
FEIA im Auftrag von Femern A/S

Der Vorliegende Text ist eine Übersetzung des englischen Originals:

Underwater Noise – Harbour Porpoise

Third Party Review

September 2016

UNTERWASSERSCHALL - SCHWEINSWAL

Externes Prüfgutachten

PROJECT

Unterwasserschall - Schweinswal

Externes Prüfgutachten

FEIA im Auftrag von Femern A/S

herausgegeben 02 September
2016

Endgültige Fassung

Ausgearbeitet von einer Gruppe
von Experten aus folgenden Un-
ternehmen:

IBL Umweltplanung (DE)

Bureau Waardenburg bv (NL)

WaterProof BV (NL)

CMACS (UK)



Bureau Waardenburg bv
Ecology & landscape



Marine Consultancy
& Services BV.



CONTENTS

Zusammenfassung	1
1 Einleitung	3
1.1 Dokumentübersicht.....	4
1.2 Expertengruppe	4
1.3 Aufbau des Berichts.....	5
2 Beurteilung von Grenzwerten für den Unterwasserschall	6
2.1 Impulsschall versus Dauerschall	6
2.2 Auswirkungskategorien	7
2.3 Das Deutsche Schallschutzkonzept (SSK) im Zusammenhang mit der FBQ	9
2.3.1 Anwendbarkeit	10
2.3.2 Impulsschall versus Dauerschall im Schallschutzkonzept	10
2.3.3 Schwellenwerte im Schallschutzkonzept.....	10
2.3.4 Kriterien für Natura 2000 und geschützte Arten im Schallschutzkonzept	12
2.4 Anwendbarkeit der Schwellenwerte auf die vorgesehenen Aktivitäten beim Bau der FBQ.....	12
3 Darstellung des Internationalen Ansatzes.....	16
3.1 Deutschland.....	16
3.1.1 Standards und Leitfäden.....	17
3.1.2 Best Practice	19
3.2 Großbritannien	22
3.2.1 Standards und Leitfäden - Northern Ireland, England und Wales	22
3.2.2 Standards and Leitfäden - Scotland.....	24
3.2.3 Best Practice - Großbritannien	24
3.3 Holland.....	26
3.3.1 Standards und Leitfäden.....	26
3.3.2 Best Practice	27
4 Bewertung der Umweltverträglichkeitsstudie der Festen Fehmarnbeltquerung in Bezug auf Beeinträchtigungen von Schweinswalen durch Dauerschall	31
4.1 Basisuntersuchungen	31
4.1.1 Überblick über die Basisuntersuchungen.....	31
4.1.2 Bewertung der Basisuntersuchungen	34
4.2 Umweltverträglichkeitsstudie	35

CONTENTS

4.2.1	Überblick über die Umweltverträglichkeitsstudie.....	35
4.2.2	Bewertung der UVS	36
4.3	Planfeststellungsunterlagen Anlage 22.05 (Schallschutzkonzept zum Unterwasserlärm).....	39
4.3.1	Überblick über die Anlage 22.05	39
4.3.2	Bewertung der Anlage 22.05	39
4.4	Bewertung der Natura 2000-Verträglichkeitsprüfung GGB 'Fehmarnbelt'	41
4.4.1	Überblick über die Natura 2000-Verträglichkeitsprüfung (Planfeststellungsunterlagen, Anlage 19, Teil III B)	41
4.4.2	Bewertung der Natura 2000-Verträglichkeitsstudie	42
5	Konklusion und Antwort zu Schlüsselfragen	44
5.1	Kriterien der Empfindlichkeit	44
5.2	Allgemeine Vorgehensweise	44
5.3	Schutz von Natura 2000	45
6	References	48

ZUSAMMENFASSUNG

Die Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) für das Projekt der festen Fehmarnbeltquerung (FBQ) beinhaltet eine Prognose der potentiellen Auswirkungen auf Schweinswale von nicht-gepulstem Unterwasserschall verursacht von baubedingten marinen Baggerarbeiten und dem damit verbundenen Schiffsverkehr. Eine internationale Gruppe von Experten auf den Gebieten der marinen Umweltverträglichkeitsprüfungen, der Meeressäuger und der Unterwasserakustik haben diesen spezifischen Aspekt der Auswirkungsprognose geprüft, hierunter auch die unterstützenden Basisuntersuchungen. Die Ergebnisse dieser Prüfung werden im vorliegenden Bericht präsentiert.

Die Expertengruppe schlussfolgert, dass die Auswirkungsprognose sehr gut untermauert ist von einer Reihe von umfangreichen Basisuntersuchungen von Schweinswalen sowie dem Unterwasserschall in und in der Umgebung des Projektgebietes. Außerdem zieht sich das Vorsorgeprinzip durch die gesamte Auswirkungsprognose, was diese zu einer vorsorglichen *worst-case* Bewertung macht. Es wird erwartet, dass eine geringe Anzahl von Schweinswalen zeitweise gestört wird, was nicht zu einer erheblichen Auswirkung auf die Population der Schweinswale im Fehmarnbelt führt. Die Expertengruppe schließt sich den Konklusionen der Auswirkungsprognose an, dass Baggerarbeiten nur unerhebliche Auswirkungen auf sowohl individuelle Schweinswale als auch die Population im Fehmarnbelt verursachen.

Der Störung von Schweinswalen durch Dauerschall ist in der Auswirkungsprognose sehr viel mehr Aufmerksamkeit gewidmet worden, als das in anderen Ländern der Fall wäre, von denen die Expertengruppe Kenntnis hat. Ebenso sind die Basisuntersuchungen sehr viel ausführlicher als das in diesen Ländern der Fall wäre.

In der Bewertung der Auswirkungen von Dauerschall auf Schweinswale wurden Schwellenwerte verwendet, die auch wahrscheinliche Auswirkungsradien implizieren. Die Expertengruppe ist der Auffassung, dass in Bezug auf temporäre Dauerschallquellen solche Schwellenwerte nicht fachlich untermauert werden können, da wissenschaftliche Erkenntnisse für diese Schallquellen fehlen. Allerdings stellt dies die Bewertung an sich nicht in Frage, da nur sehr geringe Auswirkungen erwartet werden, ungeachtet des gewählten Schwellenwerts.

Die FBQ führt auch durch das Natura 2000-Gebiet 'Fehmarnbelt' innerhalb der deutschen AWZ. Obwohl dieses Gebiet unter anderem auch für die Reproduk-

tion des Schweinswals ausgewiesen wurde, ist die Expertengruppe der Auffassung, dass die Basisuntersuchungen die Konklusion unterstützen, dass das Gebiet keine spezielle Funktion für die Reproduktion und Aufzucht von Schweinswalen aufweist. In deutschen Natura 2000-Gebieten wird das 1 % -Kriterium angewandt, was bedeutet, dass nicht mehr als 1 % eines Gebietes von einem Schallereignispegel von größer als 140 dB (SEL) während des sensitiven Zeitraums der Reproduktion von Mai bis August betroffen sein dürfen. Die Expertengruppe ist der Auffassung, dass das 10 % -Kriterium, welches außerhalb der Reproduktionsperiode gilt, passender anzuwenden wäre aufgrund des Fehlens von Reproduktions- und Aufzuchtgebieten. Außerdem besteht wegen der inhärenten hohen Mobilität des Schweinswals, der Verfügbarkeit von Ausweichlebensräumen und der Tatsache, dass die Population sich mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb der Umweltkapazität befindet, kein Grund zu der Annahme, dass eine zeitlich und räumliche begrenzte Verdrängung aufgrund von Bauarbeiten erhebliche Auswirkungen auf die Population auslöst.

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Bericht beschreibt die Ergebnisse der externen Prüfung einer internationalen Expertengruppe, der für FEIA im Auftrag von Femern A/S (dem Bauträger der FBQ). FEIA arbeitet als *inhouse*-Berater bei Femern A/S, und unterstützt den Bauherrn mit verschiedenen Dienstleistungen, hierunter beispielsweise das Anfertigen von Rezensionen.

Der Bericht behandelt bestimmte Fragestellungen im Zusammenhang mit der Bewertung von Auswirkungen von temporärem Dauerschall auf Schweinswale verursacht durch Baggerarbeiten und dem damit verbundenen Schiffsverkehr.

Die nachfolgenden Fragestellungen werden in diesem Bericht angesprochen:

1) Kriterien zur Empfindlichkeit

- Welche wissenschaftlichen Erkenntnisse gibt es über die Empfindlichkeit und relevanten Störradien von Schweinswalen in Bezug auf temporären Dauerschall?

2) Allgemeine Vorgehensweise

- Wie sieht die internationale Vorgehensweise und Erfahrung aus in Bezug auf die Bewertung von Auswirkungen auf Schweinswalen (auf Individuen und Populationen) verursacht durch temporären Dauerschall?
- Ist die Vorgehensweise bei der FQB relevant und fachlich fundiert?

3) Schutz von Natura 2000

- Wie sieht die internationale Vorgehensweise aus in Bezug auf die Bewertung und das Ausschließen von erheblichen Auswirkungen auf Schweinswale (auf Individuen und Populationen) verursacht durch temporären Dauerschall in Natura 2000-Gebieten (bzw. für Schweinswale als Anhang IV-Art).
- Welche Kriterien werden angewandt, z.B. die Bewertung der Anzahl von beeinträchtigten/vertriebenen Schweinswalen, des beeinträchtigten/vertriebenen Anteils einer Population oder des beeinträchtigten Anteils eines Lebensraumes oder Natura 2000-Gebietes?

-
- Ist das Schallschutzkonzept zum Unterwasserlärm (Planfeststellungsunterlagen Anlage 22.5) relevant und ausreichend, um erhebliche Auswirkungen der Schweinswale als Erhaltungsziele des Natura 2000-Gebietes "Fehmarnbelt" ausschließen zu können?

1.1 Dokumentübersicht

Die folgenden Dokumente gehen in die vorliegende Prüfung mit ein:

- Umweltverträglichkeitsstudie (UVS; Femern A/S & LBV Lübeck 2016e)
- Landschaftspflegerischer Begleitplan (LBP; Femern A/S & LBV Lübeck 2016f)
- Planfeststellungsunterlage Anlage 19, Teil B III: FFH-Verträglichkeitsstudie (FFH-VS) GGB DE 1332-301 „Fehmarnbelt“. (Femern A/S & LBV-SH Niederlassung Lübeck 2016d)
- Planfeststellungsunterlagen Anlage 22.5: „Schallschutzkonzept zum Unterwasserlärm“ (Femern A/S & LBV-SH Niederlassung Lübeck 2016a); inklusive der Anlagen:
 - Anlage 1, „Begründung der Kriterien für die Bewertung der Störung von Schweinswalen durch Schallemission“ (Femern A/S & LBV-SH Niederlassung Lübeck 2016b)
 - Anlage 2, „Modellierung der Unterwasserschallemissionen“ (Femern A/S & LBV-SH Niederlassung Lübeck 2016c)

Das deutsche Schallschutzkonzept (BMU 2013, im Weiteren SSK) soll hier ebenfalls erwähnt werden, da dieses in den Planfeststellungsunterlagen, Anlage 22.5 diskutiert wird und es für die Zulässigkeit von Aktivitäten in deutschen Gewässern Bedeutung hat. Allerdings beinhaltet der vorliegende Bericht keine Prüfung des Schallschutzkonzeptes (SSK), sondern lediglich eine Beurteilung, in wie weit es für die FBQ anwendbar ist.

1.2 Expertengruppe

Die externe Prüfung wurde ausgeführt von einer Gruppe von internationalen Experten aus Großbritannien, Deutschland und Holland. Alle Experten sind Biologen mit weitreichender Erfahrung mit der Bewertung von Auswirkungen auf die marine Umwelt, Unterwasserakustik, oder eine Kombination von beiden.

Die Experten:

- Großbritannien: Ian Gloyne-Philips (CMACS)

-
- Deutschland: Christian Ketzer, Helmut Wendeln, Michael Joost (IBL Umweltplanung GmbH)
 - Holland: Roelant Snoek (WaterProof BV), Ruben Fijn (Bureau Waardenburg bv).

1.3 Aufbau des Berichts

Im Kapitel 2 werden verschiedene Schwellenwerte in Bezug auf die Störung von Schweinswalen besprochen, inklusive diejenigen des deutschen Schallschutzkonzeptes (BMU 2013), und ihre Eignung für die vorgesehenen Aktivitäten der FBQ beurteilt.

In Kapitel 3 werden dann internationale Standards und Leitfäden beschrieben (UK, IRE, NL, DE), und der Zusammenhang zur „best practice“ bei der Beurteilung von Dauerschall in Verträglichkeitsprüfungen hergestellt.

Nachfolgend werden im Kapitel 4 die wichtigsten Dokumente der FBQ zum Unterwasserschall (inkl. FEMERN A/S & LBV-SH NIEDERLASSUNG LÜBECK. 2016a, 2016b, 2016c, 2016d, 2016e, 2016f) insbesondere im Kontext der Kapitel 2 und 3 besprochen.

Schlussfolgerungen und Antworten zu den oben aufgeführten Schlüsselfragen werden in Kapitel 5 aufgeführt.

2 BEURTEILUNG VON GRENZWERTEN FÜR DEN UNTERWASSERSCHALL

Die Unterschiede zwischen Impulsschall und Dauerschall werden im Abschnitt 2.1 besprochen, und es schließt sich im Abschnitt 2.2 eine Übersicht über die generellen Auswirkungen von Unterwasserschall an. Das deutsche Schallschutzkonzept (BMU 2013) und die darin enthaltenen Schwellenwerte werden in Abschnitt 2.3 beschrieben, gefolgt von Schlussfolgerungen zur Anwendbarkeit von Schwellenwerten für das Projekt der FBQ in Abschnitt 2.4.

2.1 Impulsschall versus Dauerschall

Anthropogener Unterwasserschall tritt in Abhängigkeit von der Schallquelle entweder als Impulsschall oder Dauerschall auf. Beispiele für impulsive Schallquellen sind Rammarbeiten oder seismische Untersuchungen mit Luftkanonen. Dagegen gehören Schiffsverkehr und Baggerarbeiten zu den kontinuierlichen Schallquellen.

Die Unterschiede zwischen Impuls- und Dauerschall wurden in den Planfeststellungsunterlagen, Anlage 22.5, Anhang 1 (Femern A/S & LBV-SH Niederlassung Lübeck 2016a) beschrieben und sind in der Abbildung 1 dargestellt.

Impulsschall ist durch hohe Energie über einen kurzen Zeitraum charakterisiert. Wichtige Kenngrößen des Impulsschalls sind der Schallereignispegel (Sound Exposure Level, SEL) und der Spitzenpegel L_{peak} oder $L_{\text{peak-peak}}$. Der Schallereignispegel (SEL) wird über die Pulsdauer berechnet, die als diejenige Zeit definiert ist, in der 90 % der Pulsenergie liegen (Robinson et al. 2014)

Dauerschall wird von der Energie charakterisiert, die über einen bestimmten Zeitraum ausgestrahlt wird, normalerweise über viele Sekunden, Minuten oder Stunden. Die Amplitude kann in diesem Zeitraum variieren, fällt aber nicht für eine signifikante Zeitspanne auf null. Die am besten geeignete Kenngröße für den Dauerschall ist der Dauerschallpegel L_{eq} , obwohl auch der Schallereignispegel SEL für Dauerschall berechnet werden kann (Robinson et al. 2014). L_{eq} ist über die Zeit gemittelt und wird normalerweise über den quadratischen Mittelwert ausgedrückt (root mean square, RMS).

Die Abbildung 1 zeigt die zeitabhängige Amplitude bei der Messung von Rammerschall (rot) und einem kontinuierlichen 200 Hz-Ton (blau) für die Dauer von einer Sekunde. Beide Signale haben einen vergleichbaren SEL. Ein Puls von kürze-

erer Dauer, aber mit höherer Energie resultiert in dem gleichen SEL (da die Energie über eine Sekunde gemittelt wird) wie der kontinuierliche Ton für eine Sekunde. Der Impulsschall wird dabei als lauter empfunden, da dieser in der aktuellen Phase den Durchschnittswert deutlich übersteigt.

Da Dauerschall und Impulsschall sehr unterschiedliche Eigenschaften haben, kann der SEL auch bei vergleichbaren Werten nicht unmittelbar zum Vergleich von Verhaltensreaktionen für beide Schalltypen herangezogen werden.

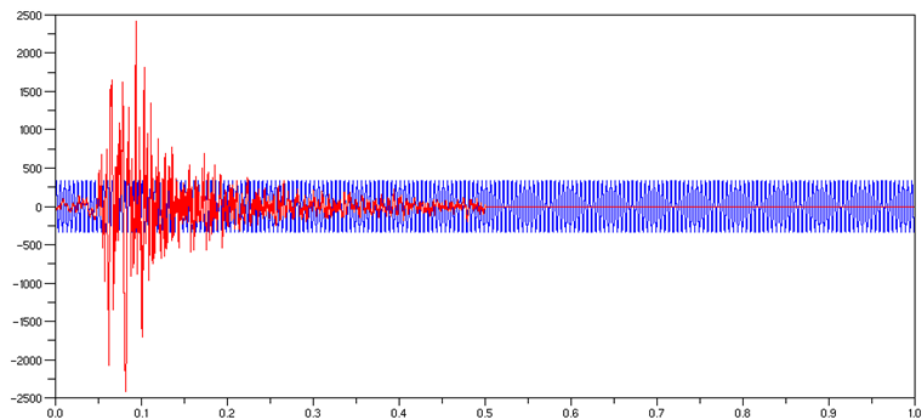


Abbildung 1 Schematische Darstellung des Schallpegels von Rammschall (rot) und kontinuierlichem Schall für die Dauer von 1 Sekunde (aus Femern A/S & LBV-SH Niederlassung Lübeck 2016b); auf der Y-Achse ist der Schalldruckpegel in dB re 1 μ Pa aufgetragen.

2.2 Auswirkungskategorien

Unterwasserschall verursacht verschiedene Effekte in der marinen Umwelt. Obwohl diese Effekte in neuerer Zeit intensiv untersucht wurden, ist das Wissen darüber immer noch begrenzt (Hawkins et al. 2015, Todd et al. 2015).

Auf Grundlage von Richardson et al. (2013) können bei der Auswirkung von Unterwasserschall auf Meeressäuger fünf verschiedene Auswirkungskategorien unterschieden werden (siehe auch Abbildung 2):

Hinweis: die unten aufgeführten Auswirkungskategorien sind nicht speziell für das Projekt der FBQ zusammengestellt; die ernsthafteren Auswirkungen (Verletzung, PTS, und TTS) sind nur in Verbindung mit starkem Impulsschall zu erwarten.

1. Der Schall kann von den Tieren bemerkt werden, ist aber zu schwach um sichtbare Reaktionen auszulösen (offensichtliche Toleranz für den Schall);
2. Die Charakteristik des Schalls behindert die Kommunikation von Tieren (masking);
3. Der Schallpegel führt zu einer Reaktion, beispielsweise Vermeidung oder Verlassen eines Gebietes. Potenziell kann es nach wiederholter Aussetzung zur Gewöhnung kommen;
4. Sehr lauter Schall und/oder lange Aussetzungsdauer kann zu vorübergehender Anhebung der Hörschwelle (TTS, temporary threshold shift) oder dauerhaftem Hörverlust (PTS, permanent threshold shift) führen;
5. Physische Schädigung (Verletzung) als Folge von starken Druckschwankungen, z.B. Geweberisse mit Todesfolge für Individuen.

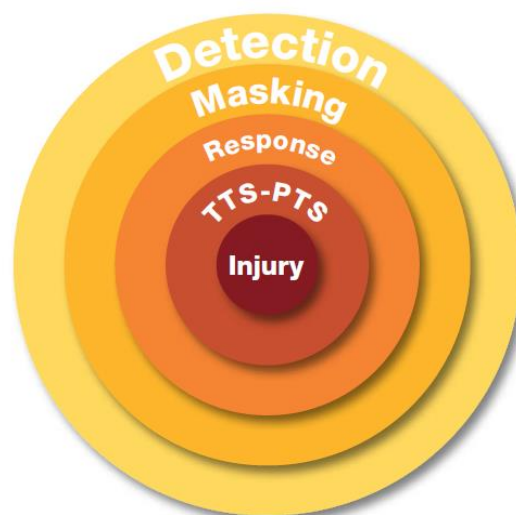


Abbildung 2 Auswirkungskategorien von Unterwasserschall nach Richardson et al. (2013). Detection = Schall hörbar; Masking = Maskierung; Response = Reaktion; TTS-PTS = vorübergehende Anhebung der Hörschwelle und dauerhafter Hörverlust; Injury = Verletzung

Die Schallpegel, bei denen die verschiedenen Auswirkungen eintreten, hängen von der Tierart ab sowie von anderen Faktoren wie Schalltyp, Schallspektrum und/oder Schalldauer.

Das Auftreten der schwerwiegendsten Auswirkungen (Verletzung und TTS/PTS) wird nicht in diesen externen Prüfbericht mit aufgenommen, da während der Bauphase Schallminderungsmaßnahmen vorgesehen sind, die physische Auswirkungen von Impulsschall verhindern (ein Grenzwert von 160 dB in 750 m von der Schallquelle, relevante lokale Vertreibungsmaßnahmen und langsamer Start und *ramp up* gemäß Schallschutzkonzept (BMU 2013)). Solche Effekte werden von dem vom Projekt verursachten Dauerschall nicht erwartet.

Der Schwellenwert für das Auslösen von Reaktionen (Kategorie 3 in Abbildung 2) wird in diesem Bericht bewertet. Dies ist in Übereinstimmung mit dem Schallschutzkonzept (BMU 2013), in dem Verhaltensreaktionen als potenzielle Auswirkung von baubedingtem Schall verschiedener Dauer identifiziert wurden. Insbesondere beschäftigt sich der vorliegende Bericht mit der Vermeidungsreaktion und dem Verlassen eines Gebietes von Schweinswalen als Folge von anthropogenem kontinuierlichem Unterwasserschall (im Weiteren als 'Vermeidung' bezeichnet).

2.3 Das Deutsche Schallschutzkonzept (SSK) im Zusammenhang mit der FBQ

Das SSK wurde zum Schutz von Schweinswalen vor dem mit dem Bau von Offshore Windkraftanlagen in der Nordsee verbundenen Schall entwickelt. Auf der Grundlage von evidenzbasierten Auswirkungen auf Schweinswale schafft das Konzept Klarheit über die naturschutzrechtlichen Verpflichtungen der Vorhabenträger.

Das SSK führt Folgendes aus:

*„Durch dieses Konzept zur Beurteilung der ökologischen Auswirkungen im Bereich **Unterwasserschall bei der Errichtung von Offshore-Windparks** soll für alle Beteiligten künftig zusätzliche Sicherheit bei der Auslegung der unbestimmten Rechtsbegriffe aus den einschlägigen Naturschutznormen („Verletzung“ und **„erhebliche Störung“** im Sinne der artenschutzrechtlichen Zugriffsverbote, „erhebliche Beeinträchtigung“ im Sinne des Gebietssschutzes) geschaffen werden. Damit soll **den Errichtern von OWP** möglichst frühzeitig in ihren sehr langen Planungsprozessen eine **Orientierung für den Umgang mit diesen Normen** in der Errichtungsphase aufgezeigt werden...Das Konzept,...,will Hilfestellung zur Auslegung der Anforderungen des Schweinswalschutzes anbieten.“*

Da das SSK auf neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen über Schallquellen, Schallausbreitung und Schwellenwerten für verschiedene Auswirkungskategorien beruht, und außerdem Hilfestellung zur Verhinderung von Auswirkungen

und zum Schutz von Schweinswalen gibt, erscheint es zunächst naheliegend dieses Konzept bei der Bewertung von Unterwasserschall heranzuziehen. Allerdings ist das Konzept spezifisch für Offshore-Windparks (OWPs) in der Nordsee verfasst. Es beschränkt sich nur auf Impulsschall und ist daher nicht notwendigerweise allgemein anwendbar. Die Anwendbarkeit des SSK und die darin enthaltenen Schwellenwerte werden im folgenden Abschnitt mit Blick auf die FBQ bewertet.

2.3.1 *Anwendbarkeit*

Im SSK wird ausgeführt, dass sich das Konzept auf die AWZ der Nordsee beschränkt, da aktuell keine Daten zur Häufigkeit und Verteilung von Schweinswalen in der Ostsee vorliegen. Ohne diese Datengrundlage kann kein gültiges Schutzkonzept für die Ostsee entwickelt werden. Es wird daher explicit hervorgehoben, dass das SSK nicht in der Ostsee anzuwenden ist.

Dies bedeutet allerdings nicht, dass das SSK keine Bedeutung für die in der Ostsee geplante FBQ haben kann. Die Kriterien und Schwellenwerte für verschiedene Auswirkungskategorien, die von Southall et al. (2007) festgelegt wurden, beruhen auf weltweiten Forschungsergebnissen und werden weltweit in Verträglichkeitsprüfungen herangezogen. Obwohl die Verhaltensreaktionen von Schweinswalen von dem Gebiet, in dem die Aktivitäten stattfinden, abhängen können, schließt dies die Anwendung dieser Kriterien nicht aus. Die Schwellenwerte aus der Literatur und aus dem SSK, abgeleitet aus Untersuchungen der deutschen Nordsee, sollten jedoch nur als richtungsweisend und nicht als absolute Größen verstanden werden, und können in diesem Sinne auch in der Ostsee angewendet werden.

2.3.2 *Impulsschall versus Dauerschall im Schallschutzkonzept*

Das SSK behandelt Gehörschäden und Störungen von Schweinswalen ausdrücklich als Folge von Impulsschall, insbesondere Rammschall für Offshore-Windparks. Es wird dort ausgesagt, dass andere relevante Schallquellen, wie sie etwa von Baggerarbeiten und Schiffsverkehr ausgehen, im SSK nicht berücksichtigt werden.

2.3.3 *Schwellenwerte im Schallschutzkonzept*

Das SSK basiert auf zwei Schwellenwerten: 160 dB (SEL) für potenzielles Gesundheitsrisiko (Veränderungen der Hörschwelle) und 140 dB (SEL) für erhebliche Störungen von Schweinswalen. Da die Schwellenwerte für Rammarbeiten

gelten, wurde für den sehr viel höheren Spitzenschalldruckpegel ein Schwellenwert von 190 dB L_{peak} für das Eintreten von Gesundheitsrisiken eingeführt. Werden die Schwellenwerte 160 dB (SEL) / 190 dB L_{peak} überschritten, dann muss das Risiko für eine vorübergehender Anhebung der Hörschwelle (TTS) und damit Auswirkungen auf die Jagdfähigkeit und Kommunikation angenommen werden.

Die Schwellenwerte wurden hauptsächlich von Schallexperimenten von Lucke et al. (2009) abgeleitet, worin TTS bei gefangenen Schweinswalen nach einem einzelnen Puls mit einer Luftkanone und einem Pegel von 164 dB (SEL) / 199 dB L_{peak} festgestellt wurde. Im SSK sind diese Werte auf 160/190 abgerundet worden aufgrund von möglichen kumulativen Effekten bei wiederholten Pulsen, und ein Sicherheitsabstand von 750 m wurde definiert. Zur Begründung weist das SSK unter Anführung verschiedener Modellierungen darauf hin, dass auch geringere Schallintensitäten aufgrund von vielen Pulswiederholungen oder ausreichend langer Expositionszeit zu TTS führen können.

Die wissenschaftliche Basis des SSK-Schwellenwertes von 160 dB (SEL) für gesundheitsschädliche Auswirkungen auf Schweinswale ist recht begrenzt, da in den Experimenten von Lucke et al. (2009) nur gefangene Tiere untersucht wurden, und die kumulativen Effekte von wiederholten Pulsen nicht mit einfließen. Allerdings ist es einsichtig, dass im SSK kumulative Effekte nur ein geringes Gewicht haben, da wildlebende Schweinswale sehr wahrscheinlich lauten Schallquellen ausweichen und damit kumulative Effekte auf deren Gehör vermeiden können.

Der im SSK formulierte Schwellenwert von 140 dB (SEL) für erhebliche Störungen basiert auf der Reichweite von Störungsreaktionen, die in C-POD-Untersuchungen während der Rammarbeiten von Fundamenten der OWPs HornsRev II und Alpha Ventus gemessen wurden (Diederichs et al. 2010a, Brandt et al. 2011). In den C-POD-Daten wurde eine signifikante Abnahme der Schweinswalaktivität in Bereichen festgestellt, in denen ein Schallereignispegel von 138-140 dB (SEL) abgeschätzt wurde (mit Schallausbreitung gemäß der Formel $TL = (14 + r * 0.0002) * \text{LOG}(r)$; abgeleitet von Thiele & Schellstede 1980). Dagegen wurde keine signifikante Abnahme der Schweinswalaktivität bei Abständen mit einem Schallpegel von 134 dB (SEL) beobachtet. Der Schwellenwert für Störung ist sehr wahrscheinlich niedriger als der Wert von 145 dB (SEL), der bei Lucke et al. (2009) an gefangenen Schweinswalen nach einem einzelnen Schallimpulsen von einer Luftkanone gefunden wurde.

Neuere Untersuchungen bestätigen dagegen etwas höhere Schwellenwerte. Die neueste Effektstudie von Brandt et al. (2016), die auf nordseeweiten kontinuierlichen C-POD-Messungen und Flugerfassungen während des Baus von insgesamt acht Offshore-Windparks zwischen 2009 und 2013 beruht, weist auf eine Spanne zwischen 145 und 150 dB (SEL), in der die Abnahme von Schweinswalregistrierungen um etwa 25 % abnahm im Vergleich zur Baseline-Untersuchung vor den Rammarbeiten. Eine Abnahme von 90 % wurde für einen Schallereignispegel von über 170 dB (SEL) modelliert. Bei Schalleexpositionen von unter 145 dB (SEL) konnte die statistisch signifikante Abnahme nicht mehr den Rammarbeiten zugeordnet werden.

Pehlke et al. (2014) schlagen einen Schwellenwert von 144 dB (SEL) für die Störung von Schweinswalen durch Impulsschall vor.

2.3.4 *Kriterien für Natura 2000 und geschützte Arten im Schallschutzkonzept*

Das SSK setzt auf Grundlage der Schwellenwerte für Maskierung und Störung Kriterien für Natura 2000-Gebiete und geschützte Arten fest. Die Kriterien beziehen sich auf das gestörte Areal, nicht jedoch auf die Anzahl oder den Anteil von beeinträchtigten Tieren. Danach wird dem Tötungs- und Verletzungsverbot Rechnung getragen, wenn lokale Vertreibungsmaßnahmen durchgeführt werden und das Risiko von Verletzungen (>160 dB (SEL)) auf eine maximale Distanz von 750 m zur Schallquelle begrenzt ist. Das Verbot von beabsichtigter Störung gilt als eingehalten, wenn normalerweise nicht mehr als 10 % der deutschen Nordsee-AWZ, und von Mai bis August nicht mehr als 1 % des Hauptverbreitungsgebietes bei Sylt von Schallpegeln von über 140 dB (SEL) verlärmert werden.

Dementsprechend gilt für Natura 2000-Gebiete, dass nicht mehr als 10 % der Fläche einem Schallpegel von über 140 dB (SEL) ausgesetzt werden dürfen. In Natura 2000-Gebieten, in denen die Reproduktion von Schweinswalen als Erhaltungsziel formuliert worden ist, gilt das 1 %-Kriterium von Mai bis August.

2.4 Anwendbarkeit der Schwellenwerte auf die vorgesehenen Aktivitäten beim Bau der FBQ

Sowohl das SSK als auch die jüngsten Ergebnisse von Brandt et al. (2016) beruhen auf Studien von Impulsschall, und die angeführten Schwellenwerte können nicht direkt für Dauerschall angewandt werden. Außerdem ist der 140 dB-Schwellenwert des SSK hauptsächlich aus zwei C-POD-Studien der Nordsee abgeleitet, während etwas höhere Schwellenwerte durch neuere Studien von Impulsschall vorgeschlagen werden.

Der Interpretationsspielraum beim Bestimmen von Störungsschwellenwerten abgeleitet aus C-POD-Ergebnissen ist groß, wie auch im Falle der zuvor erwähnten Studien. Zunächst muss definiert werden, welcher Aspekt der Abnahme der Schweinswalaktivität (gemessen als Schweinswal positive Intervalle) als signifikanter Störungseffekt betrachtet wird. Außerdem wird das Gebiet innerhalb eines definierten Störungsradius nicht gleichförmig beeinträchtigt, da die Störungsintensität und der Anteil der Tiere, die das Gebiet meiden, eine Funktion des Abstands sind.

Insgesamt besteht bei C-POD-Daten ein großer Interpretationsspielraum und die jüngsten Studien zeichnen ein komplexeres Bild des Verhaltens von Schweinswalen mit partieller Vertreibung bei etwas höheren Schwellenwerten als 140 dB.

Es stellt sich nun die Frage, ob ein geeigneter Schwellenwert für Dauerschall von Baggerarbeiten und Schiffsverkehr auf Grundlage von wissenschaftlichen Erkenntnissen bestimmt werden kann.

In Southall et al. (2007) werden Kriterien sowohl für Impulsschall als auch für Dauerschall beschrieben. Vor dem Hintergrund einer Reihe von Studien wird geschlossen, dass die kombinierten Daten von gefangenen und wildlebenden Schweinswalen darauf hinweisen, dass Schweinswale ziemlich empfindlich gegenüber einem breiten Spektrum von anthropogenen Schallquellen reagieren, auch bei geringeren Schallpegeln ($L_{eq} \sim 90$ bis 120 dB re $1 \mu\text{Pa}$). Dies gilt zumindest für die anfängliche Aussetzung. Gemäß dem Übersichtsartikel von Southall et al. (2007) verursachten tatsächlich alle beobachteten Schallintensitäten von über 140 dB re $1 \mu\text{Pa}$ klare Vermeidungsreaktionen von wildlebenden Schweinswalen. Allerdings bestehen die Schallquellen, die diese Reaktionen hervorgerufen haben, hauptsächlich aus akustischen Vergrämern, die speziell darauf ausgerichtet sind das Frequenzspektrum auszustrahlen, auf dem Schweinswale am empfindlichsten sind. Schwellenwerte für den Schall von Baggerarbeiten und Schiffsverkehr lassen sich daraus nicht ableiten.

Kastelein et al. (2015) haben die Wirkung von zwei akustischen Vergrämern auf das Schweinswalverhalten im Versuch mit zwei gefangenen Schweinswalen quantifiziert. Demnach zeigten sich sichtbare Reaktionen bei einem Dauerschallpegel (L_{eq}) von 117 bis 121 dB re $1 \mu\text{Pa}$ und Vermeidungsreaktionen bei 139 bis 151 dB re $1 \mu\text{Pa}$. Mit dem Anstieg des Dauerschallpegels war ein Anstieg des Meidungsabstandes, der Auftauchfrequenz und der Schwimmgeschwindigkeit verbunden.

Gewöhnung an die Schallquelle wurde in einigen, aber nicht in allen Studien beobachtet und es wurde daraus geschlossen, dass anfängliche, ausgeprägte Reaktionen der „Hochfrequenz“-Walarten auf relativ geringe Schallpegel unter bestimmten Bedingungen abnehmen, wenn sie wiederholt der Schallquelle ausgesetzt werden und Erfahrungen damit gesammelt haben (Southall et al. 2007).

Diederichs et al. (2010) beschreiben Vermeidungsverhalten bei Baggerarbeiten mit einem Abstand von 600 m zur Schallquelle, jedoch liegt unglücklicherweise keine Schallmessung von diesem Abstand vor. Der gemessene Dauerschallpegel von diesen Baggerarbeiten lag bei 150 dB re 1 μ Pa in einem Abstand von 300 m zum Arbeitsschiff.

Dyndo et al. (2015) fanden einen Anfangspegel von sichtbaren Verhaltensreaktionen von Schweinswalen gegenüber Schall von Schiffen von 123 dB re 1 μ Pa (Wertebereich von 113 bis 133 dB re 1 μ Pa), wohingegen Mortensen et al. (2011) bis zu einem Dauerschallpegel von 140 dB re 1 μ Pa keine Effekte beobachteten.

Auf Grundlage der verfügbaren Literatur lässt sich schließen, dass eindeutige Schwellenwerte, die den Beginn der Vermeidungsreaktion von Schweinswalen bei Dauerschall von Schiffen und Baggerarbeiten anzeigen, nicht zur Verfügung stehen. Sowohl der beschriebene Wert von 140 dB re 1 μ Pa aus dem Schallschutzkonzept, als auch die 144 dB re 1 μ Pa aus Brandt et al. (2016), oder die geringeren Werte vorgeschlagen in den Untersuchungen von Kastelein et al. (2015) und Dyndo et al. (2015) können für die Bewertung von potenziellen Effekten von Unterwasserschall verwendet werden. Da solide Nachweise der Vermeidungsreaktion von Schweinswalen bei Dauerschall von Baggerarbeiten und Schiffsverkehr fehlen, müssen Ergebnisse, die unter Verwendung der oben diskutierten Schwellenwerte zustande gekommen sind, mit Vorsicht interpretiert werden und immer im Kontext mit dem spezifischen Gebiet und den jeweiligen umweltbezogenen Fragestellungen betrachtet werden. Es wird daher dringend empfohlen nicht nur die Anzahl von betroffenen Individuen unter Anwendung von Schwellenwerten oder unter Ableitung aus Regularien von anderen Schalltypen zu berechnen, sondern auch den ökologischen Kontext einer solchen Störung in die Bewertung mit einzubeziehen. Beispielsweise ist der niedrige von Dyndo et al. (2015) formulierte Schwellenwert, bei dem Vermeidungsreaktionen beobachtet wurden, nicht anwendbar in Gebieten, in denen der Hintergrundschall bereits eine Größenordnung von > 135dB aufweist, was 12 dB über dem betrachteten Schwellenwert liegt. Die Motivation von Schweinswalen sich

in mit anthropogenem Lärm belasteten Gewässern aufzuhalten muss in die Bewertung mit einfließen.

3 DARSTELLUNG DES INTERNATIONALEN ANSATZES

Die in Kapitel 2 präsentierte Übersicht über die im Schallschutzkonzept und in anderen Quellen beschriebenen Schwellenwerte kam zu dem Schluss, dass es keinen soliden Nachweis dafür gibt einen bestimmten Schwellenwert für die Vermeidungsreaktion von Schweinswalen bei Dauerschall von Baggerarbeiten und Schiffsverkehr anzuwenden. Da diese Wissenslücke überall besteht, werden in diesem Kapitel Ansätze vorgestellt, wie andere Länder mit Projekten umgehen, die potenziell hohe Pegel von Unterwasserschall erzeugen. Das Ziel hierbei ist die internationalen „best practices“ im Umgang mit der Bewertung von Unterwasserschall zum Schutz von Schweinswalen als europäische geschützte Tierart (Anhang IV der FFH-Richtlinie) und in Natura 2000-Gebieten als Anhang II-Art zu identifizieren.

Wo möglich, werden Projekte betrachtet, die kontinuierlichen Unterwasserschall aussenden, obwohl auch Impulsschall einbezogen wird, wenn die Informationen zum Dauerschall unzureichend sind. Deutschland ist eingeschlossen, so dass das Projekt der FBQ in den Kontext mit anderen Schall erzeugenden Aktivitäten gesetzt werden kann. Weitreichende Erfahrungen mit Baggerarbeiten sind in Holland und Großbritannien gemacht worden, da diese Länder eine relativ weit entwickelte Industrie für erneuerbare Energien im Offshore-Bereich haben.

Durch die Umsetzung der FFH-Richtlinie in nationales Recht haben alle (EU-Staaten (mit Küste) Ansätze zum Schutz von Schweinswalen und anderen geschützten Arten entwickelt, die einigermaßen vergleichbar sind; beispielsweise gelten bestimmte Ausnahmeregelungen, wenn bestimmte (gemeinsame) Bedingungen erfüllt sind. Es gibt jedoch Unterschiede in der Interpretation von Details wie etwa bei den Kriterien, die eine signifikante Anzahl von Tieren benennen oder im Ansatz eine Störung zu definieren. Solche Unterschiede werden aufgezeigt, wo diese identifiziert wurden.

3.1 Deutschland

Im Zuge der Umsetzung von FFH- und Vogelschutzrichtlinie in Deutschland sind eine Reihe von marinen Schutzgebieten für das europäische Natura 2000-Netzwerk gemeldet worden. Darunter befinden sich in der Nordsee drei Gebiete Gemeinschaftlicher Bedeutung (GGB gemäß FFH-Richtlinie) und in der Ostsee fünf. Der Schweinswal, der in Anhang II und IV der FFH-Richtlinie aufgeführt ist, ist Er-

haltungsziel in den meisten GGB in der deutschen AWZ. In den GGBs „Sylter Außenriff“ (Nordsee), „Dogger Bank“ (Nordsee) und „Fehmarnbelt“ (Ostsee) ist die Reproduktion des Schweinswal ebenfalls als Erhaltungsziel formuliert.

Das deutsche Schallschutzkonzept (SSK, BMU 2013) wurde, wie in Abschnitt 2.2 bereits diskutiert, hauptsächlich dafür entwickelt die Vereinbarkeit der Aktivitäten beim Bau von Offshore-Windparks mit dem Schutz der Schweinswale unter der FFH-Richtlinie zu bewerten. Es berücksichtigt den Schutz von GGBs sowie von streng geschützten Arten gemäß § 33 und 34 des Bundesnaturschutzgesetzes.

3.1.1 *Standards und Leitfäden*

Das SSK ist der einzige offizielle Leitfaden in Deutschland, in dem Schwellenwerte für Unterwasserschall in Bezug auf Meeressäuger formuliert sind. Allerdings, da sich das SSK auf Rammarbeiten beim Bau von Offshore-Windparks beschränkt, behandelt es lediglich Impulsschall. Es gibt keinen Leitfaden in Deutschland für andere Schalltypen, wie etwa der kontinuierliche Schall von Schiffen und Baggern.

Auf der Grundlage von Schwellenwerten, die für die Hörbeeinträchtigung und Störung angewendet werden (siehe Abschnitt 2.3.4), stellt das SSK Kriterien für die Natura 2000-Gebiete und die geschützten Arten auf. Die Kriterien beziehen sich auf das beeinträchtigte Gebiet, aber nicht auf die Anzahl oder den Anteil von beeinträchtigten Tieren. Danach wird dem Tötungs- und Verletzungsverbot Rechnung getragen, wenn lokale Vertreibungsmaßnahmen durchgeführt werden und das Risiko von Verletzungen (>160 dB (SEL)) auf eine maximale Distanz von 750 m zur Schallquelle begrenzt ist. Das Verbot von beabsichtigter Störung gilt als eingehalten, wenn normalerweise nicht mehr als 10 % der deutschen Nordsee-AWZ, und von Mai bis August nicht mehr als 1 % des Hauptverbreitungsgebietes bei Sylt von Schallpegeln von über 140 dB (SEL) verlärmert werden.

Gemäß SSK gelten die zuvor genannten Kriterien für die Nordsee, spezifische Kriterien für die Ostsee werden nicht angegeben. Das SSK definiert das Hauptverbreitungsgebiet von Schweinswalen in der Nordsee auf Grundlage von Flugerfassungsdaten der letzten 15 Jahre. Die Gebiete hoher Schweinswalkonzentration wurden als die bevorzugten Reproduktionsgebiete der Schweinswale in den deutschen Gewässern angesehen.

Dementsprechend gilt für Natura 2000-Gebiete, dass nicht mehr als 10 % der Fläche einem Schallpegel von über 140 dB (SEL) ausgesetzt werden dürfen. In

Natura 2000-Gebieten, in denen die Reproduktion von Schweinswalen als Erhaltungsziel formuliert worden ist, gilt das 1 %-Kriterium von Mai bis August.

In den Genehmigungsverfahren von Offshore-Windparks erwähnt das BSH (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie) als Genehmigungsbehörde den Schwellenwert von 160 dB (SEL) bei einem Abstand von 750 m seit dem Jahre 2005. Der Schwellenwert wurde in den ersten Jahren als nicht verpflichtend gehandhabt. Im Lauf der Entwicklung und zuletzt im Schallschutzkonzept (BMU 2013) wurden die kritischen Werte von 160 dB (SEL) und 190 dB_{peak} dann als verpflichtend angesehen. Demnach müssen Schweinswale durch Vergrämung in einem Abstand von mindestens 750 m gehalten werden.

Die beiden Schwellenwerte und alle anderen Schall-relatierten Verpflichtungen werden in den jeweiligen Genehmigungen der OWPs in Nebenbestimmungen festgelegt (z.B. Genehmigung des OWP West, BSH 2014). Darin enthalten steht auch die Forderung, dass eine projektbedingte Schallvorhersage und ein Schallschutzkonzept vorab eingereicht und dass die beste verfügbare Technik zur Schallminderung eingesetzt werden muss. Die Nebenbestimmungen fordern auch ein Effekt-Monitoring der Schallminderungsmaßnahmen und Vergrämung von Schweinswalen. Das Schallmonitoring muss vor, während und nach den Bauarbeiten durchgeführt werden und beinhaltet Messungen und Dokumentation des Hintergrundschalls, sowie des kontinuierlichen Schalls des Windpark-bezogenen Schiffsverkehrs und der Windkraftanlagen in Betrieb. Seit der Einführung des Schallschutzkonzeptes sind weitere spezifische Anforderungen an die technische Ausführung des Monitoring gestellt worden, um die Berücksichtigung von Natura 2000-Gebieten sicherzustellen (z.B. zusätzliche Messpunkte im GGB).

Die BSH-Genehmigungen für marine Stromkabel und Netzanschlüsse enthalten keine spezifischen Konditionen in Bezug auf Meeressäuger und Unterwasserschall, wie er beispielsweise von Kabellegern und Spulaggregaten ausgeht (z.B. COBRA Kabel Genehmigung, BSH 2015). Ausnahmen bilden Explosionen – wenn nötig zur Räumung von Munition im Bereich der Kabeltrasse – und die Installation von Konverter-Plattformen, wenn diese einen Teil der Netzanbindung darstellen. Für die Konverter-Plattformen gelten die gleichen Schwellenwerte wie für die Fundamente der Windkraftanlagen. Wenn Munitionsräumungen notwendig werden, dann sind begleitende Schallminderungsmaßnahmen verpflichtend.

3.1.2 *Best Practice*

Das BSH hat in der Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern und Beratern einen Standard zur Untersuchung von Auswirkungen von Windkraftanlagen auf die Meeresumwelt entwickelt (Standard-Untersuchungskonzept, "StUK"), welches als Leitfaden für die Projektträger zur Erbringung der geeigneten Datengrundlage für die Genehmigung gilt. Das erste StUK wurde 2001 herausgegeben und ist inzwischen in der 4. Auflage geltend (StUK 4, BSH 2013).

Das StUK legt einen detaillierten Rahmen für die praktische Umsetzung von Untersuchungsprogrammen zur Basiserfassung, zum Bau und zum Betrieb von OWPs in der deutschen AWZ fest. Das ökologische Monitoring wird vom BSH auch als anwendbar und ausreichend für andere Typen von Offshore-Projekten empfohlen (z.B. COBRA Kabel Genehmigung, BSH 2015). Auch für Projekte in der 12-Seemeilenzone orientieren sich die regulatorischen Anforderungen zunehmend an den Inhalten des StUK.

Um die Effekte von Impulsschall beim Bau von Windkraftanlagen und die Effektivität von Vergrämungsmaßnahmen zu untersuchen, wird im StUK4 die Auslegung von passiven akustischen Aufnahmegegeräten (C-PODs) vorgeschrieben. Dies umfasst eine konstante Monitoring-Station (POD-Station) im weiteren Umfeld des Windparks während aller Projektphasen. Wenn ein Natura 2000-Gebiet in der Nähe ist, dann ist eine zweite POD-Station dort auszulegen. Während des gesamten Untersuchungszeitraumes sind Schweinswale auch monatlich mittels Flugzeugerfassungen auf festgelegten Transekten zu registrieren.

Über den Bau von OWPs hinaus gibt es nur wenige menschliche Aktivitäten, die bezüglich ihres Unterwasserschalls und ihrer Auswirkung auf Meeressäuger untersucht worden sind. Die Installation der Nord Stream Gaspipeline in der Ostsee und ausgedehnte Sandentnahmen bei der Insel Sylt (Nordsee) sind Beispiele hierfür. Im Gegensatz zu Rammarbeiten ist der erzeugte Schall dieser Aktivitäten hauptsächlich kontinuierlich. Allerdings wurde das StUK speziell für die Bauarbeiten von OWPs auf hoher See konzipiert und dient deswegen nur als übergeordneter Leitfaden für die beiden Projekte mit jeweils maßgeschneiderten Monitoring-Programmen.

Die Genehmigung der Nord Stream Gaspipeline enthält die Verpflichtung zu Schallminderungsmaßnahmen (BSH 2009). Sie verlangt außerdem passives akustisches Monitoring von Schweinswalen in der Nähe der Pipeline während und nach den Bauarbeiten. In diesem Fall folgt die Genehmigung aber nicht ei-

dem speziellen Leitfaden, da die Installation einer Gaspipeline in deutschen Gewässern ein eher seltenes Ereignis darstellt. Während der Bauarbeiten der Nord Stream Pipeline wurden Hydrophone in einem Kilometer Abstand zur Linieneinführung an sechs Stationen zwischen der deutschen Küsten und der dänische-deutschen Grenze der AWZ aufgestellt, um den Unterwasserschall aufzuzeichnen (Gehrke 2012). Zur Beobachtung der Schweinswale wurden sechs C-PODs eingesetzt, ebenfalls in einem Kilometer Abstand zur Linieneinführung (Wollheim & Diederichs 2012). Weitere 7 C-PODs wurden im weiteren Umfeld eingesetzt an Stationen, die zuvor im Monitoringprogramm des Deutschen Meeresmuseums Stralsund enthalten waren (Gilles et al. 2010). Da Schweinswale im östlichen Teil der deutschen Ostsee eine viel geringere Dichte aufweisen, wurden keine Flugfassungen durchgeführt. Das Monitoring der Schweinswale und des Unterwasserschalls ergaben, dass in 1 km Entfernung keine Erhöhung des durchschnittlichen Schallpegels und auch keine Auswirkungen auf die Aktivität von Schweinswalen im durch Schall beeinflussten Gebiet festgestellt werden konnten.

Um die Auswirkungen von ausgedehnten Sandentnahmen auf Schweinswale bei Sylt zu untersuchen, wendeten Diederichs et al. (2010c) eine Kombination von passivem akustischen Monitoring und Flugfassungen an, ähnlich den Programmen für OWPs. Die Genehmigungsbehörde hatte keine Schwellenwerte für den Schall vorgegeben, allerdings wurde dem Projekt auferlegt vor der Genehmigung ein Monitoring als Vorsichtsmaßnahme durchzuführen. Zwei T-PODs (Vorgängermodell des C-POD) wurden innerhalb des Sandentnahmegebietes aufgestellt, daneben zwei T-PODs auf Referenzpositionen nahe der Küste und eine weitere Referenzposition 25 km von der Küste entfernt in der AWZ im Natura 2000 Gebiet „Sylter Außenriff“. Transektflüge wurden einmal monatlich durchgeführt. Die akustischen Aufnahmen der T-PODs zeigten eine kurzzeitige Vermeidungsreaktion der Schweinswale in der Nähe des Baggerschiffes, während die Ergebnisse der Flugfassungen keine bestimmten Effekte anzeigten. Die Dichte der Schweinswale war generell gering in den Küstengewässern. In einem Abstand von 300 m zum Baggerschiff wurden 150 dB gemessen (Referenzskala nicht angegeben in der Veröffentlichung). Die Autoren schlussfolgerten, dass die Auswirkungen nur „kurzzeitig und sehr kleinräumig“ waren, und führten weiter aus, dass die Sandentnahmen nur eine geringe Auswirkung auf Schweinswale hat (Diederichs et al. 2010c).

Im Zusammenhang mit anderen linearen Infrastrukturprojekten (hauptsächlich Stromkabel) in der deutschen 12-Seemeilenzone haben die verantwortlichen

Behörden von den Projektträgern keine einzuhaltenden Schwellenwertkriterien oder die Durchführung von Schallminderungsmaßnahmen gefordert. Nach unserem besten Wissen beschränken sich die Nebenbestimmungen der Genehmigungen auf das akustische und visuelle Monitoring während der Bauphase, da die Genehmigungsbehörden von der Annahme ausgehen, dass sich die Auswirkungen auf Meeressäugern in zeitlich und räumlich eng beschränktem Rahmen abspielen.

3.2 Großbritannien

Im Zuge der Dezentralisierung und Etablierung von selbständigen Parlamenten in Nordirland, Wales und Schottland sind unterschiedliche Ansätze zur Regulierung von marinen Entwicklungen entstanden. Insbesondere Schottland hat einen Leitfaden zum Schutz von marinen in Europa geschützten Arten vor Störung und Verletzung geltend in den schottischen Gewässern herausgegeben (Marine Scotland 2014). Für den vorliegenden Review wird der schottische Ansatz separat vom Ansatz in England, Wales und Nordirland betrachtet, wo die JNCC (2008) einen Leitfaden für Anhang IV-Arten mit alleinigem Schwerpunkt auf Störung herausgegeben hat (und einen separaten Leitfaden in Bezug auf Rammerschall (JNCC 2010a) und seismische Untersuchungen (JNCC 2010b), die jeweils das Verletzungsrisiko mit einbeziehen).

Bis zum jetzigen Zeitpunkt hat Großbritannien noch kein Gebiet ausgewiesen mit dem Erhaltungsziel Schweinswal als Anhang II-Art. Es gibt daher keine Informationen über eventuelle zusätzliche Maßnahmen, die zu ergreifen wären, um den Schutz von europäisch geschützten Arten innerhalb oder im Umfeld der Schutzgebiete zu sichern.

3.2.1 *Standards und Leitfäden - Northern Ireland, England und Wales*

Der Leitfaden von LNCC (2008) beschäftigt sich mit folgenden Fragen: was sind beabsichtigte Störungen; was sind erhebliche Auswirkungen auf die Überlebensfähigkeit, die Vermehrung und Jungenaufzucht; was ist eine signifikante Anzahl von Tieren; und was sind erhebliche Auswirkungen auf eine lokale Häufigkeit und Verteilung von Arten.

Nach dem Leitfaden ist der Projektträger dazu verpflichtet, die Wahrscheinlichkeit für eine Übertretung des Störungsverbot zu bewerten (in Bezug auf die Projektaktivitäten, und auch in Kombination mit anderen Aktivitäten) und festzustellen, ob Minderungsmaßnahmen durchzuführen sind oder eine Ausnahmegenehmigung notwendig ist. Letztere kann nur dann erteilt werden, wenn es keine zumutbaren Alternativen gibt und die Aktivität nicht den günstigen Erhaltungszustand von Populationen einer Art in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet gefährdet. Es wird ausgesagt, dass die meisten Aktivitäten keiner Ausnahmegenehmigung bedürfen, da die Störung unter die Schwelle einer Übertretung des Störungsverbotes fällt oder Minderungsmaßnahmen die Wahrscheinlichkeit der Übertretung minimieren.

In Großbritannien wird bei der Betrachtung von Populationen von Meeressäugern argumentiert, dass diese Tiere generell große Verbreitungsgebiete aufweisen und Individuen weit umherstreifen. Für den Schweinswal sagt der Leitfaden explizit aus, dass eine signifikante Anzahl von Tieren einer relative großen Gruppe entspricht, im Gegensatz beispielsweise zum in Küstengewässern vorkommenden Großen Tümmler mit isolierten Sub-Populationen von 100 bis 200 Individuen, bei denen eine Störung von weitaus geringeren Anzahlen erheblich sein könnte.

Im Leitfaden werden Vorschläge gemacht, welcher Anteil einer Population als erheblich angesehen werden sollte. Der Ansatz besteht darin die potentielle jährliche Wachstumsrate der Population von Walen (angegeben als etwa 4 %) mit der Fischerei-bedingten Sterblichkeit von (kleinen) Walarten zu vergleichen (angegeben als etwa 1,7 %), um Schwellenwerte abzuleiten, die zwischen 1 und 4 % liegen in Abhängigkeit davon, ob der Erhaltungszustand günstig ist oder nicht. Der Leitfaden erkennt, dass dies in einer relativ hohen Anzahl von Individuellen Schweinswalen resultieren würde, die erheblich gestört werden müssten, um eine Übertretung des Störungsverbot im Sinne des europäischen Rechts auszulösen. Das bedeutet, dass ein relativ großes Gebiet betroffen sein müsste, oder die Aktivität über eine lange Zeitspanne anhalten müsste.

Für die britischen Gewässer der Nordsee und angrenzenden Gewässern wird auf Basis der SCANS II- Untersuchungen eine unterer Schwellenwert von 4600 Tieren vorgeschlagen, der eine erhebliche Anzahl von Schweinswalen repräsentiert. Dies bedeutet nicht automatisch, dass eine Störung (also Vertreibung) auch von weniger Tieren akzeptabel ist; die nationale Gesetzgebung muss ebenfalls berücksichtigt werden.

Während es den einzelnen Projekten überlassen ist, die Zahlen der Populationen und Schwellenwertprozente zu rechtfertigen, führt der Leitfaden weiter aus, dass eine erhebliche Auswirkung auf eine lokale Verbreitung oder Häufigkeit einer Art dann anzunehmen ist, wenn mehr als nur ein vorübergehender Effekt auftritt, beispielsweise wenn eine signifikante Gruppe von Individuen von einem großen Anteil ihrer essenziellen Lebensräume oder ihrer natürlichen Verbreitung vertrieben würde. Schwellenwerte für Dauerschall oder Impulsschall zur Unterstützung von Bewertungen werden nicht benannt, und es bleibt dem Projektträger überlassen die Bewertung zu rechtfertigen (ebenso werden in Großbritannien keine Schwellenwerte in Bezug auf das Verletzungsrisiko auferlegt).

Der Leitfaden betrachtet eine Reihe von Aktivitäten als potenzielle Störungsquellen, darunter Sandentnahme, Baggerarbeiten und Verkehr von Schiffen. Baggerarbeiten werden als Schallquelle von hoher Intensität angesehen, die in einigen Fällen das Potenzial zur Verhaltensänderung von Walen mit der Vertreibung als Folge haben, in anderen Fällen aber zur Gewöhnung führen. Es werden Referenzen zur aktuellen Forschung in diesem Gebiet gemacht, allerdings wird das Potenzial für erhebliche Auswirkungen als gering betrachtet. Sehr wenige Informationen gibt es in Bezug auf den Schiffsverkehr, außer der allgemeinen Feststellung, dass ein ständig wachsender Schallpegel Konsequenzen für marine Säugetiere haben könnte, insbesondere durch Maskierungseffekte.

3.2.2 *Standards und Leitfäden - Scotland*

Der jüngste Leitfaden von Marine Scotland (2014) verpflichtet den Projektträger das eigene Projekt zu bewerten. Der Leitfaden hebt hervor, dass gewöhnliche Störungen nicht als erheblich anzusehen sind, und dass eine negative Auswirkung zu erwarten sein muss, die wahrscheinlich schädlich ist.

Der Leitfaden erwähnt explizit die individuelle Variabilität von Verhaltensreaktionen bei Störungen und macht nicht den Versuch spezifische Schwellenwerte für die Störung festzulegen. Jedes Projekt muss eine Risikoanalyse in Bezug auf Wale erstellen, die von Fall zu Fall zu betrachten ist. Der Leitfaden anerkennt jedoch die Kriterien zur Verletzung von Southall et al. (2007) als die zur Zeit beste einschlägige Erkenntnis. Es gibt daher keine vorgeschlagenen Schwellenwerte für den Dauerschall. Der Schottische Leitfaden ist im Ansatz eher allgemein gehalten dahingehend, dass er keine spezifischen Aktivitäten behandelt oder keine Empfehlungen für spezielle Unternehmen und Tätigkeiten enthält.

3.2.3 *Best Practice - Großbritannien*

Wie bereits oben erwähnt, werden in dem britischen nationalen Leitfaden keine spezifischen Grenzwerte für Schall erzeugende Aktivitäten vorgegeben, weder für Impulsschall noch für Dauerschall, und die Erfahrungen beziehen sich eher auf den Schutz von Anhang IV-Arten als auf den Schutz von Natura 2000-Gebieten.

Generell werden in Großbritannien dann passende Minderungsmaßnahmen entwickelt, wenn auf der Ebene der Umweltverträglichkeitsprüfung Auswirkungen auf marine Empfänger identifiziert werden. Beispielsweise wurden bei einer Reihe von OWPs saisonale Beschränkungen von Rammarbeiten im Zusammenhang mit den Laichvorgängen von Fischen durchgesetzt, um so Störungen in wichtigen Laichgründen zu vermeiden.

Da erhebliche Auswirkungen von Schweinswalen als Folge von Baggerarbeiten als unwahrscheinlich angesehen werden, gibt es über keine bekannten Beispiele von Maßnahmen, die sich speziell mit der Empfindlichkeit von Schweinswalen befassen, zu berichten. Es gibt Beispiele von spezifischen Minderungsmaßnahmen, wo Baggerarbeiten innerhalb eines GGB ausgewiesen für den großen Tümmler notwendig waren, so etwa das Ausheben und die Verfüllung von Sedimenten bei Port Cromarty, durchgeführt von Dredging International innerhalb des GGB Moraz Firth (CMACS, pers. Observation). Die Maßnahmen wurden hier auf alle Arten von Meeressäugern ausgedehnt, obwohl sie sich ursprünglich im Projekt hauptsächlich darum drehten, physische Auswirkungen durch Erdverklappung nahe von Tieren abzuwenden.

Die Dredging-Industrie hat die Erforschung des Unterwasserschalls, den ihre Aktivitäten erzeugen, unterstützt (Lepper et al. 2012), aber in Großbritannien haben Umweltverträglichkeitsprüfungen übereinstimmend hervor, dass Impulsschall potenziell die größten Auswirkungen auf marine Rezeptoren ausübt. Bewertungen von Dauerschall waren im Allgemeinen qualitativ, und wo Dauerschall in Begleitung von Impulsschall vorkam, etwa beim Rammen oder bei seismischen Untersuchungen mit Luftkanonen, wurde dieser immer mit einem geringeren Auswirkungsgrad in Verbindung gebracht. Deswegen konzentrieren sich die Ergebnisse der Umweltverträglichkeitsprüfungen auf die „worst case“-Szenarios (nämlich Rammschall) und bewerten Aktivitäten wie Baggerarbeiten und Schiffsverkehr im Zusammenhang mit generell erhöhtem Pegel von niederfrequentem Schall und Hintergrundschall von existierenden Aktivitäten.

Der OWP Burbo Extension in der Irischen See bei Liverpool liefert ein gutes Beispiel dafür, wie die Störung von Schweinswalen in der Praxis in Großbritannien gehandhabt wird. Die Fundamente der Turbinen wurden im Frühling/Sommer 2016 durch Rammen in den Meeresboden eingebracht. Verschiedene Untersuchungen wurden in Gang gesetzt, die die Umweltverträglichkeitsstudie unterstützen sollten (DONG Energy, 2013), obwohl diese im Vergleich zu denen der FBQ nur einen sehr geringen Umfang hatten. Die Bewertungen schlussfolgerten, dass Störungen (inkl. Vertreibung) von europäischen geschützten Arten (Schweinswal) eine unabdingbare Folge von Rammarbeiten sei, und folglich wurde dem Vorhabenträger eine Ausnahmegenehmigung durch die Marine Management Organisation (MMO) erteilt, die die Störung von bis zu 248 Schweinswalen aufgrund von „überwiegenden öffentlichem Interesse“ und dem Fehlen von zumutbaren Alternativen zuließ.

Das Burbo Extension-Projekt umfasste auch erheblichen Schiffsverkehr und Vorarbeiten am Meeresboden, und vorgesehene Baggerarbeiten mit Laderaum-Saugbaggern wurden nicht als Risiko für erhebliche Störungen angesehen, so dass keine ähnlich geartete Ausnahmegenehmigung oder irgendwelche Minderungsmaßnahmen geplant wurden.

3.3 Holland

Die FFH-Richtlinie ist in Holland in nationales Recht umgesetzt worden (Naturschutzgesetz, 'Natuurbeschermingswet 1998') und sieben küstennahe und -ferne GGBs wurden ausgewiesen. In jedem dieser Gebiete sind Habitats und Arten benannt worden, für die die Auswirkungen von menschlichen Aktivitäten auf Populationsniveau bewertet werden müssen. Außerdem wird der Schutz von individuellen Organismen, wie in der FFH-Richtlinie vorgeschrieben, durch das holländische Flora-Fauna-Gesetz umgesetzt. In diesem Rahmen wird die Sterblichkeit von Individuen in Relation zum günstigen Erhaltungszustand einer bestimmten Art gesetzt.

Kürzlich wurde die Anwendung der beiden Gesetze auf die gesamte AWZ erweitert und umfasst daher den gesamten holländischen Kontinentalsockel. Folglich müssen alle Aktivitäten innerhalb des Kontinentalsockels, die Auswirkungen auf geschützte Habitats oder Arten haben könnten, bewertet werden. Außerdem wird im neuen Naturschutzgesetz (geplant für Januar 2017) neben den Habitats auch der Schutz von individuellen Organismen berücksichtigt.

3.3.1 Standards und Leitfäden

Wegen der Entwicklung von Offshore-Windkraft sind die Auswirkungen von Unterwasserschall auf das marine Ökosystem Gegenstand erhöhter Aufmerksamkeit in marinen Umweltprüfungen. Die Erkenntnis, dass Unterwasserschall negative Auswirkungen auf geschützte Arten auf Individuen- und Populationsebene mit sich bringen könnte, hat in Holland die Anzahl von Untersuchungen auf wissenschaftlicher, politischer und Berater-bezogenen Ebene wesentlich ansteigen lassen.

Bis vor kurzem gab es keine Standards oder Leitlinien zur Untersuchung der Auswirkungen von Unterwasserschall; jede Umweltprüfung musste auf der besten wissenschaftlichen Erkenntnis beruhen.

Wegen der Möglichkeit von kumulativen Effekten bei der Auswirkung von Impulsschall von Rammarbeiten für OWPs, hat die holländische Regierung eine Ar-

beitsgruppe zum Unterwasserschall ins Leben gerufen, die mit der Aufgabe be-
traut wurde einen Rahmen zur Bewertung von kumulativen Effekten auf
Schweinswale und Robben von Impulsschall von OWPs auf lokaler und regiona-
ler (Nordsee) Ebene auszuarbeiten (Heinis & de Jong, 2015). Unter Anwendung
der neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse wurden Populationseffekte auf
den Nordsee-Schweinswal anhand von Schwellenwerten für PTS, TTS und Ver-
meidung modelliert. Die Modellierung wurden mit dem sogenannten „Popula-
tion Consequence of Disturbance Model (PCoD model) für verschiedene Ent-
wicklungsszenarien durchgerechnet. Details sind in Heinis & de Jong (2015) wi-
dergegeben. Die Experten der Arbeitsgruppe formulieren verschiedene Annah-
men, um die Auswirkungen bewerten zu können, weitestgehend gestützt durch
Angaben aus der Literatur, Felduntersuchungen und umfangreiche Erfahrung
aus der Forschung zur Bioakustik.

Eines der Ergebnisse aus der Arbeitsgruppe ist ein stufenweiser Ansatz für künf-
tige Umweltprüfungen, der auch als Empfehlung für künftige Entwicklungen an-
gewendet werden soll. Allerdings wurden diese Empfehlungen speziell für Im-
pulsschall entwickelt und ist daher für Dauerschall nicht geeignet.

Auswirkungen von Dauerschall von Schiffsverkehr und Baggerarbeiten werden
als dem Impulsschall untergeordnet betrachtet aufgrund der begrenzten Reich-
weite, in der von diesen spezifischen Schallquellen aus Auswirkungen möglich
sind. Deswegen sind keine Standards oder Leitfäden für die Bewertung von Aus-
wirkungen von Dauerschall auf Schweinswale entwickelt worden. Allerdings
wurden mögliche Auswirkungen im Zusammenhang mit bestimmten Projekten
unter Anwendung der „best practice“ bewertet.

3.3.2 *Best Practice*

Entlang der holländischen Küsten finden weitreichende Baggerarbeiten statt,
und die Auswirkungen von Unterwasserschall von Schiffsverkehr und Baggerar-
beiten auf Schweinswale ist in verschiedenen Projekten bewertet worden. Bei-
spiele sind der Industriehafen Maasvlakte II (Heinis et al. 2013) und die San-
dentnahme und Sandaufspülung zum Küstenschutz (Rijkswaterstaat 2015). Die
„best practice“ in Holland wird im Folgenden anhand dieser beiden Bewertun-
gen beschrieben.

Im Maasvlakte II-Projekt sind weitreichende Schallmessungen und Modellie-
rungsstudien durchgeführt worden, um die Schallquellen der Baggerarbeiten
und des Schiffverkehrs zu charakterisieren. Auf Basis dieser Studien ist die

Schallausbreitung im Gebiet bestimmt worden. Die Ergebnisse sind auch zur Bewertung des zweiten hier genannten Beispiels der Sandentnahme und –aufspülungen in 2015 mit eingeflossen, da hier wegen der Ähnlichkeit der Projektaktivitäten keine weiteren Messungen oder Modellberechnungen durchgeführt wurden.

Im Maasvlakte II-Projekt wurde als Hauptkriterium, zur Annahme dass Auswirkungen auftreten, der Schallereignispegel (SEL) und TTS betrachtet. Es wurde geschlussfolgert, dass die nicht ortsgebundenen Schweinswale (was realistisch ist für hoch mobile Arten) keinen TTS als Folge von Baggerarbeiten oder Schiffsverkehr erleiden würden. Da es außerdem keine Schwellenwerte für die Vermeidungsreaktion aufgrund solcher Aktivitäten gibt, ist dieser Sachverhalt nicht mit in die Bewertung eingeflossen. Allerdings wird das Fehlen solcher Schwellenwerte ausdrücklich als Wissenslücke erwähnt.

Die Beschreibung der Schallquellen bei der Sandentnahme und Sandaufspülung basiert auf den Messungen und Modellen des Maasvlakte II-Projektes. In dieser Bewertung sind alle Kategorien der Beeinträchtigung eingegangen, angefangen von der Wahrnehmung des Schalls bis zur Verletzung. Ähnlich wie beim Maasvlakte Projekt wurde geschlussfolgert, dass Verletzungen und PTS nicht als Folge von Baggerarbeiten und Schiffsverkehr auftreten können. TTS könnte theoretisch innerhalb eines Radius von wenigen Hundert Metern von der Schallquelle auftreten, allerdings nur bei einer Expositionsdauer von über 24 Stunden. Wegen der Mobilität der Art wird das Auftreten von TTS ausgeschlossen.

Auch in dieser Studie wird das Fehlen von Schwellenwerten für die Vermeidungsreaktion bei Dauerschall von Baggerarbeiten angemerkt. Allerdings wurde auf Grundlage von Schwellenwerten für Schallquellen mit höherer Frequenz, die von Versuchen im Schwimmbecken abgeleitet wurden (Verboom, W.C. & Kastelein, R.A. 2005), eine Reichweite der Auswirkungen von mehreren Kilometern unter Zuhilfenahme eines einfachen Schallausbreitungsmodelles berechnet. Unter Hinzunahme der Ergebnisse von (Diederichs et al. 2010a) und Dyndo et al. (Dyndo et al. 2015) wird geschlossen, dass eine Reichweite der Auswirkungen von mehreren Kilometern den „worst case“-Fall darstellen würde.

Beide Studien bemerken deutlich das Fehlen eines Schwellenwertes für Dauerschall von Baggerarbeiten. Die Erheblichkeit von Auswirkungen wurde deswegen auf Grundlage von worst case-Annahmen und fachgutachterliche Beurteilungen festgestellt.

Erheblichkeit von Auswirkungen

In den Niederlanden werden die Auswirkungen auf geschützte Arten vorrangig auf Populationsebene und nicht auf Individuen bezogen durchgeführt. Für mobile Arten wie den Schweinwal ist es allerdings herausfordernd, die Population der Nordsee zu definieren. Schweinswale sind nicht ortsgebunden und wandern bekanntlich über große Entfernungen. Deswegen kann keine lokale Subpopulation definiert werden. Normalerweise werden die Auswirkungen auf Schweinswale auf die Population des holländischen Festlandssockels bezogen (ca. 51.000 Individuen) oder auf die Nordseepopulation (näherungsweise 230.000 Individuen).

Der Anteil der Population, der in einem gegebenen Projekt betroffen sein kann, wird auf Grundlage der geographischen und saisonalen Verbreitung berechnet. Außerdem wird der ökologische Zusammenhang während der Projektwirkung betrachtet, so etwa ob Mütter mit Kälbern zu erwarten sind, die Dauer der Projektwirkung und die erwartete Reaktion der Schweinswale auf die Schallquelle. Schließlich wird auch der potenzielle Barriereeffekt in Bezug auf die Wanderungen und die Möglichkeiten Gebiete zu umgehen betrachtet.

Der erhebliche Anteil der Population bezogen auf die Nordsee basiert auf das ASCOBANS-Abkommen (Agreement on the Conservation of Small Cetaceans of the Baltic and North Seas). Im ASCOBANS ist das vorläufige Ziel formuliert, die Population auf 80 % der Umweltkapazität zu erhalten. Außerdem schreibt ASCOBANS eine obere Grenze der anthropogen verursachten Sterblichkeit vor (inklusive Beifang), die 1,7 % der Populationsgröße nicht übersteigen darf (Resolution No. 3, Incidental Take of Small Cetaceans, Bristol 2000). Diese Grenze kann jedoch nicht direkt für die Bewertung von Unterwasserschall angewendet werden, wo dieser die Reproduktion beeinträchtigt und nicht wie beim Beifang direkt die Mortalität erhöht. Wenn man annimmt, dass die Population sich auf dem Niveau ihrer Umweltkapazität befindet, dann bedeutet das, dass – speziell bei der Bewertung von kumulativen Effekten für Impulsschall – innerhalb des Vertrauensintervalls von 95 % (5. Perzentil der modellierten Ergebnisse) die Reduktion der Population 20 % nicht übersteigen darf. Für den holländischen Kontinentalsockel würde dies einem jährlichen Rückgang der Population von näherungsweise 1250 Tieren als Folge von kumulierten anthropogenen Effekten entsprechen. Die Bewertung wird daher auf der Ebene der Nordsee-Population vorgenommen und nicht auf dem Niveau von einzelnen Natura 2000-Gebieten, da Schweinswale als mobile Art angesehen werden.

Wegen der limitierten Reichweite von Auswirkungen von Schiffsverkehr und Baggerarbeiten, und in Anbetracht des Schalltyps und der Möglichkeit von Schweinswalen die beeinträchtigten Gebiete rechtzeitig zu meiden, werden in beiden Projekten die Beeinträchtigungen auf Schweinswale als unerheblich betrachtet. Die Anzahl der beeinträchtigten Schweinswale ist vernachlässigbar im Verhältnis zur Populationsgröße, zur natürlichen Populationsdynamik und im Verhältnis zu international vereinbarten Zielsetzungen bezüglich der akzeptierten jährlichen Reduktion der Population.

4 BEWERTUNG DER UMWELTVERTRÄGLICHKEITSSTUDIE DER FESTEN FEHMARNBELTQUERUNG IN BEZUG AUF BEEINTRÄCHTIGUNGEN VON SCHWEINSWALEN DURCH DAUERSCHALL

Dieses Kapitel liefert eine Bewertung der Expertengruppe in Bezug auf folgende die Meeressäuger betreffenden Dokumente:

1. Basisuntersuchungen (Planfeststellungsunterlagen, Anlage 15, Umweltverträglichkeitsstudie (UVS), Kapitel 3.10; Femern A/S & LBV-SH Niederlassung Lübeck 2016e). Mit der primären Absicht zu beurteilen, ob die Basisuntersuchungen als ausreichend für die Bewertung angesehen werden.
2. Umweltprüfung (Planfeststellungsunterlagen, Anlage 15, Umweltverträglichkeitsstudie (UVS), Kapitel 8.3.10; Femern A/S & LBV-SH Niederlassung Lübeck 2016e), inklusive Planfeststellungsunterlagen Anlage 22.05 mit den Anhängen 1 & 2 (Femern A/S & LBV-SH Niederlassung Lübeck 2016a, 2016b, 2016c), in denen der Ansatz zu den Minderungsmaßnahmen näher erläutert wird. Mit der primären Absicht festzustellen, ob die Bewertung der Auswirkungen von Dauerschall auf Schweinswale unterstützt werden kann, unter Einbeziehung der oben beschriebenen internationalen Ansätze und fachgutachterlichen Beurteilung der Autoren dieses Berichtes.

Für jede der beurteilten Unterlagen werden die wichtigsten Ergebnisse und darin vorgenommenen Bewertungen des Dauerschalls in Bezug auf die Störung von Schweinswalen hier wiedergegeben.

4.1 Basisuntersuchungen

4.1.1 Überblick über die Basisuntersuchungen

Die Basisuntersuchen von Meeressäugern (UVS, Kapitel 3.10; Femern A/S & LBV-SH Niederlassung Lübeck 2016e) umfassen Untersuchungen von Schweinswalen und Robben. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich von der Linie Kiel-Langeland im Westen bis zu einer Linie zwischen Gedser und Dahmeshöved im Osten und deckt damit das gesamte Fehmarnbeltgebiet und angrenzende Gewässer. Die allgemeine Dichte der Schweinswale beträgt 0,5 Tiere /km², mit saisonalen Schwankungen der Verbreitungsmuster. Die Tiere im Fehmarnbelt gehören vermutlich einer von den Tieren im Skagerrak separaten Unterpopulation an. Es wird angenommen, dass diese Gruppen von den Tieren der östlichen Ostsee getrennte Unterpopulationen bilden. Schweinswale wurden in monatlichen

Flugerfassungen von November 2008 bis November 2010 gezählt, wobei methodisch internationale Standards und näherungsweise auch 'StUK' zur Berechnung von saisonalen Dichtemustern mithilfe von 'Distance Sampling' angewandt wurden. Die Flugerfassungen wurden mit 34 monatlichen Zählungen von der Puttgarden-Rødby-Fähre aus direkt auf der Linienführung ergänzt. Auf Grundlage der Basisdaten wurde ein saisonales Verbreitungsmuster mit klarer Bevorzugung des Frühjahrs und mit den geringsten Dichten im Winter festgestellt. Zusätzlich wurden im Zeitraum von Januar 2009 bis Januar 2011 insgesamt 27 C-PODs eingesetzt. Ergebnisse dieser Studie zeigten eine konstante Anwesenheit von Schweinswalen im Untersuchungsgebiet mit einer zunehmenden Häufigkeit von Ost nach West und nur einer schwach ausgeprägten saisonalen Schwankung. Einer weiteren Studie wertete Telemetrie-Daten von insgesamt 82 Tieren aus, deren Analyse die Subpopulation-Theorie und außerdem die saisonalen Wanderungsmuster zwischen Skagerrak und der Beltsee unterstützt.

Eine generelle Wirkungsanalyse zur Untersuchung von Auswirkungen des Unterwasserschalls auf Schweinswale war ebenso Teil der Basisuntersuchungen und es wurde geschlossen, dass Schweinswale von menschlichen Aktivitäten zwar beeinträchtigt werden können, aber dass sich dies nicht speziell auf Populationsniveau niederschlägt.

Die Auswirkungen von existierenden Brücken und Tunneln wurden diskutiert, ergaben aber keinerlei Hinweise auf spezifische Auswirkungen auf Schweinswale wegen der hohen Variabilität der zeitlichen und räumlichen Verteilung der Schweinswale. Insbesondere konnten Unterwasserschall und Vibrationen von Tunneln ab einem Abstand von 400 m nicht vom Geräusch des Schiffsverkehrs auseinander gehalten werden, und nur durchfahrende Züge (nicht Autos) erzeugten eine lokal begrenzte Erhöhung des Schallpegels.

Neben den anthropogenen Schall- und Vibrationsemissionen von existierenden Tunneln und Brücken wurden auch andere Schallquellen wie Schiffsverkehr, Echolot, seismische Untersuchungen und Explosionen analysiert und es wurde festgestellt, dass Schweinswale im Fehmarnbelt relativ hohem Hintergrundschall vom intensiven Schiffsverkehr ausgesetzt sind. Der größte Teil der Schallenergie von Wasserfahrzeugen an der Oberfläche liegt im niederfrequenten Bereich und überlappt deswegen mit dem weniger sensitiven Hörbereich des Schweinswals. Deswegen wird eine Anhebung der Hörschwelle als Folge von Schiffsverkehr nicht erwartet.

Die Maskierung des biologisch wichtigen Frequenzbereiches wurde auch diskutiert, und die Studie stellt fest, dass Maskierung ausgeschlossen werden kann, da das Echo-Ortung der Schweinswale im Ultraschallbereich von 130 kHz liegt, d.h. über dem Schallspektrum der Schiffe.

Es wird außerdem ausgesagt, dass die niederfrequenten Bereiche der hochfrequenten Schweinswal-Klicklaute biologisch nicht relevant sind. Verallgemeinernd betrachtet die Studie Verhaltensänderung wie etwa Vermeidung als möglich mit potenziellen Folgen für die Futtersuche, Navigation und Reproduktion mit energetischen Unkosten solcher Verhaltensänderungen.

Neben dem allgemeinen Ansatz der Betrachtung von Unterwasserschall, wurde eine spezielle Studie zum Umgebungsschall inklusive eines projektbezogenen systematischen Schallmonitoring im Fehmarnbelt angefertigt. Es war beabsichtigt die akustische Umwelt für Schweinswal im Fehmarnbelt mithilfe einer einjährigen Studie basierend in Kombination mit den Daten der 27 C-POD-Stationen darzustellen.

Es überraschte nicht, dass die höchsten Schallpegel in der Nähe der Schiffrouten gemessen wurden, wo konstante Dauerschallpegel zwischen 103 und 132 dB re 1µPa ohne saisonale Muster auftraten. Der größte Teil der gemessenen Schallenergie lag weit unter 1 kHz, wo das Hörvermögen von Schweinswalen weniger empfindlich ist; die Hörschwellen der Art in diesem Frequenzbereich liegen zwischen 80 dB re 1µPa (rms) bei 1 kHz und 115 dB re 1µPa (rms) bei 250 Hz. In der Studie wurde der überwiegende Teil des Umgebungsschalls als für Schweinswale hörbar festgestellt. Die biologische Relevanz für die Maskierung von niederfrequenten Kommunikationslauten und der niederfrequenten Lautwahrnehmung von Schweinswalen wurden in der Studie angesprochen. Es wird außerdem diskutiert, dass erhöhte Schallpegel Stress bei den Tieren auslösen und deren Gesundheitszustand beeinflussen könnte. Die Studie führt die Ergebnisse der C-POD-Untersuchungen an, in denen gezeigt werden konnte, dass Dauerschallpegel von über 113 dB re 1µPa die gemessene akustische Aktivität verringern konnten, wobei aber eine Vermeidung der Gebiete mit intensivem Schiffslärm nicht beobachtet wurde.

Bauarbeiten von OWPs im Umfeld des Fehmarnbelt wurden ebenso in der Analyse der Projektwirkungen berücksichtigt. Diese verursachen während der Bauphase negative Verhaltensänderung bei Schweinswalen, während ihr Beitrag zum Hintergrundschall während der Betriebsphase als vernachlässigbar angesehen wird.

Die Basisuntersuchungen stellen außerdem fest, dass im Fehmarnbelt zwar Schweinswalkälber präsent sind, dass dieser aber kein wichtiges Brut- oder Aufzuchtgebiet für Schweinswale darstellt.

4.1.2 *Bewertung der Basisuntersuchungen*

In den Basisuntersuchungen wurde ein sehr umfangreiches Datenmaterial eingesammelt, das weit über das Niveau hinausgeht, was typischerweise für derartige Projekte aus internationaler Perspektive üblich ist.

Die Gültigkeit der Daten, deren Erhebung im Jahre 2008 begonnen wurde, ist Gegenstand von einem separaten externen Prüfgutachten. Ungeachtet dieses Gutachtens sind die Daten nach unserem Verständnis mehr als ausreichend, um als solide Datengrundlage für die Planung des Projektes zu dienen, auch in Relation zu dem großen Maßstab des Projektes.

Die Basisuntersuchungen haben eine hohe wissenschaftliche Qualität, aber wie viele andere ökologische Studien beinhalten sie das generelle Risiko für den Projektträger mehr Fragen aufzuwerfen als Antworten zu liefern, insbesondere wegen der großen räumlichen und zeitliche Variabilität der Daten und den weitreichenden zugrundeliegenden Forschungsfragen, wie etwa der Übergang vom detaillierten Individuellen Ansatz auf Populationsniveau oder Fragen der saisonalen Variabilität der Habitatnutzung.

Wir schließen uns der Konklusion aus den Basisuntersuchungen an, dass TTS/PTS nur sehr unwahrscheinlich in Verbindung mit den vorgesehenen Baggerarbeiten und Schiffsbewegungen auftreten kann. Es wird argumentiert, dass TTS/PTS deswegen nicht auftritt, da im Spektrum von Dauerschall von Baggerarbeiten und Schiffsverkehr die hohen Frequenzen fehlen und die niederfrequenten Schallemissionen unterhalb des Spektrums hoher Empfindlichkeit bei Schweinswalen liegen. Obwohl wir mit dieser Argumentation übereinstimmen, ist dies nicht der einzige Grund dafür, dass TTS/PTS nicht auftreten kann. TTS/PTS tritt hauptsächlich deswegen nicht auf, da Schweinswale dem in der Bauphase kontinuierlich erzeugten Schall rechtzeitig ausweichen können, im Gegensatz zu plötzlichen impulshaften Schallquellen wie Rammschall. Während der Baggerarbeiten und weiteren Bauaktivitäten können Schweinswale erst nach einer Exposition von 24 Stunden TTS erleiden (wie von Heinis et al. 2013 berechnet wurde). Da es sich aber um eine hochmobile Art handelt, die nicht ortsgebunden für so lange Zeit diesem Schall ausgesetzt wird, ist es sehr unwahrscheinlich, dass TTS auftritt.

In die Analyse des Hintergrundschalls selbst fließen die Daten des systematischen Monitorings mit ein, dessen Stärke darin liegt, das hohe Niveau des existierenden Hintergrundschalls verursacht durch menschliche Aktivitäten abzubilden. Es wurde viel Aufwand drauf verwandt die Vermeidungsreaktion von Schweinswalen in Bezug auf die Schifffahrtsrouten zu untersuchen; dass dies nicht abschließend geklärt werden konnte, mag an der geringen Detektionsreichweite der C-PODs liegen (etwa 300 m).

4.2 Umweltverträglichkeitsstudie

4.2.1 Überblick über die Umweltverträglichkeitsstudie

Im Kapitel 8.3.10 der UVS (Femern A/S & LBV-SH Niederlassung Lübeck 2016e) wird der Schwellenwert des deutschen Schallschutzkonzeptes von 160 dB (SEL) bei 750 m als Kriterium für die Bewertung des Verletzungsrisikos für Meeressäuger angewendet. In den FBQ-Dokumenten wird er zur Bewertung des Impulsschalls während kurzzeitig andauernder Rammarbeiten an den Küsten von Lolland und Fehmarn angewendet, aber auch für die Effekte von Dauerschall erzeugt von Schiffen und Baggern, obwohl der Grenzwert für Impulsschall von Rammen der Fundamente von OWPs in der Nordsee entwickelt wurde. Jede Überschreitung des Grenzwertes wird mit einem sehr hohen Grad der Beeinträchtigung bewertet.

Der Schwellenwert von 140 dB (SEL) aus dem deutschen Schallschutzkonzept für erhebliche Störung von Schweinswalen wird in der UVS nicht angewandt.

Ein Schwellenwert von 150 dB (SEL) wird für die Definition von einem mittleren Grad der Beeinträchtigung angesetzt und 144 dB (SEL) für einen geringen Grad. Der 150 dB (SEL)-Schwellenwert basiert auf den Ergebnissen von Diederichs et al. (Diederichs et al. 2010a) zu den Reaktionen von Schweinswalen während der Rammarbeiten des OWPs 'Alpha Ventus'. Er zeigt die Zone an, in der Verhaltensreaktionen und Vertreibung vorkommen und länger anhalten als die Dauer der Schallemissionen. Das Kriterium für geringe Beeinträchtigung bedeutet eine Halbierung der Intensität gegenüber der mittleren Kategorie (also eine Reduktion um 6 dB) und definiert die Zone, in der kurzzeitige Reaktionen von Schweinswalen erwartet werden.

Bei den Emissionen von Impulsschall erzeugt durch Rammen von Spundwänden für die Arbeitshäfen bezieht sich die UVS sowohl auf den 144 dB (SEL)- und den

140 dB (SEL)- Schwellenwert aus dem Schallschutzkonzept, wobei Anwendung des letztgenannten den Auswirkungsradius etwa verdoppeln würde.

Für die Bewertung der Auswirkungen auf streng geschützte Arten werden in der UVS die Schwellenwerte des SSK für das Tötungs- und Verletzungsverbot angewendet (max. 160 dB (SEL) in 750 m), aber nicht in Bezug auf das Störungsverbot (beeinträchtigt Gebiet über 140 dB (SEL)). Für den letzteren Fall kommt der 144 dB-Schwellenwert basierend auf den Ergebnissen von Brandt et al. 2014 und Brandt et al. (2016) zur Anwendung.

4.2.2 *Bewertung der UVS*

Dauerschall von Baggern, Wiederauffüllung, Bohroperationen und baubedingtem Schiffsverkehr, sowie Impulsschall von Rammarbeiten stellen die wichtigsten fünf Schallquellen im Zusammenhang mit dem Absenktunnel der FBQ dar, sie werden aber nicht klar voneinander abgegrenzt. Die Auswirkungsprognose für die Meeressäuger basiert auf den Basisuntersuchungen dieser Arten, die zwischen 2009 und 2011 durchgeführt wurden (Femern A/S & LBV-SH Niederlassung Lübeck 2016e), und die nach unserer Ansicht eine mehr als ausreichende Zeitspanne abdecken. Die Schallpegel der Bau- und Betriebsphase wurden modelliert basierend auf Werten von vergleichbaren Aktivitäten, und obwohl die modellierten Ergebnisse mit Vorsicht interpretiert werden sollten, sehen wir kein Grund dafür die Ergebnisse der Modellierungen in der Art wie sie interpretiert wurden anzuzweifeln. Keiner der modellierten Schallpegel während Bau und Betriebsphase überschreitet den deutschen Schwellenwert von 160 dB re 1 μ Pa²s (SEL) bei 750 m. Die modellierte Ausdehnung der Schallausbreitung wurde mit den Verbreitungskarten von Schweinswalen, die aus den Basiserhebungen stammen, überlagert, was internationaler Praxis entspricht und als nützlicher Ansatz angesehen wird.

Seit der Veröffentlichung der UVS haben Todd et al. (2015) einen Review über die Auswirkungen von Baggerarbeiten auf Meeressäuger verfasst. In Bezug auf die Qualität des Unterwasserschalls schließen die Autoren, dass der Schall mit breitem Spektrum emittiert wird, wobei der größte Anteil der Energie unter 1 kHz liegt und damit unwahrscheinlich zu Verletzungen des Hörvermögens von Meeressäugern führt. Allerdings werden Maskierung und Verhaltensänderungen als möglich angesehen. Dies bestätigt den in der UVS verfolgten Ansatz und Schwerpunkt auf die Vermeidungsreaktion als hauptsächliche Auswirkung der Baggerarbeiten. Nach Todd et al. (2015) können die Schallpegel in Abhängigkeit

vom Baggertyp, vom Einsatzmodus des Baggers und von den Umweltbedingungen abhängen. Laderaum-Saugbagger (als Methode mit den höchsten Schallemissionen) können eine maximale Breitband-Emission mit Dauerschallpegel von 189.9 dB re 1 μ Pa bei 1 m Entfernung verursachen (berechnet für 1/3 Oktavband-Pegel von 31.6 Hz bis 39.8 kHz), wohingegen die UVS für den gleichen Baggertyp mit 184 dB re 1 μ Pa modelliert (in Übereinstimmung mit CEDA (2011)). Deswegen wurde in der UVS eine etwas leisere Schallquelle angesetzt, was damit erklärt werden kann, dass die relativ hohen 1/3 Oktavband-Quellenpegel über 1 kHz, wie sie bei Todd et al. (2015) abgeschätzt wurden, das Ergebnis des Grobmaterials sind, das in deren Studie durch die Saugrohre des Baggers gepumpt wurde. Da die modellierten Ergebnisse der UVS konsistent mit CEDA (2011) und vergleichbar mit internationalen Messkampagnen von Baggerschall (Heinis et al. 2013) sind, sehen wir keinen Grund darin die angewendeten Quellenpegel und darauf aufgebauten Modelle zur Schallausbreitung in Frage zu stellen, sofern die Ergebnisse mit Vorsicht interpretiert werden.

Eine kürzlich veröffentlichte Studie von Dyndo et al. (2015) warnt, dass die Auswirkungen des Schalls von Wasserfahrzeugen auf die kleinen Zahnwale wie Schweinswal weitestgehend deswegen ignoriert wurden, weil diese im niederfrequenten Bereich eine geringe Empfindlichkeit aufweisen. Die Studie sagt aus, dass geringe Schallpegel regelmäßig von wildlebenden Schweinswalen in einem Abstand von über 1000 m von der Quelle wahrgenommen werden, wo ein Dauerschallpegel von 123 dB re 1 μ Pa gemessen wurde und was darauf hindeutet, dass Schall von Wasserfahrzeugen eine substanzielle Quelle der Störung in flachen Gewässern darstellt. Allerdings beträgt im Fehmarnbelt der gemessene Hintergrundschallpegel verursacht durch intensiven Schiffsverkehr bereits 135 dB, während keine signifikanten Unterschiede der Schweinswal dichte entlang der Schifffahrtsrouten gemessen werden konnten. Dies bestätigt die Tatsache, dass Schwellenwerte nicht universal eingesetzt und eingehalten werden können, da die wirkliche Reaktion der Schweinswale von ökologischen Faktoren abhängt, wie etwa deren Motivation zur Futtersuche oder Reproduktion. Nach den Basisuntersuchungen halten sich Schweinswale trotz des intensiven Schiffsverkehrs im Gebiet auf. Wir bezweifeln das der Beitrag zum Unterwasserschall von den Aktivitäten des Projektes im Gebiet, in Anbetracht des intensiven Schiffsverkehrs und hohen Hintergrundschalls, in irgendeiner Weise zu erheblichen Auswirkungen auf die Eignung des Gebietes als Habitat für Schweinswale führt. Außerdem sehen wir einen potenziellen positiven Einfluss in dem Fall, dass reduzierter Fährverkehr nach der Fertigstellung des Tunnels zu einer Reduktion des Hintergrundschalls führt.

In Bezug auf die Schallentwicklung in der Betriebsphase schließt die UVS, dass die Schwere der Beeinträchtigung vernachlässigbar ist, und jedwede Schallemissionen des Tunnels im Betrieb durch die angenommene Reduzierung des Fährverkehrs kompensiert wird. Die projektbedingte Auswirkung auf Populationsebene des Schweinswal wird als unerheblich angesehen, da das Maximum der beeinträchtigten Schweinswale 0,3% des lokalen Fehmarnbeltbestandes ausmacht (basierend auf den höheren Bestandsdichten des Sommers) und weniger als 0,1 % der baltischen Subpopulation (was in einer Beeinträchtigung von gleichzeitig 2 und 6 Individuen jeweils im Winter und im Sommer resultiert). Das Gleiche wird für den zeitlich auf die Bauphase beschränkten Habitatverlust (temporäre Vertreibung, 1-2 Individuen oder 0,12% und 0,1% der jeweiligen Population) und die Betriebsphase (0,81 Individuen oder 0,1% der lokalen Population des Untersuchungsgebietes im Fehmarnbelt) vorhergesagt

Wir schließen daraus, dass gemäß der UVS eine sehr geringe absolute Anzahl von Individuen und entsprechend ein geringer Anteil der die Berechnungsgrundlage bildenden Populationen überhaupt von den Projektaktivitäten beeinflusst werden kann. Die erwarteten Auswirkungen der Bauphase sind temporär und räumlich begrenzt und unerheblich auf Populationsniveau. Die Auswirkungen der Betriebsphase sind andauernd, aber räumlich begrenzt und ebenso unerheblich auf Populationsniveau. Unsere Beurteilung ist deswegen in Übereinstimmung mit den Schlussfolgerungen, die in der UVS gezogen werden. Es gibt keinen Zweifel darüber, dass diese Auswirkungen bei der gegebenen geringen Anzahl von temporär beeinträchtigten Schweinswalen auch als unerheblich beurteilt würden, wenn ähnliche Aktivitäten in den an diesem Bericht beteiligten Ländern (UK und NL) vorgeschlagen würden. Auch mit einer Reichweite der Auswirkung, die weitaus größer als die berechnete ist, beispielsweise, wenn man den 140 dB-Schwellenwert anwenden würde, wären die Auswirkungen auf Populationsniveau ebenfalls vernachlässigbar.

Die UVS empfiehlt keine spezifischen Schallminderungsmaßnahmen aufgrund der geringen räumlichen Ausdehnung der Effekte beim Bau und Betrieb der FBQ und aufgrund der relativ geringen Bedeutung dieser Gebiete für Meeressäuger, und es werden auch keinerlei Minderungsmaßnahmen für projektbezogene Rammarbeiten vorgesehen. Kumulative Effekte mit gleichzeitigen Aktivitäten in angrenzenden OWPs können wegen der Distanz der Projekte vollständig ausgeschlossen werden. In Anbetracht der geringen Auswirkungen sehen wir keinen Bedarf für Arbeitsbereich-spezifische Schallminderungsmaßnahmen in Bezug auf die Auswirkungen von Dauerschall auf Schweinswale.

4.3 Planfeststellungsunterlagen Anlage 22.05 (Schallschutzkonzept zum Unterwasserlärm)

4.3.1 Überblick über die Anlage 22.05

Das Schallschutzkonzept (BMU 2013) wird in Anlage 22.05 berücksichtigt und dient als zusätzlicher Teil des Regelwerkes zur Vermeidung von potenziellem Schaden an Meeressäugern mithilfe von geeigneten Maßnahmen. Da nicht erwartet wird, dass die Rammarbeiten 160 dB (SEL) in 750 m Entfernung überschreiten werden, sind lediglich Vergrämungsmaßnahmen, aber keine zusätzlichen passiven Schallminderungsmaßnahmen vorgesehen.

Das Schallschutzkonzept des BMU schreibt spezifisch den Schwellenwert von 140 dB (SEL) für erhebliche Störung von Schweinswalen vor. Als Hauptgrund diesen Schwellenwert nicht anzuwenden wird aufgeführt, dass der vom Projekt erzeugte Schall hauptsächlich kontinuierlich ist und in den flachen Gewässern der Ostsee lokalisiert ist, während das SSK für Impulsschall (von Rammarbeiten) in der Deutschen Bucht gilt. Für den vom Projekt erzeugten Dauerschall gibt es keine Konvention der Bewertung.

4.3.2 Bewertung der Anlage 22.05

In der UVS werden die 150 dB/144 dB-Schwellenwerte für die Bewertung von sowohl niederfrequenten Impulsschall (Rammarbeiten) und niederfrequenten Dauerschall (Bagger, Schiffe) angewendet.

Während Brandt et al. (2011) als Referenz für den in der UVS angewendeten 144 dB-Schwellenwert genannt wird, bleibt der spezifische Ursprung dieses Schwellenwerts trotzdem unklar. Der Wert selbst ist nicht ausdrücklich erwähnt bei Brandt et al. (2011), er könnte aber abgeleitet worden sein aus dem Schwellenwert von 150 dB (SEL), der bei Diederichs et al. (2010a) erwähnt wird und dann mit der halben Schallenergie berechnet worden sein. Der Wert könnte möglicherweise auch auf Berechnungen der Schallausbreitung beim OWP Horns Rev II stammen, genauer gesagt aus der minimalen Distanz, bei der keine negative Effekte beobachtet wurden. Diederichs (2013) erwähnen einen berechneten Schallereignispegel von 144-147 dB bei 22 km Entfernung, in der keine Vermeidungsreaktion festgestellt wurde.

Inzwischen stützen neuere Referenzen wie Pehlke et al. (2012) oder Brandt et al. (2016) den 144 dB- Schwellenwert für Vermeidungsreaktionen. Aber wie für die meisten Studien gelten diese Werte für Impulsschall (Rammarbeiten).

Basierend auf den in Kapitel 2 beschriebenen Ergebnissen schließen wir daraus, dass ein solider Schwellenwert für die Vermeidungsreaktion von Schweinswalen bei Dauerschall von Schiffen und Baggern grundsätzlich fehlt. Die Argumente, die in der Anlage 22.05 für die relevanten Schwellenwerte zur Bewertung von Vermeidungsreaktionen und Anwendung bei den Bauarbeiten vorgebracht werden, sind nicht unangemessen und teilweise wissenschaftlich untermauert, obwohl Annahmen und Interpretationen bei wichtigen Wissenslücken gemacht werden. Die Annahme, dass der Schwellenwert für Dauerschall höher oder gleich dem Schwellenwert für Impulsschall ist, erscheint naheliegend aufgrund der Eigenschaften von Dauerschall, ist aber bisher nur auf menschliches logisches Denken und Schlussfolgerungen begründet und nicht auf wissenschaftliche Nachweise. Es gibt keine direkte Nachweis-basierte Einsicht in die Unterschiede des potenziellen Ausweichverhaltens von Impulsschall und Dauerschall aus freier Wildbahn, wo viele Faktoren wie Motivation oder Gewöhnung eine Rolle spielen können.

Wegen des Fehlens von Evidenz-basiertem Wissen zu wichtigen Informationslücken, können wir die Anwendung von irgendwelchen spezifischen Schwellenwerten zur Bewertung des Meidungsabstandes bei niederfrequentem Dauerschall nicht empfehlen. In Anbetracht der erwarteten sehr geringen Auswirkungen, wie weiter oben geschlussfolgert, ist die Wahl des Schwellenwertes nach unserer Ansicht nicht entscheidend, da auch mit einem niedrigen Schwellenwert nach unserer Beurteilung die Auswirkungen auf Populationsniveau unerheblich sind.

4.4 Bewertung der Natura 2000-Verträglichkeitsprüfung GGB 'Fehmarnbelt'

4.4.1 Überblick über die Natura 2000-Verträglichkeitsprüfung (Planfeststellungsunterlagen, Anlage 19, Teil III B)

Die vorgeschlagene FBQ quert das Natura 2000-Gebiet 'Fehmarnbelt' in der deutschen AWZ. Die Erhaltungsziele des Gebietes schließen den Schutz von Schweinswalen mit ein (inklusive Schutz der Reproduktionsaktivitäten gemäß der Ausweisung). Nach Maßgabe der Verträglichkeitsstudie (Femern A/S & LBV-SH Niederlassung Lübeck 2016d) wird der Bau, die Anlage und der Betrieb der FBQ keine erheblichen Beeinträchtigungen auf Meeressäuger im GGB mit sich führen.

Um die möglichen Auswirkungen von Rammarbeiten an den Küsten von Lolland und Fehmarn (Installation von Spundwänden) im GGB zu bewerten werden sowohl der Schwellenwert von 144 dB (SEL) für geringe Störungen (Reichweite bis zu 1,9 km) und der SSK-Schwellenwert von 140 dB (SEL) (Reichweite 3.2 km) angewendet. Keiner der Störungsradien erreicht das GGB.

Um die Störungseffekte von Dauerschallemissionen von Schiffsverkehr und Baggararbeiten zu bewerten, wird lediglich der 144 dB- Schwellenwert verwendet. Demgemäß muss im 'worst case' mit einer Störung (Vertreibung oder Vermeidung) innerhalb eines Abstands von 400 m zu einem aktuellen Bauabschnitt gerechnet werden. Zusätzlich wurde für die Abschätzung des Verletzungsrisikos der SSK-Schwellenwert von 160 dB (SEL) in 750 m angewendet. Dementsprechend ist das Risiko einen Hörschaden zu erleiden auf einen Radius von wenigen Metern um die Schiffe und Baggerschiffe beschränkt.

Basierend auf dem in der Bewertung angewandten Schwellenwert von 144 dB (SEL) wird ein 1,5 km² großes Gebiet innerhalb des GGB 'Fehmarnbelt' Störungen ausgesetzt sein. Dies entspricht einem Anteil von weniger als 0,55 % des GGB, in dem im Durchschnitt weniger als ein Schweinswal in der Form von temporärer Vermeidung betroffen sein wird.

An diesem Punkt werden in der Natura 2000-Verträglichkeitsstudie die SSK-Kriterien für GGBs auch benannt (siehe Kapitel 3.1.1), aber es wird hervorgehoben, dass diese wegen der kontinuierlichen Natur des erzeugten Schalls nicht anwendbar sind. Außerdem wird der flächenhafte Ansatz des SSK als unpassend für die Abschätzung von den Auswirkungen von Dauerschall angesehen, da die Größe der Effekte innerhalb des beeinträchtigten Gebietes wegen der Abnahme des Schallpegels mit dem Abstand sehr unterschiedlich sein können.

Die Erhaltung der Schweinswalpopulation ist als Erhaltungsziel für das GGB 'Fehmarnbelt' definiert worden. Da das Gebiet auch als Reproduktionsgebiet gilt (durch die Ausweisung als GGB), ist diese Funktion auch als Erhaltungsziel formuliert worden (Bundesamt für Naturschutz 2008). Deswegen könnte das 1%-Kriterium im Zeitraum von Mai bis August potenziell gelten, wenn das SSK zur Bewertung von Störeffekten im GGB angewendet würde (siehe Kapitel 3.1.1).

4.4.2 *Bewertung der Natura 2000-Verträglichkeitsstudie*

Nach Maßgabe der Natura 2000-Verträglichkeitsstudie (Femern A/S & LBV-SH Niederlassung Lübeck 2016d) hat das GGB Bedeutung als Gebiet für das Überleben, die Wanderungen und die Reproduktion von Schweinswalen. Wegen der Reproduktion sollte das 1 %-Kriterium für die Beeinträchtigung eingehalten werden, um im Einklang mit dem Schutz des Schweinswals in deutschen GGB zu stehen, wenn das Gebiet wirklich für die Reproduktion von Bedeutung ist.

Schweinswale sind jedoch hoch mobile Tiere und nicht ortsgebunden. Die Art wandert über hunderte von Kilometern und spezifische Reproduktionsgebiete sind nicht bekannt. Es gibt jedoch Gebiete mit signifikant höheren Schweinswal-dichten und Gebiete, in denen regelmäßig Mütter mit Kälbern beobachtet werden. Es wird im Allgemeinen angenommen, dass diese Gebiete wichtiger für die Reproduktion sind, was nach unserer Auffassung eine vernünftige Annahme darstellt.

Die ausführliche Basisuntersuchung hat weder eine besonders hohe Populationsdichte noch ein regelmäßiges Vorkommen von Mutter-Kalb-Kombinationen festgestellt. In der UVS wird konstatiert, dass keine spezifischen Aufzuchtgebiete im Projektgebiet gefunden wurden, was auch durch die mittlere Dichte der Schweinswale im Gebiet unterstützt wird. Zusätzlich sind die beobachteten mittleren Dichten vergleichbar mit mittleren Dichten in der Nordsee, was auf keine spezielle Funktion als Aufzuchtgebiet hinweist. Obwohl dies als Erhaltungsziel formuliert ist, sehen wir keinen Nachweis dafür, dass das Gebiet eine besondere Funktion für die Reproduktion von Schweinswalen hat, und halten deswegen das 1 %-Kriterium als übervorsichtig. Vor dem Hintergrund von mittleren Schweinswaldichten und dem Fehlen einer Funktion als Aufzuchtgebiet wird das Einhalten des 10%-Kriteriums für Natura 2000-Gebiete als angemessener betrachtet.

Es muss außerdem in Betracht gezogen werden, dass lokale Ausweichreaktionen nicht definitionsgemäß Aktivitäten wie Futtersuche oder Reproduktion von

Schweinswalen beeinträchtigen. Es ist sehr unwahrscheinlich, dass die jetzige Population der Umweltkapazität entspricht, insbesondere in Anbetracht der aktuellen Umweltbedingungen und der Auswirkung von Beifängen. Das bedeutet, dass das Vermeiden eines bestimmten Gebietes nicht zu erhöhtem Populationsdruck an anderer Stelle führt, z.B. als Ergebnis der Futterkonkurrenz. Somit wird die Auswirkung für ein Individuum nicht mehr Energie kosten als für die Vermeidung des Gebietes notwendig ist. Die Vermeidung eines Gebietes über eine Distanz von einem Kilometer entspricht einer Schwimmzeit von etwa 15 Minuten bei einer konservativ angenommenen Geschwindigkeit von 4 km/h. In Anbetracht der Tatsache, dass Schweinswale durchgehend schwimmen und es keine spezifischen Ruhegebiete im Untersuchungsgebiet gibt, bedeutet, dass die Vermeidung einer relativ kleinen Zone im GGB kaum als Auswirkung zu betrachten ist. Aufgrund der gegebenen kleinen Skala der Auswirkung und dem ausreichenden verbleibenden Habitat zur Sicherung der Lebensraumsprüche von Schweinswalen, sind die Auswirkungen auf die Reproduktion der Schweinswale, die nicht an dieses spezifische Gebiet gebunden sind, nach unserer Beurteilung unerheblich.

5 KONKLUSION UND ANTWORT ZU SCHLÜSSELFRAGEN

In diesem Kapitel werden die in Kapitel 1 aufgestellten Schlüsselfragen dieses Reviews beantwortet, basierend auf den Ergebnissen über Schwellenwerte aus Kapitel 2, der internationalen Perspektive aus Kapitel 3 und der Bewertung der UVS-Dokumente einschließlich Natura 2000 aus Kapitel 4.

5.1 Kriterien der Empfindlichkeit

Frage: Welche wissenschaftlichen Erkenntnisse gibt es über die Empfindlichkeit und relevanten Störradien von Schweinswalen in Bezug auf temporären Dauerschall?

Kapitel 2 beschreibt das Fehlen von soliden Schwellenwerten für das Vermeidungsverhalten von Schweinswalen als Folge von Dauerschall erzeugt von Baggerarbeiten und Schiffsverkehr. Der Schwellenwert von 144 dB, der aktuell in der UVS angewendet wird, stammt aus der Erforschung von Impulsschall (Rammarbeiten) und kann nicht direkt für Dauerschall eingesetzt werden.

Die Annahme, dass der Schwellenwert für Dauerschall aufgrund der Schalleigenschaften und Wahrnehmung durch Schweinswale höher oder gleich dem für Impulsschall ist, scheint naheliegend und indirekt unterstützt durch die Beobachtungen von Vergrämung mit Impuls- und Dauerschall, ist aber bisher nur auf menschliches logisches Denken und Schlussfolgerungen gegründet und nicht auf wissenschaftliche Nachweise

Wegen des Fehlens von Evidenz-basiertem Wissen zu diesem Sachverhalt, können wir die Anwendung von irgendwelchen spezifischen Schwellenwerten zur Bewertung des Meidungsabstandes bei niederfrequentem Dauerschall nicht empfehlen. In Anbetracht der erwarteten sehr geringen Auswirkungen, wie weiter oben geschlussfolgert, ist die Wahl des Schwellenwertes nach unserer Ansicht nicht entscheidend, da auch mit einem relativ niedrigen Schwellenwert nach unserer Beurteilung die Auswirkungen auf Populationsniveau unerheblich sind.

5.2 Allgemeine Vorgehensweise

Frage: Wie sieht die internationale Vorgehensweise und Erfahrung aus in Bezug auf die Bewertung von Auswirkungen auf Schweinswalen (auf Individuen und Populationen) verursacht durch temporären Dauerschall?

Leitfäden für die Bewertung von Auswirkungen auf Schweinswale von Dauerschall erzeugt durch Schiffsverkehr oder Baggerarbeiten fehlen in den betrachteten Ländern. Nach Maßgabe der oben beschriebenen „best practice“ wurde das potenzielle Auftreten von TTS/PTS und die Ausdehnung des Vermeidungsgebietes berechnet. In Übereinstimmung mit dem, was in der Femern UVS geschlossen wird, ist das Auftreten von TTS/PTS sehr unwahrscheinlich, da Schweinswale eine hoch mobile Art sind und nicht für die ausreichende Dauer, die nötig ist, um TTS zu hervorzurufen, dem Schall ausgesetzt sind.

Gemäß der „best practice“ wird die Ausdehnung des Vermeidungsgebietes ausgerechnet und in den Zusammenhang des großräumigen Lebensraums der Schweinswale gesetzt. Wegen der geringen Größe des beeinträchtigten Gebietes und der hohen Mobilität dieser Art, sind Auswirkungen als Folge von Baggerarbeiten sowohl für Individuen als auch für Populationen unerheblich.

Frage: Ist die Vorgehensweise bei der FQB relevant und fachlich fundiert?

Nach Ansicht der Experten, die an diesem Bericht beteiligt sind, ist für die FBQ gewählte Ansatz sehr gut begründet und relevant. Obwohl nicht alle Annahmen direkt mit wissenschaftlichen Nachweisen begründet werden konnten, was in ökologischen Studien regelmäßig der Fall ist, sind sie doch gut eingebettet in die aktuelle und beste wissenschaftliche Erkenntnis, wo dies möglich war. Im Vergleich zur internationalen „best practice“ übersteigt der gewählte Ansatz bei Weitem den typischen Standard für Verträglichkeitsprüfungen für diese Art von Aktivitäten. Alle relevanten Aspekte sind untersucht worden, gut dokumentiert und die gesammelten Basisdaten sind vollständig und gut angewendet. Das Vorsorgeprinzip zieht sich durch die gesamte Verträglichkeitsprüfung, was nach unserer Beurteilung zu einer vorsichtigen worst-case-Bewertung führt.

5.3 Schutz von Natura 2000

Frage: Wie sieht die internationale Vorgehensweise aus in Bezug auf die Bewertung und das Ausschließen von erheblichen Auswirkungen auf Schweinswale (auf Individuen und Populationen) verursacht durch temporären Dauerschall in Natura 2000-Gebieten (bzw. für Schweinswale als Anhang IV-Art).

Wegen der begrenzten Ausdehnung des beeinträchtigten Gebietes im Vergleich zum zur Verfügung stehenden Lebensraum und der Tatsache, dass Schweinswale hochmobil und leicht im Stande sind rechtzeitig und temporär die beein-

trächtigten Gebiete zu meiden, werden solche Auswirkungen auf Populationsniveau in vergleichbaren Projekten in anderen Ländern als unerheblich beurteilt. Individuelle Tiere könnten zeitlich und räumlich begrenzt beeinträchtigt werden, es steht aber genügend Lebensraum zur Verfügung, so dass dies keine erhebliche Auswirkung darstellt.

Frage: Welche Kriterien werden angewandt für die Bewertung der Anzahl von beeinträchtigten/vertriebenen Schweinswalen, dem beeinträchtigt-ten/vertriebenen Anteil einer Population oder dem beeinträchtigten Anteil eines Lebensraumes oder Natura 2000-Gebietes?

Der internationale Ansatz geht davon aus die Auswirkungen auf Natura 2000-Gebiete auf der Ebene der Population von Schweinswalen zu beurteilen. Da Schweinswale hochmobil sind und ein sehr großes Verbreitungsgebiet aufweisen, sind sie nicht an die Grenzen von GGB gebunden. International gesehen wird die Bedeutung eines GGB in der Bewertung mit berücksichtigt, normalerweise auf Basis der gefundenen Dichten im Gebiet. Da GGBs normalerweise nur einen Bruchteil des Schweinswal-Lebensraums abdecken, wird die alleinige Berechnung des beeinträchtigten Gebietes im Verhältnis zum dem GGB, das in der Nähe liegt oder in dem die Aktivitäten stattfinden, mit Vorbehalt und als kritisch angesehen. Nichtsdestotrotz folgen die Dokumente den gegenwärtigen deutschen Zulassungsgewohnheiten, den prozentualen Anteil des durch die Aktivität beeinträchtigten Gebietes zu berechnen. Dies ist aber nach unserer Beurteilung unnötig und stellt einen sehr vorsichtigen Ansatz dar.

Es gibt im Allgemeinen und im speziellen Fall des Fehmarnbelt, wenn überhaupt, nur wenige Unterschiede in den geeigneten Habitaten innerhalb und außerhalb der Grenzen der GGBs, mit Ausnahme der Gebiete, wo eine sehr hohe Schweinswaldichte beobachtet wird. Auswirkungen werden deswegen normalerweise auf einen Größeren Maßstab hin beurteilt.

Wenn die Kriterien der Verträglichkeitsprüfung sich nach dem ASCOBANS-Ansatz richten würden, würde sich die Perspektive der Prüfung deutlich ändern. Das vorläufige Ziel von ASCOBANS ist die Population der Schweinswale auf 80 % der Umweltkapazität zu erhalten. Zusätzlich setzt ASCOBANS eine Grenze für die zusätzliche jährliche Mortalität für Schweinswale (inkl. Beifang der Fischerei), die 1,7 % der Populationsgröße nicht überschreiten darf. Veranschaulicht bedeutet dies eine zulässige Reduktion der Population von rund 1250 Individuen bezogen nur auf den holländischen Festlandsockel, wobei dies die Anzahl für alle kumulierten Einwirkungen und Projekte darstellt.

Die äußerst begrenzte Vermeidungsreaktion einer sehr geringen Anzahl von Schweinswalen in einem räumlich begrenzten Gebiet führt nicht direkt zu einem Rückgang der Population und würde zwangsläufig von Experten als unerheblich beurteilt werden. Dies wird außerdem durch die beobachteten mittleren Dichten unterstützt, so dass kein Reproduktions- oder Aufzuchtgebiet betroffen sein kann.

Frage: Ist das Schallschutzkonzept zum Unterwasserlärm (Planfeststellungsunterlagen Anlage 22.05) relevant und ausreichend, um erhebliche Auswirkungen der Schweinswale als Erhaltungsziele des Natura 2000-Gebietes "Fehmarnbelt" ausschließen zu können

Das Dokument ist generell gut untermauert und in Übereinstimmung mit der Beurteilung der hier beteiligten Experten. Obwohl die Anwendung von einem spezifischen Schwellenwert für den Grad der Störung bei Dauerschall nicht direkt begründet werden konnte, gibt es keinen Zweifel darüber, dass die Beurteilungen sehr vorsorglich gemacht sind und die Prozeduren, die in den Schutz- und Überwachungskonzepten beschrieben werden, nach unserer Auffassung ausreichend sind.

Die Experten stimmen vollständig darin überein, dass die Auswirkungen auf Schweinswale als Folge von Dauerschall von Schiffsverkehr und Baggerarbeiten in den vorgesehenen Aktivitäten unerheblich sind.

6 REFERENZEN

- BMU. 2013. Konzept für den Schutz der Schweinswale vor Schallbelastungen bei der Errichtung von Offshore- Windparks in der deutschen Nordsee (Schallschutzkonzept). P. 33.
- BRANDT, M. J., DIEDERICHS, A., BETKE, K. & NEHLS, G. 2011. Responses of harbour porpoise to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES* 421:205–211.
- BRANDT, M. J., DRAGON, A.-C., DIEDERICHS, A., SCHUBERT, A., KOSAREV, V., NEHLS, G., WAHL, V., MICHALIK, A., BRAASCH, A., HINZ, C., KETZER, C., TODESKINO, D., GAUGER, M., LACZNY, M. & PIPER, W. 2016. Effects of offshore pile driving on harbour porpoise abundance in the German Bight 2009-2013. Assessment of Noise Effects. Work package 2-5, Revision 3. Final report. Prepared for Offshore Forum Windenergie. P. 247. IBL Umweltplanung GmbH, Institut für angewandte Ökosystemforschung GmbH, BioConsult SH GmbH & Co. KG, Oldenburg, Neu Broderstorf, Husum.
- BSH. 2009. Genehmigungsbescheid gemäß § 133 Abs. 1 Nr. 2 des Bundesberggesetzes (BBergG) vom 13. August 1980, zuletzt geändert durch Artikel 15a des Gesetzes vom 31.07.2009 (BGBl. I S. 2585) zu Errichtung und Betrieb von zwei parallelen Erdgashochdruckrohrleitungen mit einem Durchmesser von jeweils ca. 1450 mm (Nord Stream Pipeline) für den Bereich des deutschen Festlandsockels der Ostsee. P. 87. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock.
- BSH. 2013. Standard. Investigation of the Impacts of Offshore Wind Turbines on the Marine Environment (StUK4). P. 87. BSH-Nr. 7003, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg, Rostock.
- BSH. 2014. Genehmigungsbescheid für die Errichtung und den Betrieb von 41 Windenergieanlagen (WEA) einschließlich Nebenanlagen im Bereich der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) in der Nordsee. P. 168. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock.
- BSH. 2015. Genehmigung. Unterwasserkabel COBRA. Antragstellerin: TenneT TSO B.V. Aktenzeichen: 5231/COBRACable/M5208. P. 117. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ. 2008. Erhaltungsziele für das FFH-Gebiet „Fehmarnbelt“ (DE 1332-301) in der deutschen AWZ der Ostsee. P. 14.
- CEDA. 2011. Underwater Sound in Relation to Dredging, CEDA Position Paper - 7. November, 2011.
- DIEDERICHS, A. 2013. Aktualisierter Berechnungsansatz für Störungen von Schweinswalen bei Offshore-Rammarbeiten. P. 12. Husum.
- DIEDERICHS, A., BRANDT, M. J., NEHLS, G., LACZNY, M., HILL, A. & PIPER, W. 2010a. Auswirkungen des Baus des Offshore-Testfelds „alpha ventus“ auf marine Säugetiere. P. 121. biola / Bio Consult SH, Hamburg & Husum.
- DIEDERICHS, A., BRANDT, M. & NEHLS, G. 2010b. Does sand extraction near Sylt affect harbour porpoise. *Wadden Sea Ecosystem* 26:199–203.

-
- DIEDERICHS, A., BRANDT, M. & NEHLS, G. 2010c. Does sand extraction near Sylt affect harbour porpoise? Pp. 199–203. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven.
- DONG Energy Burbo Extension (UK) Ltd. (2013). Burbo Bank Extension Offshore Wind Farm Environmental Statement.
- DYNDO, M., WIŚNIEWSKA, D. M., ROJANO-DOÑATE, L. & MADSEN, P. T. 2015. Harbour porpoise react to low levels of high frequency vessel noise. *Scientific Reports* 5:11083.
- FEMERN A/S & LBV-SH NIEDERLASSUNG LÜBECK. 2016a. Feste Fehmarnbeltquerung Planfeststellung. Schallschutzkonzept zum Unterwasserlärm. Diese Unterlage ist eine vollständig neue Anlage der Planfeststellungsunterlagen, 03.06.2016 - Anlage 22.5. P. 13.
- FEMERN A/S & LBV-SH NIEDERLASSUNG LÜBECK. 2016b. Feste Fehmarnbeltquerung Planfeststellung. Anhang 1 zum Schallschutzkonzept zum Unterwasserlärm. Anhang 1 zur Anlage 22.5. P. 11.
- FEMERN A/S & LBV-SH NIEDERLASSUNG LÜBECK. 2016c. Feste Fehmarnbeltquerung Planfeststellung. Anhang 2 zum Schallschutzkonzept zum Unterwasserlärm. Anhang 2 zur Anlage 22.5. P. 67.
- FEMERN A/S & LBV-SH NIEDERLASSUNG LÜBECK. 2016d. Feste Fehmarnbeltquerung Planfeststellung. Anlage 19, Teil B III: FFH-Verträglichkeitsstudie (FFH-VS) GGB DE 1332-301 „Fehmarnbelt“. P. 106.
- FEMERN A/S & LBV-SH NIEDERLASSUNG LÜBECK. 2016e. Feste Fehmarnbeltquerung Planfeststellung, Anlage 15, Umweltverträglichkeitsstudie (UVS).
- FEMERN A/S & LBV-SH NIEDERLASSUNG LÜBECK. 2016f. Feste Fehmarnbeltquerung Planfeststellung, Anlage 12, Landschaftspflegerischer Begleitplan (LBP).
- GEHRKE, P. 2012. Nord Stream Monitoring. Erfassung der Hydroschall-Immissionen. P. 36. ITAP – Institut für technische und angewandte Physik GmbH, Oldenburg.
- GILLES, A., SIEBERT, U., GALLUS, A., DÄHNE, M. & BENKE, H. 2010. Monitoringbericht 2009-2010 Marine Säugetiere und Seevögel in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee - Teilbericht marine Säugetiere -. P. 56. Endbericht, FTZ, DMM Auftraggeber Bundesamt für Naturschutz, Büsum, Stralsund.
- HAWKINS, A. D., PEMBROKE, A. E. & POPPER, A. N. 2015. Information gaps in understanding the effects of noise on fishes and invertebrates. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 25:39–64.
- HEINIS, F. & DE JONG, C. A. F. 2015. Framework for assessing ecological and cumulative effects of offshore wind farms. Cumulative effects of impulsive underwater sound on marine mammals.
- HEINIS, F., JONG, C. DE, AINSLIE, M., BORST, W. & VELLINGA, T. 2013. Monitoring Programme for the Maasvlakte 2, Part III - The Effects of Underwater Sound. *Terra et Aqua* 132:21–32.
- JNCC. 2008. The deliberate disturbance of marine European Protected Species. Guidance for English and Welsh territorial waters and the UK offshore marine area.
- JNCC. 2010a. Statutory nature conservation agency protocol for minimising the risk of injury to marine mammals from piling noise. P. 13. JNCC, Aberdeen.

-
- JNCC. 2010b. JNCC guidelines for minimising the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys. P. 16. JNCC, Aberdeen.
- KASTELEIN, R. A., GRANSIER, R., MARIJT, M. A. T. & HOEK, L. 2015a. Hearing frequency thresholds of harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) temporarily affected by played back offshore pile driving sounds. *The Journal of the Acoustical Society of America* 137:556–564.
- KASTELEIN, R. A., HOEK, L., GRANSIER, R., DE JONG, C. A., TERHUNE, J. M. & JENNINGS, N. 2015b. Hearing thresholds of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) for playbacks of seal scarer signals, and effects of the signals on behavior. *Hydrobiologia* 756:89–103.
- LEPPER, P. A., ROBINSON, S. P., THEOBALD, P. D., HAYMAN, G., HUMPHREY, V. F., WANG, L.-S. & MUMFORD, S. 2012. Measurement of Underwater Noise Arising From Marine Aggregate Operations. Pp. 465–468 in Popper, A. N. & Hawkins, A. (eds.). *The Effects of Noise on Aquatic Life*. Springer New York, New York, NY.
- 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. *J Acoust Soc Am* 125:4060–4070.
- MARINE SCOTLAND. 2014. The protection of Marine European Protected Species from injury and disturbance. Guidance for Scottish Inshore Waters. P. 23. The Scottish Government in partnership with Scottish Natural Heritage, Edinburgh.
- MORTENSEN, L. O., TOUGAARD, J. & TEILMANN, J. 2011. Effects of underwater noise on harbour porpoise around major shipping lanes. Aarhus University, Department of Bioscience.
- PEHLKE, H., NEHLS, G., BELLMANN, M., GERKE, P. & GRUNAU, C. 2012. Projekt: HYDROSCHALL OFF BW II. Entwicklung und Erprobung des „Großen Blauschleiers“ zur Minderung der Hydroschallemissionen bei Offshore-Rammarbeiten. Akustische Messungen bei den Rammungen in Forschungsphase 1 im Offshore-Windpark Borkum West II. P. 71. BioConsult SH, itap, HTL, Husum, Oldenburg, Lübeck.
- RICHARDSON, W. J., GREENE JR, C. R., MALME, C. I. & THOMSON, D. H. 2013. Marine mammals and noise. Academic press.
- RIJKSWATERSTAAT. 2015. Algemene passende beoordeling zandwinning, zandtransport en zandsuppletie - Deel I.
- ROBINSON, S. P., LEPPER, P. A. & HAZELWOOD, R. A. 2014. Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement, National Measurement Office, Marine Scotland, The Crown Estate. NPL Good Practice Guide No. 133, ISSN: 1368-6550, 2015.
- SOUTHALL, B. L., BOWLES, A. E., ELLISON, W. T., FINNERAN, J. J., GENTRY, R. L., GREENE JR, C. R., KASTAK, D., KETTEN, D. R., MILLER, J. H., NACHTIGALL, P. E. & OTHERS. 2007. Marine mammal noise exposure criteria: Initial scientific recommendations. *The Journal of the Acoustical Society of America* 125:2517–2517.
- THIELE, R. & SCHELLSTEDTE, G. 1980. Standardwerte zur Ausbreitungsdämpfung in der Nordsee. Forschungsanstalt der Bundeswehr für Wasserschall und Geophysik, Kiel.
- TODD, V. L., TODD, I. B., GARDINER, J. C., MORRIN, E. C., MACPHERSON, N. A., DIMARZIO, N. A. & THOMSEN, F. 2015. A review of impacts of marine

-
- dredging activities on marine mammals. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 72:328–340.
- VERBOOM, W.C. & KASTELEIN, R.A. 2005. Some examples of marine mammal 'discomfort thresholds' in relation to man-made noise.
- WOLLHEIM, L. & DIEDERICHS, A. 2012. Nord Stream Projekt. Schweinswalmonitoring in der Pommerschen Bucht, Deutschland. Status report 2011. P. 72. BioConsult SH, Husum.