

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Hamburg
Bramfelder Str. 110b
22305 Hamburg

Telefon +49(40)692145 0
Telefax +49(40)692145 11

www.mbbm-ind.com

Dipl.-Ing. Kai Härtel
Telefon +49(40)692145 15
kai.haertel@mbbm-ind.com

03. Juli 2024
M177958/02 Version 2 HTL/DNI

Schalltechnische Untersuchung zum Vorhaben: *Offshore-Windpark Gennaker*

Errichtungsphase

Bericht Nr. M177958/02

Auftraggeber:	OWP Gennaker GmbH Ericusspitze 2 – 4 20457 Hamburg
Bearbeitet von:	Dipl.-Ing. Kai Härtel B. Sc. Felix Bergholz
Berichtsumfang:	Insgesamt 25 Seiten, davon 18 Seiten Textteil, 2 Seiten Anhang A, 3 Seiten Anhang B und 2 Seiten Anhang C.

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Hamburg
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner,
Manuel Männel,
Dr. Alexander Ropertz

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Situation und Aufgabenstellung	5
2 Verwendete und zitierte Unterlagen	6
3 Beurteilungsgrundlagen	8
4 Maßgebliche Immissionsorte	9
5 Aufstellungsplan	10
6 Geräuschemission	11
6.1 Allgemeines	11
6.2 Ermittlung des Geräuschemissionsansatzes für die Rammarbeiten	11
7 Schallausbreitungsrechnungen	13
7.1 Allgemeines	13
7.2 DIN ISO 9613-2	13
7.3 Korrektur für Mehrfachreflexionen	14
7.4 Meteorologische Korrektur	14
7.5 Zusammenfassung des Berechnungsverfahrens	15
8 Berechnungsergebnisse und Bildung der Beurteilungspegel	16
8.1 Allgemeines	16
8.2 Berechnungsergebnisse	16
8.3 Bildung der Beurteilungspegel für die Nachtzeit	17
8.4 Anmerkungen zu den ermittelten Beurteilungspegeln	17
9 Qualität der Prognose	18

Anhang A: Lageplan

Anhang B: Anlagenstandorte

Anhang C: Dokumentation der Ausbreitungsrechnung

Zusammenfassung

Die OWP Gennaker GmbH plant, die Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb eines Energieparks *Offshore-Windpark Gennaker* im Wind-Vorrang-Gebiet „Darß“ nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) zu beantragen. Geplant ist die Errichtung von 63 Windenergieanlagen (WEA) vom Typ Siemens Gamesa SG DD-236+ in einem minimalen Abstand von etwa 11 km vor der Küste des Darß.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist die schalltechnische Verträglichkeit des Vorhabens nachzuweisen. Durch Geräuschimmissionsprognosen wurde die zu erwartende Gesamtbelastung der Geräuschimmissionen an den nächstgelegenen Immissionsorten (Abstand > 11 km) für die Errichtungs- und die Betriebsphase ermittelt und beurteilt.

Beurteilungsgrundlage für die während der Errichtung entstehenden Geräuschimmissionen ist die AVV Baulärm. Die maßgeblichen Immissionsorte liegen im nordwestlichen Bereich des Darß (Leuchtturm Darßer Ort) und in Prerow (Campingplatz Regenbogencamp, Wohnnutzungen im Bereich Bernsteinweg). Da die Bautätigkeiten sowohl tags als auch nachts mit gleicher Intensität durchgeführt werden sollen, wird vorliegend der schallschutzrechtlich kritischere Nachtzeitraum untersucht.

In der Errichtungsphase bilden die Rammarbeiten zur Errichtung der Monopiles die maßgeblichen Geräuschquellen. Die Rammarbeiten werden an den Standorten nacheinander durchgeführt, es findet also jeweils nur eine Rammung gleichzeitig statt.

Für die Schallausbreitungsberechnung wurde ein modifiziertes Interimsverfahren verwendet, welches in dem vorliegenden Bericht ausführlich beschrieben wird.

Für die Beurteilungspegel an den untersuchten Immissionsorten während der Rammarbeiten wurde jeweils eine Spanne an Pegeln ermittelt, welche sich aufgrund der unterschiedlichen Abstände der Rammorte von den Immissionsorten ergeben. Es werden je Immissionsort jeweils der nächstgelegene Standort (d_{min}) und der am weitesten entfernte Standort (d_{max}) der geplanten Rammarbeiten betrachtet

Die rechnerisch ermittelten Beurteilungspegel sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Immissionsort	IRW nachts in dB(A)	betrachteter Standort der Rammarbeiten (d_{min} / d_{max})	Beurteilungspegel L_r in dB(A)
IO 1 Leuchtturm Darßer Ort	-	GN 39 (d_{max})	29
		GN 01 (d_{min})	42
IO 2 Bernsteinweg	35	GN 39 (d_{max})	28
		GN 41 (d_{min})	39
IO 3 Regenbogen Prerow	40	GN 39 (d_{max})	29
		GN 41 (d_{min})	40

Die rechnerisch ermittelten Beurteilungspegel der jeweils am weitesten entfernten Rammarbeiten halten die Immissionsrichtwerte an allen Immissionsorten ein.

Bei Durchführung der Rammarbeiten an den Immissionsorten näher gelegener Orte können Überschreitungen des nächtlichen Immissionsrichtwertes am IO 2 um bis zu 4 dB nicht ausgeschlossen werden.

Die Einhaltung der hier berechneten Beurteilungspegel setzt voraus, dass insbesondere die durchschnittliche Dauer der Rammarbeiten in der Nachtzeit (20:00 bis 07:00 Uhr) weniger als zwei Stunden beträgt und die Rammarbeiten mit dem PULSE-Verfahren oder einem ähnlichen Verfahren durchgeführt werden (vgl. hierzu die Ausführungen im Abschnitt 6.2 des vorliegenden Gutachtens).



B. Sc. Felix Bergholz



Dipl.-Ing. Kai Härtel

1 Situation und Aufgabenstellung

Die OWP Gennaker GmbH plant, die Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb eines Energieparks *Offshore-Windpark Gennaker* im Wind-Vorrang-Gebiet „Darß“ nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) zu beantragen. Geplant ist die Errichtung von 63 Windenergieanlagen (WEA) vom Typ Siemens Gamesa SG DD-236+ mit ca. 143 m Nabenhöhe und je 15 MW Nennleistung auf einer Projektfläche von 44,2 km² in einem minimalen Abstand von etwa 11 km vor der Küste des Darß. Zusätzlich zu den Windenergieanlagen werden zwei Umspannplattformen (bereits genehmigt) errichtet.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist die schalltechnische Verträglichkeit des Vorhabens nachzuweisen. Im Rahmen von Geräuschimmissionsprognosen sind die zu erwartenden Schallimmissionen an den nächstgelegenen Immissionsorten (Abstand > 11 km) in der Errichtungs- und Betriebsphase zu ermitteln und zu beurteilen.

In der vorliegenden Untersuchung werden die Immissionen für die **Errichtungsphase** ermittelt. Beurteilungsgrundlage für die während der Errichtung entstehenden Geräuschimmissionen ist die AVV Baulärm [2].

In der Errichtungsphase bilden die Rammarbeiten der Monopiles, welche als Fundament für die geplanten WEA dienen, die maßgeblichen Geräuschquellen. Die Standorte der Rammarbeiten entsprechen den der geplanten Windenergieanlagen. Die Rammarbeiten werden an den Standorten nacheinander durchgeführt, es findet also jeweils nur eine Rammung gleichzeitig statt.

Die Untersuchung zu den Geräuschimmissionen für die Betriebsphase ist im Müller-BBM-Bericht Nr. M177958/01 [11] dokumentiert.

2 Verwendete und zitierte Unterlagen

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz – Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I, S. 1274), das zuletzt durch Artikel 11 Absatz 3 des Gesetzes vom 26. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 202) geändert worden ist.
- [2] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen – vom 19.08.1970 (Bundesanzeiger Nr. 160 vom 1. September 1970).
- [3] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) vom 26. August 1998, GMBI 1998, Nr. 26, S. 503, geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5) sowie den Erlass „Korrektur redaktioneller Fehler beim Vollzug der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit vom 07.07.2017.
- [4] DIN 45681: Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschimmissionen. März 2005. Berichtigungen 2006.
- [5] DIN 45645-1: Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen. Teil 1: Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft. Juli 1996.
- [6] DIN ISO 9613-2: Akustik – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien. Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren. Entwurf September 1997.
- [7] Länderausschluss für Immissionsschutz (LAI): Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA), überarbeiteter Entwurf vom 17.03.2016 mit Änderungen PhysE vom 23.06.2016, Stand 30.06.2016.
- [8] Dokumentation zur Schallausbreitung – Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1.
- [9] Bekendtgørelse om støj fra vindmøller (Durchführungsverordnung zum Lärm von Windkraftanlagen), 07.02.2019.
- [10] „Schalltechnische Untersuchung – Luftschallprognose für die Bau- und Betriebsphase des OWP Gennaker unter Berücksichtigung der Neuplanungen zum OWEA-Typ SG DD 167“, TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG, Auftrags-Nr.: 8000678801/ 421SST020 Rev. 03 vom 09.09.2022.
- [11] Müller-BBM Industry Solutions GmbH, Bericht Nr. M177958/01 „Schalltechnische Untersuchung zum Vorhaben: Offshore-Windpark Gennaker Betriebsphase“, 05.06.2024.
- [12] „Gennaker SG DD-236+ Acoustic Emission“, Siemens Gamesa Renewable Energy, AE-DE00666-110000106309-00, 25.01.2024.
- [13] Cadna/A Version M 2023 MR2 (64 Bit), Datakustik GmbH.

- [14] Abstimmungsgespräch zwischen Vorhabenträger und mit beteiligter Fachbehörde (LUNG) vom 13.03.2024. Zusammenfassung übermittelt per E-Mail vom 13.03.2024 (Fr. Falldorf, Skyborn).
- [15] Satzung der Gemeinde Ostseebad Prerow, Landkreis Nordvorpommern über den Bebauungsplan Nr. 45 „Bernsteinweg/Villenstraße“ östlich des Bernsteinweges und nördlich der Villenstraße, in Kraft getreten am 20.05.2011.
- [16] Datenblatt Hydrohammer IQ4, IQIP, Stand 03.11.2023. Zur Verfügung gestellt durch Skyborn Renewables Offshore Solutions GmbH am 08.02.2024.
- [17] T. Van Renterghem, D. Botteldooren, and L.Dekonick: Airborne sound propagation over sea during offshore wind farm piling; Bericht Jasa Airborne Noise Piling; J. Acoust. Sos. Am. 135 (2) February 2014.
- [18] Hornsea Offshore Wind Farm Project one Annes 4.3.1 Airborne Noise Technical Report, July 2013.
- [19] Abstimmung mit Firma IQIP bzgl. Rammarbeiten, per Online-Meeting am 07.03.2024.
- [20] Windrichtungsverteilung Standort: Darßer Ort, Zeitraum: 2010 – 2020, Quelle Open Data Bereich des Climate Data Center (CDC), Deutscher Wetterdienst (DWD), Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Abt. Immissionschutz und Abfallwirtschaft, erstellt am 12.12.2023, übermittelt per E-Mail am 04.04.2024.
- [21] Skyborn Gennaker Airborne noise study AS0905-Q16773-M002-00, April 25, 2024 Revision:00, IQIP B.V.
- [22] © GeoBasis-DE / BKG (2024) CC BY 4.0.
- [23] Skyborn Renewables offshore solutions GmbH, Projektunterlagen und Angaben der Projektverantwortlichen.

3 Beurteilungsgrundlagen

Beurteilungsgrundlage für die Baulärmimmissionen ist die AVV Baulärm [2]. Schallimmission im Sinne der AVV Baulärm [2] ist das auf Menschen einwirkende Geräusch, das durch Baumaschinen auf der Baustelle und den Fahrzeugverkehr auf dem Baustellengelände hervorgerufen wird.

Im Unterschied zur TA Lärm [3] sind bei der Anwendung der AVV Baulärm [2] folgende Besonderheiten zu beachten:

- Als Tagzeit gilt die Zeit von 07:00 bis 20:00 Uhr, als Nachtzeit die Zeit von 20:00 bis 07:00 Uhr.
- Die Betriebsdauer innerhalb der Tag- und der Nachtzeit wird durch Zeitkorrekturwerte gemäß der nachfolgenden Tabelle berücksichtigt:

Durchschnittliche tägliche Betriebsdauer		Zeitkorrektur dB
Tagzeit 07:00 bis 20:00 Uhr	Nachtzeit 20:00 bis 07:00 Uhr	
bis 2,5 Stunden	bis 2 Stunden	- 10
über 2,5 Stunden bis 8 Stunden	über 2 Stunden bis 6 Stunden	- 5
über 8 Stunden	über 6 Stunden	0

- Der Baulärm wird für sich allein, also nicht in Summe mit anderen Lärmarten (z. B. stationäres Anlagengeräusch), bewertet.
- Weiterhin hat der Immissionsrichtwert nicht die Bedeutung eines kumulativen Grenzwertes, sondern eines Orientierungswertes zur Ergreifung besonderer Schallschutzmaßnahmen: „Der Immissionsrichtwert ist überschritten, wenn der Beurteilungspegel den Richtwert überschreitet“, und speziell zur Nachtzeit, „wenn ein Messwert oder mehrere Messwerte die Immissionsrichtwerte um mehr als 20 dB(A) überschreiten“ [2].
- Nach Abschnitt 4.1 der AVV Baulärm „sollen behördlicherseits Maßnahmen zur Minderung der Geräusche angeordnet werden“, wenn der „Beurteilungspegel des von Baumaschinen hervorgerufenen Geräusches den Immissionsrichtwert um mehr als 5 dB(A)“ überschreitet.

Der Beurteilungspegel ergibt sich nach einem Mittelungsverfahren aus allen (einzelnen) Messwerten eines Beurteilungszeitraumes. Die Messgröße ist der maximale A-bewertete Schalldruckpegel, der in einem Takt von fünf Sekunden bei Einstellung der Zeitkonstanten „FAST“ eines Schallpegelmessers ermittelt wird (5 s-Takt-Maximalpegel L_{AFT5} in dB(A)).

In der AVV-Baulärm [2] wird kein Prognoseverfahren zur Ermittlung von Geräuschimmissionen angegeben. Daher können die Vorgaben der TA Lärm [3] bzw. der DIN ISO 9613-2 [6] zugrunde gelegt werden.

4 Maßgebliche Immissionsorte

Die Beurteilung des Vorhabens erfolgt für drei Immissionsorte. In Tabelle 1 sind die ausgewählten Immissionsorte und die herangezogenen IRW nach AVV Baulärm [2] aufgeführt.

Tabelle 1. Immissionsorte, zulässige Immissionsrichtwerte (IRW) und Standortkoordinaten.

Immissionsort	IRW in dB(A)		UTM-Koordinaten (Zone 33)	
	Tag	Nacht	Rechtswert	Hochwert
IO 1 Leuchtturm Darßer Ort	60	-	338.155	6.039.002
IO 2 Bernsteinweg	50	35	341.673	6.036.468
IO 3 Regenbogen Prerow	55	40	340.959	6.037.162

Da die Rammarbeiten sowohl tags als auch nachts durchgeführt werden sollen, werden vorliegend sowohl der Tagzeitraum (07:00 bis 20:00 Uhr) als auch der Nachtzeitraum (20:00 bis 07:00 Uhr) gemäß AVV Baulärm [2] untersucht.

Die Lage der Immissionsorte ist in Anhang A dargestellt.

Bei Immissionsort IO 1 „Leuchtturm Darßer Ort“ handelt es sich um einen Leuchtturm. Der Immissionsort liegt ca. 11,3 km von der ihm nächstgelegenen WEA (GN01) und ca. 24,7 km von der ihm am weitesten entfernten WEA (GN39). Hier besteht in Abstimmung mit der zuständigen Behörde [14] keine nächtliche Schutzbedürftigkeit.

Bei Immissionsort IO 2 „Bernsteinweg“ handelt es sich um eine unbebaute Fläche, welche im Plangebiet des Bebauungsplans Nr. 45 [15] liegt. Dieser weist diese Fläche als Reines Wohngebiet aus. Der Immissionsort liegt ca. 13,9 km von der ihm nächstgelegenen WEA (GN41) und ca. 25,5 km von der ihm am weitesten entfernten WEA (GN39).

Bei Immissionsort IO 3 „Regenbogen Prerow“ handelt es sich um einen Campingplatz. Der Immissionsort liegt ca. 13,2 km von der ihm nächstgelegenen WEA (GN41) und ca. 25,1 km von der ihm am weitesten entfernten WEA (GN39). Hier wird in Abstimmung mit der zuständigen Behörde [14] eine nächtliche Schutzbedürftigkeit von 40 dB(A) angesetzt.

5 Aufstellungsplan

Geplant ist die Errichtung von insgesamt 63 Windenergieanlagen [23]. Ein Lageplan der geplanten Anlagenstandorte – und somit auch der Quellorte der Geräuschemissionen durch die Rammarbeiten – ist in Abbildung 1 dargestellt. Eine detaillierte Auf-führung der technischen Daten der geplanten WEA ist in Anhang B dargestellt.

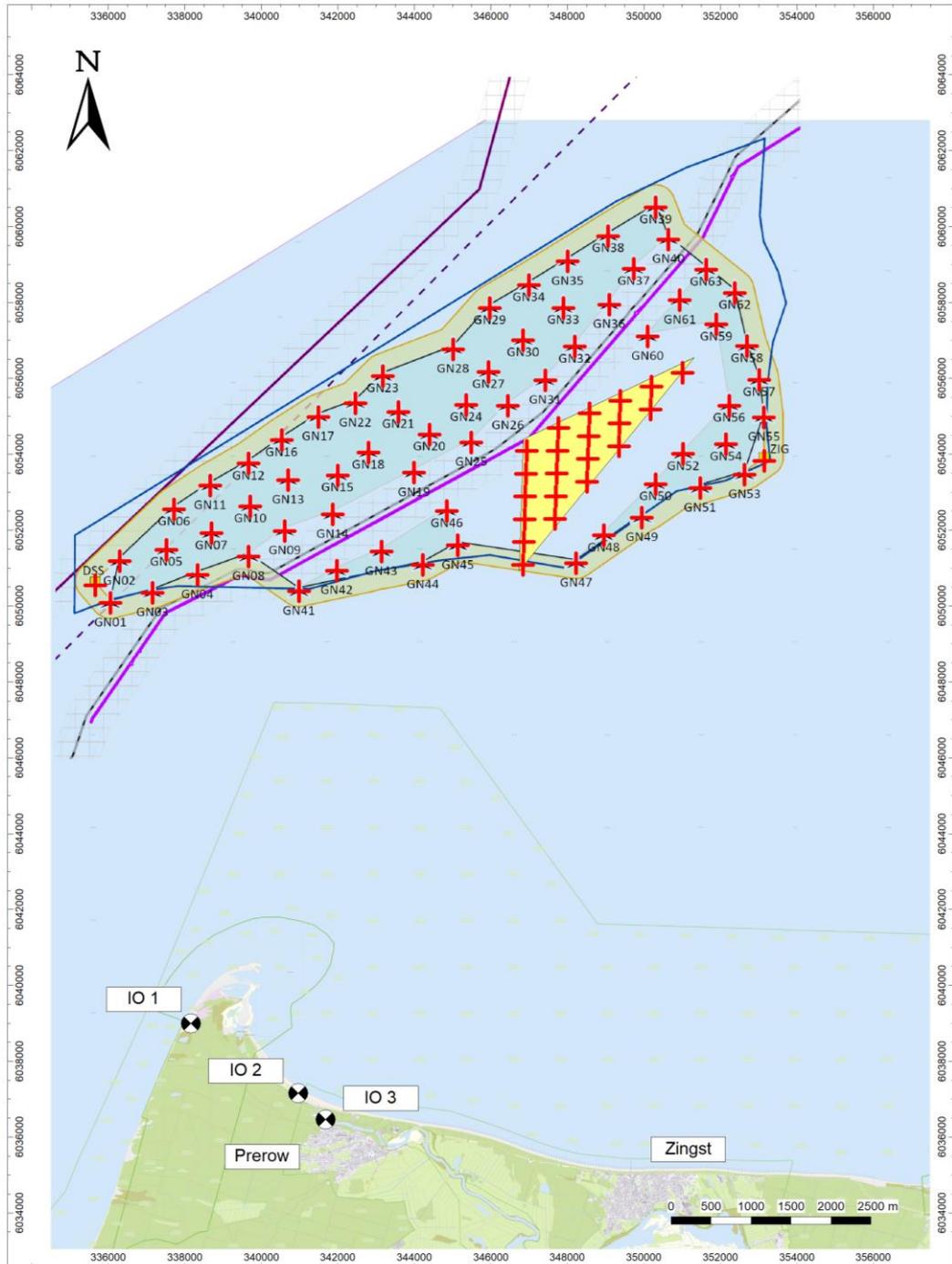


Abbildung 1. Lageplan der geplanten Windenergieanlagen (GN01 – GN63), der geplanten Umspannplattformen (DSS, ZIG – bereits genehmigt) und der bestehenden Windenergieanlagen des Windparks Baltic 1 (gelb hinterlegt). Hintergrundkarte [22].

6 Geräuschemission

6.1 Allgemeines

In der Errichtungsphase bilden die Rammarbeiten zur Errichtung der Monopiles die maßgeblichen Geräuschquellen. Die Standorte der Rammarbeiten entsprechen den geplanten Windenergieanlagen (vgl. Abbildung 1). Die Rammarbeiten werden an den Standorten nacheinander durchgeführt, es findet also jeweils nur ein Rammvorgang gleichzeitig statt. Weitere Geräuschemissionen sind aufgrund der Entfernung zu den Immissionsorten schallschutztechnisch nicht relevant.

Im Folgenden wird die Ermittlung des Emissionsansatzes für die Rammvorgänge beschrieben.

6.2 Ermittlung des Geräuschemissionsansatzes für die Rammarbeiten

Die Geräuschemissionen der Rammarbeiten sind abhängig von dem verwendeten Rammgerät, der Rammenergie, mit welcher die Monopiles in den Seeboden gerammt werden, sowie der Pulsfolge (Schläge pro Minute).

Für die geplanten Rammarbeiten wurde durch das Unternehmen IQIP B.V. eine Analyse der Schalleistung der Rammarbeiten durchgeführt [21]. Hierfür wurden zuvor gemessene Schallpegel von Rammarbeiten mit kleineren Pfählen und geringerer Rammenergie mit empirischen Formeln auf den vorliegenden Anwendungsfall skaliert. In der Formel werden die Faktoren Rammenergie, Länge des Pfahls über Wasser und Pulsfolge berücksichtigt. Es wird somit ein gemittelter Schalleistungspegel über den gesamten Rammvorgang ermittelt. Aufgrund der variierenden Bodenbeschaffenheiten ist jeweils eine Ober- und Untergrenze ermittelt worden. Vorliegend wird in konservativer Betrachtung die Obergrenze dieser Pegel berücksichtigt. Für einen Rammvorgang ohne geräuschkindernde Maßnahmen ergibt sich somit ein Schalleistungspegel von:

$$L_{WA} = 146 \text{ dB(A)}$$

Zeitkorrektur gemäß AVV Baulärm

Die Rammarbeiten sollen im Tagzeitraum (07:00 bis 20:00 Uhr) und im Nachtzeitraum (20:00 bis 07:00 Uhr), abhängig von passenden Wetterbedingungen, stattfinden. Die Arbeiten zur Einbringung eines Monopiles dauern insgesamt ca. zwölf Stunden. Vorliegend wird davon ausgegangen, dass die tatsächlichen Rammarbeiten im Durchschnitt bis zu zwei Stunden dieses Zeitfensters andauern. Dieser Zeitraum beinhaltet nicht den geplanten Softstart. Während des Softstarts wird mit reduzierter Rammenergie von etwa einem Zehntel der maximalen Rammenergie gearbeitet. Die während der Softstartphase zu erwartenden Geräuschemissionen sind im Vergleich zu den Emissionen der Phasen mit maximaler Rammenergie vernachlässigbar. Die Dauer des Softstarts ist jeweils standortabhängig und beträgt etwa 20 Minuten.

Wenn die schalltechnisch kritischen Rammarbeiten nachts (20:00 bis 07:00 Uhr) für einen Zeitraum von bis zu zwei Stunden erfolgen, ist gemäß AVV Baulärm [2] eine Zeitkorrektur von -10 dB auf die Emissionen zu vergeben. Bei Ramm dauern von über zwei Stunden und weniger als sechs Stunden in der Nachtzeit beträgt die Zeitkorrektur -5 dB (vgl. Ausführungen in Abschnitt 3).

Impulshaltigkeit

Gemäß AVV Baulärm [2] ist bei der Beurteilung von Geräuschimmissionen grundsätzlich die Impulshaltigkeit der einwirkenden Geräusche zu berücksichtigen. Emissionsseitig ist für vergleichbare Rammvorgänge von einer Impulshaltigkeit von $K_I = 7$ dB auszugehen. Aufgrund der großen Entfernungen zwischen Quell- und Einwirkungsort und der Laufzeitunterschiede der Schallwellen auf dem Ausbreitungsweg, insbesondere jedoch durch die Mehrfachreflexionen zwischen der Wasseroberfläche und höheren Luftschichten, ist von einer Dämpfung und zeitlichen Ausdehnung der Impulse auszugehen. Vorliegend wird daher ein Impulszuschlag von $K_I = 5$ dB berücksichtigt.

PULSE-Verfahren (oder vergleichbare Verfahren)

Laut derzeitiger Planung des Vorhabenträgers ist der Einsatz eines speziellen Rammverfahrens geplant, bei welchem der Impuls der Kraftübertragung bei dem Rammvorgang auf einen größeren Zeitraum verteilt wird und damit auch der mittlere Schalleistungspegel der Rammarbeiten verringert werden soll („PULSE-Verfahren“ der Firma IQIP oder vergleichbar). Durch die Firma IQIP wurde in einer Analyse der Schallemissionen der Rammarbeiten [21] für ein solches Verfahren eine Minderung der Geräuschemissionen von 3 dB – 4 dB ermittelt. Somit ergibt sich für die Rammarbeiten ein effektiver mittlerer Schalleistungspegel von:

$$L_{WA} = 141 \text{ dB(A)} - 142 \text{ dB(A)}$$

In der vorliegenden Schallimmissionsberechnung wird eine durch den Einsatz eines entsprechenden Rammverfahrens erreichbare Minderung des A-bewerteten Schalleistungspegels von 3,7 dB berücksichtigt.

Emissionsspektrum

Für das Spektrum der Geräuschemissionen der Rammarbeiten wird die in der Untersuchung der Firma IQIP [21] ermittelte Spektralverteilung¹ angenommen. Das Geräuschkpektrum ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2. In der Schallausbreitungsberechnung angesetztes Spektrum der Rammarbeiten.

Frequenz in Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000
Rammarbeiten	98	110	124	136	136	137	136	129

Im verwendeten Berechnungsprogramm Cadna/A [13] werden bei der Schallausbreitungsberechnung die Oktavbandpegel gemäß Tabelle 2 angesetzt.

¹ Die Pegelminderung durch die Verwendung eines speziellen Rammverfahrens (vgl. Ausführungen im Text) sind hier bereits berücksichtigt.

7 Schallausbreitungsrechnungen

7.1 Allgemeines

Die Schallausbreitungsberechnungen werden mit dem Programm Cadna/A [13] durchgeführt. In diesem Programm werden die Koordinaten aller schalltechnisch relevanten Objekte in ein dreidimensionales digitales Schallausbreitungsmodell eingegeben. Hierbei werden die Rammarbeiten als Punktschallquellen behandelt. Als Quellhöhe für die Arbeiten wird eine mittlere Höhe von 20 m über der Wasseroberfläche definiert.

Da die AVV Baulärm [2] kein sachgerechtes Verfahren zur Schallausbreitungsrechnung umfasst, wird in Anlehnung an die TA Lärm [3] die Berechnung der Schallimmissionen mit A-bewerteten Schalleistungspegeln in Oktavbandbreite (vgl. Tabelle 2) gemäß DIN ISO 9613-2 [6], unter Berücksichtigung von Anpassungen zur Beschreibung der Schallausbreitung über große Distanzen und über Wasser, durchgeführt. Das Berechnungsverfahren nach DIN ISO 9613-2 und die durchgeführten Anpassungen werden im Folgenden dargestellt und in Abschnitt 7.5 zusammengefasst.

7.2 DIN ISO 9613-2

Die DIN ISO 9613-2 [6] dient zur Berechnung von Schallausbreitung bei moderaten Distanzen und Schallquellen mit Höhen von < 30 m. Bei der Schallausbreitungsberechnung nach DIN ISO 9613-2 werden folgende Pegelminderungen auf dem Ausbreitungsweg berücksichtigt:

- A_{div} die Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung,
- D_c die Richtwirkungskorrektur,
- A_{atm} die Dämpfung aufgrund von Luftabsorption für 70 % Luftfeuchtigkeit und 10 °C,
- A_{gr} die Dämpfung aufgrund des Bodeneffektes,
- A_{bar} die abschirmende Wirkung durch eventuell gegebene Hindernisse.

Hinweis: Eine Richtwirkungskorrektur und Abschirmungen durch Bebauung oder Bepflanzung werden vorliegend nicht betrachtet.

Der Bodeneffekt A_{gr} beschreibt die Absorption des Schalls durch den Boden auf dem Ausbreitungsweg. Ein Wert von $A_{gr} = -3$ dB entspricht einem schallharten Boden. Dies ist bei der Schallausbreitung über eine Wasseroberfläche gegeben.

Die geometrische Ausbreitungsdämpfung A_{div} hängt von der Distanz der Schallquelle zum Immissionsort ab. Die vorliegenden Distanzen zwischen Quellpositionen und Aufpunkten liegen zwischen ca. 11,3 km und 24,7 km. Es werden vorliegend Minimal- und Maximalimmissionspegel berechnet, wobei die Minimalpegel sich bei den größten und die Maximalpegel sich bei den kleinsten Abständen zwischen Quellpositionen und Aufpunkten ergeben.

7.3 Korrektur für Mehrfachreflexionen

Bei der Schallausbreitung über große Distanzen und Wasser im Bereich der südlichen Ostsee können Reflexionen des Schalls an höhergelegenen Luftschichten aufgrund von „Low Level Jets“ auftreten, welche dann in Mehrfachreflexionen der Schallwellen zwischen den höher gelegenen Luftschichten und der Wasseroberfläche resultieren. Diese Mehrfachreflexionen des Schalls zwischen der Wasseroberfläche und höhergelegenen Luftschichten kann zu einer Verringerung der Ausbreitungsdämpfung führen, da durch die Reflexionen keine Kugelwellenausbreitung, sondern eher eine zylinderförmige Ausbreitung stattfindet. Unstrittig ist dabei, dass die Schallausbreitung zunächst (bis zu einem Übergangsabstand von der Quelle) kugelförmig erfolgt und sich erst bei Zunahme des Abstandes über diesen Übergangsabstand hinaus eine zylinderförmige Schallausbreitung einstellt. Der Übergangsabstand wächst dabei mit der Höhe der Quelle.

Es gibt keine deutsche Richtlinie, welche ein Berechnungsverfahren für den Einfluss von Mehrfachreflexionen auf die Schallausbreitung anbietet. In vergleichbaren vorangegangenen Genehmigungsverfahren wurde daher ein sog. modifiziertes Interimsverfahren entwickelt, welches diesen Effekt berücksichtigt (vgl. Anwendung des modifizierten Interimsverfahrens in [10]).

Für die Rammarbeiten wird aufgrund der vergleichsweise niedrigen Quellhöhe ein Übergangsabstand von $s_0 = 1000$ m angesetzt, ab dem Mehrfachreflexionen berücksichtigt werden.

Über einen Korrekturterm ΔA_{div} wird für Abstände $d > s_0$ die modifizierte Ausbreitungsdämpfung wie folgt berücksichtigt:

$$\begin{aligned}\Delta A_{\text{div}} &= 0 \text{ dB für } d < s_0 \\ \Delta A_{\text{div}} &= 10 \cdot \log_{10}(d/s_0) \text{ dB für } d \geq s_0\end{aligned}$$

7.4 Meteorologische Korrektur

In der AVV Baulärm wird keine meteorologische Korrektur betrachtet. Vorliegend wird dementsprechend für die meteorologische Korrektur ein Wert von $C_{\text{met}} = 0$ dB angesetzt. Dies entspricht der Annahme von dauerhaft schallausbreitungsgünstigen Wetterbedingungen, was vorliegend als konservative Annahme anzusehen ist. Eine schallausbreitungsgünstige Wetterbedingung (Mitwind) entspricht im vorliegenden Fall Nordwind. An der Windverteilung für den Standort Darßer Ort [20] ist zu erkennen, dass überwiegend Westwind weht. Der Anteil des Windes aus nördlichen Richtungen (von 330 Grad bis 30 Grad) liegt im Schnitt bei zehn Prozent. Die Häufigkeitsverteilung ist in Abbildung 2 dargestellt.

Grad	Relative Häufigkeit in %	C ₀ Tag	C ₀ Nacht
0	2,8	4,8	2,7
30	3,2	5,0	3,0
60	6,3	4,7	3,0
90	9,2	4,2	2,8
120	9,2	3,6	2,2
150	7,2	3,2	1,7
180	7,8	2,7	1,3
210	11,5	2,4	1,3
240	15,7	2,4	1,4
270	14,4	2,7	1,7
300	8,8	3,3	2,0
330	3,9	4,1	2,3
Calm	0,1		

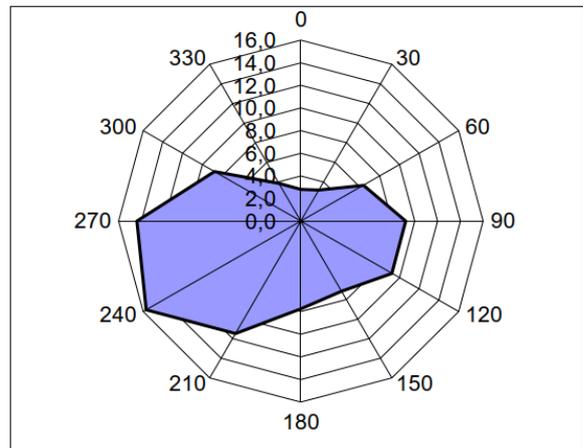


Abbildung 2. Windverteilung am Standort Darßer Ort und daraus berechnete C₀-Werte für die Tag- und Nachtzeit [20] im Zeitraum 2010 – 2020.

In der vorliegenden Untersuchung wird gemäß den Vorgaben der AVV Baulärm [2] keine meteorologische Korrektur angesetzt. Dies ist als konservativer Ansatz zu betrachten.

7.5 Zusammenfassung des Berechnungsverfahrens

Insgesamt werden die Minimal- und Maximalschallimmissionspegel nach dem Verfahren der DIN ISO 9613-2 [6] berechnet mit der folgenden Abweichung:

- Ansatz eines Wertes von $A_{gr} = -3$ dB für die Bodendämpfung entspricht einem schallharten Boden zur Berücksichtigung der Schallausbreitung über einer Wasseroberfläche.
- Entfall der meteorologischen Korrektur C_{met}
- Berücksichtigung eines Korrekturterms für Mehrfachreflexionen ΔA_{div} (vgl. [10])

Die Immissionspegel werden somit vorliegend nach der folgenden Formel berechnet:

$$L_p = L_W - A_{div} - A_{atm} - A_{gr} + \Delta A_{div}$$

Für jeden Immissionsort werden die Immissionen in Oktavbandbreite berechnet und energetisch addiert.

8 Berechnungsergebnisse und Bildung der Beurteilungspegel

8.1 Allgemeines

Da die Geräuschemissionen vorliegend durch mehrere Faktoren beeinflusst werden, sind starke Schwankungen der Immissionen zu erwarten. Die Spanne ist durch den Standort der Rammarbeiten (Abstand zwischen Quelle und Aufpunkt), die Schallausbreitungsbedingungen auf dem langen Ausbreitungsweg, die eingesetzte Rammenergie sowie das bei der Rammung verwendete Equipment (Rammverfahren) gegeben. Vorliegend werden daher jeweils die an den Immissionsorten zu erwartenden Minimal- und Maximalimmissionspegel als Abschätzung für die Spannweite der Erwartungswerte angegeben.

Mit den in Abschnitt 6.2 beschriebenen Ansätzen für die Schallleistungspegel werden Minimal- und Maximalimmissionspegel an den Immissionsorten spektral in Oktavbandbreite berechnet und daraus die Beurteilungspegel für die Nachtzeit gebildet.

Im Folgenden werden die berechneten Immissionspegel und die daraus gebildeten Beurteilungspegel dargestellt und den geltenden Immissionsrichtwerten gemäß AVV Baulärm [2] gegenübergestellt.

8.2 Berechnungsergebnisse

In Tabelle 3 sind die berechneten Schallimmissionen an den betrachteten Immissionsorten dargestellt. Es werden je Immissionsort der nächstgelegene Standort (d_{min}) und der am weitesten entfernte Standort (d_{max}) für Rammarbeiten betrachtet. In der vorliegenden Berechnung wird von Ramm dauern von weniger als zwei Stunden und der Verwendung des PULSE-Verfahrens oder eines vergleichbaren Verfahrens (vgl. 6.2) sowie der Obergrenze der durch die variierende Bodenbeschaffenheit verursachten Emissionspegel ausgegangen. Es wird keine meteorologische Korrektur berücksichtigt ($C_{met} = 0$ dB).

Tabelle 3. Maßgebliche Immissionsorte und berechnete Immissionspegel während der Rammarbeiten.

Immissionsort	betrachteter Standort der Rammarbeiten (d_{min}/d_{max})	Schallimmissionspegel in dB(A)
IO 1 Leuchtturm Darßer Ort	GN 39 (d_{max})	28,9
	GN 01 (d_{min})	42,4
IO 2 Bernsteinweg	GN 39 (d_{max})	28,3
	GN 41 (d_{min})	39,0
IO 3 Regenbogen Prerow	GN 39 (d_{max})	28,6
	GN 41 (d_{min})	39,9

8.3 Bildung der Beurteilungspegel für die Nachtzeit

Aus den berechneten Immissionspegeln werden die Beurteilungspegel L_r für nächtliche Rammarbeiten gebildet.

Da die betrachteten Geräuschimmissionen der Rammarbeiten nicht ton- oder informationshaltig sind, sind vorliegend keine Ton- oder Informationszuschläge zu vergeben. Zuschläge für die Impulshaltigkeit der Geräusche sind in den Emissionsansätzen bereits enthalten (vgl. Abschnitt 6.2).

In Tabelle 4 sind die berechneten Beurteilungspegel für die geplanten Rammarbeiten aufgeführt.

Tabelle 4. Maßgebliche Immissionsorte, Immissionsrichtwerte (IRW) und berechnete Beurteilungspegel L_r während der Rammarbeiten im Nachtzeitraum (20:00 bis 07:00 Uhr).

Immissionsort	IRW nachts in dB(A)	betrachteter Standort der Rammarbeiten (d_{min} / d_{max})	Beurteilungspegel L_r in dB(A)
IO 1 Leuchtturm Darßer Ort	-	GN 39 (d_{max})	29
		GN 01 (d_{min})	42
IO 2 Bernsteinweg	35	GN 39 (d_{max})	28
		GN 41 (d_{min})	39
IO 3 Regenbogen Prerow	40	GN 39 (d_{max})	29
		GN 41 (d_{min})	40

Die rechnerisch ermittelten Beurteilungspegel der jeweils am weitesten entfernten Rammarbeiten halten die Immissionsrichtwerte an allen Immissionsorten ein.

Bei Durchführung der Rammarbeiten an den Immissionsorten näher gelegener Orte können Überschreitungen des nächtlichen Immissionsrichtwertes am IO 2 um bis zu 4 dB nicht ausgeschlossen werden.

8.4 Anmerkungen zu den ermittelten Beurteilungspegeln

Die Einhaltung der hier berechneten Beurteilungspegel setzt voraus, dass insbesondere die folgenden in der Untersuchung zugrunde gelegten Voraussetzungen gelten:

- Die durchschnittliche Dauer der Rammarbeiten in der Nachtzeit (20:00 bis 07:00 Uhr) beträgt weniger als zwei Stunden, und die Rammarbeiten werden mit dem oben erwähnten PULSE-Verfahren oder einem ähnlichen Verfahren durchgeführt.
- Sollten die Rammarbeiten im Durchschnitt in der Nachtzeit länger als zwei Stunden andauern, ist eine Zeitkorrektur von lediglich -5 dB zu vergeben, anstatt der in Abschnitt 6.2 angesetzten -10 dB. Dadurch ergibt sich eine Erhöhung der Immissions- und Beurteilungspegel um 5 dB.
- Sollte für die Rammarbeiten ein konventionelles Rammverfahren eingesetzt werden, welches keine Pegelminderungen gegenüber dem in Abschnitt 6.2 dargestellten Emissionspegel ergibt, würde sich eine Erhöhung der Immissions- und Beurteilungspegel von 3 – 4 dB ergeben.

9 Qualität der Prognose

Die Qualität der Berechnungsergebnisse hängt sowohl von den Eingangsdaten als auch der Immissionsberechnung ab.

In dem Schallausbreitungsmodell wurden für die Geräuschemissionen der Rammarbeiten Schalleistungspegel aus einer Analyse der Firma IQIP [21] angesetzt.

Für die Schallausbreitungsberechnung wurde aufgrund der Schallausbreitung über große Distanzen über Wasser ein Korrekturterm für Mehrfachreflexionen (vgl. 7.3) berücksichtigt. Dieser berücksichtigt mögliche Einflüsse von Mehrfachreflexionen, welche zu einer Erhöhung der immissionsseitigen Pegel führen können. Dieser Korrekturterm bedingt im vorliegenden Fall für die geplanten Rammarbeiten abhängig von der Distanz zwischen Quell- und Immissionsort im Ergebnis etwa 11 dB bis 14 dB höhere Pegel (vgl. Tabelle 5).

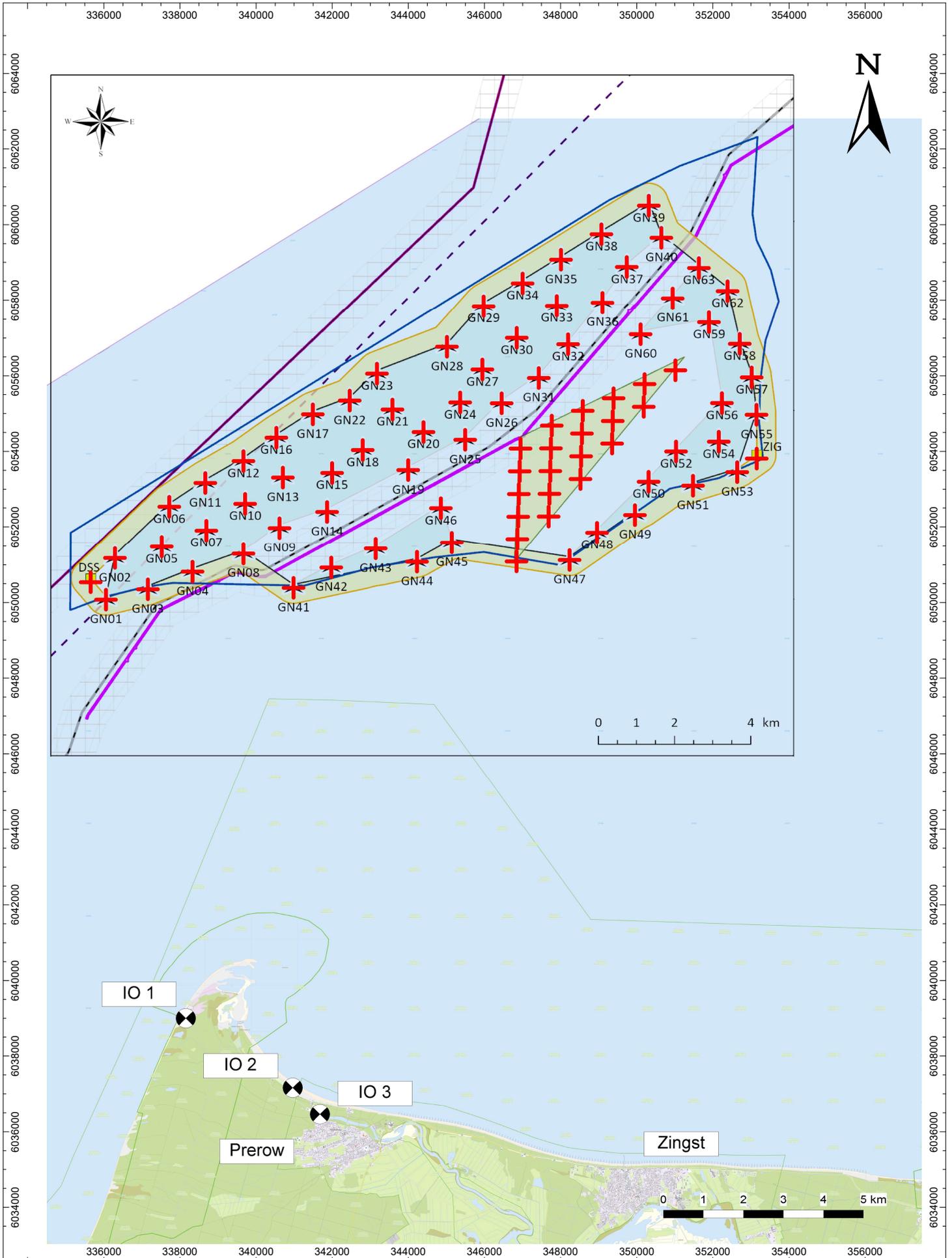
Es ist anzumerken, dass meteorologische Effekte vorliegend lediglich konservativ berücksichtigt wurden. Die Ausbildung von Mehrfachreflexionen sowie die Vernachlässigung einer meteorologischen Korrektur C_{met} führen beide zu Erhöhungen der berechneten Beurteilungspegel. Es ist davon auszugehen, dass schallausbreitungsgünstige Wetterlagen (Mitwindsituation und Ausbildung von „Low Level Jets“) nur zu einem geringen zeitlichen Anteil während der Rammarbeiten tatsächlich vorliegen werden.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass die vorliegend bestimmten Ergebnisse als konservativ zu betrachten sind.

Anhang A
Lageplan

S:\M\PROJ\17\M177958\M177958_02_BER_2D.DOCX:03.07.2024

MÜLLER-BBM



Lageplan der Immissionsorte
und geplanten WEA, geplanten Umspannplattformen und bestehenden WEA
M177958/02 BEF
März 2024

Anhang B
Anlagenstandorte

S:\M\PROJ\17\M177958\M177958_02_BER_2D.DOCX:03.07.2024

WEA Nr.	Typ	Nennleistung in kW	Nabenhöhe in m	Rotordurchmesser in m	UTM-Koordinaten (Zone 33)	
					Rechtswert	Hochwert
GN01	SG DD-236+	15.000	142,6	236	336054,4	6050076,4
GN02	SG DD-236+	15.000	142,6	236	336290,4	6051179,4
GN03	SG DD-236+	15.000	142,6	236	337154,4	6050350,4
GN04	SG DD-236+	15.000	142,6	236	338329,4	6050820,4
GN05	SG DD-236+	15.000	142,6	236	337519,4	6051482,4
GN06	SG DD-236+	15.000	142,6	236	337719,4	6052544,4
GN07	SG DD-236+	15.000	142,6	236	338692,4	6051915,4
GN08	SG DD-236+	15.000	142,6	236	339667,4	6051298,4
GN09	SG DD-236+	15.000	142,6	236	340611,4	6051978,4
GN10	SG DD-236+	15.000	142,6	236	339712,4	6052625,4
GN11	SG DD-236+	15.000	142,6	236	338663,4	6053172,4
GN12	SG DD-236+	15.000	142,6	236	339667,4	6053752,4
GN13	SG DD-236+	15.000	142,6	236	340699,4	6053316,4
GN14	SG DD-236+	15.000	142,6	236	341863,4	6052411,4
GN15	SG DD-236+	15.000	142,6	236	341993,4	6053440,4
GN16	SG DD-236+	15.000	142,6	236	340532,4	6054370,4
GN17	SG DD-236+	15.000	142,6	236	341485,4	6054982,4
GN18	SG DD-236+	15.000	142,6	236	342796,4	6054042,4
GN19	SG DD-236+	15.000	142,6	236	343989,4	6053513,4
GN20	SG DD-236+	15.000	142,6	236	344391,4	6054519,4
GN21	SG DD-236+	15.000	142,6	236	343581,4	6055113,4
GN22	SG DD-236+	15.000	142,6	236	342454,4	6055345,4
GN23	SG DD-236+	15.000	142,6	236	343174,4	6056057,4
GN24	SG DD-236+	15.000	142,6	236	345357,4	6055299,4
GN25	SG DD-236+	15.000	142,6	236	345487,4	6054312,4
GN26	SG DD-236+	15.000	142,6	236	346445,4	6055277,4
GN27	SG DD-236+	15.000	142,6	236	345938,4	6056166,4
GN28	SG DD-236+	15.000	142,6	236	345011,4	6056767,4
GN29	SG DD-236+	15.000	142,6	236	345971,4	6057848,4
GN30	SG DD-236+	15.000	142,6	236	346842,4	6057003,4
GN31	SG DD-236+	15.000	142,6	236	347418,4	6055944,4
GN32	SG DD-236+	15.000	142,6	236	348192,4	6056835,4
GN33	SG DD-236+	15.000	142,6	236	347892,4	6057856,4
GN34	SG DD-236+	15.000	142,6	236	346994,4	6058454,4
GN35	SG DD-236+	15.000	142,6	236	348003,4	6059079,4
GN36	SG DD-236+	15.000	142,6	236	349092,4	6057941,4
GN37	SG DD-236+	15.000	142,6	236	349734,4	6058884,4
GN38	SG DD-236+	15.000	142,6	236	349067,4	6059748,4
GN39	SG DD-236+	15.000	142,6	236	350312,4	6060506,4
GN40	SG DD-236+	15.000	142,6	236	350640,4	6059658,4

S:\MIPROJ\177M177958\M177958_02_BER_2D.DOCX:03.07.2024

WEA Nr.	Typ	Nennleistung in kW	Nabenhöhe in m	Rotordurchmesser in m	UTM-Koordinaten (Zone 33)	
					Rechtswert	Hochwert
GN41	SG DD-236+	15.000	142,6	236	340981,4	6050388,4
GN42	SG DD-236+	15.000	142,6	236	341970,4	6050929,4
GN43	SG DD-236+	15.000	142,6	236	343136,4	6051432,4
GN44	SG DD-236+	15.000	142,6	236	344222,4	6051080,4
GN45	SG DD-236+	15.000	142,6	236	345138,4	6051595,4
GN46	SG DD-236+	15.000	142,6	236	344852,4	6052505,4
GN47	SG DD-236+	15.000	142,6	236	348229,4	6051127,4
GN48	SG DD-236+	15.000	142,6	236	348952,4	6051860,4
GN49	SG DD-236+	15.000	142,6	236	349945,4	6052328,4
GN50	SG DD-236+	15.000	142,6	236	350303,4	6053209,4
GN51	SG DD-236+	15.000	142,6	236	351468,4	6053103,4
GN52	SG DD-236+	15.000	142,6	236	351027,4	6054007,4
GN53	SG DD-236+	15.000	142,6	236	352632,4	6053459,4
GN54	SG DD-236+	15.000	142,6	236	352145,4	6054261,4
GN55	SG DD-236+	15.000	142,6	236	353137,4	6054972,4
GN56	SG DD-236+	15.000	142,6	236	352231,4	6055280,4
GN57	SG DD-236+	15.000	142,6	236	353013,4	6055957,4
GN58	SG DD-236+	15.000	142,6	236	352697,4	6056846,4
GN59	SG DD-236+	15.000	142,6	236	351891,4	6057419,4
GN60	SG DD-236+	15.000	142,6	236	350095,4	6057099,4
GN61	SG DD-236+	15.000	142,6	236	350938,4	6058057,4
GN62	SG DD-236+	15.000	142,6	236	352376,4	6058250,4
GN63	SG DD-236+	15.000	142,6	236	351625,4	6058861,4

Anhang C

Dokumentation der Ausbreitungsberechnung

S:\M\PROJ\17\M177958\M177958_02_BER_2D.DOCX:03.07.2024

Tabelle 5. Dämpfungs- und Korrekturterme der Schallausbreitungsberechnung für die Rammarbeiten.

Quelle	IO	Koordinaten der Schallquelle			Abstand zum IO d	Schall- leistungs- pegel L_w	Dämpfungsterme gemäß 9613-2 [6]				Zuschlag mod. Interims- verfahren ΔA_{div}	Impuls- zuschlag K _i	Zeit- korrektur in dB	Pegel- minderung Ramm- verfahren in dB	Beurteilungs pegel L_r
		X in m	Y in m	Z in m			A _{div} in dB	A _{atm} in dB	A _{gr} in dB	in dB					
GN39	IO 1	350312,4	6060506,4	20,0	24703,1	146,2	98,9	26,7	-3,0	13,9	5,0	-10,0	-3,7	28,8	
GN01	IO 1	336054,4	6050076,4	20,0	11271,9	146,2	92,0	16,6	-3,0	10,5	5,0	-10,0	-3,7	42,4	
GN39	IO 2	350312,4	6060506,4	20,0	25543,4	146,2	99,1	27,2	-3,0	14,1	5,0	-10,0	-3,7	28,3	
GN41	IO 2	340981,4	6050388,4	20,0	13937,4	146,2	93,9	19,1	-3,0	11,4	5,0	-10,0	-3,7	38,9	
GN39	IO 3	350312,4	6060506,4	20,0	25148,3	146,2	99,0	27,0	-3,0	14,0	5,0	-10,0	-3,7	28,5	
GN41	IO 3	340981,4	6050388,4	20,0	13226,3	146,2	93,4	18,4	-3,0	11,2	5,0	-10,0	-3,7	39,9	