

Fehmarnbelt Fixed Link

Note

To	Femern A/S	Agern Allé 5
Att.	Judith Flamme	DK-2970 Hørsholm
Cc	Anders Bjørnshave	Denmark
ATR number	FMO11ABJ701	Tel: +45 4516 9200
Femern Doc. ID	FEMO-05TN0004-RA	Fax: +45 4516 9292
Authors	Georg Nehls, Caroline Höschle	femo@dhigroup.com
Approved by	Ian Sehested Hansen	www.dhigroup.com
Date of submission	13.12.2017	
Subject	Underwater noise	

A. Herleitung des 144 dB Wertes für die Bewertung von Störungen durch Unterwasserschall

Für die Bewertung der Auswirkung von Unterwasserschall liegen keine allgemeingültigen Kriterien vor, mit denen die Störwirkung unterschiedlicher Schallquellen auf Meeressäugetiere bewertet werden könnte. Eine allgemein anwendbare Fachkonvention wurde bislang nicht entwickelt. Die Reaktion von Meeressäugetieren auf Unterwasserschall hängt von der Charakteristik der Schallquelle ab.

Hierzu ist zunächst die Frequenz der Schallimmissionen zu nennen, denn ein Schallsignal kann nur dann eine Störung auslösen, wenn es wahrgenommen werden kann. So ist etwa das Hörvermögen von Schweinswalen sehr gut im Bereich hoher Frequenzen oberhalb von 100 kHz, wogegen Schallimmissionen von großen Schiffen tieffrequent sind und im Bereich unter 1 kHz liegen.

Bezüglich der Charakteristik von Schallquellen ist zudem zwischen Impulsschall, bspw. von Explosionen, Rammungen oder seismischen Erkundungen und Dauerschall zu unterscheiden. Ein kurzer Impuls durch einen Rammschlag kann in einer Zehntelsekunde die gleiche Schallenergie enthalten wie eine Sekunde Dauerschall durch einen Schiffmotor. Unterschiedliche Schallsignale können daher sehr unterschiedlich wahrgenommen werden und zu unterschiedlichen Reaktionen führen, auch wenn sie nominell die gleiche Schallstärke haben (s.a. Schallschutzkonzept, Anlage 22.5 bzw. Anhang C der Planänderungsunterlagen und sogleich I.).

Die Reaktion von Meeressäugetieren auf anthropogenen Unterwasserschall wird zudem durch die örtlichen Bedingungen stark beeinflusst. Meeressäugetiere in einer normalerweise ruhigen Umgebung reagieren stärker auf Schallimmissionen als in einer bereits mit Hintergrundschall vorbelasteten Umgebung. Auch hängt die Ausbreitung von Unterwasserschall von dem jeweilig zu betrachtenden Gewässer ab. So haben bspw. Gewässertiefe, Sedimentbeschaffenheit, Salzgehalt und Temperatur einen wesentlichen Einfluss auf die Schallausbreitung. Die Reaktion von Meeressäugetieren auf anthropogenen Unterwasserschall ist daher gebietspezifisch und die Reaktion auf gleiche Schallquellen kann sich zwischen Gebieten deutlich unterscheiden.

Bei der Festlegung von Kriterien zur Bewertung der Auswirkungen von Unterwasserschallimmissionen eines Projektes im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsstudie müssen daher sowohl die Spezifikationen der Schallimmissionen des zu bewertenden Projektes, wie auch die Vorbelastung des betreffenden Gebietes berücksichtigt werden.

Für die Begründungen des Bewertungskriteriums für Störungen wird im Folgenden zunächst auf den Unterschied zwischen Dauerschall und Impulsschall eingegangen (I.) und anschließend die Wahl des Störungskriteriums von 144 dB_{SEL} begründet (II.)

I. Wesentlicher Unterschied zwischen Impuls- und Dauerschall

Impulsschall wird zumeist mit zwei Parametern, dem Spitzenpegel L_{peak} und dem Einzelereignispegel (Sound Exposure Level, SEL) beschrieben. Der SEL entspricht dem über eine Sekunde summierten Schallpegel. Das Konzept für den Schutz der Schweinswale vor Schallbelastungen bei der Errichtung von Offshore Windparks in der deutschen Nordsee (Schallschutzkonzept des BMU) legt dementsprechend für Impulsschall einen Grenzwert von 140 dB_{SEL} für die Bewertung von Störungen bei Schweinswalen fest.

Dauerschall wird im Mittelungspegel L_{eq} angegeben und lässt sich näherungsweise ebenfalls in SEL ausdrücken, in dem der Mittelungszeitraum auf eine Sekunde beschränkt wird.

Die Wahrnehmung und folglich die Störwirkung auf Meeressäuger eines Impulses und eines Dauertons sind indes nicht vergleichbar. Die Abbildung 1 verdeutlicht die unterschiedliche Charakteristik von Impulsschall und Dauerschall. Ein Impuls, der über eine Sekunde berechnet die gleiche Lautstärke wie ein Dauerton hat, wird ungleich lauter wahrgenommen, da er während des eigentlichen Impulses den über eine Sekunde gemittelten Wert erheblich übersteigt. Impulsschall wird daher neben dem Summationswert SEL auch über den Spitzenpegel L_{peak} beschrieben. Der L_{peak} beschreibt die höchste Amplitude des Schallsignals und liegt bei Rammschall etwa 20-30 dB über dem SEL. Die Wahrnehmung von Impulsschall wird dabei durch die Spitzenpegel geprägt und wird daher lauter als ein Dauerton gleicher Frequenz mit der gleichen Schallenergie wahrgenommen.

Die Ausführungen verdeutlichen, dass für die Bewertung von Verhaltensreaktionen eine Übertragung eines SEL-Werts von Impulsschall auf den SEL, bzw. den L_{eq} von Dauerschall nicht möglich ist, da diese trotz gleicher Werte unterschiedlich wahrgenommen werden und dementsprechend auch zu unterschiedlichen Reaktionen führen können. Aus diesem Grund bezieht sich das Schallschutzkonzept der Bundesregierung ausdrücklich nur auf Impulsschall.

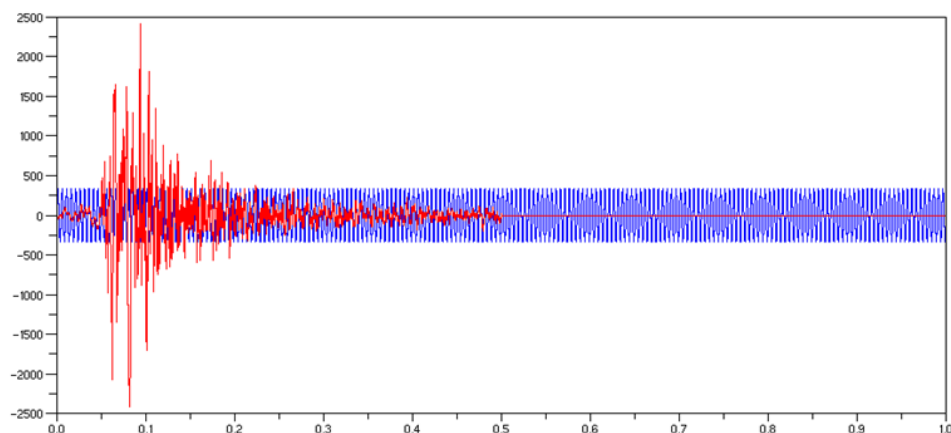


Abbildung 1: Grafische Darstellung des Schalldrucks eines Rammschlags und eines Dauertons gleicher Lautstärke im zeitlichen Verlauf über 1 Sekunde.

Ein für Impulsschall festgelegter Grenzwert beinhaltet damit zugleich die Akzeptanz eines weitaus höheren Grenzwerts für ein Einzelereignis. Der gemittelte Grenzwert muss vergleichsweise niedrig sein, damit der beinhaltete Grenzwert für das Einzelereignis nicht zu hoch liegt. Beim Dauerschall tritt ein solches Einzelereignis nicht auf. Der Grenzwert für Dauerschall muss daher nicht künstlich niedrig gehalten werden. Für Impuls- und Dauerschall können folglich nicht dieselben SEL-Grenzwerte angesetzt werden.

II. 144 dB_{SEL} als maßgeblicher Grenzwert

Zum Zeitpunkt der Festlegung der Kriterien für die Bewertung der Unterwasserschallimmissionen beim Bau des Absenktunnels lagen bereits Untersuchungen zur Reaktion von Schweinswalen auf Unterwasserschall vor. Die zum damaligen Zeitpunkt bekannten Erkenntnisse beruhten im Wesentlichen auf der Zusammenstellung zur Hörfähigkeit und Auswirkungen von verschiedenen Schallpegeln, Grenzpegel zu TTS und PTS von Southall et al. (2007) und der Untersuchung von Brandt et al. (2011) zur Reaktion von Schweinswalen auf die Rammung des dänischen Offshore-Windparks Horns Rev 2. Diese Erkenntnisse wurden für die Definition der in der UVS verwendeten Skala zur Bewertung der Schwere der Funktionsbeeinträchtigung herangezogen.

In der Anlage 19, Teil A, Kapitel 6.2.1.5 der Planänderungsunterlagen (sowie UVS; Anlage 15, Band III, Kap. 5.2.10.1 und 5.3.10.1) ist folgende Tabelle für einen Überblick der SEL (Sound Exposure Level, entspricht dem über eine Sekunde gemittelten Schallpegel) dargestellt, die die Reaktionen auf den Schallpegel von Schweinswalen (und Robben) in verschiedene Verhaltenskategorien einteilt.

Tabelle 6-15 Beeinträchtigung der Meeressäuger durch Lärm – Überblick über die Wirkungen und Auswirkungen

Erläuterung: SEL = Schallereignispegel (*Sound Exposure Level*)
TTS = vorübergehende Hörschwellenverschiebung / Hörverlust
PTS = permanente Hörschwellenverschiebung / Hörverlust

Schallpegel	Zu erwartende Auswirkung	Entspricht UVS Wirkzone
> 198 dB re 1µPa ² s (SEL) (Schweinswal) > 186 dB re 1 re 1µPa ² s (SEL) (Robben)	Die empfangenen Schallpegel sind hoch genug, um zu Verletzungen oder PTS zu führen (Southall et al. 2007)	1
> 183 dB re 1 µPa ² s (SEL) (Schweinswal) > 171 dB re 1 re 1µPa ² s (SEL) (Robben) 160 dB _{SEL} oder 190 dB _{peak} * in 750 m (alle Arten)	Die empfangenen Schallpegel sind hoch genug, um zu TTS zu führen.	2
150 dB re 1µPa ² s (SEL) (Schweinswale und Robben)	Die Schallpegel sind hoch genug, um zu Verhaltensstörungen zu führen. Der empfangene SEL überschreitet 150 dB re 1µPa ² s (Schweinswale und Robben) (Brandt et al. 2011).	3
144 dB re 1µPa ² s (SEL) (Schweinswale und Robben)**	Die Schallpegel sind so hoch, dass einige marginale Verhaltensreaktionen zu erwarten sind (Brandt et al. 2011).	4

* Das Umweltbundesamt schlägt für das Einrammen von Pfählen in der AWZ einen Schwellenwert von 160 dB SEL bzw. 190*dB_{peak} in einem Abstand von 750 m zur Quelle vor, um Verletzungsgefahren für alle Meeressäugerarten zu vermeiden. Gemäß den Anforderungen der deutschen Behörden wird der Schwellenwert als Bewertungskriterium verwendet.

** In der UVS, Anlage 15, Anhang C, Kap. 4.4.2 findet sich eine Herleitung des Schallpegels und der damit verbundenen Auswirkungen. Da dieser Wert auf biologischen Erkenntnissen beruht, ist er auch für die Prüfung der FFH-Verträglichkeit anwendbar.

Demnach liegt eine hohe und sehr hohe Funktionsbeeinträchtigung vor, wenn ein Wert von 160 dB_{SEL} überschritten wird. Bei einer Überschreitung dieses Werts besteht das Risiko, dass eine Temporäre Hörschwellenverschiebung (TTS) einsetzen kann. Dieser Wert wurde in der UVS zunächst als hohe Wirkintensität definiert, um eine Abstufung gegenüber der sehr hohen Intensität festzulegen, die ab Eintritt einer Permanenten Hörschwellenverschiebung (PTS) festgesetzt wurde. Die Kategorien mittlere und geringe Wirkintensität (< 160 dB_{SEL}) beschreiben die Abstufungen von Verhaltensänderungen.

Nach den obigen Kriterien wird eine Störung ab einem Schallpegel von 144 dB_{SEL} erwartet (Begründung s. UVS, Anlage 15, Anhang C, Kap. 4.4.2 und Anlage 22.5.1, Anhang 1 zum Schallschutzkonzept der Planänderungsunterlagen). Ab diesem Pegel sind Verhaltensänderungen tatsächlich messbar.

Erkenntnisse zu Reaktionen von Schweinswalen auf Baggerarbeiten lieferte eine Untersuchung im Umfeld der Sandentnahme Westerland III (Diederichs et al. 2010), die für eine Abschätzung herangezogen wurde. Hier wurde eine Reaktion von Schweinswalen auf einen Laderaumsaugbagger ab einer Annäherung von weniger als 600 m ermittelt. Da in 300 m ein Schallpegel von 150 dB_{SEL} gemessen wurde, beträgt der Schallpegel in 600 m Entfernung etwa 144 dB_{SEL} (nachträgliche Berechnung durch ITAP). Der in 600 m erreichte Schallpegel im Gebiet Westerland III ist höher als bei einer vergleichbaren Lärmquelle im Fehmarnbelt, da die Schallausbreitung in beiden Gebieten unterschiedlich ist. Für den Fehmarnbelt wurde eine deutlich stärkere Dämpfung der Schallausbreitung ermittelt, woraus sich bei gleicher Schallquelle geringere Störungsbereiche ergeben (Dämpfungsfaktor Westerland: K=14, Dämpfungsfaktor Fehmarn, T-Route: k=16,14). Die Untersuchung aus dem Sandentnahmegebiet Westerland III wurde als Referenz für die Einschätzung herangezogen, dass eine messbare Störwirkung auf Schweinswale erst ab 144 dB_{SEL} zu erwarten ist.

Für die Festlegung von Bewertungskriterien zur Wirkung von Unterwasserschall auf Schweinswale wurde weiterhin die Untersuchung von Brandt et al. (2011) herangezogen, welche die Reaktion von Schweinswalen auf die Rammung des dänischen Offshore-Windparks Horns Rev 2 beschreibt. Bei den Rammungen von Horns Rev 2 war eine Reaktion von Schweinswalen erst ab einem Schallpegel von 144 dB_{SEL} nachweisbar. Später, am 1. Dezember 2013, legte das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) in der Konvention für die Bewertung von Rammerschall (sog. Schallschutzkonzept) fest, dass eine Störwirkung auf Schweinswale auf Rammarbeiten in der Nordsee ab einem Wert von 140 dB_{SEL} zu berücksichtigen ist. Das Schallschutzkonzept, S. 20 und 21 bezieht sich dabei auf vorläufige Untersuchungen aus dem Offshore-Windpark Borkum West (Pehlke et al. 2013, Nehls & Diederichs 2013). Neuere Untersuchungen von Brandt et al. (2016) konnten demgegenüber bei Auswertung der Untersuchungen von sieben Offshore-Windparks mit der Rammung von mehreren hundert Pfählen in der Nordsee eine Reaktion von Schweinswalen erst ab einem Schallpegel von im Mittel 143 dB_{SEL} nachweisen.

Im Zuge der Erstellung der UVS für die Feste Fehmarnbeltquerung wurden laufend die neuesten Erkenntnisse zu Auswirkungen infolge von Baggerarbeiten und Schiffslärm berücksichtigt und die definierten Kriterien vor diesem Erkenntnishintergrund überprüft. Spezifische Erkenntnisse über die Auswirkungen von Unterwasserschall auf Schweinswale im Fehmarnbelt wurden aus Schiffs- und Fährzählungen für die Bestandsaufnahmen der UVS gewonnen. Schiffszählungen gehören zur Standardmethodik der Bestandserfassung für marine Säuger und insbesondere auch für den Schweinswal. Für die UVS wurden Schweinswale entlang der "Vogelfluglinie" von Scandlines-Fähren durchgeführt. Bei Schiffszählungen werden Schweinswale standardmäßig in einem Entfernungsbereich bis 300 m erfasst (s. STUK4). Die im Zuge der Bestandserfassung durchgeführten Unterwasserschallmessungen zur Ermittlung des Hintergrundschalls haben ergeben, dass im Falle der Scandlines-Fähren in 300 m Entfernung ein Pegel von 152 dB_{SEL} erreicht wird. In diesem Bereich wurden bei den durchgeführten Zählungen von den Fähren aus regelmäßig Schweinswale erfasst. Die dort auftretenden Schallpegel von 152 dB_{SEL} sind folglich nicht so stark, dass es zu einer Meidung des Schiffsumfeldes kommt.

Die Untersuchungen für die Feste Fehmarnbeltquerung ermöglichen eine Einordnung der Störwirkung durch Schiffslärm und der Bewertungskriterien: Der Umgebungslärm im Fehmarnbelt, der vor allem durch Schiffslärm geprägt wird, überschreitet in vielen Bereichen im Mittel (L50) 130 dB_{SEL} (s. Schallkarten UVS, Anlage 15 der Planfeststellungsunterlagen, Bd. II B, S. 631 ff.). Ein Pegel von 140 dB_{SEL} wird an mehreren Stationen häufig überschritten (L5 bis 142 dB), weil die Schallimmissionen von größeren Schiffen, wie etwa den im Fehmarnbelt fahrenden Scandlines-Fähren, noch in 2 km Entfernung einen Pegel von 140 dB_{SEL} verursachen (UVS, Anlage 15 der Planfeststellungsunterlagen, Bd. II B, Abb. 3-308). Auch der Wert von 144 dB_{SEL} wird im Umfeld der Schiffe weiträumig überschritten. Der Einfluss des intensiven Schiffsverkehrs im Fehmarnbelt auf Schweinswalbestände und deren Verteilung ist dennoch schwach ausgeprägt und statistisch nicht signifikant. Selbst für den Bereich der Fährlinie zwischen Rødby und Puttgarden und der sie kreuzenden T-Route lässt sich mit den angewendeten Methoden (Flugzeugzählungen, Fährzählungen und akustischer Erfassung) keine geringere Häufigkeit der Schweinswalvorkommen feststellen. Dies ist bemerkenswert, denn der Bereich der sich mit der T-Route kreuzenden Fährlinie ist das am stärksten mit Schifffahrt frequentierte Gebiet der deutschen Ostsee und weist innerhalb des Fehmarnbelts die höchste Schallbelastung auf. Diese schlägt sich aber nicht erkennbar in einer geringeren Häufigkeit von Schweinswalen nieder. Da selbst bei einem Pegel von 152 dB_{SEL} regelmäßig Schweinswale erfasst wurden, kann eine relevante Störung der Schweinswale durch Dauerschall unter 144 dB_{SEL} ausgeschlossen werden.

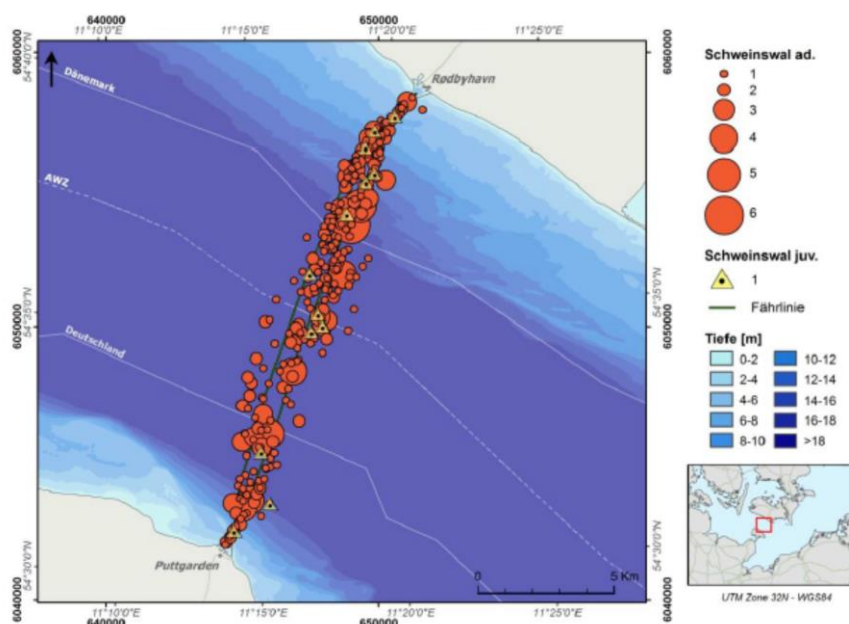


Abbildung 3-297 Verteilung der gesichteten Schweinswale

B. Zusammenfassung

Zusammenfassend ist daher festzustellen, dass eine Bewertung der Störwirkung durch Schiffslärm als ‚gering‘ bis 144 dB_{SEL} vor dem Hintergrund der gebietspezifischen Randbedingungen im Fehmarnbelt geeignet und hinreichend konservativ ist, um die Störwirkung zu bewerten. MELUND und BfN haben daher der Anwendung des 144 dB_{SEL}-Kriteriums zugestimmt. Die Beschränkung der Baubereiche für die Sicherstellung der uneingeschränkten Durchwanderbarkeit des Fehmarnbelts bezieht sich auf diesen Wert (keine Beschallung von mehr als 20 % des Fehmarnbelts mit > 144 dB_{SEL}). Diese Einstufung gilt für die Bewertung von Schiffslärm und den Lärm von Arbeitsschiffen im Fehmarnbelt und ist spezifisch für dieses Gebiet. Es ist nicht ausgeschlossen, dass Schiffslärm in Gebieten mit einer niedrigeren Hintergrundbelastung bei einer niedrigeren Schwelle

zu messbaren Störungen und Bestandsveränderungen führen kann. Entsprechende Untersuchungen aus anderen Bereichen wären aber wiederum spezifisch für die untersuchten Bereiche und ließen sich nicht auf den Fehmarbeitsbereich übertragen. Sie stünden deshalb auch nicht im Widerspruch zu den Ergebnissen aus dem Fehmarbeitsbereich.

Eine Übertragung von Grenzwerten für Impulsschall auf Dauerschall ist nicht möglich. Impulsschall wird aufgrund des mit einem Impuls verbundenen Spitzenpegels weitaus stärker wahrgenommen. Ein Impuls von bspw. 144 dB_{SEL} wird wesentlich stärker wahrgenommen als ein entsprechender Dauerton.