

Endbericht für die

Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer
Virchowstr. 1
26382 Wilhelmshaven

**Schweinswalerfassung im Bereich des niedersächsischen
Wattenmeeres im Rahmen eines Monitorings**

bearbeitet von:

Forschungs- und Technologiezentrum Westküste
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



Anita Gilles

Ursula Siebert

Büsum, im September 2008



INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	3
2. METHODE	5
2.1 Grundlage der Methode	5
2.2 Untersuchungsgebiet	6
2.3 Datenerhebung	8
2.4 Datenauswertung	11
3. ERGEBNISSE	13
3.1 1.Survey am 08.und 09.04.2008	13
3.2 2. Survey am 06.05.2008	16
3.3 Vergleich der Surveys im April und Mai 2008	21
3.4 Abundanzabschätzung	21
3.5 Anthropogene Aktivitäten	23
4. DISKUSSION	25
5. ZUSAMMENFASSUNG	29
6. DANKSAGUNG	31
7. LITERATUR	32

1. EINLEITUNG

Der Schweinswal (*Phocoena phocoena*) ist die einzige heimische Walart in deutschen Gewässern (Benke et al. 1998, Siebert et al. 2006, Scheidat et al. 2004) und die am häufigsten vorkommende in der Nordsee (Hammond et al. 2002). Durch seine küstennahe Verbreitung ist der Schweinswal durch eine Vielzahl anthropogener Einflüsse gefährdet (Scheidat & Siebert 2003). Nachgewiesen wurden schädliche Einflüsse durch den hohen Eintrag von Schadstoffen (Jepson et al. 1999, Siebert et al. 1999 und 2002, Beineke et al. 2005, Das et al. 2006), den Beifang in der Fischerei (Kock & Benke 1996, Vinther & Larsen 2004), die Dezimierung von Fischbeständen (Lowry & Teilmann 1994, Dayton et al. 1995) sowie durch Lärmbelastungen (Richardson et al. 1995; Ketten 1995).

Gerade die südöstliche Nordsee weist eine hohe anthropogene Nutzung auf (OSPAR 2000). Es gibt Hinweise, dass die Abundanz von Schweinswalen in diesen Gebieten seit den 1940ern abgenommen hat (Reijnders 1992, Camphuysen & Leopold 1993). Aktuell ergeben sich neue Industrieaktivitäten v.a. im Bereich der deutschen AWZ durch den geplanten Bau von Offshore-Windfarmen (OWF). Allein im Gebiet um den Borkum Riffgrund sind momentan sechs Projekte als Pilotgebiete genehmigt, 17 weitere befinden sich noch in der Antragsphase. Die OWFs „Nordergründe“ und „Riffgat“ liegen in der 12-sm-Zone und somit in unmittelbarer Nähe zum Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Die Auswirkungen auf marine Säugetiere sind noch weitestgehend unbekannt, es kann aber davon ausgegangen werden, dass v.a. der Bau der Anlagen, bedingt durch hohe Lärmentwicklung während der Gründung, negative Auswirkungen auf Schweinswale haben wird (Madsen et al. 2006).

Der Schweinswal wird im Rahmen internationaler und nationaler Schutzabkommen geschützt. Er ist im Anhang II des Washingtoner Artenschutzabkommens (CITES) aufgenommen, das den internationalen Handel bedrohter wildlebender Tiere beschränkt und durch verschiedene EU-Richtlinien ergänzt wird. Die Berner Konvention listet den Schweinswal in Anhang II und schützt somit den gesamten Lebensraum der Tiere. Deutschland hat sich im

Rahmen von ASCOBANS¹ zu Habitatschutz und -management, Verminderung der Umweltverschmutzung, Überwachung und Forschung, sowie Bewusstseinsbildung in der Öffentlichkeit verpflichtet.

Seit 1992 sind die Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU) zudem verpflichtet, ein zusammenhängendes Netz von Schutzgebieten zu schaffen. Grundlage dazu liefert die europäische Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL 92/43/EWG) zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. Diese Schutzgebiete bilden zusammen mit den europäischen Vogelschutzgebieten (gemäß EU-Vogelschutzrichtlinie 79/409/EWG) das EU-weite Schutzgebietssystem NATURA 2000. Der Schweinswal wird in der FFH-RL in Anhang II (Schutz des Lebensraums) und Anhang IV (streng zu schützende Art) geführt. Der Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer ist zum überwiegenden Teil sowohl gemeldetes Vogelschutzgebiet nach der Vogelschutz-Richtlinie der EU, als auch gemeldetes FFH-Gebiet.

Im vorliegenden Projekt wurde durch Flugzählungen die Verteilung und Dichte von Schweinswalen im Küstenmeer zwischen Borkum und Cuxhaven zur bisher bekannten Hauptvorkommenszeit der Walart in diesem Gebiet bestimmt.

¹ Agreement on the Conservation of Small Cetaceans in the Baltic and North Seas

2. METHODE

2.1 Grundlage der Methode

Das „DISTANCE sampling“ beschreibt eine Reihe von Methoden, die es erlaubt die Dichte von biologischen Populationen abzuschätzen. Die hier angewandte Methode basiert auf der für marine Säugetiere etablierten Linientranssekt-Methode (Buckland et al. 2001). Die Erfassungen der Schweinswale wird dabei mit einem Flugzeug durchgeführt, das bei einer konstanten Geschwindigkeit und Flughöhe zuvor definierte Transekte innerhalb des Untersuchungsgebietes abfliegt. Für die Berechnung von absoluten Dichten mittels „DISTANCE sampling“ werden die Distanzen der Sichtungen zum Transekt bestimmt. Berechnet werden diese Entfernungen (x), indem die vertikalen Winkel (α), welche die Beobachter zu jeder Sichtung mittels eines Inklinometers erfassen, in folgende Formel eingesetzt werden:

$$x = r * \tan (90-\alpha) \quad (\text{mit } r = (\text{konstante}) \text{ Flughöhe})$$

Diesen Daten wird eine Wahrscheinlichkeitsfunktion („detection function“) angepasst, die aus allen Entfernungen der Sichtungen zum Transekt die effektive Streifenbreite „esw“ („effective strip width“) für die Transekte berechnet (Buckland et al. 2001). Den standardisierten Sichtungsbedingungen *gut* und *moderat* wird jeweils eine eigene „esw“ zugeordnet. Sind die Sichtungsbedingungen verschlechtert, wie z.B. durch stärkeren Seegang oder eine hohe Trübung, so wird der Streifen, in dem man effektiv Schweinswale sichten kann, entsprechend verkleinert.

Weiterhin ist es für Abundanzberechnungen von Cetaceen essentiell, bestimmte Korrekturfaktoren zu berechnen (Marsh & Sinclair 1989, Laake et al. 1997). Da Wale einen großen Teil ihres Lebens unter Wasser verbringen, sind sie für die Beobachter zum Teil nicht sichtbar. Als $g(0)$ wird die Wahrscheinlichkeit bezeichnet, ein Tier zu sichten, das sich auf dem Transekt befindet. Würde angenommen, dass $g(0) = 1$ ist², so käme es im Falle von marinen Säugetieren zu einer Unterschätzung der Dichte. Es gibt zwei Gründe, warum nicht alle Schweinswale im Beobachtungsgebiet entdeckt werden können: a) Die Tiere sind (aufgrund von Tauchphasen) für den Beobachter nur für eine kurze Zeit

² $g(0)=1$ → jeder Schweinswal auf dem Transekt wird mit Sicherheit entdeckt

sichtbar (sog. ‚availability bias‘) und b) Die Wale werden, auch wenn sie sichtbar sind, nicht immer von den Beobachtern entdeckt (sog. ‚perception bias‘). Diese Faktoren wurden von uns seit Mai 2002 im Rahmen einer sehr detaillierten Auswertung mit Hilfe der *racetrack*-Methode (Hiby & Lovell 1998, Hiby 1999, Scheidat et al. 2005) ermittelt. Dazu verlässt das Flugzeug genau 30 Sek. nach einer Schweinswalsichtung das Transekt, um einen Kreis zu fliegen. Dieser bringt das Flugzeug nach 120 Sek. wieder auf das Transekt; d.h. ein bestimmter Flugabschnitt wird doppelt befliegen. Aus dem Verhältnis gesichteter Schweinswale zwischen erster und zweiter Befliegung wird, unter Berücksichtigung mehrerer Faktoren (z.B. Schwimmgeschwindigkeit, möglicher Versatz der Sichtung), der $g(0)$ -Wert ermittelt. Nach einer Simulation bestimmt eine Software (*racetrack.V2*) die Duplikate. Die Durchführung findet während der „normalen“ Surveyflüge statt. Im Rahmen von MINOS und MINOS^{plus} wurden über 200 solcher *racetracks* erfolgreich absolviert (Gilles et al. 2008). Die dort ermittelten Werte wurden bei der Abundanzabschätzung im Rahmen dieser Untersuchung benutzt, da sich das Observerteam seit den MINOS-Erfassungen nicht geändert hat.

2.2 Untersuchungsgebiet

Untersucht wurde eine Fläche von 5.500 km², diese umschließt das niedersächsische und hamburgische Küstenmeer zwischen Deich und 12 sm-Zone (Abb. 1). Alle Bereiche des Untersuchungsgebietes müssen mit gleicher Wahrscheinlichkeit in die Stichprobe aufgenommen werden. Bei parallelen Transekten wird der Anfangspunkt zufällig gewählt, um jedem Tier im Untersuchungsgebiet die gleiche Sichtungswahrscheinlichkeit zuordnen zu können. Gibt es einen bekannten Dichtegradienten der untersuchten Tierpopulation, sollten die Transekte senkrecht zu diesem gewählt werden. Da die Dichteverteilung von Walen oftmals mit Tiefenlinien assoziiert ist, sollten die Transekte den Tiefenlinien nicht folgen, sondern diese im rechten Winkel schneiden (Buckland et al. 2001). Dies gewährleistet auch eine Vergleichbarkeit der Transekte untereinander, so dass diese später als einzelne Stichproben betrachtet werden können. Zudem wurde das Untersuchungsgebiet vor der ostfriesischen Küste in zwei Strata ungefähr gleicher Größe unterteilt: NDS-West

(2.780 km²) und NDS-Ost (2.689 km²). Durch eine räumliche Stratifizierung des Gebietes, kann die Genauigkeit der Dichteschätzungen erhöht werden (Buckland et al. 2001). Dabei sollten Bereiche mit geringen Dichte-Gradienten zusammengefasst werden.

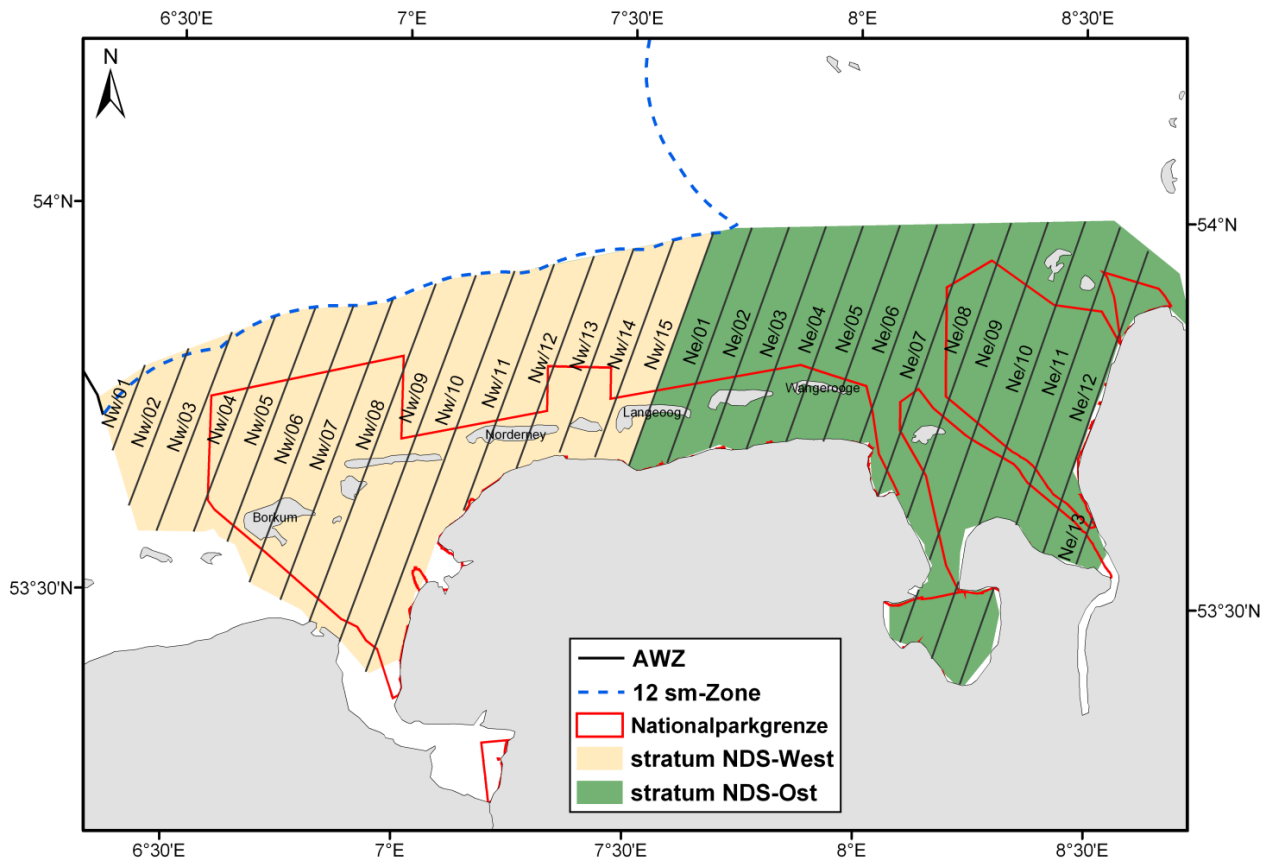


Abb. 1: Untersuchungsgebiet, unterteilt in zwei Strata (NDS-West und NDS-Ost). Die 28 Transekte sind mit schwarzen durchgezogenen Linien gekennzeichnet. Der Abstand zwischen den Transekten beträgt 5 km.

Tabelle 1 listet alle Transekte mit zugehörigen Wegpunkten und geplanten Flugstrecken auf.

Tabelle 1: Transektlänge und Wegpunkte in Stratum NDS-West (NW) und NDS-Ost (NE). DD=Dezimalgrad (WGS84)

Transekt	Wegpunkt Süd			Wegpunkt Nord	
	Strecke (km)	Länge (DD)	Breite (DD)	Länge (DD)	Breite (DD)
NW/01	13	6,369	53,679	6,434	53,791
NW/02	24	6,409	53,609	6,528	53,815
NW/03	31	6,472	53,577	6,622	53,838
NW/04	33	6,553	53,578	6,716	53,859
NW/05	36	6,627	53,566	6,804	53,872
NW/06	43	6,678	53,515	6,887	53,877
NW/07	46	6,747	53,493	6,974	53,886
NW/08	52	6,812	53,466	7,067	53,908
NW/09	56	6,879	53,442	7,155	53,921
NW/10	62	6,937	53,404	7,240	53,927
NW/11	38	7,141	53,616	7,327	53,937
NW/12	33	7,255	53,672	7,414	53,949
NW/13	31	7,348	53,694	7,502	53,960
NW/14	33	7,426	53,689	7,589	53,972
NW/15	36	7,501	53,678	7,677	53,983
NE/01	36	7,584	53,683	7,761	53,990
NE/02	34	7,677	53,703	7,843	53,991
NE/03	34	7,757	53,703	7,925	53,993
NE/04	33	7,844	53,713	8,007	53,994
NE/05	33	7,926	53,715	8,088	53,996
NE/06	33	8,006	53,713	8,170	53,997
NE/07	41	8,048	53,646	8,252	53,999
NE/08	45	8,112	53,617	8,333	54,000
NE/09	8	8,100	53,456	8,415	54,002
NE/10	52	8,169	53,435	8,497	54,003
NE/11	12	8,230	53,402	8,574	53,996
NE/12	46	8,410	53,574	8,636	53,966
NE/13	15	8,483	53,559	8,517	53,619
Summe	1,088				

2.3 Datenerhebung

Für die hier durchgeführte Studie wurde als Flugzeugtyp eine Partenavia 68 genutzt, ein Schulterdecker (Abb. 2), der mit ausgewölbten Fenstern, den sogenannten „Bubble“-Fenstern, ausgerüstet ist. Diese speziellen Fenster erlauben es den Beobachtern das Transekt direkt unter der Maschine zu beobachten.



Abb. 2: Partenavia P68 der SyltAir. rechts: „bubble“-Fenster.

Das Team im Flugzeug besteht immer aus drei Personen und dem Piloten: Vorne rechts neben dem Piloten sitzt der sogenannte „Navigator“. Dieser bedient den Computer (Panasonic Toughbook), der mit einem GPS (Garmin etrex) verbunden ist. Die Position des Flugzeuges wird alle zwei Sekunden abgespeichert. Der Navigator überwacht die Einhaltung der konstanten Flughöhe (600 Fuß=183 m) und Geschwindigkeit (90-100 Kn=167-185 km/h); er koordiniert die Befliegung der Transekte und gibt die Sichtungsbedingungen sowie alle Sichtungen direkt in den Computer ein. Er selbst führt keine Beobachtungen durch.

Die Umwelt- und Sichtungsbedingungen werden zu Beginn eines jeden Transekts bestimmt und bei jeglicher Veränderungen sofort angepasst. Dazu gehören Seegang (nach der Beaufort-Skala), Trübung des Wassers (Skala 0=klares Wasser, 1=Sichttiefe <2 m bis 2=sehr trübes Wasser), Niederschlag (z. B. Nebel, Regen), Wolkenbedeckung und Reflektion der Sonne auf dem Wasser (sog. glare). Zudem schätzen die Observer, unter Berücksichtigung aller zuvor genannten Umweltbedingungen, die Sichtungswahrscheinlichkeit für Schweinswale als *gut*, *moderat* oder *schlecht* ein. Die geschätzt getrennt für jede Seite. Diese Einschätzung sowie eine standardisierte Aufnahme der Umweltbedingungen ist essentiell für eine spätere robuste Dichteabschätzung. Der Schweinswale ist, aufgrund seiner geringen Größe, der kleinen Gruppengröße von meist nur 1-2 Tieren und seines nicht auffälligen Verhaltens an der Oberfläche, eine der schwierigsten zu erfassenden Kleinwalart. Alle Daten, die während der Sichtungswahrscheinlichkeit *schlecht* aufgenommen wurden, wurden von der späteren Analyse ausgeschlossen.

Die beiden Beobachter („Observer“) sitzen hinter dem Piloten rechts und links an den „Bubble“-Fenstern (Abb. 2 & 3). Sie scannen v.a. den Bereich der

Transektlinie (d.h. direkt unter dem Flugzeug) und im rechten Winkel des Transekts (bis ca. 500 m auf jeder Seite). Für jede Sichtung werden, neben dem Sichtungswinkel, folgende Informationen festgehalten: Gruppengröße, Gruppenzusammensetzung (v.a. Vorkommen von Kälbern), Verhalten (z.B. Ruhen, Fressen), Schwimmrichtung, Sichtungsauslöser (z.B. Körper, Wasserspritzer), evtl. Reaktionen auf das Flugzeug und jegliche Kommentare. Alle Informationen werden direkt über das Interkomm-System an den Navigator weitergegeben und online registriert. Der Winkel zur Sichtung wird mit Hilfe eines Winkelmessgerätes, dem sog. Inklinometer, bestimmt (Abb. 3). Nach einer Pause oder während Transitstrecken wechseln die Beobachter ihre Positionen. Der Wechsel der Positionen sorgt für eine zufällige Verteilung der Beobachter und verhindert, dass mögliche beobachterspezifische Fehler nur auf bestimmten Seiten des Flugzeugs auftreten.



Abb. 3: Observer am „Bubble“-Fenster mit Inklinometer zur Winkelmessung.

Neben Schweinswalen werden auch weitere marine Säugetiere (z.B. Robben, Delphine) sowie Schiffe (getrennt nach versch. Schiffstypen), Müll, Netzreste, Öl, Algen und Stellnetze als Sichtungen aufgenommen. Da es aus der Flughöhe von 600 Fuß nicht möglich ist die bei uns heimischen Hundsrobbenarten, Seehund (*Phoca vitulina*) und Kegelrobbe (*Halichoerus grypus*) definitiv zu unterscheiden, werden diese im folgenden als „Robbensichtungen“ zusammengefasst. Es werden nur Robben aufgenommen, die sich im Wasser befinden; d.h. es werden keine Robben auf Sandbänken gezählt, die überflogen werden.

2.4 Datenauswertung

Eine Darstellung der georeferenzierten Daten erfolgt über Verteilungskarten, erstellt in ArcGIS (ESRI). Wichtig bei dieser Darstellung sind nicht nur die genauen Sichtungspeditionen, sondern v.a. der Suchaufwand unter den verschiedenen Sichtungsbefingungen. Diese beiden Information können in sog. Rasterkarten gemeinsam dargestellt werden. Die Daten sind dann aufwandsbereinigt. Dazu wurde das Untersuchungsgebiet in 5 x 5 km große Rasterzellen unterteilt. Pro Rasterzelle wird eine mittlere Dichte (\hat{D} [Indiv./km²]) berechnet, indem:

$$\hat{D} = \frac{n_{\text{indiv.}}}{\text{effort}}$$

$n_{\text{indiv.}}$: Summe der Schweinswale pro Rasterzelle

effort : Suchaufwand als effektiv abgeseuchte Fläche (in km²) pro Rasterzelle

Abundanzabschätzung

Bei der Abschätzung der Bestandsgröße (Abundanz) für das Untersuchungsgebiet, wurde zum einen pro Survey die Abundanz in den einzelnen Strata (NDS-West und NDS-Ost) berechnet und zum anderen der Gesamtbestand der Schweinswale. Vor dem Hintergrund, dass die Transekte vor Erfassungsbeginn so gewählt wurden, dass sie die Strata repräsentativ abdeckten, ist die ermittelte Dichte für das gesamte Gebiet ebenfalls repräsentativ.

Die Abundanz \hat{N}_v in Stratum v wurde folgendermaßen berechnet

$$\hat{N}_v = \frac{A_v}{L_v} \left(\frac{n_{\text{gsv}}}{\hat{\mu}_g} + \frac{n_{\text{msv}}}{\hat{\mu}_m} \right) \bar{s}_v$$

Dabei ist A_v die Fläche des Stratums, L_v beschreibt den Suchaufwand und ist die zurückgelegte Transektlänge (nur in guten oder moderaten Sichtungsbefingungen), n_{gsv} und n_{msv} stehen für die Anzahl Sichtigungen in guten bzw. moderaten Befingungen, $\hat{\mu}_g$ und $\hat{\mu}_m$ sind die dazugehörigen totalen

effektiven Streifenbreiten (esw inkl. $g(0)$) in guten bzw. moderaten Bedingungen, und \bar{s}_v ist die mittlere Gruppengröße in Stratum v .

Die Dichten der einzelnen Surveys wurden berechnet, indem die Abundanzen mit der Fläche des jeweiligen Stratums dividiert wurde. Die 95%-Konfidenzintervalle sowie der Variationskoeffizient wurden mit der Bootstrap-Methode³ bestimmt. Hierzu wurden die Transektlinien als Stichproben benutzt. Die so bestimmten Konfidenzintervalle schätzen ein Intervall, welches mit großer Wahrscheinlichkeit die 'wahre' Dichte enthält. Schließlich prüften wir, ob die für einen Survey bestimmte Dichte im Konfidenzintervall der Dichte eines anderen mit ihm zu vergleichenden Surveys lag. War dies nicht der Fall unterschieden sich die Dichten signifikant ($p < 0,05$).

³ Grundsätzlich basiert diese Methode auf einer Zufallsziehung (mit Zurücklegen) der geschätzten Dichten pro Transekt. Dabei werden so viele Werte gezogen wie Transekte befliegen wurden, und anschließend wird die Dichte für das Gesamtgebiet auf der Basis dieser Zufallsauswahl bestimmt. Beide Schritte (Zufallsziehung und Dichtebestimmung) werden vielfach (hier 1.000 mal) wiederholt und 'Abschneiden' der extremsten fünf Prozent der resultierenden Verteilung der Dichtewerte liefert schließlich die Grenzen des Konfidenzintervalls. Die hier verwendete spezielle Methode ('accelerated bias corrected confidence limits', Manly 1997) ist besonders für potentiell asymmetrische Verteilungen geeignet.

3. ERGEBNISSE

3.1 1.Survey am 08.und 09.04.2008

Am 08.04.2008 konnten insgesamt 22 Transekte beflogen werden. Da die östlichsten Transekte NE/09-NE/13 bei Ebbe fast komplett trockenfallen, wurden diese Transekte einen Tag später am 09.04. zum Zeitpunkt des Hochwassers beflogen. Während einer Suchstrecke von 970 km „on effort“ wurden 57 Schweinswalgruppen mit insgesamt 66 Individuen gesichtet (Tabelle 2). Es wurden keine Mutter-Kalb Paare gesichtet. Für die Erfassung im April ergibt sich eine Sichtungsrate von 0,06 Sichtungen/km.

Tabelle 2: Ergebnisse der Schweinswalerfassung am 08. und 09.04.2008. Dargestellt sind Daten, die unter guten und moderaten Sichtungsbedingungen erhoben wurden.

Transekt	km "on effort"	Sichtungen	Anzahl Tiere	Sichtungen/km
NW/02	25	1	1	0,04
NW/03	31	2	2	0,06
NW/04	32	6	8	0,19
NW/05	35	1	1	0,03
NW/06	30	0	0	0,00
NW/07	30	3	4	0,10
NW/08	48	11	14	0,23
NW/09	53	1	1	0,02
NW/10	61	7	7	0,11
NW/11	35	3	3	0,09
NW/12	28	6	6	0,22
NW/13	29	3	3	0,10
NW/14	33	3	5	0,09
NW/15	33	1	1	0,03
NE/01	33	2	2	0,06
NE/02	31	0	0	0,00
NE/03	30	0	0	0,00
NE/04	28	0	0	0,00
NE/05	30	1	2	0,03
NE/06	32	1	1	0,03
NE/07	38	1	1	0,03
NE/08	39	0	0	0,00
NE/09	59	3	3	0,05
NE/10	62	1	1	0,02
NE/11	45	0	0	0,00
NE/12	42	0	0	0,00
	970	57	66	0,06

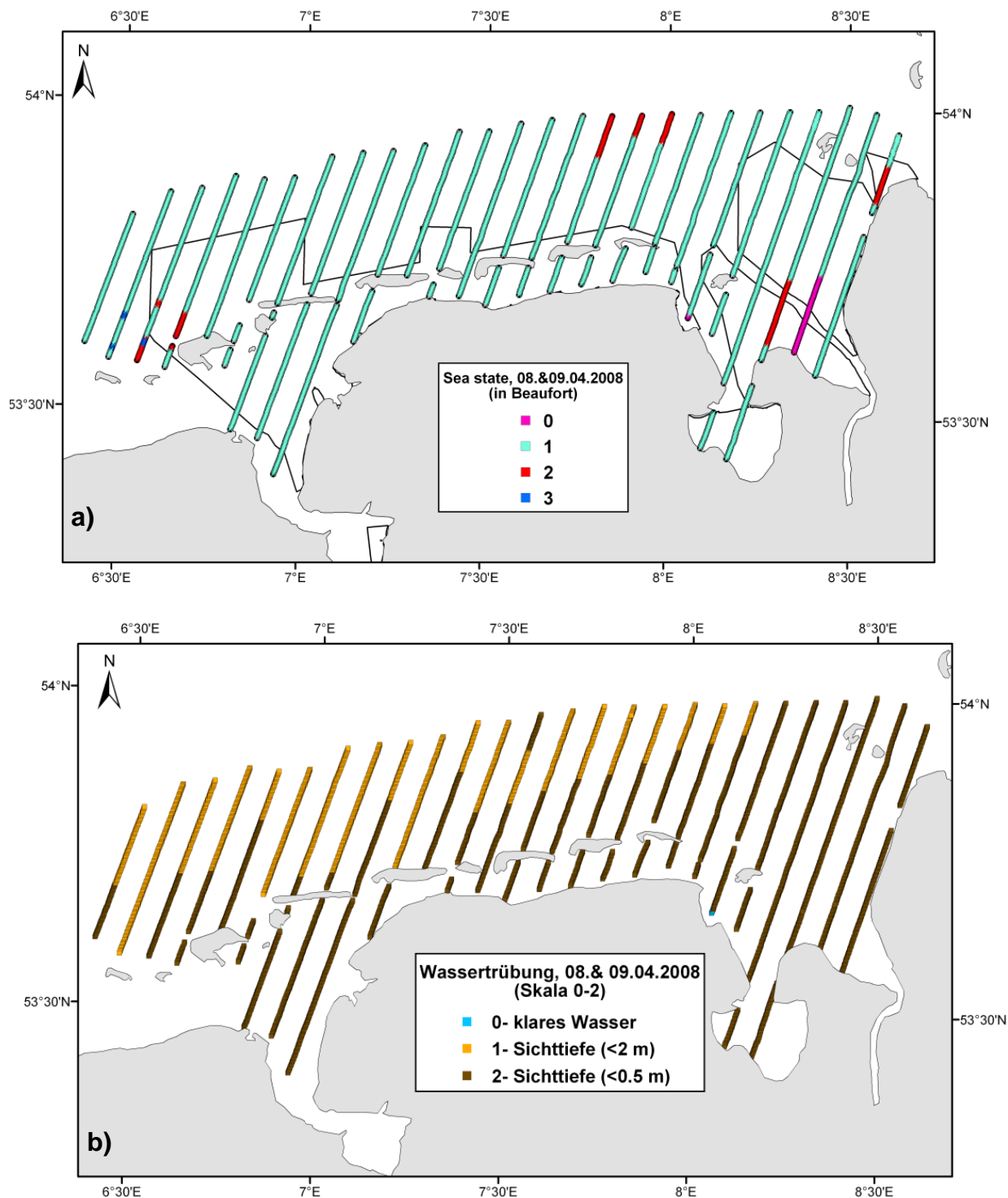


Abb. 4: Sichtungsbedingungen während des Zählfluges im April 2008. a) Seegang, b) Trübung des Wassers.

Die See war an beiden Tagen sehr ruhig (Abb. 4a). Nur für sehr kurze Strecken wurde ein Seegang von 2 Bft. beobachtet. Dennoch wurden die generellen Sichtungsbedingungen für Schweinswale an diesen Tagen über weite Strecken als

„moderat“ angegeben, was auf die sehr hohe Trübung im Wattenbereich zurückzuführen ist (Abb. 4b). Meist wurde für mehr als 50% der Transekte eine Sichttiefe von weniger als 0,5 m angegeben. Schweinswale konnten in diesen Bereichen dann nur gesichtet werden, wenn sie sich direkt an der Wasseroberfläche befanden. Abb. 5 zeigt alle 57 Schweinswalsichtungen. Bei einem Vergleich der Abbildungen 4b und 5 wird deutlich, dass es gerade in den Bereichen mit hoher Trübung zu keiner oder nur vereinzelt Sichtungen kam.

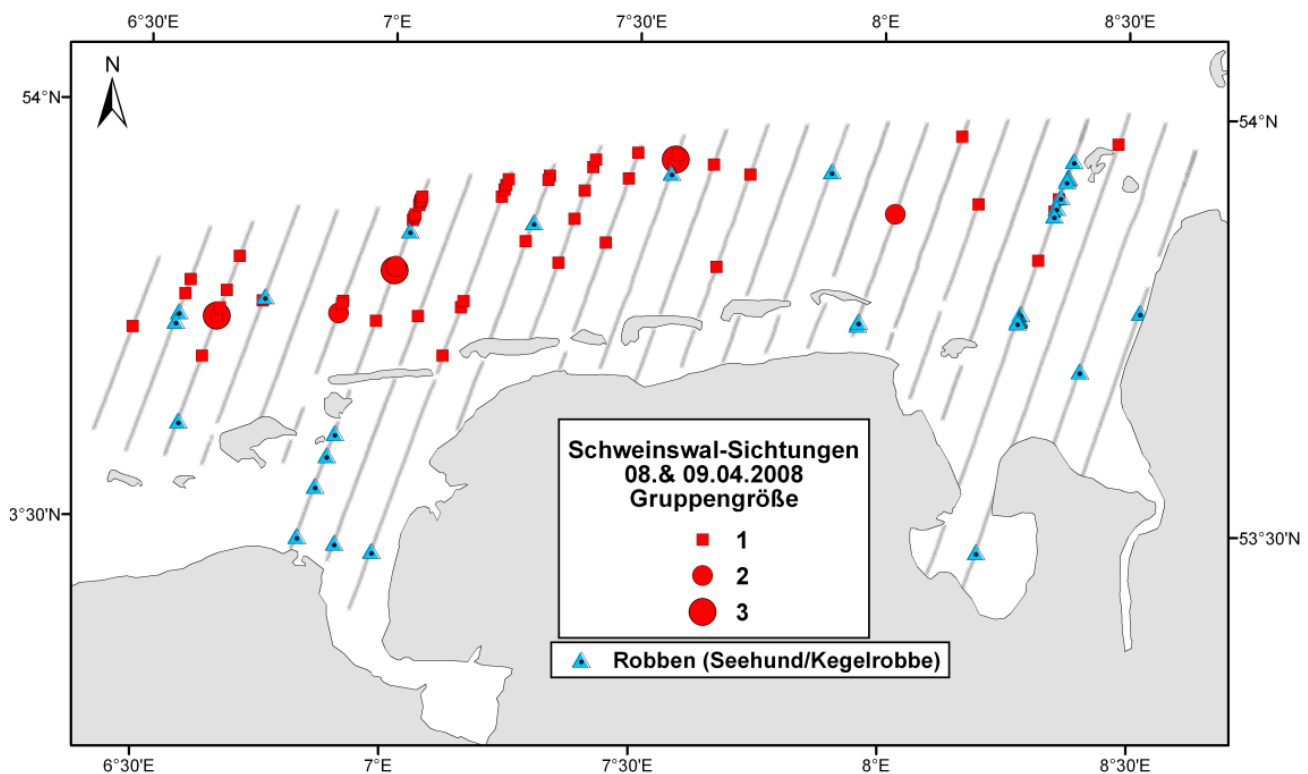


Abb. 5: Schweinswal-Sichtungen, mit jeweiligen Gruppengrößen, im April 2008. Die abgeflogenen Transekte sind als graue Linien dargestellt. Blaue Dreiecke zeigen Sichtungen von Robben (insgesamt 41 Tiere).

Alle Schweinswale wurden seewärts der ostfriesischen Inseln gesichtet. Die meisten Schweinswale wurden westlich und nordwestlich der Insel Langeoog gesichtet (Abb. 5). Robben wurden auch zwischen Festland und vorgelagerten Inseln gesichtet.

Die Rasterkarte in Abb. 6 integriert sämtliche zuvor dargestellten Informationen, und stellt die Sichtungen somit unter Berücksichtigung der Sichtungsbedingungen auf den jeweilig zurückgelegten Strecken dar. So kann eine mittlere Dichte pro Rasterzelle (hier: $5 \times 5 \text{ km} = 25 \text{ km}^2$) berechnet werden.

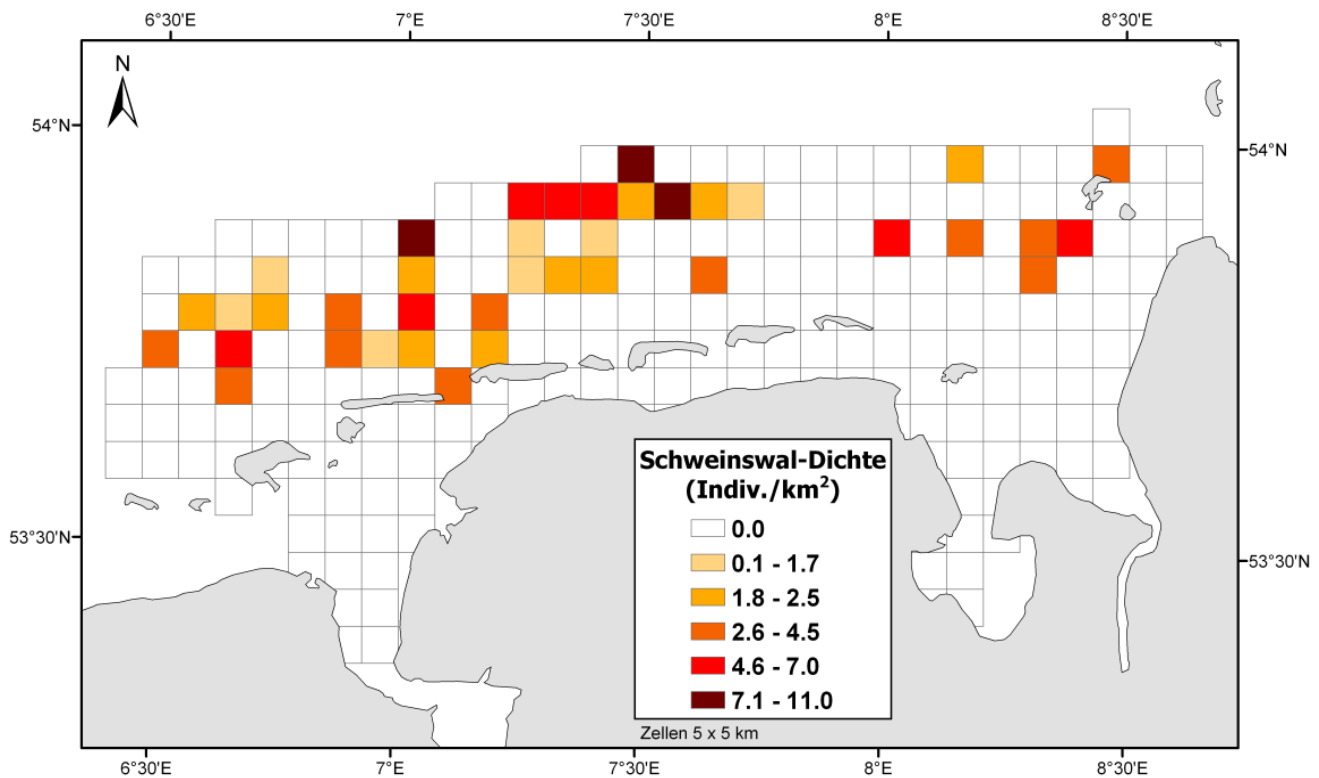


Abb. 6: Mittlere Schweinswalldichte pro Rasterzelle (5x5 km) im April 2008.

3.2 2. Survey am 06.05.2008

Während des 2. Surveys am 06.05.2008, konnten insgesamt 22 Transekte befliegen werden. Aufgrund der zu Beginn des Tages etwas schlechteren Bedingungen im östlichen Bereich, wurde die Erfassung im äußersten Westen bei Transekt NW/02 begonnen. Auf einer Suchstrecke von 675 km wurden 17 Schweinswalgruppen gesichtet mit insgesamt 20 Tieren (Tabelle 3). Es wurden keine Mutter-Kalb Paare gesichtet. Die Sichtungsrates von 0,03 Sichtungen pro km war somit deutlich geringer als beim 1. Survey Anfang April 2008. Die noch fehlenden vier östlichsten Transekte sollten, aus Gründen einer synoptischen Erfassung, möglichst zeitnah zum ersten Flugtag befliegen werden. Die Wetterbedingungen der folgenden zwei Wochen ließen jedoch keinen weiteren Flugtag mehr zu, so dass diese Transekte nicht mehr befliegen wurden.

Tabelle 3: Ergebnisse der Schweinswalerfassung am 06.05.2008. Dargestellt sind Daten, die unter guten und moderaten Sichtungsbedingungen Bedingungen erhoben wurden.

Transekt	km "on effort"	Sichtungen	Anzahl Tiere	Sichtungen/km
NW/02	25	2	2	0,08
NW/03	30	0	0	0,00
NW/04	33	0	0	0,00
NW/05	35	0	0	0,00
NW/06	37	2	2	0,05
NW/07	46	1	1	0,02
NW/08	49	1	1	0,02
NW/09	54	3	5	0,06
NW/10	26	1	1	0,04
NW/12	31	0	0	0,00
NW/13	23	0	0	0,00
NW/14	32	0	0	0,00
NW/15	23	0	0	0,00
NE/01	32	1	2	0,03
NE/02	24	0	0	0,00
NE/03	25	2	2	0,08
NE/04	23	0	0	0,00
NE/05	26	2	2	0,08
NE/06	21	1	1	0,05
NE/07	20	1	1	0,05
NE/08	36	0	0	0,00
NE/09	24	0	0	0,00
Summe	675	17	20	0,03

Der Seegang war stellenweise etwas höher als bei den Flügen im April, aber in mehr als 80% der Surveyzeit herrschte ein Seegang von nur 1 Bft. vor (Abb. 7a). Die Trübung der Wassersäule, bedingt durch Gezeiten und Ästuarnähe, war ähnlich stark wie im April und besonders im östlichen Bereich auch seewärts sehr hoch (Abb. 7b). Während des Fluges im Mai wurden die Sichtbedingungen zudem stark beeinträchtigt durch eine Schaumalgenblüte (*Phaeocystis* sp.). Weite Strecken der Transekte, dies vor allem im westlichen Bereich, waren durch Schaum sowie durch hühnerei-große weiße Kugeln bedeckt, entweder flächendeckend oder in weißen Streifen, die durch Wind und Strömung zersäuselt wurden (Abb. 8). Die Sichtbedingungen wurden daher, trotz ruhiger See, über weite Strecken als „schlecht“ angegeben.

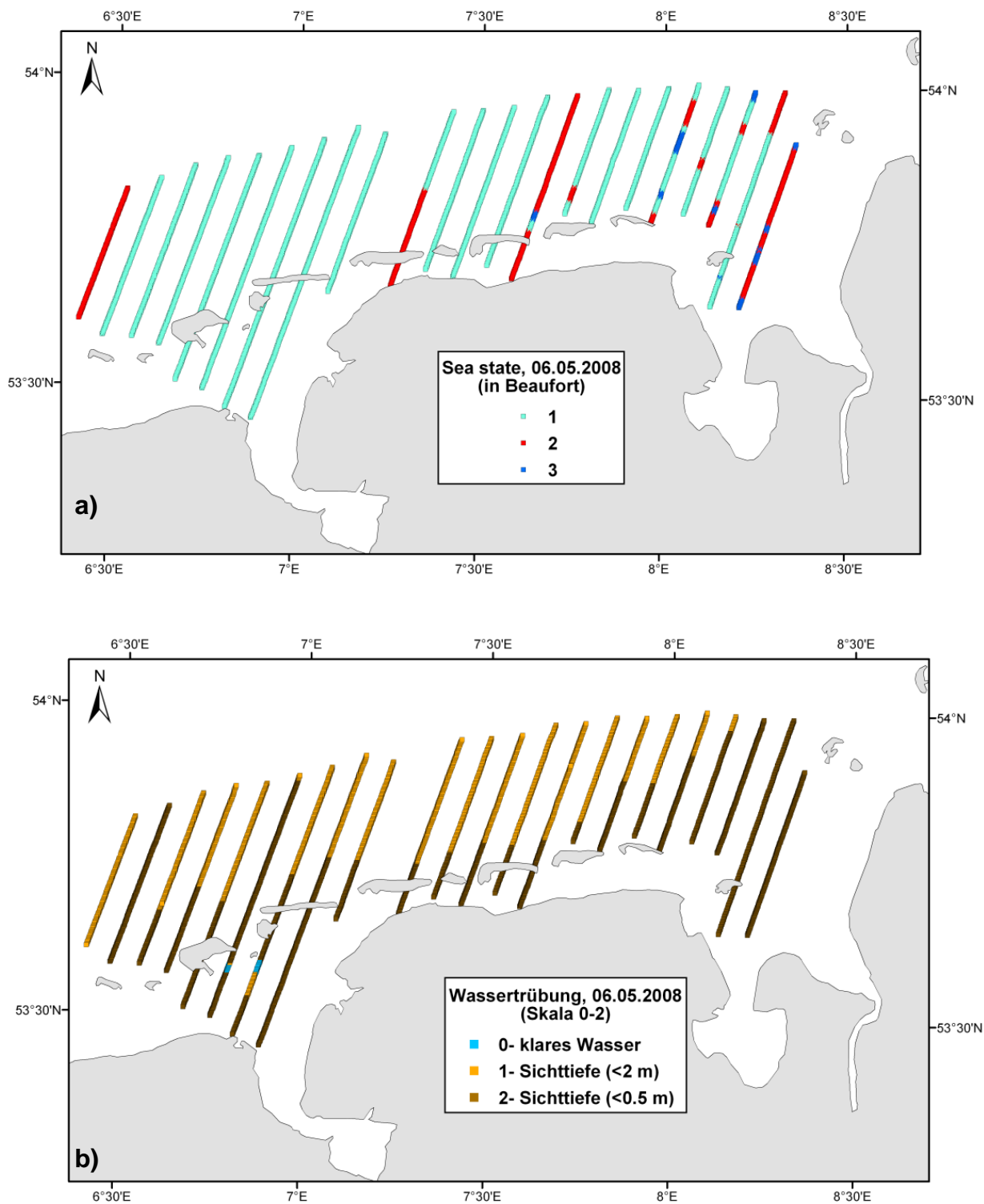


Abb. 7: Sichtungsbedingungen während des Zählfluges im Mai 2008. a) Seegang, b) Trübung des Wassers.



Abb. 8: Wasseroberfläche vor den ostfriesischen Inseln am 06.05.2008. Die Schaumalgenblüte wurde durch Wind und Strömung in weiße Streifen zerrissen. Das Meeresumwelt-Reportsystem (MURSYS) des BSH meldete im Mai 2008, dass vor Norderney z.B. bis zu 25.500 Kolonien pro Liter gemessen wurden.

Bei der Erfassung am 06.05.2008 wurden Schweinswale v.a. nördlich der Inseln Spiekeroog und Wangerooge sowie nördlich und westlich der Insel Norderney gesichtet. Der Großteil aller gesichteten Schweinswale befand sich ca. 20 km seewärts der ostfriesischen Inseln (Abb. 9). Robben wurden auch zwischen Inseln und Festland gesichtet. Die aufwandskorrigierte Rasterkarte zeigt deutlich das Auftreten von Schweinswalen in drei getrennten Schwerpunktbereichen (Abb. 10).

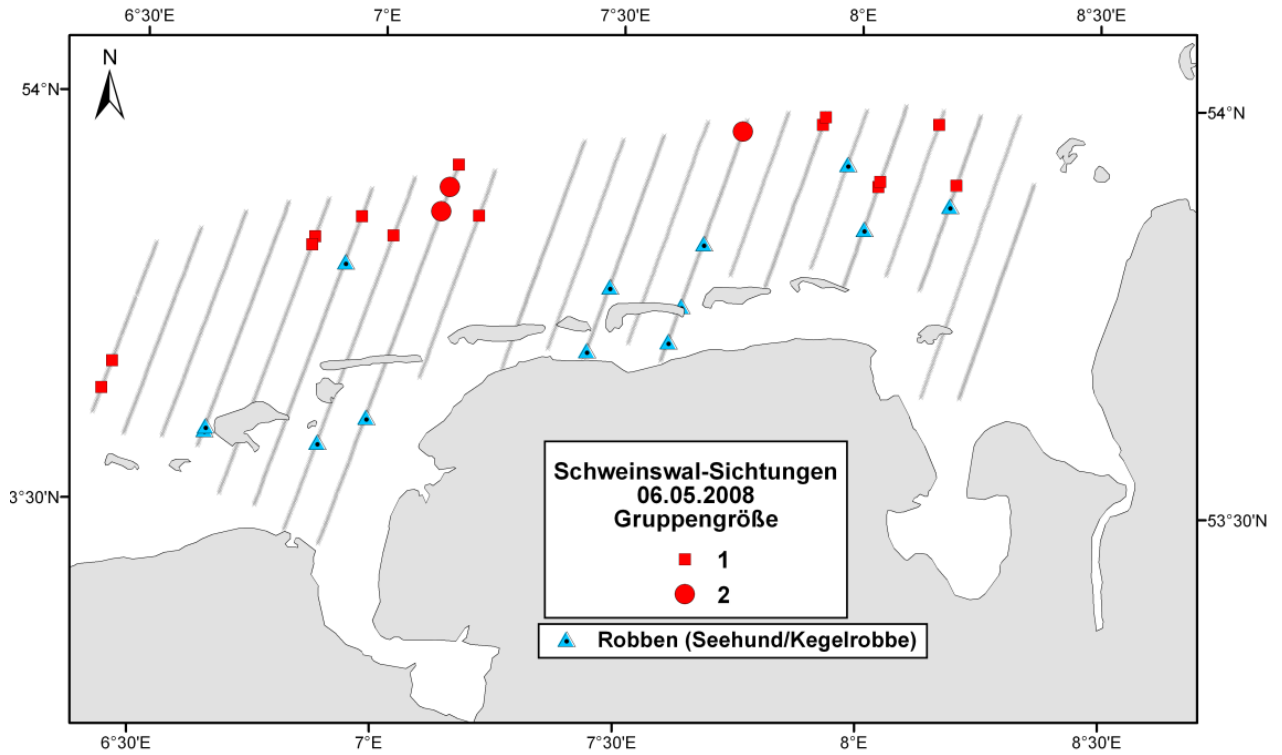


Abb. 9: Schweinswal-Sichtungen, mit jeweiligen Gruppengrößen, im Mai 2008. Die abgeflogenen Transekte sind als graue Linien dargestellt. Blaue Dreiecke zeigen zudem Sichtungen von Robben (insgesamt 13 Tiere).

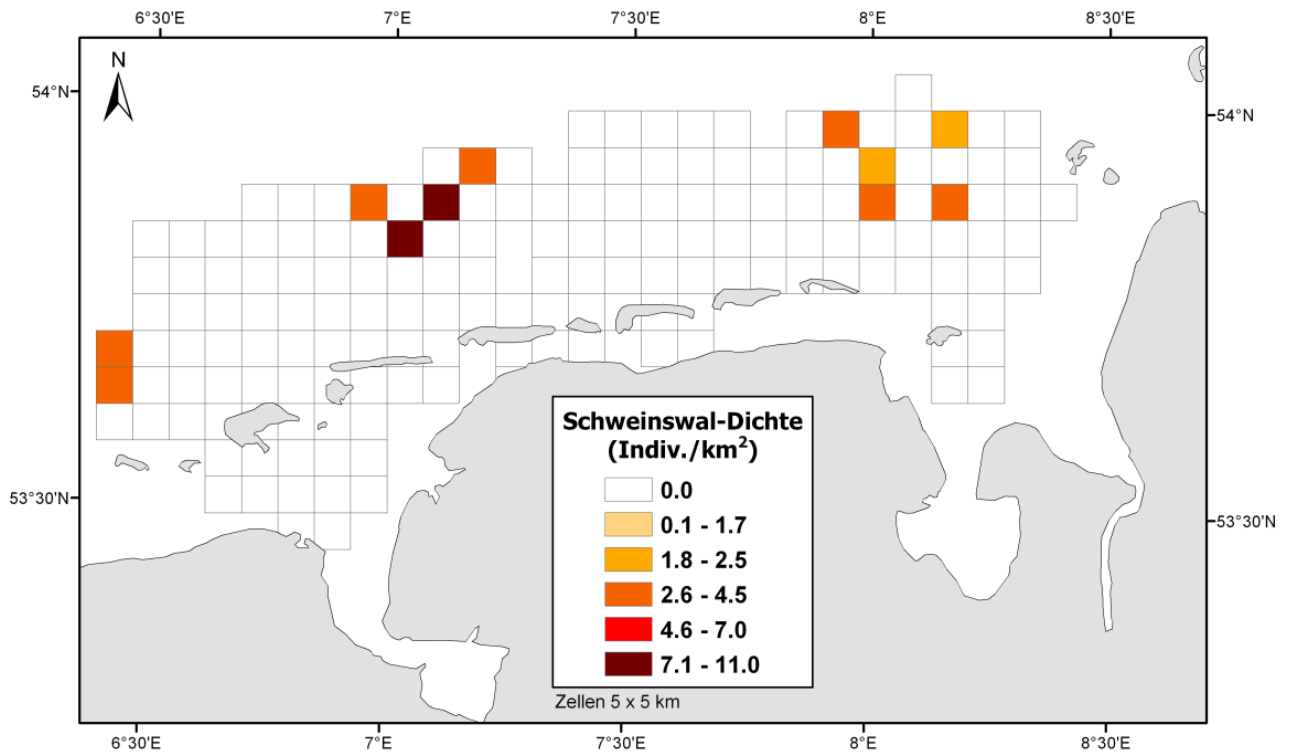


Abb. 10: Mittlere Schweinswaldichte pro Rasterzelle (5x5 km) im Mai 2008.

3.3 Vergleich der Surveys im April und Mai 2008

Die mittlere Sichtungsrates im April war signifikant höher als im Mai (GLM, $p=0.028$). Dies ist vor allem deutlich im Westen des Untersuchungsgebietes (Abb. 11). Vergleicht man die Sichtungsrates pro Transekt im Stratum NDS-West zwischen April und Mai, so sind die Unterschiede signifikant (GLM, $p=0.003$). Dies ist jedoch, bei gleichem Vergleich, nicht der Fall im Stratum NDS-Ost (GLM, $p=0.289$).

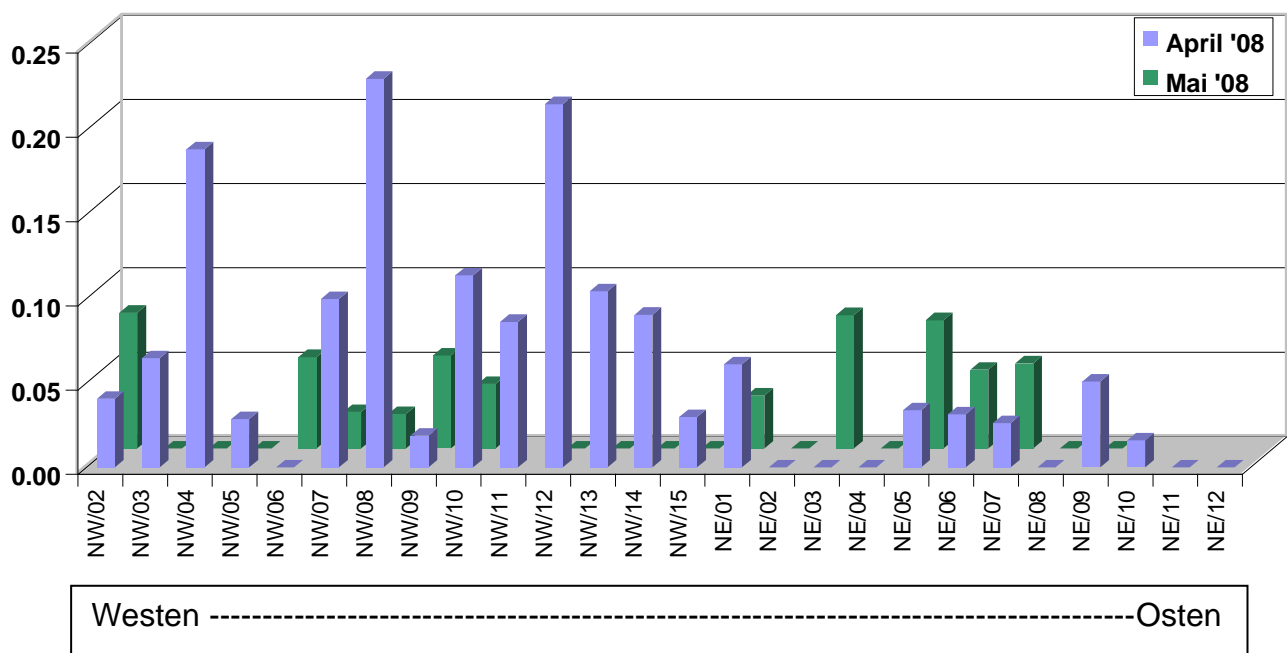


Abb. 11: Sichtungsrates (Sichtung pro km „on effort“) pro Transekt im April und Mai 2008. NW/11 und NE/10-NE/12 wurden im Mai nicht befliegen, daher ist kein direkter Vergleich möglich.

3.4 Abundanzabschätzung

Die Abundanzabschätzung für das gesamte Untersuchungsgebiet ergab im April 2008 eine Abundanz von 3.866 Schweinswalen und eine Abundanz von 2.363 Schweinswalen im Mai 2008 (Tabelle 4). Dies entspricht einer Dichte von 0,71 im April und 0,43 im Mai.

Die untere und obere Grenze des Konfidenzintervalls (KI) umgeben mit 95% Wahrscheinlichkeit den geschätzten Wert. Der Variationskoeffizient (VK) ist ein

Maß dafür, wie der wahre Wert innerhalb der Grenzen des KI streut; d.h. je kleiner der VK desto besser, denn desto näher liegt der ‚wahre‘ Wert in der Mitte des Konfidenzintervalls. Im Prinzip zeigt er indirekt auf die Qualität der Abundanzschätzung hin. Ein VK um die 0,4 weist auf eine robuste Abundanzabschätzung hin. Zum Vergleich der VK anderer Abundanzschätzungen für Schweinswale: (1) Carretta & Forney 2004: Flugzählung in kalifornischen Gewässern VK zw. 0,37 und 0,42 und (2) SCANSII: VK zw. 0,35 und 0,47. Unsere VKs von 0,36 und 0,43 zeigen, dass die Schätzungen robust sind. Jedoch weist der Survey im Mai, bedingt durch hohe VKs in den einzelnen Strata, auf eine schlechtere Schätzung hin als der Survey im April. Dies wurde hervorgerufen durch die wenigen Sichtungen im Mai, die zudem stark geklumpt auftraten. Da der Abundanzwert jeweils im Konfidenzintervall des anderen Surveys liegt, unterscheiden sich die Abundanzen nicht signifikant zw. April und Mai. Im April, war jedoch die Abundanz in NDS-Ost signifikant ($p < 0,05$) geringer als in NDS-West.

Tabelle 4: Abundanzschätzung für Schweinswale. Werte sind gelistet für das gesamte Untersuchungsgebiet Niedersächsisches Wattenmeer, sowie getrennt nach den Strata NDS-Ost und NDS-West. VK= Variationskoeffizient, KI= Konfidenzintervall. Gebietsgröße gesamt=5.469 km², NDS-Ost=2.689 km² und NDS-West=2.780 km².

	Abundanz (Anzahl Tiere im Gebiet)	VK	KI (95%)	Dichte (Indiv./km ²)
Gesamt (April '08)	3.866	0,36	1.995 - 7.987	0,71
Stratum NDS-Ost	911	0,48	303 - 2.163	0,34
Stratum NDS-West	2.955	0,37	1.492 - 5.938	1,06
Gesamt (Mai '08)	2.363	0,43	972 - 5.382	0,43
Stratum NDS-Ost	1.089	0,50	353 - 2.581	0,40
Stratum NDS-West	1.274	0,53	306 - 3.233	0,46

Die Dichte im Stratum NDS-West war in beiden Monaten höher als im Stratum NDS-Ost. Dieser Unterscheid war im Mai jedoch nicht so deutlich (Abb. 12).

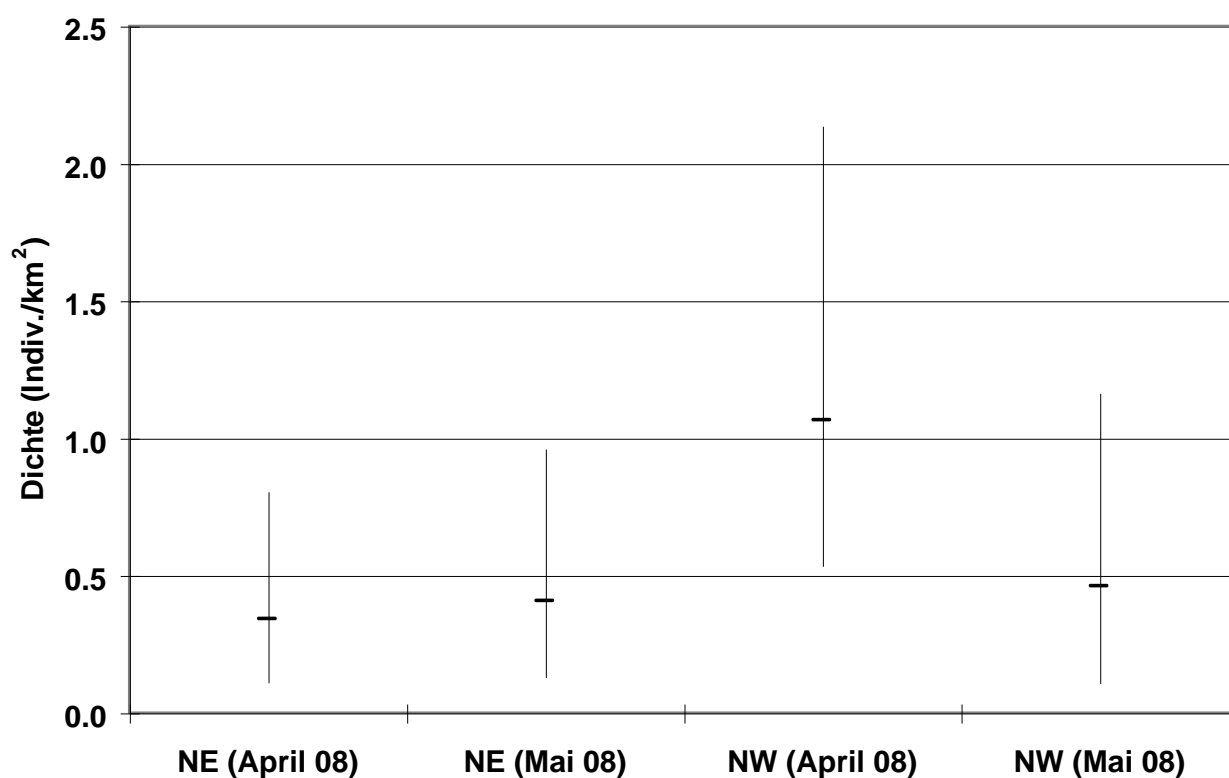


Abb. 12: Schweinswaldichte und assoziierte 95% Konfidenzintervalle. Strata NE (= NDS-Ost) und NW (=NDS-West).

3.5 Anthropogene Aktivitäten

Während der Flüge wurden sämtliche Zeichen anthropogener Nutzung im Untersuchungsgebiet systematisch aufgenommen. Im April 2008 stellten die Container-Schiffe (46%) und Fischkutter (33%) den größten Anteil aller gesichteten Schiffe (n=24) dar (Abb. 13a). Container-Schiffe wurden vor allem im Osten des Untersuchungsgebietes aufgenommen. Im Mai 2008 wurden insgesamt 25 Schiffe aus 5 verschiedenen Kategorien gesichtet (Abb. 13b). Den größten Anteil stellten Container (40%), Segelboote (24%) und Fischkutter (20%).

Im gesamten Gebiet wurde auch sehr viel treibender Müll gesichtet.

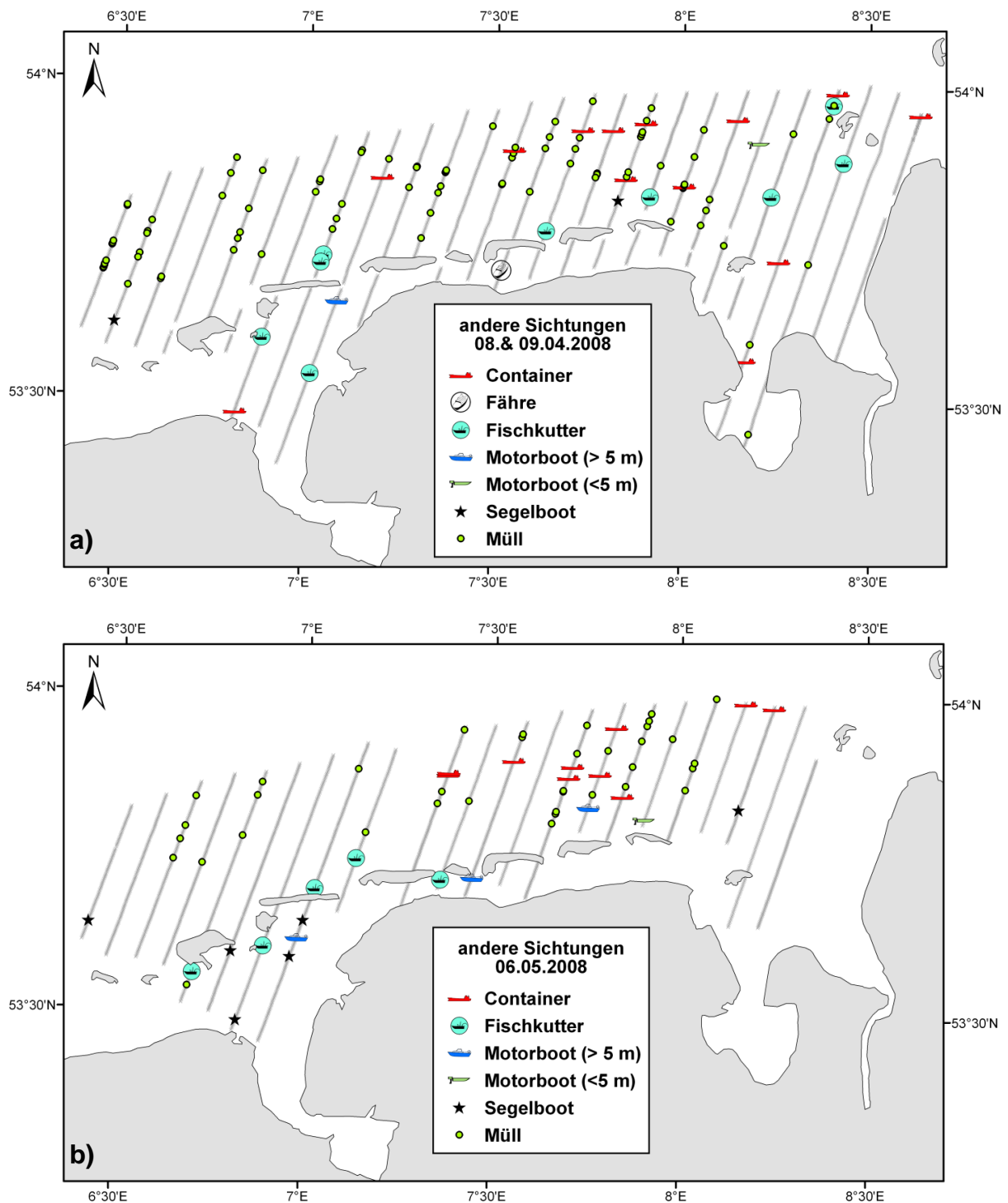


Abb. 13: Sichtungen von Schiffen und Müll während der Erfassungsflüge für Schweinswale im April (a) und Mai (b) 2008.

4. DISKUSSION

Im Untersuchungsgebiet wurde eine heterogene Verteilung der Schweinswale beobachtet. Im westlichen Bereich, von Langeoog bis Borkum, war die Dichte wesentlich höher als im Osten; dieser Unterschied war im April signifikant. Schweinswale wurden nur seewärts der Inseln gesichtet. Dies könnte jedoch bedingt sein durch die sehr hohe Wassertrübung in diesen Bereichen. Aufgrund der starken Trübung können Schweinswale dann nur gesichtet werden, wenn sie sich direkt an der Wasseroberfläche befinden. Dies gilt zwar auch für Robben, jedoch gehen wir davon aus, dass sich zum einen mehr Robben als Schweinswale zwischen Inseln und Festland aufhalten und dass sich diese zum anderen, aufgrund der Nähe zu den Sandbänken, vermehrt an der Wasseroberfläche aufhalten. Robben beginnen mit längeren Tauchgängen erst in einiger Entfernung zu ihren Ruheplätzen (Liebsch 2006). Der Effekt der Trübung wird bei der Dichteschätzung aber berücksichtigt; dies geschieht durch die Anpassung der effektiven Streifenbreite, die bei schlechteren Sichtungsbedingungen verkleinert wird. Die berechnete Dichte ist immer für das gesamte Untersuchungsgebiet bzw. Stratum repräsentativ. Um jedoch die Präsenz von Schweinswalen zwischen Inseln und Festland über einen längeren Zeitraum abzusichern, sollten zusätzlich passive akustische Aufnahmegeräte eingesetzt werden.

Neben den räumlichen Unterschieden in der Schweinswalverteilung gibt es auch von zeitlichen zu berichten: Die Dichte scheint abzunehmen von April bis Mai. Der Ablauf der saisonalen Migration, welcher v.a. durch die Erhebungen während der MINOS-Projekte (Gilles et al. 2008) aber auch durch Daten aus Holland (Camphuysen 2004) gestützt wird, stellt sich nach aktuellstem Wissensstand folgendermaßen dar: Im Frühling, v.a. im März und April, nimmt die Dichte im Bereich um den Borkum Riffgrund zu. Es kommt zu Aggregationen von Schweinswalen, ein wichtiger „hot spot“ bildet sich im Gebiet, der wahrscheinlich auf eine nur temporär verfügbare energiereiche Futterquelle hinweist. Um diese Hypothese zu überprüfen, müssten räumlich hoch aufgelöste Daten zu Beutefischen (z.B. Hering, Dorsch, Sandaal) im Erfassungsgebiet vorliegen. Mit diesen Daten könnte man dann eine räumliche Modellierung anstreben, um zu

berechnen inwieweit die Verteilung und Dichte der Fische die Verteilung der Schweinswale bestimmt.

Im Sommer nimmt die Schweinswaldichte stark ab, dies eventuell schon ab Mai, worauf die Daten dieser Untersuchung hinweisen. Eventuell ziehen die Schweinswale dann in Richtung Nordosten (NO) ab, in einen Bereich rund um das Sylter Außenriff, denn im Sommer bildet sich in der Nordsee ein starkes Nord-Süd Dichte-Gefälle (Gilles et al. 2008). Im Herbst nimmt die Schweinswaldichte in der gesamten Deutschen Bucht wieder stark ab. Es ist kein deutlicher Nord-Süd Gradient mehr erkennbar. Im Vergleich zu den Sommermonaten steigt die Dichte im Bereich vor Ostfriesland wieder an, die Dichte im Herbst ist jedoch sehr viel geringer als im Frühling (Gilles et al. 2008).

Die Dichte der Schweinswale vor den ostfriesischen Inseln nahm während der Laufzeit (2002-2007) der MINOS Projekte zu. Seit 2004 werden ansteigende Sichtungsraten in diesem Gebiet registriert (Gilles et al. 2008). Dies jedoch vor allem im Frühling, wie auch die Ergebnisse dieser Erfassung zeigen. Auch Holland, Belgien und Nordfrankreich berichten vermehrt von Schweinswal-sichtungen und Strandungen (Kiszka et al. 2004, Camphuysen 2004). Zudem zeigte der SCANSII Survey im Juli 2005, dass die durchschnittliche Schweinswaldichte im Untersuchungsgebiet südlich von 56°N im Vergleich zu 1994 etwa doppelt so hoch war, während die Dichte in den nördlichen Gebieten um die Hälfte abgenommen hatte. Dies bei unveränderter Gesamtabundanz (SCANSII 2008). Die Zunahme des Schweinswalvorkommens in diesem Gebiet wird mit einer Verlagerung der Bestände der Schweinswale in der Nordsee in Verbindung gebracht. Fluktuationen in der Populationsgröße werden als unwahrscheinlich erachtet, vermutlich wird die Umverteilung durch lokale Reduktion oder Veränderung der Beuteverfügbarkeit ausgelöst (Camphuysen 2004, SCANS 2008).

Schweinswale werden v.a. im Winter und frühen Frühling in den holländischen Küstengewässern gesichtet, mit einem Peak von Dezember bis März. Ab April nimmt die Dichte ab (Camphuysen 2004). Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass die Schweinswale zu diesem Zeitpunkt vermehrt in die Bereiche vor den ostfriesischen Inseln einwandern. Im Sommer ist die Dichte in Holland, wie auch in der südlichen Deutschen Bucht, sehr gering (Camphuysen 2004).

Tabelle 5 zeigt in einem direkten Vergleich Ergebnisse verschiedener Erfassungen, die seit 1994 im Gebiet des niedersächsischen Wattenmeeres und angrenzenden Gewässern durchgeführt wurden. Während SCANS 1994 verlief jedoch nur ein Transekt im Bereich des niedersächsischen Wattenmeeres (Hammond et al. 2002). Die Erfassungen in MINOS und MINOS^{plus} wiederum lieferten eine sehr gute Abdeckung, sowohl räumlich als auch zeitlich. Abb. 14 zeigt die Grenzen der Strata im Bereich des niedersächsischen Wattenmeeres.

Tabelle 5: Zusammenstellung aller bisher vorliegenden Informationen im Bereich des niedersächsischen Wattenmeeres. Alle Surveys wurden nach der gleichen Methode durchgeführt (Linientransekt-Methode). Die Angabe „km on effort“ bezieht sich auf die zurückgelegte Suchstrecke im gesamten Untersuchungsblock. VK= Variationskoeffizient. NW= Nieders. Wattenmeer.

Projekt	Zeitpunkt	block	km "on effort"	Abundanz (VK)	Dichte	Referenz*
SCANS	Juli 1994	H	854	4.211 (0,29)	0,10	1
MINOS	Juni 2002	D	980	3.796 (0,42)	0,32	2
MINOS	Okt. 2002	D	708	982 (0,71)	0,08	2
MINOS ^{plus}	Sep. 2004	D	1.012	3.172 (0,44)	0,27	2
MINOS ^{plus}	Nov. 2004	D	733	5.054 (0,53)	0,43	2
MINOS ^{plus}	Mai 2005	D	775	12.599 (0,66)	1,07	2
MINOS ^{plus}	Juni 2005	D	1.577	1.078 (0,48)	0,09	2
SCANS II	Juli 2005	H	649	3.891 (0,45)	0,36	3
MINOS ^{plus}	Sep. 2005	D	709	1.653 (0,46)	0,14	2
MINOS ^{plus}	Nov. 2005	D	977	896 (0,71)	0,08	2
MINOS ^{plus}	April 2006	D	1.117	17.249 (0,38)	1,46	2
MINOS ^{plus}	Mai 2006	D	826	6.449 (0,37)	0,55	2
NW	April 2008	NDS	970	3.925 (0,35)	0,72	4
NW	Mai 2008	NDS	675	2.173 (0,43)	0,40	4

*1 = Hammond et al. 2002, 2 = Gilles et al. 2008, 3 = SCANSII 2008; 4= dieses Projekt

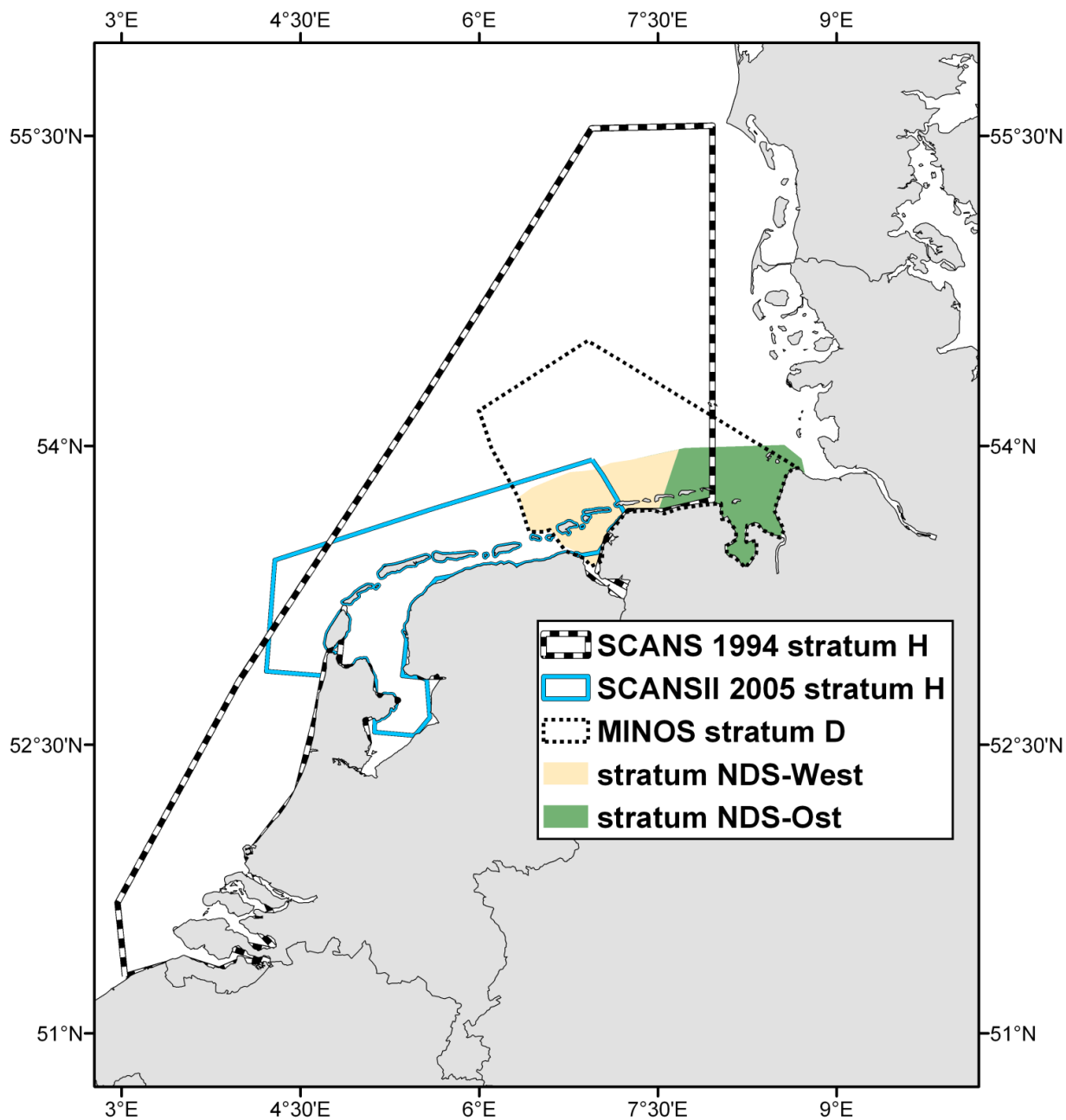


Abb. 14: Untersuchungsgebiete verschiedener Erfassungen (Tabelle 5) im Bereich des nieders. Wattenmeeres.

5. ZUSAMMENFASSUNG

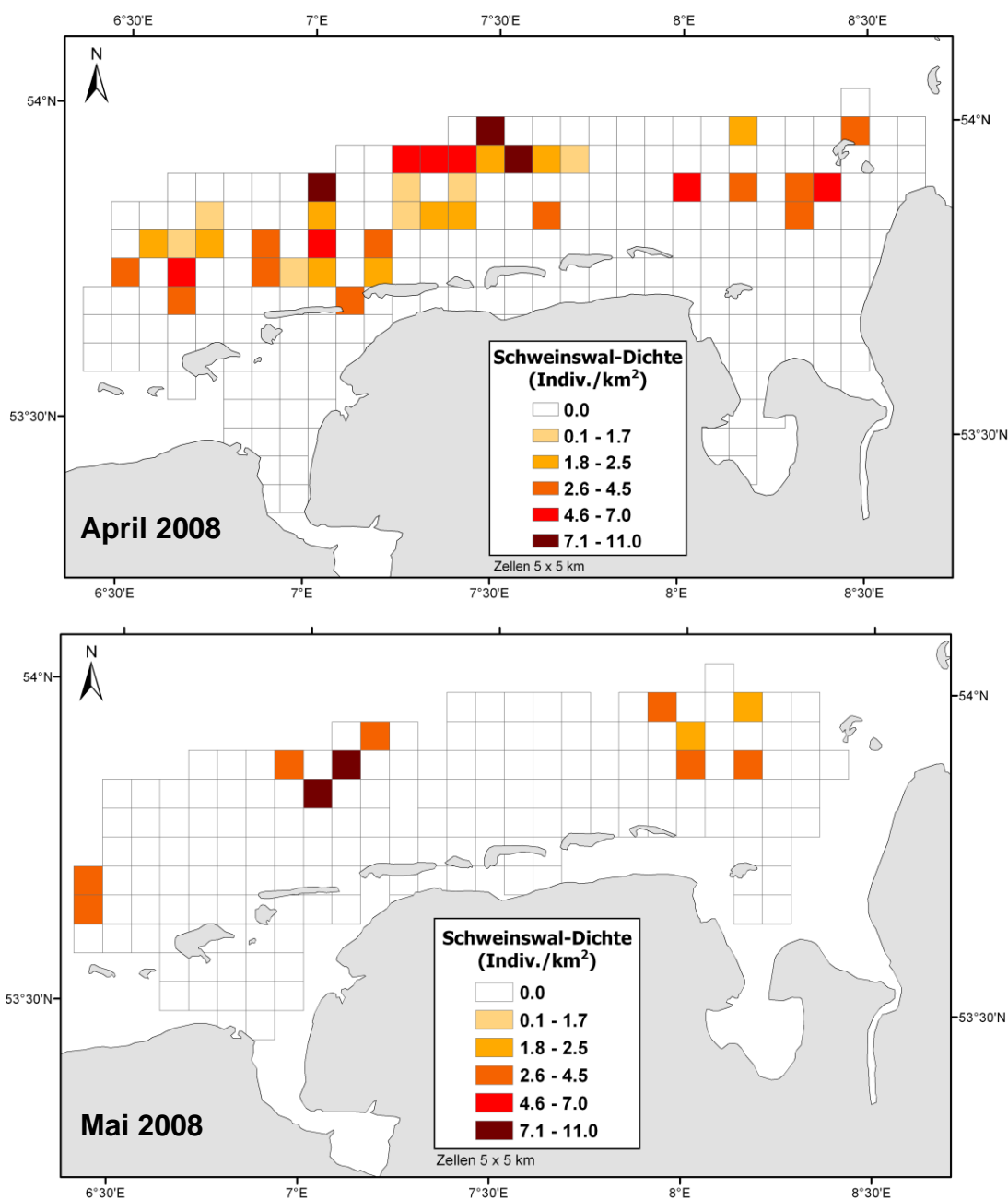
Aufgrund der Ergebnisse dieses ersten Monitoringdurchgangs und der bisher bekannten Untersuchungen lässt sich zusammenfassend sagen:

1. Für das gesamte Untersuchungsgebiet wurde eine Abundanz von 3.866 (VK 0,36) im April und eine Abundanz von 2.363 (VK 0,43) Schweinswalen im Mai 2008 geschätzt. Dabei zeigte sich eine Ungleichverteilung der Tiere, da die Dichte im westlichen Stratum höher ist.

Abundanzschätzung für Schweinswale. Werte sind gelistet für das gesamte Untersuchungsgebiet Niedersächsisches Wattenmeer, sowie getrennt nach den Strata NDS-Ost und NDS-West. VK= Variationskoeffizient, KI= Konfidenzintervall. Gebietsgröße gesamt=5.469 km², NDS-Ost=2.689 km² und NDS-West=2.780 km².

	Abundanz (Anzahl Tiere im Gebiet)	VK	KI (95%)	Dichte (Indiv./km ²)
Gesamt (April '08)	3.866	0,36	1.995 - 7.987	0,71
Stratum NDS-Ost	911	0,48	303 - 2.163	0,34
Stratum NDS-West	2.955	0,37	1.492 - 5.938	1,06
Gesamt (Mai '08)	2.363	0,43	972 - 5.382	0,43
Stratum NDS-Ost	1.089	0,50	353 - 2.581	0,40
Stratum NDS-West	1.274	0,53	306 - 3.233	0,46

2. Es existiert ein jahreszeitlicher Gradient, der wahrscheinlich durch das nur temporäre Vorhandensein von energiereichen Futterquellen begründet ist. Dabei zeigt sich eine höhere Dichte im Frühjahr, eine niedrigere Dichte im Sommer sowie eine geringfügige Konzentrationserhöhung im Herbst. Für den Winter ist aufgrund der geringen Datenlage keine Aussage möglich.
3. Der jahreszeitliche Gradient bestätigt sich durch Beobachtungen aus den Niederlanden und ist möglicherweise die Folge einer W-O Frühjahrswanderung der Schweinswale entlang der NL und NDS Küste in Richtung NO (Sylter Außenriff).



4. In der Nordsee wird generell von einer Verschiebung des Schweinswalvorkommens von Nord nach Süd berichtet. Der nordseeweite Survey SCANSII (2005) berichtet, im Vergleich zu SCANS 1994, von einer Verdopplung der Zahlen im Südteil, einer Halbierung im Nordteil bei gleichbleibender Abundanz im gesamten Erfassungsgebiet.

5. Die Wassertrübung im Untersuchungsgebiet lässt den Einsatz von stationären Klickdetektoren (PODs) zwischen Inseln und Festland als ratsam erscheinen.
6. Die Erfassungsflüge sollten zukünftig außerhalb des Zeitraums von extremen Algenblüten liegen.

6. DANKSAGUNG

Unser besonderer Dank geht an die Piloten Stefan Hecke und Benjamin Knoll von FLM Aviation (Kiel). Die Durchführung der Flugzählungen wäre unmöglich gewesen ohne den besonderen Einsatz der Observer und Navigatoren: Kristina Lehnert, Linn Lehnert und Helena Herr.

7. LITERATUR

- Beineke A, Siebert U, McLachlan M, Bruhn R, Thron K, Failing K, Müller G, Baumgärtner W (2005). Investigations of the potential influence of environmental contaminants on the thymus and spleen of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). *Environmental Science & Technology* 39: 3933-3938
- Benke H, Siebert U, Lick R, Bandomir B, Weiss R (1998). The current status of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in German waters. *Archive of Fishery and Marine Research* 46 (2): 97-123
- Camphuysen CJ, Leopold MF (1993). The harbour porpoise *Phocoena Phocoena* in the southern North Sea, particularly the Dutch sector. *LUTRA* 36: 1-24
- Camphuysen CJ (1994). The harbour porpoise *Phocoena phocoena* in the southern North Sea. II: a come-back in Dutch coastal waters? *LUTRA* 37: 54-61
- Camphuysen CJ (2004). The return of the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in Dutch coastal waters. *LUTRA* 47 (2): 113-122
- Carretta JV, Forney KA (2004). Preliminary estimates of harbour porpoise abundance in California from 1999 and 2002: aerial surveys. Administrative report. LJ-04-01. 13 pp.
- Das K, De Groof A, Jauniaux T, Bouquegneau JM (2006). Zn, Cu, Cd and Hg binding to metallothioneins in harbour porpoises *Phocoena phocoena* from the southern North Sea. *BMC Ecology* 6: 1-22
- Dayton PK, Thrush S, Agardy M, Hofman R (1995). Environmental effects of marine fishing. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 5: 205-232
- Gilles, A., Herr, H., Lehnert, K., Scheidat, M., Kaschner, K., Sundermeyer, J., Westerberg, U., Siebert, U. (2008). Erfassung der Dichte und Verteilungsmuster von Schweinswalen (*Phocoena phocoena*) in der deutschen Nord- und Ostsee. MINOS 2 - Weiterführende Arbeiten an Seevögeln und Meeressäugern zur Bewertung von Offshore - Windkraftanlagen (MINOS plus). Endbericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit FKZ 0329946 B. Teilprojekt 2, 66 pp.
- Hammond PS, Berggren P, Benke H, Borchers DL, Collet A, Heide-Jørgensen MP, Heimlich-Boran S, Hiby AR, Leopold MF, Øien N (2002). Abundance of harbour porpoise and other cetaceans in the North Sea and adjacent waters. *Journal of Applied Ecology* 39: 361-376
- Hiby AR, Lovell P (1998). Using aircraft in tandem formation to estimate abundance of harbour porpoise. *Biometrics* 54: 1280-1289
- Hiby L (1999). The objective identification of duplicate sightings in aerial survey for porpoise. In: Garner GW, Amstrup SC, Laake JL, Manly BFJ, McDonald LL, Robertson DG (eds.). *Marine mammal survey and assessment methods*. A.A. Balkema, Rotterdam, p 179-189

- Jepson PD, Baker JR, Allchin CR, Law RJ, Kuiken T, Baker JR, Rogan E, Kirkwood JK (1999). Investigating potential associations between chronic exposure to polychlorinated biphenyls and infectious disease mortality in harbour porpoises from England and Wales. *Science of the Total Environment* 243/244: 339-348
- Ketten DR (1995). Estimates of blast injury and acoustic trauma zones for marine mammals from underwater explosions. In: Kastelein RA, Thomas JA, Nachtigall PE (eds). *Sensory system of aquatic mammals*. De Spil Publishers, Woerden, Netherlands, p 391-406
- Kiszka JJ, Haelters J, Jauniaux T (2004). The harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in the southern North Sea: a come-back in northern French and Belgian waters? Report for ASCOBANS. AC11/Doc. 24, 5 pp. http://www.service-board.de/ascobans_neu/files/ac11-24.pdf
- Kock K-H, Benke H (1996). On the by-catch of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in German fisheries in the Baltic and the North Sea. *Archive of Fishery and Marine Research* 44: 95-114
- Laake JL, Calambokidis J, Osmek SD, Rugh DJ (1997). Probability of detecting harbor porpoises from aerial surveys: estimating $g(0)$. *Journal of Wildlife Management* 61: 63-75
- Liebsch NS (2006). Hanking back to ancestral pasts: constraints on two pinnipeds, *Phoca vitulina* & *Leptonychotes weddellii* foraging from a central place. Phd Thesis, University of Kiel, 161 pp. http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation_diss_00001860
- Lowry N, Teilmann J (1994). Harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in Danish waters. Danish Institute for Fisheries Technology and Aquaculture: 1-46
- Madsen PT, Wahlberg M, Tougaard J, Lucke K, Tyack P (2006). Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs. *Marine Ecology Progress Series* 309:279-295
- Marsh H, Sinclair DF (1989). Correcting for visibility bias in strip transect surveys of aquatic fauna. *Journal of Wildlife Management* 53: 1017-1024
- OSPAR Commission (2000). Quality Status Report 2000, Region II - Greater North Sea. OSPAR Commission London.
- Reijnders PJH (1992). Harbour porpoises *Phocoena phocoena* in the North Sea: Numerical responses to changes in environmental conditions. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 26:75-85
- Richardson WJ, Greene CR, Malme C, Thomson D (1995). *Marine mammals and noise*. Academic Press, New York, 567 pp
- SCANSII (2008). Small Cetaceans in the European Atlantic and North Sea. Final report to the European Commission under project LIFE04NAT/GB/000245. Available from SMRU, Gatty Marine Laboratory, University of St Andrews, St Andrews, Fife KY16 8LB, UK.
- Scheidat M, Siebert U (2003). Aktueller Wissensstand zur Bewertung von anthropogenen Einflüssen auf Schweinswale in der deutschen Nordsee. *Seevögel* 24 (3): 50-60

- Scheidat M, Kock K-H, Siebert U (2004). Summer distribution of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in the German North Sea and Baltic Sea. *Journal of Cetacean Research and Management* 6:251-257
- Scheidat M, Gilles A, Siebert U (2005). Applying the circle-back method to estimate $g(0)$ – experiences and results from aerial surveys in German waters. Proceedings of the workshop on ‘Estimation of $g(0)$ in aerial line transect surveys of cetaceans’, held during the 18th European Cetacean Society Conference 2004 in Kolmarden, Sweden. *ECS Newsletter* 44: 20-25
- Siebert U, Joiris C, Holsbeek L, Benke H, Failing K, Frese K, Petzinger E (1999). Potential relation between mercury concentrations and necropsy findings in cetaceans from German waters of the North and Baltic Seas. *Marine Pollution Bulletin* 38:285-295
- Siebert U, Gilles A, Lucke K, Ludwig M, Benke H, Kock K-H, Scheidat M (2006). A decade of harbour porpoise occurrence in German waters - Analyses of aerial surveys, incidental sightings and strandings. *Journal of Sea Research* 56:65-80
- Tregenza, N.JC (1998). Site acoustic monitoring for cetaceans - a self-contained sonar click detector. In: Tasker M.L, Weir C (eds.). Proceedings of the Seismic and Marine Mammals Workshop (London 23-25 June 1998): p1-5
- Verfuss UK, Meding A, Honnef C, Dähne M, Benke H (2007). Geographical and seasonal variation of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) presence in the German Baltic Sea revealed by passive acoustic monitoring. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 87: 165-176
- Vinther M, Larsen F (2004). Updated estimates of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) bycatch in the Danish North Sea bottom-set gillnet fishery. *Journal of Cetacean Research and Management* 6: 19-24