

Monitoring von marinen Säugetieren 2014 in der deutschen Nord- und Ostsee



A. Visuelle Erfassung von Schweinswalen

Sacha Viquerat, Dr. Anita Gilles, Dr. Helena Herr und Prof. Prof. h.c. Dr. Ursula Siebert

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung, Büsum

B. Akustisches Monitoring von Schweinswalen in der Ostsee

Anja Gallus, Kathrin Krügel und Dr. Harald Benke

Deutsches Meeresmuseum, Stralsund

Fachbetreuung im BfN:

Mirko Hauswirth und Kathrin Heinicke

Fachgebiet Meeres- und Küstennaturschutz, Insel Vilm

Stand: 03.07.2015

Impressum

Die dieser Veröffentlichung zu Grunde liegenden wissenschaftlichen Arbeiten wurden im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) durchgeführt. Das BfN übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des BfN übereinstimmen. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	13
2	Summary.....	15
3	A: Visuelle Erfassung von Schweinswalen	17
3.1	Aufgabenstellung	17
3.2	Material und Methoden.....	19
3.2.1	Untersuchungsgebiete des Monitorings	19
3.2.2	Methodik der flugzeuggestützten Schweinswalerfassung.....	20
3.2.3	Artspezifische Korrekturfaktoren für die Bestimmung von Populationsgrößen ..	21
3.2.4	Datenauswertung	22
3.3	Ergebnisse und Diskussion	24
3.3.1	Aktuelle Monitoringerfassungen in der Nordsee	24
3.3.2	Anthropogene Aktivitäten in der Nordsee	39
3.3.3	Visuelle Erfassung von Schweinswalen während der Errichtung des Offshore-Windparks „Butendiek“	43
3.3.4	Statistische Aufbereitung der Daten	52
3.3.5	Diskussion der Ergebnisse	58
4	B: Akustisches Monitoring von Schweinswalen in der Ostsee	59
4.1	Aufgabenstellung	59
4.2	Material und Methoden.....	59
4.2.1	Untersuchungsgebiet	59
4.2.2	Verankerung	61
4.2.3	Kalibrierung der Messgeräte	62
4.2.4	Datenaufnahme.....	62
4.2.5	Datenanalyse	63
4.2.5.1	Schweinswalpositive Zeiteinheiten	65
4.2.5.2	Interpolation	65
4.3	Ergebnisse und Diskussion	66
4.3.1	Schweinswalregistrierungen pro Monat über Jahre	66
4.3.2	Schweinswalregistrierungen pro Quartal über Jahre	70

	4.3.3 Korrelation der C-POD Klassifizierung und der visuellen Kontrolle	76
5	Ausblick	77
6	Danksagung	77
7	Literaturverzeichnis	79

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untersuchungsgebiete in der Nordsee. Der Abstand zwischen den parallelen Transekten beträgt 5 km.....	19
Abbildung 2: Flugzeuggestützte Erfassung von marinen Säugetieren im Gebiet D am 24.03., 11.04. & 12.04.2014. Sichtungskarte mit effektiver Flugstrecke (in guten oder moderaten Bedingungen, die einzelnen Flugtage sind farblich codiert), Gruppengröße der Schweinswalsichtungen sowie Positionen von Robben.....	27
Abbildung 3: Aufwandsbereinigte Rasterkarte mit mittlerer Schweinswaldichte pro Zelle (hier: 5x5 km). Datengrundlage: Flugzeuggestützte Erfassung von marinen Säugetieren im Gebiet D am 24.03., 11.04. & 12.04.2014.....	27
Abbildung 4: Flugzeuggestützte Erfassung von marinen Säugetieren im Gebiet D am 17.05. & 18.05.2014. Sichtungskarte mit effektiver Flugstrecke (in guten oder moderaten Bedingungen, die beiden Flugtage sind farblich codiert), Gruppengröße der Schweinswalsichtungen sowie Positionen von Robben.....	29
Abbildung 5: Aufwandsbereinigte Rasterkarte mit mittlerer Schweinswaldichte pro Zelle (hier: 5x5 km). Datengrundlage: Flugzeuggestützte Erfassung von marinen Säugetieren im Gebiet DW am 17.05. & 18.05.2014.....	29
Abbildung 6: Entwicklung der Kälberdichte im Untersuchungsgebiet D_West (Borkum Riffgrund; s. Abb. 1) im Sommer der Jahre 2002-2012 (Datenquelle: SCHEIDAT et al. 2007, GILLES & SIEBERT 2009, 2010; GILLES et al. 2009, 2011, 2012, 2014a,b).....	32
Abbildung 7: Räumliche Verteilung der Kälberdichte in der südlichen Deutschen Bucht im Sommer (Juni-August) der Jahre a) 2002 bis 2007 und b) 2008 bis 2012. Aufwandsbereinigte Rasterkarten mit mittlerer Kälberdichte pro Zelle (EEA Raster, 10x10 km).....	33
Abbildung 8: Flugzeuggestützte Erfassung von marinen Säugetieren im Gebiet CN am 02.06. & 04.06.2014. Sichtungskarte mit effektiver Flugstrecke (in guten oder moderaten Bedingungen, die einzelnen Flugtage sind farblich codiert), Gruppengröße der Schweinswalsichtungen sowie Positionen von Mutter-Kalb Paaren.....	35
Abbildung 9: Aufwandsbereinigte Rasterkarte mit mittlerer Schweinswaldichte pro Zelle (hier: 5x5 km). Datengrundlage: Flugzeuggestützte Erfassung von marinen Säugetieren im Gebiet CN am 02.06. & 04.06.2014.....	35
Abbildung 10: Flugzeuggestützte Erfassung von marinen Säugetieren im Gebiet C_Nord am 23.07. & 28.07.2014. Sichtungskarte mit effektiver Flugstrecke (in guten oder moderaten Bedingungen, die einzelnen Flugtage sind farblich codiert), Gruppengröße der Schweinswalsichtungen sowie Positionen von Mutter-Kalb Paaren sowie Robben.....	37
Abbildung 11: Aufwandsbereinigte Rasterkarte mit mittlerer Schweinswaldichte pro Zelle (hier: 5x5 km). Datengrundlage: Flugzeuggestützte Erfassung von marinen Säugetieren im Gebiet CN am 23.07. & 28.07.2014.....	37

Abbildung 12: Zeichen anthropogener Aktivitäten während der Erfassungsflüge für marine Säugetiere im Gebiet D im März / April 2014. VTG = Verkehrstrennungsgebiet.	39
Abbildung 13: Zeichen anthropogener Aktivitäten während der Erfassungsflüge für marine Säugetiere im Gebiet D im Mai 2014. VTG = Verkehrstrennungsgebiet	40
Abbildung 14: Zeichen anthropogener Aktivitäten während der Erfassungsflüge für marine Säugetiere im Gebiet C_Nord im Juni 2014.....	41
Abbildung 15: Zeichen anthropogener Aktivitäten während der Erfassungsflüge für marine Säugetiere im Gebiet C_Nord im Juli 2014.....	42
Abbildung 16: Untersuchungsdesign Butendiek mit Transekten aus teilweise überlappendem Untersuchungsgebiet C_Nord. Die für diese Untersuchung designten Transekte orientieren sich an jenen des Untersuchungsgebiets C_Nord und sind parallel zu diesen im 5 km Abstand nach Norden erweitert worden.....	43
Abbildung 17: Erste Befliegung des Gebiets Butendiek am 27.06.2014. Farblich dargestellt sind die Abschnitte, die während hervorzuhebender Arbeiten am Windpark stattgefunden hatten. Ebenfalls dargestellt ist die Position des geramnten Monopiles.	46
Abbildung 18: Zweite Befliegung des Gebiets Butendiek am 27.06.2014. Farblich dargestellt sind die Abschnitte, die während hervorzuhebender Arbeiten am Windpark stattgefunden hatten. Ebenfalls dargestellt ist die Position des geramnten Monopiles.	46
Abbildung 19: Erste Befliegung des Gebiets Butendiek am 28.06.2014. Farblich dargestellt sind die Abschnitte, die während hervorzuhebender Arbeiten am Windpark stattgefunden hatten. Ebenfalls dargestellt ist die Position des geramnten Monopiles.	48
Abbildung 20: Zweite Befliegung des Gebiets Butendiek am 28.06.2014. Farblich dargestellt sind die Abschnitte, die während hervorzuhebender Arbeiten am Windpark stattgefunden hatten. Ebenfalls dargestellt ist die Position des geramnten Monopiles.	48
Abbildung 21: Erste Befliegung des Gebiets Butendiek am 17.07.2014. Farblich dargestellt sind die Abschnitte, die während hervorzuhebender Arbeiten am Windpark stattgefunden hatten. Ebenfalls dargestellt ist die Position des geramnten Monopiles.	50
Abbildung 22: Zweite Befliegung des Gebiets Butendiek am 17.07.2014. Farblich dargestellt sind die Abschnitte, die während hervorzuhebender Arbeiten am Windpark stattgefunden hatten. Ebenfalls dargestellt ist die Position des geramnten Monopiles.	50
Abbildung 23: Befliegung des Gebiets Butendiek am 22.07.2014. Dies war ein Zusatzflug nach einer Rammung und erfasste das Gebiet einmalig.....	51
Abbildung 24: Verteilung der Schweinswaldichte entlang des Tiefengradienten. In blau: Glättung der Schweinswaldichte basierend auf den Vorhersagen der Butendiek Daten; in Purpur Vorhersagen der <i>baseline</i> Daten. Im Hintergrund sind in grau die Daten des Vorhersagegitters erhalten.	55

- Abbildung 25: Verteilung der Schweinswaldichte entlang der Entfernung zum Zentroid des Windparks Butendiek. In blau: Glättung der Schweinswaldichte basierend auf den Vorhersagen der Butendiek Daten; in Purpur Vorhersagen der *baseline* Daten. Im Hintergrund sind in grau die Daten des Vorhersagegitters erhalten.56
- Abbildung 26: Darstellung der vorhergesagten räumlichen Verteilung der Schweinswale aus den Butendiek Modellierungen (linke Darstellung) und den *baseline* Daten (rechte Darstellung). Schraffiert dargestellt ist die Fläche des Windparks Butendiek.57
- Abbildung 27: Links: C-POD-Messpositionen. Areal A - Kadetrinne (blaue Kreise), Areal B - Rügen (lila), Areal C - Adlergrund (rot), Areal D - Oderbank (grün). Rechts: Übersicht Nordeuropa.60
- Abbildung 28: Verankerungssysteme. A: Ein Betonstein ist über ein stahlverstärktes Herkulesseil mit kleinen Ankersteinen verbunden, an denen das Messgerät bzw. die Oberflächenmarkierung befestigt ist. B: Die SAMBAH Messstationen sind mit einer anderen Oberflächenmarkierung versehen und die Messgeräte sind direkt an der Fenderleine installiert. Das untere Messgerät (3 m über dem Meeresboden) zeichnete Daten für das SAMBAH Projekt auf, das obere Messgerät für das Monitoringcluster.61
- Abbildung 29: Ausbringungszeiträume der Messgeräte an den Messpositionen mit Angabe der Observierungstage (Obs.d) zwischen Juli 2009 und November 2014.63
- Abbildung 30: Schematische Darstellung der C-POD.exe Klassifizier. KERNO =Standard, HEL1=Teilmenge von KERNO, GENENC=von KERNO unabhängiger Klassifizier.64
- Abbildung 31: Prozentualer Anteil der vom KERNO Algorithmus erfassten Tage mit Schweinwalregistrierungen pro Monat (dpd/m). Die Ergebnisse der Stationen wurden pro Untersuchungsgebiet zusammengefasst: Areal A (blaue Linie), Areal B (lila), Areal C (rot) und Areal D (grün).67
- Abbildung 32: Gemittelte mittlere, minimale und maximale Lufttemperatur (°C) pro Monat an den DWD Standorten Arkona und Greifswalder Oie (oben). Graue Bereiche kennzeichnen Monate mit einer geringeren Maximaltemperatur als 5°C. Schweinswalpositive Tage (dpd) pro Monat und Station auf dem Adlergrund (Mitte) und der Oderbank (unten).68
- Abbildung 33: Prozentualer Anteil der vom KERNO Algorithmus erfassten Stunden mit Schweinswalregistrierungen pro Monat (dph/m) und Areal.69
- Abbildung 34: Boxplot dpd (Box mit 25. bis 75. Percentil, Linie = Median, Antennen = 10. bis 90. Percentil). Pro Areal werden die prozentualen Anteile dpd über alle Quartale pro Aufnahmejahr sowie aufgeteilt pro Quartal pro Aufnahmejahr dargestellt. Die Zahlen über den Boxplots geben die Anzahl der aufgenommenen Monate summiert für das Quartal und Jahr (obere Reihe) gegenüber der maximal möglichen Anzahl im gleichen Kalenderzeitraum (untere Reihe) an.71
- Abbildung 35: Boxplot dph. Pro Areal werden die prozentualen Anteile dph über alle Quartale pro Aufnahmejahr sowie aufgeteilt pro Quartal pro Aufnahmejahr dargestellt. Die Zahlen über

den Boxplots geben die Anzahl der aufgenommenen Monate summiert für das Quartal und Jahr (obere Reihe) gegenüber der maximal möglichen Anzahl im gleichen Kalenderzeitraum (untere Reihe) an. Bitte unterschiedliche Skalierung der Y-Achsen beachten.72

Abbildung 36: Interpolation der DPH pro Quartal über den gesamten Untersuchungszeitraum 2009-2014 (blaue Farbschattierung). Die Kreisgröße gibt die Registrierungsraten pro Station an.74

Abbildung 37: Relative Schweinswalddichte in der Zentralen Ostsee zwischen Mai und Dezember (links) bzw. Januar und April (rechts). Die Größe der Punkte gibt die Häufigkeit der akustischen Registrierungsdaten in 24 Monaten zwischen Mai 2011 und April 2013 pro Messstation an. Ein weißer Kreis zeigt Stationen ohne Schweinswalddetektionen und Kreuze kennzeichnen Stationen, an denen keine Daten gesammelt werden konnten. Quelle: SAMBAH.org (Dezember 2014).75

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gebietsgröße, zuvor geplante Transektlänge und Anzahl der designten Transekte pro Gebiet.	19
Tabelle 2: Seegang (%) während der flugzeuggestützten Erfassung von marinen Säugetieren in Teilgebieten der deutschen Nordsee im Jahr 2014.	24
Tabelle 3: Erfassung von Schweinswalen in Teilgebieten der deutschen Nordsee (Gebiete DW & DE sowie CN, s. Abb. 1 und Tabelle 1) im Jahr 2014. Berücksichtigung findet nur Suchaufwand unter guten und moderaten Sichtungsbedingungen. \hat{s} = mittlere Schweinswalgruppengröße.	25
Tabelle 4: Übersicht über die Anzahl an Schweinswal-Sichtungen innerhalb der Grenzen der Natura 2000-Schutzgebiete nach FFH Richtlinie.	26
Tabelle 5: Abundanz und Dichte von Schweinswalen im Gebiet D im März, April und Mai 2014. KI = 95% Konfidenzintervall, VK = Variationskoeffizient; Gruppengröße = mittlere Gruppengröße (Anzahl Individuen / Sichtung)	30
Tabelle 6: Abundanz und Dichte von Schweinswalen im Gebiet C_Nord im Juni und Juli 2014. KI = 95% Konfidenzintervall, VK = Variationskoeffizient; Gruppengröße = mittlere Gruppengröße (Anzahl Individuen / Sichtung)	38
Tabelle 7: Verteilung der Flugstrecke und der Sichtungen über den Seastate.	44
Tabelle 8: Anzahl der Sichtungen sowie des Suchaufwands im Gebiet Butendiek, bei zumindest einseitig moderaten Bedingungen.	45
Tabelle 9: Übersicht über die beiden Flugabschnitte während der Rammarbeiten am 27.06.2014 im Bereich des Windparks Butendiek. Zeitangaben zu Rammaktivitäten und Vergrämuungsmaßnahmen wurden dem jeweiligen Rammprotokoll entnommen. Alle Zeitangaben sind in UTC.	45
Tabelle 10: Detaillierte Übersicht über mit Rammungen verbundene Aktivitäten während der Befliegung des Windparks Butendiek am 27.06.2014. Vergrämuung umfasst alle während der Rammung getroffenen Vergrämuungsmaßnahmen (Pinger und Seal Scarer). Die Angabe der Zeit bezieht sich auf die Flugdauer während einer entsprechenden Phase und ist in Stunden angegeben.	45
Tabelle 11: Übersicht über die beiden Flugabschnitte während der Rammarbeiten am 28.06.2014 im Bereich des Windparks Butendiek. Zeitangaben zu Rammaktivitäten und Vergrämuungsmaßnahmen wurden dem jeweiligen Rammprotokoll entnommen. Alle Zeitangaben sind in UTC.	47
Tabelle 12: Detaillierte Übersicht über mit Rammungen verbundene Aktivitäten während der Befliegung des Windparks Butendiek am 28.06.2014. Vergrämuung umfasst alle während der Rammung getroffenen Vergrämuungsmaßnahmen (Pinger und Seal Scarer). Die Angabe der	

Zeit bezieht sich auf die Flugdauer während einer entsprechenden Phase und ist in Stunden angegeben.47

Tabelle 13: Übersicht über die beiden Flugabschnitte während der Rammarbeiten am 17.07.2014 im Bereich des Windparks Butendiek. Zeitangaben zu Rammaktivitäten und Vergrämuungsmaßnahmen wurden dem jeweiligen Rammprotokoll entnommen. Alle Zeitangaben sind in UTC.49

Tabelle 14: Detaillierte Übersicht über mit Rammungen verbundene Aktivitäten während der Befliegung des Windparks Butendiek am 17.07.2014. Vergrämuung umfasst alle während der Rammung getroffenen Vergrämuungsmaßnahmen (Pinger und Seal Scarer). Die Angabe der Zeit bezieht sich auf die Flugdauer während einer entsprechenden Phase und ist in Stunden angegeben.49

Tabelle 15: Übersicht über den Flug am 22.07.2014 nach Rammarbeiten im Windpark Butendiek. Zeitangaben zu Rammaktivitäten und Vergrämuungsmaßnahmen wurden dem jeweiligen Rammprotokoll entnommen. Alle Zeitangaben sind in UTC.51

Tabelle 16: Detaillierte Übersicht über mit Rammungen verbundene Aktivitäten während der Befliegung des Windparks Butendiek am 22.07.2014. Vergrämuung umfasst alle während der Rammung getroffenen Vergrämuungsmaßnahmen (Pinger und Seal Scarer). Die Angabe der Zeit bezieht sich auf die Flugdauer während einer entsprechenden Phase und ist in Stunden angegeben.51

Tabelle 17: Segmentbasierte Datengrundlage zur Modellierung der Rammeffekte auf die Schweinswale im Bereich des Offshore-Windparks Butendiek. Die Butendiek Daten umfassen alle oben aufgeführten vier Befliegungen des Gebiets Butendiek im Jahr 2014, die *baseline* Daten umfassen Flugtage der Jahre 2002-2013, je im Juni und Juli.52

Tabelle 18: Geographische Lage der Messstationen im Küstenmeer (12sm Zone) und in der AWZ der deutschen Ostsee mit Angabe der Wassertiefe.59

Tabelle 19: Einstellungen der Algorithmus- Klassifizier für den Datenexport.65

Tabelle 20: Mittelwert, sowie Minimum und Maximum pro Klassifizier für korrekt positive, falsch negative und falsch positive 10min Zeiteinheiten, für alle visuell kontrollierten Messpositionen und Messzeiten. Maximalwerte von über 100% ergeben sich, wenn der Klassifizier mehr falsche 10min Einheiten registriert hat, als durch die visuelle Kontrolle klassifiziert wurden. 76

Abkürzungsverzeichnis

,?’	doubtful trains, mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit Lautabfolgen eines Zahnwals, eher Ursprung in Bootssonaren oder zufallsgeneriert
95%-KI	95%-Konfidenzintervall
AWZ	Ausschließliche Wirtschaftszone
Ban	Bank (Messposition auf der Oderbank), Stationsabkürzung H23
BfN	Bundesamt für Naturschutz
CN	Stratum C_Nord
C-POD	Cetacean POrpoise Detector, Schweinswaldetektor
DMM	Deutsches Meeresmuseum
DO	Stratum D_Ost
dpd	detection positive day, detektierter positiver Tag
dph	detection positive hour, detektierte positive Stunde
DW	Stratum D_West
DWD	Deutscher Wetterdienst
esw	effective strip half-width, effektive Streifenbreite
EU	Europäische Union
GENENC	encounter classifier, spezifizierter Klassifizierer zur besseren Unterscheidung von NBHF Walarten und anderen Arten mit hochfrequenter Lauäußerung, bzw. von Walen und Hintergrundrauschen (Herstellerangabe)
GLM	Generalized linear model, verallgemeinertes lineares Modell
Gru	Grund (Messposition auf dem Adlergrund), Stationsabkürzung G25
HEL1	spezifischer Klassifizierer für den Ostseeschweinswal, ergibt geringe Falsch-Positiv-Raten in Untersuchungsgebieten mit geringer Individuendichte (Herstellerangabe)
Hi	high probability cetacean click trains, mit hoher Wahrscheinlichkeit Lautabfolgen eines Zahnwals
ITAW	Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
K69a	Kadetrinne 69a (Messposition in der Nähe des Wasserschifffahrtszeichen E69a), Stationsabkürzung D8
K71	Kadetrinne 71 (Messposition in der Nähe des Wasserschifffahrtszeichen E71), Stationsabkürzung D10
KERNO	standard classifier, Standardklassifizierer der C-POD Software

kHz	Kilohertz, Einheit der Frequenz
Lo	low probability cetacean click trains, mit geringer Wahrscheinlichkeit Lautabfolgen eines Zahnwals
max	maximal
MCMCglimm	Monte Carlo Markov Chain generalized mixed model
Mod	moderate probability cetacean click trains, mit hoher Wahrscheinlichkeit Lautabfolgen eines Zahnwals
MS	Motorschiff
MZS	Mehrzweckschiff
NBHF	Narrowband High Frequency, schmalbandige, hochfrequente Laute; diese werden von allen Schweinswalarten, vielen Delphinarten und den Zwergpottwalen ausgesandt
NRE	Nördlich REDA (Messposition in der Nähe des Wasserschifffahrtszeichen REDA auf der Oderbank), Stationsabkürzung H18
OSPAR	Abkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordost-Atlantiks
OWP	Offshore-Windpark
ppd	porpoise positive day, visuell kontrollierter schweinswalpositiver Tag
rec_d	Aufnahmetag, Tag an dem das Messgerät an der genannten Position ausgebracht war und erfolgreich die umgebende Wassersäule abgehört hat
SAMBAH	Static Acoustic Monitoring of the Baltic Harbour porpoise, statisch akustisches Monitoring des Ostseeschweinswals
TiHo	Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
T-POD	Timing Porpoise Detector, Schweinswaldetektor
VK	Variationskoeffizient
WOA	Wracktonne zwischen Oderbank und Adlergrund (Messposition), Stationsabkürzung G28
WSA	Wasser- und Schifffahrtsamt

1 Zusammenfassung

Im Berichtszeitraum wurden alle vier geplanten flugzeuggestützten Erfassungen von marinen Säugetieren im Rahmen des Monitorings der Natura 2000 Gebiete in der deutschen Nordsee durchgeführt.

Bei zwei Teilerfassungen im **Bereich „Borkum Riffgrund“** (Gebiet D) im März/April sowie im Mai 2014 wurden auf einer effektiven Suchstrecke von 2.050 km bzw. 1.824 km insgesamt 101 bzw. 219 Sichtungen mit 110 bzw. 239 Schweinswalen erfasst. Es wurden keine Mutter-Kalb Paare gesichtet. Die Schweinswaldichte im Gebiet D war im März/April mit 0,52 Ind./km² (VK=0,29) signifikant niedriger als im Mai 2014 (1,33 Ind./km²; VK=0,28). Der generelle Anstieg der Schweinswaldichte in der gesamten südlichen Nordsee, so auch von den Niederlanden und Belgien berichtet, spiegelt sich auch in den Daten aus der südlichen Deutschen Bucht wieder. Die Dichte im Untersuchungsgebiet D ist mit > 1 Ind./ km² im Mai 2014 vergleichsweise hoch. Auf Basis des anwachsenden Datensatzes aus den Monitoring-erfassungen sowie unter Einbeziehung weiterer verfügbarer Datensätze wurde eine Langzeitdatenanalyse zum Vorkommen von Mutter-Kalb-Paaren in der südlichen Deutschen Bucht durchgeführt. Im Bereich des Borkum Riffgrundes hat die Kälberdichte im Sommer signifikant zugenommen. Die räumliche Verteilung der Schweinswalkälber in den Zeiträumen 2002-2007 und 2008-2012 zeigt eine deutlich verstärkte Nutzung des Borkum Riffgrundes durch Mutter-Kalb-Paare seit 2008. Dies hebt die Bedeutung des Borkum Riffgrundes als potenzielles Kalbungshabitat hervor, das neben dem bisher beschriebenen Hauptkonzentrationsgebiet von Mutter-Kalb-Paaren im Bereich des Sylter Außenriffs, ein weiteres wichtiges Gebiet im Jahreszyklus des Schweinswals darstellt. Vor dem Hintergrund des erhöhten Konfliktpotenzials mit einer verstärkten anthropogenen Nutzung der Nordsee ist es wichtig, dass Störungen in den Monaten Mai bis August, also in der sensiblen Hauptfortpflanzungsphase, weitestgehend vermieden oder reduziert werden.

Bei zwei Teilerfassungen im **Bereich „Sylter Außenriff“** (Gebiet CN) im Juni und Juli 2014 wurden auf einer effektiven Suchstrecke von 1.507 km bzw. 1.518 km insgesamt 131 bzw. 157 Sichtungen mit 160 bzw. 210 Schweinswalen (davon 9 bzw. 22 Kälber) erfasst. Die Dichte im Juni 2014 war mit 0,95 Ind./km² (VK=0,34) deutlich geringer als im Juli 2014 (1,36 Ind./km², VK=0,28) und im Vergleich etwas niedriger als in den Vorjahren. Es ist jedoch noch kein signifikanter Trend erkennbar.

Zusätzlich zu den Monitoringflügen wurde im Zeitraum 27.06. bis 22.07.14 ein Teilgebiet der deutschen Nordsee um den Offshore-Windpark „Butendiek“ gesondert beflogen, um die Effekte der Rammarbeiten an den Gründungspfählen auf die räumliche Verteilung von Schweinswalen zu analysieren. Drei Befliegungen wurden parallel zu Vergrämuungsmaßnahmen sowie Rammarbeiten durchgeführt. Insgesamt wurden 244 Sichtungen mit 285 Tieren auf 3.285 km Flugstrecke beobachtet, darunter 19 Kälber. Um den Effekt der Rammungen im OWP Butendiek auf Schweinswale quantitativ zu erfassen, wurden Vergleichswerte aus Daten archivierter Flugsurveys im Juni und Juli 2002 bis 2013 im Gebiet Butendiek hinzugezogen. Bei der anschließenden räumlichen Modellierung mittels eines verallgemeinerten, additiven Modells wurden die Daten mit Umweltparametern verschnitten. Dazu wurden Meeresoberflächentemperatur, Wassertiefe, Exposition und Neigung des

Meeresbodens sowie die Distanz zur Küste zu jedem Datenpunkt berechnet. Des Weiteren wurden für die Daten aus den Butendiekerfassungen die räumliche Distanz zur Position des aktuell gerammten Pfahls sowie der zeitliche Versatz zum Beginn der Rammung einbezogen. Die Modellvorhersagen zeigen einen deutlichen Effekt des Rammschalls auf die Verteilung der Schweinswale im Bereich um den Windpark Butendiek. Diese drücken sich unter anderem durch eine scheinbar zielgerichtete Entfernung vom Zentrum des Windparks Butendiek aus, einhergehend mit einer untypischen und eher zufälligen Verteilung entlang verschiedener, für ungestörte Populationen in diesem Gebiet offensichtlich relevanter Umweltgradienten.

Das **akustische Monitoring** von Schweinswalen wurde zwischen Juli 2009 und Oktober 2014 an bis zu 16 Messpositionen in der deutschen Ostsee durchgeführt. Die Schweinswaldetektoren (C-PODs) wurden in vier verschiedenen Gebieten ausgebracht: 3 Positionen in der Kadetrinne, 5 Positionen rund um Rügen und je 4 auf dem Adlergrund und der Oderbank. Gleichzeitig konnten an bis zu 14 Messstandorten Daten erhoben werden, um die Verbreitung und das Wanderverhalten der Schweinswale bewerten zu können.

Bei der bisher üblicherweise verwendeten Auswertungseinheit, den schweinswalpositiven Tagen (dpd), zeigte sich, dass eine anhaltend kalte Periode über mehrere Monate im Winter zu erhöhten Schweinswalregistrierungsraten in der **Pommerschen Bucht** (Adlergrund und Oderbank) führt. Eine kurzzeitige (1 Monat) Abkühlung der Lufttemperatur hat hingegen wenig Einfluss auf die Schweinswalregistrierungsrate. Das Hauptmaximum der Registrierungen in der Pommerschen Bucht wird aber im Spätsommer und Herbst erzielt, mit bis zu 53% dpd/Monat.

Eine Betrachtung der dpd Ergebnisse der **Kadetrinne** wird durch eine 100%ige Sättigung in den Sommermonaten erschwert. Daher wurde die Auswertung anhand der schweinswalpositiven Stunden (dph) vorgenommen. Dabei zeigte sich ein zweigipfeliges Maximum im Spätsommer. Der Anstieg der Registrierungen zieht sich über drei bis vier Monate und erreicht im August / September sein erstes Maximum von bis zu 23 % dph/Monat, gefolgt von einem kurzen Einbruch im September / Oktober auf bis zu 8% dph/Monat. Anschließend nimmt die Registrierungsrate wieder sprunghaft auf bis zu 28% dph/Monat zu und fällt schließlich ab November stark ab. Die Daten sprechen dafür, dass die Schweinswale aus der Beltsee im Frühling allmählich über einen längeren Zeitraum in die untersuchten Gewässer einwandern und ab November einen schnellen Rückzug antreten.

Das sommerliche Maximum bei den Stationen rund um **Rügen** geht einher mit dem kurzen sommerlichen Registrierungsrückgang in der Kadetrinne. Diese neuen Erkenntnisse bestätigen die Annahme, dass die Schweinswale im Sommer durch die Kadetrinne weiter Richtung Osten ziehen und bei ihrem Rückzug in die dänischen Gewässer wieder verstärkt in der Kadetrinne registriert werden.

2 Summary

In the framework of the Natura 2000 monitoring programme all of the four scheduled monitoring aerial surveys for marine mammals in the German North Sea were conducted within the recent reporting period.

In March/April and May 2014 the **area „Borkum Reef Ground“** (area D) was surveyed and along 2,790 km transect lengths a total of 320 harbour porpoise sightings with 349 individuals (of these no calves) were recorded. The estimated density in area D was significantly lower in March/April, with 0.52 Ind./km² (CV=0.29), than in May 2014 (1.33 Ind./km²; CV=0.28). The data of the southern German Bight reflects the general increase of porpoise density in the overall southern North Sea, which has also been described in the southern North Sea off the Netherlands and off Belgium. The estimated density of > 1 Ind./km² in study area D in May is comparatively high. The increasing monitoring data and the inclusion of additional data sets have allowed a long-term analysis of the presence of mother-calf pairs in the southern German Bight, showing a significant increase of calves. The spatial distribution of the calves in the periods between 2002-2007 and 2008-2012 shows a rise in use of the Borkum Reef Ground by mother-calf pairs since 2008. This reinforces the importance of the region as a potential breeding habitat, thus representing a further important area in the annual cycle of porpoises, in addition to the main aggregation habitat of mother-calf pairs in Sylt Outer Reef. Given the increasing anthropogenic use of the North Sea, it is important to avoid and to reduce anthropogenic disturbances in the area during the months May to August, i.e. during the breeding season.

In June and July 2014 the **area „Sylt Outer Reef“** (area CN) was surveyed and along 3,024 km transect lengths a total of 288 harbour porpoise sightings with 370 individuals (of these 31 calves) were recorded. Estimated porpoise density was lower in June 2014 (0.95 Ind./km², CV=0.33) than in July 2014 (1.36 Ind./km², CV=0.28) and lower compared to estimates of other years. Nevertheless, no significant trend has been found.

In addition to the scheduled monitoring surveys, a small area of the German North Sea around the offshore windfarm “Butendiek” was surveyed separately, between 27th June and 22th July 2014 in order to investigate the effects of pile driving on the distribution of harbour porpoises. Three aerial surveys were performed parallel to the pile driving and acoustic harassment activities. In total 3285 km off effort were visually covered, during which 244 sightings with 285 porpoises were recorded. In order to quantify the pile driving effect, data of aerial surveys collected in the area of Butendiek from 2002 to 2013 were included for comparison. A generalized additive model was used to model porpoise distribution taking into account the following explanatory variables: sea surface temperature, water depth, bottom slope and distance to shore. In addition, information about distance to and time offset to the start of the pile driving operation was considered. The model predictions show a clear effect of the acoustic noise from pile driving on the distribution of harbour porpoises in the area around the windfarm Butendiek. Porpoises encountered near the windfarm Butendiek follow a distribution likely determined by the distance to the centre of the windfarm, rather than following environmental gradients identified as relevant for undisturbed animals in the region.

The **acoustic monitoring** of harbour porpoises was carried out on 16 positions in the German Baltic Sea between July 2009 and October 2014. Porpoise detectors (C-PODs) were moored in four different areas: 3 positions in the Kadet trench, 5 positions around the Isle of Rügen and 4 positions each at the Adlergrund and the Odrabank. Simultaneously data collection was possible on 14 positions in order to assess the distribution and the migration pattern of harbour porpoises.

The normally used unit for analysis, the porpoise positive days (dpd), shows a sustained cold period led over several months in the winter to higher registrations of porpoises in the **Pomeranian Bay** (Aldergrund and Odrabank). A short-term (1 month) cooling of the air temperature has little effect on the porpoise registration rate. The main peak of registrations in the Pomeranian Bay is achieved in late summer and autumn, with up to 53% dpd/month.

A reflection of the results of the dpd in the **Kadet trench** is complicated by 100% saturation in the summer months. Therefore the analysis on the basis of porpoise positive hours (dph) was decided. This results in a two peak maximum in late summer. The increase of the registration rate take place over three to four months and reached the first maximum in August / September up to 23% dph/month, followed by a brief decline in September / October up to 8% dph/month. Subsequently the registration rate soaring up to 28% dph/month and finally decrease sharply from November on. The data suggest that the harbour porpoises of the Belt Sea gradually migrate in spring over a long period in the investigated areas and move quickly back in November.

The summer maximum at the positions around island **Rügen** is accompanied by the short decline of registration rates in the Kadet trench. These new findings confirm the assumption that harbour porpoises move eastwards in the summer by passing the Kadet trench (higher registration rate in spring) and move back in late autumn to the Danish waters which cause again a higher registration rate in the Kadet trench.

3 A: Visuelle Erfassung von Schweinswalen

3.1 Aufgabenstellung

Das Projekt beinhaltet die Fortsetzung des Monitorings von marinen Säugetieren (insb. Walen) in der deutschen Nord- und Ostsee, mit einem Schwerpunkt in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ). Das Monitoring dient als Grundlage für die Erfüllung der Berichtspflichten gemäß Natura 2000 und den regionalen Meeresübereinkommen OSPAR und Helsinki-Konvention sowie der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL). Das 2008/2009 durch das Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ) im Auftrag des BfN erprobte, evaluierte, aktualisierte und nachfolgend in 2009/2010 und in 2010/2011 durch das FTZ bzw. das Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW) im Auftrag des BfN durchgeführte Monitoringvorhaben „Marine Säugetiere und Seevögel in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee“ wird entsprechend des zwischen Bund und Ländern abgestimmten BLMP / BLANO fortgesetzt. Von Oktober 2011 bis Oktober 2014 liefen die Arbeiten im Rahmen des BfN-Clusters 3 „Monitoring und Bewertung von marinen Wirbeltieren“, das vom FTZ der Universität Kiel koordiniert und vom FTZ (Seevögel), dem ITAW der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo) (visuelles Monitoring mariner Säugetiere), dem Deutschen Meeresmuseum Stralsund (DMM) (akustisches Monitoring mariner Säugetiere) und dem Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft (IHF) der Universität Hamburg (Fische) bearbeitet wurde. Seit November 2014 werden die Arbeiten zu Seevögeln und Säugetieren im Forschungsvorhaben „Erforschung der Raumnutzung und Raum-Zeit-Muster von Seevögeln und marinen Säugetieren in Nord- und Ostsee sowie Weiterentwicklung und Anpassung der Erfassungsmethoden“ (AWZ Forschungsprojekt 3 des BfN) durch FTZ, TiHo und DMM weiter geführt.

Im Jahr 2014 wurde das bestehende flugzeuggestützte Monitoringprogramm für Schweinswale in der deutschen Nordsee (Schwerpunkt deutsche AWZ) fortgesetzt, um Abundanzen von Schweinswalen zu ermitteln und Verteilungsschwerpunkte zu bestimmen. Alle weiteren vorkommenden marinen Säugetiere wurden dabei mit erfasst. Die Erfassungszeiträume sowie die Auswahl der zu erfassenden Gebiete wurden mit dem Auftraggeber abgestimmt und orientierten sich am Monitoring-Kennblatt Säugetiere aus dem Monitoringhandbuch des Bund/Länder-Messprogramms (BLMP, veröffentlicht unter <http://www.meeresschutz.info/index.php/monitoringhandbuch.html>). Als Erfassungsmethode kam das standardisierte „line transect distance sampling“ zum Einsatz (BUCKLAND et al. 2001, GILLES et al. 2009).

In den folgenden Gebieten waren Erfassungen von marinen Säugetieren vorgesehen:

- zwei flugzeuggestützte Erfassungen in der Nordsee im Bereich „Borkum Riffgrund“ (Gebiete D_West und D_Ost) im März/April 2014 (je 2-3 Flugtage)
- zwei flugzeuggestützte Erfassungen in der Nordsee im Bereich „Sylter Außenriff“ (Gebiet C_Nord) im Juni/Juli 2014 (je 2 Flugtage)

In Küstennähe vorkommende marine Säugetiere wie Schweinswale, sind hoch empfindlich gegenüber Habitatverlust, einer Zerschneidung und/oder einer Verschlechterung ihres Lebensraums (RICHARDSON et al. 2005). Aufgrund ihres hervorragenden Gehörsinns sowie der Echoortung als aktives Sinnessystem zum Aufspüren von Nahrungsquellen, zur Erkennung von Hindernissen sowie zur Navigation, sind Schweinswale vor allem anfällig für Effekte von anthropogen verursachtem Lärm (z.B. LUCKE et al. 2009).

Die Schallentwicklungen und Lärmbelastungen bei der Errichtung von festinstallierten Offshore-Windkraftanlagen verursachen wahrscheinlich kurzzeitige Vertreibungseffekte, die über große Entfernungen von 20 km und mehr messbar sein können (MADSEN et al. 2006, TOUGAARD et al. 2009, BAILEY et al. 2010, BRANDT et al. 2011, DÄHNE et al. 2013a, KASTELEIN et al. 2013). Der beim Rammen der Fundamente entstehende Unterwasserlärm kann im Nahbereich der Schallquelle zu Verletzungen (z.B. Hörschäden) führen (LUCKE et al. 2009), dabei sind insbesondere die kumulativen Effekte durch Mehrfachbeschallungen noch weitestgehend unerforscht. Weitere Schall- sowie Störungseinflüsse akkumulieren durch den Einsatz von Pingern (COX et al. 2001), Seal Scarern (OLESIUK et al. 2002, JOHNSTON 2002, BRANDT et al. 2012, 2013) und durch den erhöhten Schiffsverkehr (HERMANNSEN et al. 2014).

Ende März 2014 wurde im Natura 2000 Gebiet „Sylter Außenriff“ mit dem Bau eines weiteren Offshore-Windparks (OWP) in der deutschen Nordsee begonnen. Aufgrund strenger Lärmschutzaufgaben wurde angestrebt die Schallemissionen während des Einsatzes der hydraulischen Schlagramme (Impulsrammverfahren) durch einen kombinierten Einsatz von Schallminderungsmaßnahmen (IHC-Hüllrohr, Großer Blasenschleier, angepasste Reduktion der Rammenergie bei Überschreiten des Grenzwertes) zu minimieren. Während der Rammarbeiten an den Fundamenten (sog. Monopiles) des OWP „Butendiek“ wurden im Auftrag des BfN drei flugzeuggestützte Erfassungen durchgeführt, um baubedingte Effekte auf die räumliche Verteilung von Schweinswalen in einem 35 km-Radius um den Windpark Butendiek zu analysieren.

3.2 Material und Methoden

3.2.1 Untersuchungsgebiete des Monitorings

Der Transektverlauf in den zu erfassenden Gebieten in der **Nordsee** entspricht den MINOS-Gebieten C und D (GILLES et al. 2008a, b, 2009) (Abbildung 1, Tabelle 1). Das SCI Sylter Außenriff (im Gebiet C_Nord) wurde mit einem höheren Suchaufwand bedacht (Transektabstand 5 km; Abbildung 1), da dort eine besonders hohe Schweinswaldichte zu erwarten ist. Im MINOS-Gebiet D, und somit auch im Bereich des SCI Borkum Riffgrund, wurde das MINOS Transekt-Design leicht verändert (siehe GILLES & SIEBERT 2009, 2010, GILLES et al. 2011). Die Transekte wurden nicht in Nord-Süd Richtung (wie zuvor im MINOS-Gebiet D; GILLES et al. 2008b), sondern schräg (ca. 60°) angeordnet, um den West-Ost Gradienten der Schweinswaldichte besser berücksichtigen zu können. Tabelle 1 fasst die wichtigsten Parameter der einzelnen Untergebiete (sog. Strata) zusammen.

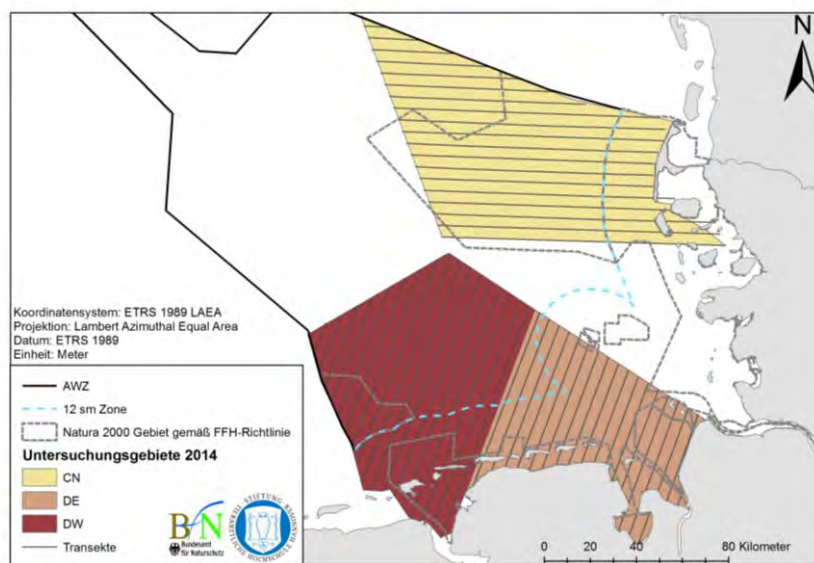


Abbildung 1: Untersuchungsgebiete in der Nordsee. Der Abstand zwischen den parallelen Transekten beträgt 5 km.

Tabelle 1: Gebietsgröße, zuvor geplante Transektlänge und Anzahl der designten Transekte pro Gebiet.

Gebiet	Fläche (km ²)	Transektlänge (km)	Anzahl Transekte
Sylter Außenriff (CN)	8.024	1.681	19
Borkum Riffgrund - Ost (DE)	4.745	950	18
Borkum Riffgrund - West (DW)	7.030	1.390	18

3.2.2 Methodik der flugzeuggestützten Schweinswalerfassung

Die Linientranssekt-Methode

Das *distance sampling* beschreibt eine Reihe von Methoden zur Ermittlung der Dichte von Wildtierpopulationen. Die hier angewandte Methode basiert auf der für marine Säugetiere international anerkannten und etablierten Linientranssekt-Methode (BUCKLAND et al. 2001). Die Erfassung der Schweinswale wird mit einem Flugzeug durchgeführt, das bei konstanter Geschwindigkeit und Flughöhe zuvor definierte Transekte innerhalb der Untersuchungsgebiete abfliegt. Für die Berechnung von absoluten Dichten mittels *distance sampling* müssen die rechtwinkligen Distanzen aller Sichtungen zum Transekt exakt bestimmt werden. Berechnet werden diese Entfernungen (x), indem die vertikalen Winkel (α), welche die Beobachter („Observer“) zu jeder Sichtung mittels eines Inklinometers erfassen, in folgende Formel eingesetzt werden:

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

Der Gesamtheit der gemessenen Entfernungen x wird zunächst eine Wahrscheinlichkeitsfunktion $g(x)$ (die sogenannte *detection function*) angepasst. $G(x)$ beschreibt die Wahrscheinlichkeit eine Sichtung in jeder Entfernung (x) vom Transekt zu erfassen und ermöglicht die Berechnung der Fläche, die effektiv abgesucht wurde, die sogenannte effektive halbe Streifenbreite *esw* (*effective strip half-width*) (BUCKLAND et al. 2001). Die *esw* gibt für jede Seite des Transekts die Distanz μ vom Transekt an, außerhalb welcher die Wahrscheinlichkeit Tiere zu sichten genauso groß ist wie die Wahrscheinlichkeit sie innerhalb ihrer zu übersehen. Den standardisierten Sichtungsbedingungen „gut“ und „moderat“ wird hier jeweils eine eigene Streifenbreite zugeordnet. Sind die Sichtungsbedingungen verschlechtert, wie z.B. durch stärkeren Seegang oder hohe Trübung, wird der Streifen, in dem man effektiv Schweinswale sichten kann, entsprechend verkleinert.

Datenerhebung

Für die hier durchgeführte Studie wurde als Erfassungsplattform eine Partenavia P68 (Schulterdecker, ausgerüstet mit ausgewölbten Fenstern, sog. „Bubble“-Fenster) genutzt, die es den Beobachtern erlaubt, das Transekt direkt unter der Maschine zu beobachten. Das Team im Flugzeug besteht immer aus drei Personen: Vorne neben dem Piloten sitzt der „Navigator“ oder Datenrekorder. Dieser bedient den Computer (Panasonic Toughbook), der mit einem GPS (Garmin GPS 72H) verbunden ist, und gibt alle Daten direkt in die speziell entwickelte Survey-Software „VOR“ ein. Alle 2 sec speichert „VOR“ automatisch die GPS-Position des Flugzeuges sowie die Uhrzeit. Der Navigator überwacht die Einhaltung einer konstanten Flughöhe (600 Fuß = 183 m) und Geschwindigkeit (90-100 Kn = 167-185 km/h); er koordiniert die Befliegung der Transekte sowie der *racetracks* (s. unten) und gibt die Umwelt/Sichtungsbedingungen sowie alle Sichtungen sekundengenau ein. Er selbst führt keine Beobachtungen durch. Die Umwelt- und Sichtungsbedingungen werden zu Beginn eines jeden Transekts von den Observern bestimmt und deren Beschreibung bei jeglichen 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 (in Achteln; wird von Pilot

und Navigator bestimmt) und Reflexion der Sonne auf dem Wasser (engl. „glare“; Bereich der Reflexion und Intensität). Zudem schätzen die Observer, unter Berücksichtigung aller zuvor genannten Umweltbedingungen, die Sichtungswahrscheinlichkeit für Schweinswale als gut, moderat oder schlecht ein. Dies geschieht getrennt für jede Beobachterseite. Diese Einschätzung sowie eine standardisierte Aufnahme der Umweltbedingungen sind essenziell für eine spätere robuste Dichtermittlung. Der Schweinswal ist aufgrund seiner geringen Größe, der kleinen Gruppengröße von meist nur 1-2 Tieren und seines nicht auffälligen Verhaltens an der Oberfläche eine der Kleinwalarten, die am schwierigsten zu erfassen ist. Alle Daten, die während der Sichtungswahrscheinlichkeit „schlecht“ aufgenommen wurden, werden von der späteren Analyse ausgeschlossen.

Die beiden Beobachter sitzen rechts und links an den „Bubble“-Fenstern. Sie scannen v.a. den Bereich der Transektlinie (d.h. direkt unter dem Flugzeug) und im rechten Winkel zum Flugzeug. 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 Sichtungswinkel wird mit Hilfe eines Winkelmessgerätes (Inklinometer) bestimmt. Nach einer Pause oder während der 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.

Neben der Zielart „Schweinswal“ werden auch Sichtungen weiterer mariner Säugetiere (z.B. Robben, Delfine und andere Walarten) aufgenommen. Da es aus der Flughöhe von 600 Fuß nicht möglich ist, die heimischen Hundsrobbenarten Seehund (*Phoca vitulina*) und Kegelrobbe (*Halichoerus grypus*) sicher zu unterscheiden, werden diese im Folgenden als „Robbensichtungen“ zusammengefasst. Es werden nur Robben aufgenommen, die sich im Wasser befinden; d.h. bei der Überfliegung werden keine Robben auf Sandbänken gezählt (s. auch HERR et al. 2009).

3.2.3 Artspezifische Korrekturfaktoren für die Bestimmung von Populationsgrößen

Um aus den Daten der flugzeuggestützten Erfassungen auf absolute Dichten schließen zu können, müssen gewisse Korrekturfaktoren bestimmt werden (MARSH & SINCLAIR 1989, LAAKE et al. 1997), da Tiere „verpasst“ werden können. Es gilt daher folgendes zu berücksichtigen: a) Die Wale sind aufgrund von Tauchphasen für den Beobachter nur für eine kurze Zeit an der Oberfläche sichtbar (sog. *availability bias*) und b) Die Wale werden, auch wenn sie sichtbar sind, nicht immer von den Beobachtern entdeckt (sog. *perception* oder *observer bias*). Zusammen beschreiben die beiden Fehlerquellen den sog. $g(0)$ -Wert; d.h. die Wahrscheinlichkeit ein Tier zu sichten, das sich direkt auf der Transektlinie befindet. Beim *distance sampling* wird angenommen, dass $g(0) = 1$, d.h. im Falle von marinen Säugetieren kommt es bei einer nicht Berücksichtigung der Fehler zu einer erheblichen Unterschätzung der Dichte. Diese Faktoren werden für Schweinswale seit Mai 2002 von der

Arbeitsgruppe am ITAW mit Hilfe der *racetrack*- Methode (HIBY & LOVELL 1998, HIBY 1999, SCHEIDAT et al. 2008) ermittelt. Diese Methode kam auch beim SCANSII-Survey 2005 zum Einsatz und ist eine Weiterentwicklung der Tandemflüge (doppelte Erfassungs-Plattform), die z.B. bei SCANS 1994 angewandt wurde (HAMMOND et al. 2002, 2013).

Dazu verlässt das Flugzeug 30 Sek. nach einer Schweinswalsichtung das Transekt, um einen Kreis zu fliegen (sog. *holding* oder *racetrack*). Der *racetrack* bringt das Flugzeug nach ca. 120 Sek. wieder auf das Transekt an einen Punkt der vor der erfolgten Sichtung liegt und der Survey wird an dieser Stelle fortgesetzt; d.h. ein bestimmtes Segment des Transektes wird doppelt beflogen. Aus dem Verhältnis gesichteter Schweinswale zwischen erster und zweiter Überfliegung (*leading and trailing leg*) 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 (objektive Entscheidung). Den standardisierten Sichtungsbedingungen „gut“ und „moderat“ wird jeweils ein eigener $g(0)$ -Wert zugeordnet. Die Ausführung der *racetracks* findet idealerweise während der „normalen“ Surveyflüge statt, vorbehaltlich eines geeigneten Wetter- und Zeitfensters. Das speziell entwickelte Datenaufnahmeprogramm „VOR“ (s. unten) gibt über einen Timer den Ablauf der *racetracks* vor.

Im Rahmen von EMSON, MINOS, MINOSplus, SCANSII und den BfN-Monitoringvorhaben wurden bis jetzt insgesamt über 400 *racetracks* erfolgreich absolviert (z.B. GILLES et al. 2008b, SCHEIDAT et al. 2008, HAMMOND et al. 2013). Zur Weiterentwicklung der artspezifischen Korrekturfaktoren zur Berechnung von Populationsgrößen wurden die im Laufe des Jahres 2014 durchgeführten *racetracks* geprüft und für die weitere Analyse vorbereitet. Zudem wurde eine Re-analyse aller *racetracks* durchgeführt, auch unter Berücksichtigung archivierter Daten seit 2002. Hinzugezogen wurden auch *racetracks* aus SCANSII, da diese von ITAW-Teammitgliedern des deutschen Schweinswalmonitorings durchgeführt wurden. Dieser große Pool an qualitätsgeprüften Daten führte im Ergebnis dazu, dass der Variationskoeffizient der esw und $g(0)$ -Schätzung $VK=0,23$ sowohl für gute als auch für moderate Sichtungsbedingungen wesentlich verbessert werden konnte (d.h. verkleinert). So wird es zukünftig möglich sein eine noch robustere Bestimmung der absoluten Schweinswaldichte in den deutschen Meeresgebieten durchzuführen und zu- oder abnehmende Trends rechtzeitig zu erkennen.

3.2.4 Datenauswertung

Verteilungs- und Rasterkarten

Eine Darstellung der georeferenzierten Daten erfolgt über Verteilungskarten, die in ArcGIS 10.1 (ESRI) erstellt werden. Alle Karten liegen in der Projektion ETRS 1989 LAEA (epsg: 3035) vor. Wichtig bei dieser Darstellung sind nicht nur die genauen Sichtspositionen, sondern v.a. der Suchaufwand unter den verschiedenen Sichtungsbedingungen. Diese beiden Informationen können in sog. Rasterkarten gemeinsam dargestellt werden. Die Daten sind dann aufwandsbereinigt. Als Grundlage dient das EU-Raster (European Environment Agency EEA, reference grid, vector polygon grid 5 oder 10 km), entsprechend des Transektabstandes. Pro Rasterzelle wird eine mittlere Dichte ($[Indiv./km^2]$) ermittelt:

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

$n_{\text{indiv.}}$: Summe der Schweinswale pro Rasterzelle, effort: Suchaufwand als effektiv abgesuchte Fläche (in km²) pro Rasterzelle (Details in GILLES et al. 2009).

Windparks, die zum Zeitraum der Erfassungen in Betrieb oder im Bau waren oder deren Bauphase kurz nach den Erfassungen begann, sind ebenfalls in den Sichtungs- und Rasterkarten dargestellt.

Abundanzbestimmung

Bei der Berechnung der Bestandsgröße (Abundanz) für das Untersuchungsgebiet wurde pro Survey die Abundanz in den einzelnen Strata (z.B. C_Nord, D_West) ermittelt. Da die Transekte vor Erfassungsbeginn so gewählt wurden, dass diese die Strata repräsentativ abdecken (sog. *equal coverage probability*), ist die ermittelte Dichte für das gesamte Gebiet ebenfalls repräsentativ (BUCKLAND et al. 2001).

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

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

Mit A_v : Fläche des Stratoms, L_v : Suchaufwand; die zurückgelegte Transektlänge (nur in guten oder moderaten Sichtungsbedingungen), n_{gsv} / n_{msv} : die Anzahl Sichtungen in guten bzw. moderaten Bedingungen, $\hat{\mu}_g / \hat{\mu}_m$: effektive Streifenbreiten (esw inkl. $g(0)$) in guten bzw. moderaten Bedingungen, \bar{s}_v : mittlere Gruppengröße in Stratum v (nach SCHEIDAT et al. 2008, HAMMOND et al. 2013).

Zur Ermittlung der Dichten der einzelnen Surveys wurden die Abundanzen mit der Fläche des jeweiligen Stratoms dividiert. Die 95%-Konfidenzintervalle sowie der Variationskoeffizient (VK) wurden mit der Bootstrap-Methode bestimmt. Hierzu wurden die einzelnen Transekte als Stichproben benutzt. Die so bestimmten Konfidenzintervalle schätzen ein Intervall, welches mit großer Wahrscheinlichkeit die 'wahre' Dichte enthält. Schließlich kann überprüft werden, ob die für einen Survey bestimmte Dichte im Konfidenzintervall der Dichte eines anderen mit ihm zu vergleichenden Surveys lag. Ist dies nicht der Fall unterscheiden sich die Dichten signifikant ($p < 0,05$).

3.3 Ergebnisse und Diskussion

Alle Erfassungen in der Nordsee konnten im geplanten Zeitraum durchgeführt werden: Der erste Flug fand am 24.03.2014, der letzte Flug am 28.07.2014 statt. Im Folgenden werden die Ergebnisse pro Erfassungsgebiet dargestellt.

3.3.1 Aktuelle Monitoringerfassungen in der Nordsee

Der Großteil der Befliegungen fand bei einem Seegang von 1 bis 2 Beaufort statt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Seegang (%) während der flugzeuggestützten Erfassung von marinen Säugetieren in Teilgebieten der deutschen Nordsee im Jahr 2014.

	Borkum Riffgrund					Sylter Außenriff			
Seegang (Bft.)	24.03.	11.04.	12.04.	17.05.	18.05.	02.06.	04.06.	23.07.	28.07.
0	0	0	28%	63%	59%	0	0	0	0
1	92%	99%	62%	37%	41%	72%	36%	78%	10%
2	8%	1%	10%	0	0	28%	49%	22%	74%
3	0	0	0	0	0	0	15	0	15%

Tabelle 3 beinhaltet eine Zusammenfassung der Ergebnisse der vier Befliegungen der beiden Teilgebiete Borkum Riffgrund (Gebiet DW und DE) und Sylter Außenriff (Gebiet C_Nord) im Jahr 2014.

Während der Gesamtbefliegung des Gebietes Borkum Riffgrund im März / April 2014 wurde eine effektive Strecke von 2.050 km erfasst. Die Sichtungsrates lag bei 0,05 Schweinswalgruppen / km. Im Vergleich zur Vorjahresbefliegung in diesem Gebiet lag die Sichtungsstrecke durch günstige Wetterbedingungen deutlich höher, die Sichtungsrates war jedoch dieses Jahr nicht signifikant niedriger (792 km, 0,08 Sichtungen pro km im Jahr 2013, vgl. GILLES et al. 2014a). Die darauf folgende Befliegung im Mai 2014 erfasste eine Strecke von 1.824 km und erreichte eine Sichtungsrates von 0,12 Sichtungen pro km. Während die Sichtungsstrecke vergleichbar mit der des Vorjahres ist, ist die Sichtungsrates deutlich höher (1.953 km, 0,05 Sichtungen pro km im Jahr 2013, vgl. GILLES et al. 2014a).

Das Gebiet Sylter Außenriff wurde jeweils im Juni und Juli befliegen. Dabei betrugen die Erfassungsstrecken 1.506 respektive 1.518 km. Die Sichtungsrates lagen bei 0,09 und 0,10 Sichtungen pro km. Während der Aufwand vergleichbar mit dem des Vorjahres war, lagen die Sichtungsrates dieses Jahr etwas niedriger (0,18 Sichtungen pro km im Juni und 0,15 Sichtungen pro km im Juli 2013, vgl. GILLES et al. 2014a). Im Juni 2014 wurden 9 Kälber gesichtet, im Juli 2014 22 Kälber.

Tabelle 3: Erfassung von Schweinswalen in Teilgebieten der deutschen Nordsee (Gebiete DW & DE sowie CN, s. Abb. 1 und Tabelle 1) im Jahr 2014. Berücksichtigung findet nur Suchaufwand unter guten und moderaten Sichtungsbedingungen. \hat{s} = mittlere Schweinswalgruppengröße.

Datum	Gebiet	Aufwand (km)	Sichtungen	Tiere	Kälber	Robben	Sichtungsrate (Sichtungen/km)	\hat{s}
24.03	DW/DE	814	37	42	0	6	0,05	1,14
11.04	DW	761	59	63	0	3	0,08	1,07
12.04	DW	475	5	5	0	0	0,01	1,00
Σ D März / April 2014	D	2.050	101	110	0	9	0,05	1,09
17.05	DE	886	135	145	0	6	0,15	1,07
18.05	DW	938	84	94	0	2	0,09	1,12
Σ D Mai 2014	D	1.824	219	239	0	8	0,12	1,09
02.06	CN	841	81	96	2	0	0,10	1,19
04.06	CN	666	50	64	7	2	0,08	1,28
Σ CN Juni 2014	CN	1.507	131	160	9	2	0,09	1,22
23.07	CN	829	85	111	15	4	0,10	1,31
28.07	CN	689	72	99	7	2	0,10	1,38
Σ CN Juli 2014	CN	1.518	157	210	22	6	0,10	1,34

Tabelle 4: Übersicht über die Anzahl an Schweinswal-Sichtungen innerhalb der Grenzen der Natura 2000-Schutzgebiete nach FFH Richtlinie.

	Sylter Außenriff (DE 1209-301, 5.314 km ²)		Borkum-Riffgrund (DE 2104-301, 625 km ²)	
<i>Befliegung</i>	<i>Juni 2014</i>	<i>Juli 2014</i>	<i>März/April 2014</i>	<i>Mai 2014</i>
<i>Sichtungen</i>	103	94	9	36
<i>Individuen</i>	124	125	9	40
<i>Kälber</i>	5	13	0	0

Gebiet D, SCI Borkum Riffgrund – erster Survey März/April 2014

Am 24.03.2014 konnte das Teilgebiet DE komplett beflogen werden. Die Sichtungsbedingungen während des Fluges waren überwiegend moderat mit teilweise einseitigem glare und moderater Trübung bei einem Seastate von 1 - 2 Bft. Auf einer Flugstrecke von 853 km wurden 37 Schweinswalgruppen mit insgesamt 42 Individuen gesichtet, darunter keine Kälber. Es wurden sechs Sichtungen von Robben aufgenommen.

Am 11.04.2014 wurde ein Großteil des Stratum DW beflogen. Die Sichtungsbedingungen während des Fluges waren überwiegend gut bis moderat mit moderater Trübung bei einem Seastate von 1 - 2 Bft. Auf einer Flugstrecke von 782 km wurden 59 Schweinswalgruppen mit insgesamt 63 Individuen gesichtet, darunter keine Kälber. Es wurden drei Sichtungen von Robben aufgenommen.

Am 12.04.2014 wurde der Rest des Stratum DW beflogen. Die Sichtungsbedingungen waren überwiegend gut bis moderat mit moderater Trübung bei einem Seastate von 1 - 2 Bft. Auf einer Flugstrecke von 484 km wurden fünf Schweinswalgruppen mit insgesamt fünf Individuen gesichtet, darunter keine Kälber. Robben wurden an diesem Tag ebenfalls nicht gesichtet.

Die Sichtungen von Schweinswalen konzentrierten sich hauptsächlich auf den Bereich um Borkum Riffgrund. Innerhalb des Natura 2000 Gebietes „Borkum Riffgrund“ wurden neun Schweinswale gesichtet (Abbildung 2), die höchsten Dichten fanden sich im nord-westlichen Bereich des Natura 2000 Gebietes (Abbildung 3).

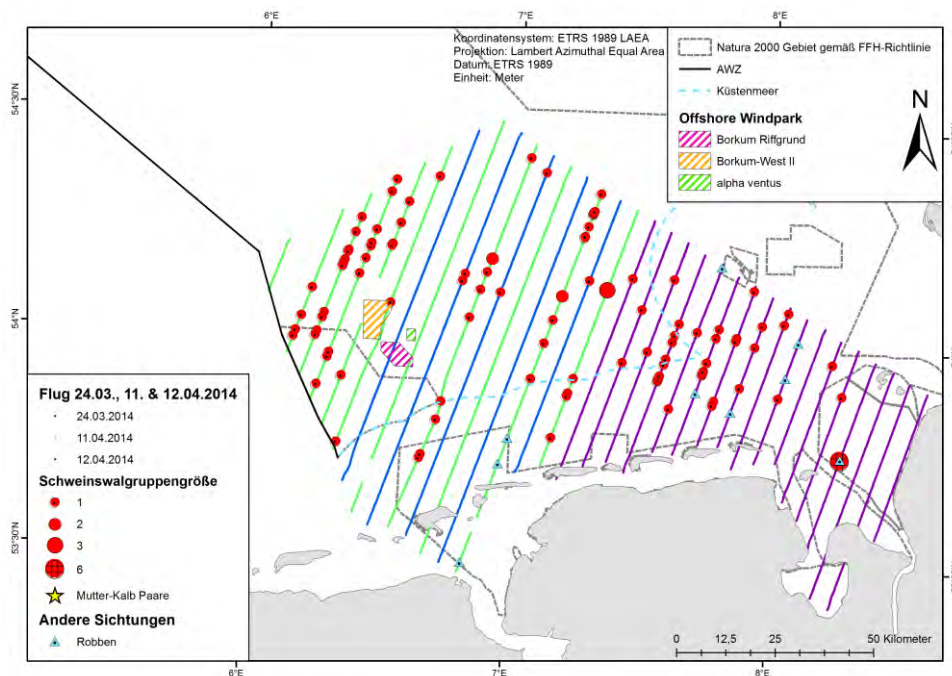


Abbildung 2: Flugzeuggestützte Erfassung von marinen Säugetieren im Gebiet D am 24.03., 11.04. & 12.04.2014. Sichtungskarte mit effektiver Flugstrecke (in guten oder moderaten Bedingungen, die einzelnen Flugtage sind farblich codiert), Gruppengröße der Schweinswalsichtungen sowie Positionen von Robben.

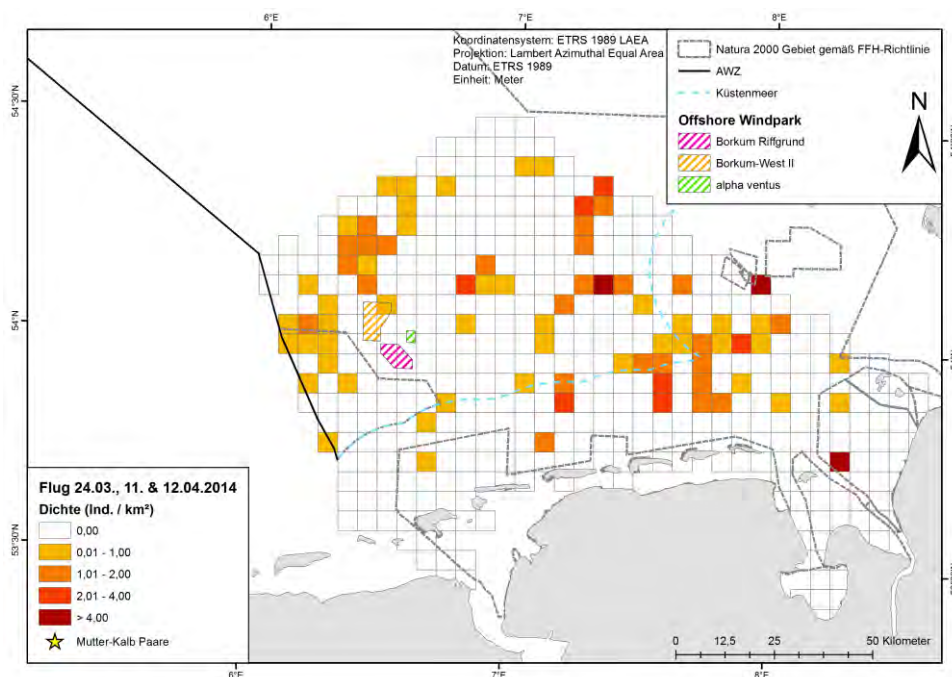


Abbildung 3: Aufwandsbereinigte Rasterkarte mit mittlerer Schweinswaldichte pro Zelle (hier: 5x5 km). Datengrundlage: Flugzeuggestützte Erfassung von marinen Säugetieren im Gebiet D am 24.03., 11.04. & 12.04.2014.

Gebiet D, SCI *Borkum Riffgrund* – zweiter Survey im Mai 2014

Die zweite Befliegung des Gebietes D erfolgte am 17. & 18.05.2014. Der Gesamtsuchaufwand lag bei 1.615 km bei überwiegend guten Sichtungsbedingungen, einem Seatstate von 0 bis 1 Bft und leichtem Glare auf zumindest einer Seite des Flugzeugs.

Am 17.05.2014 wurden in Stratum DE auf einer Strecke von 896 km 135 Schweinswalgruppen mit 145 Tieren sowie sechs Robben gesichtet.

Am 18.05.2014 wurden in Stratum DW auf einer Strecke von 942 km 84 Schweinswalgruppen mit 94 Tieren und zwei Robben gesichtet. Aus Mangel an Zeit konnten zwei Transekte nicht mehr beflogen werden.

An beiden Flugtagen im Mai 2014 wurden keine Kälber gesichtet.

Die Sichtungen konzentrierten sich hauptsächlich auf den westlichen Bereich von DE. Innerhalb des Natura 2000 Gebietes „Borkum Riffgrund“ wurden 40 Schweinswale gesichtet (Abbildung 4). Robben wurden zumeist in Nähe der ostfriesischen Küste gesichtet. Die Sichtungshäufigkeit der Schweinswale war deutlich höher im Vergleich zur ersten Befliegung des Gebietes im März/April 2014 (Abbildung 5).

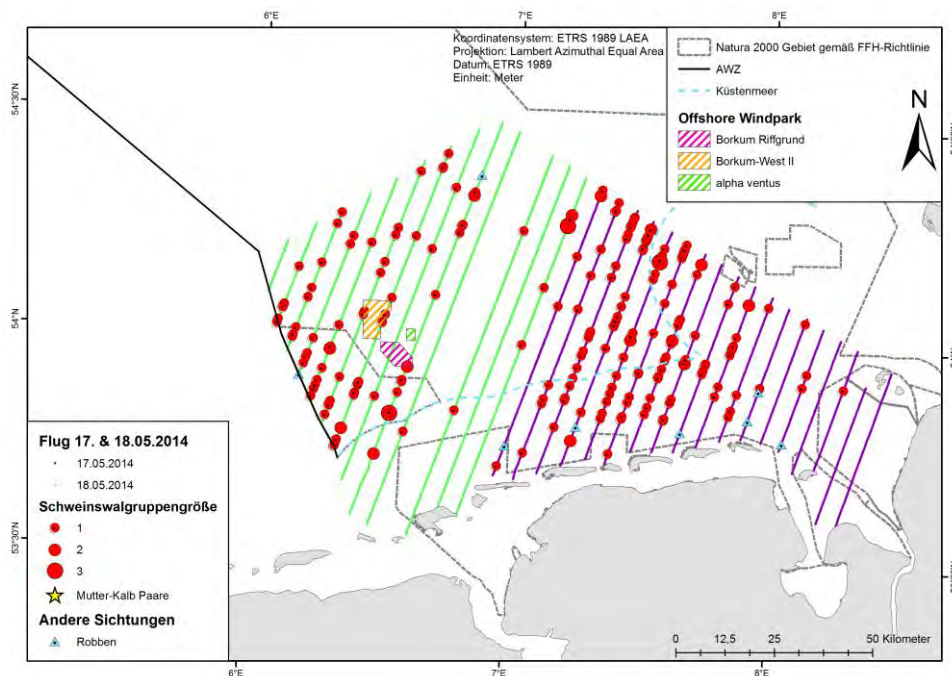


Abbildung 4: Flugzeuggestützte Erfassung von marinen Säugetieren im Gebiet D am 17.05. & 18.05.2014. Sichtungskarte mit effektiver Flugstrecke (in guten oder moderaten Bedingungen, die beiden Flugtage sind farblich codiert), Gruppengröße der Schweinswalsichtungen sowie Positionen von Robben.

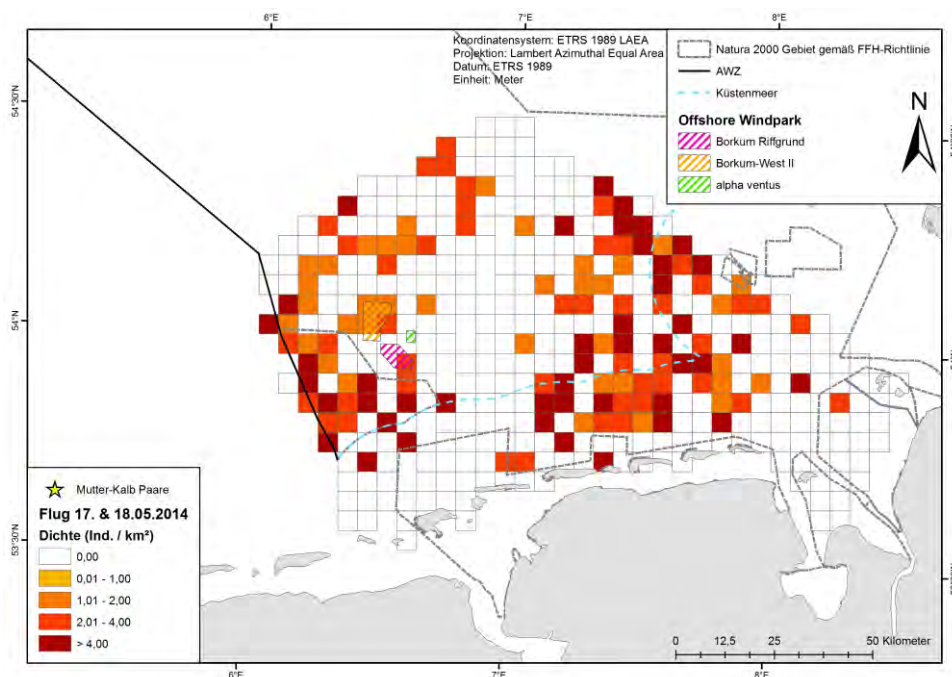


Abbildung 5: Aufwandsbereinigte Rasterkarte mit mittlerer Schweinswaldichte pro Zelle (hier: 5x5 km). Datengrundlage: Flugzeuggestützte Erfassung von marinen Säugetieren im Gebiet DW am 17.05. & 18.05.2014.

Für den Survey im März/April 2014 wurde eine Gesamtabundanz von 6.107 (95% Konfidenzintervall: 3.555 – 10.711) Schweinswalen und eine Dichte von 0,52 (0,30 - 0,91) Ind./km² bei einem Variationskoeffizienten von 0,29 im Untersuchungsgebiet D (Borkum Riffgrund) ermittelt.

Die Befliegung im Mai 2014 ergab eine Gesamtabundanz von 15.628 (95% Konfidenzintervall: 9.324 – 26.646) Schweinswalen und eine Dichte von 1,33 (0,79 – 2,26) Ind./km² bei einem Variationskoeffizienten von 0,28 im gesamten Untersuchungsgebiet D.

Die Gruppengrößen zwischen den beiden Surveys unterschieden sich nicht signifikant und spiegeln die hohe Zahl an einzelnen Individuen wider (Tabelle 5).

Im Mai 2014 war die Dichte in D signifikant höher als im März/April 2014.

Tabelle 5: Abundanz und Dichte von Schweinswalen im Gebiet D im März, April und Mai 2014.
KI = 95% Konfidenzintervall, VK = Variationskoeffizient; Gruppengröße = mittlere Gruppengröße (Anzahl Individuen / Sichtung)

Gebiet	Zeitpunkt	Dichte [Ind./km ²] (95% KI)	Abundanz (95% KI)	VK	Gruppengröße
DE	24.03.2014	0,44 (0,24 - 0,77)	2.067 (1.128 - 3.649)	0,31	1,06
DW	11. & 12.04.2014	0,57 (0,30 - 1,07)	4.039 (2.111 - 7.516)	0,34	1,14
D Gesamt	März/April 2014	0,52 (0,30 - 0,91)	6.107 (3.555 - 10.711)	0,29	1,09
DE	17.05.2014	1,74 (0,92 – 3,07)	8.257 (4.384 – 14.584)	0,31	1,09
DW	18.05.2014	1,05 (0,55 – 1,96)	7371 (3.898 – 13.801)	0,33	1,09
D Gesamt	Mai 2014	1,33 (0,79 – 2,26)	15.628 (9.324 – 26.646)	0,28	1,09

Verteilung von Schweinswalkälbern im Borkum Riffgrund

Seit 2002 werden die Bestände von Schweinswalen in deutschen Gewässern regelmäßig durch standardisierte flugzeuggestützte Surveys erfasst. In der südlichen Deutschen Bucht, auch im Bereich des Borkum Riffgrundes, wurde durch ein Bayesisches Monte Carlo Markov Chain gemischtes Modell (MCMCglimm; HADFIELD 2010) eine deutliche Zunahme der Schweinswaldichten von 2002 bis 2012 nachgewiesen ($p\text{MCMC} = 0,019$; GILLES et al. 2014a). Dieser positive Trend ist sehr deutlich im Frühling und Sommer erkennbar, während die Herbstbefassungen keinen eindeutigen Trend aufwiesen und die niedrigsten Dichten insgesamt ermittelt wurden. Vor allem das westliche Gebiet um den Borkum Riffgrund zeigt einen deutlichen, positiven Trend im Frühling und Sommer, während im Herbst kein eindeutiger Trend nachweisbar ist. Dieser hotspot im Bereich Borkum Riffgrund wurde von GILLES et al. (2009) bereits für das Frühjahr beschrieben, zeigt sich seit 2008 aber auch regelmäßig im Sommer, was die hohe ökologische Bedeutung dieses Gebietes für Schweinswale unterstreicht. Die Schweinswaldichten im östlichen Gebiet waren überwiegend konstant, und es konnten signifikante Unterschiede zwischen den Hotspots im Westen und geringerer Dichte in der süd-östlichen Deutschen Bucht ($p\text{MCMC} < 0,001$) nachgewiesen werden (GILLES et al. 2014a).

Im Bereich Borkum Riffgrund hat im Sommer auch die Anzahl der Sichtungen von Mutter-Kalb-Paaren, und somit auch die Kälberdichte, deutlich zugenommen. Über die Jahre 2002-2012 konnte ein signifikanter Anstieg der Kälberdichte im Erfassungsgebiet D_West nachgewiesen werden (Teildatensatz „Sommer_Gebiet D_West“, GLM, $t\text{-value} = 3,60$, $p = 0,007$; Abbildung 6). Die räumliche Verteilung der Schweinswalkälber in den Zeiträumen 2002-2007 und 2008-2012 zeigt eine deutlich verstärkte Nutzung des Borkum Riffgrundes durch Mutter-Kalb-Paare seit 2008 (Abbildung 7). Eine Analyse dieser Daten weist auf signifikante Unterschiede in der Kälberdichte zwischen diesen Perioden hin (lm, $t\text{-value} = 4,73$, $p = 0,0015$). In den Jahren 2013 und 2014 wurde dieses Gebiet im Frühling, also vor der Geburtenperiode der Schweinswale (HASSELMEIER et al. 2004), erfasst und es gab keine Sichtungen von Mutter-Kalb-Paaren.

Der Anstieg der Kälberdichte in den letzten Jahren hebt die Bedeutung von Borkum Riffgrund als potenzielles Kalbungshabitat hervor. Bislang war ein Hauptkonzentrationsgebiet von Mutter Kalb-Paaren im Bereich des Sylter Außenriffs beschrieben worden. Die aktuellen Ergebnisse weisen zum einen auf die Wichtigkeit der südlichen deutschen Nordsee im Lebens-/Jahreszyklus der Schweinswale hin und weisen zugleich auf ein erhöhtes Konfliktpotenzial hin, da dieses Gebiet zu den am stärksten genutzten Meeresgebieten der Welt gehört. In Gebieten in denen sich Mutter-Kalb-Paare konzentrieren, so auch im Sylter Außenriff, sollten Störungen in den Monaten Mai bis August, also in der sensiblen Hauptfortpflanzungsphase, aufgrund der hohen Empfindlichkeit dieser Art weitestgehend vermieden oder reduziert werden.

Die südlichen Nachbarländer, die Niederlande und Belgien, berichten von höchsten Schweinswaldichten im Frühjahr (HAELTERS et al. 2011, SCHEIDAT et al. 2012, GEELHOED et al. 2013) und einem abruptem Wechsel von sehr hohen Dichten (über zwei Monate) zu sehr niedrigen Dichten (pers. Komm, Jan Haelters, Okt. 2014). Die Vermutung liegt nahe, dass Schweinswale im Spätfrühling weiter nach Norden in die südliche Deutsche Bucht ziehen,

darauf weist auch die hohe Dichte im Mai 2014 im Gebiet D hin (Tabelle 5). Diese Hypothese könnte aber nur abgesichert werden, wenn eine ausreichende hohe Anzahl an Individuen mit Satellitensendern versehen werden könnte.

Der lokal starke Anstieg der Schweinswalddichte lässt sich kaum durch eine höhere Wachstumsrate der Population erklären. Wahrscheinlicher ist eine Verlagerung von Beständen bzw. Konzentrationsgebieten, z.B. von der nördlichen Nordsee in die südliche (CAMPHUYSEN 2011, HAMMOND et al. 2013).

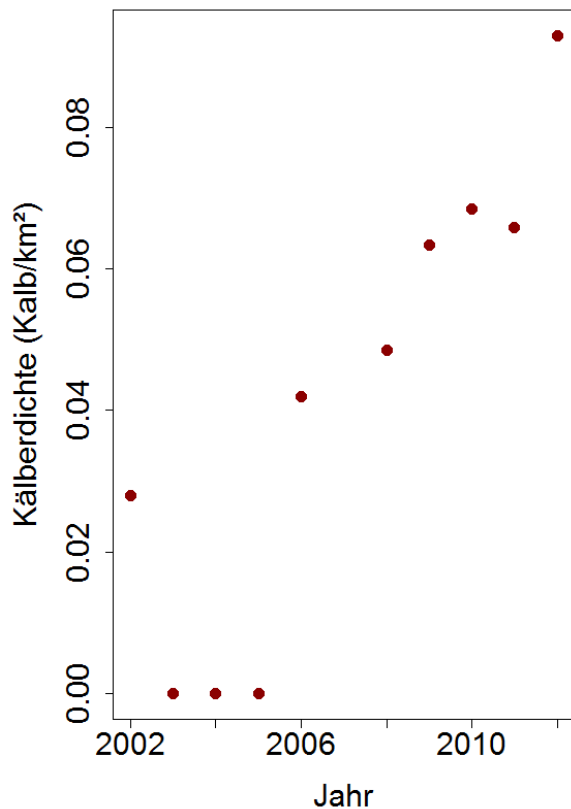


Abbildung 6: Entwicklung der Kälberdichte im Untersuchungsgebiet D_West (Borkum Riffgrund; s. Abb. 1) im Sommer der Jahre 2002-2012 (Datenquelle: SCHEIDAT et al. 2007, GILLES & SIEBERT 2009, 2010; GILLES et al. 2009, 2011, 2012, 2014a,b).

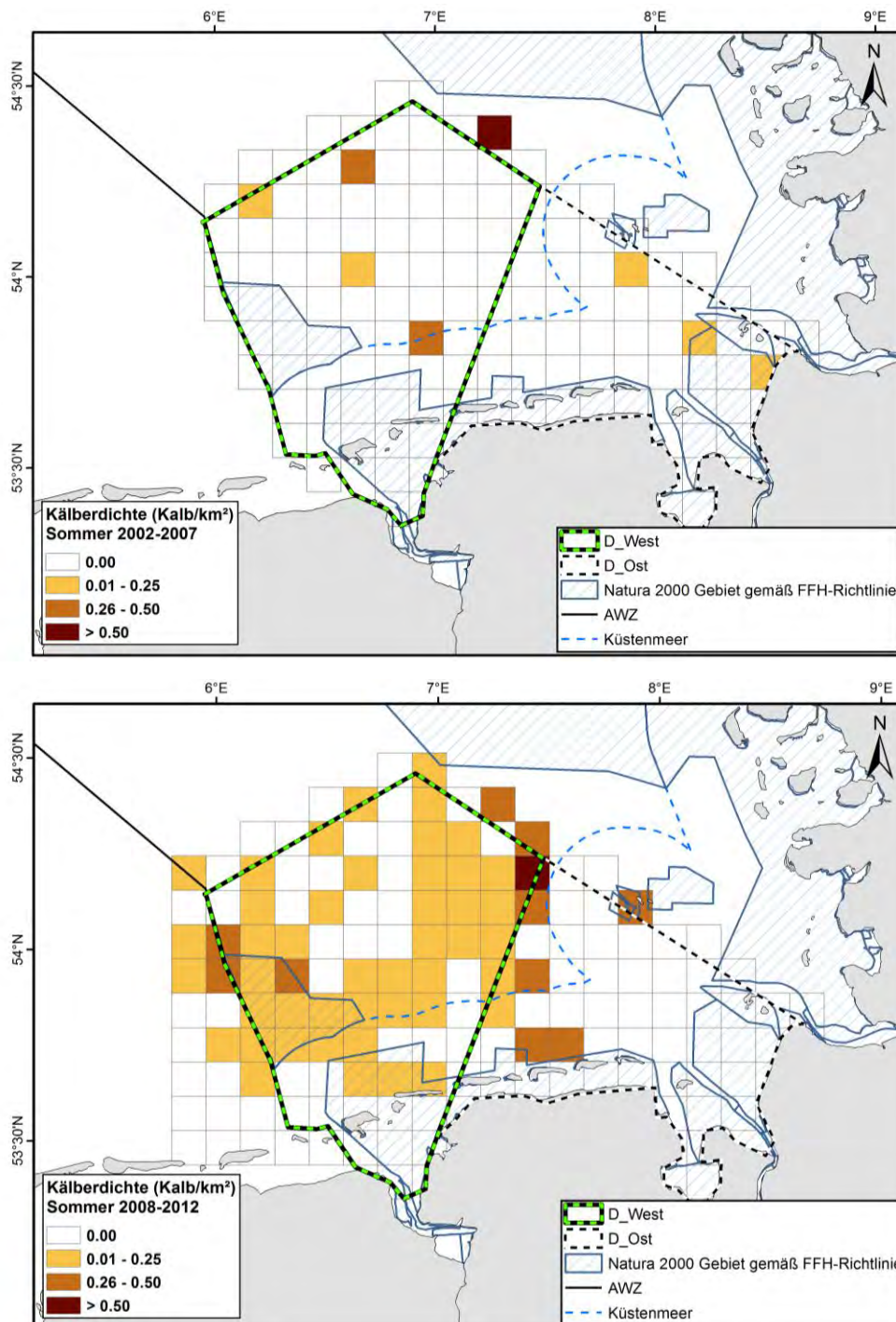


Abbildung 7: Räumliche Verteilung der Kälberdichte in der südlichen Deutschen Bucht im Sommer (Juni-August) der Jahre a) 2002 bis 2007 und b) 2008 bis 2012. Aufwandsbereinigte Rasterkarten mit mittlerer Kälberdichte pro Zelle (EEA Raster, 10x10 km).

Gebiet C_Nord (CN), SCI *Sylter Außenriff* - erster Survey im Juni 2014

Der erste Flugsurvey in Gebiet CN wurde an zwei Flugtagen, am 02.06. & 04.06.2014, durchgeführt. Der Flug am 02.06. fand unter überwiegend guten bis moderaten Sichtungsbedingungen statt. Beginnend im Süden wurde jedes zweite Transekt beflogen (insgesamt 11 Transekte). Auf der abgeflogenen Strecke von 841 km wurden insgesamt 81 Schweinswalgruppen mit 96 Individuen, davon 2 Kälber, dokumentiert.

Die Sichtungsbedingungen während des Fluges am 04.06. waren insgesamt gut. Ein Transekt konnte auf Grund einer Militärübung nicht beflogen werden. Auf 7 Transekten wurden auf einer Strecke von 666 km 50 Schweinswalgruppen mit insgesamt 64 Individuen aufgenommen, darunter 7 Kälber.

Die Sichtungen konzentrierten sich auf den Süden des Gebiets während im Nordwesten des Untersuchungsgebietes verhältnismäßig wenige Sichtungen registriert wurden. Die Kälbersichtungen konzentrierten sich auf den südöstlichen Bereich des Untersuchungsgebietes im Bereich des Sylter Außenriffs. Innerhalb des Natura 2000 Gebietes „Sylter Außenriff“ wurden 124 Schweinswale und 5 Kälber gesichtet (Abbildung 8); dort wurden auch die höchsten Dichten ermittelt (Abbildung 9).

Am 04.06.2014 wurde von 07:08 bis 19:25 UTC im OWP Butendiek der Monopile BU 25 gerammt. Es gab zwar eine zeitliche Überlappung mit der oben beschriebenen Erfassung von 1,7 h, aber keine annähernd räumliche, da zu diesem Zeitpunkt die südlichsten Transekte von CN beflogen wurden. Das Transekt, das den Windpark im südlichen Bereich kreuzt, wurde am 04.06. ca. 45 min nach dem Ende der Rammarbeiten beflogen (von Ost nach West).

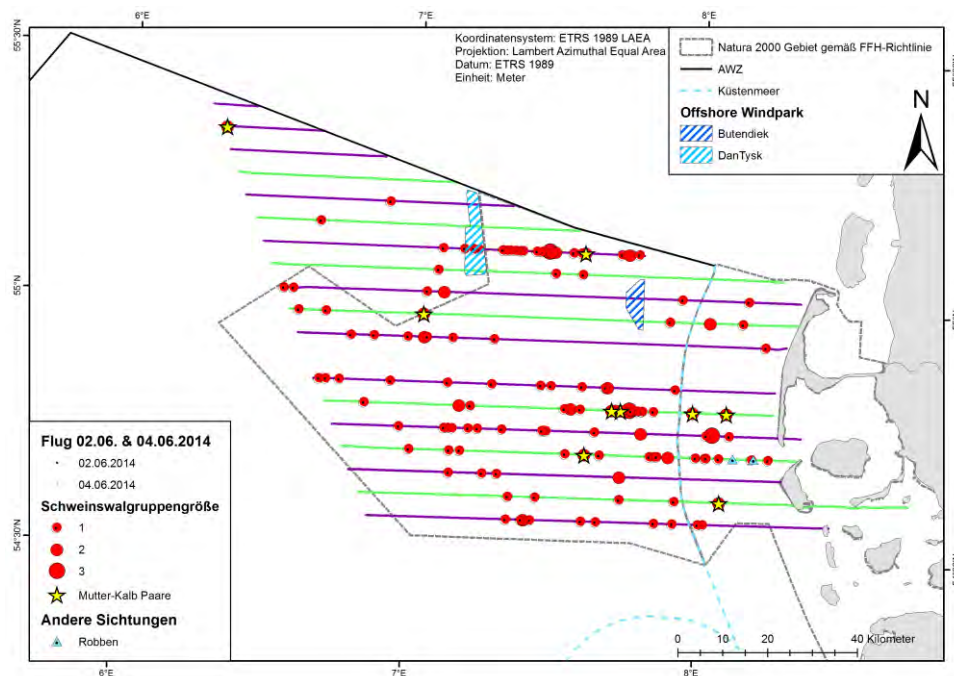


Abbildung 8: Flugzeuggestützte Erfassung von marinen Säugetieren im Gebiet CN am 02.06. & 04.06.2014. Sichtungskarte mit effektiver Flugstrecke (in guten oder moderaten Bedingungen, die einzelnen Flugtage sind farblich codiert), Gruppengröße der Schweinswalsichtungen sowie Positionen von Mutter-Kalb Paaren.

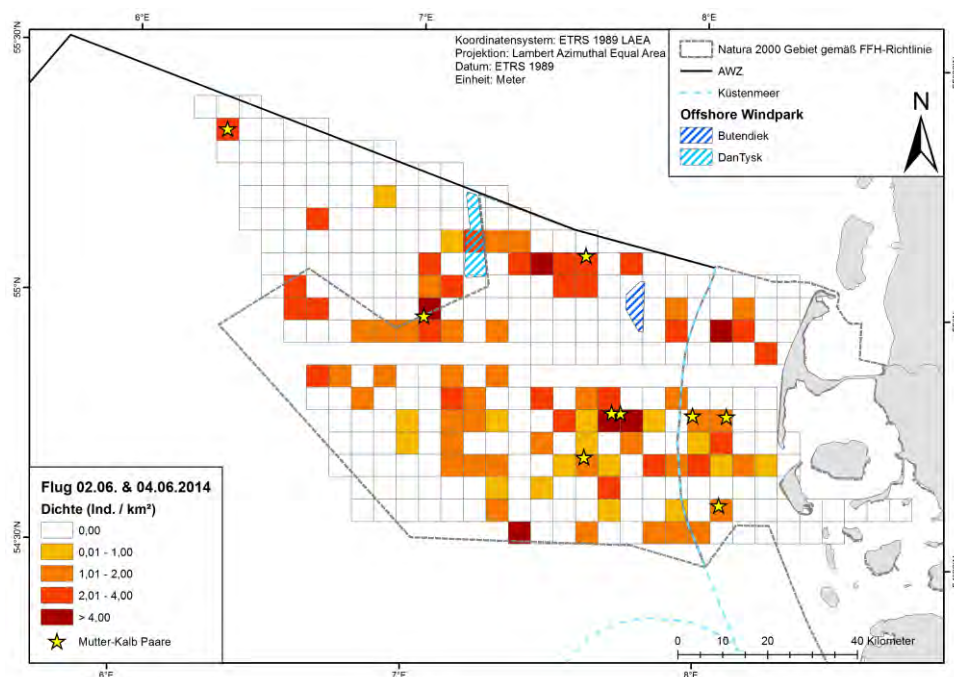


Abbildung 9: Aufwandsbereinigte Rasterkarte mit mittlerer Schweinswalsdichte pro Zelle (hier: 5x5 km). Datengrundlage: Flugzeuggestützte Erfassung von marinen Säugetieren im Gebiet CN am 02.06. & 04.06.2014.

Gebiet C_Nord (SCI Sylter Außenriff) – zweiter Survey im Juli 2014

Der zweite Flugsurvey des Jahres 2014 im Gebiet CN wurde am 23.07. und 28.07.2014 durchgeführt. Die Rammarbeiten in Butendiek waren zu diesem Zeitpunkt bereits abgeschlossen (letzte Rammaktivitäten am 22.07.14).

Der Flug am 23.07. fand unter überwiegend guten bis moderaten Sichtungsbedingungen statt. Aufgrund eines wolkenfreien Himmels wurde die Sicht auf zumeist einer Seite durch starken *glare* beeinträchtigt; daraus resultierten teilweise einseitig beobachtete Transektabschnitte. Beginnend im Süden wurde jedes zweite Transekt beflogen (insgesamt 11 Transekte). Auf der abgeflogenen Strecke von 829 km wurden insgesamt 85 Schweinswalgruppen mit 111 Individuen dokumentiert, darunter 15 Kälber.

Die Sichtungsbedingungen während des Fluges am 28.07. waren gut bis streckenweise moderat, bei einem Seastate von überwiegend 2 Bft. Auf einer Strecke von 689 km wurden 72 Schweinswalgruppen mit insgesamt 99 Individuen, davon 7 Kälber, aufgenommen.

Die Sichtungen waren, im Vergleich zur ersten Erfassung im Juni, vor allem im Norden und im nordwestlichen Bereich verteilt. Robben wurden westlich von Sylt und insgesamt im Bereich der nordfriesischen Inseln gesichtet. Innerhalb des Natura 2000 Gebiets „Sylter Außenriff“ wurden 125 Schweinswale und 13 Kälber gesichtet (Abbildung 10). Die höchsten Dichten, die deutlich höher waren als im Juni 2014, fanden sich im Nordwesten des Gebietes (Abbildung 11).

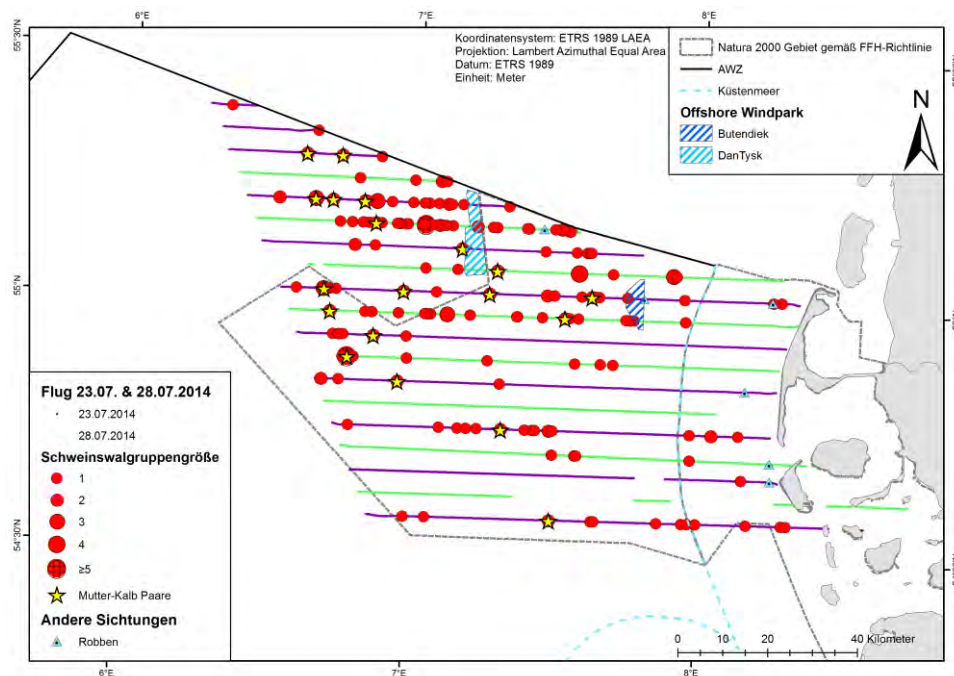


Abbildung 10: Flugzeuggestützte Erfassung von marinen Säugetieren im Gebiet C_Nord am 23.07. & 28.07.2014. Sichtungskarte mit effektiver Flugstrecke (in guten oder moderaten Bedingungen, die einzelnen Flugtage sind farblich codiert), Gruppengröße der Schweinswalsichtungen sowie Positionen von Mutter-Kalb Paaren sowie Robben.

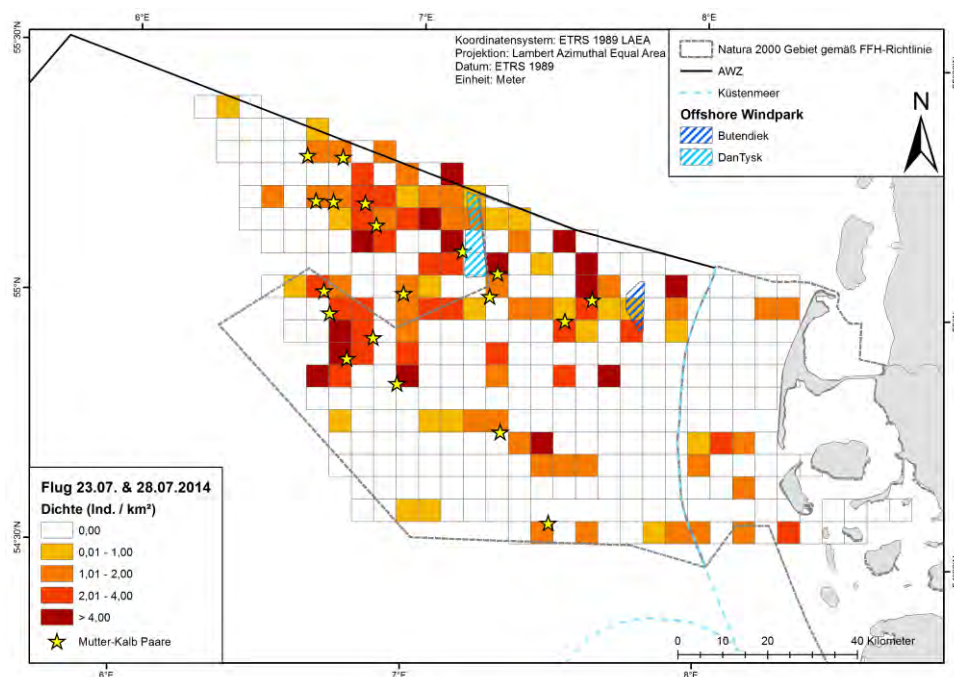


Abbildung 11: Aufwandsbereinigte Rasterkarte mit mittlerer Schweinswaldichte pro Zelle (hier: 5x5 km). Datengrundlage: Flugzeuggestützte Erfassung von marinen Säugetieren im Gebiet CN am 23.07. & 28.07.2014.

Für die erste Erfassung im Juni 2014 wurde eine Abundanz von 7.628 (95% KI: 4.062 – 15.101) Schweinswalen und somit eine Dichte von 0,95 (95% KI: 0,50 – 1,88) Ind./km² im Untersuchungsgebiet C_Nord ermittelt. Im Juli 2014 war die ermittelte Abundanz mit 10.910 (95% KI: 6.420 – 19.139) Schweinswalen und einer Dichte von 1,36 (95% KI: 0,80 – 2,39) Ind./km² höher als im Juni. Der Variationskoeffizient lag im Juni bei 0,34, im Juli bei 0,28. Die Gruppengröße lag mit 1,34 während der 2. Befliegung im Vergleich zu 1,22 während der ersten Befliegung etwas höher (Tabelle 6). Aufgrund überlappender Konfidenzbereiche sind die Dichten im Juni und Juli 2014 nicht signifikant unterschiedlich; jedoch war die Dichte im Vorjahr (Survey 11. & 17.06.13) höher als im Juni diesen Jahres, während die Dichte im Juli 2013 vergleichbar war mit der geschätzten Dichte im Juli 2014.

Tabelle 6: Abundanz und Dichte von Schweinswalen im Gebiet C_Nord im Juni und Juli 2014.
KI = 95% Konfidenzintervall, VK = Variationskoeffizient; Gruppengröße = mittlere Gruppengröße (Anzahl Individuen / Sichtung)

Gebiet	Zeitpunkt	Dichte [Ind./km ²] (95% KI)	Abundanz (95% KI)	VK	Gruppengröße
CN	Juni 2014	0,95 (0,50 - 1,88)	7.628 (4.062 - 15.101)	0,34	1,22
CN	Juli 2014	1,36 (0,80 - 2,39)	10.910 (6.420 - 19.139)	0,28	1,34

3.3.2 Anthropogene Aktivitäten in der Nordsee

Während der Erfassungen im Jahre 2014 wurden Zeichen anthropogener Aktivitäten im Meer systematisch aufgenommen (Abbildung 12 - Abbildung 15). Dabei wurden Schiffe sowie Hinweise auf menschliche Nutzungen der Nordsee (zum Beispiel Netze bzw. Netzreste, Nutzschiffe, etc.) bis zu einem Inklinationswinkel von 20° zu jeder Seite erfasst (dies entspricht einem 502 m breiten Streifen pro Seite). Das Aufnehmen weiter entfernter Objekte hätte eine Ablenkung der Beobachter vom Transekt bedeutet. In den Abbildungen dargestellt sind zudem weitere Objekte, die aufgrund einer direkten oder indirekten Qualität Indikatoren für anthropogene Aktivitäten darstellen, insbesondere Müll.

Gebiete D_Ost und D_West (*Borkum Riffgrund*)

März / April 2014

Bei der Erfassung des Gebiets D im März / April 2014 wurden insgesamt 14 Schiffe gesichtet. Davon wurden 28% als Frachtschiffe (4 Schiffe), 28% als Fischkutter (4 Schiffe), 7% als Fähre (1 Schiff) und 36% als unklassifizierte Schiffe (5 Schiffe) identifiziert. Es wurden keine Frachtschiffe innerhalb des Verkehrstrennungsgebietes gesehen. Treibender Müll und Netzmüll wurde im gesamten Gebiet, vor allem aber im Westen, registriert (n = 121 Müllsichtungen, davon 3 Sichtungen von Netzresten). Netze sowie sonstiges Fischereizubehör wurde, abgesehen von Netzresten, nicht gesehen (Abbildung 12).

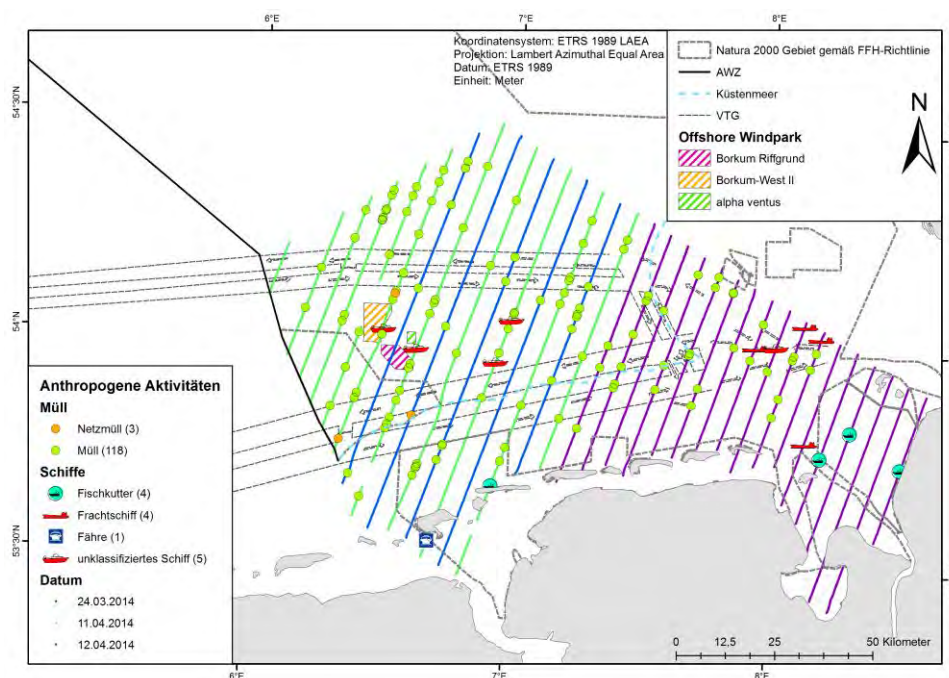


Abbildung 12: Zeichen anthropogener Aktivitäten während der Erfassungsflüge für marine Säugetiere im Gebiet D im März / April 2014. VTG = Verkehrstrennungsgebiet.

Mai 2014

Bei der Erfassung des Gebiets D im Mai 2014 wurden insgesamt 9 Schiffe gesichtet. Davon wurden 11% als Segelboote (1 Schiffe), 11% als Fischkutter (1 Schiff), 33,3% als Frachtschiffe (3 Schiffe), 22% als Motorbote > 5m (2 Schiffe), 11% als Motorbote < 5m (1 Schiff und 11% als unklassifiziertes Schiff (1 Schiffe) kategorisiert. Treibender Müll und Netzmüll wurde im gesamten Gebiet registriert (n = 375 Müllsichtungen, davon 61 Sichtungen von Netzresten), besonders wenige Müllsichtungen gab es in Gebiet DE.

Einige Frachtschiffe wurden außerhalb des Verkehrstrennungsgebietes im Gebiet D gesichtet. Der einzelne Fischkutter wurde an der niedersächsischen Nordseeküste gesichtet (Abbildung 13).

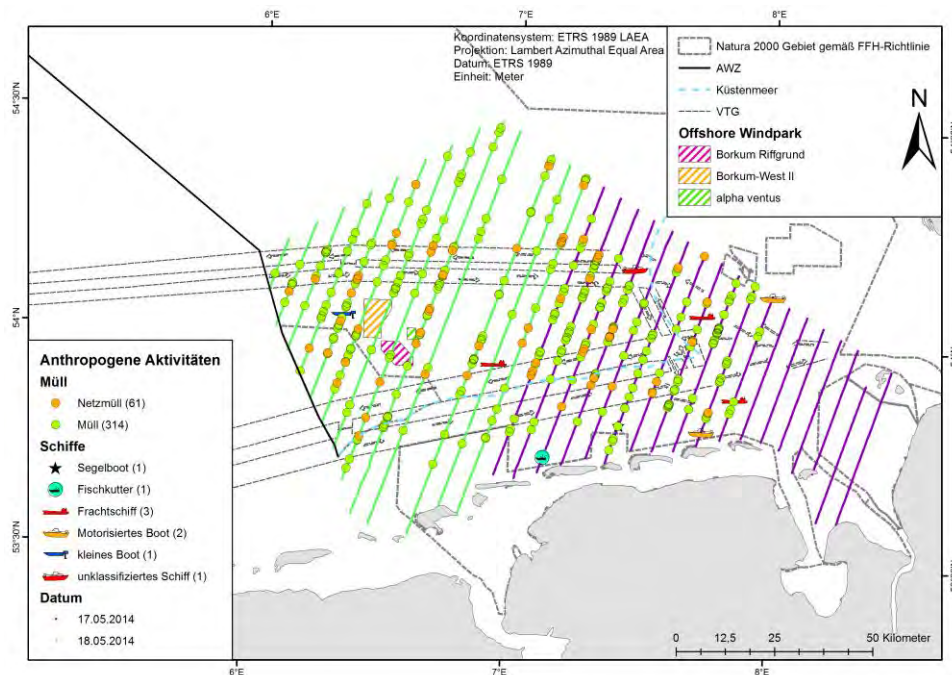


Abbildung 13: Zeichen anthropogener Aktivitäten während der Erfassungsflüge für marine Säugetiere im Gebiet D im Mai 2014. VTG = Verkehrstrennungsgebiet

Gebiet C_Nord (Sylter Außenriff)

Juni 2014

Bei der Erfassung des Gebiets CN im Juni 2014 wurden 2 Schiffe gesichtet. Davon wurden jeweils eines als Fischkutter und eines als Frachtschiff kategorisiert. Treibender Müll und Netzmüll wurde im gesamten Gebiet registriert (n = 65 Müllsichtungen, davon 9 Sichtungen von Netzresten; Abbildung 14).

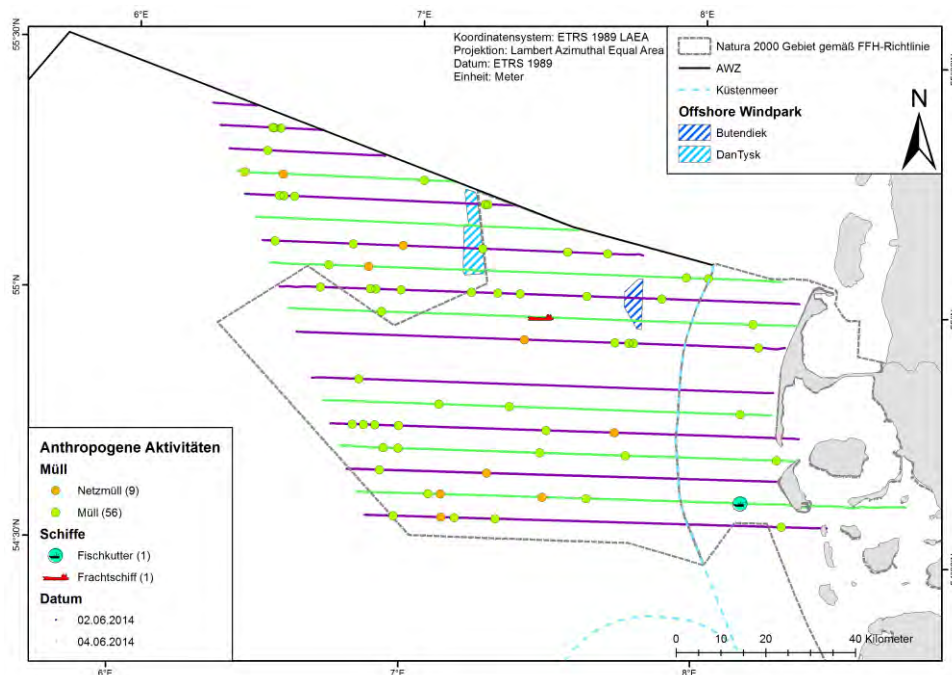


Abbildung 14: Zeichen anthropogener Aktivitäten während der Erfassungsflüge für marine Säugetiere im Gebiet C_Nord im Juni 2014.

Juli 2014

Bei der Erfassung des Gebiets CN im Juli 2014 wurden insgesamt 7 Schiffe gesichtet. Davon wurden 28% als Motorboot > 5m (2 Schiffe), 14% als motorisiertes Boot < 5m (1 Schiff) und 57% als unklassifiziertes Schiff (4 Schiffe) kategorisiert. Treibender Müll sowie Netzmüll wurde vor allem im nördlichen Teil registriert (n = 62 Müllsichtungen, davon 14 Sichtungen von Netzresten). Die als unspezifisch kategorisierten Schiffe wurden im Bereich der Baustellen der Offshore Windparks „Butendiek“ und „DanTysk“ gesichtet (Abbildung 14).

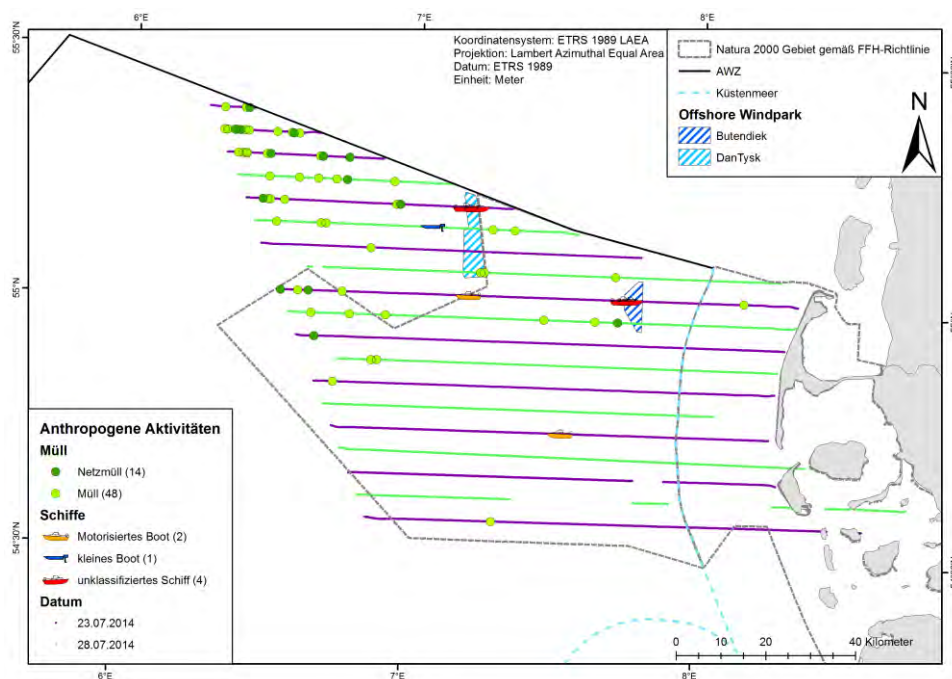


Abbildung 15: Zeichen anthropogener Aktivitäten während der Erfassungsflüge für marine Säugetiere im Gebiet C_Nord im Juli 2014.

3.3.3 Visuelle Erfassung von Schweinswalen während der Errichtung des Offshore-Windparks „Butendiek“

Versuchsdesign

Während des Monitorings 2014 wurde ein Teilgebiet der deutschen Nordsee um den seit 30.03.2014 im Bau befindlichen Windpark „Butendiek“ gesondert beflogen, um gemeinsam mit passiv akustischen Methoden (gesonderter Bericht, DÄHNE et al. in Vorb.) ein Bild über den Effekt von Bauarbeiten auf die räumliche Verteilung von Schweinswalen zu erhalten. Das erstellte Untersuchungsdesign deckt ein Gebiet im Umkreis von 35 km um den Mittelpunkt des Windparks Butendiek ab und umfasst eine Fläche von 4.896 km². Zur repräsentativen Abdeckung wurden 14 parallele Transekte mit einem Abstand von 5 km und einer Gesamtlänge von 970 km geplant. Diese Transekte decken sich in der deutschen AWZ und im Küstenmeer räumlich mit den Transekten, die im Rahmen des BfN Monitorings im Gebiet Sylter Außenriff (Erfassungsgebiet C_Nord) beflogen werden. Die Transekte wurden jedoch auf das Untersuchungsgebiet „Butendiek“ beschnitten und, wenn nötig, verlängert bzw. parallel nach Norden hin erweitert so dass die räumliche Überlappung ein Vergleich mit älteren Daten aus dieser Region ermöglichte (Abbildung 16).

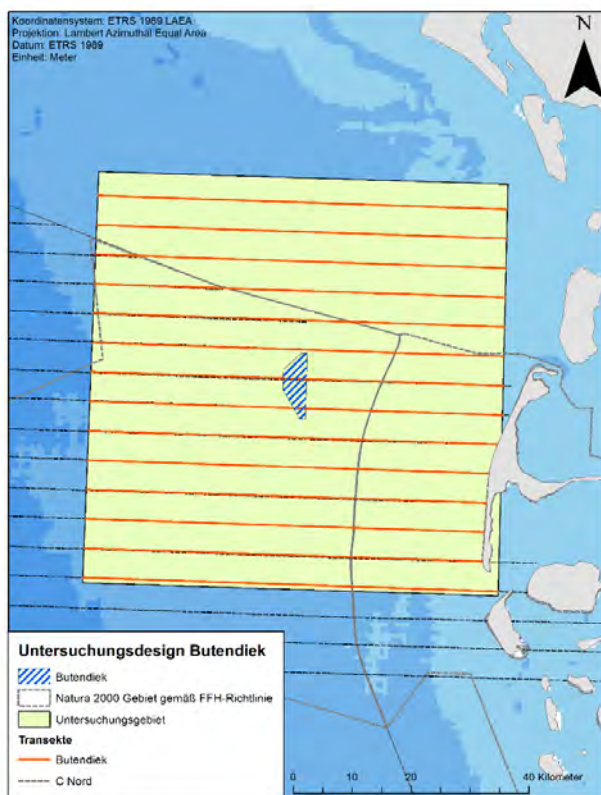


Abbildung 16: Untersuchungsdesign Butendiek mit Transekten aus teilweise überlappendem Untersuchungsgebiet C_Nord. Die für diese Untersuchung designten Transekte orientieren sich an jenen des Untersuchungsgebiets C_Nord und sind parallel zu diesen im 5 km Abstand nach Norden erweitert worden.

Die Fundamente für die 80 Windenergieanlagen wurden mittels Impulsrammungen in einem Zeitraum von knapp vier Monaten (30.03.-22.07.14) in den Meeresboden eingebracht. Die Wassertiefe im OWP Butendiek liegt zwischen 17 und 22 m.

Alle Befliegungen wurden parallel zu Rammarbeiten (sowie den zeitlich vorgelagerten Vergrämuungsmaßnahmen, zum Beispiel durch Pinger) durchgeführt. Dabei wurden alle Transekte einmalig befliegen, aus logistischen Gründen über zwei Flugabschnitte verteilt, die durch eine kurze Pause unterbrochen wurden. Die drei zentralen Transekte unmittelbar in und um den Windpark Butendiek wurden jeweils in beiden Flugteilen befliegen, um die Stichprobengröße im Nahbereich der Rammarbeiten zu erhöhen.

Erfassungsflüge Butendiek

Die Koordination und Terminabsprache der Befliegungen im OWP Butendiek wurden in enger Kooperation mit der Betreiber- und Baufirma (wpd offshore solutions GmbH) durchgeführt, um eine möglichst gute Überlappung von Rammereignissen und Befliegung zu erreichen. Es stellte sich zunehmend schwierig heraus geeignete Zeitfenster für die visuelle Erfassung zu bestimmen, da viele Rammarbeiten nachts stattfanden. Es konnte jedoch eine Befliegung des Gebiets zeitgleich zu stattfindenden Rammereignissen an insgesamt vier Flugtagen durchgeführt werden. Bis auf den 22.07.2014 fanden alle Befliegungen zum Großteil bei einem Seastate von 1 statt, bei überwiegend guten bis moderaten Sichtungsbedingungen (Tabelle 7).

Tabelle 7: Verteilung der Flugstrecke und der Sichtungen über den Seastate.

Datum	Seastate	Anteil	Sichtungen	Individuen	Kälber	Aufwand [km]
27.06.2014	1	72%	52	59	3	744
27.06.2014	2	28%	11	11	0	279
28.06.2014	1	100%	114	134	10	1.022
17.07.2014	1	100%	54	66	6	820
22.07.2014	1	21%	2	4	0	88
22.07.2014	2	79%	11	11	0	335

Insgesamt wurden 244 Sichtungen von insgesamt 285 Tieren auf 3.285 km Flugstrecke bei zumindest einseitig moderaten Bedingungen beobachtet, darunter 19 Kälber (Tabelle 8). Die mittlere Gruppengröße betrug 1,17 Ind./Sichtung; die Gruppengröße an den einzelnen Flugtagen unterschied sich nicht signifikant voneinander.

Tabelle 8: Anzahl der Sichtungen sowie des Suchaufwands im Gebiet Butendiek, bei zumindest einseitig moderaten Bedingungen.

Datum	Sichtungen	Individuen	mittlere Gruppengröße [Ind./Sichtung]	Kälber	Aufwand [km]
27.06.2014	63	70	1,11	3	1.019
28.06.2014	114	134	1,18	10	1.022
17.07.2014	54	66	1,22	6	820
22.07.2014	13	15	1,15	0	424
Gesamt	244	285	1,17	19	3.285

Befliegung am 27.06.2014

Am 27.06.2014 konnte bei überwiegend moderaten Bedingungen und wenig *glare* eine Gesamtstrecke von 1.019 km befliegen werden. Dabei wurden 63 Gruppen mit insgesamt 70 Tieren gesichtet, darunter 3 Kälber (Tabelle 9 und Tabelle 10). Die erste Befliegung fand kurz vor Beginn der Rammarbeiten an BU 65 statt (Abbildung 17). Die zweite Befliegung fand während der Rammung statt, die Überlappung zu den Rammarbeiten betrug hier 2,24 h. Berücksichtigt man die Vergrämuungsmaßnahmen, so ergibt sich eine Überlappung von 3,43 h (Tabelle 10).

Tabelle 9: Übersicht über die beiden Flugabschnitte während der Rammarbeiten am 27.06.2014 im Bereich des Windparks Butendiek. Zeitangaben zu Rammaktivitäten und Vergrämuungsmaßnahmen wurden dem jeweiligen Rammprotokoll entnommen. Alle Zeitangaben sind in UTC.

Datum	Befliegung			Rammung		Vergrämuung	
	Abschnitt	Start	Ende	Start	Ende	Start	Ende
27.06.2014	1. Teil	07:24:56	10:38:36	11:50:00	14:05:00	10:56:00	11:59:00
27.06.2014	2. Teil	11:37:44	14:29:40				

Tabelle 10: Detaillierte Übersicht über mit Rammungen verbundene Aktivitäten während der Befliegung des Windparks Butendiek am 27.06.2014. Vergrämuung umfasst alle während der Rammung getroffenen Vergrämuungsmaßnahmen (Pinger und Seal Scarer). Die Angabe der Zeit bezieht sich auf die Flugdauer während einer entsprechenden Phase und ist in Stunden angegeben.

	Befliegung	Rammung	Vergrämuung	Zeit	Gruppen	Individuen	Kälber
27.06.2014	1. Teil	-	-	3,23	33	36	1
27.06.2014	2. Teil	-	-	0,42	7	8	1
27.06.2014	2. Teil	-	Aktiv	1,19	2	3	1
27.06.2014	2. Teil	Aktiv	-	2,09	13	14	0
27.06.2014	2. Teil	Aktiv	Aktiv	0,15	8	9	0

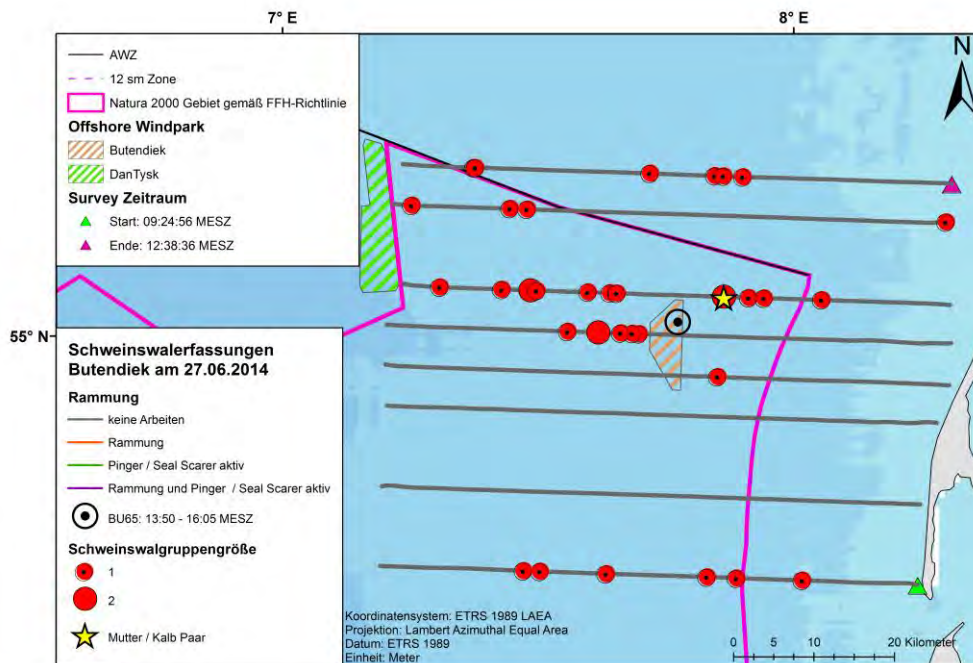


Abbildung 17: Erste Befliegung des Gebiets Butendiek am 27.06.2014. Farblich dargestellt sind die Abschnitte, die während hervorzuhebender Arbeiten am Windpark stattgefunden hatten. Ebenfalls dargestellt ist die Position des gerammten Monopiles.

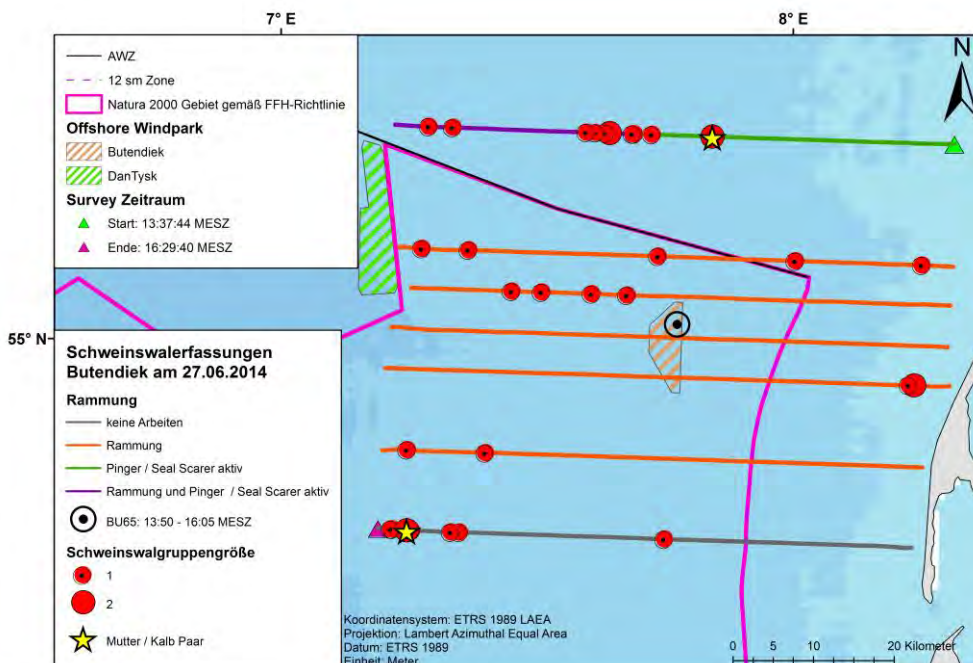


Abbildung 18: Zweite Befliegung des Gebiets Butendiek am 27.06.2014. Farblich dargestellt sind die Abschnitte, die während hervorzuhebender Arbeiten am Windpark stattgefunden hatten. Ebenfalls dargestellt ist die Position des gerammten Monopiles.

Befliegung am 28.06.2014

Am 28.06.2014 konnte bei überwiegend moderaten Bedingungen und überwiegend einseitigem *glare* eine Gesamtstrecke von 1.022 km befliegen werden. Dabei wurden 114 Gruppen mit insgesamt 134 Tieren gesichtet, darunter 10 Kälber (Tabelle 11 und Tabelle 12). Die erste Befliegung fand fast komplett während der Rammarbeiten an BU 75 statt (Abbildung 19). Die Überlappung zu den Rammarbeiten betrug hier 1,70 h, berücksichtigt man die Vergrämuungsmaßnahmen, ergibt sich eine Überlappung von 3,16 h (Tabelle 12). Die zweite Befliegung fand nach der Rammung statt.

Bei allen folgenden Abbildungen gilt es zu beachten: Die Bezeichnung „keine Arbeiten“ bedeutet nicht einen kompletten Stillstand der Arbeit, sie bezeichnet lediglich eine Periode, in der weder gerammt wurde noch Vergrämuungsmaßnahmen eingesetzt wurden. Diese Phase kann also durchaus durch Schiffs- und Arbeitslärm belastet gewesen sein (zum Beispiel durch Schlepperboote oder Versorgungsschiffe).

Tabelle 11: Übersicht über die beiden Flugabschnitte während der Rammarbeiten am 28.06.2014 im Bereich des Windparks Butendiek. Zeitangaben zu Rammaktivitäten und Vergrämuungsmaßnahmen wurden dem jeweiligen Rammprotokoll entnommen. Alle Zeitangaben sind in UTC.

Datum	Befliegung			Rammung		Vergrämuung	
	Abschnitt	Start	Ende	Start	Ende	Start	Ende
28.06.2014	1. Teil	07:36:36	10:51:48	09:10:00	11:16:00	07:42:00	09:20:00
28.06.2014	2. Teil	11:40:36	14:27:08				

Tabelle 12: Detaillierte Übersicht über mit Rammungen verbundene Aktivitäten während der Befliegung des Windparks Butendiek am 28.06.2014. Vergrämuung umfasst alle während der Rammung getroffenen Vergrämuungsmaßnahmen (Pinger und Seal Scarer). Die Angabe der Zeit bezieht sich auf die Flugdauer während einer entsprechenden Phase und ist in Stunden angegeben.

Datum	Befliegung	Rammung	Vergrämuung	Zeit	Gruppen	Individuen	Kälber
28.06.2014	1. Teil	-	-	0,09	1	1	0
28.06.2014	1. Teil	-	Aktiv	1,47	39	49	5
28.06.2014	1. Teil	Aktiv	-	1,53	30	31	0
28.06.2014	1. Teil	Aktiv	Aktiv	0,17	2	2	0
28.06.2014	2. Teil	-	-	3,59	42	51	5

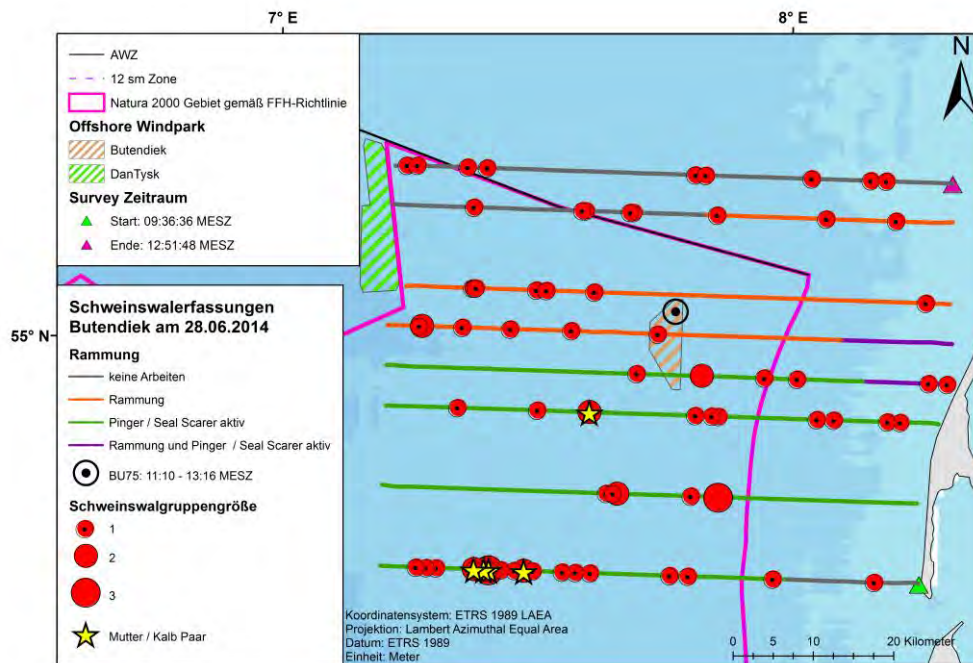


Abbildung 19: Erste Befliegung des Gebiets Butendiek am 28.06.2014. Farblich dargestellt sind die Abschnitte, die während hervorzuhebender Arbeiten am Windpark stattgefunden hatten. Ebenfalls dargestellt ist die Position des gerammten Monopiles.

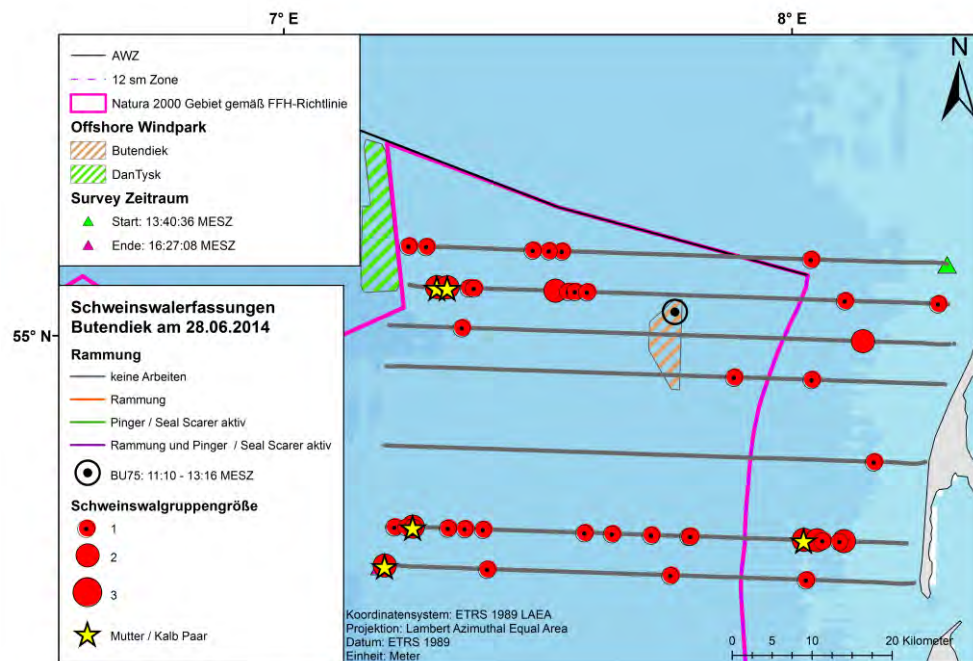


Abbildung 20: Zweite Befliegung des Gebiets Butendiek am 28.06.2014. Farblich dargestellt sind die Abschnitte, die während hervorzuhebender Arbeiten am Windpark stattgefunden hatten. Ebenfalls dargestellt ist die Position des gerammten Monopiles.

Befliegung am 17.07.2014

Am 17.07.2014 konnte bei überwiegend moderaten Bedingungen und teils starkem, einseitigem *glare* eine Gesamtstrecke von 820 km befliegen werden. Dabei wurden 54 Gruppen mit insgesamt 66 Tieren gesichtet, darunter 6 Kälber. Es wurden deutlich mehr Gruppen während der zweiten Flughälfte gesichtet (Tabelle 13 und Tabelle 14). Die erste Befliegung fand vor der Rammung statt. Die zweite Befliegung fand zum Großteil während der Rammarbeiten an BU 02 statt (Abbildung 19). Die Überlappung zu den Rammarbeiten betrug hier 1,20 h; berücksichtigt man die Vergrämuungsmaßnahmen, ergibt sich eine Überlappung von 2,38 h (Tabelle 14).

Tabelle 13: Übersicht über die beiden Flugabschnitte während der Rammarbeiten am 17.07.2014 im Bereich des Windparks Butendiek. Zeitangaben zu Rammaktivitäten und Vergrämuungsmaßnahmen wurden dem jeweiligen Rammprotokoll entnommen. Alle Zeitangaben sind in UTC.

Datum	Befliegung			Rammung		Vergrämuung	
	Abschnitt	Start	Ende	Start	Ende	Start	Ende
17.07.2014	1. Teil	08:05:48	10:26:28	12:40:00	14:32:00	11:29:00	12:52:00
17.07.2014	2. Teil	11:28:52	13:51:32				

Tabelle 14: Detaillierte Übersicht über mit Rammungen verbundene Aktivitäten während der Befliegung des Windparks Butendiek am 17.07.2014. Vergrämuung umfasst alle während der Rammung getroffenen Vergrämuungsmaßnahmen (Pinger und Seal Scarer). Die Angabe der Zeit bezieht sich auf die Flugdauer während einer entsprechenden Phase und ist in Stunden angegeben.

Datum	Befliegung	Rammung	Vergrämuung	Zeit	Gruppen	Individuen	Kälber
17.07.2014	1. Teil	-	-	2,34	13	17	0
17.07.2014	2. Teil	-	-	1,04	0	0	0
17.07.2014	2. Teil	-	Aktiv	1,17	13	15	1
17.07.2014	2. Teil	Aktiv	-	0,99	17	19	2
17.07.2014	2. Teil	Aktiv	Aktiv	0,21	11	15	3

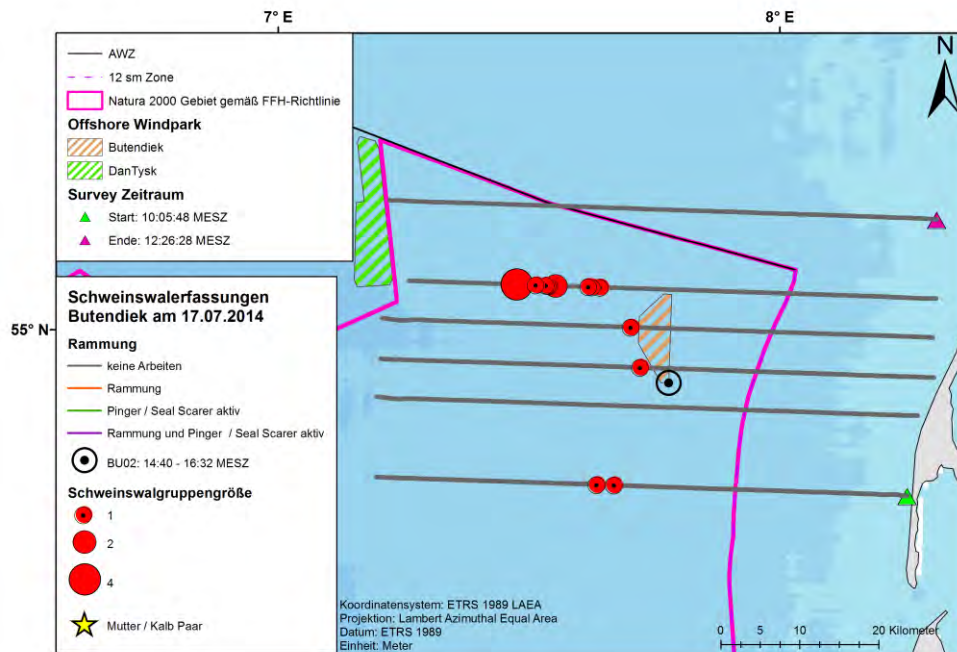


Abbildung 21: Erste Befliegung des Gebiets Butendiek am 17.07.2014. Farblich dargestellt sind die Abschnitte, die während hervorzuhebender Arbeiten am Windpark stattgefunden hatten. Ebenfalls dargestellt ist die Position des gerammten Monopiles.

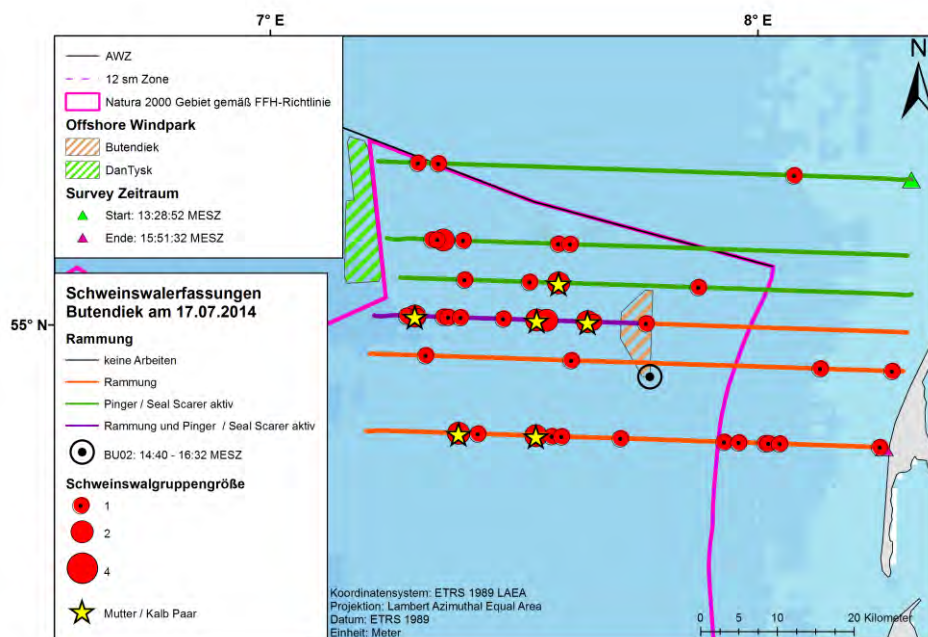


Abbildung 22: Zweite Befliegung des Gebiets Butendiek am 17.07.2014. Farblich dargestellt sind die Abschnitte, die während hervorzuhebender Arbeiten am Windpark stattgefunden hatten. Ebenfalls dargestellt ist die Position des gerammten Monopiles.

Befliegung am 22.07.2014

Am 22.07.2014 konnte bei überwiegend moderaten Bedingungen und wenig *glare* eine Gesamtstrecke von 424 km befliegen werden. Dabei wurden 13 Gruppen mit insgesamt 15 Tieren gesichtet, darunter keine Kälber (Tabelle 16). Es fand nur eine Befliegung statt, die 8,2 h nach dem Ende der Rammarbeiten begann (Tabelle 15 und Abbildung 23).

Tabelle 15: Übersicht über den Flug am 22.07.2014 nach Rammarbeiten im Windpark Butendiek. Zeitangaben zu Rammaktivitäten und Vergrämuungsmaßnahmen wurden dem jeweiligen Rammprotokoll entnommen. Alle Zeitangaben sind in UTC.

Datum	Befliegung			Rammung		Vergrämuung	
	Abschnitt	Start	Ende	Start	Ende	Start	Ende
22.07.2014	1. Teil	09:24:08	12:01:08	22:29:39 (21.07.14)	01:15:00	21:11:00 (21.07.14)	22:42:00 (21.07.14)

Tabelle 16: Detaillierte Übersicht über mit Rammungen verbundene Aktivitäten während der Befliegung des Windparks Butendiek am 22.07.2014. Vergrämuung umfasst alle während der Rammung getroffenen Vergrämuungsmaßnahmen (Pinger und Seal Scarer). Die Angabe der Zeit bezieht sich auf die Flugdauer während einer entsprechenden Phase und ist in Stunden angegeben.

Datum	Befliegung	Rammung	Vergrämuung	Zeit	Gruppen	Individuen	Kälber
22.07.2014	1. Teil	-	-	2,62	13	15	0

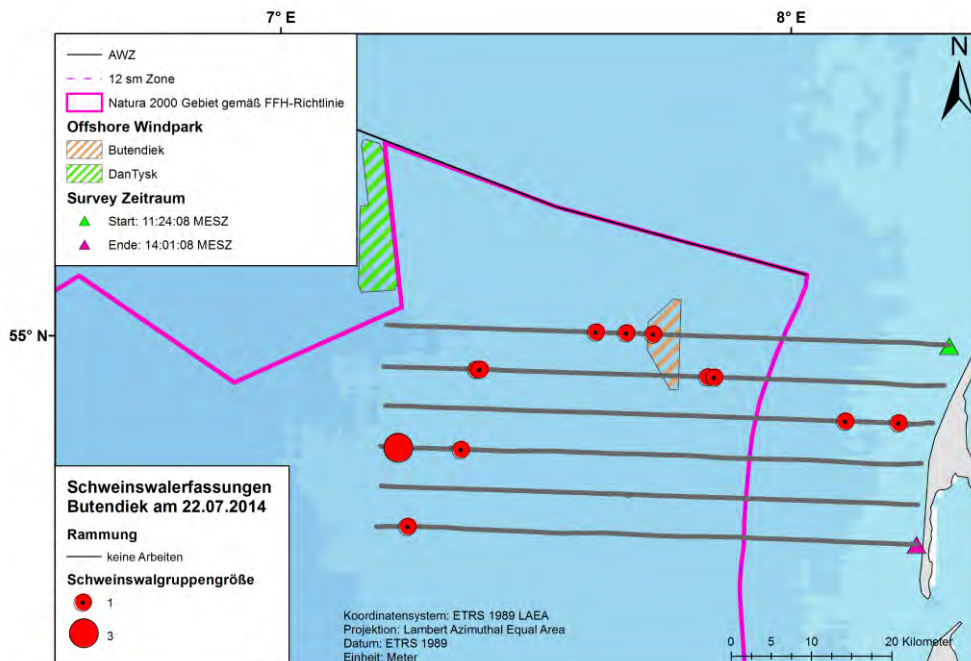


Abbildung 23: Befliegung des Gebiets Butendiek am 22.07.2014. Dies war ein Zusatzflug nach einer Rammung und erfasste das Gebiet einmalig.

3.3.4 Statistische Aufbereitung der Daten

Um den Effekt der Rammungen im Windpark Butendiek auf Schweinswale quantitativ zu erfassen, bedarf es Vergleichswerte aus dem gleichen Gebiet zu Zeiten ohne Rammarbeiten und Vergrämung. Dazu wurden die Daten archivierter Flugsurveys im Juni und Juli 2002 bis 2013 in der von diesem Gebiet Butendiek umfassten räumlichen Einheit hinzugezogen (Quelle: ITAW Flugsurveydatenbank). Aufgrund der hohen zeitlichen Korrelation wurden die Daten aus der Befliegung des Gebiets C_Nord im Jahr 2014 nicht mit berücksichtigt. Die oben beschriebenen Daten wurden auf einen 10 km Puffer um das Untersuchungsgebiet beschnitten und werden im Folgenden als „*baseline*“ Daten definiert, d.h. als jene Verteilung von Schweinswalen in diesem Gebiet, wie sie ohne Rammereignisse anzunehmen wäre. Insgesamt gingen so 2.153 Sichtungen mit 2.680 Tieren über 11.209 km Aufwand in die *baseline* Daten ein.

In einem nächsten Schritt wurden sowohl die *baseline* als auch die aktuellen Daten der Butendiekerfassungen mit Umweltparametern verschnitten. Dazu wurden Meeresoberflächentemperatur (REYNOLDS et al. 2007, BECKER et al. 2010), die Tiefe zum Grund, Exposition und die Neigung des Meeresbodens sowie die Distanz zur Küste zu jedem Datenpunkt berechnet. Des Weiteren wurde für die Daten aus den Butendiekerfassungen die räumliche Distanz zur Position des aktuell gerammten Pfahls ermittelt. Um einen zufälligen Effekt durch die Position des Windparks auf die *baseline* Daten auszuschließen, wurden für diese die Distanz zum Zentroid des geplanten Windparks Butendiek bestimmt. In einem anschließenden Schritt wurden die Daten auf Tages- und Transektbasis in 5 km lange Segmente unterteilt. Diese bildeten die zur Modellierung verwendete Datengrundlage von 2.224 Segmenten aus *baseline* Daten und 660 Segmente aus Butendiek Daten (Tabelle 17). Alle räumlichen Operationen wurden in einem projizierten Bezugssystem ausgeführt (ETRS-LAEA, EPSG: 3035).

Tabelle 17: Segmentbasierte Datengrundlage zur Modellierung der Rammefekte auf die Schweinswale im Bereich des Offshore-Windparks Butendiek. Die Butendiek Daten umfassen alle oben aufgeführten vier Befliegungen des Gebiets Butendiek im Jahr 2014, die *baseline* Daten umfassen Flugtage der Jahre 2002-2013, je im Juni und Juli.

Datengrundlage	Sichtungen	Individuen	Kälber	Aufwand [km]
Butendiek	244	285	19	3.156
<i>baseline</i>	2.150	2.674	246	10.619

Räumliche Modellierung

Beide Datensätze wurden getrennt voneinander mit einem verallgemeinerten, additiven Modell (*gam*, Woods 2011) modelliert. Diese Modelle berücksichtigen zu einem gegebenen Zeitpunkt den Einfluss einer Variablen an einem vorherigen Zeitpunkt. Dadurch entstehen biologisch relevantere, glatte Funktionsverläufe, die eher geeignet sind, biologische Sachverhalte zu modellieren. Alle Modellierungen wurden vollständig in R Version 3.0.1 (R Core Team 2014) umgesetzt. Dabei wurde die Sichtungszahl pro Segment als Modell in

Abhängigkeit von der projizierten, räumlichen Variablen $lat, lon, (x, y)$, den Umweltparametern Tiefe (*depth*), Exposition (*aspect*), Neigung (*slope*), Distanz zur Küste (*dist2coast*) und der Meeresoberflächentemperatur (*sst*) dargestellt. Um den Einfluss der Rammungen im Falle der Butendiek Daten zu modellieren, wurde noch die Distanz zur tatsächlichen Rammung und der zeitliche Versatz zum Beginn der Rammung (*dist2ram*, *time2ram*) für jeden Surveypunkt analysiert und mit Modellen von *baseline* Daten verglichen (welche aus surveys stammen, die vor den Rammungen stattfanden und daher nur die Distanz zum Zentroid des Windparks Butendiek *dist2centr* enthielten). Da die Sichtungsanzahl unmittelbar vom effektiven Suchaufwand zu bestimmten Sichtungsbedingungen abhängt, wurde dieser als Offset dem Modell übergeben.

Das Basismodell der *baseline* Daten war demnach:

$$sightings = s(x, y) + s(depth) + s(aspect) + s(slope) + s(sst) + s(dist2coast) + s(dist2centr) + offset(\log(Effort_{km^2}))$$

Das Basismodell der Butendiek Daten entsprechend:

$$sightings = s(x, y) + s(depth) + s(aspect) + s(slope) + s(sst) + s(dist2coast) + te(dist2ram, time2ram) + offset(\log(Effort_{km^2}))$$

mit:

<i>sightings</i>	Anzahl der Sichtungen im Segment
x, y	Koordinate des Segmentmittelpunktes im projizierten Bezugssystem
<i>depth</i>	mittlere Wassertiefe des Segments in Metern
<i>aspect</i>	mittlerer Wert der Exposition des Meeresbodenprofils entlang des Segments
<i>slope</i>	mittlere Neigung des Meeresbodens entlang des Segments
<i>sst</i>	mittlere (tagesgenaue) Oberflächentemperatur des Segments in °C
<i>dist2coast</i>	Distanz zum nächstgelegenen Küstenabschnitt in Kilometern
<i>dist2centr</i>	Distanz zum Zentroid des Windparks Butendiek in Kilometern
<i>dist2ram</i>	räumliche Distanz zum Rammereignis im Windpark Butendiek in Kilometern
<i>time2ram</i>	zeitliche Distanz zum Rammereignis im Windpark Butendiek in Stunden
s, te	Glättungsfunktion (standard, Tensorprodukt)

Im Falle der Modellierung der Butendiek Daten war die Verwendung eines Tensorproduktes auf Grund der unterschiedlichen Skalen bei der Kombination von „Distanz zum Rammereignis“ und „zeitlicher Distanz zum Rammereignis“ (Kilometer und Sekunden) notwendig. Dieses berücksichtigt im Gegensatz zu herkömmlichen Produkten die unterschiedliche Skalierung zweier Variablenkombinationen. Zudem wurde die „zeitliche

Distanz zum Rammereignis“ als zyklische Variable definiert, da wir davon ausgehen, dass alle 12 Stunden gerammt wurde und demnach ein Zeitpunkt 6 Stunden nach einem Rammereignis mit einem Zeitpunkt 6 Stunden vor einem Rammereignis gleich zu setzen ist. Nach schrittweiser Modelloptimierung blieben die folgenden erklärenden Variablen im Baseline Modell erhalten:

$$sightings = s(x, y) + s(depth) + offset(\log(Effortkm2))$$

Im Butendiek Modell blieben die folgenden erklärenden Variablen signifikant:

$$sightings = s(x, y) + te(dist2ram, time2ram) + offset(\log(Effortkm2))$$

Beide Modelle erklären ungefähr 18% der Varianz.

Modell-Vorhersagen

Zur Vorhersage der Modellparameter wurde ein insgesamt 6.982 km² großes Vorhersagegitter aus 772 Zellen mit einer Zellgröße von 3x3 km über das Untersuchungsgebiet gelegt, welche alle verfügbaren Umweltparameter und daraus abgeleiteten Parameter des Surveygebietes beinhaltet (d.h. Tiefe, Exposition, Neigung, Distanz zur Küste und Distanz zum Zentroid des Windparks Butendiek). Die Oberflächentemperatur des Vorhersagegitters wurde auf den Mittelwert aller Surveys in diesem Jahreszeitraum festgesetzt (15,51 ± 0,04 °C). Die „zeitlicher Distanz zum Rammereignis“ in den Vorhersagezellen wurde auf 0, also die Zeitspanne während einer Rammung gesetzt. Die zur Ermittlung der Schweinswalddichte nötige Gruppengröße wurde den jeweiligen Mittelwerten der Datengrundlage entnommen und belief sich auf 1,17 Ind./Sichtung bei den Befliegungen im Windpark Butendiek und 1,24 Ind./Sichtung aus den *baseline* Daten.

Betrachtet man die vorhergesagte Dichte der einzelnen Rasterzellen gegen die Umweltparameter Tiefe und die Distanz zum Zentroid des Windparks Butendiek, so werden Unterschiede deutlich. Die Vorhersagen aus dem Butendiek Modell sind den Vorhersagen der *baseline* Modellierung alle gegenläufig. Unter der Annahme, dass die *baseline* Daten die mehr oder weniger ungestörte, normale Population im Juni / Juli eines Jahres in diesem Gebiet darstellt, sprächen die Ergebnisse der Butendiek Daten für eine Population, die sich weniger an biologisch relevanten Parametern wie Wassertiefe orientiert, als vielmehr die maximale Distanz zu einer Lärmquelle anstrebt. Die starke Streuung entlang des Tiefengradienten zeigt im Falle des Butendiekmodells deutlich eine eher willkürliche Verteilung entlang des Tiefengradienten als dies bei den *baseline* Daten der Fall war (Abbildung 24). Dafür spricht auch der Fakt, dass die Wassertiefe (depth) im Modell der *baseline* Daten als signifikante Variable identifiziert wurde, während diese im Modell der Butendiek Daten als nicht signifikant eliminiert wurde. Daraus kann man hypothesieren, dass die Verteilung von Schweinswalen entlang des für sie im angenommenen Normalzustand (= ohne Rammereignisse) relevanten Tiefengradienten im Falle einer Rammung aufgehoben ist und sich Schweinswale mehr oder unnatürlich im Gebiet verteilen.

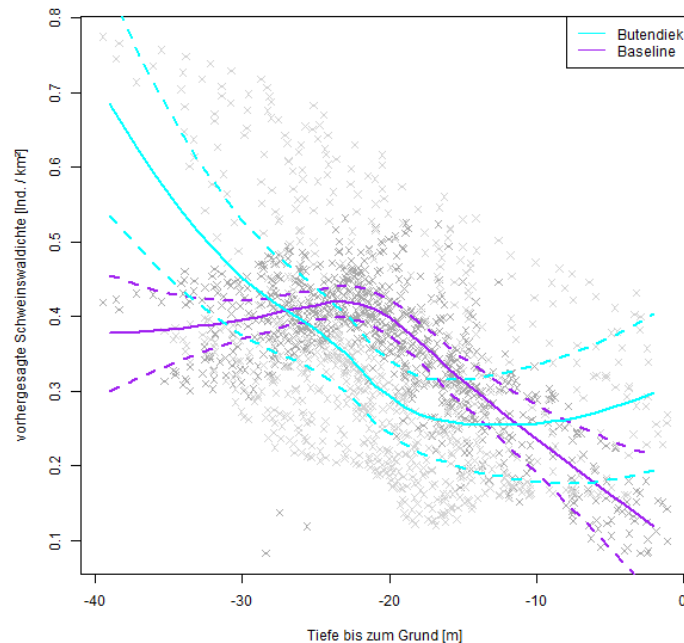


Abbildung 24: Verteilung der Schweinswalddichte entlang des Tiefengradienten. In blau: Glättung der Schweinswalddichte basierend auf den Vorhersagen der Butendiek Daten; in Purpur Vorhersagen der *baseline* Daten. Im Hintergrund sind in grau die Daten des Vorhersagegitters erhalten.

Betrachtet man die vorhergesagte Dichte im Vergleich zur Distanz zum Zentroid des Windparks Butendiek, so fällt sofort die hohe Dichte in großer Entfernung zum Windpark auf, die so bei den *baseline* Daten nicht auftritt. Dies bekräftigt die Feststellung in der Modellierungsphase, dass der räumliche Standpunkt Butendiek keinen isolierbaren Effekt auf die Schweinswale ausübt, so lange keine Rammereignisse dort eintreten. Treten dort Störungen auf, in unserem Fall Rammereignisse sowie alle damit einhergehenden zusätzlichen Belastungen durch erhöhten Lärm und Störungen durch Schiffsverkehr, so entfernen sich die Schweinswale an weiter entfernte Stellen (Abbildung 25).

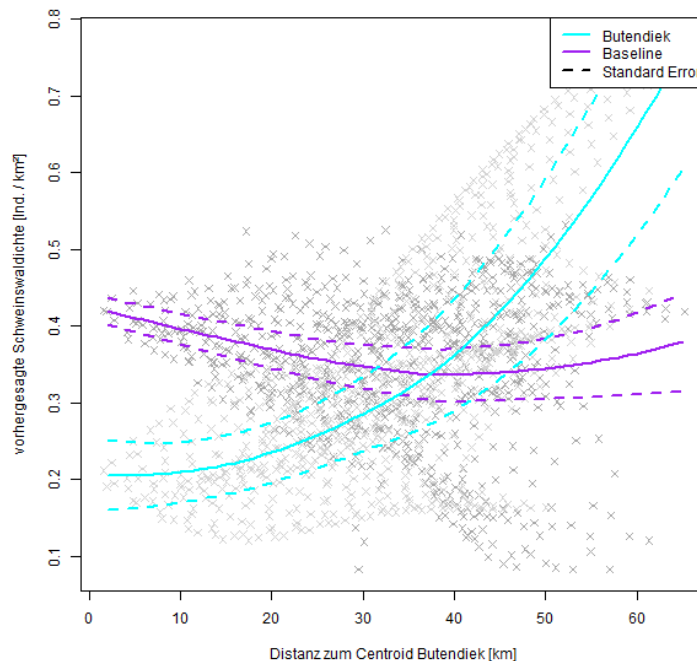


Abbildung 25: Verteilung der Schweinswalddichte entlang der Entfernung zum Zentroid des Windparks Butendiek. In blau: Glättung der Schweinswalddichte basierend auf den Vorhersagen der Butendiek Daten; in Purpur Vorhersagen der baseline Daten. Im Hintergrund sind in grau die Daten des Vorhersagegitters erhalten.

Dieses Bild zeigt sich auch deutlich in den räumlichen Darstellungen der Modellvorhersagen. So steigen die Dichten mit zunehmender Distanz zum Windpark deutlich im Vergleich zu den baseline Daten, die zwar ein deutlich strukturiertes Bild mit einigen lokalen Hotspots, jedoch keinen Zusammenhang zur Distanz vom Zentroid des Windparks zeigen (Abbildung 26). Auch erkennbar ist ein leerer Bereich um das Zentrum des Windparks, welches sich in den Baselinedaten so nicht wiederfinden lässt. Dies gibt auch in der räumlichen Darstellung der Ergebnisse starke Hinweise auf mögliche Auswirkungen von Rammereignissen auf die Verteilung von Schweinswalen.

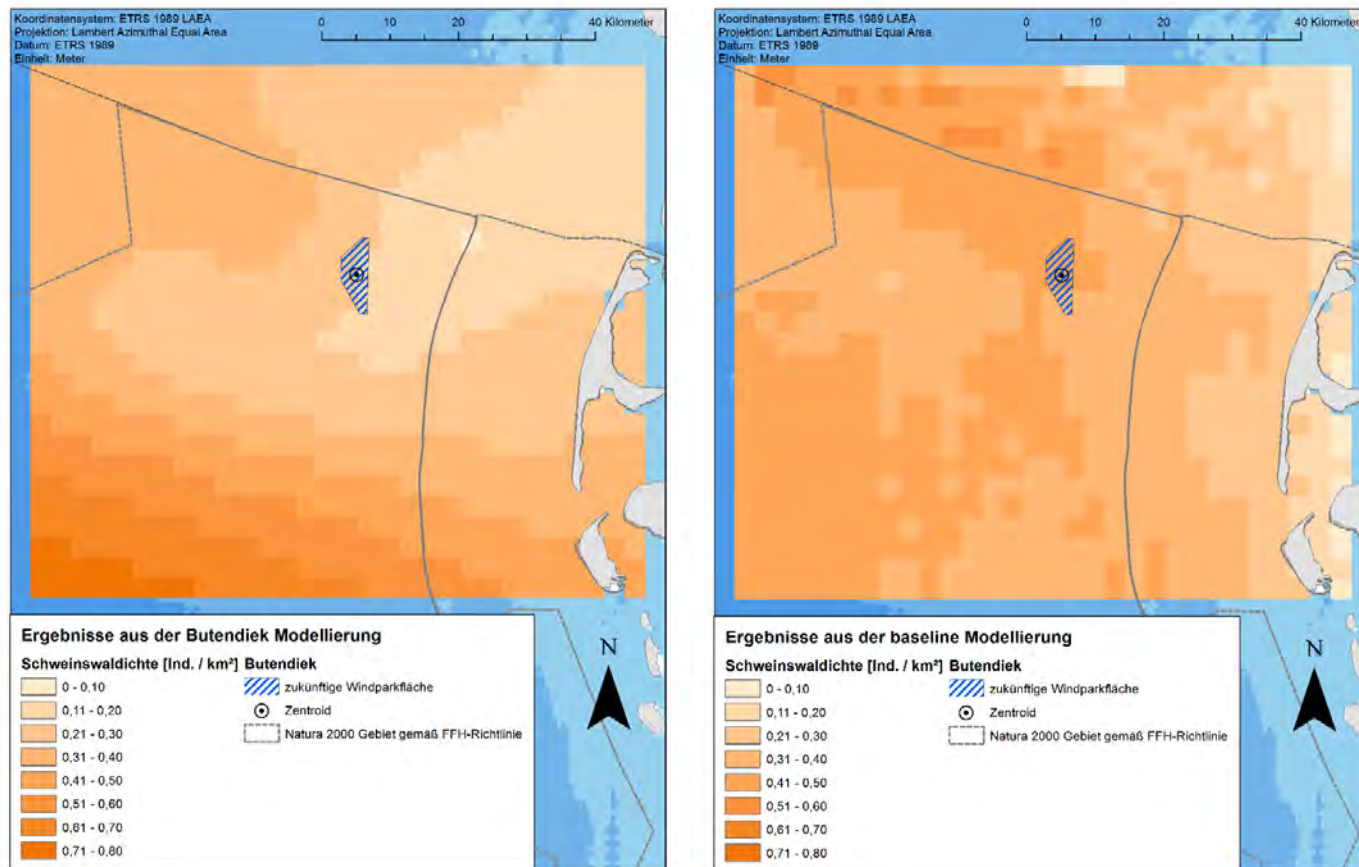


Abbildung 26: Darstellung der vorhergesagten räumlichen Verteilung der Schweinswale aus den Butendiek Modellierungen (linke Darstellung) und den *baseline* Daten (rechte Darstellung). Schraffiert dargestellt ist die Fläche des Windparks Butendiek.

3.3.5 Diskussion der Ergebnisse

Während die Datengrundlage von vier Flugtagen während (bzw. kurz nach) den Bauaktivitäten im OWP Butendiek nur eine geringe zeitliche Auflösung und wenig Schutz vor Ausreißern bietet, so scheinen doch die ersten Ergebnisse des visuellen Monitorings einen deutlichen Effekt des Rammerschalls auf die Verteilung der Schweinswale im Bereich um den Windpark Butendiek zu zeigen. Diese drücken sich unter anderem durch eine scheinbar zielgerichtete Entfernung vom Zentrum des Windparks Butendiek aus, einhergehend mit einer untypischen und eher zufälligen Verteilung entlang verschiedener, für ungestörte Populationen in diesem Gebiet offensichtlich relevanter Umweltgradienten. Während diese allein noch keine Rückschlüsse über eine mögliche Veränderung des Verhaltens der Schweinswale erlaubt, so ist dies doch ein starker Hinweis auf ein, möglicherweise auch länger anhaltendes, anormales Verhalten. Dies ist insbesondere interessant vor dem Hintergrund, dass beim Rammen der Fundamente im OWP Butendiek umfangreiche Schallminderungsmaßnahmen eingesetzt wurden. Da sich der Untersuchungszeitraum über mehrere Wochen streckte, kann weder eine Habituation noch ein kumulativer Vertreibungseffekt ausgeschlossen werden. Ein einmaliges Rammereignis kann zum Beispiel durchaus nur eine kurzzeitige Vertreibung auslösen, während anhaltende Rammereignisse über einen längeren Zeitraum eine vollständige Vertreibung aus einem Gebiet bewirken können (s. Review in BAILEY et al. 2014). Mit Snapshot Methoden wie zum Beispiel Flugzählungen lassen sich solche Effekte nicht oder nur sehr vage quantifizieren.

Eine mögliche Erklärung für den deutlichen, beobachteten Effekt der Rammungen auf die Schweinswale liegt unter anderem an der hohen räumlichen Auflösung der modellierten Einheiten sowie der zeitnahen Befliegungen während aktiver Rammungen im Gebiet. Diese erlauben eine sehr feine Momentaufnahme der Schweinswale in dem Gebiet und können so kleinskalige Veränderungen besser abbilden, als dies durch begleitende Flüge möglich ist. Es zeigte sich auch, dass trotz aller eingeleiteten Begleit- und Schallminderungsmaßnahmen, wie zum Beispiel Vergrämung und Blasenschleier während des eigentlichen Rammvorgangs, ein kumulativer Effekt potenziell auch durch erhöhte Betriebsamkeit vor Ort eintreten könnte. Dabei sind sekundäre Störquellen hervorzuheben, wie zum Beispiel Schiffs- und Arbeitslärm, der im Zusammenhang mit den Bauarbeiten bei Butendiek stand (zum Beispiel durch die Vorbereitungen zur Rammung mittels Schlepperboote oder durch Versorgungsschiffe).

Die Auswertung des parallel durchgeführten passiv akustischen Monitorings wird hier auf Grund der hohen zeitlichen Auflösung weiteren Aufschluss über die Mechanismen der Vergrämung der Schweinswale aus dem betroffenen Gebiet geben können. Auch wird sich in der Fortführung des Projektes zeigen, ob sich die räumliche Umverteilung der Schweinswale lediglich als vorübergehender Effekt erweist (gesonderter Bericht, DÄHNE et al. in Vorb.).

4 B: Akustisches Monitoring von Schweinswalen in der Ostsee

4.1 Aufgabenstellung

Aufgrund verschiedener internationaler Konventionen (insb. OSPAR- Übereinkommen zum Schutz des Nordost-Atlantiks und Helsinki-Übereinkommen zum Schutz der Ostsee) und EU-Richtlinien (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie) ist die Bundesrepublik Deutschland verpflichtet, regelmäßig den Zustand der Schweinswalpopulationen innerhalb ihres Hoheitsgebietes zu erfassen und zu bewerten. Eine wichtige Grundlage für diese Bewertung bildet das langfristig angelegte Monitoring mariner Wirbeltiere in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ).

Neben flugzeuggestützten Zählungen zur Bestandserfassung von Walen, werden in der Ostsee die Ortungslaute von Schweinswalen durch ein Netzwerk mit speziell dafür entwickelten Messgeräten, sog. C-PODs (Cetacean PORpoise Detector) erfasst. Durch ein Mustererkennungsprogramm lässt sich aus diesen Daten die räumlich-zeitliche Verteilung der Schweinswale ableiten. Vergleicht man die so gewonnenen Erkenntnisse mit denen früherer Jahre, können Bestandstrends ermittelt und sowohl positive wie auch negative Entwicklungen aufgezeigt werden. Auf dieser Basis können nationale und internationale Naturschutz- und Managementmaßnahmen wissenschaftlich begründet, geplant und umgesetzt werden.

4.2 Material und Methoden

4.2.1 Untersuchungsgebiet

In Absprache mit dem Auftraggeber, dem Bundesamt für Naturschutz (BfN), wurden Mitte 2011 sechs Messstationen (D8, D10, G25, G28, H18, H23) in der AWZ ausgewählt und seitdem durchgängig, mit Schweinswaldetektoren versehen, betrieben (Tabelle 18 und Abbildung 27). Gleichzeitig wurden an acht Stationen (7001, 7005 - 7011) des kooperierenden deutschen SAMBAH (static acoustic monitoring of the baltic harbour porpoise) Projektes zusätzliche Messgeräte von Mai 2011 bis April 2013 ausgebracht. Ab Mai 2013 wurden folgende vier Messpositionen (7004, 7006, 7009, 7015) vom Clusterprojekt weiterbetrieben bzw. neu besetzt.

Tabelle 18: Geographische Lage der Messstationen im Küstenmeer (12sm Zone) und in der AWZ der deutschen Ostsee mit Angabe der Wassertiefe.

Areal	Stationsname	Östl. Länge	Nördl. Breite	Wassertiefe [m]	Küstenmeer	AWZ
A	D8 - K69a	012,082166	54,387833	20		x
A	7001	012,187661	54,375583	18	x	
A	D10 - K71	012,254500	54,454500	20		x
B	7004	012,853768	54,646366	14	x	

Areal	Stationsname	Östl. Länge	Nördl. Breite	Wassertiefe [m]	Küstenmeer	AWZ
B	7005	013,101582	54,687926	18	x	
B	7006	013,349916	54,728983	36	x	
B	7007	013,668212	54,625489	30	x	
B	7008	013,598764	54,769534	43	x	
C	7009	013,848120	54,809579	44		x
C	7010	014,165803	54,704775	28		x
C	G25 - Gru	014,347500	54,741500	16		x
C	G28 - WOA	014,218333	54,608333	26		x
D	7011	013,984904	54,521147	18	x	
D	7015	013,805610	54,337258	15	x	
D	H18 - NRE	014,166666	54,466666	13		x
D	H23 - Ban	014,415833	54,327500	7		x

Die insgesamt 16 Stationen wurden in vier Arealen zusammengefasst. Die Einteilung der Areale erfolgte nach der räumlichen Nähe der Messpositionen zueinander. Zum Areal A gehören die drei Stationen in der Kadetrinne (D8, D10 und 7001). Die Messpositionen (7004-7008) im Gebiet nördlich vom Darß, sowie westlich und nördlich von Hiddensee und Rügen wurden im Areal B zusammengefasst. Das Areal C umfasst die Stationen (G25, G28, 7009, 7010) rund um das Seegebiet Adlergrund. Zum Areal D gehören die Messpositionen (H18, H23, 7011, 7015), die auf der Oderbank ausgebracht wurden.

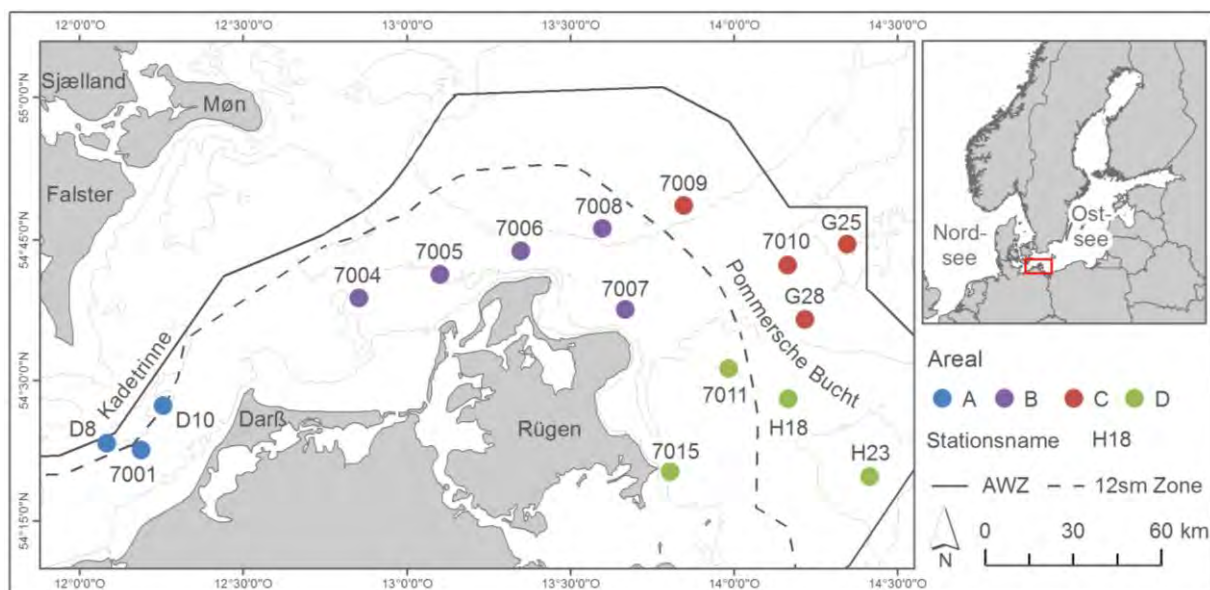


Abbildung 27: Links: C-POD-Messpositionen. Areal A - Kadetrinne (blaue Kreise), Areal B - Rügen (lila), Areal C - Adlergrund (rot), Areal D - Oderbank (grün). Rechts: Übersicht Nordeuropa.

4.2.2 Verankerung

Die Messgeräte wurden stets fünf bis sieben Meter unter der Wasseroberfläche befestigt. An den deutschen SAMBAH Messpositionen mit einer Mindestwassertiefe von 17 Metern wurde über dem SAMBAH Messgerät ein zweiter Schweinswaldetektor installiert. Der SAMBAH Detektor wurde drei Meter über dem Meeresboden befestigt, damit die Ergebnisse mit denen der anderen Kooperationspartner des SAMBAH-Projektes vergleichbar sind und im Rahmen dieses Verbundvorhabens statistisch ausgewertet werden konnten.

Das bisher verwendete Verankerungssystem hat sich bewährt und wurde beibehalten (Abbildung 28). Ein Verdriften oder Verschleppen der Messstation wird durch dieses Verankerungssystem weitestgehend verhindert. Außerdem kann das Messgerät auch bei fehlender Oberflächenmarkierung geborgen werden. Details können aus GALLUS et al. 2011 entnommen werden.

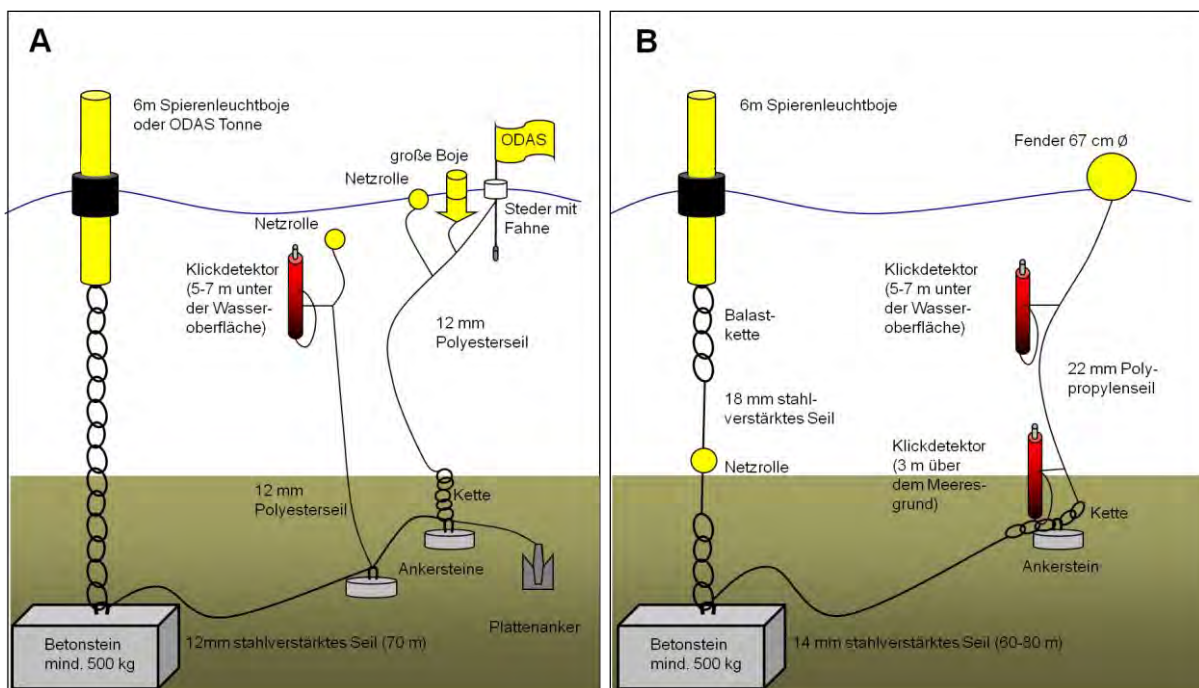


Abbildung 28: Verankerungssysteme. A: Ein Betonstein ist über ein stahlverstärktes Herkulesseil mit kleinen Ankersteinen verbunden, an denen das Messgerät bzw. die Oberflächenmarkierung befestigt ist. **B:** Die SAMBAH Messstationen sind mit einer anderen Oberflächenmarkierung versehen und die Messgeräte sind direkt an der Fenderleine installiert. Das untere Messgerät (3 m über dem Meeresboden) zeichnete Daten für das SAMBAH Projekt auf, das obere Messgerät für das Monitoringcluster.

4.2.3 Kalibrierung der Messgeräte

Die Sensitivität der C-PODs wird mit einer am Deutschen Meeresmuseum entwickelten Kalibriermethode bestimmt. Alle eingesetzten C-PODs werden regulär einmal im Jahr unter kontrollierten Bedingungen in einem Testtank untersucht. Wenn das Messgerät ungewöhnliche Daten liefert oder eine Störung durch einen Unfall vermutet wird, wird der C-POD zwischenzeitlich erneut einer Kalibrierung unterzogen, um Gerätefehlfunktionen im Feld auszuschließen.

Die Kalibrierung läuft nach einem festen Schema, dass durch DÄHNE et al. 2013b beschrieben wurde. Für die Eichung eines C-PODs wird zunächst eine horizontale Kalibrierung zur Bestimmung der Empfangsrichtcharakteristik des Gerätes vorgenommen. Um zu überprüfen, ob der POD radiärsymmetrisch ist, also auf den beschallten Positionen eine vergleichbare Sensitivität aufweist, wird das Gerät horizontal alle 22,5° (16 Positionen sowie Wiederholung der 1. Position) in den Frequenzen 60 bis 150 kHz beschallt.

Anschließend werden die Empfangsschwellenwerte auf vier Positionen von je 90° Unterschied bestimmt, um den Schalldruckpegel zu ermitteln, bei dem das Gerät nur noch 50 % der ausgesandten Signale aufnimmt. Diese Sequenz wird auf jeder der verwendeten Positionen in den Frequenzen 100 bis 140 kHz (in 10 kHz Schritten) ausgesandt, um so die Aufnahmeschwelle für die entsprechende Frequenz auf der jeweiligen Position zu ermitteln und zu vergleichen. Neben den aufgenommenen Kalibriersignalen enthalten die C-POD-Daten auch Werte von Störgeräuschen und Echos, die durch die C-PODs selbst aber auch durch die Reflektion der generierten Laute an den Beckenwänden und der Wasseroberfläche entstehen. Um die für die Auswertung überflüssige Information in den Datenreihen zu entfernen, werden die Kalibrierungsdaten manuell kontrolliert und Störgeräusche und Echos herausgeschnitten.

Die Kalibrierungsergebnisse dienen als Informationsgrundlage zur individuellen Filterung der Felddaten. So können Sensitivitätsunterschiede der Geräte vermieden und die Vergleichbarkeit von Daten unterschiedlicher Detektoren gewährleistet werden.

4.2.4 Datenaufnahme

Alle bisher gewonnenen C-POD Daten wurden bis Anfang September 2014 ausgewertet. Insgesamt wurden ab Juli 2009 rund 15.960 Tage an bis zu 16 Messpositionen überwacht (Abbildung 29). Der Erfassungszeitraum variiert zwischen 524 (Station 7004) und 1.771 (Station D10) Observierungstagen pro Station. Diese große Varianz beruht auf der einen Seite aus der Übernahme von einzelnen Stationen aus dem SAMBAH Projekt im Mai 2013 und andererseits durch parallele Aufnahmen von C-PODs und dem Vorgängermodell T-POD an Messstationen im Rahmen des akustischen Schweinswalmonitorings bis Mitte 2011.

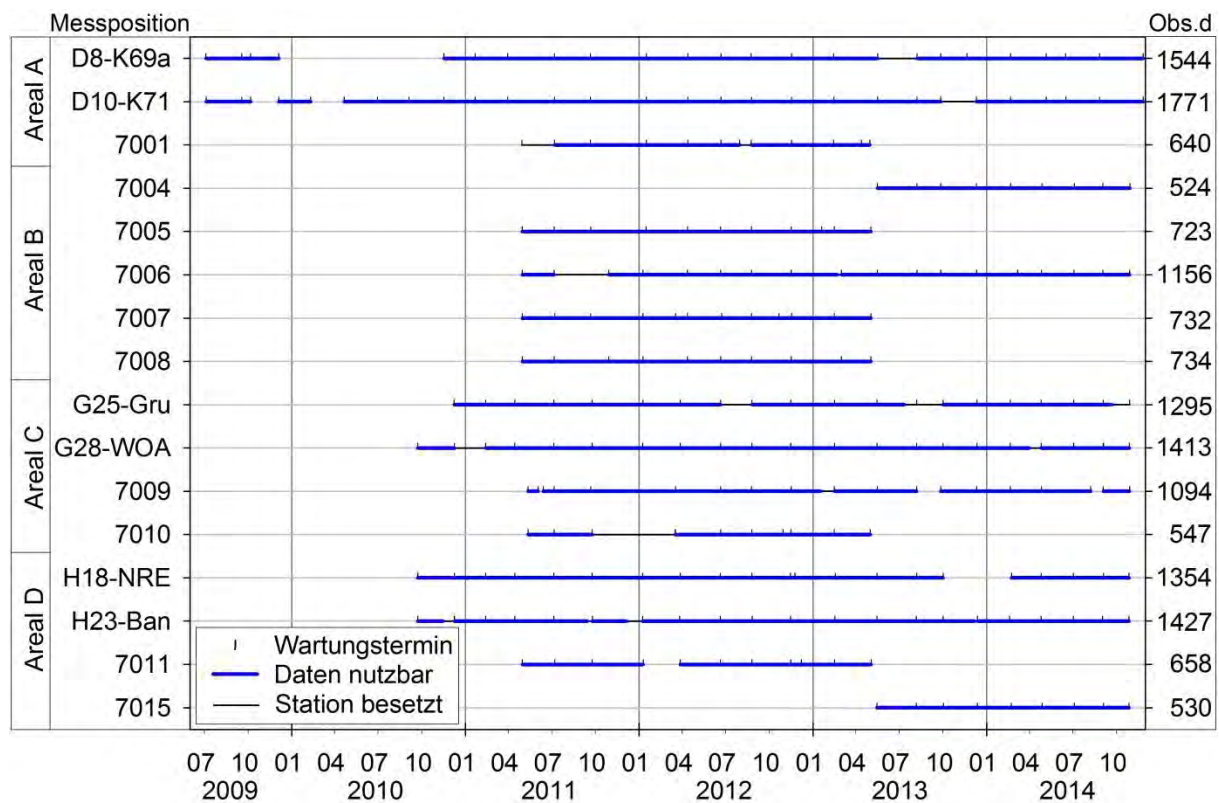


Abbildung 29: Ausbringungszeiträume der Messgeräte an den Messpositionen mit Angabe der Observierungstage (Obs.d) zwischen Juli 2009 und November 2014.

4.2.5 Datenanalyse

Mit Hilfe eines Mustererkennungsprogramms der Software C-POD.exe (Version 2.033) wurden die Rohdaten nach Lautsequenzen bestimmter Herkunft durchsucht. Diese wurden vom Standardalgorithmus (KERNO) in folgende Qualitätsklassen unterteilt:

- ‚Hi‘ - high probability cetacean click trains: Lautsequenzen (= click trains), die mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit von einem Schweinswal stammen.
- ‚Mod‘ - moderate probability cetacean click trains: Lautsequenzen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit von einem Schweinswal stammen
- ‚Lo‘ - low probability cetacean click trains: In diese Kategorie fallen häufig Lautsequenzen von Schweinswalen, jedoch auch Sequenzen zweifelhafter Herkunft.
- ‚?‘ - doubtful trains: Diese Lautserien sollen seltener von Schweinswalen kommen und ihren Ursprung in Bootssonaren haben oder zufallsgeneriert sein.

Neben dem Standardalgorithmus KERNO bietet der Hersteller zwei zusätzliche Klassifizierer an, die an bestimmte Untersuchungsgebiete und Gegebenheiten angepasst wurden, um die Rate an Falschklassifizierungen zu verringern. Der HEL1 Klassifizierer wurde speziell für das Untersuchungsgebiet der Zentralen Ostsee konzipiert. Er soll die Anzahl der falsch positiven Ereignisse reduzieren, die in Gebieten mit einer geringen Schweinswalddichte besonders problematisch sind. Dabei bildet das HEL1 Ergebnis eine Teilmenge von KERNO, während der dritte verfügbare Klassifizierer GENENC auch Ereignisse klassifiziert, die KERNO nicht findet bzw. nicht in den beiden besten Qualitätsklassen einordnet (Abbildung 30). Der GENENC Klassifizierer soll laut Hersteller besser zwischen Lautsequenzen von Schweinswalen und anderen Zahnwalen unterscheiden können. Außerdem soll dadurch die Abgrenzung der Zahnwalgeräusche vom Hintergrundrauschen eindeutiger möglich sein.

Da die Rohdaten Informationen einer ganzen (Frequenz-) Bandbreite von Lauten enthalten, kann zusätzlich noch nach Lauttypen gefiltert werden, die für eine bestimmte Gruppe von Zahnwalen charakteristisch sind.

- ‚NBHF‘ – Narrowband High Frequency: Schmalbandige, sehr hochfrequente Laute werden von Schweinswalen und einigen anderen Kleinwalarten produziert
- ‚Other cet‘ - Breitbandige, tieffrequente Laute sind typisch für viele Delfinarten
- ‚Sonar‘ – Sonar
- ‚unclassified‘ - andere anthropogene Lautquellen oder Fehlklassifizierungen
- Harbour Porpoise – Speciesfilter des HEL1 Klassifizierer
- NBHF? – Speciesfilter des GENENC Klassifizierer

Alle bis Anfang September 2014 erlangten C-POD Daten wurden mit dem KERNO Algorithmus (C-POD.exe Version 2.033) prozessiert und für alle 10min Abschnitte des Aufnahmezeitraums der Species-Filter *NBHF* sowie die Qualitätsfilter *Hi* und *Mod* exportiert (Tabelle 19). Den Ergebnissen des KERNO Algorithmus wurden die der Klassifizierer HEL1 und GENENC gegenübergestellt.

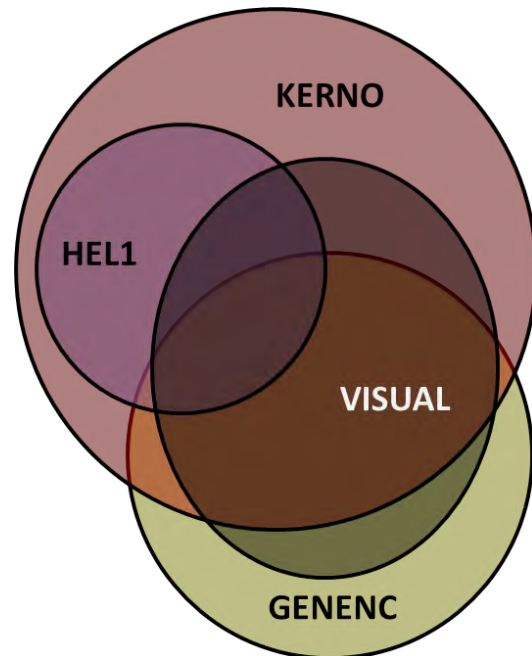


Abbildung 30: Schematische Darstellung der C-POD.exe Klassifizierer. KERNO =Standard, HEL1=Teilmenge von KERNO, GENENC= von KERNO unabhängiger Klassifizierer.

Tabelle 19: Einstellungen der Algorithmus- Klassifizier für den Datenexport.

Klassifizier	Species	Qualität
KERNO	NBHF	Hi, Mod
HEL1	Harbour porpoise	all
GENENC	NBHF, NBHF?	all

Bei der visuellen Kontrolle durch geschultes Personal wurden an den Stationen 7009-7011, 7015, G25, G28, H18, H21 und H23 alle 10min Zeiteinheiten die einer der Klassifizier als schweinswalpositiv gewertet hat, visuell auf ihre Richtigkeit überprüft. Die Ergebnisse der visuellen Kontrolle dienen als Referenz für die Ermittlung der Korrelationskoeffizienten der Klassifizier.

4.2.5.1 Schweinswalpositive Zeiteinheiten

Für die Analysen wurde die Aufnahmezeit in 10min Abschnitte unterteilt und exportiert, sowie je nach Bedarf zu größeren Zeiteinheiten zusammengefasst. Wurde in einer Zeiteinheit mindestens eine Schweinswalechoortungssequenz durch einen Klassifizier gefunden, dann wird diese Einheit als schweinswalpositiv eingestuft. Im Laufe des letzten Projektjahres wurden die Daten nicht nur auf Basis der schweinswalpositiven Tage (dpd, detection positive day) ausgewertet, sondern auch auf einer stundenweisen (dph, detection positive hour) Basis. Dadurch werden kleinskaligere Veränderungen im Vorkommen der Schweinswale an den einzelnen Stationen erkennbar. Diese detailliertere Auswertung ist insbesondere an Stationen notwendig, die im Jahresverlauf das Maximum von 100% dpd pro Monat erreichen.

Für die Auswertung aller Stationen wurden die prozentualen Anteile der aufgezeichneten schweinswalpositiven Stunden im Monat (%dph/m), bzw. aufgezeichneten schweinswalpositiven Tage im Monat (%dpd/m) errechnet. Bei einer Zusammenfassung der dpd oder dph pro Quartal wurden die Quartale wie folgt eingeteilt: 1. Quartal Januar bis März, 2. Quartal April bis Juni, 3. Quartal Juli bis September und 4. Quartal Oktober bis Dezember.

4.2.5.2 Interpolation

Mit dem Geostatistical Tool in ArcGIS 10.2.2 for Desktop wurden Interpolationskarten mit Hilfe des Ordinary Kriging Verfahrens erstellt. Durch dieses Interpolationsverfahren werden Werte einer Beobachtungsvariable an nicht beprobten Orten aus den umliegenden Messwerten geschätzt. Je genauer das räumliche Verhalten der betrachteten

Beobachtungsvariable bekannt ist und je detaillierter dieses Wissen in das Interpolationsverfahren integriert werden kann, desto zuverlässiger können unbekannte Werte geschätzt werden.

Da der zu interpolierende Prozess nicht normalverteilt ist, wurde eine log2 Transformation durchgeführt. Zum einen ergeben sich bei nicht normalverteilten Prozessen Probleme bei der Variogrammermittlung. Der klassische Variogrammschätzer liefert in diesem Fall schlechte Ergebnisse. Ein weiterer Grund besteht darin, dass bei einer positiven Schiefe, nur sehr wenig hohe Werte existieren und damit eine starke Unterschätzung in den Bereichen hoher Werte auftritt.

Als Datengrundlage für das Ordinary Kriging dienten somit die log 2 transformierten prozentualen Anteile der Schweinswalpositiven Tage (KERNO Klassifizierung) im gesamten Untersuchungszeitraum aller Jahre pro Quartal.

4.3 Ergebnisse und Diskussion

Die Datenerhebung verlief ohne größere Schwierigkeiten und es entstanden nur kleinere Datenlücken aufgrund von verlorengegangenen oder defekten Messgeräten. In einigen Fällen kam es durch Boote zum unbeabsichtigten Überfahren oder Verschleppen des Verankerungssystems. Selten konnten die so verlorengegangenen Geräte mit Tauchern geborgen werden. Alle anderen Datenlücken entstanden aufgrund von fehlerhaft arbeitenden Messgeräten oder Batterieproblemen (siehe Abbildung 29, Seite 63).

4.3.1 Schweinswalregistrierungen pro Monat über Jahre

Schweinswalpositive Tage dpd (Abbildung 31 und Abbildung 32)

An den drei Messstationen der Kadetrinne (Areal A) wurden im gesamten Untersuchungszeitraum September 2010 bis August 2014 im Durchschnitt an drei von vier Tagen (75%) Schweinswale aufgezeichnet. Die Ergebnisse zeigen ein jährliches Maximum an Schweinswalregistrierungen im Spätsommer/Herbst (Abbildung 31, blaue Linie) und ein Minimum im Winter. Der Anteil der vom Algorithmus erfassten Untersuchungstage mit Schweinswalregistrierungen pro Monat steigt jedes Jahr von unter 25% im März auf über 90% ab Mai/Juni. Dieses hohe Niveau bleibt fast ununterbrochen über sechs bis sieben Monate bis mindestens November bestehen, um dann innerhalb von drei Monaten wieder auf das jährliche Minimum im Februar/März zu fallen.

An den Stationen rund um Rügen (Areal B) wurden zwischen Mai 2011 und August 2014 an nahezu jedem zweiten Tag (45%) Schweinswale registriert. Eine deutliche Saisonalität ist zu erkennen (Abbildung 31, lila Linie). Das Sommermaximum beginnt aber später, endet früher und ist weniger stark ausgeprägt als bei den Messpositionen in der Kadetrinne. Das Maximum mit mehr als 60% dpd/m wird jährlich über vier bis fünf Monate zwischen Juni und November erreicht.

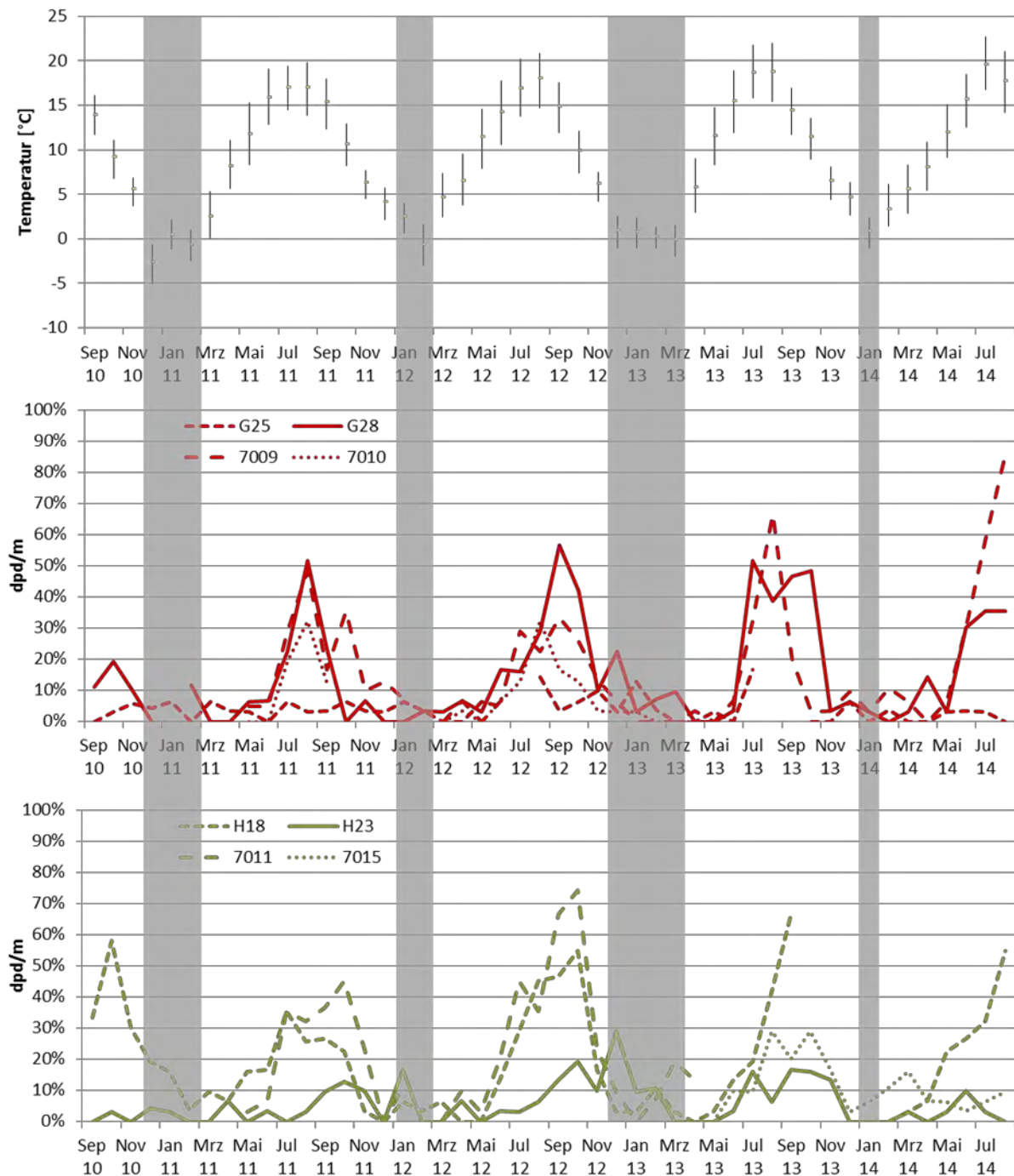


Abbildung 32: Gemittelte mittlere, minimale und maximale Lufttemperatur (°C) pro Monat an den DWD Standorten Arkona und Greifswalder Oie (oben). Graue Bereiche kennzeichnen Monate mit einer geringeren Maximaltemperatur als 5°C. Schweinswalpositive Tage (dpd) pro Monat und Station auf dem Adlergrund (Mitte) und der Oderbank (unten).

Schweinswalpositive Stunden dph (Abbildung 33)

Durch die Darstellung der schweinswalpositiven Stunden pro Monat (dph/m) wird zusätzlich deutlich, dass das spätsommerliche Maximum in der Kadetrinne zumeist ein zweigipfeliges Ereignis ist (Abbildung 33). Der Anstieg der Registrierungen zieht sich über drei bis vier Monate und erreicht im August bis September sein erstes Maximum von 16-23% dph/m. Die Daten sprechen dafür, dass die Schweinswale aus der Beltsee im Frühling allmählich über einen längeren Zeitraum in die untersuchten Gewässer einwandern. Wenn die Tiere als große Schule ins Gebiet schwimmen würden, wäre der registrierte Anstieg der dph sehr sprunghaft. Im September/Oktober erfolgt ein Rückgang auf bis zu 8% dph/m. Ein erneuter sprunghafter Anstieg der Registrierungsrate erfolgt über ein bis zwei Monate auf 21-28% dph/m im November. Danach schließt sich ein steiler Abfall der Registrierungsrate ab November an und lässt auf einen schnellen Rückzug der Tiere aus den Gewässern schließen. Im Jahr 2013 konnte dieses zweigipfelige Maximum im Spätsommer/Herbst nicht beobachtet werden.

Während sich das sommerliche Maximum im Areal B (Rügen) bei der Darstellung der schweinswalpositiven Tage über mehrere Monate zwischen Juni und November erstreckt (Abbildung 31), zeigt sich bei der Darstellung der schweinswalpositiven Stunden, dass sich das Maximum in einigen Jahren nur über zwei Monate ausdehnt (Abbildung 33, Jahre 2011 und 2012). Dabei geht das Maximum in den Jahren 2011 und 2012 mit dem kurzen sommerlichen Rückgang der Registrierungen an den Stationen der Kadetrinne einher und bestätigen unsere Annahme, dass die Tiere im Sommer durch die Kadetrinne weiter Richtung Osten ziehen und bei ihrem Rückzug in die dänischen Gewässer wieder verstärkt in der Kadetrinne registriert werden.

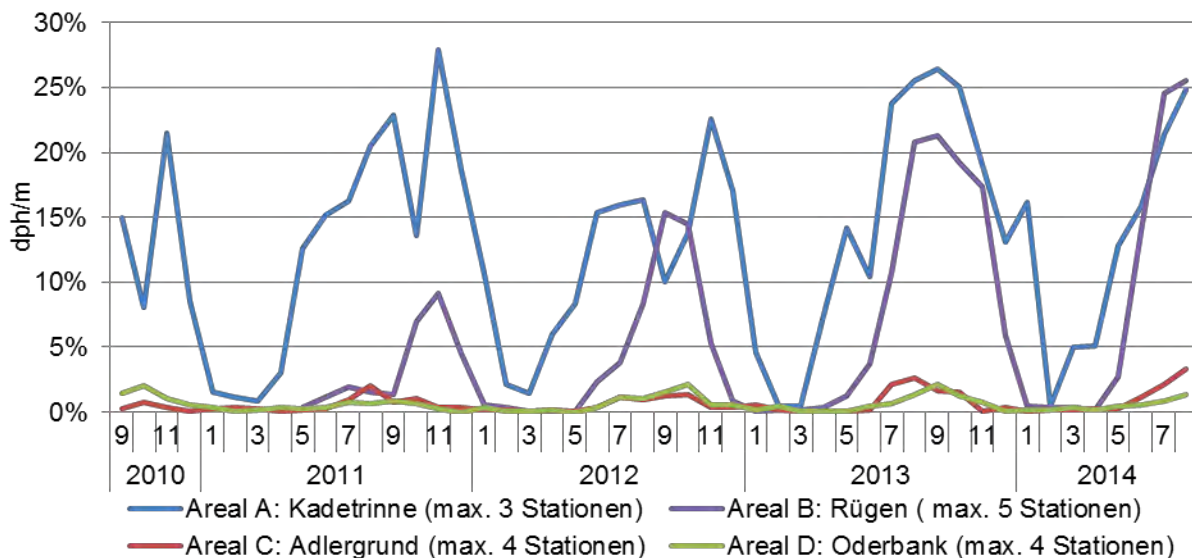


Abbildung 33: Prozentualer Anteil der vom KERNO Algorithmus erfassten Stunden mit Schweinswalregistrierungen pro Monat (dph/m) und Areal.

Auf eine Interpretation der Daten für die Areale Adlergrund und Oderbank wird an dieser Stelle verzichtet, da sie sich inhaltlich nicht von der Darstellung der dpd/m unterscheidet.

4.3.2 Schweinswalregistrierungen pro Quartal über Jahre

Boxplots (Abbildung 34 und Abbildung 35)

Bei der Interpretation der Boxplots (Abbildung 34 und Abbildung 35) ist zu beachten, dass aufgrund von technischen Datenlücken, späterem Besetzen oder früherem Entfernen der Messposition, nicht immer Daten in allen Monaten eines Quartals und nicht immer an allen Messpositionen in einem Areal erhoben wurden. Die Aussagekraft der Boxplots spiegelt sich in den Werten, die jeweils darüber angegeben wurden, wider. In der obersten Zahlenreihe wurde die tatsächlich erhobene Anzahl der Monatswerte in dem jeweiligen Jahr angegeben und darunter die maximal mögliche Werteanzahl.

Die Darstellung der Boxplots pro Areal aller Quartale über die Jahre (Abbildung 34 und Abbildung 35, jeweils 1. Reihe) verdeutlicht die große Varianz der Ergebnisse pro Quartal und Jahr. Dies wird besonders im Areal B deutlich.

Eine signifikante Veränderung der schweinswalpositiven Tage oder Stunden pro Quartal über die Jahre ist in den meisten Fällen nicht erkennbar. Einzig im Areal B, 3.Quartal kann die Tendenz zum Anstieg der dph Registrierungsrate über die Jahre nachgewiesen werden (Abbildung 35, 2. Spalte, 4. Reihe). In allen anderen Fällen ist der scheinbar signifikante Unterschied auf unterschiedliche Aufnahmezeiträume zurückzuführen, die einen Vergleich erschweren. So wurde zum Beispiel im Areal A erst ab Mitte 2009 mit der Datenaufnahme begonnen, was zu einer deutlich höheren Registrierungsrate über alle Quartale führt, da in den Quartalen 3 und 4 generell mehr Schweinswale aufgezeichnet werden, als im ersten Halbjahr des Jahres.

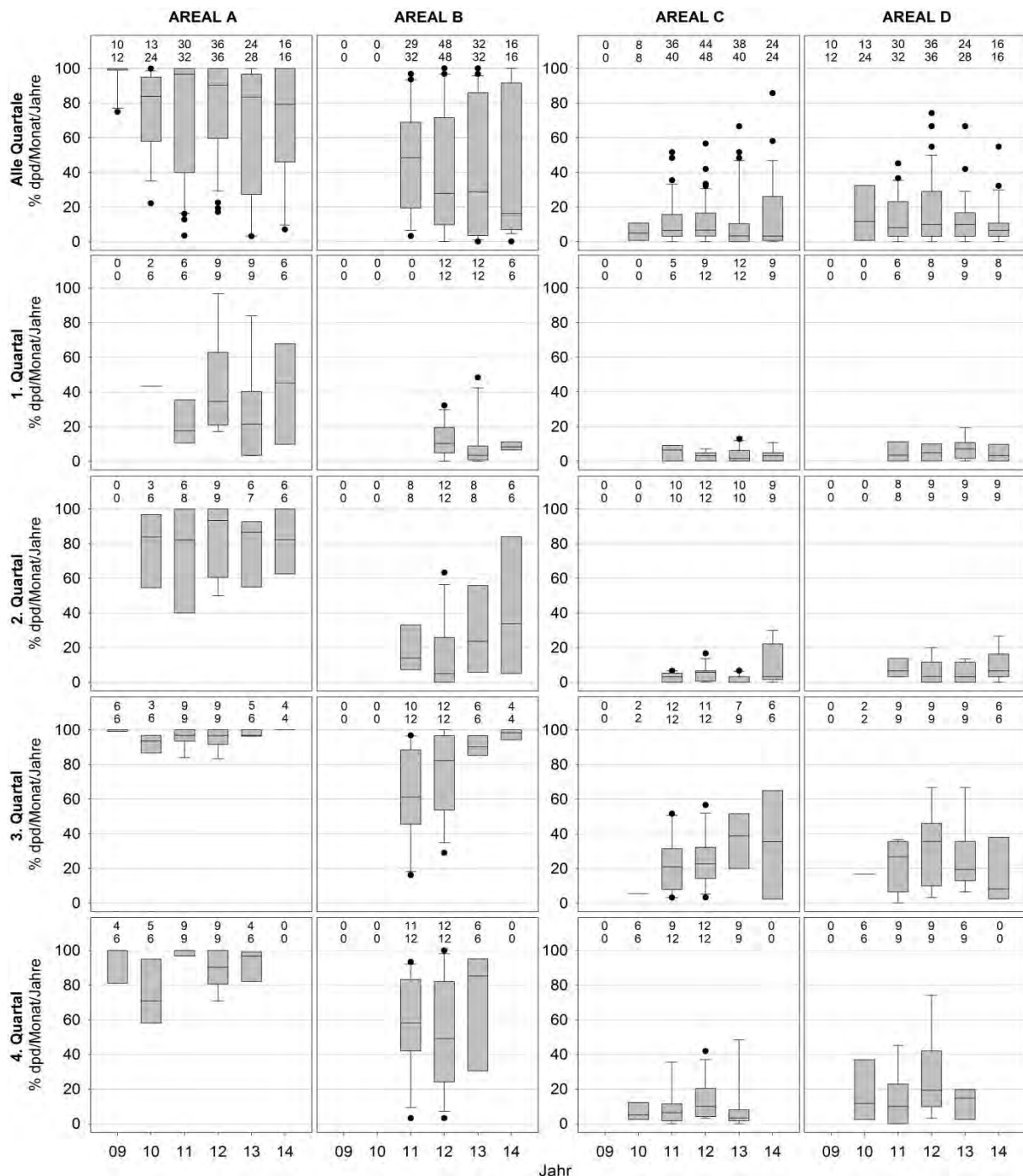


Abbildung 34: Boxplot dpd (Box mit 25. bis 75. Perzentil, Linie = Median, Antennen = 10. bis 90. Perzentil). Pro Areal werden die prozentualen Anteile dpd über alle Quartale pro Aufnahmejahr sowie aufgeteilt pro Quartal pro Aufnahmejahr dargestellt. Die Zahlen über den Boxplots geben die Anzahl der aufgenommenen Monate summiert für das Quartal und Jahr (obere Reihe) gegenüber der maximal möglichen Anzahl im gleichen Kalenderzeitraum (untere Reihe) an.

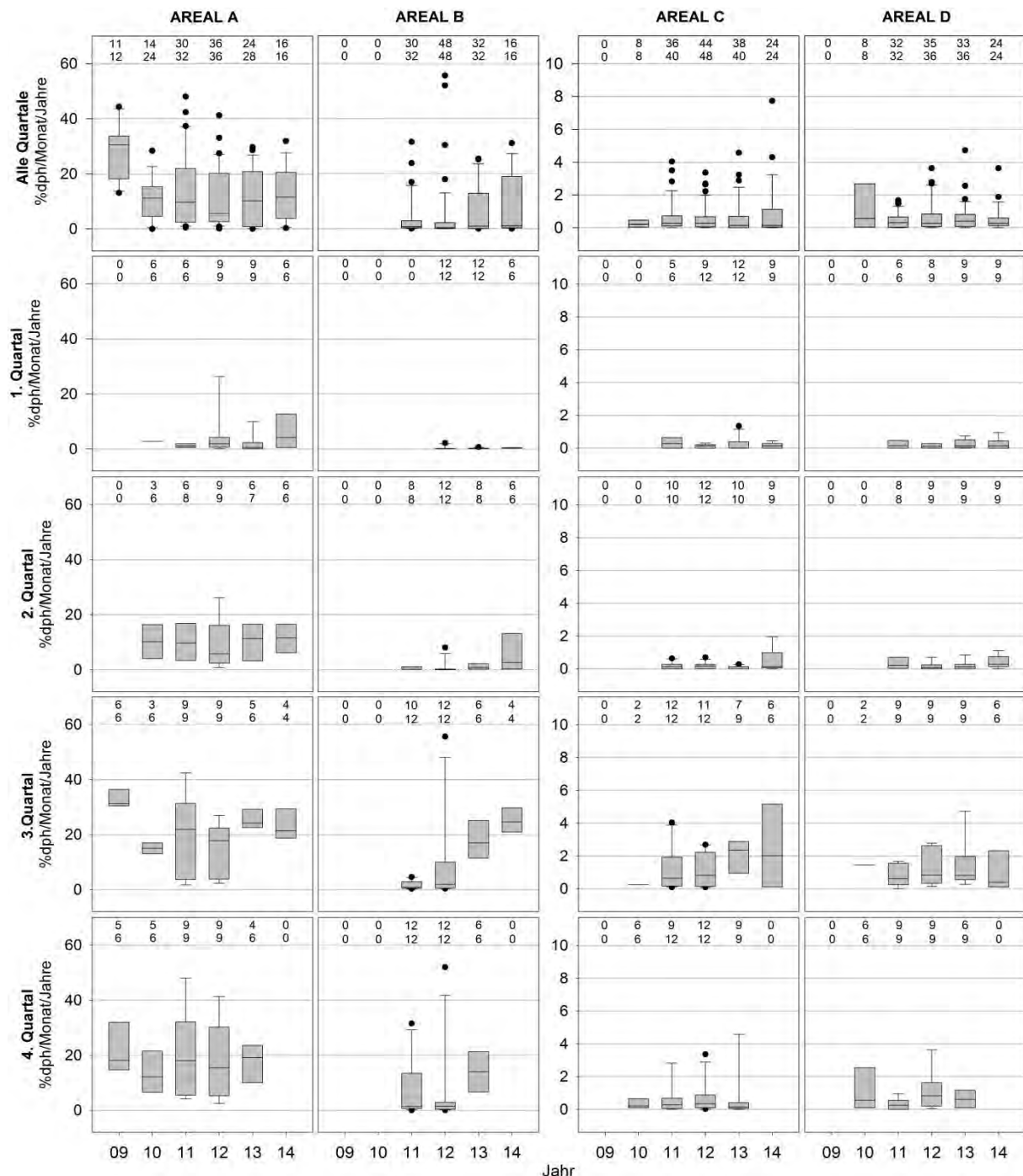


Abbildung 35: Boxplot dph. Pro Areal werden die prozentualen Anteile dph über alle Quartale pro Aufnahmejahr sowie aufgeteilt pro Quartal pro Aufnahmejahr dargestellt. Die Zahlen über den Boxplots geben die Anzahl der aufgenommenen Monate summiert für das Quartal und Jahr (obere Reihe) gegenüber der maximal möglichen Anzahl im gleichen Kalenderzeitraum (untere Reihe) an. Bitte unterschiedliche Skalierung der Y-Achsen beachten.

Ordinary Kriging Interpolation (Abbildung 36)

Während des Winterquartals Januar bis März ist die relative Schweinswaldichte in der deutschen Ostsee gleichmäßig gering (Abbildung 36). Das gesamte Untersuchungsgebiet wird von Schweinswalen genutzt, aber in sehr geringem Umfang. Die Registrierungsrate liegt zu keinem Zeitpunkt bei 0% dph pro Station. An den Stationen westlich von 13,5° Ost, der Grenze, die von Sveegaard et al. (2015) als Populationsgrenze definiert wurde, wurden maximal 5% dph/Monat verzeichnet und an den Stationen östlich der Grenze bis zu 1% dph/Monat.

Mit Beginn des Frühlings steigt die Schweinswaldichte, beginnend in den westlichen Gewässern des Untersuchungsgebietes, der Kadettrinne. Währenddessen bleibt die Registrierungsrate im Osten weiterhin sehr gering bei weniger als 1% dph/Monat. Die zunehmende Registrierungsrate im Frühling wird also ausschließlich durch die Tiere der Beltsee hervorgerufen. Diese Einwanderung der Schweinswale wurde schon längerfristig beobachtet und mehrfach bestätigt (Gallus et al. 2012a, 2012b, Benke et al. 2014).

Im dritten Quartal werden sowohl im westlichen Bereich als auch nördlich von Rügen erhöhte relative Schweinswaldichten registriert. Durch die Interpolation (Abbildung 36) wird ersichtlich, dass das Gebiet nördlich der Darß-Zingster Halbinsel und östlich von Rügen eine geringere relative Schweinswaldichte aufweist, als in den benachbarten Gebieten. Dies war so nicht zu erwarten. Es gibt dafür zwei mögliche Erklärungen: Zum einen könnte es sein, dass die Einwanderung der Schweinswale aus der Beltsee nicht so weit südlich bzw. küstennah erfolgt, so dass die Station 7004 (vor Zingst, Wassertiefe 14m) diese registriert. Zum anderen ist in diesem Untersuchungsgebiet die Entfernung der Messpositionen (D10-7004-7005) zueinander sehr groß. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die geringe Registrierungsrate bei 7004 ein lokales Phänomen ist. Daher ist es empfehlenswert, nördlich des Darßes weitere ein bis zwei C-PODs einzusetzen, um diese geographische Datenlücke zu reduzieren und eine „flächendeckende“ Aussage über das Zugverhalten von Schweinswalen treffen zu können.

Im dritten Quartal, Oktober bis Dezember, bleiben die relativen Schweinswaldichten ähnlich dem vorherigen. Es ist erkennbar, dass die Registrierungsrate in der Pommerschen Bucht etwas rückläufig sind, besonders an den registrierungsstärksten Stationen 7007, 7011, G28 und H18.

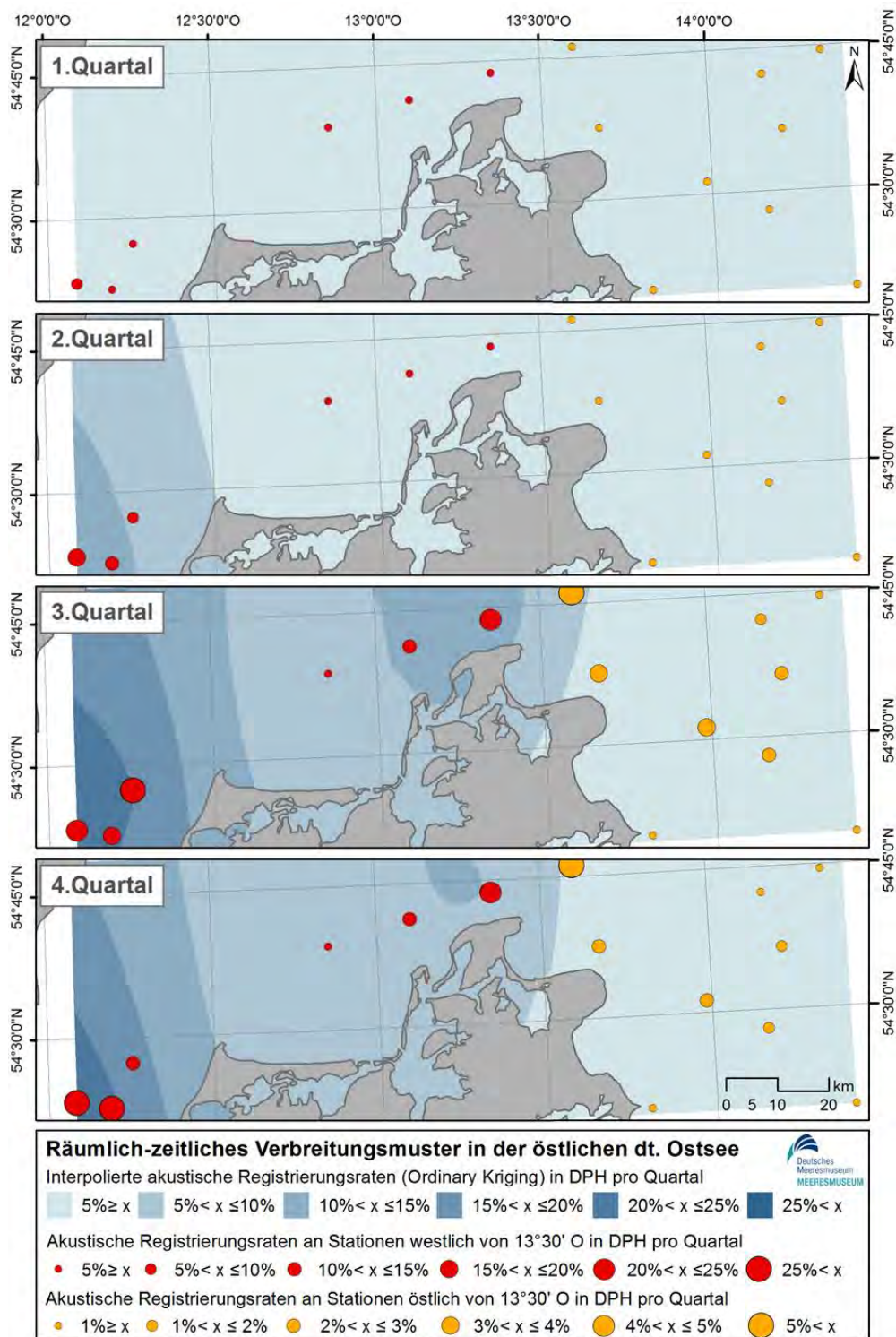


Abbildung 36: Interpolation der DPH pro Quartal über den gesamten Untersuchungszeitraum 2009-2014 (blaue Farbschattierung). Die Kreisgröße gibt die Registrierungsdaten pro Station an.

Eigene Daten und weitere Veröffentlichungen zeigen, dass die deutschen Gewässer hauptsächlich Schweinswale der Beltseepopulation beheimaten. Sveegaard et al. (2015) hat die Grenzen des Hauptverbreitungsgebietes der Beltseepopulation neu beschrieben und dabei Ergebnisse von akustischen, morphologischen und genetischen Untersuchungen sowie die Daten von besenderten (satellite tracking) Tieren einfließen lassen. Die östliche Verbreitungsgrenze liegt nach Sveegaard et al. (2015) auf Höhe Rügen bei 13,5° O, wobei 10% der satellitenbestimmten Aufenthaltsorte der Wale östlich davon registriert wurden. Die akustische Detektionshäufigkeit ist westlich dieser Grenze 27,5fach höher als östlich davon.

Erkenntnisse aus dem mehrjährigen ostseeweiten EU Projekt (SAMBAH) geben Kenntnis wo sich die Schweinswale der Zentralen Ostsee zur Paarungs- und Geburtszeit aufhalten. In den Wintermonaten Januar bis April waren die akustischen Registrierungen großflächig verteilt und die Schweinswale wurden vermehrt küstennah in Schweden, Polen und Deutschland aufgezeichnet. Zwischen Mai und Dezember konzentrieren sich die akustischen Kontakte im Gebiet südlich von Gotland und Öland auf der schwedischen Midsjöbank (Abbildung 37). Die daraus resultierende Sommer-Populationsgrenze verläuft östlich von Bornholm, zwischen dem schwedischen Sölvesborg und dem polnischen Darłowo (SAMBAH.org)

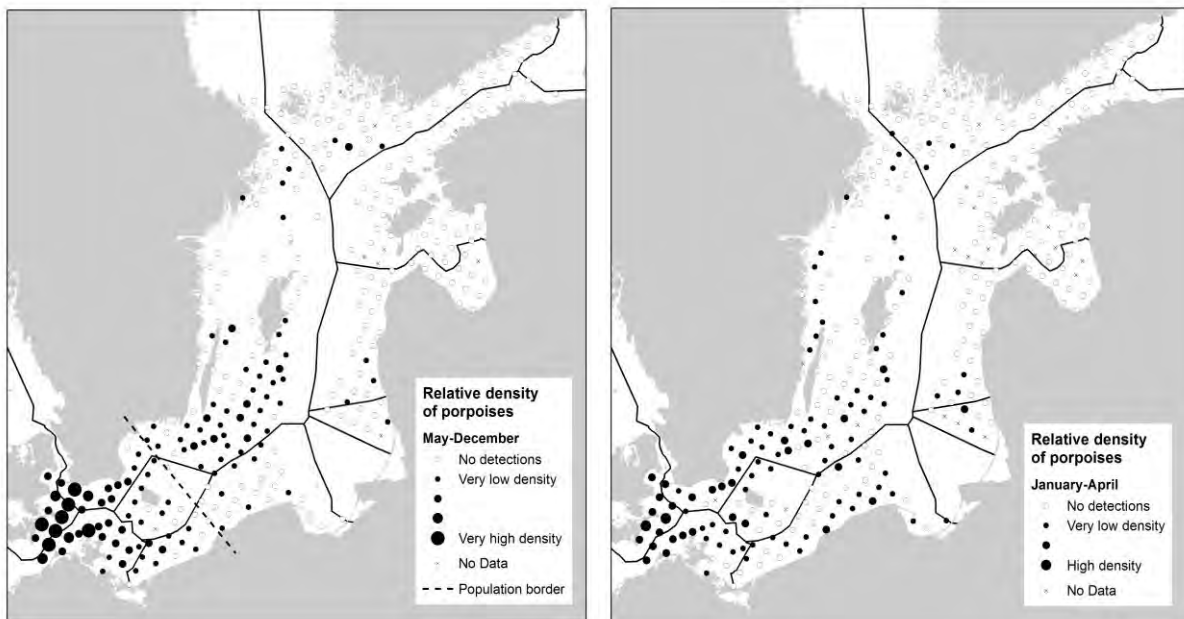


Abbildung 37: Relative Schweinswalldichte in der Zentralen Ostsee zwischen Mai und Dezember (links) bzw. Januar und April (rechts). Die Größe der Punkte gibt die Häufigkeit der akustischen Registrierungsdaten in 24 Monaten zwischen Mai 2011 und April 2013 pro Messstation an. Ein weißer Kreis zeigt Stationen ohne Schweinswalddetektionen und Kreuze kennzeichnen Stationen, an denen keine Daten gesammelt werden konnten. Quelle: SAMBAH.org (Dezember 2014).

4.3.3 Korrelation der C-POD Klassifizier und der visuellen Kontrolle

Der Standardalgorithmus KERNO findet, von allen verfügbaren Klassifiern, stets die meisten Schweinswalpositiven Zeiteinheiten pro Messposition. Dies gilt aber nur, wenn man die visuelle Kontrolle außer Acht lässt. Durch die manuelle Kontrolle aller Ereignisse, die einer der Klassifizier registriert hat wird deutlich, wie viele Ereignisse fälschlicherweise als Schweinswalpositiv (falsch positiv) gewertet wurden. Andererseits werden viele korrekte Schweinswalpositive Ereignisse von einem oder mehreren Klassifiern nicht registriert (falsch negativ) (Tabelle 20).

Im Mittel sind 80% aller Schweinswalpositiven Klassifizier Registrierungen korrekt. Dabei erkennt KERNO 94% aller Schweinswalpositiven Zeiteinheiten richtig, während HEL1 und GENENC nur 72 bis 74% korrekt klassifizieren.

Auf der anderen Seite bedeuten 100% korrekte Schweinswalpositive Einheiten nicht, dass alle Schweinswalsequenzen gefunden wurden. Hier ist der Anteil der vom Klassifizier nicht registrierten Schweinswalsequenzen meistens sehr hoch. Dabei ist der Anteil an Falschklassifizierungen extrem unterschiedlich. So liegt der Anteil an falsch negativen 10min Einheiten bei KERNO nur zwischen 3 und 15%, aber bei HEL1 zwischen 22 und 37% und bei GENENC zwischen 14 und 34%. Dem gegenüber liegt der Anteil an falsch positiven 10min Einheiten bei KERNO zwischen 9 und 112%, bei HEL1 zwischen 0 und 14% und bei GENENC zwischen 2 und 61%.

Tabelle 20: Mittelwert, sowie Minimum und Maximum pro Klassifizier für korrekt positive, falsch negative und falsch positive 10min Zeiteinheiten, für alle visuell kontrollierten Messpositionen und Messzeiten. Maximalwerte von über 100% ergeben sich, wenn der Klassifizier mehr falsche 10min Einheiten registriert hat, als durch die visuelle Kontrolle klassifiziert wurden.

Klassifizier		korrekte pos. 10min	falsch neg. 10min	falsch pos. 10min
KERNO	Mittelwert	94,1	5,9%	52,5%
	Min - Max	84,6-96,8%	3,2% - 15,4%	9% - 112,2%
HEL1	Mittelwert	71,5%	28,5%	2,8%
	Min - Max	62,9-78,3%	21,7% - 37,1%	0% - 14,3%
GENENC	Mittelwert	73,5%	26,5%	23,0%
	Min - Max	66,1-86%	14% - 33,9%	2,2% - 61,1%

An vier von neun Messpositionen korrelierte der KERNO Algorithmus am besten mit der Referenz der visuellen Kontrolle (Korrelation 0,88-0,92). An vier weiteren Stationen war HEL1 den anderen Algorithmen überlegen (Korrelation 0,77-0,85). Nur an einer Position war der GENENC Klassifizier am geeignetsten (Korrelation 0,87).

Der Standardalgorithmus KERNO verpasst selten ein Schweinswalereignis. Eine Falsch-Positiv-Rate von mehr als 50% würde aber zu einer deutlichen Überschätzung der Schweinswalregistrierungsrate führen, wenn die Ereignisse nicht visuell verifiziert werden.

HEL1 wurde speziell für Untersuchungsgebiete mit geringen Schweinswaldichten konzipiert. Der Algorithmus klassifiziert nur sehr selten korrekte Schweinswalsequenzen als falsch. Jedoch verpasst HEL1 viele richtige Schweinswalsequenzen, was bei einer Nutzung des Algorithmus ohne visuelle Kontrolle eine massive Unterschätzung der Schweinswalregistrierungsraten im Untersuchungsgebiet zur Folge hätte.

GENENC ist in allen Bereichen mittelmäßig. Der Algorithmus verpasst etwa ein Viertel aller korrekten Schweinswalereignisse und findet in etwa gleich viele falsche Ereignisse. Für eine alleinige Anwendung im Untersuchungsgebiet mit geringen Schweinswaldichten, ohne visuelle Kontrolle, scheint dieser Algorithmus ebenso wenig geeignet wie die anderen beiden. Eine visuelle Kontrolle der Ereignisse ist somit unabdingbar, um die Schweinswalraten pro Station weder übermäßig zu über- als auch zu unterschätzen.

Wie viele Ereignisse von keinem der Klassifizierer erkannt und dementsprechend auch nicht visuell verifiziert wurden, konnte nicht bestimmt werden, da der zeitliche und personelle Aufwand im Rahmen des Projektes nicht geleistet werden konnte.

5 Ausblick

Folgende **visuelle Erfassungen** sind im Rahmen des Standardmonitoringprogramms im Jahr 2015 geplant:

- eine Gesamterfassung in der deutschen Nordsee (MINOS-Gebiete A-D) im Sommer 2015
- eine Teilerfassung im Bereich „Borkum Riffgrund“ (MINOS-Gebiet D) im Frühling 2015
- eine Gesamterfassung in der westlichen deutschen Ostsee (MINOS-Gebiete E und F-West) im Sommer 2015

Die bisherige technische und wissenschaftliche Umsetzung der **akustischen Datenerfassung** wird beibehalten. Die zehn Messpositionen zwischen Kadetrinne und Pommerscher Bucht werden durch bis zu fünf weitere Positionen um Fehmarn ergänzt. Dadurch kann das Wanderverhalten der Schweinswale durch die deutsche Ostsee präziser nachvollzogen werden. Die Stationen werden etwa alle zehn Wochen angefahren und kontrolliert, Daten ausgelesen und das Verankerungsmaterial geprüft. Zusätzlich werden alle eingesetzten Messgeräte mindestens einmal jährlich kalibriert und ihre Höreigenschaften bestimmt. Zur besseren Verwaltung, Bearbeitung und Auswertung der akustischen Daten wird eine SQL Datenbank strukturiert und ausgebaut.

6 Danksagung

Der ganz besondere Dank des ITAW geht an die Piloten Peter Bernemann, Kai-Uwe Breuel, Michael Schütze und Peter Steinmetz von der Sylt Air (Westerland). Die Durchführung der flugzeuggestützten Erfassungen wäre unmöglich gewesen ohne den besonderen Einsatz der

Observer und Navigatoren: Sabine Billerbeck, Helena Herr, Tina Kesselring, Carsten Rocholl, Cornelia Schmidt und Bianca Unger.

Wir bedanken uns bei unseren Kolleginnen und Kollegen vom Deutschen Meeresmuseum, insbesondere bei Ingrid Thomas, Anette Kirsch und Stefan Hohenstein für die Projektverwaltung, Heiko Haack für die administrative Unterstützung und Andreas Tanschus für seine Hilfe bei allen wichtigen Entscheidungen. Martin Jabbusch, Katharina Brundiers und Johann Subklew halfen uns nicht nur bei den anstrengenden Ausfahrten auf See. Anne Herrmann, Julia Müller, Sarah Neumann, Karin T. Clausen, Katharina Maschner, Tom Beyer, Daniel Spitz, Jens Koblitz und die studentischen Hilfskräfte unterstützten uns nach Kräften bei allen Angelegenheiten. Unser besonderer Dank gilt Michael Dähne, der uns jederzeit zur Seite stand und dessen Ideen und Wissen uns neue Wege zeigten. Die Schiffscrews des MS Seefuchs und des MZS Arkona sind fantastisch, ohne sie wären wir verloren. Wir danken euch von ganzem Herzen.

Wir bedanken uns bei Kai Borkenhagen für die Koordination des Clusters und bei Mirko Hauswirth und Kathrin Heinicke für die kompetente Fachbetreuung im BfN.

7 Literaturverzeichnis

- BECKER, E.A., FORNEY, K.A., FERGUSON, M.C., FOLEY, D.G., SMITH, R.C., BARLOW, J., REDFERN, J.V. (2010): Comparing California Current cetacean-habitat models developed using in situ and remotely sensed sea surface temperature data. *Marine Ecology Progress Series* 413: 163-183
- BENKE, H., BRÄGER, S., DÄHNE, M., GALLUS, A., HANSEN, S., HONNEF, C.G., KOBLITZ, J., KRÜGEL, K., LIEBSCHNER, A., NARBERHAUS, I., VERFUß, U.K. (2014): Baltic Sea harbour porpoise populations: Status and conservation needs derived from recent survey results. *Marine Ecology Progress Series* 495: 275-290
- BAILEY, H., SENIOR, B., SIMMONS, D., RUSIN, J., PICKEN, G., THOMPSON, P.M. (2010): Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. *Marine Pollution Bulletin*, 60: 888–97
- BAILEY, H., BROOKES, K.L., THOMPSON, P.M. (2014): Assessing environmental impacts of offshore wind farms: lessons learned and recommendations for the future. *Aquatic Biosystems* 10: 8
- BRANDT, M.J., DIEDERICHS, A., BETKE, K., NEHLS, G. (2011): Responses of harbour porpoises to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. *Marine Ecology Progress Series* 421: 205–216
- BRANDT, M.J., HÖSCHLE, C., DIEDERICHS, A., BETKE, K., MATUSCHEK, R., WITTE, S., NEHLS, G. (2012): Far-reaching effects of a seal scarer on harbour porpoises, *Phocoena phocoena*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 23: 222–232
- BRANDT, M.J., HÖSCHLE, C., DIEDERICHS, A., BETKE, K., MATUSCHEK, R., NEHLS, G. (2013): Seal scarers as a tool to deter harbour porpoises from offshore construction sites. *Marine Ecology Progress Series* 475: 291–302
- 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, New York
- CAMPHUYSEN, C.J. (2011): Recent trends and spatial patterns in nearshore sightings of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in the Netherlands (Southern Bight, North Sea), 1990–2010. *Lutra* 54: 39-47
- COX, T.M., READ, A.J., SOLOW, A., TREGENZA, N. (2001): Will harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) habituate to pingers? *Journal of Cetacean Research & Management* 3: 81–86
- DÄHNE, M., GILLES, A., LUCKE, K., PESCHKO, V., ADLER, S., KRÜGEL, K., SUNDERMEYER, J., SIEBERT, U. (2013a): Effects of pile-driving on harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) at the first offshore wind farm in Germany. *Environmental Research Letters* 8: 025002
- DÄHNE, M., VERFUß, U.K., BRANDECKER, A., SIEBERT, U., BENKE, H. (2013b): Methodology and results of calibration of tonal click detectors for small odontocetes (C-PODs). *Journal of the Acoustical Society of America* 134 (3) Pt. 2: 2514-2522
- GALLUS, A., HANSEN, S., KRÜGEL, K., DÄHNE, M., BENKE, H. (2011): Akustische Erfassung von Schweinswalen in der Ostsee. In: Teilbericht Marine Säugetiere. Bericht an das Bundesamt für Naturschutz. 75-125. <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/>

[themen/meeresundkuestenschutz/downloads/Monitoringberichte/BfN-Monitoring-Marine-Saeugetiere-2010-2011.pdf](http://www.bfn.de/themen/meeresundkuestenschutz/downloads/Monitoringberichte/BfN-Monitoring-Marine-Saeugetiere-2010-2011.pdf)

- GALLUS, A., BENKE, H. (2012a): Monitoring von marinen Säugetieren 2012 in der deutschen Nord- und Ostsee. Teil B: Akustisches Monitoring von Schweinswalen in der Ostsee. Cluster 3 Monitoring und Bewertung von marinen Wirbeltieren. Monitoringbericht 2012 für das Bundesamt für Naturschutz, p 52-70. <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/meeresundkuestenschutz/downloads/Monitoringberichte/BfN-Monitoring-Marine-Saeugetiere-2011-2012.pdf>
- GALLUS, A., DÄHNE, M., VERFUß, U.K., BRÄGER, S., ADLER, S., SIEBERT, U., BENKE, H. (2012b): Use of static passive acoustic monitoring to assess the status of the 'Critically Endangered' Baltic harbour porpoise in German waters. *Endangered Species Research* 18: 265-278
- GEELHOED, S.C.V., SCHEIDAT, M., VAN BEMMELEN, R.S.A., AARTS, G. (2013): Abundance of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) on the Dutch Continental Shelf aerial surveys in July 2010-March 2011. *Lutra* 56: 45-57
- GILLES, A., HERR, H., LEHNERT, K., SCHEIDAT, M., SIEBERT, U. (2008a): Harbour porpoises - abundance estimates and seasonal distribution patterns. Wollny-Goerke K, Eskildsen K (eds). *Marine mammals and seabirds in front of offshore wind energy*. Teuber Verlag Wiesbaden: p 19 – 36
- GILLES, A., HERR, H., LEHNERT, K., SCHEIDAT, M., KASCHNER, K., SUNDERMEYER, J., WESTERBERG U., SIEBERT, U. (2008b): 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: pp 66
- GILLES, A., SIEBERT, U. (2009): Erprobung eines Bund/Länder-Fachvorschlags für das Deutsche Meeresmonitoring von Seevögeln und Schweinswalen als Grundlage für die Erfüllung der Natura 2000 - Berichtspflichten mit einem Schwerpunkt in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee (FFH-Berichtsperiode 2007-2012) - Teilbericht Schweinswale. Visuelle Erfassung von Schweinswalen, Endbericht für das Bundesamt für Naturschutz: p 5-30. http://www.bfn.de/0314_monitoringberichte.html abgerufen am 21.11.2014.
- GILLES, A., SCHEIDAT, M., SIEBERT, U. (2009): Seasonal distribution of harbour porpoises and possible interference of offshore wind farms in the German North Sea. *Marine Ecology Progress Series* 383: 295-307
- GILLES, A., SIEBERT, U. (2010): Monitoringbericht 2009-2010. Marine Säugetiere und Seevögel in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee. Teilbericht marine Säugetiere - Visuelle Erfassung von Schweinswalen, Endbericht für das Bundesamt für Naturschutz: p 4-34. http://www.bfn.de/0314_monitoringberichte.html abgerufen am 21.11.2014.
- GILLES, A., PESCHKO, V., SIEBERT, U. (2011): Monitoringbericht 2010-2011. Marine Säugetiere und Seevögel in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee. Teilbericht marine Säugetiere - Visuelle Erfassung von Schweinswalen und akustische Erfassung im Seegebiet Doggerbank. Endbericht für das Bundesamt für Naturschutz: p 5-73 (plus Anhang). http://www.bfn.de/0314_monitoringberichte.html abgerufen am 21.11.2014

- GILLES, A., VIQUERAT, S., SIEBERT, U. (2014a): Monitoring von marinen Säugetieren 2013 in der deutschen Nord- und Ostsee. Visuelle Erfassung von Schweinswalen. Endbericht für das Bundesamt für Naturschutz, p 1-53.
http://www.bfn.de/0314_monitoringberichte.html abgerufen am 21.11.2014
- GILLES, A., DÄHNE, M., RONNENBERG, K., VIQUERAT, S., ADLER, S., MEYER-KLAEDEN, O., PESCHKO, V., SIEBERT, U. (2014b). Ergänzende Untersuchungen zum Effekt der Bau- und Betriebsphase im Offshore-Testfeld „alpha ventus“ auf marine Säugetiere. In: Beiersdorf, A., Boethling, M., Binder, A. (eds). Ökologische Begleitforschung am Offshore-Testfeldvorhaben *alpha ventus* zur Evaluierung des Standarduntersuchungskonzeptes des BSH (StUKplus). Schlussbericht, 116 pp
http://www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Wirtschaft/Windparks/StUKplus/Berichte/Abschlussberichte/SB_2014-10-06_StUKplus-Teilprojekt-TiHo1_StUKplus_BSH_0327689A_adobe.pdf abgerufen am 21.11.2014
- HADFIELD, J.D. (2010): MCMC Methods for Multi-Response Generalized Linear Mixed Models: The MCMCglmm R Package. Journal of Statistical Software 33(2): 1-22
- HAELTERS, J., KERCKHOF, F., JACQUES, T.G., DEGRAER, S. (2011): The harbour porpoise *Phocoena phocoena* in the Belgian part of the North Sea: trends in abundance and distribution. Belgian Journal of Zoology 141: 75-84
- HAMMOND, P.S., BENKE, H., BERGGREN, P., BORCHERS, D.L., COLLET, A., HEIDE-JØRGENSEN M P., HEIMLICH, S., HIBY, A.R., LEOPOLD, M.F., ØIEN, N. (2002): Abundance of harbour porpoise and other cetaceans in the North Sea and adjacent waters. Journal of Applied Ecology 39: 361 – 376
- HAMMOND, P.S., MACLEOD, K., BERGGREN, P., BORCHERS, D.L., BURT, M.L., CAÑADAS, A., DESPORTES, G., DONOVAN, G.P., GILLES, A., GILLESPIE, D., GORDON, J., HEDLEY, S., HIBY, L., KUKLIK, I., LEAPER, R., LEHNERT, K., LEOPOLD, M., LOVELL, P., ØIEN, N., PAXTON, C.G.M., RIDOUX, V., ROGAN, E., SAMARRA, F., SCHEIDAT, M., SEQUEIRA, M., SIEBERT, U., SKOV, H., SWIFT, R., TASKER, M.L., TEILMANN, J., VAN CANNEYT, O., VÁZQUEZ, J.A. (2013): Distribution and abundance of harbour porpoise and other cetaceans in European Atlantic shelf waters: implications for conservation and management. Biological Conservation 164: 107-122
- HASSELMEIER, I., ABT, K.F., ADELUNG, D., SIEBERT, U. (2004): Stranding patterns of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in the German North and Baltic Seas; when does the birth period occur? The Journal of Cetacean Research and Management 6: 259-263
- HERMANNSEN, L., BEEDHOLM, K., TOUGAARD, J., MADSEN, P.T. (2014): High frequency components of ship noise in shallow water with a discussion of implications for harbor porpoises (*Phocoena phocoena*). The Journal of the Acoustical Society of America 136: 1640-1653
- HERR, H., SCHEIDAT, M., LEHNERT, K., SIEBERT, U. (2009): Seals at sea: modelling seal distribution in the German bight based on aerial survey data. Marine Biology 156: 811–820
- HIBY, A.R., 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
- JOHNSTON, D.W. (2002): The effect of acoustic harassment devices on harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in the Bay of Fundy, Canada. *Biological Conservation* 108: 113–118
- KASTELEIN, R.A., VAN HEERDEN, D., GRANSIER, R., HOEK, L. (2013): Behavioral responses of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) to playbacks of broadband pile driving sounds. *Marine Environmental Research* 92: 206-214
- KOBLITZ, J.C., CLAUSEN, K.T., GALLUS, A., HANSEN, S., BRUNDIERS, K., KOST, B., BENKE, H. (2013): The German contribution of harbour porpoise registrations in the Baltic Sea east of the Darss Sill as a part of the SAMBAH-Project. SAMBAH Final report for the Federal Agency for Nature Conservation. pp 38
- LAAKE, J.L., CALAMBOKIDIS, J., OSMEK, S.D., RUGH, D.J. (1997): Probability of detecting harbor porpoises from aerial surveys: estimating g(0). *Journal of Wildlife Management* 61: 63-75
- LUCKE, K., SIEBERT, U., LEPPER, P.A., BLANCHET, M.-A. (2009): Temporary shift in masked hearing thresholds in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after exposure to seismic airgun stimuli. *The Journal of the Acoustical Society of America* 125: 4060–70
- MADSEN, P.T., 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, D.F. (1989): Correcting for visibility bias in strip transect surveys of aquatic fauna. *Journal of Wildlife Management* 53: 1017-1024
- OLESIUK, P.F., NICHOL, L.M., SOWDEN, M.J., FORD, J.K.B. (2002): Effect of the sound generated by an acoustic harassment device on the relative abundance and distribution of harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) in retreat passage, British Columbia. *Marine Mammal Science* 18: 843–862
- R CORE TEAM (2013): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
- REYNOLDS, R.W., SMITH, T.M., LIU, CHELTON, C.D.B., CASEY, K.S., SCHLAX, M.G. (2007): Daily High-Resolution-Blended analyses for sea surface temperature. *Journal of Climate* 20: 5473-5496
- RICHARDSON, W.J., GREENE, C.R.J., MALME, C.I., THOMPSON, D.H. (1995): *Marine Mammals and Noise*. San Diego: Academic Press. 576 pp.
- SCHEIDAT, M., GILLES, A., HERR, H., RISCH, D., SIEBERT, U. (2007): Monitoring der Abundanz von Schweinswalen und anderen Kleinwalen in deutschen Gewässern (03HS059). Endbericht für das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), 36 pp
- SCHEIDAT, M., GILLES, A., KOCK K.-H., SIEBERT, U. (2008): Harbour porpoise *Phocoena phocoena* abundance in the southwestern Baltic Sea. *Endangered Species Research* 5: 215-223
- SCHEIDAT, M., VERDAAT, H., AARTS, G. (2012): Using aerial surveys to estimate density and distribution of harbour porpoises in Dutch waters. *Journal of Sea Research* 69: 1-7

- SVEEGAARD, S., GALATIUS, A., DIETZ, R., KYHN, L., KOBLITZ, J.C., AMUNDIN, A., NABE-NIELSEN, J., SINDING, M.H.S., ANDERSEN, L.W., TEILMANN, J. (in press): Defining management units for cetaceans by combining genetics, morphology, acoustics and satellite tracking. *Global Ecology and Conservation*.
- TOUGAARD, J., CARSTENSEN, J., TEILMANN, J., SKOV, H., RASMUSSEN, P. (2009): Pile driving zone of responsiveness extends beyond 20 km for harbor porpoises (*Phocoena phocoena* (L.)). *The Journal of the Acoustical Society of America* 126: 11–14
- VERFUß, U.K., HONNEF, C.G., MEDING, A., DÄHNE, M., MUNDRY, R., 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 Marine Biology Association of the United Kingdom* 87: 165–176