

Auswirkungen der Vergramungsmanahmen auf Schweinswale beim Bau des Offshore- Testfeldes „alpha ventus“

Untersuchungen zu Schweinswalen mit T-PODs



**Ansgar Diederichs
Georg Nehls
Miriam Brandt
Martin Laczny (biola)
Werner Piper (biola)**

Husum, Dezember 2009

im Auftrag der Stiftung Offshore-Windenergie



in Zusammenarbeit mit :
biola
Gotenstr. 4
20097 Hamburg

BioConsult SH
Brinckmannstr. 31
25813 Husum
Tel. 04841-66329-0
Fax: 04841-66329-19
Email: info@bioconsult-sh.de

Inhalt

1. Einleitung	2
2. Methoden	3
2.1. POD-Untersuchung	3
2.1.1 Untersuchungsgebiet.....	3
2.1.2 T-POD-Daten	5
2.1.3 Ausbringung der T-PODs	5
2.1.4 Datenanalyse durch TPOD.exe	6
2.1.5 Kalibrierung.....	7
2.1.6 Auswertungsparameter	7
2.2. Kontrollflüge zum Nachweis der Effektivität der Vergrämungsmaßnahmen .	8
2.2.1 Untersuchungsgebiet.....	8
2.2.2 Methode:.....	9
2.2.3 Termine der Kontrollflüge	9
2.3. Durchführung der Vergrämungsmaßnahmen	10
2.3.1 Fundamenttypen	10
2.3.2 Vergrämungsgeräte.....	10
2.3.3 Vergrämungskonzept	11
2.3.4 Durchgeführte Vergrämung	12
3. Ergebnisse	15
3.1. POD-Daten	15
3.1.1 Aufzeichnungsdauer der ausgebrachten T-PODs	15
3.1.2 Saisonalität	15
3.1.3 Auswirkungen der Vergrämungsmaßnahmen	17
3.2. Ergebnisse der Kontrollflüge.....	20
3.3. Geräusche der akustischen Vergrämungsgeräte	21
4. Diskussion	24
5. Zusammenfassung	27
Referenzen	29

1. EINLEITUNG

Zwischen dem 24. April und dem 26. August 2009 wurden in der Deutschen Bucht ca. 45 km nördlich von Borkum auf einer Fläche von 6,5 km² die Fundamente für zwölf Windkraftanlagen des Offshore-Windparks „alpha ventus“ gegründet. Ziel dieses Vorhabens ist neben der technischen Erprobung neuer Windenergieanlagen auch die Untersuchung ökologischer Auswirkungen der Offshore-Windenergienutzung. Dieser Bericht beschreibt die Auswirkungen der während der Bauarbeiten vorgeschriebenen Vergrämungsmaßnahmen auf Schweinswale.

Im Bereich des Projektgebietes werden regelmäßig Schweinswale (*Phocoena phocoena*) beobachtet. Schweinswale werden auf der Roten Liste Deutschlands als stark gefährdete Art geführt und sind in den Anhängen II und IV der FFH-Richtlinie gelistet. Dem Schutz des Schweinswals kommt somit eine hohe Bedeutung zu, und es sind nach Anhang II spezielle Schutzgebiete für diese Art auszuweisen. Absatz 12 besagt weiterhin, dass das absichtliche Töten der in Artikel IV geführten Arten untersagt ist.

Bei der Errichtung des Windparks entstehen durch die Rammarbeiten starke Geräuschemissionen, die im Nahbereich zu irreversiblen Schädigungen der Hörorgane von Schweinswalen führen können. Verschiedene Untersuchungen haben darüber hinaus gezeigt, dass ein Vertreibungseffekt auch noch über mehrere Kilometer entfernt vom Rammort festzustellen ist (Tougaard et al. 2009, Brandt et al. 2008, Brandt et al. 2009). Um eine Tötung oder auch physische Schädigung der Hörorgane der Schweinswale durch die Rammschläge auszuschließen hat das BSH in einer Nebenbestimmung zur Genehmigung des Windparks alpha ventus Vergrämungsmaßnahmen vor Beginn der schallintensiven Rammarbeiten vorgeschrieben (BSH 2008).

Im Rahmen der ökologischen Begleitforschung zu Rastvögeln und Meeressäugetieren des geplanten Windparks alpha ventus hat die Stiftung Offshore-Windenergie BioConsult SH, Husum und Biola, Hamburg, mit ökologischen Begleituntersuchungen an Schweinswalen gemäß StUK 3 beauftragt. Ziel der hier vorgestellten Studie ist speziell die Betrachtung der Auswirkung der Vergrämungsmaßnahmen auf Schweinswale anhand der Daten von stationären akustischen Unterwasserhydrophonen (T-PODs), die im Umkreis der Baustelle bis in eine maximale Entfernung von ca. 20 km ausgebracht worden sind. Zusätzlich gehen in die Auswertung zwei Kontrollflüge ein, die im Vorfeld von Rammarbeiten im Nahbereich des Baufeldes durchgeführt wurden. Das Versuchsdesign folgte den Vorgaben des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH).

Mit dem Ziel, die Wirksamkeit der Vergrämungsmaßnahmen zu evaluieren, werden folgende Aspekte nach Vorgabe durch das BSH erläutert:

- Zeitlicher / räumlicher Ablauf der Vergrämungsmaßnahmen
- Zeitlicher/räumlicher Ablauf des Rüttelns / Rammens
- Ergebnisse der Kontrollflüge mit zeitlicher/räumlicher Dokumentation
- Abweichungen /Anpassungen des Vergrämungskonzepts
- Diskussion der Verträglichkeit der Durchführung von Vergrämungsmaßnahmen mit den Bauaktivitäten

- Empfehlungen für weitere Vorhaben, insbesondere im Hinblick auf die Verträglichkeit von Vergrämungsmaßnahmen mit den Arbeiten vor Ort.

Das ursprüngliche Untersuchungsdesign war allerdings nicht explizit auf diese Fragestellung hin ausgerichtet. Eine weitergehende statistische Analyse der Auswirkungen insbesondere der Rammarbeiten auf die Verteilung von Schweinswalen erfolgt in einem späteren Bericht.

2. METHODEN

2.1. POD-Untersuchung

2.1.1 Untersuchungsgebiet

Das Planungsgebiet für den Windpark alpha ventus befindet sich in der deutschen Nordsee etwa 45 km nördlich von Borkum zwischen den beiden Verkehrstrennungsgebieten und weist eine Fläche von 6,5 km² auf (Abb. 1). Im Untersuchungsgebiet wurden in 2009 seit dem 16. März insgesamt zwölf T-PODs ausgebracht.

Zur Übersicht wurde in Abb. 1 der 5, 10 und 20 km-Radius um den Windpark eingezeichnet. Nach Absprache mit dem Baustellenleiter durfte die kürzeste Distanz zum nächstgelegenen Turbinenfundament 800 m nicht unterschreiten. Zwei Positionen (T3 und T4) wurden daher im südlichen Bereich des geplanten Windparks in einer Entfernung von je 800 m zur nächsten Windenergieanlage ausgebracht.

Tab. 1: Entfernungen der jeweiligen T-POD-Positionen zum Windpark alpha ventus im Jahr 2009.

Stations-ID	LAT (°dec)	LONG (°dec)	Distanz zum Windpark [m]	Gebietsklasse
T1	54.01580	6.58535	542	1
T2	54.03062	6.60157	1050	2
T3	54.00427	6.63108	753	1
T4	54.00495	6.58270	753	1
T5	54.00453	6.62988	1589	2
T6	54.00477	6.64278	1521	2
T7	53.98703	6.60372	1472	2
T8	54.08893	6.60437	7476	3
T9	54.12262	6.34885	19547	3
T10	53.98733	6.35693	15642	4
T11	53.88128	6.51635	14198	4
T12	53.96393	6.49902	7451	-

Abb. 2 zeigt die Lage der T-PODs im Baustellengebiet gemäß den Vorgaben der Bauleitung. In Tab. 1 sind die jeweiligen Entfernungen der POD-Stationen zum Windparkgebiet (als Linie zwischen den jeweiligen Windkraftanlagen) aufgelistet. Zur Auswertung der Wirksamkeit der Vergrämungsmaßnahmen wurden die einzelnen Positionen in Abhängigkeit der Entfernung zum jeweiligen Fundament, welches gerade gegründet wurde, in fünf Entfernungsklassen eingeteilt: Klasse 1: < 1 km von der Baustelle entfernt; Klasse 2: 1-2 km entfernt; Klasse 3: 2-5 km, Klasse 4: 5-10 km; Klasse 5: 10-18 km und Klasse 6: > 18 km.

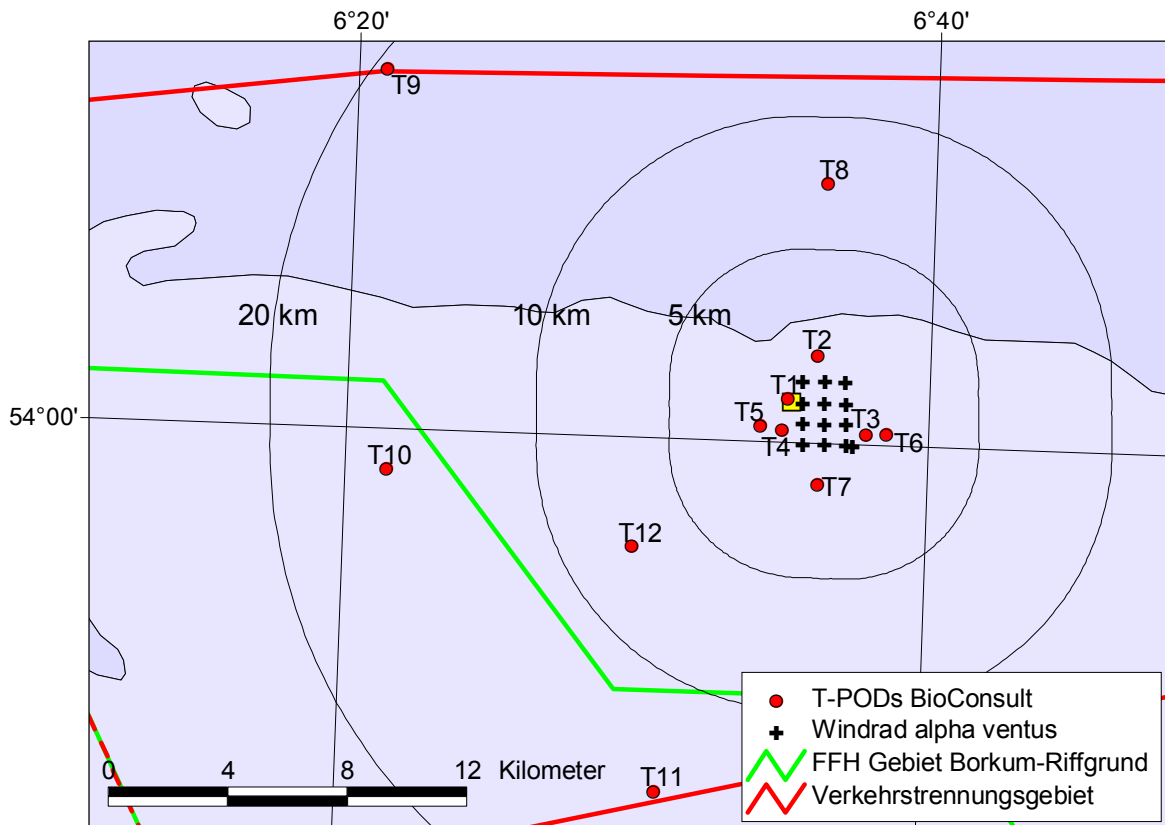


Abb. 1: Lage der Windenergieanlagen von alpha ventus und der T-POD-Positionen mit der entsprechenden Positionskennung (T1 bis T12) im Jahr 2009. Zusätzlich ist ein 5, 10 und 20 km breiter Radius um den Windpark eingezeichnet.

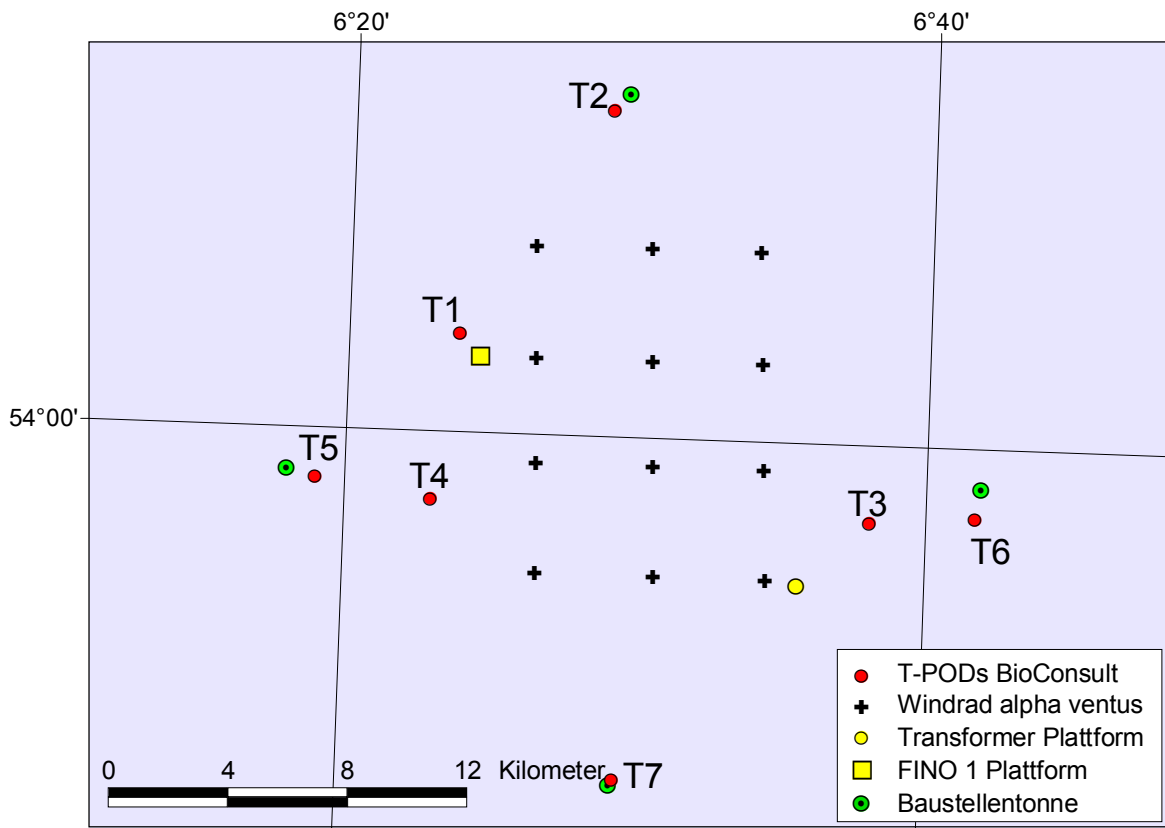


Abb. 2: Lage der T-PODs im Baugebiet von alpha ventus im Jahr 2009.

Zur Darstellung der saisonalen Änderungen in den relativen Dichten der Tiere im Seegebiet um „alpha ventus“ anhand der T-POD-Daten wurden die einzelnen Stationen den Gebieten 1 bis 4 analog zu den vorherigen Berichten zugeordnet. Da die Position T12 gegenüber dem Vorjahr um über 10 km nach Westen verlagert wurde, fällt sie keiner der alten Gebiete zu, sondern wird als eigenes Teilgebiet den anderen Gebieten gegenübergestellt. Die Bezeichnung der Teilgebiete erfolgt dem alten Bericht folgend:

Gebiet 1: Eingriffsgebiet

Gebiet 2: Referenzgebiet nah

Gebiet 3: Referenzgebiet nord

Gebiet 4: Borkumriffgrund

(neu: Gebiet 5: Referenzgebiet südwest)

Zur Darstellung der Gesamtphänologie des Schweinswals im Seegebiet um „alpha ventus“ zwischen Mitte März und Ende Oktober 2009 wurden die Daten entsprechend dieser Gebietseinteilung zusammengefasst und den Ergebnissen des vorherigen Jahres (Diederichs et al. 2008b) gegenüber gestellt.

2.1.2 T-POD-Daten

Zur Beschreibung der erhobenen Daten und zur Arbeits- und Funktionsweise von T-PODs sei auf die beiden ersten Zwischenberichte verwiesen (Diederichs et al. 2009a, 2009b).

2.1.3 Ausbringung der T-PODs

Erfahrungen des Herstellers Nick Tregenza zeigten, dass T-PODs nahe des Meeresbodens mit höherer Wahrscheinlichkeit Schweinswalsklicks aufzeichneten, als gleichzeitig an der Oberfläche ausgebrachte Geräte (Teilmann et al. 2001). Wir brachten die Geräte daher, in Übereinstimmung mit unseren bisherigen Erfahrungen in Nord- und Ostsee (Diederichs et al. 2008, Diederichs et al. 2004) und auch dänischen Untersuchungen im Zusammenhang mit Offshore-Windparks (Tougaard et al. 2006a,b), 5 m über dem Meeresboden mit dem Öffnungswinkel des Hydrofons in den freien Wasserkörper nach oben gerichtet aus.

Im Verlauf des Projektes wurde die Verankerungstechnik etwas modifiziert, um eine höhere Sicherheit gegen Materialverlust zu erreichen. Das Prinzip unseres Verankerungssystems ist in Abb. 3 dargestellt. Von einer gelben Leuchtspiere, die mit einer zwei Seemeilen weit reichenden Laterne und einem zusätzlichen externen Radarreflektor ausgestattet ist, geht ein 18mm starkes Herkulesseil zu einem ca. 600 kg schweren Ankerstein. Dieser steht über ein 60 m langes Bodenseil (Herkules 14 mm) mit einem zweiten kleinerem Ankerstein (ca. 80 kg) in Verbindung. Von diesem Ankerstein geht wieder ein Seil an die Wasseroberfläche. In dieses Seil ist ca. 5 m über Grund das Messgerät so eingeknüpft, dass es auch bei Strom noch relativ senkrecht in der Wassersäule steht. Ca. 3 m über dem Messgerät befindet sich eine Auftriebskugel, die das Seil straff in der Wassersäule hält. An der Oberfläche ist jetzt statt eines Balls eine kleine 3 m große Spierentonne mit Lampe und Radarreflektor befestigt. Zur Wartung des Systems wird die kleine Tonne aufgenommen und das Ankerseil mit Hilfe einer Winde bis zur Bergung des Messgerätes eingeholt. Der große Ankerstein bleibt unberührt.

mögliche falsche Klassifizierungen beeinflusst sind. Der vom Algorithmus verursachte Fehler (übersehene echte Schweinswalklickserien) ist normalerweise konstant und für alle Positionen gleich. Er wird hier nicht weiter berücksichtigt.

2.1.5 Kalibrierung

Wichtige Voraussetzung für den Vergleich verschiedener Messpositionen ist, dass sich die Sensitivität der Geräte nicht deutlich unterscheidet. Alle in dieser Studie eingesetzten Geräte wurden im Vorfeld im Deutschen Meeresmuseum Stralsund im Testtank kalibriert (zur näheren Beschreibung der Methode siehe Verfuß et al. 2009). Mit der Test-Tank Kalibrierung wird eine Detektionsschwelle bestimmt, also der POD-spezifische Schalldruckpegel, den ein Schweinswallaut mindestens haben muss, um von dem entsprechenden T-POD registriert zu werden. Der Schwellenwertpegel eines jeweiligen PODs kann über die Funktion „Sensitivity“ manuell eingestellt werden. Die Ergebnisse der Test-Tank Kalibrierungen wurden von uns in der Weise genutzt, dass alle PODs auf ein gleiches Sensitivitätsniveau mit einem Schwellenwertpegel von jeweils 130 dB re 1 μ Pa eingestellt wurden.

Freilandtests mit den Geräten, die auch in diesem Projekt eingesetzt werden, zeigten im Rahmen des Projekts „Untersuchungen über die Störwirkung auf Schweinswale in den Offshore-Windparks Horns Rev, Nordsee und Nysted, Ostsee in Dänemark“ (FKZ 0329963, Diederichs et al. 2008b), dass mit Hilfe des Parameters PP10M und einem alternierenden Einsatz der Geräte ein guter Kompromiss zwischen einer möglichst hohen zeitlichen Auflösung und einer Minimierung der durch Sensitivitätsunterschiede verursachten Ungenauigkeit erreicht werden kann.

2.1.6 Auswertungsparameter

Die aufgezeichneten Daten aller vom Algorithmus identifizierten miteinander im Zusammenhang stehenden Klicks (=„Klicktrains“) werden in einer mikrosekundengenauen Auflösung mit Hilfe der Software TPOD.exe exportiert und in eine Access-Datenbank überführt und dort weiter ausgewertet.

„*Schweinswalpositive 10-Minuten pro Tag*“ (PP10M/day): Zeigt an, in wie vielen der 144 10-Minutenblöcke eines 24-Studentages mindestens eine Schweinswalregistrierung aufgezeichnet wurde. Fast alle Angaben beziehen sich auf einen 24-Studentag mit Ausnahme der wenigen Tage, an denen die Geräte ausgetauscht wurden. Auch dieser Parameter dient als Maß für die relative Schweinswaldichte mit einer zeitlich höheren Auflösung und wurde von uns zur Darstellung der Phänologie des Schweinswals im Seegebiet um „alpha ventus“ benutzt.

„*Schweinswalpositive Minuten pro Stunde*“ (PPM/hour): Zeigt an, in wie vielen der 60 Minuten einer Stunde mindestens eine Schweinswalregistrierung aufgezeichnet wurde. Dieser Wert wurde zur Analyse der Effekte der Vergrämungsmaßnahmen herangezogen. Den Einfluss der Vergrämungsmaßnahmen auf den Faktor PPM/hour berechneten wir anhand einfacher nicht parametrischer Tests (U-Test) und stellen die Daten den Stunden mit

Rammaktivität und den jeweils 5 Stunden vor Beginn der Vergrämungsmaßnahmen gegenüber.

Klicktrains

Um die Wirksamkeit der Vergrämungsmaßnahmen zu testen, wurden die Rohdaten auf Schweinswal-Klicktrains hin untersucht, die während der Zeit der Vergrämungsmaßnahmen und während der schallintensiven Rammaktivitäten aufgezeichnet wurden, sowie die Minuten mit aufgezeichneten Schweinswallauten ausgezählt und in Beziehung zur jeweiligen Entfernung zum Rammort gestellt.

2.2. Kontrollflüge zum Nachweis der Effektivität der Vergrämungsmaßnahmen

Zum Nachweis der Effektivität der Vergrämungsmaßnahmen wurden vom BSH Kontrollflüge nach Start der Vergrämung und vor Beginn der Rammaktivität gefordert. Das Design der Transekte wurde mit dem BSH abgestimmt und bei zwei Rammungen angewendet (19.8.2008: Bau der Transformer-Plattform und 18.5.09: Bau der Anlage AV10).

2.2.1 Untersuchungsgebiet

Die Kontrollflüge wurden mit einem Radius von > 750 m um den Rammort sternförmig durchgeführt (s. Abb. 4). Es wurden jeweils acht Transekte - mit dem Rammort als Mittelpunkt durchgeführt.

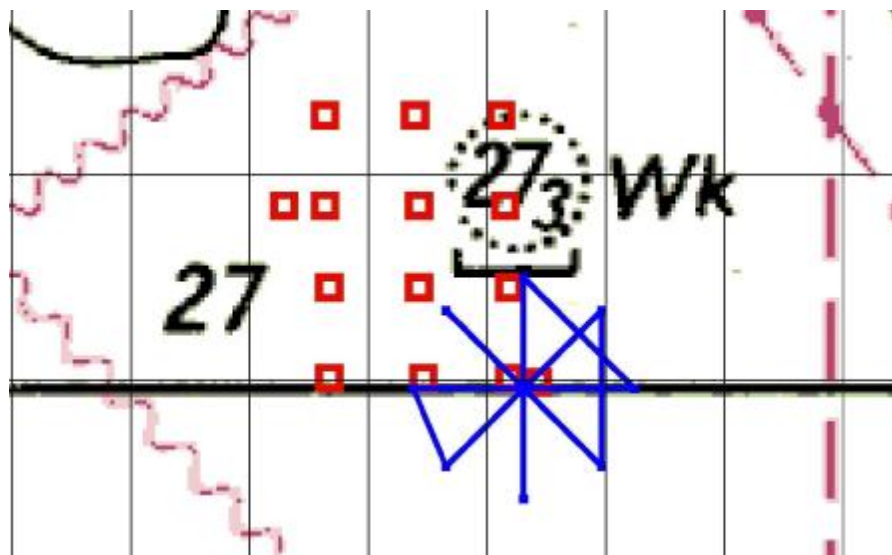


Abb. 4: Karte des Idealstransekts der Befliegung zur Effizienzkontrolle der Vergrämungsmaßnahmen am 19.09.2008, rote Rechtecke = Windkraftanlagen, Umspannwerk und Fino 1, blau = Idealtransekte

2.2.2 Methode:

Die Kontrollflüge wurden in Anlehnung an die Standardzählmethode für Schweinswale (s. StUK 2007, Thomsen et al. 2004, biola & BioConsult 2008) durchgeführt. Für die Zählflüge wurde ein zweimotoriger, zehnsitziger Hochdecker vom Typ BN 2 Britten-Norman Islander benutzt (Abb. 5). Die Zählflüge wurden bis zu einer Windstärke von bft 3-4 durchgeführt. Die Flughöhe betrug 600 Fuß (183 m), die Fluggeschwindigkeit ca. 90 kn (ca. 175 km/h). Die Flüge wurden mit jeweils drei Beobachtern (am 18.05.2009 mit zwei Beobachtern) durchgeführt. Zwei Beobachter saßen auf den hintersten Plätzen links und rechts an sog. Fischaugenfenstern („bubble-windows“) und fungierten als Hauptbeobachter.



Abb. 5: Britten-Norman Islander, die während der Vergrämungskontrollflüge im Projektgebiet alpha ventus eingesetzt wurde (Foto: W. Piper)

Die Befliegungen wurden in enger Absprache mit der Bauleitung „alpha ventus“ und unter Beachtung eines vorher abgestimmten Benachrichtigungsverfahrens durchgeführt. Eine direkte Kommunikation vom Flugzeug zur Baustelle war nicht möglich. Nachdem die Transektlinien abgeflogen waren, wurde das Kartierungsergebnis über den Tower des Flugplatzes Borkum an die Bauleitung „alpha ventus“ weitergeleitet, nachdem in 1.750 Fuß Flughöhe Funkkontakt mit dem Tower Borkum möglich wurde.

Nach der Meldung an die Bauleitung, dass kein Schweinswal gesehen wurde, konnte mit dem Rammen begonnen werden. Im Falle von Schweinswalsichtungen sollte der Beobachtungsflug jeweils nach einer halben Stunde wiederholt werden, solange bis keine Tiere mehr beobachtet werden konnten.

2.2.3 Termine der Kontrollflüge

Am 18.09.2008 stand das Beobachterteam und das Kartierungsflugzeug ganztags auf Borkum in Bereitschaft, um kurzfristig auf den geplanten Rammbeginn reagieren zu können. Die Rammung wurde aufgrund technischer Schwierigkeiten am Abend abgesagt.

Am 19.09.2008 um 12:31 startete das Kartierungsflugzeug von Borkum. Von ca. 12:45 bis 13:07 Uhr wurde der Kontrollflug im Baugebiet bei ca. seastate 2 durchgeführt.

Am 18.05. wurde ein zweiter Kontrollflug durchgeführt. Um 13:51 startete das Kartierungsflugzeug in Emden. Um ca. 14:13 bis 14:32 wurde der Kontrollflug bei seastate 3-4 im Baugebiet durchgeführt.

2.3. Durchführung der Vergrämungsmaßnahmen

2.3.1 Fundamenttypen

Die Fundamente der 12 Windräder wurden zwischen dem 24. April und dem 26. August gegründet. Die Bauarbeiten starteten mit der Errichtung der sechs Multibrid-Anlagen. Dieser Anlagentyp wurde als Tripod ausgeführt und über drei Rammpfähle im Meeresboden fixiert (Abb. 6, links). Die Pfähle hatten 2.48 m Durchmesser und wurden vor dem ersten Hammerschlag für jeweils 10 Minuten eingerüttelt. Der letzte Multibrid-Pfahl wurde am 31. Mai gerammt. Am 15. Juni startete die Gründung der REpower-Anlagen. Diese Anlagen wurden mit als Jacket-Konstruktionen ausgeführt. Hierbei wurde eine vorgefertigte aus Stahlrohren gefertigte Fachwerkkonstruktion am Meeresboden abgesetzt und an den vier Ecken mit jeweils einem Rammpfahl im Meeresboden fixiert (Abb. 6, rechts). Die Pfähle für diesen Anlagentyp wurden nicht eingerüttelt, sondern nach dem Setzen eines Führungsrohres direkt in den Meeresboden gerammt.

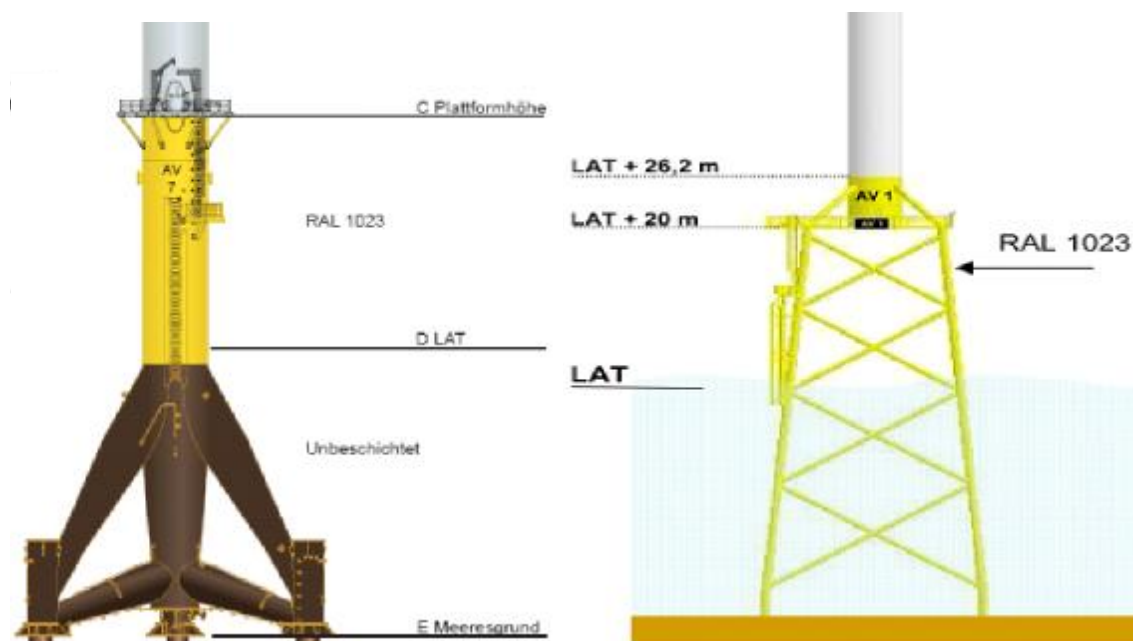


Abb. 6: Gründungstyp der Multibrid-Anlagen (links) und der REpower-Anlagen (rechts).

2.3.2 Vergrämungsgeräte

Für die Vergrämung von marinen Säugetieren insbesondere vor Fischernetzen und Fischfarmen sind spezielle Geräte entwickelt worden, die akustische Signale aussenden.

Diese Signale wirken aufgrund ihrer Charakteristik und ihrer Lautstärke unangenehm auf Wale und Robben und bewirken dadurch eine Vertreibung der Tiere. Speziell für Schweinswale sind so genannte Pinger entwickelt worden, damit die Tiere von Stellnetzen ferngehalten werden können. Um Seehunde und andere Robben von Fischfarmen fernzuhalten, wurden so genannte Seal Scarer entwickelt, welche aufgrund ihrer Lautstärke und ihres Frequenzspektrums aber auch negativ auf Schweinswale wirken (Olesiuk et al. 2002, Robertson et al. 2004). Eine aktuelle Übersicht über verfügbare Geräte, ihre Charakteristik sowie über Erfahrungen im Einsatz geben Gordon et al. (2007). Im Folgenden werden die Geräte und ihre Wirkungsweise kurz charakterisiert, für weitere Details sei auf die genannte Veröffentlichung verwiesen:

1. Pinger

Pinger dienen der Vertreibung von Schweinswalen und anderen Kleinwalen aus dem Bereich von Stellnetzen zwecks Reduzierung des Beifangs dieser Tiere. Pinger werden von wenigsten sechs verschiedenen Firmen hergestellt und vertrieben. Die Geräte senden akustische Signale geringer Intensität (meist 130 bis 150 dB re 1 μ Pa @ 1 m) in hohen Frequenzbereichen (meist oberhalb 10 kHz) aus. Die Pulsdauer ist sehr kurz (300 ms) und die Pulse werden meist im Abstand von wenigen Sekunden wiederholt. Zur Vermeidung von Gewöhnungseffekten werden die Impulse und die Wiederholungsraten teilweise moduliert. Dies ist jedoch nur für den Dauereinsatz an Netzen von Belang und für den kurzzeitigen Einsatz bei Rammarbeiten unbedeutend. Die Wirksamkeit der Pinger beträgt 100 – 200 m.

2. Seal Scarer

Seal Scarer dienen primär der Vertreibung von Robben an Fischzuchtanlagen und werden von wenigstens vier verschiedenen Firmen hergestellt und vertrieben. Die Geräte senden starke akustische Signale (170 bis 195 dB re 1 μ Pa @ 1 m) in hochfrequenten Bereichen (meist 10 bis 20 kHz) aus. Zur Vermeidung von Gewöhnungserscheinungen werden Frequenzen, Sendedauer und andere Eigenschaften moduliert. Die Wirkung auf Robben wird sehr unterschiedlich beschrieben. Die Betreiber von Fischzuchtanlagen beklagen teilweise eine fehlende Vertreibungswirkung auf Robben (s. Gordon et al. 2007). Die Situation an Fischzuchtanlagen ist jedoch nicht auf andere Bedingungen übertragbar und eine vertreibende Wirkung der Geräte ist anzunehmen. Für Schweinswale ist eine deutliche aversive Reaktion auf den Airmar Seal Scarer (Leistung: 194 dB re 1 μ Pa @ 1 m) im Bereich von 2,5 bis 3,5 km Entfernung beschrieben worden (Olesiuk et al. 2002).

2.3.3 Vergrämungskonzept

Die Rammarbeiten wurden von Vergrämungsmaßnahmen begleitet, damit sich keine Meeressäuger in einem möglichen Schädigungsbereich aufhalten. Die Vergrämungsmaßnahmen während der Bauarbeiten zum Windpark „alpha ventus“ orientierten sich am speziell für dieses Vorhaben entwickelten Vergrämungskonzept (Nehls 2008).

Demnach sollten 40 Minuten vor Beginn der Rammung drei Pinger auf halber Wassertiefe von Bord des Schwimmkrans und des Transportpontons eingesetzt werden. 10 Minuten

nach Beginn der Vergrämung mit Pingern sollte dann der Seal Scarer vom Bug des Schwimmkrans ausgebracht und eingeschaltet werden. Es wurde dazu ein Gerät des norwegischen Herstellers Lofitech eingesetzt. Dieses erzeugt Töne mit einer Frequenz von 14 kHz und einer Dauer von 0.5 s, die in zufälligen Abständen ausgesendet werden, wobei die Pausen zwischen den Tönen von unter 1 s bis etwa 30 s variieren. Über einen Zeitraum von einer Minute ist die Tondauer insgesamt rund 6 s, also 10 % der Gesamtdauer. Der Hersteller gibt einen Quellpegel (1 m Abstand) von 189 dB re 1 μ Pa an, wobei allerdings nicht klar ist, was für eine Pegelgröße gemeint ist (Spitzenpegel L_{peak} , L_{eq} , Kurzzeit- L_{eq} oder SEL).

Die Vergrämer sollten während der gesamten Rammung eingeschaltet bleiben und nur bei Unterbrechungen der Rammarbeiten von mehr als drei Stunden abgeschaltet werden, um eine Annäherung von marinen Säugetieren während kurzzeitiger Rammphasen zu verhindern.

2.3.4 Durchgeführte Vergrämung

Es kam insgesamt zu 38 Einsätzen der Vergrämungsgeräte. Diese sind in Tab. 2 gelistet und sowohl Dauer der während des jeweiligen Vergrämungseinsatzes durchgeführten Rammungen als auch die Summe der in dieser Vergrämungsperiode durchgeführten Rammschläge sind zusätzlich zusammengefasst. Außerdem sind in Tab. 2 sechs weitere Rammereignisse gelistet, bei denen keine Vergrämungsmaßnahmen stattgefunden haben (rot markierte Zeilen).

Es gab folgende Abweichungen vom Vergrämungskonzept:

Die Fundamentgründungen der Multibrid-Anlagen (AV7 bis AV12) dauerten im Mittel 6,5 bis 14 Stunden pro Fundament. Die Rammarbeiten eines Fundamentes wurden von einem kontinuierlichen Einsatz der Vergrämer über einen Zeitraum von 15 bis 20 Stunden begleitet. Die einzige Abweichung vom Vergrämungskonzept bestand darin, dass die Vergrämungsmaßnahmen anstatt 40 Minuten bis zu 4 Stunden vor dem ersten Rammschlag starteten (Tab. 2).

Die Bauarbeiten der REpower-Anlagen (AV1 bis AV6) starteten am 16. Juni 2009. Hier zogen sich die Rammarbeiten einzelner Fundamente über mehrere Tage hinweg und dauerten zwischen 3.5 Tagen (AV6) und 14 Tagen (AV1). Somit waren auch die Vergrämungsmaßnahmen regelmäßig unterbrochen. Jedoch kam es während der Gründung der REpower-Anlagen öfter zu Abweichungen zum vorliegenden Vergrämungskonzept. Diese Abweichungen sind in Tab. 2 farbig markiert. Alleine für sechs Rammereignisse mit einer Gesamtdauer von 493 Minuten sind keine begleitenden Vergrämungsmaßnahmen dokumentiert (rot markiert in Tab. 2). Bei weiteren vier Rammereignissen mit einer Gesamtdauer von 357 Minuten fanden zwar im Vorwege Vergrämungsmaßnahmen statt, jedoch endeten diese zwischen einer und 51 Minuten vor Beginn der Rammarbeiten (blau markiert in Tab. 2). Weiterhin fanden fünf Vergrämungseinsätze mit einer Gesamtdauer von 7h 52 min statt, ohne dass Rammarbeiten durchgeführt wurden (grün markiert in Tab. 2).

Auch bei den Rammarbeiten mit begleitenden Vergrämungsmaßnahmen fanden z. T. erhebliche Abweichungen statt. So startete der Einsatz von Pingern zwischen 25 Stunden

und 10 Minuten vor Beginn der jeweiligen Rammaktivitäten. Auch blieben die Vergrämer zwischen zwei Rammereignissen mit zeitlichen Abständen von bis zu 31 Stunden ohne Rammschlag kontinuierlich im Wasser. So sind am 3., 6. und 19. August die Vergrämer über eine Dauer zwischen einem Tag und drei Tagen kontinuierlich eingeschaltet gewesen. In diesen Zeiten wurde aber nur maximal an fünf Stunden gerammt.

Dadurch, dass sich die Rammaktivitäten insbesondere bei der Gründung der REpower-Anlagen über mehrere Tage pro Fundament verteilen und die Vergrämungsmaßnahmen sehr unterschiedlich lange anhielten, ist eine Untersuchung mit dem Ziel, die Wirksamkeit der Vergrämungsmaßnahmen zu bewerten, kaum möglich. Viele Zeitperioden mit aktiver Vergrämung sind zudem durch die bereits zuvor durchgeführten Rammungen beeinflusst was eine belastbare statistische Analyse der reinen Vergrämungszeiten nur eingeschränkt ermöglicht. Neben dem Vergleich der Schweinswalaktivität in den drei Phasen „Stunde 1 bis 5 vor dem Start der Vergrämung“; „Stunden während der Vergrämung“ und „Stunden während der Rammung“ stützt sich dieser Bericht im Wesentlichen auf eine deskriptive Auswertung der Vergrämungszeiten.

Bericht über die Vergrämungsmaßnahmen bei „alpha ventus“

ID	pile	pinger start	sealscarer start	piling start	piling stop	sealscarer stop	pinger stop	Vergr.-Dauer [min]	Ramm-Dauer [min]	Anz. Schläge
1	AV12	24.04.2009 05:50	24.04.2009 06:15	24.04.2009 09:49	25.04.2009 00:21	24.04.2009 23:30	25.04.2009 00:30	1120	476	14665
2	AV11	01.05.2009 07:10	01.05.2009 07:30	01.05.2009 10:20	02.05.2009 04:22	02.05.2009 02:45	02.05.2009 02:45	1175	801	25208
3	AV10	18.05.2009 11:15	18.05.2009 11:30	18.05.2009 14:47	19.05.2009 00:28	19.05.2009 01:00	19.05.2009 07:00	1170	420	15828
4	AV7	21.05.2009 09:55	21.05.2009 10:05	21.05.2009 11:50	21.05.2009 22:58	22.05.2009 00:00	22.05.2009 00:40	885	475	17612
5	AV8	24.05.2009 07:50	24.05.2009 07:50	24.05.2009 10:15	24.05.2009 22:54	25.05.2009 02:30	25.05.2009 02:30	1120	419	16922
6	AV9	31.05.2009 12:18	31.05.2009 12:05	31.05.2009 14:18	31.05.2009 22:19	01.06.2009 04:20	01.06.2009 04:15	957	376	15994
7	AV1	15.06.2009 01:22	15.06.2009 01:22	15.06.2009 02:30	15.06.2009 03:49	15.06.2009 06:05	15.06.2009 06:05	283	23	?
8	AV1	16.06.2009 01:40	16.06.2009 01:50	16.06.2009 01:50	16.06.2009 03:49	16.06.2009 04:45	16.06.2009 04:45	185	?	?
9	AV1	16.06.2009 17:20	16.06.2009 17:30	16.06.2009 18:32	16.06.2009 22:05	16.06.2009 22:10	16.06.2009 22:20	300	128	1651
10	AV1	17.06.2009 13:00	17.06.2009 13:10	17.06.2009 13:51	17.06.2009 16:23	17.06.2009 13:50	17.06.2009 13:50	50	91	2184
11	AV1	21.06.2009 07:45	21.06.2009 07:55	21.06.2009 09:27	21.06.2009 20:53	21.06.2009 21:25	21.06.2009 21:25	820	89	1929
12	AV1	27.06.2009 14:23	27.06.2009 14:23	27.06.2009 15:02	27.06.2009 17:00	27.06.2009 14:53	27.06.2009 14:53	30	96	2100
13	AV1	28.06.2009 04:06	28.06.2009 04:06	28.06.2009 05:37	28.06.2009 07:01	28.06.2009 04:46	28.06.2009 04:46	40	84	1700
14	AV1	02.07.2009 09:10	02.07.2009 09:10	28.06.2009 22:15	29.06.2009 00:42	02.07.2009 10:30	02.07.2009 10:30	80	80	1819
15	AV6	02.07.2009 09:10	02.07.2009 09:10	02.07.2009 12:25	02.07.2009 13:28			60	63	?
16	AV6	03.07.2009 02:40	03.07.2009 02:40	03.07.2009 08:34	03.07.2009 10:04	03.07.2009 03:40	03.07.2009 03:40	60	77	1850
17	AV6	03.07.2009 02:40	03.07.2009 02:40	03.07.2009 08:34	03.07.2009 10:04	03.07.2009 17:10	03.07.2009 17:10	60	130	1850
18	AV6	03.07.2009 16:10	03.07.2009 16:10	03.07.2009 18:39	03.07.2009 21:18			345	50	1455
19	AV6	03.07.2009 16:10	03.07.2009 16:10	03.07.2009 18:39	03.07.2009 21:18	04.07.2009 06:00	04.07.2009 06:00	345	56	1550
20	AV6	04.07.2009 00:15	04.07.2009 00:15	04.07.2009 03:23	04.07.2009 04:13	05.07.2009 14:00	05.07.2009 14:00	195	81	2100
21	AV6	04.07.2009 00:15	04.07.2009 00:15	04.07.2009 03:23	04.07.2009 04:13	05.07.2009 14:00	05.07.2009 14:00	195	81	2100
22	AV6	05.07.2009 10:45	05.07.2009 10:45	05.07.2009 11:45	05.07.2009 13:33	05.07.2009 14:00	05.07.2009 14:00	68	86	2200
23	AV6	05.07.2009 10:45	05.07.2009 10:45	05.07.2009 11:45	05.07.2009 13:33	05.07.2009 14:00	05.07.2009 14:00	68	86	2200
24	AV6	05.07.2009 17:39	05.07.2009 17:39	05.07.2009 18:54	05.07.2009 20:36	05.07.2009 18:47	05.07.2009 18:47	68	86	2200
25	AV6	05.07.2009 23:55	05.07.2009 23:55	06.07.2009 01:06	06.07.2009 04:08	06.07.2009 04:30	06.07.2009 04:30	275	96	2801
26	AV2	14.07.2009 02:35	14.07.2009 02:35	14.07.2009 05:05	14.07.2009 18:13	14.07.2009 18:25	14.07.2009 22:00	1165	175	2030
27	AV2	14.07.2009 22:00	15.07.2009 00:55	15.07.2009 03:06	15.07.2009 18:19	15.07.2009 18:30	15.07.2009 18:30	1230	181	4255
28	AV2	17.07.2009 04:35	17.07.2009 04:35	17.07.2009 05:25	18.07.2009 09:52	18.07.2009 11:20	18.07.2009 11:20	1045	272	6292
29	AV3	25.07.2009 04:00	25.07.2009 04:00	25.07.2009 08:30	25.07.2009 08:35	25.07.2009 05:27	25.07.2009 05:27	87	5	?
30	AV3	25.07.2009 06:40	25.07.2009 06:50	25.07.2009 08:30	25.07.2009 08:35	25.07.2009 09:00	25.07.2009 09:00	140	5	?
31	AV3	25.07.2009 20:30	25.07.2009 20:30	25.07.2009 20:40	26.07.2009 01:40	26.07.2009 02:45	26.07.2009 02:45	375	103	?
32	AV3	28.07.2009 23:30	28.07.2009 23:40	29.07.2009 04:06	29.07.2009 06:30	29.07.2009 06:45	29.07.2009 06:45	435	144	2000
33	AV3	01.08.2009 12:00	01.08.2009 12:10	01.08.2009 19:24	02.08.2009 10:26	02.08.2009 12:30	02.08.2009 12:30	1470	187	4440
34	AV3	03.08.2009 12:45	03.08.2009 12:55	03.08.2009 15:05	04.08.2009 17:55	04.08.2009 19:00	04.08.2009 19:00	1815	144	3850
35	AV3	05.08.2009 10:50	05.08.2009 11:00	05.08.2009 11:49	05.08.2009 17:24	05.08.2009 18:50	05.08.2009 18:50	480	91	2611
36	AV5	06.08.2009 22:00	06.08.2009 22:00	07.08.2009 05:37	09.08.2009 09:41	09.08.2009 10:45	09.08.2009 10:45	3645	335	6170
37	AV5	10.08.2009 11:35	10.08.2009 11:45	10.08.2009 13:15	10.08.2009 15:07	10.08.2009 18:20	10.08.2009 18:20	405	76	1849
38	AV5	10.08.2009 21:00	10.08.2009 21:00	10.08.2009 22:41	11.08.2009 22:57	11.08.2009 22:00	11.08.2009 22:00	1500	187	3049
39	AV5	13.08.2009 17:50	13.08.2009 18:00	14.08.2009 00:20	14.08.2009 01:10	14.08.2009 02:00	14.08.2009 02:00	490	40	991
40	AV4	19.08.2009 18:35	19.08.2009 18:45	20.08.2009 20:34	21.08.2009 11:04	21.08.2009 18:50	21.08.2009 18:50	2895	143	5226
41	AV4	22.08.2009 14:05	22.08.2009 14:15	22.08.2009 09:20	22.08.2009 11:15	22.08.2009 18:35	22.08.2009 18:35	87	87	2924
42	AV4	22.08.2009 14:05	22.08.2009 14:15	22.08.2009 14:58	22.08.2009 16:35	22.08.2009 18:35	22.08.2009 18:35	270	41	1520
43	AV4	23.08.2009 10:00	23.08.2009 10:10	23.08.2009 13:45	23.08.2009 14:18	23.08.2009 16:30	23.08.2009 16:30	390	33	27
44	AV4	25.08.2009 06:00	25.08.2009 06:10	25.08.2009 06:40	26.08.2009 03:52	26.08.2009 04:00	26.08.2009 04:00	1320	264	9663

Tab. 2: Alle Vergrämungsereignisse während der Gründung von alpha ventus. Rot markierte Zeilen zeigen Rammereignisse an, die nicht von Vergrämungsmaßnahmen begleitet waren; grüne Zeilen zeigen den Einsatz von Vergrämungsmaßnahmen, ohne dass es zu Rammungen kam. Blaue Zeilen zeigen Rammereignisse an, an denen Vergrämungsmaßnahmen vor dem Beginn der Rammung aufhörten. Alle Zeiten in UTC

3. ERGEBNISSE

3.1. POD-Daten

3.1.1 Aufzeichnungsdauer der ausgebrachten T-PODs

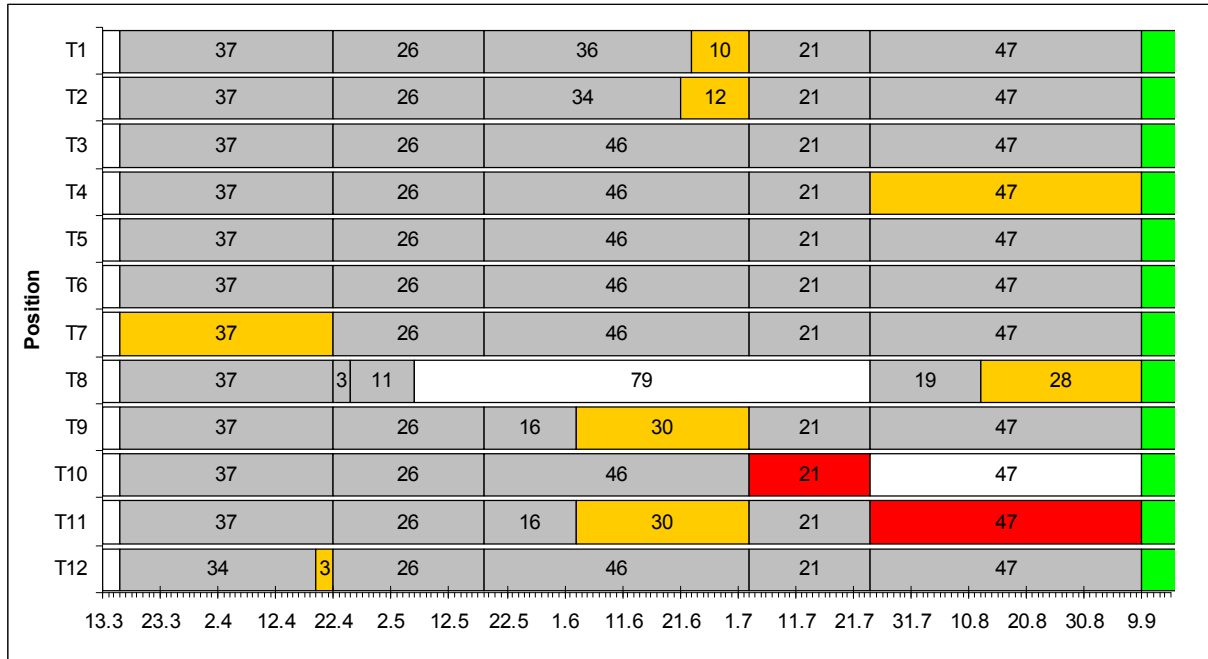


Abb. 7: Aufzeichnungsdauer von POD-Daten in 2009 im Seegebiet von alpha ventus. Weiße Balken: kein Gerät im Wasser; graue Balken: auswertbare Daten; orange Balken: Gerät im Wasser, aber keine auswertbaren Daten; rote Balken: Gerät verloren.

Zwischen dem 16. März und dem 9. September 2009 konnten an insgesamt 1.733 Tagen an den 12 verschiedenen Stationen Daten mit den T-PODs aufgezeichnet werden (entspricht 82 % der insgesamt möglichen Zeit, Abb. 7). Materialverluste durch Fischerei, sowie Geräte-Defekte führten teilweise zu Erfassungslücken. Mit nur zwei Geräteverlusten war die Verlustrate im zweiten Untersuchungsjahr bisher gering.

3.1.2 Saisonalität

In Abb. 8 ist für jeden Tag die mittlere Anzahl PP10M/Tag für die jeweiligen vier Teilgebiete Eingriffsgebiet (1), Referenzgebiet nah (2), Referenzgebiet Nord (3) und Borkumriffgrund (4) dargestellt. Es zeigt sich ein stetiger Wechsel von Tagen mit hoher und geringer Schweinswalaktivität. In den drei Gebieten 1, 2 und 3 ist ein deutliches Aktivitätsminimum im Sommer zu erkennen.

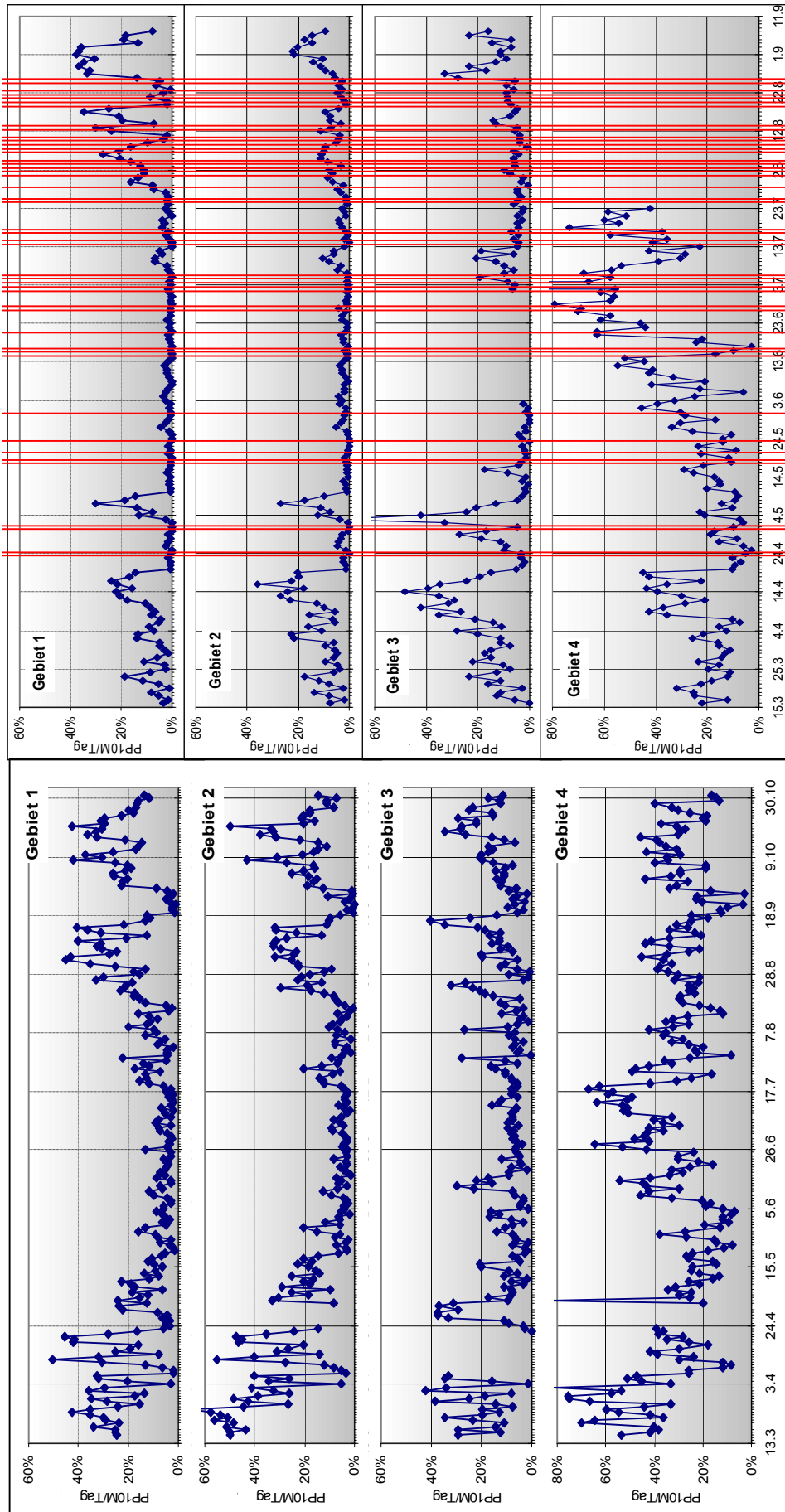


Abb. 8: Mittlere Anzahl PP10M/Tag für die vier Teilgebiete zwischen 16.3. und 09.09.2009 (oben) und zwischen 16.3. und 30.10.2008 (unten). Rote senkrechte Striche zeigen Tage mit Rammaktivitäten an.

Die Abbildung zeigt weiterhin, dass in allen vier untersuchten Teilgebieten sehr ähnliche saisonale Muster in 2008 und 2009 festgestellt wurden. Insbesondere die Teilgebiete 1 bis 3 zeigen übereinstimmend hohe Werte im zeitigen Frühjahr (Ende März, Anfang April), geringe Werte während des Frühjahrs und Frühsommers und wiederum ansteigende Werte im August/ September. Dieses Muster spiegelt sich jedoch in Gebiet 4 (Borkum-Riff) nicht wider. Dort wurden generell wesentlich höhere Aktivitätswerte als in den anderen Gebieten festgestellt. Auch zwischen den beiden Jahren zeigen sich hier Unterschiede mit zunehmender akustischer Aktivität von Anfang April bis Ende Juli in 2009, während in 2008 kein einheitlicher Trend erkennbar war.

3.1.3 Auswirkungen der Vergrämungsmaßnahmen

Zur Bewertung der Vergrämungsmaßnahmen sind in Abb. 9 die mittleren PPM/Stunde für vier verschiedene Abstandsklassen für die drei Untersuchungszeiträume „vorher“ (je 5 Stunden vor Start der Vergrämungsmaßnahmen); „Vergrämung“ (Stunden mit Einsatz von Vergrämern) und „Rammung“ als Stunden während eines Rammereignisses aufgetragen.

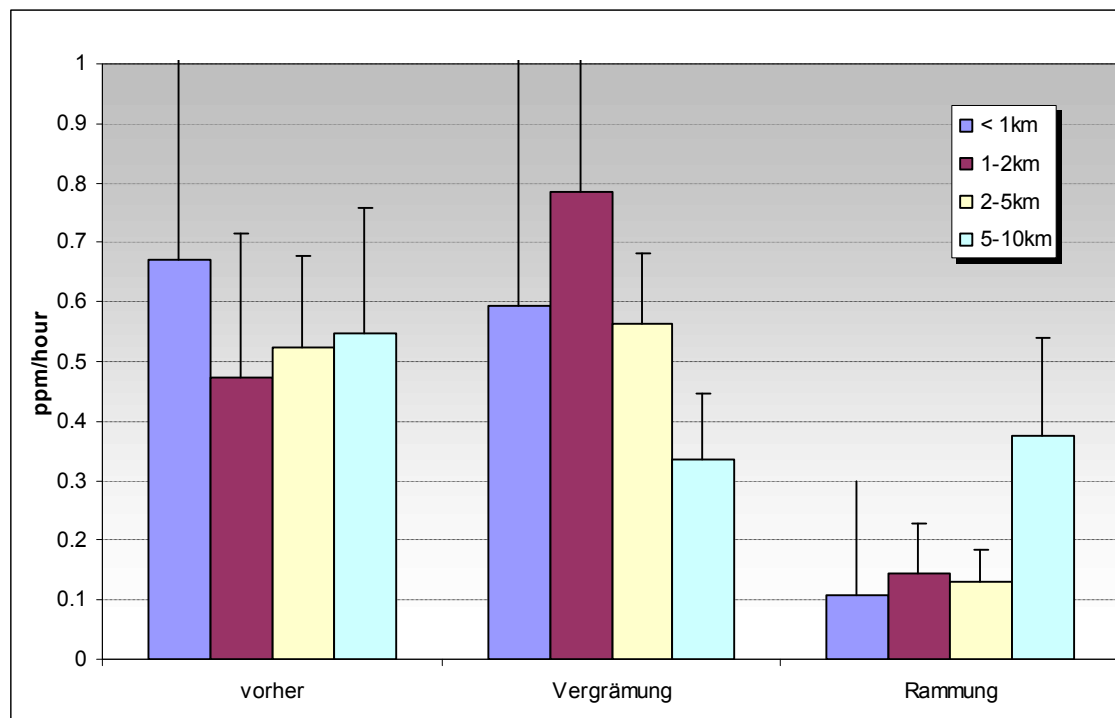


Abb. 9: Mittlere Anzahl PPM/Stunde für die jeweiligen Abstandsklassen vom Rammort der Windkraft-Fundamente während der drei verschiedenen Zeiträume vor und während der Vergrämungsmaßnahmen und während der Rammarbeiten. Fehlerbalken zeigen das 95%-Konfidenzintervall an.

Es zeigt sich, dass zwischen den 5 Stunden vor dem Einsatz der Vergrämungsgeräte und den Stunden, an denen die Vergrämer aktiv waren, kein signifikanter Unterschied besteht (U-Test: $Z = 0.51$, $df = 1750$, $p = 0.6$). Dagegen kann ein signifikanter Unterschied zwischen der

gemessenen Schweinswalaktivität während der Zeit der Vergrämung und während der Rammung festgestellt werden (U-Test: $Z = -7.3$, $df = 2150$, $p < 0.01$).

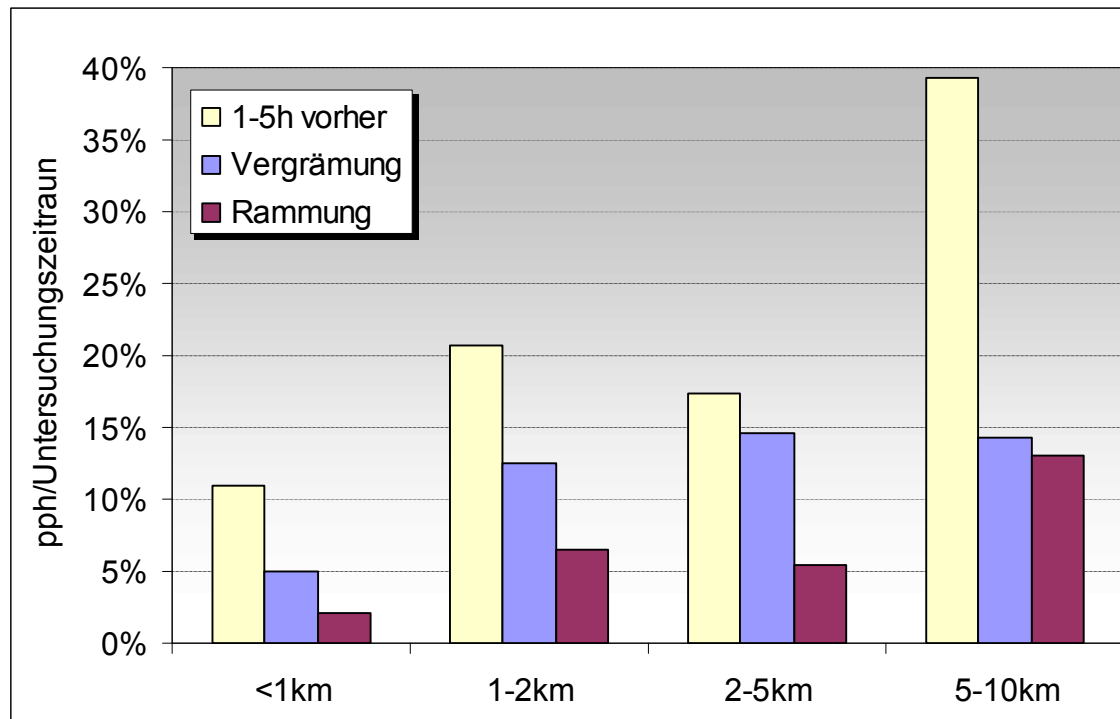


Abb. 10: Mittlere Schweinswalaktivität in PPH/Untersuchungszeitraum ein bis fünf Stunden vor, während der Vergrämungsmaßnahmen und während der Rammperiode in verschiedenen Entfernungsklassen zur jeweiligen Baustelle.

Insgesamt ist jedoch zu beachten, dass die gemessenen Werte sehr niedrig lagen. So konnten nur 323 Stunden (von insgesamt 2,390) mit Schweinswalaktivität während der Vergrämungsmaßnahmen in einem Abstand näher als 10 km zur Baustelle gemessen werden (entspricht 13 % PPH/Vergrämungszeitraum). Im Vergleich lag die mittlere Anzahl PPH/Gesamtuntersuchungszeitraum gepoolt über alle Positionen bei 28 %. Noch geringer war die Aktivität näher zur Baustelle, was Abb. 10 verdeutlicht. Unterhalb eines Kilometers wurden nur noch in 5 von 101 Stunden Schweinswale während der Vergrämungsmaßnahmen registriert (entsprechend 5 % PPH/Vergrämungszeitraum). Insgesamt kann der zeitlich nicht so hoch auflösende Parameter schweinswalpositive Stunde pro Untersuchungszeitraum einen deutlicheren Effekt zeigen (Abb. 10), wobei noch immer der Unterschied zwischen den ein bis fünf Stunden vor Beginn der Vergrämungsmaßnahme und der Vergrämungsmaßnahme selbst nicht signifikant ist.

Interessanterweise lag die mittlere Aktivität während der Stunden mit Schweinswalaktivität näher an der Baustelle höher als in größerem Abstand. So lag die mittlere Aufenthaltsdauer (gemessen in ppm/Stunde) während der Vergrämungsmaßnahmen in den 5 Stunden mit Schweinswalaktivität unterhalb eines Kilometers zur Baustelle bei 12 Minuten pro Stunde (alle bei Position T1 an der FINO 1 Plattform). Bei 5-10 km Entfernung zur Baustelle lag der Wert während der Vergrämungsmaßnahmen bei nur noch 2 Minuten pro Stunde (Abb. 11).

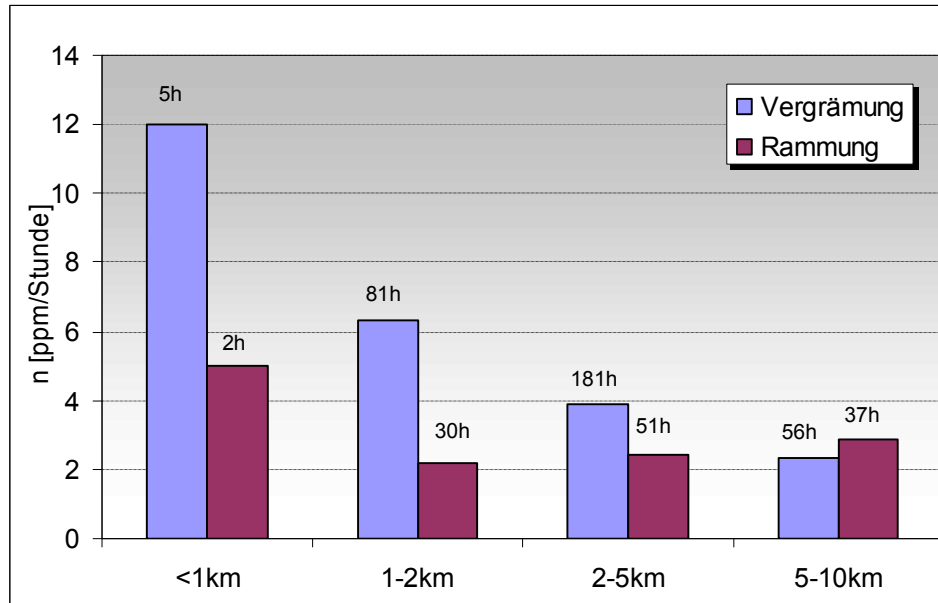


Abb. 11: Anzahl Schweinswalpositiver Minuten pro Stunde (ppm/h) in den Stunden mit gemessener Schweinswalaktivität während der Vergrämungsmaßnahmen und während der Rammperiode in verschiedenen Entfernungsklassen zur jeweiligen Baustelle.

Während der Rammarbeiten konnten im Distanzbereich von weniger als 1 km zur Baustelle nur in zwei Stunden (von 94 Stunden) Schweinswale registriert werden. Jedoch wurde in einer der beiden Stunden für neun aufeinander folgende Minuten Schweinswalklicks registriert (an Position T1 an der FINO 1 Plattform).

Der Parameter pph/Aufzeichnungszeit zeigt deutlich zunehmende Schweinswalaktivität auch während der Rammzeiten mit zunehmendem Abstand zur Baustelle. Hierzu wird eine genaue Analyse der Daten im Abschlussbericht folgen. Grundsätzlich lag die gemessene Schweinswalaktivität aber bis in eine Entfernung von 5 km während der Rammarbeiten deutlich niedriger als während der Vergrämungsmethoden.

Eine genaue Analyse der gemessenen Schweinswalaktivität während der Vergrämung und Rammung der Anlage AV5 ist beispielhaft in Abb. 12 dargestellt. Das Messgerät an Position T1 lag 1400 m entfernt von der Baustelle, das Gerät an T2 1850 m und das Gerät an T3 1950 m. Alle PODs zeichneten in der dargestellten Zeit Schweinswale auf.

Es ist in Abb. 12 deutlich zu erkennen, dass während der Rammphasen keine oder nur wenige Tiere aufgezeichnet wurden. In den Zeiten zwischen den jeweiligen Rammereignissen jedoch waren regelmäßig Tiere anwesend.

Auffallend ist, dass während der ersten Vergrämungs- und Rammphase kein Tier aufgezeichnet wurde aber bereits in der dritten Stunde nach dem Ende der ersten 57minütigen Rammphase, in der pin piles zur Befestigung des Jacket-Rahmens gerammt wurden, an zwei von drei POD-Positionen Tiere anwesend waren. An Position T1, die nur 100 von der Forschungsplattform FINO 1 entfernt liegt und 1400 m von der Baustelle, wurden wenige Stunden nach der ersten Rammung sogar bis zu 50 % ppm/h aufgezeichnet. Ein Wert, der auf hohe relative Schweinswaldichten schließen lässt. Laut Vergrämungsprotokoll soll aber in der fast 33stündigen Pause zwischen den beiden ersten Ramm-Ereignissen die Vergrämung kontinuierlich weiter gelaufen sein. Hier erscheint es

fraglich, ob die Vergrämungsmaßnahmen tatsächlich weiterliefen oder es scheint von Vergrämungsgeräten kein abschreckender Effekt in einer Entfernung über 1000 m auf die Tiere auszugehen.

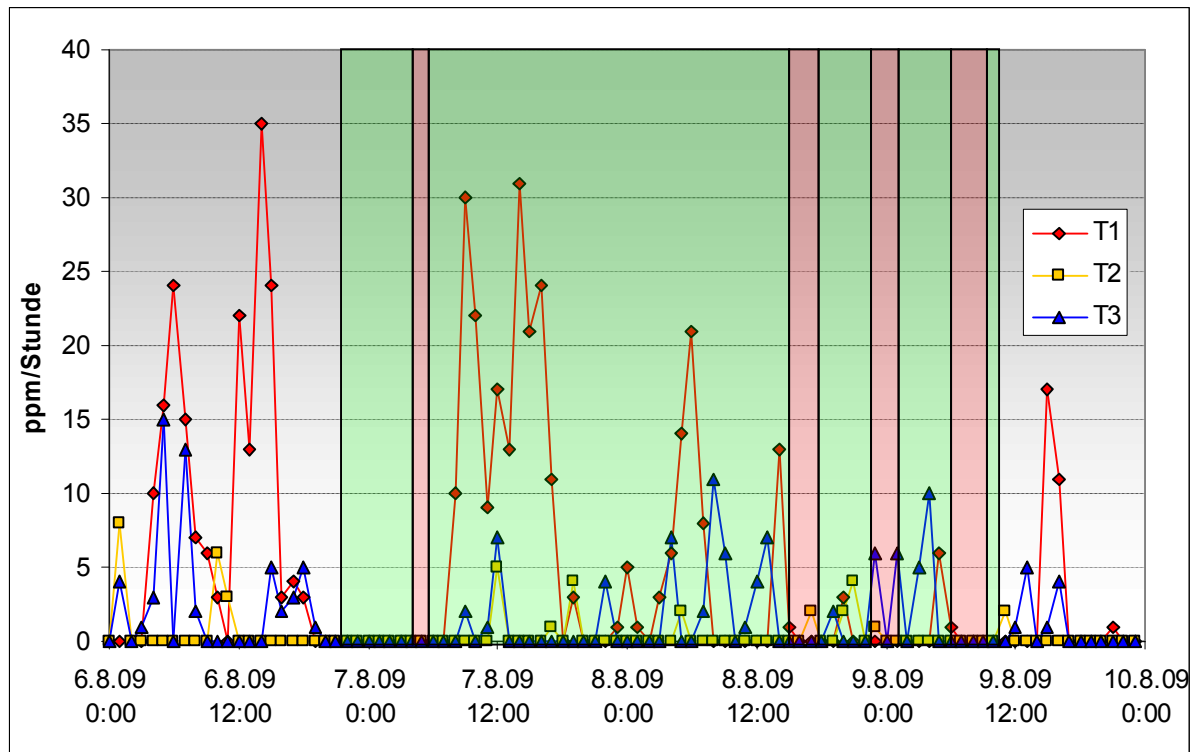


Abb. 12: Gemessene Schweinswalaktivität in ppm/h an drei Messpositionen während der Gründung des Fundaments von AV5 am 7. und 8. August 2009. Grün hinterlegt ist die Zeit während der Vergrämungsmaßnahmen und rot hinterlegt ist die Zeit während der Rammphase.

3.2. Ergebnisse der Kontrollflüge

Am 19.09.2008 wurde um 11:50 Uhr (lokal) mit der Vergrämung mit Pingern an drei Seiten der Odin in 15m Tiefe begonnen. Um 12:00 Uhr wurde mit der Vergrämung mit seal scarer auf der dem Jacket zugewandten Seite begonnen. Um 12:31 startete das Kartierungsflugzeug auf Borkum. Um ca. 12:45 bis 13:07 wurde der Kontrollflug im Baugebiet bei ca. seastate 2 durchgeführt. Es konnten keine Meeressäuger im Baugebiet festgestellt werden. Um ca. 13:15 verließ das Kartierungsflugzeug das Baugebiet. Nachdem die Transektlinien abgeflogen wurden, wurde das Kartierungsergebnis über den Tower des Flugplatzes Borkum an die Bauleitung „alpha ventus“ weitergeleitet, nachdem in 1.750 Fuß Flughöhe Funkkontakt mit dem Tower Borkum möglich wurde. Um 13:18 wurde die Rammung begonnen.

Laut Protokoll startete die Vergrämung am 18.05.2009 entgegen dem Vergrämungskonzept um 13:15 Uhr mit dem Einsatz des Sealscarers. Um 13:30 Uhr wurden Pinger dazu geschaltet. Um 13:51 Uhr startete das Kartierungsflugzeug in Emden. Um ca. 14:13 bis 14:32 wurde der Kontrollflug bei seastate 3-4 im Baugebiet durchgeführt. Es konnten keine Meeressäuger im Baugebiet festgestellt werden. Um ca. 14:37 verließ das

Kartierungsflugzeug das Baugebiet. Nachdem die Transektlinien abgeflogen wurden, wurde das Kartierungsergebnis über den Tower des Flugplatzes Borkum an die Bauleitung „alpha ventus“ weitergeleitet, nachdem in 1.750 Fuß Flughöhe Funkkontakt mit dem Tower Borkum möglich wurde. Dieser Prozess dauerte insgesamt nur wenige Minuten.

Die Rammarbeiten starteten jedoch erst um 16:47 und damit mehr als zwei Stunden nach Beendigung des Kontrollfluges.

Während der beiden Kontrollflüge (in 2008 und 2009) wurden keine Meeressäugetiere im Nahbereich der Baustelle festgestellt, so dass die Rammung nach der Benachrichtigung der Bauleitung durchgeführt werden konnte.



Abb. 13: Baufeld „alpha ventus“ nach der Befliegung zur Effizienzkontrolle der Vergrämungsmaßnahmen am 18.05.2009 vor Beginn der Rammarbeiten (Foto: M. Laczny)

3.3. Geräusche der akustischen Vergrämungsgeräte

In Abb. 14 ist ein typisches Impulsmuster dargestellt. Die variable Amplitude wird nicht durch das Gerät verursacht, sondern durch Schwankungen der Schallausbreitung, möglicherweise auch durch Bewegungen des Schallgebers in der Strömung.

Bei der Messentfernung von 1300 m liefert die sog. Thiele-Formel für 14 kHz eine Ausbreitungsdämpfung von 58.4 dB, siehe auch Abb. 15. Die in Abb. 14 gezeigten Messwerte vom 01.08. von rund 140 dB würden damit einem Quellpegel von 198 dB entsprechen. Allerdings stellen die Messwerte in Abb. 14 ein Beispiel für die höchsten beobachteten Lautstärken dar. Am 29.07. und 02.08. etwa war der Pegel des seal scarers bei gleicher Messposition und –entfernung mit ca. 110 dB um bis zu 30 dB niedriger und nur schwach aus der Geräuschbelastung der Baustelle (Schiffsgeräusche) herauszuhören (Betke pers. Mitt.). In Abb. 15 zeigt die untere Kurve die zu erwartende Schallpegelabnahme bei dem Messwert von 110 dB. Die Gründe für diese enormen Schwankungen in der gemessenen Lautstärke des seal scarers sind nicht bekannt. Möglicherweise sind hierfür Abschattungseffekte durch Schiffe oder Bauplatzformen verantwortlich.

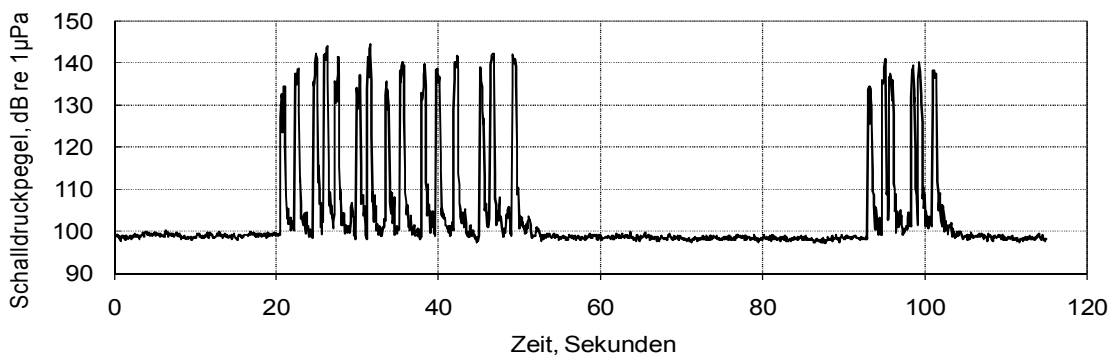


Abb. 14: Typisches Impulsmuster des Lofitech Seal scarers, Darstellung als Schallpegel (L_{eq} über 75 ms). Messzeit: 01.08.2009 14:45 UTC. Messposition: T2 bei nördlicher Baustellentonne.

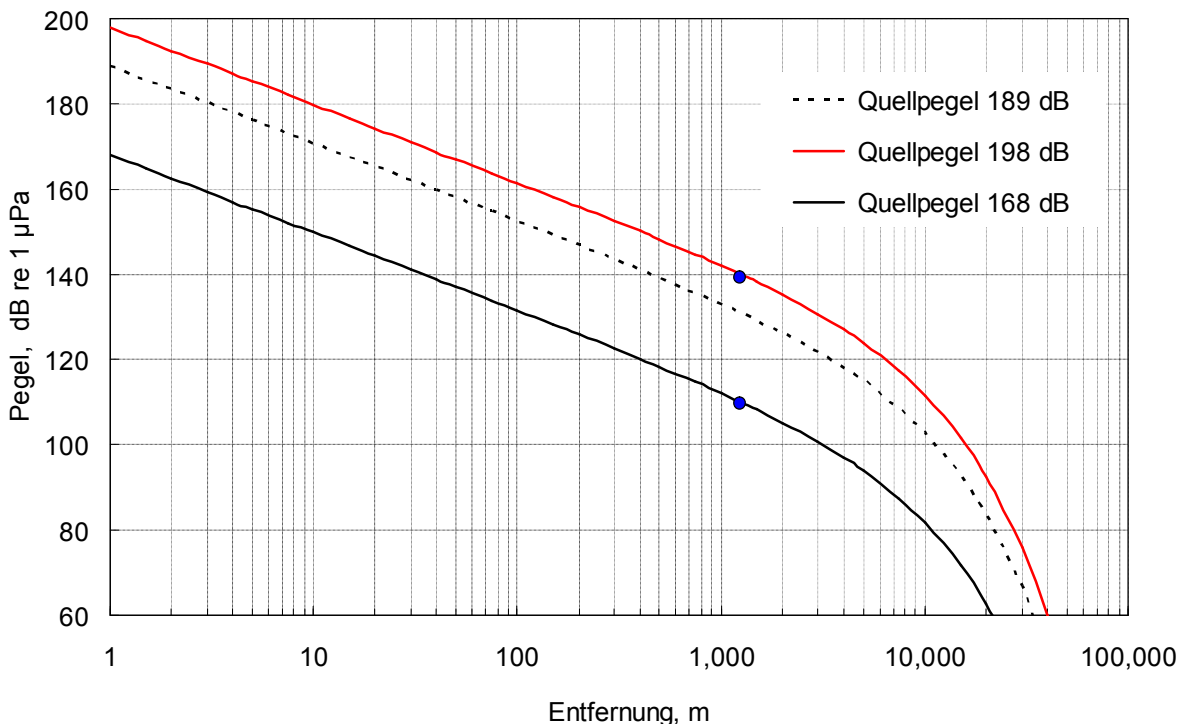


Abb. 15: Zu erwartende Abnahme des Schallpegels des Lofitech Seal scarers mit der Entfernung nach der sog. Thiele-Formel bei einem angenommenen Quellpegel von 189 dB und bei den Quellpegeln, die nach den Messungen in 1300 m Entfernung (blauer Punkt) berechnet wurden (Betke pers. Mitt.).

Das Ergebnis zeigt, dass unter Voraussetzung, dass die Schallhintergrundbelastung vergleichbar war wie es Betke & Schultz-von Glahn (2008) für das Seegebiet alpha ventus im Jahr 2008 (ohne Bauaktivitäten) nachweisen konnten, der seal scarer für Schweinswale bis zu einer Lautstärke von ca. 80 dB hörbar gewesen ist, was einer Entfernung zwischen 10 km (bei 168 dB Quellpegel) und ca. 28 km (bei 198 dB Quellpegel) entspricht.

Folgt man der Argumentation von Olesiuk et al. (2002), die die Reaktion von Schweinswalen auf seal scarer an der kanadischen Westküste untersuchten, so tritt eine deutliche Flucht- bzw. Vermeidungsreaktion nahezu aller Tiere bei einem Schallpegel auf, der ca. 90 dB über dem entsprechenden Hörvermögen liegt. Bei dem hier eingesetzten Lofitech seal scarer, der auf einer Frequenz von 14 kHz sendet, läge diese vermutete Schwelle, bei der alle Tiere flüchten, demnach bei ca. 140 dB (analog zu den Audiogrammen nach Andersen (1970) und Kastelein et al. (2002)).

Legt man diese 140 dB als Grenze für deutliche Fluchtreaktionen aller Schweinswale an, so liegt diese Entfernung nach Abb. 15 bei alpha ventus zwischen 35 m und 1300 m.

4. DISKUSSION

Die akustische Erfassung der Schweinswalaktivität mit Hilfe der T-PODs für das Jahr 2009 ist mit 82 % der maximal möglichen Zeit bis Anfang September vergleichbar gut wie im Jahr 2008. Der saisonale Verlauf an PP10M/Tag als Parameter für die relative Schweinswaldichte zeigt in den drei dem Baugebiet nahe liegenden Teilgebieten eine erstaunliche hohe Übereinstimmung in beiden Jahren. Die Tiere scheinen das Planungsgebiet im Frühjahr zu verlassen und wandern im Spätsommer (August/September) wieder ein. Eine genaue Analyse dieses Parameters und des saisonalen Vorkommens wird im Endbericht für 2009 folgen. Es zeigt sich jedoch bereits jetzt, dass trotz der im August noch zahlreich auftretenden Rammereignisse zunehmende Schweinswaldichten auch im Baugebiet auftraten.

Dieser Bericht zielt darauf ab, die im Rahmen der Bauarbeiten von alpha ventus durchgeführten Vergrämungsmaßnahmen zur Vertreibung von marinen Säugetieren aus dem Nahbereich der Baustelle zu bewerten. Vorgabe für die Vergrämungsmaßnahmen war das von Nehls (2008) vorgelegte Vergrämungskonzept, das auf den Einsatz von drei verschiedenen Vergrämungsmethoden setzt. Ca. 40 Minuten vor Rammbeginn sollten an der Baustelle drei Pinger zu Wasser gelassen werden, es folgten 10 Minuten später ein seal scarer und die 30 Minuten später startenden Rammarbeiten sollten zunächst mit einem so genannten „soft-start“ starten, wobei nur 10 % der möglichen Ramm-Energie eingesetzt werden, bevor die Hammerschläge energie- und damit auch schallintensiver werden.

Die Rammprotokolle zeigen, dass zum großen Teil dem Vergrämungskonzept gefolgt wurde. Es kam jedoch insbesondere während der Gründungsarbeiten der Repower-Anlagen zu Abweichungen von dem Vergrämungskonzept, in dem bei sieben Rammereignissen mit einer Gesamtdauer von mehr als acht Stunden keine Vergrämungsmaßnahmen stattfanden. Umgekehrt kam es zu fünf Einsätzen der Vergrämer mit fast acht Stunden Dauer, ohne dass Rammarbeiten stattfanden. Weitere vier Rammarbeiten hatten Vergrämungsmaßnahmen im Vorfeld der eigentlichen Rammphase, jedoch stoppten die Vergrämungsmaßnahmen noch bevor die Rammschläge starteten.

Die beiden Flugzeugetfassungen erbrachten keine Sichtungen im Nahbereich der Baustellen, so dass davon ausgegangen werden kann, dass zu diesem Zeitpunkt die Dichte von Schweinswalen im Beobachtungsgebiet sehr gering war. Da die Tiere bis zu 60 % der Zeit tiefer als 2 m abgetaucht sein können (Teilmann 2000), kann durch die Methode der Kontrollflüge jedoch nicht völlig ausgeschlossen werden, dass sich einzelne Tiere doch im Untersuchungsgebiet aufgehalten haben könnten. Zudem lag der seastate bei dem Kontrollflug in 2009 bei 3-4, und damit über dem als „gute Erfassungsbedingungen“ definierten seastate (Diederichs et al. 2002). Kontrollflüge, die flugzeugbedingt bei einer Geschwindigkeit von ca. 175 km/h durchgeführt werden müssen, stellen keine optimale Methode dar, um das Nichtvorhandensein von Schweinswalen nachzuweisen.

Für die Fragestellung des Monitorings von Vergrämungseffekten eignet sich die Methode des passiven akustischen Monitorings wesentlich besser. Damit werden zeitlich sehr hoch

aufgelöste Daten erzielt, die mit den Vergrämungs- und Rammzeiten in Verbindung gesetzt werden können.

Dadurch, dass die Rammarbeiten sehr oft unterbrochen waren (oftmals nur wenige Minuten Rammschläge unterbrochen von vielen Stunden Pause) machen eine Datenanalyse hinsichtlich der Auswirkungen explizit der Vergrämungsmaßnahmen sehr schwierig und statistisch absicherbare Aussagen über die Effektivität dieser Maßnahmen unmöglich.

Insbesondere die Schwierigkeit der zeitlichen Trennung von „Vergrämungszeiten“, die unbeeinflusst von vorherigen Rammphasen sind, machen auch mit der Methode des statisch akustischen Monitorings eine abschließende Bewertung der Vergrämungsmaßnahmen kaum möglich. Dazu müsste ein kontrolliertes Experiment durchgeführt werden, wie es derzeit von BioConsult SH im Auftrag des BMU durchgeführt wird (FKZ 0325141).

Ein Vergleich der Schweinswalaktivität während der Stunden mit Vergrämungsmaßnahmen mit den fünf Stunden vor dem Beginn der jeweiligen Vergrämungsmaßnahmen zeigt keinen statistisch signifikanten Unterschied auf der Basis von PPM/Stunde. Dass kein Vertreibungseffekt feststellbar ist, kann daran liegen, dass die von den Vergrämungsgeräten ausgesendeten Störsignale eine zu geringe Reichweite und/oder Wirkung auf die Tiere haben. Bisherige Untersuchungen an Pingern konnten einen räumlich sehr kleinen und lokalen Effekt nachweisen, weshalb diese Geräte auch im Bereich der Stell- und Grundschleppnetzfisherei angewendet werden, um die Tiere aus dem Nahbereich der Geräte (und damit weg von den Fischernetzen) zu halten (Übersicht siehe bei Gordon et al. 2007).

Auch die bei alpha ventus durchgeführten Schallmessungen konnten keine Geräusche der Pinger in einer Entfernung von 2.300 m nachweisen.

Über die Wirksamkeit von seal scarern auf Schweinswale gibt es bisher nur wenige Untersuchungen. Olesiuk et al. (2002) konnte einen negativen Effekt von seal scarern auf Schweinswale bis zu einer Entfernung von 3,500 m nachweisen. Johnsten et al (2002) konnte ebenfalls einen negativen Effekt auf Schweinswale nachweisen. Über Sichtbeobachtungen von einer Klippe konnten die Autoren zeigen, dass sich die Annäherung von Schweinswalen an einen aktiven seal scarer um mehr als 600 m vergrößert. Robertson et al. (2004) konnten mit Hilfe von T-PODs einen Vertreibungseffekt durch seal scarer auf Schweinswale in ca. 1 km Entfernung zu den Geräten nachweisen.

Diesen Studien zufolge sollten insbesondere seal scarer einen Vertreibungseffekt auf Schweinswale auslösen. Dass dieser Effekt hier nicht erkennbar ist, kann verschiedene Gründe haben:

Die Ergebnisse der Schalluntersuchung von Betke et al. 2009 zeigen, dass der seal scarer eine starke Varianz in der Hörbarkeit aufwies und nach theoretischen Überlegungen eine deutliche Fluchtreaktion zwischen 35 m und 1.300 m erwarten lässt. Möglicherweise liegt also die nachweisbare Fluchtdistanz unterhalb von 1000 m. In einer solchen kurzen Entfernung waren kaum Messgeräte zum Rammort ausgebracht.

Aber auch der intensive Baustellenverkehr in Verbindung mit den rammvorbereitenden Arbeiten (Aufstellen des Pfahls, Verankern der Kranschiffe, etc.) kann sowohl im Nahbereich als auch bis in mehrere Kilometer Entfernung zu einer Vertreibung der Tiere vor Beginn der Vergrämungsmaßnahmen geführt haben. Die mittlere relative Dichte während der Vergrämungsmaßnahmen wie auch der 5 Stunden vor Beginn der Vergrämung liegt mit 0.5

ppm/Stunde dreifach niedriger als die mittlere Anzahl ppm/Stunde über alle Daten aus 2009. Im zeitlich etwas größeren Parameter pph/Untersuchungszeitraum zeigt sich ein deutlicher Gradient mit geringster Aktivität im Nahbereich der Baustelle sowohl während der Vergrämung als auch während der Rammung. Dieser Unterschied zum zeitlich höher auflösende Parameter ppm/Stunde kann sich durch das längere Verweilen einzelner Tiere im Erfassungsradius der PODs erklären. Wurden Schweinswalsignale während der Vergrämungsmaßnahmen aufgezeichnet, so wurden diese Signale im Nahbereich der Baustelle im Mittel 12 Minuten pro Stunde aufgezeichnet. Dieser Wert nimmt mit zunehmender Entfernung von der Baustelle ab.

Dieses Phänomen kann verschiedene Ursachen haben. Einerseits ist festzustellen, dass vor allem die Position T1 in nur 100 m Entfernung zur bestehenden Plattform FINO1 überproportional viele Stunden während der Vergrämungs- und Rammaktivitäten mit oftmals langen Schweinswalaufzeichnungen hat. Hier kann vermutet werden, dass das künstliche Riff der Plattform eine hohe Attraktivität auf die Tiere ausübt, da sie sich hier Nahrungsquellen erschließen können. Ähnliche Beobachtungen konnten Todd et al. 2009 an Ölbohrinseln und Diederichs et al. (2008) in dänischen Offshore-Windparks feststellen.

Andererseits konnte Shapiro et al. 2008 experimentell nachweisen, dass die Schallausbreitung von seal scarern nicht immer geometrischen Ausbreitungsvorhersagen folgt und daher die Tiere den Ursprung des Schalls möglicherweise nicht lokalisieren können. Somit kann auch keine von der Schallquelle weggerichtete Fluchtbewegung erfolgen. Hierzu bedarf es aber dringend weiterer Untersuchungen wie Schallmessungen und Experimente zur Reaktion von Schweinswalen auf seal scarer.

Ein deutlicher Effekt der Vergrämungsmaßnahmen im Vergleich zu der Zeit von 5 Stunden vor Beginn der Vergrämungsmaßnahme konnte nicht nachgewiesen werden.

Trotzdem zeigte sich, dass sich nur sehr wenige Tiere im Gefährdungsbereich um die Baustelle aufgehalten haben. Somit kann von einer erfolgreichen Vergrämung gesprochen werden, auch wenn diese vermutlich nicht allein von den dafür eingesetzten Geräten ausging.

Es wird für zukünftige Projekte empfohlen, die Vergrämungsmaßnahmen besser zu koordinieren, um weniger Abweichungen zum vorgeschlagenen Konzept zu bekommen.

Ein Nachweis der Effektivität von Vergrämungsmaßnahmen kann nur durch einen darauf abgestimmten experimentellen Ansatz erbracht werden. Dies wird derzeit von BioConsult SH im Auftrag des BMU getestet.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Die Stiftung Offshore-Windenergie beauftragte BioConsult SH im Rahmen der Errichtung des Windparks „alpha ventus“ mit T-POD Untersuchungen zum Schutzgut Schweinswale. Die Untersuchungen beinhalten die Datenerhebung mittels T-PODs an 12 verschiedenen Stationen gemäß den Vorgaben des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie. In diesem Bericht werden die Reaktionen von Schweinswalen auf die Vergrämungsmaßnahmen während der Gründung der Windmühlenfundamente zwischen April und August 2009 beschrieben.

Die Schweinswalaktivität im Seegebiet von „alpha ventus“ zeigte 2009 den gleichen ausgeprägten saisonalen Verlauf mit Maximalwerten im zeitigen Frühjahr (März) und im Herbst (September) wie im Jahr 2008 (Diederichs et al. 2009). Ein Minimum wurde zwischen April und Juli erreicht. Trotz der geringen (relativen) Dichten im Sommer wurde an nahezu allen Tagen mindestens ein Schweinswal registriert. Im Bereich des Natura 2000-Gebietes Borkum Riffgrund lag die Schweinswalaktivität im Mittel zwei- bis dreifach höher und wies 2009 stetig steigende Schweinswalaktivität zum Spätsommer hin auf. Im Jahr zuvor konnte hier kein ausgeprägter saisonaler Verlauf festgestellt werden.

Die Rammprotokolle zeigen, dass zum großen Teil dem Vergrämungskonzept gefolgt wurde. Es gab jedoch auch deutliche Abweichungen, in dem bei sechs Rammereignissen mit einer Gesamtdauer von mehr als acht Stunden keine Vergrämungsmaßnahmen stattfanden und umgekehrt bei fünf Einsätzen der Vergrämer mit fast acht Stunden Dauer keine Rammarbeiten stattfanden. Weitere vier Rammereignisse hatten Vergrämungsmaßnahmen im Vorfeld, jedoch stoppten die Vergrämungsmaßnahmen noch bevor die Rammschläge starteten.

Bereits fünf Stunden vor Beginn und auch während der Vergrämungsmaßnahmen wurden im Nahbereich der Baustelle (unter 5 km) nur wenige Schweinswalklicks registriert. Auf der Basis von „Schweinswalpositiven Stunden“ zeigt sich ein schwach ausgeprägter Gradient mit geringsten Werten nahe zur Baustelle und auch weniger Schweinswalregistrierungen während der Vergrämungszeit verglichen mit den fünf Stunden vorher. Während der Rammarbeiten nahm die Anzahl an Schweinswalregistrierungen signifikant weiter ab, so dass im Bereich von weniger als 1000 m nur noch 2 von 94 Stunden mit Schweinswalregistrierungen zu verzeichnen waren.

Insgesamt konnte sicher gestellt werden, dass sich kaum noch Schweinswale im Nahbereich von weniger als zwei Kilometern zur Baustelle aufhielten. Welchen Anteil an der Vertreibung der Schweinswale die Vergrämungsmaßnahmen hatten, ist aufgrund des nicht auf diese Fragestellung hin ausgerichteten Designs der POD-Studie nur eingeschränkt zu bewerten.

Die Flugzeugzählungen zeigten keine Sichtungen von Schweinswalen. Es bleibt festzustellen, dass Kontrollflüge, die flugzeugbedingt bei einer Geschwindigkeit von ca. 160

bis 175 km/h durchgeführt werden müssen, keine optimale Methode darstellen, um das Nichtvorhandensein von Schweinswalen nachzuweisen.

REFERENZEN

- Akamatsu, T., J.T. Teilmann, L.A. Miller, J. Tougaard, R. Dietz, D. Wang, K. Wang U. Siebert & Y. Naito (2007) Comparison of echolocation behaviour between coastal and riverine porpoises. *Deep-Sea Research II* 54: 290-297.
- Au, W.W.L., R.A. Kastelein, T. Rippe & Schooneman, N.M. (1999) Transmission beam pattern and echolocation signals of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*). *J. Acoust. Soc. Am.* 106: 3699–3705.
- Betke & Schultz von Glahn (2008) Prognose des Unterwassergeräusches beim Bau und beim Betrieb des Offshore-Windparks Borkum-West („alpha ventus“) und Messung des Hintergrundgeräusches im Planungsgebiet. ITAP, Oldenburg.
- Biola und BioConsult SH (2008) Basisuntersuchungen im Frühjahr 2008 am Offshore Testfeld „alpha ventus“, Schutzgut Marine Säugetiere, p:70.
- Blew, J., Diederichs, A., Grünkorn, T., Hoffman, M. and G. Nehls (2006) Investigations of the bird collision risk and the responses of harbour porpoises in the offshore wind farms, Horns Ref, North Sea and Nysted, Baltic Sea, in Denmark. Status report 2005. Supported by the German Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (FKZ 0329963 and FKZ 0329963A). BioConsult SH, Husum
- Börjesson, P., Berggren, P. & Ganning, B. (2003) Diet of harbor porpoises in the Kattegat and Skagerrak Seas: Accounting for individual variation and sample size. *Marine Mammal Science*, 19: 38-58.
- Brandt, M. & Diederichs, A & G. Nehls (2008) Fachgutachten Meeressäuger. BioConsult SH. Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudie für das Sandentnahmegebiet "Westerland III" westlich von Sylt.
- Brandt, M. J., A. Diederichs, et al. (2009) Harbour porpoise responses to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. Husum, BioConsult SH GmbH & Co. KG: 70
- BSH 2007. Standard – Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windanlagen auf die Meeresumwelt (StUK 3) BSH-Nr. 7003. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH). Hamburg and Rostock, Germany. p. 1-58.
- 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
- Carstensen J, Henriksen OD & Tielmann J (2006) Impacts of offshore wind farm construction on harbour porpoises: acoustic monitoring of echo-location activity using porpoise detectors (TPODs). *Marine Ecology Progress Series*, 321: 295-308.
- Camphuysen, C. J. (2004) The return of the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in Dutch coastal waters. *Lutra*, 47, 113-122.
- Diederichs, A., Grünkorn, T. & Nehls, G. 2002. Diederichs, A., T. Grünkorn & G. Nehls (2002) Erprobung von Klickdetektoren zur Erfassung von Schweinswalen im Sommer und Herbst 2002 im Seegebiet westlich von Sylt. Gutachten im Auftrag der Offshore-Bürger-Windpark-Butendiek GmbH & Co.KG.

- Diederichs, A., Grünkorn, T. & Nehls, G. (2004) Einsatz von Klickdetektoren zur Erfassung von Schweinswalen im Seegebiet westlich von Sylt. pp. 39. Husum: BioConsult SH.
- Diederichs, A., M. Brandt & G. Nehls (2008) Basisuntersuchung im Frühjahr 2008 am Offshore-Testfeld „alpha ventus“. Untersuchungen zu Schweinswalen mit T-PODs. Unveröff. Gutachten im Auftrag der Stiftung Offshore-Windenergie.
- Diederichs, A. V. Henning & G. Nehls (2008a) Investigations on the bird collision risk and the responses of harbour porpoises in the offshore wind farm Horns Rev, North Sea and Nysted, Baltic Sea, in Denmark, Part II: harbour porpoises. Final report to the German federal ministry of the environment, nature conservation and nuclear safety.
- Diederichs, A., G. Nehls, M. Dähne, S. Adler, S. Koschinski & U. Verfuß (2008b) Methodologies for measuring and assessing potential changes in marine mammal behaviour, abundance or distribution arising from the construction, operation and decommissioning of offshore windfarms. BioConsult SH report to COWRIE Ltd. www.offshorewind.co.uk.
- Diederichs, A., M. J. Brandt & G. Nehls. (2009 a). Auswirkungen des Baus des Umspannwerks am Offshore-Testfeld "alpha ventus" auf Schweinswale. Husum, BioConsult SH, Husum. 44 S.
- Diederichs, A., M. J. Brandt & G. Nehls. (2009 b). Basisuntersuchung im Frühjahr 2008 am Offshore-Testfeld „alpha ventus“. Untersuchungen zu Scheinswalen mit T-PODs. BioConsult SH, Husum
- Gilles, A., Herr, H., Lehnert, K., Scheidat, M., Kaschner, K., Sundermeyer, J., Westerberg, U. & Siebert, U. (2007) MINOS Teilvorhaben 2 - "Erfassung der Dichte und Verteilungsmuster von Schweinswalen (*Phocoena phocoena*) in der deutschen Nord- und Ostsee". Forschungs- und Technologiezentrum Westküste, Außenstelle der CAU Kiel.
- Gilles, A., Herr, H., Risch, D., Scheidat, M. & Siebert, U. (2006) Erfassung von Meeressäugetieren und Seevögeln in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee (EMSON) - Teilvorhaben: Erfassung von Meeressäugetieren. pp. 101. Büsum: FTZ.
- Goodson, A.D. & Datta. S. 1995: Investigating the sonar signals of the harbour porpoise *Phocoena phocoena*. J. Acoust. Soc. India 23: 205-211.
- Gordon, J., D. Thompson, et al. (2007) Assessment of the potential for acoustic deterrents to mitigate the impact on marine mammals of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms, SMRU, Commissioned by COWRIE: 82.
- Gruber, S., T. Grünkorn, C. Ketzenberg, A. Diederichs, B. Stahl & G. Nehls (2003) Offshore-Windpark „Borkum-West Avifaunistische Untersuchungen Endbericht zum Untersuchungszeitraum 2002-2003. Gutachten im Auftrag von Prokon Nord Energiesysteme.
- Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. (2001) The Elements of Statistical Learning. Springer New York.
- Kammaing, C. & Wiersma, H. (1981) Investigations of cetacean sonar II: Acoustical similarities and differences in odontocete sonar signals. Aquatic Mammals 8: 41-62.
- Koschinski, S. & B. M. Culik. (2001) Reaktionen von Schweinswalen (*Phocoena phocoena*) und Seehunden (*Phoca vitulina*) auf Betriebsgeräusche einer simulierten 2 MW Offshore- Windenergieanlage. Unveröffentlichtes Gutachten.

- Koschinski, S., Culik, B.M., Henriksen, O.D., Tregenza, N., Ellis, G., Jansen, C. & Kathe, G. (2003) Behavioural reactions of free-ranging porpoises and seals to the noise of a simulated 2 MW windpower generator. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 265: 263-273.
- Laczny, M., V. Brock, W. Piper, G. Nehls, A. Diederichs, T. Grünkorn (2008) Fachgutachten Meeressäuger. Untersuchungsgebiet: alpha ventus. Unveröff. Gutachten im Auftrag der Stiftung Offshore-Windenergie. Betrachtungszeitraum: Februar bis Juni 2008.
- Madsen, P.T., M. Wahlberg, J. Tougaard, K. Lucke & P.L. Tyack (2006) Wind turbine underwater noise and marine mammals: Implications of current knowledge and data needs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 309: 279-295.
- Nehls, G. (2008) Vergrämung von marinen Säugetieren beim Bau des Offshore-Windparks alpha ventus, BioConsult SH: 12.
- 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 harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in retreat passage, British Columbia. *Mar. Mammal Sc.* 18(4): 843-862.
- Robertson, F. C., A. Mackay, et al. (2004) The effects of acoustic deterrent devices on Harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in Orkney. *MRes Marine and Fisheries Science (University of Aberdeen)*: 5.
- Santos, M. B. & Pierce, G. J. (2003) The diet of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in the northeast Atlantic. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 41, 355-390.
- Santos, M. B., Pierce, G. J. & Learmonth, J. A. (2004) Variability in the diet of harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) in Scottish waters. 1992–2003. *Mar. Mammal Sc.*, 20, Seite 1-27.
- Siebert, U. & J. Rye 2008. Excursus 2: Correlation between aerial surveys and acoustic monitoring. In: Wollny-Goerke, K. & K. Eskildsen (2008) (Eds.): *Marine mammals and seabirds in front of offshore wind energy*. Teubner Verlag Wiesbaden.
- Southall, B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Gentry, R.L., Greene, C.R., Kastak, D., Ketten, D.R., Miller, J.H., Nachtigall, P.E., Richardson, W.J., Thomas, J.A., Tyack, P.L. (2007) *Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations*. *Aquatic Mammals* 33, 411-522
- Teilmann, J. (2000) The behaviour and sensory abilities of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in relation to bycatch in Danish gillnet fishery. pp. 219. Odense: University of southern Denmark.
- Teilmann, J. O. Damsgaard Henriksen & J. Carstensen (2001) Status report of the pilot project: Porpoise detectors (PODs) as a tool to study potential effects of offshore windfarm on harbour porpoise at Rødsand. Report for SEAS. 39 pp.
- Teilmann, J., Sveegaard, S., Dietz, R., Petersen, I.K., Berggren, P. and G. Desportes (2008) High density areas for harbour porpoises in Danish waters, NERI Technical Report No. 657, 2008. National Environmental Research Institute. University of Aarhus. Denmark. Available online: <http://www2.dmu.dk/Pub/FR657.pdf>
- Thomsen, F. and W. Piper (2004) Methodik zur Erfassung von Schweinswalen (*Phocoena phocoena*) mittels Klickdetektoren (T-PODs). *Natur und Umweltschutz* 3/2: 47-52.

- Thomsen, F., K. Lüdemann, R. Kafemann & W. Pieper (2006) Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish. Biola, Hamburg, Germany on behalf of COWRIE Ltd.
- Thomsen, F., Van Elk, N., Brock, V. and W. Piper (2005) On the performance of automated porpoise-click-detectors in experiments with captive harbour porpoises (*Phocoena phocoena* (L)). *J. Acoust. Soc. Am.* 118 (1). p. 37-40.
- Tougaard, J., Carstensen, J., Wisz, M. S., Jespersen, M., Teilmann, J., Bech, N. I. & Skov, H. (2006a) Harbour Porpoises on Horns Reef-Effects of the Horns Reef Wind Farm. pp. 110. Roskilde, DK: National Environmental Research Institute DHI Water and Environment, Hørsholm.
- Tougaard, J., J. Carstensen, N. Ilsted Bech, and J. Teilman (2006b) Final report on the effect of Nysted Offshore Wind Farm on harbour porpoises. Technical report to Energi E2 A/S. Ministry of the Environment. Roskilde, Denmark. 65 pp.
- Tougaard, J., Rosager Poulsen, L., Amundin, M., Larsen, F., Rye, J., and Teilmann, J. (2006c) Detection function of T-PODs and estimation of porpoise densities. ECS NEWSLETTER NO. 46 - SPECIAL ISSUE - Proceedings of the workshop STATIC ACOUSTIC MONITORING OF CETACEANS. Held at the 20th Annual Meeting of the European Cetacean Society, Gdynia, Poland, 2 April 2006. European Cetacean Society. 14 pp.
- Tougaard, J., O. D. Henriksen, et al. (2009) Underwater noise from three types of offshore wind turbines: Estimation of impact zones for harbor porpoises and harbor seals. *J. Acoust Soc Am.* 125(6): 3766-3773.
- Verfuß, U.K., Dähne, M., Meding, A., Honnef, C.G., Jabbusch, M., Adler, S., Mundry, R., Hansen Rye, J., Charwat, H. And H. Benke (2007c) Teilprojekt 3 Untersuchungen zur Raumnutzung durch Schweinswale in der Nord- und Ostsee mit Hilfe akustischer Methoden (PODs) (FKZ 0329946C). In: Final Report of the Minos-plus projekt Weiterführende Arbeiten an Seevögeln und Meeressäugern zur Bewertung von Offshore-Windkraftanlagen (MINOSplus). Stralsund, Germany. p. 1-87.
- Verfuß, U. K., L. A. Miller, et al. (2009) Echolocation by two foraging harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) *Journal of Experimental Biology* 212: 823-834.
- Wood, S.N. (2006) *Generalized Additive Models: An Introduction with R*. Chapman and Hall/CRC, London.
- Wood, S.N. (2004) Stable and efficient multiple smoothing parameter estimation for generalized additive models. *Journal of the American Statistical Association.* 99:673-686.