiten.

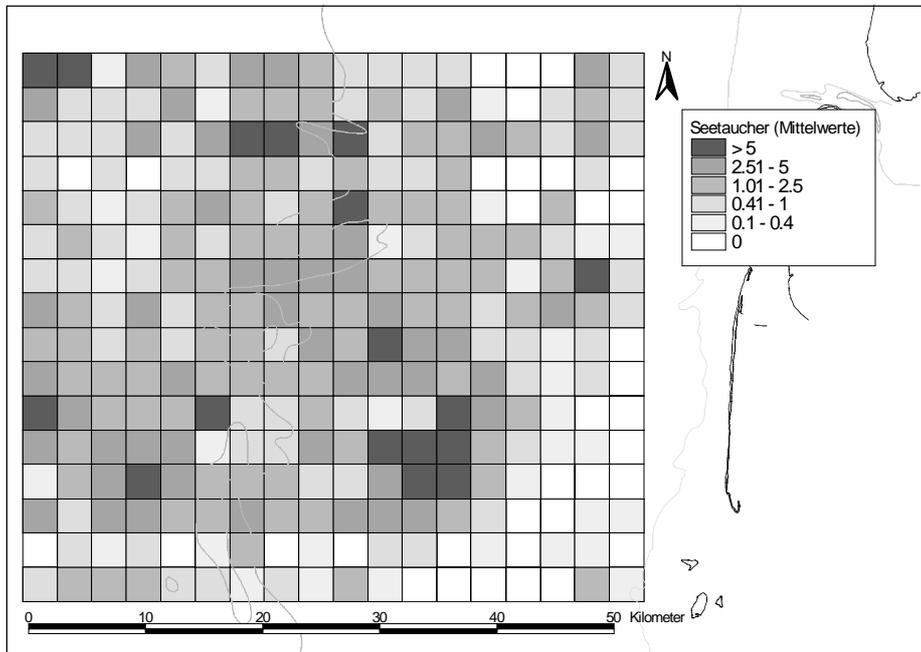


Abb. 4: Verteilung von Seetauchern korrigiert nach Beobachtungsaufwand in 3 x 3 km großen Gitterfeldern nach fünf Flugzeugzählungen von Januar bis April 2001 (n = 2.098, Mittelwert pro Gitterfeld).

Fig. 4: Distribution of Diver corrected for effort in 3 x 3 km gridnets from five aerial surveys between January and April 2001 (n = 2.098, average number per grid).

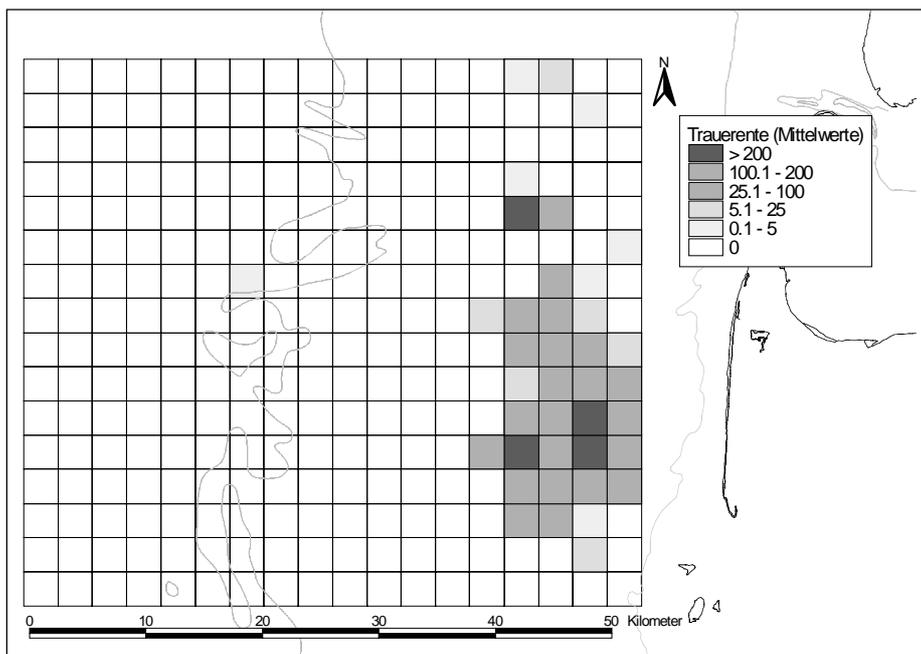


Abb. 5: Verteilung der Trauerenten in 3 x 3 km großen Gitterfeldern nach fünf Flugzeugzählungen von Januar bis April 2001 (n = 15.810, Mittelwert pro Gitterfeld).

Fig. 5: Distribution of Common Scoter corrected for effort in 3 x 3 km grids after five aerial surveys between January and April 2001 (n = 15.810, average number per grid).

Die Möglichkeiten der Flugzeugzählungen spielen gerade im Zusammenhang mit Aussagen zu Planungen von Offshore-Windkraftanlagen eine entscheidende Rolle, da für die UVP eine Bewertung des jeweiligen Planungsgebietes bezüglich seiner Bedeutung für Seevögel und Meeresäugetiere und die Prüfung möglicher Alternativstandorte notwendig ist.

Trotz der Erkenntnis, dass die Vogelgemeinschaften auf hoher See in ihrer Ausprägung und Lage hoch dynamisch sind, wird in den Mindestanforderungen für Umweltverträglichkeitsstudien an Offshore-Windenergieanlagen des BMU/UBA eine Mindestgröße für ein Untersuchungsgebiet von 200 km<sup>2</sup> gefordert (KNUST et al. 2001). Wie die Ergebnisse unserer Flugzeugzählungen vor Sylt und bei Horns Rev (NOER et al. 2000) zeigen, wird bei diesem Fachvorschlag nicht berücksichtigt, dass die Verteilungsmuster von Seevögeln und Schweinswalen weit über einen Bereich von 200 km<sup>2</sup> hinausgehen und Bewertungen eines solch kleinen Seegebietes erst im Zusammenhang mit einer wesentlich großflächigeren Betrachtung vorgenommen werden können.

Die Ergebnisse deuten für Arten wie z.B. Seetaucher, Alke oder Schweinswale an, dass die Verteilungsmuster dieser Tiere wesentlich großräumiger sind, als das Seegebiet, das überhaupt innerhalb eines Tages vom Schiff aus erfasst werden kann. Das Beispiel der sehr heterogenen Verteilung der Seetaucher bei unterschiedlichen Flugzeugzählungen verdeutlicht, dass kleinräumige vom Schiff aus erhobene Verteilungsdaten erst im Zusammenhang mit großflächigen Momentaufnahmen bewertet werden können. Eine Ausweitung der vom Schiff kartierten Fläche setzt voraus, dass mehrere Tage in Folge konstant günstige Witterungsbedingungen vorherrschen, damit die Ergebnisse vergleichbar bleiben. In der Praxis tritt dies kaum ein, so dass die Erfassung eines vergleichbar

großen Gebietes zwei bis drei Wochen dauern kann (s.a. NOER et al. 2000).

Die vom Schiff erhobenen Daten können mit dem großen Datenpool der im Nordseebereich gesammelten Daten in der „European Seabirds at Sea Database“ (ESAS-Datenbank) verglichen werden. Dieser Vorteil von Schiffzählungen, aus vielen Gebieten Referenzdaten vorliegen

zu haben, so dass eigene schiffsgestützte Erfassungen großräumig eingeordnet werden können, wird im Zusammenhang mit UVPs zu Offshore-Windenergieanlagen von KNUST et al. (2001) herausgestellt. Jedoch darf nicht übersehen werden, dass der ESAS-Datensatz über eine sehr lange Zeitreihe von unterschiedlichen Zählerteams erhoben wurde und dadurch sehr heterogenes Datenmaterial enthält, so

dass ein Vergleich kritisch überprüft werden muss.

Die Erfassbarkeit einzelner Arten scheint zwischen den beiden flugzeug- und schiffsgestützten Erfassungsmethoden zu divergieren:

Seetaucher und Meeressäuger sind vom Schiff aus nur schwer zu erfassen, da sie eine sehr hohe Fluchtdistanz gegenüber herannahenden Schiffen aufweisen (SKOV et al. 1995, WEBB & DURINCK 1992, MITSCHKE et al. 2001). Daher werden nach WEBB & DURINCK (1992) abweichend zur Standarderfassungsmethode weit vor dem Schiff abfliegende Seetaucher mit Ferngläsern erfasst.

Das Fluchtverhalten von Seetauchern gegenüber Flugzeugen ist nach eigenen Beobachtungen anders: Die Tiere bleiben sitzen und können gut aus der Luft gezählt werden.

Das führt zu einem höheren Erfassungserfolg, da die auf der Wasseroberfläche ruhenden Vögel einer definierten Fläche zugeordnet werden können, wohingegen der Abstand zu fliegenden oder in einer Entfernung von über 1.000 m aufliegenden Seetauchern nur bedingt abgeschätzt werden kann und somit die Vögel keiner bestimmten Seefläche zugeordnet werden können.

Bei Trauerenten tritt bei Schiff- und Flugzeugzählungen das Problem auf, dass diese Vögel schon auf große Distanz auffliegen. Eine zahlengenaue Erfassung ist hier in beiden Fällen schwierig. Die Ergebnisse der Flugzeugzählungen geben jedoch genaue Auskunft über die Verbreitungsmuster innerhalb eines größeren Bereichs. Aufgrund der höheren Beobachtungsplattform und der höheren Geschwindigkeit des Flugzeugs verringert sich im Vergleich zum Schiff die Gefahr, einen größeren Teil der früh flüchtenden Tiere zu übersehen.

Beide Methoden haben den Nachteil, nur bedingt eine Dichteberechnung zuzulassen. Für die Schiffdaten wird mit Hilfe des Programms DISTANCE 3.5 (THOMAS et al. 1998) ein artspezifischer Korrekturfaktor für die innerhalb eines 300 m-Transektes übersehenen Vögel berechnet. Die Berechnung setzt jedoch voraus, dass nahe der Grundlinie (0-50 m senkrecht zum Schiff) kein Vogel vor dem herannahenden Schiff flieht und alle Vögel erfasst werden, obwohl das Verhältnis von tatsächlich anwesenden Vögeln zu gezählten Vögeln nicht sicher bestimmt werden kann.

Das gleiche Problem besteht für die Flugzeugzählungen. Grundsätzlich ließe sich die Theorie der „distance sampling method“ von BUCKLAND et al. (1993, 2001) auch auf diese Daten anwenden, jedoch birgt auch hier die Annahme, dass im ersten Transektband A 100 % der Tiere erfasst werden, erhebliche Unsicherheit.

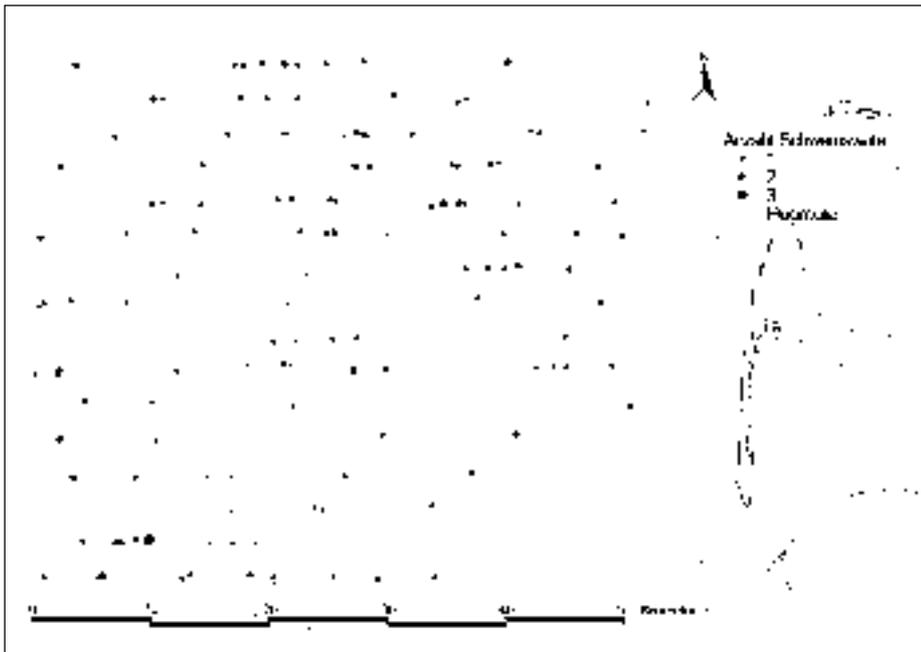


Abb. 6: Verteilung von Schweinswalen bei der Flugzeugzählung vom 30.04.2001 (n = 141).  
Fig. 6: Distribution of Harbor Porpoises from aerial observations on 30.04.2001 (n = 141).

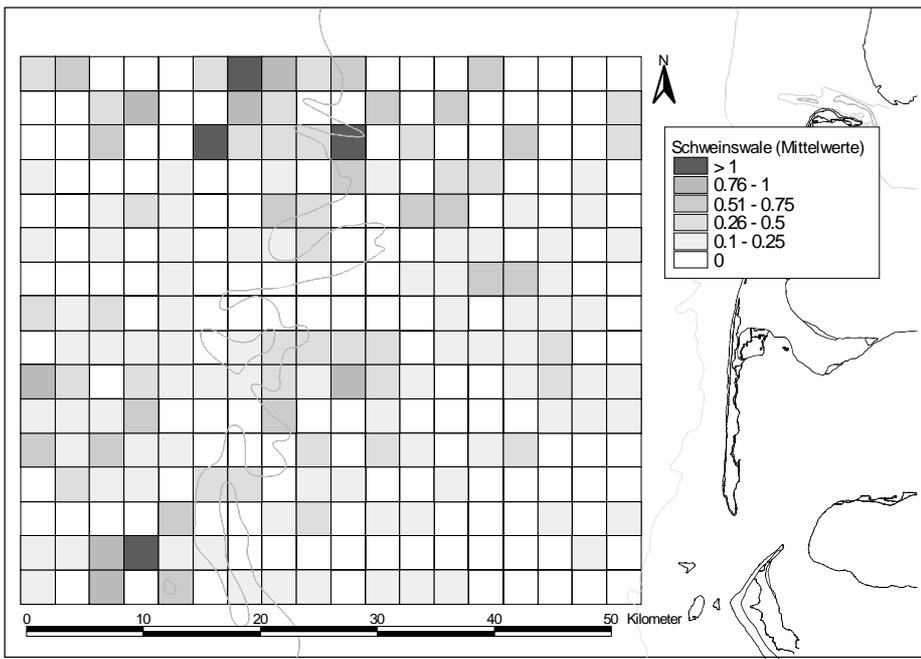


Abb. 7: Verteilung von Schweinswalen in 3 x 3 km großen Gitterfeldern nach fünf Flugzeugzählungen von Januar bis April 2001 (n = 231, Mittelwert pro Gitterfeld).  
Fig. 7: Distribution of Harbor Porpoises corrected for effort in 3 x 3 km grids after five aerial surveys between January and April 2001 (n = 231, average number per grid).

Beide Methoden haben somit den Nachteil gemein, dass eine Kalibrierung, die für eine zuverlässige Dichteberechnung notwendig wäre, nur schwer durchführbar ist. Vor diesem Hintergrund haben die Flugzeugzählungen den Vorteil, dass die großflächig erhobenen Daten viel leichter die Möglichkeit bieten, Konzentrationsgebiete und Verteilungsgradienten einzelner Arten direkt festzustellen, ohne nur schwer zu verifizierende Berechnungen durchführen zu müssen.

Zur Bewertung von Meeresflächen im Zusammenhang mit Planungen im Offshorebereich sind Flugzeugzählungen daher ein unverzichtbares Instrumentarium.

## 5 Zusammenfassung

Seevögel und Meeressäuger werden vom Flugzeug aus nach einer einheitlichen Methodik erfasst, die sich der Linien-Transekt-Erfassung vom Schiff aus angleicht. Drei erfahrene Zähler zeichnen kontinuierlich und sekundengenau alle Tiere in drei definierten Abstandsklassen zu beiden Seiten eines zweimotorigen hochflügeligen Propellerflugzeugs auf Diktafone auf. Das Flugzeug bewegt sich entlang paralleler vorab definierter Linientransekte in einer Flughöhe von 250 Fuß (78 m) und mit einer Geschwindigkeit von 100 Knoten (180 km/h). Die Transekte liegen drei km weit auseinander. Ein GPS speichert während des Fluges alle fünf Sekunden die Position ab. In einem GIS-Programm wird später jeder Beobachtung eine Position zugeordnet und die Verteilung der Tiere in Punktkarten oder über mehrere Flüge summiert oder gemittelt in Rasterkarten dargestellt.

Die Anwendung dieser Methode vor Sylt zeigte klar abgrenzbare und konstante Konzentrationsgebiete für bestimmte Arten, wie z.B. Trauerenten, wie auch eine sehr großflächige Verteilung anderer Arten, wie z.B. Seetaucher und Schweinswale. Sogar innerhalb einer 2.500 km<sup>2</sup> großen Untersuchungsfläche ließen sich für diese Arten keine beständigen Konzentrationspunkte oder Gradienten feststellen.

Die Vorteile der Flugzeugerfassung bestehen darin, dass

- sie eine großflächige Momentaufnahmen von der Verteilung von Tieren auf dem Meer vornimmt, so dass eine Flächenbewertung innerhalb des abgedeckten Bereiches möglich wird;
- für eine Flächenbewertung auf unsichere Dichteberechnungen verzichtet werden kann,
- die Methode keinen Einfluss auf die Verteilung der Tiere hat (z.B. auf schiffsfolgende Arten);

- die Erfassungsbedingungen eindeutig definiert sind, so dass eine hohe Vergleichbarkeit der Daten erreicht wird.
- sie schnell und flexibel anzuwenden ist, so dass auch kleine Zeitfenster genutzt und weit vom Land entfernte Meeresgebiete schnell erreicht werden können.

Die Nachteile der Methode bestehen darin, dass

- eine genaue Artbestimmung nicht immer möglich ist sondern teilweise nur Artengruppen bestimmt werden können (Stern/Prachtttaucher, Tordalk/Trottellumme);
- bisher wenig Vergleichsmaterial vorliegt;
- sie sehr witterungsabhängig ist, so dass v.a. im Winter nur sehr wenige Tage genutzt werden können;
- Dichteberechnung nur begrenzt möglich sind und eine Kalibrierung der Methode mit Schiffzählungen noch aussteht.

Zur Bewertung von Meeresflächen im Zusammenhang mit Planungen im Offshorebereich sind Flugzeugzählungen zu einem unverzichtbares Instrumentarium geworden, da nur sie es erlauben, innerhalb kurzer Zeit ein großräumiges Verteilungsmuster von Tieren erkennen zu lassen.

## 5 Summary

A standard method has been developed for the aerial surveying of birds and marine mammals, which has been adjusted to the distance-sampling method used by ship surveys.

Three observers use dictaphones to make continuous recordings of all animals sighted within three predefined bands on both sides of a twin-engined high-winged aeroplane. The aeroplane moves forward along parallel line transects at an altitude of 250 feet (78 m) and a speed of 100 knots (180 km/h). The distance between transects is 2 to 5 km. A GPS-datalogger collects information regarding time and position every 5 seconds along the flight track. A GIS Program will then assign every observation with a geographical position, which will be linked to the time of sighting. The distribution pattern of animals are presented by point maps.

The application of this method to the west of the island of Sylt showed a large scaled distribution of important species like divers and harbour porpoises. Even within the 2.500 km<sup>2</sup> wide study area there was no constant local concentration of these species and no gradient pattern appeared.

Aerial surveys have following advantages:

- 1) A picture of the actual distribution of animals within a very large area can be

obtained. This makes it possible to gain a value for parts of the covered area by comparing the distribution of animals.

- 2) It is possible to obtain values for parts of the covered area for special species without analysing uncertain density values.
- 3) The method has no influence on the distribution of animals (eg. certain species are prone to following ships)
- 4) Sea and weather conditions must be good and constant for the method to be used. This makes the data easy to compare between flights.
- 5) This method is very quick and flexible. Even a short time with good conditions can be used and areas far away from the coast can be reached very quickly.

Following disadvantages of this method exist:

- 1) An exact determination of species is not possible for all species so that some species must be grouped together (eg. Redthroated and Blackthroated Diver; Guillemot and Razorbill)
- 2) There is only a limited data pool available for comparison.
- 3) The method can only be used under excellent weather conditions and there are only a few days in winter with such conditions.
- 4) Density values are hard to analyse and a calibration of this method with the ship surveys has as yet not been carried out.

Aerial surveys have become a very important instrument for valueing marine areas with regards to planned offshore wind parks. Only this kind of survey makes it possible to get a small scaled distribution pattern of animals over a large area within a short time period.

### Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudie für den Offshore-Bürger-Windpark Butendiek. Wir danken den Butendiekern für die Genehmigung, die erhobenen Daten veröffentlichen zu können. Wir danken weiterhin unseren Mitfliegern, insbesondere Steffen Gruber und Thomas Grünkorn und den Piloten Peter Simiatkowski, Syltair, und Leif Petersen, Danish Air Surveys.

## 6 Literatur

- AVERBECK, C., KORSCH, M., VAUK, G. & WILKE, J. 1993: Seevögel als Ölopfers. Forsch.ber. Umweltbundesamt, Berlin.
- BEGGS KT. & REID, JB. 1997: Spatial variation in seabird density at a shallow sea tidal mixing front in the Irish Sea. ICES Journ. Mar. Sci. 54: 552-565.

- BUCKLAND, S.T., ANDERSON, D.R., BURNHAM, K.P. & LAAKE, J.L. 1993: Distance sampling. Estimating abundance of biological populations. Chapman & Hall, London.
- BUCKLAND, S.T., ANDERSON, D.R., BURNHAM, K.P., LAAKE, J.L., BORCHERS, D.L. & THOMAS, L. 2001: Introduction to Distance Sampling: Estimating abundance of biological populations. Oxford University Press Inc., New York.
- BURNHAM, K.P., ANDERSON, D.R. & LAAKE, J.L. 1980: Estimation of density from line transect sampling of biological populations. Wildlife Monographs 72: 1–202.
- CAMPHUYSEN, C.J. & LEOPOLD, M.F. 1994: Atlas of seabirds in the southern North Sea. IBN Research report 94/6, NIOZ-Report 1994–8, Institute for Forestry and Nature Research, Netherlands Institute for Sea Research and Dutch Seabird Group, Texel.
- DECKER, M.B. & HUNT, G.L. JR 1996: Foraging by murre (Uria spp.) at tidal fronts surrounding the Pribilof Islands, Alaska, USA. Mar. Ecol. Prog. Ser. 139: 1–10.
- DIEDERICHS, A. & NEHLS, G. 2001: Vorkommen und Verbreitung der Seevögel und marinen Säuger im Seegebiet westlich Sylt. Wissenschaftliche Begleituntersuchung zum Bau und Betrieb des Offshore-Bürger-Windpark Butendiek. Hockensbüll.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM U.N., BAUER K.M. 1982. Handbuch der Vögel Mitteleuropas, 8/ I. Akad. Verl., Wiesbaden.
- HÉMERY, G.; PASQUET, E. & YESOU, P. 1986: Data banks and population monitoring in France. In: Medmarvis, Monbailliu X (eds.) Mediterranean Marine Avifauna. Population Studies and Conservation. Springer-Verlag. Berlin, p. 163–177.
- KAHLERT, J.; DESHOLM, M.; CLAUSAGER, I. & PETERSEN, I.K. 2000: Environmental impact assessment of an offshore wind park at Rødsand: Technical report on birds. NERI Report 2000; Commissioned by SEAS Distribution 2000.
- Kinder, T.H.; Hunt, G.L.Jr.; Schneider, D. & Schumacher, J.D. 1983: Correlations between seabirds and oceanic fronts around the Pribilof Islands, Alaska. Estuar. Coast. Shelf Sci. 16: 309–319.
- KNUST, R.; HEUERS, J.; SCHRÖDER, A.; EXO, M.; HÜPPOP, O.; KETZENBERG, C.; WENDELN, H.; LUCKE, K. & GABRIEL, J. 2001: 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.
- LAAKE, J.L., BUCKLAND, S.T., ANDERSON, D.R. & BURNHAM, K.P. 1994: Distance user's guide. Version 2.1. Colorado Cooperative Fish & Wildlife Research Unit, Colorado State University, Fort Collins.
- LEOPOLD, M.F. 1987: Seabird concentrations at a tidally induced front in the southern North Sea. Netherlands Institute for Sea Research Internal Reports 1987–2. (In dutch with English summary).
- MEER VAN DER, J. & CAMPHUYSEN, C.J. 1996: Effect of observer differences on abundance estimates of seabirds from ship-based strip transect counts. Ibis 138: 433–437.
- MITTSCHKE, M., GARTHE, S. & HÜPPOP, O. 2001: Erfassung der Verbreitung, Häufigkeiten und Wanderungen von See- und Wasservögeln in der deutschen Nordsee. Ergebnisse eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens, durchgeführt vom Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ im Auftrag des BfN (UFOPLAN 1997 – FKZ 808 05 086).
- NEHLS, G. 1998: Bestand und Verbreitung der Trauerente *Melanitta nigra* im Bereich des Schleswig-Holsteinischen Wattenmeeres. Seevögel.
- NOER, H., T. K. CHRISTENSEN, I. CLAUSAGER & I. K. PETERSEN 2000: Effects on birds of an offshore wind park at Horns Rev: Environmental impact assessment. NERI Report 2000.
- PETERSEN, I.K. & CLAUSAGER, I 2000: EIA statement for an offshore wind park at Omø Stålgrunde. Technical report on birds. (In Danish). NERI Report 2000.
- PETERSEN, I.K. 2001: Aerial surveys of birds, methodology and results. Talk on International Workshop on Birds and Offshore Wind Farms. 19.–20.Nov. 2001, Fuglsø, Jutland, Denmark.
- PETERSEN, I.K. IN PREP 2000: Wird noch nachgereicht!
- PIHL, S. & FRIKKE, J. 1992: Counting birds from aeroplane. IWRB Spec. Publ. 19: 8–23.
- PINGREE RD., FORSTER, GR. & HARRISON, GK 1974: Turbulent convergent tidal fronts. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 54: 469–479.
- SCHNEIDER, D.C.; HARRISON, N.M. & HUNT, G.L. JR. 1987: Variation in the occurrence of marine birds at fronts in the Bering Sea. Est. Coast. Shelf Sci. 25: 135–141.
- SKOV, H., J. DURINCK, M. F. LEOPOLD & M. TASKER. 1995: Important Bird Areas for Seabirds in the North Sea. BirdLife International. Cambridge.
- SKOV, H. & PRINS, E. 2001: The impact of estuarine fronts on the dispersal of piscivorous birds in the German Bight. Mar. Ecol. Prog. Ser., Vol. 214: 279–287.
- 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., JONES P.H., DIXON T.J. & BLAKE B.F. 1984: Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardized approach. Auk 101: 567–577.
- THOMAS, S.C., LAAKE, J.L., DERRY, J.F., BUCKLAND, S.T., BORCHERS, D.L., ANDERSON, D.R., BURNHAM, K.P., STRINDBERG, S., HEDLEY, S.L., MARQUES, F.F.C., POLLARD, J.H. & FEWSTER, R.M. 1998: Distance 3.5. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St Andrews, St Andrews, UK.
- WEBB, A. & DURINCK, J. 1992: Counting birds from ships. In: Komdeur, J., Bertelsen, J. and Cracknell, G. (eds.): Manual for aeroplane and ship surveys of waterfowl and seabirds. IWRB Spec. Publ. 19: 24–37.
- VAUK, G., DAHLMANN, G., HARTWIG, E., RANGER, J.C., REINEKING, B. SCHREY, E. & VAUK-HENTZELT, E. 1987: Ölopferefassung an der deutschen Nordseeküste und Ergebnisse der Ölanalysen sowie Untersuchungen zur Belastung der Deutschen Bucht durch Schiffsmüll. Forsch.ber. Umweltbundesamt, Berlin.

<sup>1</sup> BioConsult SH, Alte Landstr. 2, 25875 Hockensbüll, Email: ansgar.diederichs@t-online.de

<sup>2</sup> National Environmental Research Institute (NERI), Department of Coastal Zone Ecology, Grenaavej 12, DK-8410 Rønde.