

Offshore Windpark „Gennaker“



Messstelle nach §29b BImSchG
für Geräusche und Erschütterungen

Akkreditiertes Prüflaboratorium nach
ISO/IEC 17025

Telefon

(0441) 570 61-0

Fax

(0441) 570 61-10

Email

info@itap.de

Postanschrift

Marie-Curie-Straße 8
26129 Oldenburg

Geschäftsführer

Dr. Manfred Schultz-von Glahn
Dipl.-Phys. Hermann Remmers
Dr. Michael A. Bellmann

Sitz

Marie-Curie-Str. 8
26129 Oldenburg
Amtsgericht Oldenburg
HRB: 12 06 97

Bankverbindung

Raiffeisenbank Oldenburg
Kto.-Nr. 80 088 000
BLZ: 280 602 28

Schalltechnische Stellungnahme zur Einhaltung der Lärmschutzwerte nach dem derzeitigen Stand der Technik der Schallminderungsmaßnahmen

Projekt Nr.: 2786-16

Version 4

25. April 2017

Auftraggeber: OWP Gennaker GmbH
Stephanitorsbollwerk 3
28217 Bremen

Bearbeiter: Dr. Michael A. Bellmann
Patrick Remmers, B. Eng.

itap GmbH
Institut für technische und angewandte Physik GmbH
Marie-Curie-Straße 8
D-26129 Oldenburg

Berichtsumfang: 15 Seiten Text

Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Änderung
Version 1	06.03.2017	Erste Version
Version 2	08.03.2017	Anmerkungen des AGs implementiert
Version 3	10.03.2017	Einbindung der Umspannstation
Version 4	25.04.2017	Anmerkungen des AGs implementiert

*mit der aktuellen Version werden sämtliche Vorgängerversionen dieses Dokuments ersetzt.

Inhaltsverzeichnis

1.	Beurteilende Zusammenfassung.....	3
2.	Aufgabenstellung und Zielsetzung	4
3.	Projektbeschreibung.....	6
3.1	Standortbesonderheiten des <i>OWP Gennaker</i>	6
3.2	Eingangsdaten für die Prognose	8
3.2.1	Offshore-Windenergieanlagen (OWEA)	8
3.2.2	Umspannplattformen (USP)	8
3.3	Ergebnisse der Hydroschallprognose.....	9
4.	Generisches Schallschutzkonzept zur Einhaltung der Lärmschutzwerte 160 dB _{SEL} und 190 dB _{LPeak} in 750 m.....	9
4.1	Anforderungen an das Schallschutzkonzept	9
4.2	Erfahrungen mit derzeitigen Schallminderungsmaßnahmen	11
4.3	Mögliches Schallschutzkonzept für den <i>OWP Gennaker</i>	12
4.3.1	OWEA-Fundamente (Monopiles)	12
4.3.2	USP-Fundamente (Jacket-Installationen)	13
5.	Rammdauer	14
6.	Literatur	15

1. Beurteilende Zusammenfassung

Basierend auf dem im Vorentwurf ermittelten Durchmesser von 8 m („worst case“) für die zu gründenden Monopiles und einem realistischen Ansatz der dafür notwendigen Rammenergie von 2.000 kJ wurde eine Machbarkeitsstudie mit der Zielsetzung durchgeführt, auf der Grundlage des heutigen Standes der Technik die Einhaltung sämtlicher behördlicher Anforderungen hinsichtlich Unterwasserschall zu überprüfen.

Es ergeben sich folgende Resultate:

- Das betrachtete Szenario (Monopiles mit einem Durchmesser von 8 m und einer Rammenergie von 2.000 kJ für die Offshore Windenergie-Anlagen - OWEA) ist, mit Kenntnisstand Ende 2016, mittels heute verfügbarer Schallminderungsmaßnahmen unter Einhaltung der gültigen Lärmschutzwerte (160 dB_{SEL} und 190 dB_{LPeak}) nachweislich umsetzbar. Ein vergleichbares Bauvorhaben wie der OWP *Gennaker* wird im Jahr 2017 mit vergleichbaren Durchmessern in der Ostsee durchgeführt. Ein bedeutender Vorteil des OWP *Gennaker* im Vergleich zu anderen Vorhaben ist unter dem Gesichtspunkt des Schalleintrags in den Wasserkörper die relativ geringe Wassertiefe zwischen 12 m und 20 m gegenüber Wassertiefen zwischen 20 m und 40 m.
- Es ist eine Kombination aus pfahlnahem und pfahlfernem Schallschutzsystem in Verbindung mit einem schalloptimierten Rammprozess notwendig.
- Durch Neu- und Weiterentwicklungen innerhalb der nächsten Jahre ist von weiteren Verbesserungen bei den Schallminderungsmaßnahmen auszugehen. Zudem werden weitere Schallschutzsysteme innerhalb der nächsten Jahre unter realen Offshore-Bedingungen getestet, sodass eine heutige Festlegung auf ein oder mehrere Schallminderungsmaßnahmen nicht zielführend ist.
- Es ist somit schon heute davon auszugehen, dass die Lärmschutzwerte eingehalten werden.
- Einer Rammdauer (inkl. Vergrämung) von maximal 180 Min. pro Monopile-Standort, wie es derzeit in der AWZ gefordert wird, wird bereits heute mit den am Markt verfügbaren Impulsrammhämmern eingehalten.
- Die beiden geplanten Umspannstationen (USP) werden auf Jacket-Konstruktionen (vier Skirt-Piles mit je einem Durchmesser von ca. 3,0 m und einer Rammenergie von bis zu 2.000 kJ) gegründet. Aufgrund der deutlich geringeren Durchmesser dieser Pfähle werden deutlich geringere Rammschallimmissionen entstehen (4 dB geringer als für die OWEAs), sodass aus schalltechnischer Sicht keine Konflikte mit der Einhaltung der Lärmschutzwerte zu erwarten sind.

Basierend auf den bislang gemachten Erfahrungen und unter Berücksichtigung der in den nächsten Jahren folgenden Entwicklung am Schallschutzmarkt wird rechtzeitig vor Baubeginn (i. d. R. 1 – 2 Jahre vor Baustart) ein entsprechendes Schallschutzkonzept entwickelt und mit den Genehmigungsbehörden abgestimmt. Nach Festlegung des

detaillierten Designs (Ausführungsplanung) der Gründungsstrukturen und der Vertragsunterzeichnung sämtlicher relevanter Gewerke wird basierend auf dem Schallschutzkonzept ein entsprechender Umsetzungsplan Schallschutz mit allen schallrelevanten Details und Arbeitsbeschreibungen rechtzeitig vor Baustart den Genehmigungsbehörden vorgelegt.

2. Aufgabenstellung und Zielsetzung

Im Genehmigungsverfahren zur Errichtung von Fundamentstrukturen in Offshore-Windparks (OWP) nimmt die konkrete Überprüfung der Belastung der Meere durch Installationsschall, national wie international, eine bedeutende Rolle ein. Die derzeit bewährteste Installationsmethode ist die Impulsrammung, bei der die Fundamentstrukturen mittels Hydraulikhammer in das Sediment getrieben werden. Die dabei entstehenden Unterwasserschallimmissionen gelten als impulshafte Geräusche im Sinne der Meeresstrategie richtlinie (MSRL, Deskriptor 11.1). Durch die Rammarbeiten entstehen Schallimmissionen (Rammschall) im Wasserkörper, die potentiell für marine Säugetiere, insbesondere Schweinswale, schädigend sein können (vgl. Lucke *et al.*, 2007, 2008, 2009). Aus diesem Grund wurde vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) auf Grundlage von Vorarbeiten des Umweltbundesamtes (2011) in Abstimmung mit den Naturschutzfachbehörden ein duales Lärmwertkriterium (Lärmschutzwerte) für schallintensive, impulshafte Arbeiten, wie z. B. Rammschall, in Deutschland festgelegt. Diese Lärmschutzwerte bestehen aus einem Wert für den Einzelereignispegel (SEL) von 160 dB_{SEL} und einem Wert für den Spitzenpegel (L_{Peak}) von 190 dB_{LPeak}, die jeweils in einer Entfernung von 750 m zur Rammbaustelle einzuhalten sind.

Die OWP Gennaker GmbH plant die Errichtung des OWP Gennaker in der deutschen Ostsee. Das Planungsgebiet des Windparks liegt ca. 15 km nördlich der Halbinsel Fischland-Darß-Zingst innerhalb der 12-Seemeilenzone und umschließt den bereits bestehenden Windpark *EnBW Baltic 1*, Abbildung 1. Im geplanten OWP Gennaker sollen 103 Windenergieanlagen auf Monopiles mit Durchmessern von 7,00 m bis max. 8,00 m und zwei Umspannplattformen (USP) auf Jacket-Fundamenten errichtet werden. Der Baugrund im Plangebiet besteht im Wesentlichen aus Sand, Kreide, Geschiebelehm und tonigen Schichten. Derzeit liegt für das Design der Gründungsstrukturen der OWEA jeweils ein Vorentwurf für 7,0 m und 8,0 m und Jacket-Konstruktionen mit jeweils vier Pfählen a 3,0 m für die Umspannstationen vor. In der Genehmigungsplanung wurden im Design der Vorentwürfe Sicherheitszuschläge einkalkuliert, sodass die Genehmigungsplanung den

„worst case“ berücksichtigt und damit als auf der sicheren Seite liegend bzw. konservativ anzusehen ist.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens wurde bereits eine Hydroschallprognose der zu erwartenden Unterwasserschallimmissionen bei den lärmintensiven Gründungsarbeiten erstellt (Remmers *et al.*, 2016). Basierend auf dieser Hydroschallprognose soll in der vorliegenden schalltechnischen Stellungnahme der (empirische) Nachweis erbracht werden, dass die derzeitige Planung der OWEA-Fundamente mit Durchmessern von bis zu 8 m bereits mit dem heutigen Stand der Technik und unter Einhaltung des dualen Lärmschutzkriteriums in der Ostsee real umsetzbar ist.

Diese Aufgabe wird in Form einer Machbarkeitsstudie durchgeführt, in der ein mögliches Szenario für die Installation der Gründungsstrukturen der OWEA, der schalltechnisch ungünstigste Fall, ausgewählt wird. Basierend auf den aktuellen Erfahrungen mit Schallschutzmaßnahmen wird geprüft, ob es zu Konflikten beim Bau kommen könnte.

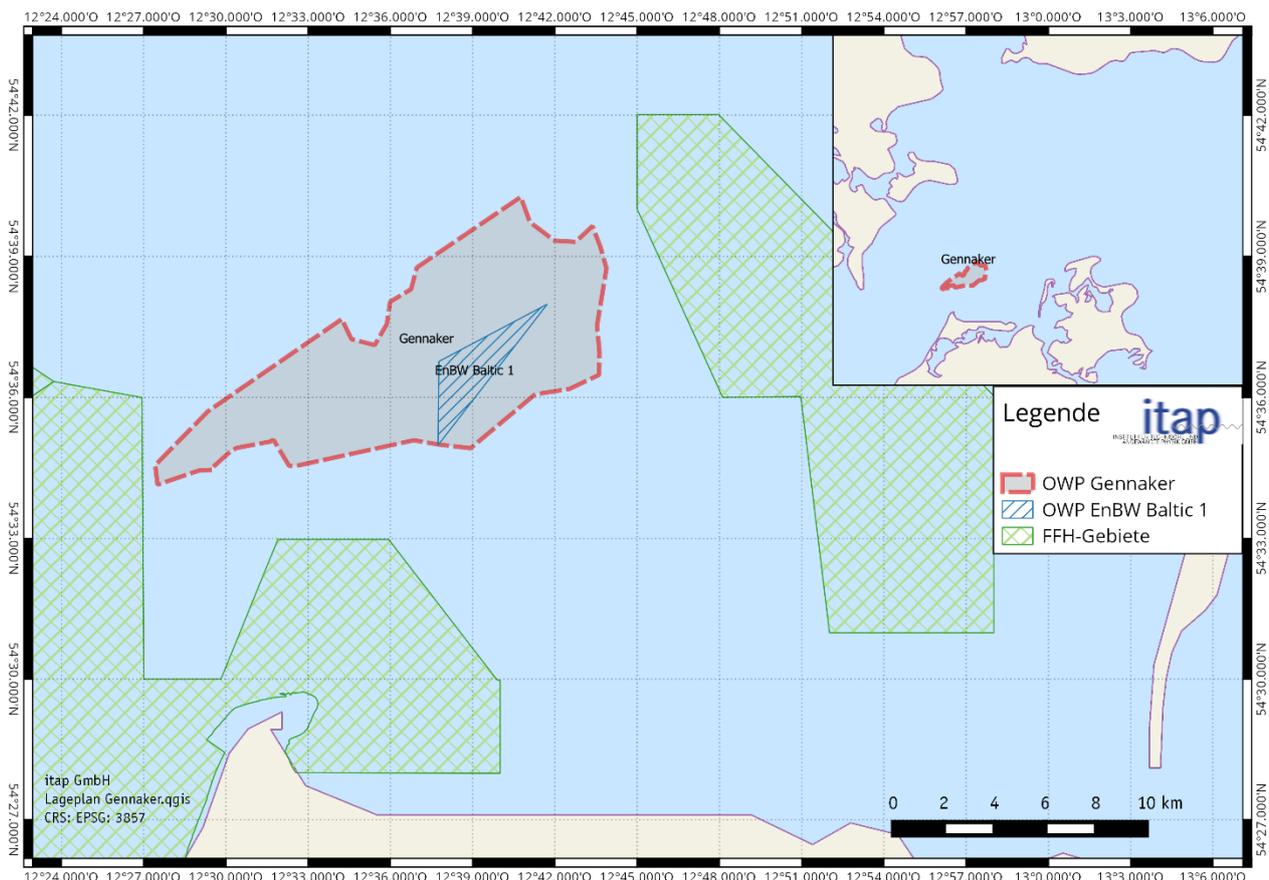


Abbildung 1: Lageplan des OWP Gennaker in der deutschen Ostsee.

3. Projektbeschreibung

Diese Stellungnahme dient als Ergänzung zu der bereits mit dem Genehmigungsantrag bereitgestellten Hydroschallprognose (Remmers *et al.*, 2016), sodass auf Wiederholung bekannter Fakten weitestgehend verzichtet werden kann.

Zum jetzigen Zeitpunkt steht weder das finale (optimierte) Design der Gründungsstrukturen (hier Monopiles für OWEA), noch die bauausführende Firma inkl. ausgewähltem Rammhammer und einzusetzenden Schallminderungsmaßnahmen fest. Grundlage dieser Stellungnahme ist somit ein mögliches Szenario hinsichtlich des Designs des noch überdimensionierten Vorentwurfs und der Installation nach dem derzeitigen Kenntnisstand bereits abgeschlossener Bauvorhaben. Hinsichtlich des Pfahldurchmessers wird der „lauteste anzunehmende Fall“ („worst case“) mit 8 m betrachtet.

Das betrachtete Szenario wurde bereits in der Hydroschallprognose (Remmers *et al.*, 2016) vollständig beschrieben und berechnet, sodass in Kapitel 3.2 und 3.3 nur die relevanten Eingangsparameter und die Ergebnisse der Prognose zusammengefasst werden.

3.1 Standortbesonderheiten des OWP Gennaker

Vorteile dieses Bauvorhabens sind aus schalltechnischer Sicht

- (i) die küstennahe Lage in der Ostsee und
- (ii) die vergleichsweise geringe Wassertiefe.

Am Vorhabenstandort ist mit deutlich geringeren Strömungen (i) als in der Nordsee zu rechnen, sodass der Einfluss auf ein Verdriften der Luftbläschen eines BBC-Systems (engl. Big Bubble Curtain) minimiert wird. Zudem beträgt die Wassertiefe lediglich 12 m bis 20 m (ii).

Je geringer die Wassertiefe ist, desto höher fiel in bereits abgeschlossenen Bauvorhaben die erzielte Schallminderung des BBC-Systems aus (z. B. Nehls & Bellmann, 2015). Zudem bilden sich aufgrund der geringen Wassertiefe (< 15 m) teilweise die beurteilungsrelevanten tiefen Frequenzen vom Rammschall nicht aus (< 100 Hz, je nach Wassertiefe), sodass tendenziell einerseits von einer Überschätzung der Unterwasserschallimmissionen durch die Hydroschallprognose und andererseits einer Unterschätzung der Wirksamkeit von Blasenschleiern auszugehen ist.

In der bestehenden Hydroschallprognose wurde zudem aufgrund von fehlenden validen Modellierungsansätzen der Einfluss des gewählten Rammhammers nicht berücksichtigt, d.h. es ist davon auszugehen, dass die Hydroschallprognose hinsichtlich des Rammhammers eine geringfügige Überschätzung bzgl. der Schallabstrahlung beinhaltet. Ergebnisse aus den vorangegangenen Jahren deuten darauf hin, dass ein „großer und

schwerer“ Impulsrammhammer mit verminderter Rammenergie schallärmer ausfällt, als ein „kleinerer und leichter“ Impulsrammhammer bei gleicher Rammenergie. Verantwortlich dafür ist die unterschiedlich lange Impulsdauer des Hammers auf den Pfahlkopf. Dies führte dazu, dass seit einigen Jahren stark überdimensionierte Impulsrammhämmer mit entsprechend größeren, max. möglichen Rammenergien von 3.000 kJ bis 4.000 kJ verwendet wurden, obwohl die tatsächlich eingesetzte Rammenergie zumeist < 2.000 kJ betrug. Zudem wurden bei vergleichbaren Bauvorhaben schalloptimierte Rammverfahren eingesetzt, in denen die eingesetzte Rammenergie reduziert und zeitgleich die Schlagwiederholungsfrequenz angehoben wurde. Die Gesamttrammedauer wird damit nicht wesentlich beeinflusst.

In der Ostsee können sich aufgrund der geringen Strömung und der damit verbundenen geringen Durchmischung des Wassers, abhängig vom Standort und der Wassertiefe, ggf. Schallkanäle ausbilden (sogenannte Baltic Ducts, Details siehe Hydroschallprognose Remmers *et al.*, 2016). Deren Einfluss auf den Schalleintrag durch Rammschall ist jedoch vernachlässigbar, da der größte Energieeintrag ins Wasser durch Rammschall im Bereich 100 Hz bis 400 Hz liegt. Für das Phänomen eines Baltic Ducts für Rammschall müsste die salinen- und temperaturbedingte Schichtung eine Höhe von mindestens 30 m einnehmen, um relevante Veränderungen der Schallausbreitung im Wasser aufzuweisen. Dieses Phänomen ist demnach bei Wassertiefen von ca. 12 m bis 20 m, wie sie im Vorhabengebiet des Offshore-Windparks Gennaker ermittelt wurden, auszuschließen. Aufgrund der vergleichsweise geringen Wassertiefen ist im Gegenteil von einer eher gedämpften Schallausbreitung bei der Installation auszugehen, was den Standort für die gewählte Gründungsmethode mit Monopiles eher begünstigt. Zudem ist eine zu den FFH-Schutzgebieten flacher werdende Wassertiefe nachweisbar. Rammschall nimmt mit flacher werdendem Gewässer automatisch ab, da die tiefen Frequenzen nicht mehr ausbreitungsfähig sind. Dies kommt insbesondere dem FFH-Schutzgebiet in Richtung Süden und Südwesten zugute.

Negativ auf die Schallimmissionen wirkt sich der harte Boden in tieferen Schichten in der Ostsee (Kreide und Geschiebemergel) aus. Der harte Boden spiegelt sich zumeist in einer höheren notwendigen Rammenergie für die Gewährleistung des Vortriebs wider und ist somit indirekt in der Hydroschallprognose enthalten (Sicherheitszuschlag für Bodenwiderstand). Bei den bisher realisierten Bauvorhaben in der Ostsee zeichnen sich höhere Schallimmissionen als bei vergleichbaren Bauvorhaben in der Nordsee ab. Dieser Umstand wurde in der Hydroschallprognose mit einem Sicherheitsaufschlag von 2 dB berücksichtigt (empirischer Ansatz). Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass nicht bei jedem Bauvorhaben in der Ostsee der o. g. Sicherheitszuschlag messtechnisch nachweisbar war, sodass bei diesem Projekt von einem „lautesten anzunehmenden Fall“ in der Hydroschallprognose ausgegangen wurde.

Zudem zeigte sich bei einigen Ostsee-Bauvorhaben, dass geringere max. Rammenergien als vorab prädiktiert, notwendig wurden, um die Gründungsstrukturen auf Endtiefe zu bringen. Ein möglicher Erklärungsansatz könnte in den gewählten Rammsequenzen mit hoher Schlagwiederholungsfrequenz und geringeren Rammenergien liegen, die zu einer Reduzierung der Mantelreibung in der Kreide führen kann.

3.2 Eingangsdaten für die Prognose

3.2.1 Offshore-Windenergieanlagen (OWEA)

- Fundamenttyp: Monopile
- Pfahldurchmesser: 8,00 m („worst case“)
- Wassertiefe: ca. 12 - 20 m (gebietstypisch)
- Rammenergie: 2.000 kJ (realistischer Erfahrungswert aus abgeschlossenen Bauvorhaben)

Modellannahmen für die Prognose:

- Eingangsparameter #1: Pfahldurchmesser
- Eingangsparameter #2: Rammenergie: Ausgangswerte je nach Pfahldurchmesser 2.000 kJ für 8,00 m
- Bodenverhältnisse: 2 dB (Sicherheitszuschlag für Ostseeboden basierend auf abgeschlossenen Bauvorhaben)
- Mantelfläche: konstant, keine Zu- oder Abschlüge
- Wassertiefe: keine Zu- oder Abschlüge

3.2.2 Umspannplattformen (USP)

- Fundamenttyp: Jacket-Konstruktion (pre-piling mit Rammschablone)
- Pfahldurchmesser: 3,00 m
- Wassertiefe: ca. 12 - 20 m (gebietstypisch)
- Rammenergie: 2.000 kJ (realistischer Erfahrungswert aus abgeschlossenen Bauvorhaben)

Modellannahmen für die Prognose:

- Eingangsparameter #1: Pfahldurchmesser
- Eingangsparameter #2: Rammenergie: Ausgangswerte je nach Pfahldurchmesser 1.100 kJ für 3,00 m
- Bodenverhältnisse: 2 dB (Sicherheitszuschlag für Ostseeboden basierend auf abgeschlossenen Bauvorhaben)
- Mantelfläche: konstant, keine Zu- oder Abschläge
- Kopplungseffekte: 2,5 dB (Pile – Rammschablone)
- Wassertiefe: keine Zu- oder Abschläge

3.3 Ergebnisse der Hydroschallprognose

Tabelle 1: Prognostizierte Pegelgrößen in 750 m Entfernung (aus Remmers et al., 2016)

Durchmesser [m]	angesetzte Rammenergie [kJ]	Einzelereignispegel SEL ₀₅ in 750 m [dB re 1 µPa ² s]	Spitzenpegel L _{Peak} in 750 m [dB re 1 µPa]
8,00 (OWEA)	2.000	182	204
3,00 (USP)	2.000	178	201

4. Generisches Schallschutzkonzept zur Einhaltung der Lärmschutzwerte 160 dB_{SEL} und 190 dB_{LPeak} in 750 m

4.1 Anforderungen an das Schallschutzkonzept

Aus der erstellten Hydroschallprognose (vgl. Kapitel 3.3) ergeben sich Anforderungen an das Schallschutzkonzept für die Gründungsstrukturen der OWEAs und der USPs und die damit verbundenen bzw. einzusetzenden Schallminderungsmaßnahmen von:

Monopile-Installation (OWEA-Gründung)

- bis zu 22 dB für den Einzelereignispegel (SEL) und
- bis zu 14 dB für den Spitzenpegel (L_{Peak}),

Jacket-Konstruktion (USP-Gründung)

- bis zu 18 dB für den Einzelereignispegel (SEL) und
- bis zu 11 dB für den Spitzenpegel (L_{Peak}),

um die geforderten Lärmschutzwerte von 160 dB_{SEL} und 190 dB_{LPeak} in 750 m Entfernung von der Rammstelle einzuhalten. Entsprechend der gutachterlichen Hydroschallprognose kommt es ohne Anwendung von Schallschutzmaßnahmen zu einer Überschreitung der Lärmschutzwerte, sodass Schallminderungsmaßnahmen zwingend erforderlich sind.

Basierend auf Erfahrungen von bereits abgeschlossenen Bauvorhaben in der Nord- und Ostsee ist somit ein entsprechendes Schallschutzkonzept zu erarbeiten, welches mindestens die folgenden Anforderungen erfüllen muss:

Monopile-Installation (OWEA-Gründung)

- Einsatz eines optimierten pfahlnahen Schallminderungssystems
- Einsatz eines optimierten pfahlfernen Schallminderungssystems
- Einsatz eines schalloptimierten Rammverfahrens.

Jacket-Konstruktion (USP-Gründung)

- Einsatz eines optimierten pfahlfernen Schallminderungssystems
- Einsatz eines schalloptimierten Rammverfahrens.

Im Nachfolgenden wird vorrangig auf die Monopile-Installation eingegangen, da bei Einhaltung der etablierten Lärmschutzwerte bei den Monopile-Installationen davon auszugehen ist, dass auch die erforderliche und entsprechend geringere Schallminderung für die Installation der Jackets erreicht wird.

Die beiden auszuwählenden Schallminderungsmaßnahmen für die OWEAs müssen vollständig unabhängig voneinander und auf die jeweiligen projektspezifischen Gegebenheiten, wie z. B. verwendeter Rammhammer, Installationsschiff mit Pfahlführung und der gesamten Baulogistik, optimiert sein.

Derzeit sind der Hydro-Sound-Damper (HSD) und das Noise Mitigation Screen System (IHC-NMS) als pfahlnahe Schallschutzsysteme und der „Große Blasenschleier“ (engl. Big Bubble Curtain – BBC) als pfahlfernes Schallschutzsystem am Markt erhältlich. Alle drei Schallschutzsysteme sind zuverlässig arbeitende Schallminderungssysteme und wurden in mehreren Bauvorhaben innerhalb der letzten Jahre in Deutschland im Serieneinsatz für die Monopile-Installation verwendet (z. B. Bellmann, 2014; Remmers *et al.*, 2016). Zudem existieren mehrere Prototypen von pfahlnahen Systemen, wie z. B. das AdBm-System oder das HydroNas-System (Zusammenfassung z. B. in Koschinski und Lüdemann, 2013).

Für die Gründungsarbeiten bei Jacket-Konstruktionen hat sich bisher der Einsatz eines „Großen Blasenschleiersystems“ in einfacher oder, bei Bedarf, doppelter Auslegung bewährt. Zudem wurde versuchsweise, zusätzlich zum BBC, ein HSD-System oder ein

sogenannter Grout Anulus Bubble Curtain (GABC) (beide Systeme nicht im Serieneinsatz) eingesetzt. Beim GABC wird komprimierte Luft in den Zwischenraum zwischen zu rammendem Pfahl und Pfahlführung (Jacket-Konstruktion) eingeführt.

Generell ist bei dem Einsatz von jeglichen derzeit verfügbaren Schallschutzsystemen davon auszugehen, dass die erzielte Schallminderung mit abnehmender Wassertiefe konstant ist oder im Falle von luftführenden Schallschutzsystemen zunimmt (z. B. für den „Großen Blasenschleier“, siehe Nehls & Bellmann, 2015).

4.2 Erfahrungen mit derzeitigen Schallminderungsmaßnahmen

Erfahrungen mit der Installation von Monopiles mit Durchmessern bis 7,8 m im Impulsrammverfahren mit der Kombination HSD + doppelter BBC bzw. IHC-NMS + einfachen BBC in Wassertiefen bis 40 m konnten bereits in mehreren Bauprojekten in der Nordsee gesammelt werden (z. B. OWP *Veja Mate*, *Sandbank*, *Nordsee One*). Bei allen Bauvorhaben konnten, nach projektspezifischer Optimierung der eingesetzten Schallminderungssysteme und unter Einsatz eines schalloptimierten Rammverfahrens mit Rammenergien bis max. 2.300 kJ, die genehmigungsrelevanten Anforderungen hinsichtlich Unterwasserschall (Lärmschutzwertkriterium) eingehalten werden.

Die erzielten Schallminderungen dieser Schallschutzkombinationen sind gemittelt über mehrere Nordseeprojekte in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Erzielte Schallminderung von eingesetzten Schallschutzkombinationen in der Nordsee

Nr.	Schallschutzkombination	Schallminderung ΔSEL [dB]	# von Gründungen
1	Kombination IHC-NMS + optimierter BBC @ 30 m	$17 \leq 19 \leq 23$	> 90
2	Optimierter BBC + HSD	$15 \leq 16 \leq 20$	> 30
3	Optimierter DBBC + HSD @40 m	$15 \leq 18 \leq 25$	> 50
4	Optimierter DBBC + HSD @30 m	$16 \leq 21 \leq 25$	> 50
5	Optimierter DBBC (z. B. für USP) @~30 m	$17 \leq 18 \leq 18$	> 3* ¹

*: Normalerweise wird der DBBC bei Jacket-Konstruktionen (USP und Konverterplattformen) eingesetzt, bei denen keine Referenzmessung ohne Schallschutz zulässig ist, sodass eine Evaluation bei den Jacket-Konstruktionen nicht möglich ist. Der genannte Wert bezieht sich auf Monopile-Installationen. I. d. R. wurden die Lärmschutzwerte bei Jacket-Installationen von USPs in den letzten Jahren eingehalten.

Im Jahr 2017 wird es zudem ein Bauvorhaben mit Monopile-Durchmessern bis 7,8 m in der Ostsee geben, sodass bis Ende 2017 ebenfalls praktische Erkenntnisse mit großen Monopiles und einer Kombination aus Schallschutzsystemen in der Ostsee vorliegen werden. Dies ist von Vorteil, da sich der Baugrund in Nord- und Ostsee standortabhängig deutlich voneinander unterscheiden kann. Dies wirkt sich i. d. R. nicht auf die Schallminderung der Schallminderungssysteme aus, jedoch könnten „härtere“, tiefe Schichten im Ostseeboden kurzzeitig zu höheren Schallentwicklungen bei der Rammung führen (siehe Remmers *et al.*, 2016).

Des Weiteren hat sich in den Jahren 2015 und 2016 ein sogenanntes Online-Monitoring bewährt, bei dem die Unterwasserschallimmission pro erfolgtem Rammschlag in Echtzeit übermittelt wird. Mithilfe dieser Messtechnik konnte bereits in mehreren OWPs direkt Einfluss auf die tatsächliche, einzusetzende Rammenergie in der jeweiligen Rammphase genommen werden, um die Einhaltung des Lärmschutzwertkriteriums zu gewährleisten. Für die in 2017 und 2018 in Vorbereitung stehenden Bauvorhaben ist ein derartiges Überwachungssystem eingeplant.

4.3 Mögliches Schallschutzkonzept für den OWP Gennaker

4.3.1 OWEA-Fundamente (Monopiles)

Basierend auf den Ergebnissen aus Tabelle 2 und einer deutlich geringeren Wassertiefe von ≤ 20 m im Vorhabengebiet sind aus schalltechnischer Sicht, heute schon mit einer Kombination aus optimiertem HSD und optimiertem DBBC-System, Schallminderungen von ≥ 20 dB zu erwarten. Der Einsatz eines IHC-NMS in Kombination mit einem einfachen BBC könnte ggf. nur dann ausreichen, wenn sich der max. Pfahldurchmesser reduzieren lässt. Dies könnte im Zuge der Ausführungsplanung mit optimierten Pfahldurchmesser noch einmal überprüft werden. Aus Erfahrungen kann durch den Einsatz eines doppelten optimierten BBC (DBBC), im Gegensatz zum einfachen BBC, von einer 2 dB bis 4 dB höheren Schallminderung ausgegangen werden. Somit sind bereits nach dem heutigen Stand der Schallminderungstechnik mit der Kombination aus IHC-NMS & DBBC Schallminderungen von ≥ 22 dB möglich.

Basierend auf den Erfahrungen der vergangenen 3 Jahre ist davon auszugehen, dass es noch Optimierungen an den bestehenden Schallschutzsystemen geben wird und diese Verbesserungen sich vermutlich im geringen Dezibel-Bereich bewegen dürften.

Unabhängig davon sind derzeit weitere sekundäre Schallschutzsysteme im Prototypenstadium verfügbar, die ggfs. Alternativen zu den o.g. drei Standard-Schallschutzsystemen bieten könnten. Aussagen über die Wirksamkeit dieser neuartigen

Schallschutzsysteme werden erst nach den ersten realen Offshore-Einsätzen innerhalb der nächsten Jahre verfügbar sein.

Das sogenannte „Blue Piling“-System der Fa. *Fistuca BV* ist das derzeitige einzige neuartige primäre Schallschutzsystem, welches sich in der Entwicklung befindet. Ein realer Offshore-Einsatz ist für 2017/2018 geplant. Hierbei soll bereits die Schallentstehung, im Gegensatz zu den o. g. sekundären Schallschutzsystemen, reduziert werden. Das „Blue Piling“-System ist somit eigentlich kein Schallminderungssystem, sondern vielmehr ein alternatives schalloptimiertes Rammhammer-System. Die Funktionsweise ist wie folgt:

Ein Gasgemisch wird in einer geschlossenen Brennkammer gezündet, die sich am Boden eines mit Wasser gefüllten Kolbens befindet. Dieser Kolben („Hammer“) steht fest auf dem in den Seeboden einzubringenden Pfahl. Durch die Ausdehnung bei der „Explosion“ wird die Wassersäule nach oben verdrängt. Die Wassersäule fällt dann zurück auf den Boden des Kolbens und die Kraft überträgt sich auf den Pfahl. Bei dem derzeit in der Entwicklung befindlichen System werden pro „Schlag“ bis zu 1.700 Tonnen Wasser bewegt. Der dadurch verursachte „Rammschall“ ist im Vergleich zu herkömmlichen Schlaghämmern vermutlich geringer, weil zum einen immer ein fester Kontakt zwischen „Hammer“ und Pfahl besteht und zum anderen die Wassersäule pro „Schlag“ durch das „Auf- und Abwippen“ einen längeren Schlagimpuls erzeugt als ein Impuls-Rammhammer. Somit werden geringere Kraftübertragungsspitzen auf den Pfahl verursacht. Erste Ergebnisse dieses alternativen Hammer-Systems sind in 2018 zu erwarten.

4.3.2 USP-Fundamente (Jacket-Installationen)

I. d. R. wurde bei Jacket-Installationen der letzten Jahre immer ein „Großer Blasenschleier“, zumeist in doppelter Ausführung, angewendet. Damit ließen sich die Lärmschutzwerte zumeist einhalten. In Ausnahmefällen mit z. B. sehr großen Einbindetiefen und dementsprechend hohen Rammenergien oder bei Wassertiefen um 40 m wurde zudem versuchsweise ein pfahlnahes Schallschutzsystem (zumeist GABC) zusätzlich eingesetzt. Damit konnten auch bei diesen Sonderfällen die „erhöhten Anforderungen“ durch die hohen Rammenergien oder großen Wassertiefen eingehalten werden.

Der gewählte Ansatz in der Hydroschallprognose ist aus zwei Gründen als „lautester anzunehmender“ Fall („worst case“) einzustufen. Erstens wird in der Hydroschallprognose ein Kopplungszuschlag von 2,5 dB berücksichtigt, der bisher nur bei Jacket-Konstruktionen im post-piling Verfahren messtechnisch nachgewiesen werden konnte, bei Verwendung von Rammschablonen nicht. Zweitens werden sogenannte Skirt-Piles verwendet, d. h. die Rammungen fangen i. d. R. oberhalb der Wasseroberfläche an und enden kurz über dem Meeresboden mit einem eingetauchten Rammhammer. Somit reduziert sich die

schallabstrahlende Mantelfläche der zu gründenden Skirt-Piles während der Pfahlrammung, was zu einer Abnahme der Hydroschallemissionen trotz ansteigender Rammenergie führt.

Aus diesen Gründen wurde an Standorten mit Wassertiefen unterhalb von 40 m lediglich ein einfacher oder doppelter „Großer Blasenschleier“ erfolgreich als Schallschutzsystem angewendet. Es ist somit sicher von einer Einhaltung der Lärmschutzwerte bei den Jacket-Konstruktionen nach jetzigem Stand der Schallschutzmaßnahmen auszugehen.

5. Rammdauer

Eine Vorgabe in der dt. AWZ seitens der zuständigen Genehmigungsbehörde (BSH) ist die Einhaltung einer Gesamtrammdauer von 180 Min pro Monopile-Installation inkl. 40 Min Vergrämung der marinen Säugetiere. Durch ein neuartiges Vergrämungssystem (FaunaGuard) wird 2017 erstmalig in Deutschland eine Vergrämungsalternative zu den üblichen Pingern und Seal Scarern mit verkürzter Vergrämungszeit eingesetzt und engmaschig überwacht. Erste Anwendungen in den Niederlanden sind bereits in den vergangenen 2 Jahren bei den OWP *Luichterduinen* und *Gemini* erfolgreich durchgeführt worden und haben zu einer Verringerung der dortigen Vergrämungszeit geführt.

Unabhängig davon haben die Hersteller der Standard-Impulsrammhämmer (IHC und Menck) bereits heute schalloptimierte Rammverfahren entwickelt (reduzierte Rammenergie und erhöhte Schlagwiederholungen), die zu einer Einhaltung des 180 Minuten-Richtwerts bei der Gründung von Monopiles führen.

Eine Einhaltung der 180 Min. Rammdauer gilt als sicher.

Oldenburg, den 25. April 2017



Patrick Remmers, B. Eng.



Dr. Michael A. Bellmann

6. Literatur

- BELLMANN M (2014) OVERVIEW OF EXISTING Noise Mitigation Systems for reducing Pile-Driving Noise. Proceeding auf der Internoise 2014, Melbourne Australien.
- BELLMANN M, HOLST H, GÜNDERT S, MÜLLER M, REMMERS P & SCHULTZ-VON GLAHN M (2015) Neue Erkenntnisse zur Wirkungsweise eines „Großen Blasenschleiers“ (GBS) durch Druckverteilungs- und Hydroschallmessungen, Vortrag auf der Abschlussveranstaltung zum geförderten Forschungsprojekt des BMWi und PTJ FKZ 0325645A/B/C/D im Rahmen des AK-Hydroschalls am 25. März 2015 an der TUHH.
- BMU (2012) Konzept für den Schutz der Schweinswale vor Schallbelastungen bei der Errichtung von Offshore Windparks in der deutschen Nordsee (Schallschutzkonzept). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- BSH (2011) Messvorschrift für Unterwasserschallmessungen – Aktuelle Vorgehensweise mit Anmerkungen. Bericht im Rahmen des Forschungsvorhabens Ökologische Begleitforschung am Offshore-Testfeldvorhaben alpha ventus zur Evaluierung des Standarduntersuchungskonzeptes des BSH (StUKplus).
- BSH (2013a) StUK4 - Standard Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (StUK4).
- BSH (2013b) Messvorschrift für die quantitative Bestimmung der Wirksamkeit von Schalldämmmaßnahmen. Bericht Nr. M100004/05 im Rahmen des Forschungsvorhabens „Studie zu Bewertungsansätzen für Unterwasserschallmonitoring im Zusammenhang mit Offshore-Genehmigungsverfahren, Raumordnung und Meeresstrategierahmenrichtlinie“.
- KOSCHINSKI, S. & LÜDEMANN, K. (2013) Stand der Entwicklung schallminimierender Maßnahmen beim Bau von Offshore-Windenergieanlagen (Update der Studie von 2011), Gutachten im Auftrag des Bundesamt für Naturschutz.
- LUCKE, K., SIEBERT, U., LEPPER, P. A. AND 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 (6), pp. 4060-4070.
- NEHLS G & BELLMANN MA (2015) Weiterentwicklung und Erprobung des „Großen Blasenschleiers“ zur Minderung der Hydroschallemissionen bei Offshore-Rammarbeiten, technical final report, funded by BMWi and PTJ, FKZ 0325645A/B/C/D. (download: www.hydroschall.de)
- UBA (2011) Empfehlung von Lärmschutzwerten bei der Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen (OWEA), www.umweltbundesamt.de