

Bremen, 09.09.2022  
TNU-C-SST-HB / N

## Schalltechnische Untersuchung

### Luftschallprognose für die Bau- und Betriebsphase des OWP Gennaker unter Berücksichtigung der Neuplanungen zum OWEA-Typ SG DD 167

Auftraggeber: OWP Gennaker GmbH  
Stephanitorbollwerk 3  
28217 Bremen

TÜV-Auftrags-Nr.: 8000678801/ 421SST020 Rev. 03 (Ö)

Umfang des Berichtes: 26 Seiten  
6 Anhänge

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Reinhard Nagel  
Tel.: 0421/4498-183  
E-Mail: [rnagel@tuev-nord.de](mailto:rnagel@tuev-nord.de)

M.Sc. Alexander Rinke  
Tel.: 040 / 8557-2582  
E-Mail: [arinke@tuev-nord.de](mailto:arinke@tuev-nord.de)

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Verzeichnis der Tabellen .....	3
Verzeichnis der Anhänge .....	3
Zusammenfassung .....	5
1 Aufgabenstellung .....	7
2 Örtliche Verhältnisse und Beschreibung Planungsvarianten.....	7
3 Vorgehensweise und Untersuchungsmethodik.....	8
4 Beurteilungsgrundlagen Luftschall.....	8
4.1 Beurteilungsgrundlagen Luftschall in der Betriebsphase: Schutzgut Mensch – TA Lärm .....	8
4.2 Beurteilungsgrundlagen Luftschall in der Bauphase: Schutzgut Mensch – AVV Baulärm .....	10
4.3 Schutzgut Avifauna.....	11
5 Schallemissionswerte der Betriebsphase .....	12
5.1 Zugrunde gelegte Betriebsbedingungen .....	12
5.2 Schallemissionen der geplanten OWEA des OWP Gennaker.....	12
5.3 Schallemissionen der Umspannplattformen (USP) .....	13
5.4 Schallemissionen des Schiffsverkehrs .....	14
5.5 Schallemissionen des vorhandenen OWP EnBW Balic 1 .....	14
6 Schallemissionswerte der Bauphase.....	14
7 Berechnung und Beurteilung der Schallimmissionen.....	16
7.1 Immissionsorte .....	16
7.2 Berechnungsverfahren .....	17
7.3 Aussagen zur Schallvorbelastung.....	19
7.4 Beurteilung der Schallimmission in der Betriebsphase an der Nordküste der Halbinsel Darß .....	19
7.5 Beurteilung der Schallimmission in der Bauphase an der Nordküste der Halbinsel Darß .....	20
7.6 Schallimmission im Bereich der OWEA – Aussagen zur Avifauna .....	21
8 Prüfung von Maßnahmen für den Lärmschutz in der Bauphase .....	22
9 Angaben zur Qualität der Prognose .....	24
10 Quellenverzeichnis.....	25

## Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Übersicht Planungsvarianten.....	7
Tabelle 2:	Immissionsrichtwerte TA Lärm außerhalb von Gebäuden für bestimmungsgemäßen Anlagenbetrieb .....	10
Tabelle 3:	Immissionsrichtwerte (IRW) für Immissionsorte nach AVV Baulärm .....	11
Tabelle 4:	Eckwerte der Minderung der Lebensraumeignung.....	12
Tabelle 5:	Übersicht Schalleistungspegel der OWEA-Typen bei 95% der Nennleistung („typische“ bzw. zu „erwartende“ Schalleistungspegel) .....	13
Tabelle 6:	Oktavschalleistungspegel der offshore-Umspannplattform (2 x) .....	14
Tabelle 7:	Schallemissionskennwerte der Rammarbeiten (Eingangsdaten für die Schallausbreitungsberechnung) .....	15
Tabelle 8:	A-Bewertetes Relativspektrum Rammarbeiten .....	15
Tabelle 9:	Charakteristik der Immissionsorte, Übernahme der Immissionsrichtwerte für die Betriebsphase aus dem früheren, abgeschlossenen Genehmigungsverfahren	16
Tabelle 10:	Beurteilungspegel $L_r$ der OWEA des OWP Gennaker an den Immissionsorten IO 01 – IO 03, berechnet nach dem modifizierten Interimsverfahren – Nachtzeit – und Vergleich mit den Immissionsrichtwerten der TA Lärm (Klammerwerte: Rechenwerte nach dem nicht modifizierten Interimsverfahren).....	19

## Verzeichnis der Anhänge

<b>Anhang 1</b>	<b>Lageplan</b>	<b>2 Seiten</b>
Anhang 1.1	Übersichtslageplan Immissionsorte IO 01 – IO 03 (onshore Halbinsel Darß) und OWP Gennaker	1 Seite
Anhang 1.2	Lageplan Immissionsorte IO 01 – IO 03 (onshore Halbinsel Darß)	1 Seite
<b>Anhang 2</b>	<b>EDV-Schallquellenplan Layout: SG DD-167 x 103</b>	<b>1 Seite</b>
<b>Anhang 3</b>	<b>Geräuschemissionen der OWEA (Auszug der vertraulichen Informationen des Turbinenherstellers)</b>	<b>2 Seiten</b>
<b>Anhang 4</b>	<b>Herleitung der Oktavschalleistungspegel der OWEA für die Schallausbreitungsrechnung (Anhang mit vertraulichen Informationen des Turbinenherstellers)</b>	<b>1 Seite</b>
<b>Anhang 5</b>	<b>Rasterlärnkarte Nahbereich OWP (Betriebsphase)</b>	<b>1 Seite</b>
<b>Anhang 6</b>	<b>Dokumentation der Einzelpunktberechnungen zum OWP Gennaker in der Betriebsphase</b>	<b>75 Seiten</b>

Anhang 6.1	Erweiterte Berechnung der Schallimmissionen nach dem modifizierten Interimsverfahren (zusammengefasste Darstellung) – Immissionsort IO 01 -	5 Seiten
Anhang 6.2	Erweiterte Berechnung der Schallimmissionen nach dem modifizierten Interimsverfahren (zusammengefasste Darstellung) – Immissionsort IO 02 -	5 Seiten
Anhang 6.3	Erweiterte Berechnung der Schallimmissionen nach dem modifizierten Interimsverfahren (zusammengefasste Darstellung) – Immissionsort IO 03 -	5 Seiten
Anhang 6.4	Detaillierte Berechnungsprotokolle nach dem Interimsverfahren, spektrale Darstellung	60 Seiten
<b>Anhang 7</b>	<b>Dokumentation der Einzelpunktberechnungen zum OWP Gennaker in der Bauphase</b>	<b>7 Seiten</b>
Anhang 7.1	Erweiterte Berechnung der Schallimmissionen nach dem modifizierten Interimsverfahren (zusammengefasste Darstellung) – Immissionsort IO 03 (beispielhaft)	4 Seiten
Anhang 7.2	Detailliertes Berechnungsprotokoll nach dem Interimsverfahren, spektrale Darstellung (zwei Standorte)	3 Seiten

#### Versionsverzeichnis

Ausgabe	Datum	Bemerkung / Grund der Änderung
Rev. 03	09.09.2022	Aussagen zu den Luftschallemission und –immissionen in der Bauphase ergänzt
Rev. 02	16.06.2022	Redaktionelle textliche Änderungen Die Anhänge 3, 4 und 6 beinhalten ausgewiesene Geschäfts- und Betriebsgeheimnisse des Herstellers / auf Basis der Herstellerangaben. Damit werden sie als vertraulich eingestuft und nur den entsprechenden Genehmigungs- und Fachbehörden bekannt gemacht. Es handelt sich um spezifische technische Details, die zur Ermittlung der im Fachgutachten dargestellten Ergebnisse erforderlich waren.
Rev. 01	19.05.2022	Berücksichtigung der Planungsänderung zum OWEA-Typ SG DD 167
	21.02.2022	Ausgangsbericht zur geplanten OWEA vom Typ SG 8.0-167 DD

## Zusammenfassung

Die Fa. OWP Gennaker GmbH hat am 15.05.2019 die Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb von 103 Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) auf Monopiles erhalten. Die bauliche und technische Konzeption zur Genehmigung des OWP (Offshore-Windpark) Gennaker basierte auf der damals noch in der Entwicklung befindlichen Turbine SWT-8.0-154 mit einer Nennleistung von 8 MW.

Die OWP Gennaker GmbH plant aufgrund der fehlenden Lieferfähigkeit der projektierten und genehmigten WEA andere, zum Umsetzungszeitpunkt lieferbare OWEA zu errichten. Daher ist eine Aktualisierung der Luftschallprognose erforderlich. Vorgesehen ist nun die Errichtung von 103 OWEA vom Typ SG DD-167.

Die OWP Gennaker GmbH beauftragte TÜV NORD Umweltschutz mit der Aktualisierung der Luftschallimmissionsprognose für die Bau- und Betriebsphase.

Berechnungsgrundlage für die Betriebsphase sind die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Schallemissionsdaten der OWEA vom Typ SG DD-167 (Herstellerangabe) und das im Laufe des abgeschlossenen Genehmigungsverfahrens zum OWP Gennaker von TÜV NORD Umweltschutz in Abstimmung mit dem StALU VP und dem LUNG MV modifizierte Interimsverfahren zur Schallausbreitungsberechnung für die Betriebsphase über große Entfernungen und über Wasser.

Die für die Schallausbreitungsberechnung verwendeten Schallemissionswerte der OWEA (Schallleistungspegel  $L_{WA}$  und Oktavfrequenzspektren) sind in Kap. 5.2 zusammengestellt.

Die Berechnungsergebnisse der Schallimmissionen in der Betriebsphase in Kap. 7.4 werden wie folgt zusammengefasst:

Bei Betrieb der geplanten 103 OWEA vom Typ SG DD-167 berechnen sich im Nachtzeitraum Beurteilungspegel von 34 – 35 dB(A) an der Nordküste der Halbinsel Darß (Immissionsort IO 01 – IO 03). Die Berechnung mit den aktuell geplanten 103 OWEA vom Typ SG 8.0-167 DD liefert um 0,2 - 0,3 dB geringfügig niedrigere Beurteilungspegel an den Immissionsorten IO 01 – IO 03 gegenüber den genehmigten OWEA vom Typ SWT-8.0-154 trotz tendenziell höherer Gesamtschallleistungspegel der OWEA (plus 0,8 dB). Ursächlich hierfür ist das hochfrequenteres Schallemissionsspektrum der OWEA vom Typ SG DD-167 gegenüber dem genehmigten Typ SWT-8.0-154 in Verbindung mit der frequenzabhängig stark ansteigenden Luftdämpfung bei den gegebenen großen Abständen.

Am Tage werden die Immissionsrichtwerte von 50 dB(A) (Immissionsorte IO 02, IO 03) und von 60 dB(A) (Immissionsort IO 01) um mehr als 10 dB(A) unterschritten.

Als maßgebende Geräuschquellen beim Bau des Offshore-Windparks werden die Rammarbeiten beim Einbringen der Fundamente betrachtet. Die Berechnungsergebnisse der Schallimmissionen in der Bauphase sind in 7.5 zusammengefasst.

Am Tage ist an den Immissionsorten auch unter ungünstigen Randbedingungen (Rammen an den küstennächsten Standorten, schallausbreitungsgünstige Wetterlage, erhöhte Rammenergie) mit einer Einhaltung des Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm zu rechnen. Aufgrund zeitlich begrenzter Rammtätigkeiten (max. 3 h pro Rammung, eine Rammung pro 24 h, d.h. bei Gleichverteilung an 56 Tagen und in 56 Nächten) und der Einhaltung der Immissionsrichtwerte kann den Geräuschen der Bautätigkeiten eine geringe Wirkintensität am Tage zugeordnet werden.

In Nächten mit Rammarbeiten unter schallausbreitungsgünstiger Wetterlage und unter Berücksichtigung von worst-case-Annahmen in Bezug auf die max. Rammenergien und Impulsfolge kann an den Immissionsorten IO 02 und IO 03 eine Überschreitung des (vorsorglichen) Immissionsrichtwertes von 35 dB(A) um bis zu 11 dB (in Abhängigkeit von dem Rammort und dem Abstand zum Immissionsort) nicht ausgeschlossen werden. Daher werden in Kap. 8 Maßnahmen für den Lärmschutz in der Bauphase geprüft. Anzumerken ist, dass die Gebietseinstufungen nach AVV Baulärm von der Gebietseinstufung nach der TA Lärm abweichen können und daher insbesondere für die maßgeblichen Immissionsorte IO 02 bzw. IO 03 eine Sonderfallprüfung durch die Genehmigungsbehörde angezeigt ist. Da die erforderliche Rammenergie sowie Impulsrate maßgeblich die Prognose beeinflussen und nach aktuellem Kenntnisstand als „worst-cases“ unterstellt wurden, kann nach Vorliegen der Ergebnisse der Baugrundhaupteckung sowie der zur Installation genutzten Rammeinrichtungen eine Optimierung geprüft werden."

Für das Schutzgut Avifauna wurde untersucht, ab welchen Entfernungen vorgegebene Schwellenwerte eingehalten werden. Die Untersuchungsergebnisse können der Rasterlärmkarte in Anhang 4 entnommen werden.

*Anmerkung: Wesentliche inhaltliche Änderungen gegenüber der Schallimmissionsprognose zum genehmigten Turbinentyp SWT-8.0-154 sind in blauer Schrift hervorgehoben.*



Dipl.-Ing. Reinhard Nagel

Sachverständige der TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG



M.Sc. Alexander Rinke

## 1 Aufgabenstellung

Die Fa. OWP Gennaker GmbH hat am 15.05.2019 die Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb von 103 Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) auf Monopiles erhalten. Die bauliche und technische Konzeption zur Genehmigung des OWP (Offshore-Windpark) Gennaker basierte auf der damals noch in der Entwicklung befindlichen Turbine SWT-8.0-154 mit einer Nennleistung von 8 MW.

Die OWP Gennaker GmbH plant aufgrund der fehlenden Lieferfähigkeit der projektierten und genehmigten WEA andere, zum Umsetzungszeitpunkt lieferbare OWEA zu errichten. Daher ist eine Aktualisierung der Luftschallprognose erforderlich. Vorgesehen ist nun die Errichtung von 103 OWEA vom Typ SG DD 167.

Die OWP Gennaker GmbH beauftragte TÜV NORD Umweltschutz mit der Aktualisierung der Luftschallimmissionsprognose für die Bau- und Betriebsphase.

Berechnungsgrundlage für die Betriebsphase sind die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Schallemissionsdaten der OWEA vom Typ SG DD-167 (Herstellerangabe) und das im Laufe des abgeschlossenen Genehmigungsverfahrens zum OWP Gennaker von TÜV NORD Umweltschutz in Abstimmung mit dem StALU VP und dem LUNG MV modifizierte Interimsverfahren zur Schallausbreitungsberechnung über große Entfernungen und über Wasser.

Der Erarbeitung der schalltechnischen Untersuchung lagen die in Kap. 10 aufgeführten vorhaben-spezifische Unterlagen /17/ - /22/ zugrunde.

## 2 Örtliche Verhältnisse und Beschreibung Planungsvarianten

Der OWP Gennaker liegt ca. 10 km nördlich Darßer Ort, ca. 15 km nördlich von Zingst / Prerow und ca. 24 km westlich der Insel Hiddensee. Die örtlichen Verhältnisse können dem Übersichtslageplan in Anhang 1.1 entnommen werden. Die maßgeblichen Immissionsorte werden aus dem abgeschlossenen Genehmigungsverfahren zum OWP Gennaker übernommen und in Kap. 7.1 beschrieben.

Tabelle 1: Übersicht Planungsvarianten

Layout	WEA-Typ	Nennleistung [kW]	Nabenhöhe [m]	Anzahl	Windgeschwindigkeit bei 95 % Nennleistung [m/s]	
					Nabenhöhe	10 m ü. Grund
"2016" Genehmigte Ausgangsvariante	SWT-8.0-154	8400	98	103	12,8	8,9
"0"	SG DD-167	8600 + 400 Power Boost	104,5	103	12,3	8,5

Die Lage und Koordinaten der geplanten OWEA können den Anhängen 2 und 6 entnommen werden.

### 3 Vorgehensweise und Untersuchungsmethodik

Zur Untersuchung der Auswirkungen auf den Menschen und die Avifauna ist eine Betrachtung der Luftschallemissionen und Luftschallimmissionen erforderlich.

Die Schallemissionen der OWEA, die die maßgeblichen Schallquellen in der Betriebsphase sind, werden aus Herstellerangaben unter Berücksichtigung von Sicherheitszuschlägen abgeleitet.

Die Schallemissionen und Schallimmissionen der Umspannplattformen und des vorhandenen OWP Baltic 1 werden aus der Luftschallimmissionsprognose /21/ übernommen.

Aufgrund der besonderen Schallausbreitung über sehr große Entfernungen und über Wasser wird die Schallausbreitungsberechnung nach einem mit dem Landesamt für Umweltschutz, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG) abgestimmten modifizierten Interimsverfahren durchgeführt.

Die Beurteilung der Geräuschimmissionen für das Schutzgut Mensch erfolgt für die nördliche Küste der Halbinsel Darß für die Betriebsphase entsprechend der TA Lärm an 3 ausgewählten Immissionsorten als Einzelpunktberechnung. [Die Beurteilungspegel der aktuellen Planungsvariante mit 103 OWEA vom Typ SG DD-167 werden mit den in /21/ aufgeführten Beurteilungspegel der genehmigten OWEA vom Typ SWT-8.0-154 verglichen.](#)

Für das Schutzgut Avifauna wird untersucht, ab welchen Entfernungen Schwellenwerte eingehalten werden.

## 4 Beurteilungsgrundlagen Luftschall

### 4.1 Beurteilungsgrundlagen Luftschall in der Betriebsphase: Schutzgut Mensch – TA Lärm

Beim Betrieb von technischen Anlagen ist dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche gemäß dem Vorsorgegrundsatz Rechnung zu tragen. Die Grundsätze zur Beurteilung der Geräusche für technische Anlagen sind in der TA Lärm /2/ dargelegt.

Der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche ist nach der TA Lärm vorbehaltlich einiger Sonderregelungen sichergestellt, wenn die Gesamtbelastung durch Gewerbelärm am maßgeblichen Immissionsort die Immissionsrichtwerte nicht überschreitet. Die Gesamtbelastung ist die Belastung, welche durch alle technischen Anlagen hervorgerufen wird. Sie beinhaltet die Vorbelastung durch Anlagen vor Errichtung einer neu zu beurteilenden Anlage sowie die durch diese Anlage hervorgerufene Zusatzbelastung.

Zum Einwirkungsbereich einer Anlage werden die Flächen gerechnet, in denen die Geräusche einer Anlage Beurteilungspegel verursachen, welche weniger als 10 dB(A) unter den geltenden Immissionsrichtwerten liegen (Pkt. 2.2 der TA Lärm).

Nach Punkt 3.2.1 TA Lärm darf in der Regel auch bei Überschreitung der Immissionsrichtwerte aufgrund der Vorbelastung die Genehmigung einer neuen Anlage nicht versagt werden, wenn die von der zu beurteilenden Anlage ausgehende Zusatzbelastung die Immissionsrichtwerte am maßgeblichen Immissionsort um mindestens 6 dB(A) unterschreitet.

### **Beurteilungspegel und -zeiten**

Die Beurteilung der Geräuschimmissionen erfolgt nach der TA Lärm anhand von Beurteilungspegeln. Der Beurteilungspegel ist der Wert zur Kennzeichnung der mittleren Geräuschbelastung während der Beurteilungszeit. Sie sind auf die Beurteilungszeit für die Tages- und Nachtzeit zu beziehen. Als Bezugszeitraum für die Tageszeit gilt der Zeitraum von 06:00 bis 22:00 Uhr. Maßgebend für die Beurteilung der Nacht ist die volle Nachtstunde mit dem höchsten Beurteilungspegel, zu dem die zu beurteilende Anlage relevant beiträgt.

### **Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit**

Für die Teilzeiten, in denen in den zu beurteilenden Geräuschimmissionen ein oder mehrere Töne hervortreten oder in denen das Geräusch informationshaltig ist, ist je nach Auffälligkeit ein Zuschlag von 3 oder 6 dB anzusetzen. Falls Erfahrungswerte von vergleichbaren Anlagen vorliegen, ist von diesen auszugehen. Die Tonhaltigkeit eines Geräusches kann auch messtechnisch bestimmt werden (DIN 45 681).

### **Zuschlag für Impulshaltigkeit**

Bei Prognosen ist für die Teilzeiten, in denen das zu beurteilende Geräusch Impulse enthält, je nach Störwirkung ein Zuschlag von 3 oder 6 dB anzusetzen. Falls Erfahrungswerte von vergleichbaren Anlagen vorliegen, ist von diesen auszugehen.

Bei Geräuschimmissionsmessungen ergibt sich der Impulzzuschlag  $K_I$  für die jeweilige Teilzeit aus der Differenz der nach dem Takt-Maximalpegelverfahren gemessenen Mittelungspegel und den äquivalenten Dauerschallpegeln:

$$K_I = L_{AFTeq} - L_{Aeq} \quad [dB].$$

### **Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit (Ruhezeitzuschlag)**

Für folgende Zeiten ist in Wohngebieten, Kleinsiedlungsgebieten sowie in Gebieten mit höherer Schutzbedürftigkeit bei der Ermittlung des Beurteilungspegels die erhöhte Störwirkung von Geräuschen durch einen Zuschlag von 6 dB zu berücksichtigen:

an Werktagen:	06 - 07 Uhr, 20 - 22 Uhr
an Sonn- und Feiertagen:	06 – 09 Uhr, 13 - 15 Uhr, 20 - 22 Uhr.

### **Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden und kurzzeitige Geräuschspitzen**

Nach der TA Lärm ist von einem bestimmungsgemäßen Betrieb an einem mittleren Spitzentag auszugehen, der an mindestens 11 Tagen im Jahr erreicht wird. Die Immissionsrichtwerte (IRW) für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionswerte nur begrenzt überschreiten. Die maximal zulässigen Schalldruckpegel sind ebenfalls in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Immissionsrichtwerte TA Lärm außerhalb von Gebäuden für bestimmungsgemäßen Anlagenbetrieb

bauliche Nutzung	Immissionsrichtwert [dB(A)]		kurzzeitige Geräuschspitzen [dB(A)]	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Industriegebiete	70	70	100	90
Gewerbegebiete	65	50	95	70
Urbane Gebiete	63	45	93	65
Kern-, Dorf- und Mischgebiete	60	45	90	65
allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete	55	40	85	60
reine Wohngebiete	50	35	80	55
Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45	35	75	55

#### 4.2 Beurteilungsgrundlagen Luftschall in der Bauphase: Schutzgut Mensch – AVV Baulärm

Baustellen, Baulagerplätze und Baumaschinen sind nicht genehmigungsbedürftige Anlagen im Sinne des § 3 Abs. 5 BImSchG.

Gemäß § 22 Abs. 1 BImSchG müssen nicht genehmigungsbedürftige Anlagen (hier Baustellen) so betrieben werden, dass:

Nr. 1: schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind,

Nr. 2: nach dem Stand der Technik unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden [...].

Den Begriff der "schädlichen Umwelteinwirkung" definiert das BImSchG in § 3 Abs. 1 selbst und zwar als "Immissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen." Die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen – vom 19. August 1970 (AVV-Baulärm) ist nach § 66 Abs. 2 BImSchG bis zum Inkrafttreten von entsprechenden Rechtsverordnungen oder allgemeinen Verwaltungsvorschriften nach dem BImSchG maßgebend. In der AVV Baulärm werden in Abschnitt 3.1.1 in Abhängigkeit von der Gebietsnutzung Immissionsrichtwerte genannt (fachplanerische Zumutbarkeitsschwelle im Sinne von § 74 Abs. 2 Satz 2 VwVfG). Keine schädlichen Umwelteinwirkungen sind regelmäßig zu unterstellen, wenn die Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm eingehalten werden. Die AVV Baulärm ist folglich als Konkretisierung der Schädlichkeits- oder Erheblichkeitsschwelle i.S. von § 3 I BImSchG geeignet (Vgl. VG München, Beschl. v. 24. 2. 2005 - M 2 E 05.715, juris; Ur. v. 7. 11. 2005 - M 8 K 05.1908, juris, sowie Beschl. v. 28. 9. 2004 - M 8 04.4533, juris.).

Die Beurteilung der Geräuschimmissionen erfolgt anhand von Beurteilungspegeln. Der Beurteilungspegel ist der Wert zur Kennzeichnung der mittleren Geräuschbelastung während der Beurteilungszeit. Der Beurteilungspegel wird aus dem Mittelungspegel gebildet, wobei Zuschläge für Tonhaltigkeit und Impulshaltigkeit berücksichtigt werden.

Entsprechend der AVV Baulärm gilt die Zeit von 07.00 bis 20.00 Uhr als Tageszeit und die Zeit von 20.00 bis 07.00 Uhr als Nachtzeit. Die Richtwerte nach der AVV Baulärm und die Besonderheiten der AVV Baulärm für die Ermittlung der Beurteilungspegel sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3: Immissionsrichtwerte (IRW) für Immissionsorte nach AVV Baulärm

Gebiete	IRW [dB(A)]	
	Tag	Nacht
a) Gebiete in denen nur gewerbliche oder industrielle Anlagen und Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind.	70	70
b) Gebiete in denen vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind.	65	50
c) Gebiete mit gewerblichen Anlagen und Wohnungen, in denen weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind.	60	45
d) Gebiete in denen vorwiegend Wohnungen untergebracht sind.	55	40
e) Gebiete in denen ausschließlich Wohnungen untergebracht sind.	50	35
f) Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45	35
Spitzenpegel	-	+ 20
<b>Besonderheiten Baulärm</b>		
Zeitkorrektur des Beurteilungspegels aufgrund der Einwirkdauer		
Einwirkzeit Tag: ≤ 2,5 h	Nacht: ≤ 2,0 h	- 10
2,5 – 8,0 h	2,0 – 6,0 h	- 5
≥ 8,0 h	≥ 6,0 h	0

Die ermittelten Beurteilungspegel werden mit den Immissionsrichtwerten für die entsprechende Gebietseinstufung verglichen. Maßnahmen zur Minderung der Geräuschemissionen sind zu prüfen bzw. ergreifen, wenn der Immissionsrichtwert überschritten wird.

In Betracht kommen Maßnahmen zur Einrichtung der Baustelle, Maßnahmen an den Baumaschinen, die Verwendung geräuscharmer Baumaschinen, die Anwendung geräuscharmer Bauverfahren sowie die Beschränkung der Betriebszeit lautstarker Baumaschinen.

### 4.3 Schutzgut Avifauna

Zur Beurteilung der durch die Bau- und Betriebsphase des Windparks hervorgerufenen Geräuschemissionen werden die Hinweise der „Arbeitshilfe Vögel und Straßenverkehr“ des Kieler Instituts für Landschaftsökologie /5/ herangezogen. Diese Untersuchung betrachtet als Lärmart den Straßenverkehrslärm. Er wird als repräsentativ für Dauerlärm eingeschätzt. Dauerlärm führt zu einer dauerhaften Maskierung der Geräusche der Vögel. Hierzu gehört auch der Dauerlärm von Industrie- und Gewerbeanlagen. Dem Dauerlärm ist der Betrieb der Windenergieanlagen zuzurechnen.

Die Wirkungsprognose wird auf der Grundlage des kritischen Schallpegels durchgeführt. Der kritische Schallpegel ist der Mittelungspegel (als Repräsentanz für gleichmäßigen Hintergrundlärm), dessen Überschreitung eine ökologisch relevante Einschränkung der akustischen Kommunikation (zur Partnerfindung, zur Kontaktkommunikation bzw. zur Gefahrenwahrnehmung) nach sich ziehen kann. Dies führt zur Einschränkung wesentlicher Lebensfunktionen von Brutvogelarten.

Für Arten mit hoher Lärmempfindlichkeit wurden Grenzisophonen festgelegt, bei denen je nach Vogelart eine 50- bis 100-prozentige Abnahme der Habitataignung im Lebensraum festgestellt wurde. Je nach Art der Einschränkung wurden die Tageszeiträume und die Höhen der zu betrachtenden Immissionsorte ermittelt. Die wesentlichen Eckwerte zur Minderung der Lebensraumeignung sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4: Eckwerte der Minderung der Lebensraumeignung

Höhe der Immissionsorte	relevanter Zeitraum	Abnahme Habitataignung	
		bis zur Grenzisophone	um
1 m	Tag	52 dB(A)	50 – 100 %
10 m	Tag	52 dB(A)	50 – 100 %
	Nacht	47 dB(A)	50 – 100 %

## 5 Schallemissionswerte der Betriebsphase

### 5.1 Zugrunde gelegte Betriebsbedingungen

Für die Berechnungen wird ein durchgängiger Betrieb der OWEA mit 95 % der Nennleistung im Tag- und Nachtzeitraum angenommen.

### 5.2 Schallemissionen der geplanten OWEA des OWP Gennaker

Zu dem geplanten OWEA-Anlagentyp liegen Herstellerspezifikationen zur Leistungskurve (elektrische Leistung in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $P_{el} = f(v_{wind})$ ) und zum Schalleistungspegel in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit vor. Die zur Verfügung gestellten vertraulichen Datenblätter des Herstellers sind diesem Bericht als **vertraulicher Anhang 3** beigelegt. Die vertraulichen Daten in Anhang 3, 4 und 6.4 werden ausschließlich den Genehmigungs- und Fachbehörden zur Verfügung gestellt.

Der Hersteller nennt typische Schalleistungspegel für eine Offshore Windenergieanlage des Typs SG DD-167 einschließlich Power Boost für eine Nabenhöhe von 104,5 m (siehe Anhang 3).

Zur genehmigten OWEA SWT-8.0-154 liegt eine Herstellerbestätigung vor, dass in dem Schalleistungspegel von 115 dB(A) bereits herstellerseitig ein Sicherheitszuschlag von 2 dB(A) enthalten ist. Für den Typ SG DD-167 liegt eine entsprechende Herstellerbestätigung nicht vor.

Der A-bewertete Schalleistungspegel der OWEA vom Typ SG-DD 167 wird wesentlich durch die Schallemissionen im Frequenzbereich  $\geq 500$  Hz bestimmt. Dieser Frequenzbereich ist aufgrund der erhöhten Luftdämpfung jedoch nicht immissionsrelevant. Sicherheitszuschläge auf dem Gesamt-Schalleistungspegel sind in diesem Fall entsprechend nicht immissionsrelevant. Aufgrund der fre-

quenzabhängigen Immissionsrelevanz der Oktavschalleistungspegel werden in der Schallausbreitungsberechnung ebenfalls frequenzabhängige Sicherheitszuschläge berücksichtigt. Die Herleitung der frequenzabhängigen Oktavschalleistungspegel und des Gesamtschalleistungspegels für die Schallausbreitungsberechnung auf der Grundlage der vertraulichen Herstellerangaben ist aus Anhang 4 zu ersehen. Unter Berücksichtigung der frequenzabhängigen Sicherheitszuschläge ergibt sich ein Gesamtschalleistungspegel (Rechenwert) für den OWEA-Typ von  $L_{WA} = 115,8$  dB(A). Der Schalleistungspegel gilt für eine Windgeschwindigkeit von 7 – 10 m/s bezogen auf eine Referenzhöhe von 10 m über Grund. Dieser Wert liegt geringfügig über dem vom gleichen Hersteller für die genehmigte OWEA SWT-8.0-154 genannten Schalleistungspegel von  $L_{WA} = 115$  dB(A).

Die nachfolgenden Tabellen fassen die Schallemissionswerte der OWEA-Typen zusammen:

Tabelle 5: Übersicht Schalleistungspegel der OWEA-Typen bei 95% der Nennleistung („typische“ bzw. zu „erwartende“ Schalleistungspegel)

Layout	WEA-Typ	Nennleistung [MW]	Anzahl	$L_{WA}$ [dB(A)]	
				je OWEA	alle OWEA zusammen
"2016" Genehmigte Ausgangsvariante	SWT-8.0-154	8400	103	115 <sup>1)</sup>	135,1 <sup>1)</sup>
"0"	SG DD-167	8600 + 400 Power Boost	103	115,8 <sup>2)</sup>	135,9 <sup>2)</sup>

1) einschließlich Sicherheitszuschlag des Herstellers, siehe /22/

2) einschließlich frequenzabhängigen Sicherheitszuschlag, siehe Anhang 4

### 5.3 Schallemissionen der Umspannplattformen (USP)

Auf zwei Umspannplattformen wird die elektrische Leistung der OWEA zur Weiterleitung an Land auf ein höheres Spannungsniveau transformiert.

Als maßgebliche Schallquelle der Umspannplattformen werden die Kühlanlagen der Konverter eingestuft.

Schallmessungen an vergleichbaren Anlagen zur Rückumwandlung in Wechselstrom onshore mit eingehausten Transformatoren ergaben Schalleistungspegel in der Größenordnung zwischen 100 und 105 dB(A).

Da bei den onshore Umspannanlagen aufgrund der geringeren Abstände zur schutzbedürftigen Wohnbebauung ein höherer Schallschutzstandard erforderlich ist als bei der offshore Umspannplattform, wird im Sinne einer konservativen Abschätzung den Berechnungen ein Schalleistungspegel von je 113 dB(A) für die offshore-Umspannplattformen zugrunde gelegt. Der konservativ angesetzte Schalleistungspegel für die beiden Umspannplattformen ist im Vergleich mit den Emissionen der OWEA (Summenschalleistungspegel hier  $L_{WA} = 135,9$  dB(A)) vernachlässigbar. Eine Verminderung des Schalleistungspegels der offshore-Umspannplattformen auf jeweils weniger als 113 dB(A) hat damit keine Auswirkungen auf die Gesamtschallemissionen und Immissionen des Offshore-Windparks

Für die offshore Umspannplattform wird folgender frequenzabhängige Schalleistungspegel zugrunde gelegt:

Tabelle 6: Oktavschalleistungspegel der offshore-Umspannplattform (2 x)

	Oktavpegel								Summe
	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	
<b>A-bewertete Oktav-Schalleistungspegel (Rechenwert)</b>	98	101	105	108	107	104	97	89	113

#### 5.4 Schallemissionen des Schiffsverkehrs

Die Geräuschemissionen des Schiffsverkehrs sind während der Betriebsphase (in Verbindung mit Wartungsarbeiten) von untergeordneter Bedeutung und bleiben bei der Berechnung der Schallimmissionen unberücksichtigt.

#### 5.5 Schallemissionen des vorhandenen OWP EnBW Balic 1

Die Schallemissionen und Schallimmissionen des vorhandenen OWP EnBW Baltic 1 werden aus dem schalltechnischen Dokument /21/ übernommen.

Für die 21 OWEA des vorhandenen OWP „EnBW Balic 1“ wird ein Gesamtschalleistungspegel  $L_{WA} = 105 \text{ dB(A)} + 2 \text{ dB} + 10 \log(21) \text{ dB} = 120,2 \text{ dB(A)}$ . angesetzt. Für die Schallausbreitungsrechnung wird das in /7/ dokumentierte Referenzspektrum des Schalleistungspegels verwendet.

## 6 Schallemissionswerte der Bauphase

Als maßgebende Geräuschquellen beim Bau des Offshore-Windparks werden die Rammarbeiten beim Einbringen der Fundamente betrachtet.

Nach dem derzeitigen Planungsstand sollen auf der OWP-Fläche 103 OWEA auf Monopiles sowie zwei Umspannstationen auf einer Jacket-Konstruktion errichtet werden.

Die Gründungsarbeiten für die einzelnen OWEA werden nacheinander durchgeführt, d.h. es finden keine parallelen Rammungen an unterschiedlichen OWEA-Standorten statt.

Die Vor- und Nacharbeiten für den Rammprozess gliedern sich zeitlich in etwa wie folgt:

- Positionieren und Vorbereitung der Rammung ca. 8 h / Monopile
- Rammen (Softstart mit reduzierter Rammenergie, Impulsfolge; danach erhöhte Rammenergie, Impulsfolge): ca. 0,3 h / Monopile
- Rammen (erhöhte Rammenergie, Impulsfolge): ca. 2,2 h / Monopile
- Nacharbeiten: ca. 1 h / Monopile
- **Gesamtdauer:** **ca. 11,5 h / Monopile**

Die maximale Rammdauer ist auf 3 Stunden je Monopile begrenzt.

In der Hydroschallprognose /23/ wird die erforderliche Rammenergie beim Einbringen der Monopiles mit 2000 kJ angegeben. Die Hydroschallprognose dokumentiert auch worst-case-Betrachtungen mit 3000 kJ. Die Luftschallprognose wird deshalb für Rammenergien von max. 2000 kJ und max. 3000

kJ durchgeführt. Die Impulsfolge der Rammschläge wird mit ca. 1,9 s (32 Schläge pro Minute) ebenfalls konservativ angenommen. Eine Konkretisierung dieser Annahmen kann erst im weiteren Projektverlauf nach Vorliegen entsprechender Daten zur Bodenbeschaffenheit und Rammeinrichtung erfolgen.

Aus schalltechnischen Untersuchungen /12/, /14/ zu den Luftschallemissionen und –immissionen von Rammarbeiten an OWP können mittlere Schalleistungspegel von ca. 136 – 138 dB(A) für die Rammarbeiten abgeleitet werden. Bei diesen Emissionswerten ist zu berücksichtigen, dass die Rammarbeiten mit deutlich geringeren Rammenergien (z. B. bei Jacket-Konstruktionen mit  $\leq 1200$  kJ) erfolgten und die Impulsfrequenz nicht dokumentiert wurde.

Im technischen Bericht /15/ werden für das Einbringen von Monopiles mit einem Durchmesser von 8,5 m folgende Schalleistungspegel genannt:  $L_{WA} = 139$  dB(A) [als 1 min Kurzzeit-Mittelungspegel] und  $L_{WAmax} = 151$  dB(A). Der dort nicht dokumentierte mittlere Maximalschalleistungspegel liegt unterhalb des Maximalschalleistungspegels  $L_{WAmax}$ . Darüber hinaus liegt ein Messbericht von einer Proberammung onshore mit einer Hydraulikramme mit Rammenergien vom 350 - 3500 KJ vor. Aus diesen Unterlagen werden folgende Kennwerte für die Schallausbreitungsberechnung abgeleitet:

Tabelle 7: Schallemissionskennwerte der Rammarbeiten (Eingangsdaten für die Schallausbreitungsberechnung)

Kenngröße	Wert	
Maximale Rammenergie	2000 kJ	3000 kJ
mittlere Rammenergie, bezogen auf eine max. 3 stündige Rammdauer	$\leq 1500$ kJ	$\leq 2250$ kJ
Impulsfolge	1,9 s (32 Schläge / min)	1,9 s (32 Schläge / min)
mittlere Schalleistungspegel $L_{WA}$ bezogen auf eine max. 3 stündige Rammdauer	141 dB(A)	143 dB(A)
Mittlere Maximalschalleistungspegel $L_{WAFmax}$	149 dB(A)	150 dB(A)
Impulszuschlag $K_i$ im Nahbereich der Rammarbeiten (offshore)	7 dB	7 dB

Der über die 13 stündige Tageszeit (07 – 20 Uhr) bzw. die 11 stündige Nachtzeit (20 – 07 Uhr) gemittelte Schalleistungspegel beträgt 135 – 137 dB(A).

Für die Schallausbreitungsberechnung wird folgendes relatives A-bewertete Oktavpegelspektrum angesetzt.

Tabelle 8: A-Bewertetes Relativspektrum Rammarbeiten

	Oktavpegel								Summe
	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	
Relativspektrum Rammarbeiten	-24,8	-15,4	-8,3	-4,2	-4,7	-11,8	-15,1	-24,8	0

## 7 Berechnung und Beurteilung der Schallimmissionen

### 7.1 Immissionsorte

Die Beurteilung der Schallimmissionen erfolgt auf der Grundlage von Einzelpunktberechnung für insgesamt drei exemplarisch ausgewählte Immissionsorte auf der Halbinsel Darß, die aus dem vorangegangenen, abgeschlossenen Genehmigungsverfahren übernommen wurden. Die Einstufung der Schutzbedürftigkeit und die Immissionsrichtwerte sind in /21/ zusammengestellt.

Die wesentlichen Daten zur Charakteristik der Immissionsorte sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

Tabelle 9: Charakteristik der Immissionsorte, Übernahme der Immissionsrichtwerte für die Betriebsphase aus dem früheren, abgeschlossenen Genehmigungsverfahren

Kriterien	Daten zu den Immissionsorten		
	IO 01	IO 02	IO 03
Nutzung	Leuchtturm (Bestand)	Hotel und ein Wohnhaus (B-Plan)	Camping (Bestand)
Ausweisung Flächennutzungsplan	Wald / LSG	SO Hotel	keine
Ausweisung Bebauungsplan	-	WR	-
Immissionsrichtwert Nachtzeitraum (Betriebsphase)	45 dB(A)	35 dB(A)	35 dB(A) (Vorsorge Sonderfall)
Immissionsrichtwert Tageszeitraum (Betriebsphase)	60 dB(A)	50 dB(A)	50 dB(A)

Anzumerken ist, dass die Gebietseinstufungen nach AVV Baulärm von der Gebietseinstufung nach der TA Lärm abweichen können.

Der Immissionsort IO 02 entspricht mit seiner Gebietseinstufung nach TA Lärm (Reines Wohngebiet WR) nicht der Einstufung nach AVV Baulärm (Gebiete in denen ausschließlich Wohnungen untergebracht sind). Die AVV Baulärm nennt keine Immissionsrichtwerte für Campingplätze (hier IO 03). Diesbezüglich ist eine Sonderfallprüfung durch die Genehmigungsbehörde angezeigt.

## 7.2 Berechnungsverfahren

Gemäß Nr. A2.3 der TA Lärm ist die Schallausbreitungsberechnung als detaillierte Schallimmissionsprognose nach der DIN ISO 9613-2 /4/ durchzuführen. Die DIN ISO 9613-2 gilt für die Berechnung der Schallausbreitung bei bodennahen Quellen (bis 30 m mittlere Höhe zwischen Quelle und Empfänger). Zur Anpassung des Prognoseverfahrens auf hoch liegende Quellen hat der Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) auf Basis neuerer Untersuchungsergebnisse ein Interimsverfahren /8/ veröffentlicht. Es wurde aufgrund von messtechnischen Untersuchungen an Windkraftanlagen im Abstandsbereich von ca. 1 km entwickelt /9/. Die wesentliche Modifizierung des Schemas der DIN ISO 9613-2 besteht darin, dass die Dämpfung aufgrund des Bodeneffektes  $A_{gr}$  zu  $-3$  dB gesetzt wird.

Das Interimsverfahren berücksichtigt jedoch nicht die besonderen Bedingungen für die Schallausbreitung über Wasser über große Entfernungen.

Für die Schallausbreitung über Wasser und schallausbreitungsbegünstigender downwind-Wetterlage können multiple Reflexionen / Beugungen an der oberen Luftschicht auftreten (auch als Zylinderwellenausbreitung bezeichnet). Damit sinkt die geometrische Ausbreitungsdämpfung von 6 dB je Abstandsverdopplung (Kugelwellenausbreitung) auf 3 dB pro Abstandsverdopplung. Nach /10/ (page 30) beginnt dieser Effekt bei 1 – 2 km für kleine OWEA (Nabenhöhe 30 m) und bei nicht unter 5 km für hohe Windenergieanlagen (Nabenhöhe 100 m).

Daher wird ein für ein vergleichbares Projekt entwickeltes und mit dem LUNG abgestimmten modifiziertes Interimsverfahren für die Schallausbreitungsberechnung angewendet.

Der von einer OWEA hervorgerufene Schallimmissionspegel  $L_{AT}(LT)$  (Langzeit-Mittelungspegel) in einem Abstand  $s$  berechnet sich damit wie folgt:

$$L_{AT}(LT) = L_W + A_{div} + A_{gr} + A_{atm} + A_{bar} + \Delta A_{div} + C_{met}$$

$L_W$ : Schalleistungspegel:

Eingangsdaten sind die Schalleistungspegel in Oktavbandbreite im Oktavfrequenzbereich 63 Hz – 8000 Hz.

$A_{div}$ : Geometrische Ausbreitungsdämpfung nach DIN ISO 9613-2:

Die geometrische Ausbreitungsdämpfung nach DIN ISO 9613-2 beträgt 6 dB je Abstandsverdopplung.

$A_{gr}$ : Bodendämpfung nach dem Interimsverfahren, hier  $A_{gr} = -3$  dB

Nach dem Interimsverfahren ist die Bodendämpfung negativ und beträgt  $-3$  dB. Sie berücksichtigt die ungedämpfte Bodenreflexion für hochliegende Quellen.

$A_{atm}$ : Luftdämpfung nach DIN ISO 9613-2

Die Luftdämpfung  $A_{atm}$  wird entsprechend dem Interimsverfahren für eine Temperatur von  $10^\circ\text{C}$  und eine relative Feuchte von 70 % berechnet.

$A_{bar}$ : Dämpfung aufgrund von Abschirmung nach DIN ISO 9613-2, hier  $A_{bar} = 0$  dB

Die Schallimmissionen werden unter der Annahme freier Schallausbreitung von den Schallquellen zu den Immissionsorten berechnet.

$\Delta A_{\text{div}}$ : Korrektur der geometrischen Ausbreitungsdämpfung (Modifikation des Interimsverfahrens)

Im vorliegenden Fall mit hohen OWEA (pegelbestimmende Quellen der Offshore-Windenergieanlagen Gennaker) wird die verminderte geometrische Ausbreitungsdämpfung für große Abstände  $s$  durch einen Pegelzuschlag berücksichtigt.

$$\Delta A_{\text{div}} = 0 \text{ dB für } s < s_0$$

$$\Delta A_{\text{div}} = 10 \cdot \log(s/s_0) \text{ dB für } s \geq s_0$$

$s_0$ : Abstand für den Übergang von einer Pegelabnahme von 6 dB je Abstandsverdopplung auf 3 dB je Abstandsverdopplung

Mit dieser Modifikation vermindert sich bei der Schallausbreitungsberechnung über große Entfernungen (hier durchschnittlich ca. 18 - 19 km) die geometrische Pegelabnahme je Abstandsverdopplung auf 3 dB.

In einer Abstimmung zwischen TÜV NORD und LUNG zu einem vergleichbaren OWP-Projekt wurde der kennzeichnende Abstand  $s_0$  für den Übergang von einer Pegelabnahme von 6 dB je Abstandsverdopplung auf 3 dB je Abstandsverdopplung für hoch liegende Quellen der OWEA mit  $s_0 = 3500 \text{ m}$  festgelegt.

Die Rammarbeiten in der Bauphase sind jedoch keine hochliegenden Schallquellen. Daher wird für die Rammarbeiten der kennzeichnende Abstand  $s_0 = 1000 \text{ m}$  gewählt.

$C_{\text{met}}$ : Meteorologische Korrektur, hier  $C_{\text{met}} = 0 \text{ dB}$ :

Nach dem Interimsverfahren, das aus Messungen an Onshore-WEA im Abstandsbereich von ca. 1 km entwickelt wurde, wird die meteorologische Korrektur nicht berücksichtigt ( $C_{\text{met}} = 0 \text{ dB}$ ).

Grundsätzlich ist anzumerken, dass für sehr große Abstände und Schallausbreitung über Wasser eine schallausbreitungsgünstige downwind-Wetterlage nur an einzelnen Tagen und Nächten im Langzeitmittel vorliegt. In /11/ sind die Messergebnisse einer Langzeitmessung zur Schallausbreitung über 9,7 km Wasseroberfläche in der Ostsee dokumentiert. Danach beträgt die Differenz der geometrischen Ausbreitungsdämpfung zwischen dem Langzeitmittel und einer schallausbreitungsgünstigen Wetterlage 4 - 5 dB im Frequenzbereich 80 Hz, 200 Hz und 400 Hz. Die Differenz von 4 - 5 dB(A) entspricht der meteorologischen Korrektur für die Langzeitschallausbreitungsbedingung.

Im Sinne einer konservativen Schallausbreitungsberechnung wurde in einer Abstimmung zwischen TÜV NORD und LUNG zu einem vergleichbaren OWP-Projekt die meteorologische Korrektur  $C_{\text{met}}$  auch für sehr große Abstände mit  $C_{\text{met}} = 0 \text{ dB}$  festgelegt.

Da die Schallimmissionen aufgrund der meteorologisch bedingt schwankenden Schallausbreitungsbedingungen einer deutlich größeren Schwankungsbreite unterliegen, werden die Schallimmissionen für die zeitlich begrenzte Bauphase auch für eine durchschnittliche (d.h. nicht schallausbreitungsgünstige) Wetterlage berechnet. Eine exemplarische Auswertung der Windrichtungsverteilung der Wetterstation Rostock-Warnemünde für den Zeitraum Oktober 2020 – Mai 2021 hat ergeben, dass bei den geplanten Rammarbeiten (bis auf 11 OWEA finden alle Rammungen vor Juni bzw. nach September statt) mit einer Wahrscheinlichkeit von weniger als 50 % keine schallausbreitungsgünstige Wetterlage (Mitwindwetterlage mit einem erweiterten Mitwindsektor von +/- 60°) zu erwarten ist. Für durchschnittliche (nicht schallausbreitungsgünstige) Wetterlagen wird eine zusätzliche

Ausbreitungsminderung von 4 dB bei 13 km und von 8 dB bei 25 km Abstand angesetzt.

Bei der Einzelpunktberechnung werden die Schallausbreitungsterme  $A_{div}$ ,  $A_{gr}$ , und  $A_{atm}$  mit der Ausbreitungssoftware CadnaA, Vers. 2022 der Fa. Datakustik GmbH mit Oktavspektren im Frequenzbereich 31,5 / 63 Hz bis 8000 Hz berechnet und anschließend um die Modifikation  $\Delta A_{div}$  erweitert.

### 7.3 Aussagen zur Schallvorbelastung

Die Schallvorbelastung durch den OWP EnBW Balic 1 ist in den Schallemissionsansätzen in Kap. 5 und den Schallimmissionspegeln in Kap. 7.4 berücksichtigt.

Im ursprünglichen Genehmigungsverfahren wurde in einer Sonderfallprüfung bei Anwendung des in Kap. 7.2 beschriebenen konservativen Berechnungsverfahrens eine ggf. vorhandene weitere Schallvorbelastung nicht berücksichtigt.

Entsprechend dem Vorgehen im abgeschlossenen Genehmigungsverfahren (2017) entfällt in dieser schalltechnischen Untersuchung ebenfalls eine weitergehende Schallvorbelastungsbetrachtung.

### 7.4 Beurteilung der Schallimmission in der Betriebsphase an der Nordküste der Halbinsel Darß

Die Kennwerte der Einzelpunktberechnung für die ausgewählten Immissionsorte im maßgeblichen Nachtzeitraum sind in Anhang 6 dokumentiert. Die berechneten Beurteilungspegel im Nachtzeitraum sind in der nachfolgenden [Tabelle 10](#) zusammengestellt.

**Tabelle 10:** Beurteilungspegel  $L_r$  der OWEA des OWP Gennaker an den Immissionsorten IO 01 – IO 03, berechnet nach dem modifizierten Interimsverfahren – Nachtzeit – und Vergleich mit den Immissionsrichtwerten der TA Lärm  
(Klammerwerte: Rechenwerte nach dem nicht modifizierten Interimsverfahren)

Variante	Layout	WEA-Typ	Anzahl	Beurteilungspegel $L_r$ nachts [dB(A)]		
				IO 01	IO 02	IO 03
V00	"2016" Genehmigte Ausgangsvariante	SWT-8.0-154	103	34,8 (28,4) 1)	33,7 (26,6) 1)	34,1 (27,1) 1)
V02	"0"	SG DD-167	103	34,5 (28,1)	33,5 (26,5)	33,8 (27,0)
Immissionsrichtwert nachts				45	35	35

1) siehe /21/

Bei Betrieb der geplanten 103 OWEA vom Typ SG DD-167 berechnen sich im Nachtzeitraum Beurteilungspegel von 34 – 35 dB(A) an der Nordküste der Halbinsel Darß (Immissionsort IO 01 – IO 03). Die Berechnung mit den aktuell geplanten 103 OWEA vom Typ SG DD-167 liefert um 0,2 - 0,3 dB geringfügig niedrigere Beurteilungspegel an den Immissionsorten IO 01 – IO 03 gegenüber den genehmigten OWEA vom Typ SWT-8.0-154 trotz tendenziell höheren Gesamtschalleistungspegel der OWEA (plus 0,8 dB). Ursächlich hierfür sind die hochfrequenten Schallemissionsspektren der

OWEA vom Typ SG DD-167 gegenüber dem genehmigten Typ SWT-8.0-154 in Verbindung mit der frequenzabhängig stark ansteigenden Luftdämpfung bei den gegebenen großen Abständen.

Vergleich der Beurteilungspegel mit den Immissionsrichtwerten im Nachtzeitraum:

Die ermittelten Beurteilungspegel unterschreiten die Immissionsrichtwerte an den Immissionsorten IO 01 – IO 03 um gerundet 1 – 10 dB.

Vergleich der Beurteilungspegel mit den Immissionsrichtwerten am Tage:

Bei der Beurteilung der Schallimmissionen am Tage ist an den Immissionsorten IO 02 und IO 03 der Ruhezeitzuschlag nach Ziffer 6.5 TA Lärm für die Geräuscheinwirkung in den Ruhezeiten (an Sonn- und Feiertagen von 06 – 09 Uhr, 13 – 15 Uhr und 20 – 22 Uhr) zu berücksichtigen. Bei kontinuierlichen Nennlastbetrieb der OWEA während der 16-stündigen Tageszeit sind die Beurteilungspegel tags um 3,6 dB höher als nachts. An den Immissionsorten IO 02 – IO 03 berechnen sich danach Beurteilungspegel von gerundet 37 dB(A). Der Immissionsrichtwert von 50 dB(A) wird um mehr als 10 dB(A) unterschritten.

Am Immissionsort IO 01 (Einstufung entsprechend der Schutzbedürftigkeit als Mischgebiet) entfällt der Ruhezeitzuschlag. Am Immissionsort IO 01 stimmt der Beurteilungspegel tags mit dem Beurteilungspegel nachts überein. Der Immissionsrichtwert von 60 dB(A) entsprechend der Schutzbedürftigkeit eines MI-Gebietes wird am IO 01 am Tage um mehr als 20 dB(A) unterschritten.

**7.5 Beurteilung der Schallimmission in der Bauphase an der Nordküste der Halbinsel Darß**

Es ist zu erwarten, dass die Schallimmissionen während der Rammarbeiten bei ungünstigen Bedingungen (in Zeiten mit geringen Fremdgeräuschpegeln, Rammen an den küstennächsten Standorten; schallausbreitungsgünstige Wetterlage) hörbar und als impulshaltig einzustufen sind. Jedoch ist der Impulzzuschlag an den Immissionsorten aufgrund unterschiedlicher Effekte grundsätzlich geringer als im Nahbereich der Rammarbeiten (hier insbesondere aufgrund von Laufzeitunterschieden bei multiplen „Reflexionen“ der zwischen der Wasseroberfläche und der oberen Luftschicht geführten Luftschallwelle; bei einer Laufzeitverzögerung von 2,5% beträgt die zeitliche Aufweitung des Rammimpulses bei 13 km Abstand ca. 1 Sekunde).

Daher wird bei der Beurteilung der Schallimmissionen ein Impulzzuschlag an den Immissionsorten von  $K_I = 5$  dB zum Mittelungspegel  $L_{Aeq}$  berücksichtigt (pauschal für alle Berechnungsvarianten).

Damit ergeben sich die Beurteilungspegel der geräuschrelevanten Rammarbeiten aus dem berechneten Mittelungspegel  $L_{Aeq}$  unter Berücksichtigung von folgenden Zu- und Abschlägen:

- Impulzzuschlag  $K_I$  (tags und nachts), immissionsseitig + 5 dB
- Pegelabschlag aufgrund der Einwirkzeit:
  - Einwirkzeit tags 3 h (Klasse 2,5 - 8 h nach AVV Baulärm): - 5 dB
  - Einwirkzeit nachts 3 h (Klasse 2 - 6 h nach AVV Baulärm): - 5 dB

Aufgrund der Klassifizierung der Pegelabschläge und der Einwirkzeit der Geräusche nach AVV Baulärm sind die ermittelten Beurteilungspegel tags und nachts gleich.

An den Immissionsorten werden folgende Beurteilungspegel an Tagen und in Nächten mit geräuschrelevanten Rammarbeiten ermittelt:

- Immissionsort IO 01: Beurteilungspegel  $L_r$  28 – 48 dB(A)
- Immissionsort IO 02: Beurteilungspegel  $L_r$  28 – 45 dB(A)
- Immissionsort IO 03: Beurteilungspegel  $L_r$  29 – 46 dB(A)

Die hohe Schwankungsbreite der Beurteilungspegel resultiert aus

- a) den Abstandsverhältnissen (am Immissionsort IO 03: 13320 – 25300 m)
- b) den Schallausbreitungsbedingungen bei möglichen schallausbreitungsgünstigen und durchschnittlichen (nicht schallausbreitungsgünstigen) Witterungsbedingungen
- c) der Schwankungsbreite der Schallemissionen, da zum derzeitigen Zeitpunkt weder der Typ der zum Einsatz kommenden Ramme noch die Höhe der erforderlichen mittleren und maximalen Rammenergie des zum Einsatz kommenden Hammers abschließend feststeht.

Am Immissionsort IO 01 wird der Immissionsrichtwert von 60 dB(A) deutlich unterschritten. Zur Nachtzeit kann am Immissionsort IO 01 der Immissionsrichtwert von 45 dB(A) bei ungünstigen Randbedingungen um bis zu 3 dB überschritten werden.

Aufgrund der geringeren Immissionsrichtwerte sind die Immissionsorte IO 02 und IO 03 die maßgeblichen Immissionsorte.

Am Tage ist an den Immissionsorten IO 02 und IO 03 auch unter ungünstigen Randbedingungen (Rammen an den küstennächsten Standorten; schallausbreitungsgünstige Wetterlage, erhöhte Rammenergie) mit einer Einhaltung des Immissionsrichtwertes von 50 dB(A) zu rechnen. Aufgrund zeitlich begrenzter Rammstätigkeiten (max. 3 h pro Rammung, eine Rammung pro 24 h, d.h. bei Gleichverteilung an 56 Tagen und in 56 Nächten) und der Einhaltung der Immissionsrichtwerte kann den Geräuschen der Bautätigkeiten eine geringe Wirkintensität am Tage zugeordnet werden.

In Nächten mit Rammarbeiten unter schallausbreitungsgünstiger Wetterlage und unter Berücksichtigung von worst-case-Annahmen in Bezug auf die max. Rammenergien und Impulsfolge kann an den Immissionsorten IO 02 und IO 03 eine Überschreitung des (vorsorglichen) Immissionsrichtwertes von 35 dB(A) um bis zu 11 dB (in Abhängigkeit von dem Rammort und den Ausbreitungsbedingungen) nicht ausgeschlossen werden. Daher werden in Kap. 8 Maßnahmen für den Lärmschutz in der Bauphase geprüft.

## 7.6 Schallimmission im Bereich der OWEA – Aussagen zur Avifauna

Im Anhang 5 ist der Auszug einer Rasterlärnkarte für den Bereich des Windparks in der Betriebsphase dargestellt. Es sind die Geräuschimmissionen für die Berechnungshöhe von 10 m dargestellt. Aufgrund der Ausbreitungsbedingungen sind die Berechnungsergebnisse auf eine Höhe dicht über der Wasseroberfläche übertragbar.

Aus der Isophonendarstellung ist zu erkennen, dass die Grenzisophone von 52 dB(A) etwa 700 m außerhalb der außen gelegenen OWEA verläuft. Die Grenzisophone von 47 dB(A) verläuft ca. 1600 m außerhalb der außen gelegenen OWEA.

Innerhalb des Windparks wird der Schalldruckpegel von 52 dB(A) aufgrund des Abstandes der OWEA überwiegend erreicht oder überschritten.

## 8 Prüfung von Maßnahmen für den Lärmschutz in der Bauphase

Im Folgenden werden mögliche Minimierungsmaßnahmen der unvermeidbaren Schallimmissionen der Baustellenarbeiten betrachtet. Es wird hierbei davon ausgegangen, dass die verwendeten Baumaschinen und die zur Anwendung kommenden Verfahren dem Stand der Technik entsprechen.

Die AVV Baulärm nennt unterschiedliche Maßnahmen, die hier projektbezogen in Hinblick auf ihre Wirksamkeit betrachtet werden:

### Baustelleneinrichtung:

Aufgrund der durchzuführenden Offshore-Rammarbeiten kann weder durch Verlagerung von Baumaschinen, noch durch den Einsatz von abschirmenden Bauwerken wie z.B. mobilen Schallschutzwänden eine effektive Lärminderung an den Immissionsorten erzielt werden.

### Verwendung geräuscharmer Rammeinrichtungen:

Die Richtlinie 2000/14/EG nennt keine Geräuschemissionsgrenzwerte für Rammeinrichtungen. Bei der zum Einbringen der Monopiles vorgesehenen Rammeinrichtung mit einer Schlagenergie von bis zu 3500 kJ handelt es sich um eine Sonderanfertigung für den Offshore-Einsatz.

Der in der schalltechnischen Berechnung angesetzte Schallleistungspegel  $L_{WA} = 141 - 143$  dB(A) resultiert aus der erforderlichen hohen Schlagenergie zum Einbringen der Monopiles in Verbindung mit der hohen Impulsrate von bis zu 32 Schlägen pro Minute (worst case Annahmen).

Bei reduzierter Schlagenergie (wenn möglich) sind geringere Schallemissionen zu erwarten. Reduzierte Impulsraten bzw. reduzierte Schlagenergien könnten gegebenenfalls die Dauer der Rammarbeiten verlängern. Entsprechende Optimierungsmöglichkeiten können nach Vorliegen der Ergebnisse der Baugrundhaupteckundung sowie der zur Installation genutzten Rammeinrichtungen geprüft werden.

Im Rahmen der Detailplanung zum Bauablauf sollte geprüft werden, ob durch eine Erhöhung der Impulsrate die Rammenergie und damit Luftschallemissionen tendenziell vermindert werden können (sogenanntes high frequency low energy Ramm-Verfahren).

Alternative Gründungsverfahren mit geringeren Schallemissionen, wie sie bei Onshore-Baustellen etabliert sind (z. B. Ortbeton-Bohrpfähle oder Vibrationsrammen), werden bei Errichtung von Offshore-Windparks in der Ostsee bei Wassertiefen von 12 - 20 m jedoch bisher nicht eingesetzt und entsprechend demnach nicht dem Stand der Technik.

Bei Onshore-Rammarbeiten mit deutlich geringeren Rammenergien und deutlich kleineren Rammköpfen werden im Einzelfall spezielle Schallschutzkapseln des Rammgerätes eingesetzt. In wieweit dies auch bei den leistungsstärkeren und größeren Rammgeräten bei der Errichtung von Offshore-Windparks technisch umsetzbar ist, kann erst im Rahmen der detaillierten Bauplanung mit der auszuführenden Baufirma geprüft werden. Anzumerken ist, dass nach aktuellem Planungsstand weder die auszuführende Baufirma noch der Hersteller / Typ des Rammgerätes festgelegt sind.

### Betriebszeitbeschränkung nachts:

In der Schallimmissionsprognose wurde eine Rammdauer von bis zu 3 Stunden pro Nacht angesetzt. Daraus resultierte eine Korrektur des Beurteilungspegels aufgrund der Einwirkzeit von 5 dB.

Gemäß der AVV Baulärm darf eine Zeitkorrektur von 10 dB zur Anwendung gebracht werden, wenn die Einwirkzeit zur Nachtzeit eine Dauer von 2 h nicht überschreitet.

Eine Betriebszeitenbeschränkung würde jedoch die Rammtätigkeiten für einen einzelnen Pfahl erheblich verlängern und in der Folge den gesamten Zeitraum der Installationsarbeiten. Geeignete Wetterfenster entsprechend der Operational Limits der Installationsschiffe (Wind, Welle) könnten nicht genutzt und die Installationsphase dadurch wesentlich verlängert und unverhältnismäßig verteuert werden. Zudem könnte durch eine Betriebszeitenbeschränkung (d.h. Unterbrechung der Rammung) die Standsicherheit des Pfahles gefährdet werden.

#### Information der betroffenen Anwohner:

Grundsätzlich sollten die Anwohner über die Art und die Dauer der Bauarbeiten informiert werden.

#### Nächtliche Rammarbeiten nach Möglichkeit an weiter entfernten und schalltechnisch weniger kritischen Standorten:

Soweit möglich sollten die Rammarbeiten an den zu den Immissionsorten nächstgelegene Standorten in der Tageszeit (mit geringerer Empfindlichkeit der Nachbarschaft) und die Rammarbeiten an den zu den Immissionsorten entfernteren Standorten in der Nachtzeit (mit höherer Empfindlichkeit der Nachbarschaft) durchgeführt werden.

Da die Rammarbeiten einen Planungsvorlauf benötigen, ist voraussichtlich eine Planung der Rammarbeiten nach kurzfristiger Wettervorhersage (schallausbreitungsgünstige / nicht schallausbreitungsgünstige Wetterlage) nicht oder zumindest sehr eingeschränkt möglich.

#### Rammarbeiten außerhalb der Sommermonate

Mit Genehmigungsbescheid vom 15.05.2019 wurde zum Schutz der Meeressäuger festgelegt, dass der ganz überwiegende Teil der Rammarbeiten vor Juni bzw. nach September erfolgen muss. Von Juni bis einschließlich September dürfen ausschließlich Standorte gerammt werden, die weiter als 8 km vom umliegenden Meeresschutzgebieten entfernt sind (insgesamt 11 von 103). Dies ist in Hinblick auf die rammbedingten Luftschallemissionen zumindest insoweit positiv, als dass während der Sommermonate, d.h. während der Hauptsaison, lediglich nur wenige und zudem weiter entfernte Standorte gerammt werden dürfen. Für den überwiegenden Teil der Rammungen vor Juni und nach September wird zudem jahreszeitenbedingt die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten von schallausbreitungsgünstigen Wetterlagen anhand einer exemplarischen Auswertung der Wetterdaten von Oktober 2020 – Mai 2021 als unterdurchschnittlich eingeschätzt.

#### Nachgelagerte vertiefende Baulärmprognose bei Vorlage neuer Erkenntnisse von vergleichbaren OWP-Errichtungen:

Für die vorliegende Baulärmprognose liegen keine abgesicherten Erkenntnisse über die Schallausbreitung bei sehr großen Abständen vor (hier bis zu 25 km) vor. Daraus resultiert eine größere Spannweite der zu erwartenden Schallimmissionen (worst case Berechnung für schallausbreitungsgünstige Wetterlage / Alternativberechnung für durchschnittliche, nicht schallausbreitungsgünstige Wetterlage).

Sobald neue Erkenntnisse aus der Errichtungsphase vergleichbarer OWP vorliegen, kann die Schwankungsbreite der zu erwartenden Schallimmissionen weiter eingegrenzt und die Zahl der zu

erwartenden Nächte mit schalltechnisch kritischen Luftschallimmissionen der Rammarbeiten konkretisiert werden.

#### Baubegleitende Luftschallimmissionsmessungen zur Nachtzeit:

Aufgrund der nicht auszuschließenden Überschreitung des (vorsorglichen) Immissionsrichtwertes von 35 dB(A) an den Immissionsorten IO 02 und IO 03 bei Rammarbeiten an den küstennächsten Standorten werden baubegleitende Luftschallimmissionsmessungen zur Nachtzeit während der nächtlichen Rammarbeiten empfohlen, um bei (relevanten) Überschreitungen weitergehende Minderungsmaßnahmen zu prüfen bzw. umzusetzen.

## **9 Angaben zur Qualität der Prognose**

Die Genauigkeit der Berechnungsergebnisse wird durch die Genauigkeit der angenommenen Emissionswerte der Schallquellen (Schalldleistungspegel der Aggregate) und die verwendeten Ausbreitungsalgorithmen bestimmt.

Aufgrund der großen Abstände der Immissionsorte von den OWEA in Verbindung mit der frequenzabhängigen Luftdämpfung sind insbesondere die Schallemissionen im Frequenzbereich  $\leq 250$  Hz immissionsrelevant. In den Berechnungsergebnissen sind zu dem vom Hersteller spezifizierten, aber nicht garantierten Oktavschalldleistungspegel in den Frequenzbändern 63 Hz, 125 Hz und 250 Hz Sicherheitszuschläge bei der Schallausbreitungsberechnung berücksichtigt. Entsprechend den LAI Hinweisen /7/ beinhaltet der Sicherheitszuschlag auch die Messunsicherheit bei einer zukünftigen Abnahmemessung.

Für die Schallausbreitungsberechnung wurde ein modifiziertes Berechnungsverfahren angewendet, welches in der Betriebsphase gegenüber dem Interimsverfahren 6 – 7 dB(A) höhere Schallimmissionspegel ergibt. Zusammen mit der Vernachlässigung der meteorologischen Korrektur  $C_{met}$  wird das Berechnungsverfahren in der Betriebsphase als konservativ eingeschätzt, dass den Langzeitmittelungspegel  $L_{AT}$  tendenziell überschätzt.

Es wird eingeschätzt, dass das Berechnungsverfahren der Bauphase für schallausbreitungsgünstige Ausbreitungsbedingungen konservative Ergebnisse liefert.

## 10 Quellenverzeichnis

- /1/ BImSchG: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz) in der aktuellen Fassung
- /2/ TA Lärm: 6. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung des BImSchG - Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) .- Gemeinsames Ministerialblatt, herausgegeben vom Bundesministerium des Inneren, 49. Jahrgang, Nr. 26 am 28.08.1998
- /3/ [Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm - Geräuschemissionen \(8/1970\) In: Bundesanzeiger Nr. 160 vom 01.09.1970](#)
- /4/ DIN ISO 9613-2: Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien. Beuth Verlag, 10/1999
- /5/ Kieler Institut für Landschaftsökologie (2009): Arbeitshilfe Vögel und Straßenverkehr. Bericht zum Forschungsprojekt FE 02.286/2007/LRB der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach: „Entwicklung eines Handlungsleitfadens für Vermeidung und Kompensation verkehrsbedingter Wirkungen auf die Avifauna“ .- Kiel, 2010
- /6/ DIN EN 61400-11 Windenergieanlagen Teil 11: Schallmessverfahren, Ausgabe 09/2013
- /7/ 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 Schallausbreitungsberechnung: Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschemissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.01 , Beuth-Verlag
- /9/ Uppenkamp und Partner: Schalltechnischer Bericht der erweiterten Ausbreitungsbedingungen für die Geräusche von hohen Windenergieanlagen zur Nachtzeit und Vergleich der Messergebnisse mit Ausbreitungsberechnungen nach DIN ISO 9613-2 (2014)
- /10/ Danish Ministry of the Environment: Environmental Project No. 1016 2005: Noise from offshore wind turbines;
- /11/ Mathieu Boue: Final report for the Swedish Energy Agency project 21597-3 (trans): Long-range sound Propagation over the sea with application to wind turbine noise
- /12/ 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. Soc. Am. 135 (2) February 2014
- /13/ K.Bolin, M.Boue and I.Karasalo: „Long range sound propagation over a sea surface“ J. Acoust. Soc. Am 117, 751-762 (2005)
- /14/ [Hornsea Offshore Wind Farm Project one Annes 4.3.1 Airborne Noise Technical Report, July 2013](#)
- /15/ [European Offshore Wind Deployment Centre Environmental Statement Appendix 24.2: In Air Noise EIA Technical Report, July 2011](#)

/16/ Field Observation During Wind Turbine Foundation Installation at the Block Island Windfarm, Rhode Island; U.S. Department of Interior Bureau of Ocean Energy Management (BOEM); OCS Study BOEM 2018-029

Projektbezogene Unterlagen:

/17/ Koordinaten der OWEA, Email wpd vom 14.03.2022 (unveränderte Koordinaten im Vergleich zum genehmigten Stand vom 15.05.2019).

/18/ Herstellerangabe zur OWEA vom Typ SWT-8.0-154 Tabelle zur Anlagenleistung ( $P_{el} = f(v_{wind})$ ) und zum Schalleistungspegel  $L_{WA} = f(v_{wind})$ ,  
Siemens Gamesa Renewable Energy A/S, Document ID. SGRE OF AE-DE00666-1100000864 12-00 BSN/ 2021.06.01 Vertraulich  
Siemens Wind Power A/S, Document E-R\_WP\_CTO-40-0000- 1973-00 RLU / 2017.02.23

/19/ Herstellerangabe zur OWEA vom Typ SG DD-167 Tabelle zur Anlagenleistung ( $P_{el} = f(v_{wind})$ ), zum Schalleistungspegel  $L_{WA} = f(v_{wind})$  und zum typischen Oktavbandspektrum  
Siemens Gamesa Renewable Energy A/S, Document ID. SGRE OF AE-DE00666-110000092782-00 BSN/ 2022.02.21 restricted  
Siemens Gamesa Renewable Energy A/S, Document ID. SGRE OF AE-DE00666-110000092715-00 2022.02.23 restricted

/20/ Herstellerangabe zur OWEA vom Typ SG DD-167 zum maximalen Schalleistungspegel einschließlich Power Boost  
Siemens Gamesa Renewable Energy A/S, Document ID. SGRE OF AE-DE00666-110000092782-01 BSN/ 2022.02.23 restricted

/21/ Bericht TÜV NORD Umweltschutz Nr. 916UVU001\_S5E vom 06.04.2017: Stellungnahme des LUNG vom 20.10.2016 zum Fachgutachten Luftschall für den Offshore Windpark Gennaker Hier: Ergänzende Berechnung der Schallpegel nach Anforderungen des LUNG

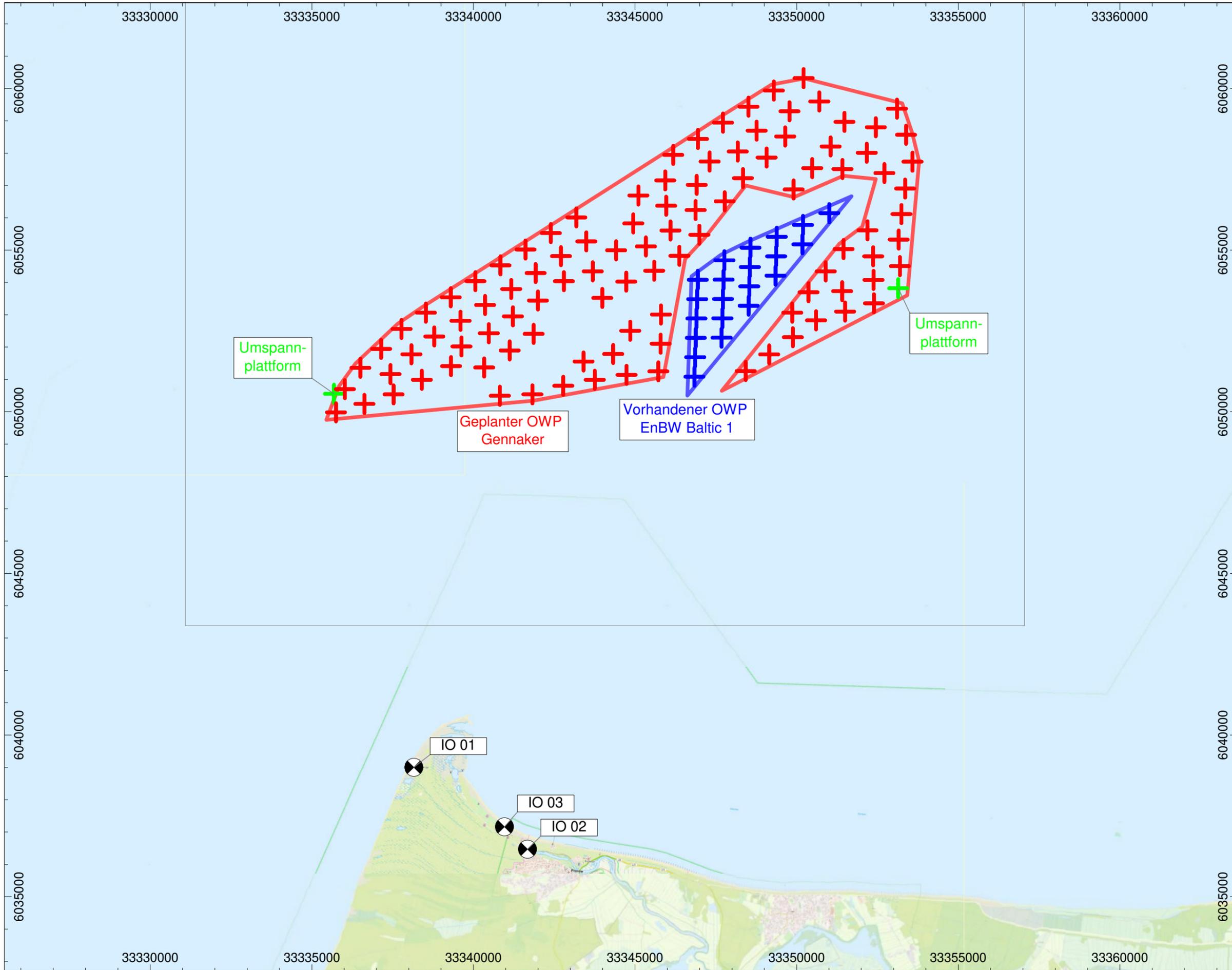
/22/ Berücksichtigung von Sicherheitszuschlägen in den Schallemissionsangaben zur OWEA Typ SWT-8.0-154-WTG; E-Mail der Siemens AG WP OF EN TES STPM an wpd offshore solutions GmbH vom 19.08.2016

/23/ Offshore Windpark „Gennaker“ Prognose der zu erwartenden Hydroschallimmissionen während der Rammarbeiten; itap Institut für technische und angewandte Physik GmbH, Projekt-Nr.: 2786-16, 02.Juni 2016

/24/ Genehmigung Nr. 1.6 1G-60.090/13-50 des StALU Vorpommern vom 15.05.2019 nach § 4 BlmschG zur Errichtung und Betrieb von 103 Offshore-Windenergieanlagen vom Typ Siemens SWT-8.0-154 ... ca 15 km nördlich der Halbinsel Fischland-Darß-Zingst

---

<b>Anhang 1</b>	<b>Lageplan</b>	<b>2 Seiten</b>
Anhang 1.1	Übersichtslageplan Immissionsorte IO 01 – IO 03 (onshore Halbinsel Darß) und OWP Gennaker	1 Seite
Anhang 1.2	Lageplan Immissionsorte IO 01 – IO 03 (onshore Halbinsel Darß)	1 Seite



Auftraggeber:  
OWP Gennaker GmbH  
Stephanitorbollwerk 3  
28217 Bremen

OWP Gennaker

Übersichtslageplan

+	Punktquelle
⊗	Immissionspunkt
□	Rechengebiet

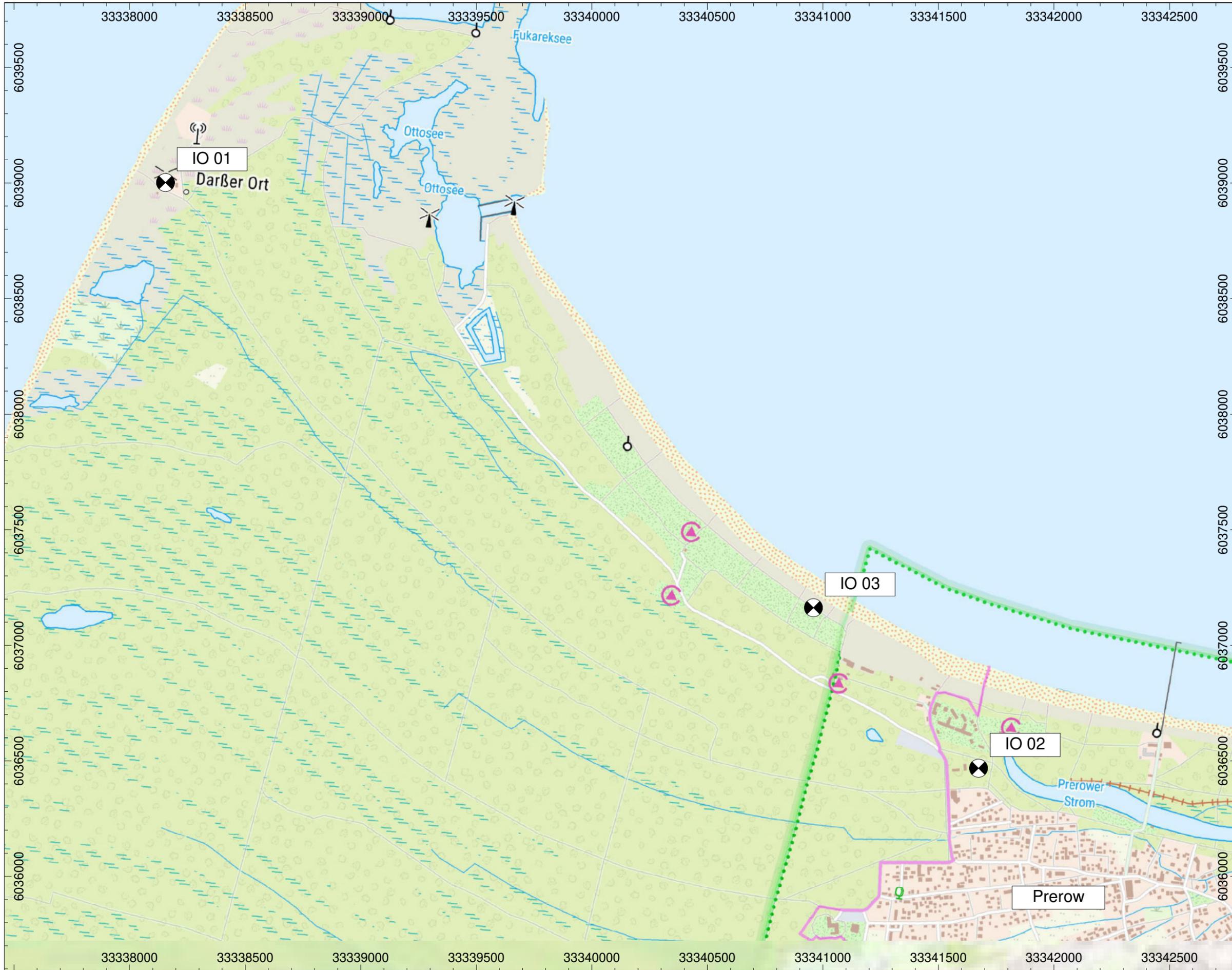
TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co.KG  
Große Bahnstr. 31  
22525 Hamburg

Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Reinhard Nagel M.Sc. Alexander Rinke
-------------	--

Datum:	08.09.2022
--------	------------

Auftrags-Nr.	421SST020 Rev. 03
--------------	-------------------

	Anhang 1.1
--	------------



Auftraggeber:  
OWP Gennaker GmbH  
Stephanitorbollwerk 3  
28217 Bremen

OWP Gennaker

Lageplan Immissionsorte IO 01 - IO 03

+ Punktquelle  
 Immissionspunkt  
 Rechengebiet

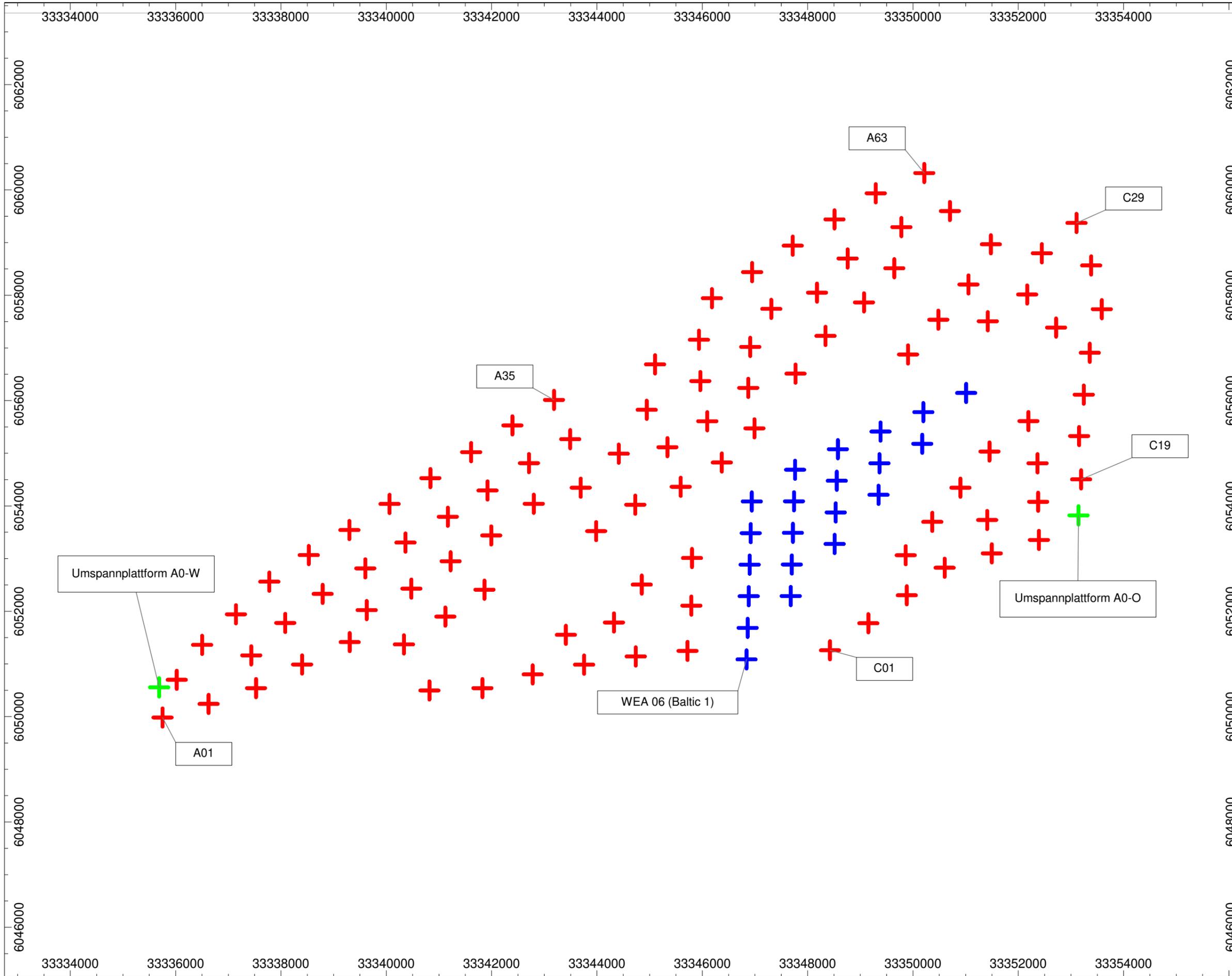
TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co.KG  
Große Bahnstr. 31  
22525 Hamburg

Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Reinhard Nagel M.Sc. Alexander Rinke
Datum:	08.09.2022
Auftrags-Nr.	421SST020 Rev. 03
	Anhang 1.2

**Anhang 2**

**EDV-Schallquellenplan Layout: SG DD-167 x 103**

**1 Seite**

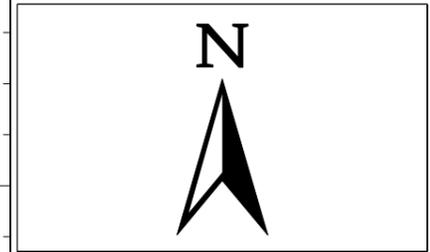


Auftraggeber:  
OWP Gennaker GmbH  
Stephanitorbollwerk 3  
28217 Bremen

OWP Gennaker

EDV-Schallquellenplan  
Exemplarische Beschriftung  
von Einzelschallquellen

rot: OWEA des OWP Gennaker  
grün: USP des OWP Gennaker  
blau: OWEA des OWP Baltic 1



TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co.KG  
Große Bahnstr. 31  
22525 Hamburg



Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Reinhard Nagel M.Sc. Alexander Rinke
Datum:	08.09.2022
Auftrags-Nr.	421SST020 Rev. 03
	Anhang 2

---

**Anhang 3**

**Geräuschemissionen der OWEA**

**2 Seiten**

Dieser Anhang beinhaltet ausgewiesene Geschäfts- und Betriebsgeheimnisse des Herstellers / auf Basis der Herstellerangaben. Damit werden sie als vertraulich eingestuft und nur den entsprechenden Genehmigungs- und Fachbehörden bekannt gemacht. Es handelt sich um spezifische technische Details, die zur Ermittlung der im Fachgutachten dargestellten Ergebnisse erforderlich waren.

---

**Anhang 4                      Herleitung der spektralen Schallemissionsansätze der    1 Seite**  
**OWEA für die Schallausbreitungsberechnung**

Dieser Anhang beinhaltet ausgewiesene Geschäfts- und Betriebsgeheimnisse des Herstellers / auf Basis der Herstellerangaben. Damit werden sie als vertraulich eingestuft und nur den entsprechenden Genehmigungs- und Fachbehörden bekannt gemacht. Es handelt sich um spezifische technische Details, die zur Ermittlung der im Fachgutachten dargestellten Ergebnisse erforderlich waren.

---

**Anhang 5**

**Rasterlärmkarte Nahbereich OWP (Betriebsphase)**

**1 Seite**

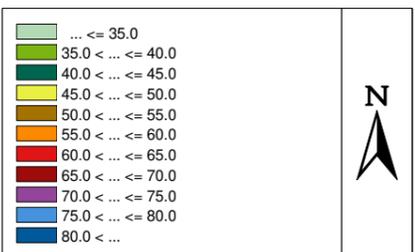


Auftraggeber:  
OWP Gennaker GmbH  
Stephanitorbollwerk 3  
28217 Bremen

OWP Gennaker

Rasterlärmkarte  
Nahbereich OWP  
(Berechnung nach dem Interimsverfahren)

Rechenhöhe: 10 m  
Bezugszeit: nachts



TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co.KG  
Große Bahnstr. 31  
22525 Hamburg



Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Reinhard Nagel M.Sc. Alexander Rinke
Datum:	08.09.2022
Auftrags-Nr.	421SST020 Rev. 03
Anhang 5	

---

<b>Anhang 6</b>	<b>Dokumentation der Einzelpunktberechnungen zum OWP Gennaker in der Betriebsphase</b>	<b>75 Seiten</b>
Anhang 6.1	Erweiterte Berechnung der Schallimmissionen nach dem modifizierten Interimsverfahren (zusammengefasste Darstellung) – Immissionsort IO 01 -	5 Seiten
Anhang 6.2	Erweiterte Berechnung der Schallimmissionen nach dem modifizierten Interimsverfahren (zusammengefasste Darstellung) – Immissionsort IO 02 -	5 Seiten
Anhang 6.3	Erweiterte Berechnung der Schallimmissionen nach dem modifizierten Interimsverfahren (zusammengefasste Darstellung) – Immissionsort IO 03 -	5 Seiten
Anhang 6.4	Detaillierten Berechnungsprotokoll nach dem Interimsverfahren, spektrale Darstellung	60 Seiten

Dieser Anhang beinhaltet ausgewiesene Geschäfts- und Betriebsgeheimnisse des Herstellers / auf Basis der Herstellerangaben. Damit werden sie als vertraulich eingestuft und nur den entsprechenden Genehmigungs- und Fachbehörden bekannt gemacht. Es handelt sich um spezifische technische Details, die zur Ermittlung der im Fachgutachten dargestellten Ergebnisse erforderlich waren.

---

<b>Anhang 7</b>	<b>Dokumentation der Einzelpunktberechnungen zum OWP Gennaker in der Bauphase</b>	<b>7 Seiten</b>
Anhang 7.1	Erweiterte Berechnung der Schallimmissionen nach dem modifizierten Interimsverfahren (zusammengefasste Darstellung) – Immissionsort IO 03 (beispielhaft)	4 Seiten
Anhang 7.2	Detailliertes Berechnungsprotokoll nach dem Interimsverfahren, spektrale Darstellung (zwei Standorte)	3 Seiten

Variante: Bauphase  
 Immissionspunkt IO 03  
 X: 33340959.16  
 Y: 6037181.00

Übergang geometrische Ausbreitungsdämpfung  
 6 dB > 3 dB je Abstandsverdopplung  
 bei Abständen ab 1000

Ausbreitungsbedingungen: schallausbreitungsgünstig  
 Rammenergie: 3000 kJ

Nr.	Berechnung nach dem Interimsverfahren											Korrektur große Abstände	
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Abstand (m)	Lw dB(A)	Adiv (dB)	Aatm (dB)	Agr (dB)	Abar (dB)	Cmet (dB)	Leq dB(A)	delta Adiv (dB)	Leq' dB(A)
B01	33340818	6050495	20	13314.7	142.6	93.5	17.6	-3	0	0	34.5	11.2	45.7
B02	33341825	6050540	20	13387.0	142.6	93.5	17.6	-3	0	0	34.4	11.3	45.7
B03	33342779	6050802	20	13742.0	142.6	93.8	17.9	-3	0	0	34.0	11.4	45.4
A03	33336626	6050242	20	13761.0	142.6	93.8	17.9	-3	0	0	33.9	11.4	45.3
A05	33337528	6050540	20	13792.6	142.6	93.8	17.9	-3	0	0	33.9	11.4	45.3
A01	33335750	6049982	20	13820.3	142.6	93.8	17.9	-3	0	0	33.9	11.4	45.3
A08	33338402	6050988	20	14041.8	142.6	94.0	18.1	-3	0	0	33.6	11.5	45.1
B04	33343755	6050987	20	14086.2	142.6	94.0	18.1	-3	0	0	33.5	11.5	45.0
A14	33340334	6051371	20	14203.8	142.6	94.1	18.2	-3	0	0	33.4	11.5	44.9
A11	33339305	6051414	20	14328.8	142.6	94.1	18.2	-3	0	0	33.2	11.6	44.8
A02	33336022	6050698	20	14390.4	142.6	94.2	18.3	-3	0	0	33.2	11.6	44.8
A06	33337435	6051164	20	14420.3	142.6	94.2	18.3	-3	0	0	33.1	11.6	44.7
B06	33344736	6051143	20	14463.8	142.6	94.2	18.3	-3	0	0	33.1	11.6	44.7
B05	33343409	6051554	20	14580.3	142.6	94.3	18.4	-3	0	0	32.9	11.6	44.5
A18	33341122	6051899	20	14718.9	142.6	94.4	18.5	-3	0	0	32.8	11.7	44.5
B09	33345720	6051249	20	14851.7	142.6	94.4	18.6	-3	0	0	32.6	11.7	44.3
A04	33336503	6051361	20	14863.7	142.6	94.5	18.6	-3	0	0	32.6	11.7	44.3
A09	33338080	6051780	20	14880.2	142.6	94.5	18.6	-3	0	0	32.6	11.7	44.3
A15	33339629	6052022	20	14900.5	142.6	94.5	18.6	-3	0	0	32.5	11.7	44.2
B07	33344323	6051789	20	14990.3	142.6	94.5	18.6	-3	0	0	32.4	11.8	44.2
A07	33337145	6051944	20	15247.8	142.6	94.7	18.8	-3	0	0	32.1	11.8	43.9
A22	33341864	6052409	20	15254.9	142.6	94.7	18.8	-3	0	0	32.1	11.8	43.9

A19	33340475	6052430	20	15256.7	142.6	94.7	18.8	-3	0	0	32.1	11.8	43.9
A12	33338790	6052330	20	15303.5	142.6	94.7	18.8	-3	0	0	32.1	11.8	43.9
B10	33345794	6052106	20	15688.6	142.6	94.9	19.1	-3	0	0	31.6	12.0	43.6
A16	33339600	6052815	20	15693.0	142.6	94.9	19.1	-3	0	0	31.6	12.0	43.6
A10	33337778	6052563	20	15707.5	142.6	94.9	19.1	-3	0	0	31.6	12.0	43.6
A23	33341220	6052951	20	15772.2	142.6	95.0	19.1	-3	0	0	31.5	12.0	43.5
B08	33344852	6052507	20	15812.7	142.6	95.0	19.1	-3	0	0	31.5	12.0	43.5
C01	33348425	6051259	20	15935.1	142.6	95.1	19.2	-3	0	0	31.3	12.0	43.3
A13	33338527	6053066	20	16070.1	142.6	95.1	19.3	-3	0	0	31.2	12.1	43.3
A20	33340363	6053305	20	16135.0	142.6	95.2	19.3	-3	0	0	31.1	12.1	43.2
A26	33341994	6053441	20	16292.9	142.6	95.2	19.4	-3	0	0	30.9	12.1	43.0
A17	33339298	6053542	20	16445.1	142.6	95.3	19.5	-3	0	0	30.8	12.2	43.0
B11	33345804	6053010	20	16553.8	142.6	95.4	19.5	-3	0	0	30.7	12.2	42.9
A24	33341167	6053796	20	16616.3	142.6	95.4	19.6	-3	0	0	30.6	12.2	42.8
A32	33343986	6053522	20	16619.0	142.6	95.4	19.6	-3	0	0	30.6	12.2	42.8
C02	33349153	6051773	20	16735.2	142.6	95.5	19.6	-3	0	0	30.5	12.2	42.7
A21	33340061	6054039	20	16881.9	142.6	95.6	19.7	-3	0	0	30.3	12.3	42.6
A29	33342801	6054042	20	16961.3	142.6	95.6	19.8	-3	0	0	30.2	12.3	42.5
A27	33341923	6054293	20	17139.1	142.6	95.7	19.9	-3	0	0	30.1	12.3	42.4
A36	33344729	6054024	20	17259.7	142.6	95.7	19.9	-3	0	0	29.9	12.4	42.3
A25	33340836	6054529	20	17348.4	142.6	95.8	20.0	-3	0	0	29.8	12.4	42.2
A33	33343691	6054346	20	17381.0	142.6	95.8	20.0	-3	0	0	29.8	12.4	42.2
C03	33349882	6052305	20	17560.0	142.6	95.9	20.1	-3	0	0	29.6	12.4	42.0
A30	33342710	6054813	20	17718.7	142.6	96.0	20.2	-3	0	0	29.5	12.5	42.0
A38	33345591	6054365	20	17797.3	142.6	96.0	20.2	-3	0	0	29.4	12.5	41.9
A28	33341610	6055020	20	17850.9	142.6	96.0	20.2	-3	0	0	29.3	12.5	41.8
A37	33344413	6054993	20	18143.8	142.6	96.2	20.4	-3	0	0	29.0	12.6	41.6
C18	33349864	6053064	20	18209.0	142.6	96.2	20.4	-3	0	0	29.0	12.6	41.6
A34	33343493	6055269	20	18264.6	142.6	96.2	20.4	-3	0	0	28.9	12.6	41.5
C04	33350603	6052827	20	18379.4	142.6	96.3	20.5	-3	0	0	28.8	12.6	41.4
A31	33342396	6055528	20	18403.2	142.6	96.3	20.5	-3	0	0	28.8	12.6	41.4
A42	33346371	6054826	20	18456.3	142.6	96.3	20.5	-3	0	0	28.7	12.7	41.4
A39	33345337	6055115	20	18460.6	142.6	96.3	20.5	-3	0	0	28.7	12.7	41.4

A35	33343183	6056013	20	18962.9	142.6	96.6	20.8	-3	0	0	28.3	12.8	41.1
C05	33350368	6053697	20	19008.0	142.6	96.6	20.8	-3	0	0	28.2	12.8	41.0
A40	33344945	6055824	20	19064.3	142.6	96.6	20.8	-3	0	0	28.2	12.8	41.0
C09	33351497	6053100	20	19090.9	142.6	96.6	20.8	-3	0	0	28.1	12.8	40.9
A43	33346096	6055608	20	19129.6	142.6	96.6	20.9	-3	0	0	28.1	12.8	40.9
A47	33346990	6055473	20	19260.5	142.6	96.7	20.9	-3	0	0	28.0	12.8	40.8
C10	33351409	6053733	20	19574.7	142.6	96.8	21.1	-3	0	0	27.7	12.9	40.6
C12	33352392	6053355	20	19806.8	142.6	96.9	21.2	-3	0	0	27.5	13.0	40.5
A44	33345963	6056372	20	19832.6	142.6	97.0	21.2	-3	0	0	27.5	13.0	40.5
C07	33350902	6054346	20	19836.8	142.6	97.0	21.2	-3	0	0	27.5	13.0	40.5
A41	33345104	6056689	20	19943.5	142.6	97.0	21.2	-3	0	0	27.4	13.0	40.4
A48	33346874	6056242	20	19957.6	142.6	97.0	21.2	-3	0	0	27.4	13.0	40.4
C13	33352377	6054080	20	20394.7	142.6	97.2	21.4	-3	0	0	27.0	13.1	40.1
A50	33347772	6056511	20	20495.5	142.6	97.2	21.5	-3	0	0	26.9	13.1	40.0
A45	33345937	6057155	20	20584.9	142.6	97.3	21.5	-3	0	0	26.8	13.1	39.9
C11	33351453	6055034	20	20708.7	142.6	97.3	21.6	-3	0	0	26.7	13.2	39.9
A49	33346910	6057021	20	20713.2	142.6	97.3	21.6	-3	0	0	26.7	13.2	39.9
C14	33352367	6054810	20	20998.1	142.6	97.5	21.7	-3	0	0	26.5	13.2	39.7
C19	33353193	6054504	20	21207.4	142.6	97.5	21.8	-3	0	0	26.3	13.3	39.6
A53	33348339	6057227	20	21361.3	142.6	97.6	21.8	-3	0	0	26.2	13.3	39.5
A46	33346182	6057945	20	21410.8	142.6	97.6	21.9	-3	0	0	26.1	13.3	39.4
A51	33347310	6057740	20	21517.6	142.6	97.7	21.9	-3	0	0	26.0	13.3	39.3
C15	33352193	6055612	20	21584.7	142.6	97.7	21.9	-3	0	0	26.0	13.3	39.3
C06	33349907	6056876	20	21632.3	142.6	97.7	22.0	-3	0	0	25.9	13.4	39.3
C20	33353155	6055326	20	21862.7	142.6	97.8	22.1	-3	0	0	25.7	13.4	39.1
A54	33348177	6058050	20	22081.9	142.6	97.9	22.1	-3	0	0	25.6	13.4	39.0
A52	33346947	6058441	20	22087.1	142.6	97.9	22.1	-3	0	0	25.6	13.4	39.0
A56	33349071	6057865	20	22217.8	142.6	97.9	22.2	-3	0	0	25.5	13.5	39.0
C08	33350482	6057535	20	22471.5	142.6	98.0	22.3	-3	0	0	25.3	13.5	38.8
C21	33353243	6056114	20	22568.8	142.6	98.1	22.3	-3	0	0	25.2	13.5	38.7
A55	33347719	6058943	20	22787.7	142.6	98.2	22.4	-3	0	0	25.0	13.6	38.6
C16	33351420	6057506	20	22859.0	142.6	98.2	22.5	-3	0	0	25.0	13.6	38.6
A57	33348760	6058698	20	22887.4	142.6	98.2	22.5	-3	0	0	24.9	13.6	38.5

A59	33349646	6058514	20	23033.8	142.6	98.3	22.5	-3	0	0	24.8	13.6	38.4
C22	33353358	6056907	20	23299.1	142.6	98.4	22.6	-3	0	0	24.6	13.7	38.3
C17	33351053	6058206	20	23322.4	142.6	98.4	22.6	-3	0	0	24.6	13.7	38.3
C23	33352717	6057385	20	23376.2	142.6	98.4	22.7	-3	0	0	24.6	13.7	38.3
A58	33348509	6059439	20	23503.6	142.6	98.4	22.7	-3	0	0	24.5	13.7	38.2
C24	33352168	6058013	20	23656.1	142.6	98.5	22.8	-3	0	0	24.4	13.7	38.1
A60	33349780	6059294	20	23807.4	142.6	98.5	22.8	-3	0	0	24.2	13.8	38.0
C26	33353586	6057737	20	24124.4	142.6	98.7	22.9	-3	0	0	24.0	13.8	37.8
C25	33351480	6058968	20	24194.2	142.6	98.7	23.0	-3	0	0	24.0	13.8	37.8
A61	33349293	6059936	20	24233.1	142.6	98.7	23.0	-3	0	0	23.9	13.8	37.7
A62	33350702	6059598	20	24442.7	142.6	98.8	23.1	-3	0	0	23.8	13.9	37.7
C27	33352449	6058799	20	24481.7	142.6	98.8	23.1	-3	0	0	23.7	13.9	37.6
C28	33353385	6058566	20	24733.0	142.6	98.9	23.2	-3	0	0	23.6	13.9	37.5
A63	33350214	6060322	20	24923.0	142.6	98.9	23.2	-3	0	0	23.4	14.0	37.4
C29	33353104	6059374	20	25298.7	142.6	99.1	23.4	-3	0	0	23.2	14.0	37.2

Immissionspunkt  
 Bez.: IO 01  
 ID: !0200!  
 X: 33338155.00 m  
 Y: 6039002.00 m  
 Z: 5.60 m

Punktquelle nach ISO 9613, Bez: "A01", ID: "!0400!"

Nr.	X (m)	Y (m)	Z (m)	Refl.	DEN	Freq. (Hz)	Lw dB(A)	l/a dB	EinwZeit dB	K0 (dB)	Di (dB)	Adiv (dB)	Aatm (dB)	Agr (dB)	Afol (dB)	Ahous (dB)	Abar (dB)	Cmet (dB)	RV (dB)	Lr dB(A)	
1	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	63	117.8	0.0	0.0	0.0	0.0	92.0	1.4	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.4
1	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	125	127.2	0.0	0.0	0.0	0.0	92.0	4.6	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.6
1	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	250	134.3	0.0	0.0	0.0	0.0	92.0	11.7	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.6
1	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	500	138.4	0.0	0.0	0.0	0.0	92.0	21.7	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.7
1	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	1000	137.9	0.0	0.0	0.0	0.0	92.0	41.1	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8
1	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	2000	130.8	0.0	0.0	0.0	0.0	92.0	108.6	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-66.8
1	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	4000	127.5	0.0	0.0	0.0	0.0	92.0	368.3	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-329.9
1	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	8000	117.8	0.0	0.0	0.0	0.0	92.0	313.8	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	285.0

Punktquelle nach ISO 9613, Bez: "C29", ID: "!0400!"

Nr.	X (m)	Y (m)	Z (m)	Refl.	DEN	Freq. (Hz)	Lw dB(A)	l/a dB	EinwZeit dB	K0 (dB)	Di (dB)	Adiv (dB)	Aatm (dB)	Agr (dB)	Afol (dB)	Ahous (dB)	Abar (dB)	Cmet (dB)	RV (dB)	Lr dB(A)	
2	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	63	117.8	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	3.1	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.7
2	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	125	127.2	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	10.4	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8
2	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	250	134.3	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	26.4	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9
2	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	500	138.4	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	48.7	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-6.4
2	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	1000	137.9	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	92.4	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-50.6
2	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	2000	130.8	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	244.2	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-209.4
2	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	4000	127.5	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	828.0	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-796.6
2	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	8000	117.8	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	953.4	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2931.7

Immissionspunkt  
 Bez.: IO 02  
 ID: !0200!  
 X: 33341673.50 m  
 Y: 6036468.22 m  
 Z: 5.60 m

Punktquelle nach ISO 9613, Bez: "A01", ID: "!0400!"

Nr.	X (m)	Y (m)	Z (m)	Refl.	DEN	Freq. (Hz)	Lw dB(A)	l/a dB	EinwZeit dB	K0 (dB)	Di (dB)	Adiv (dB)	Aatm (dB)	Agr (dB)	Afol (dB)	Ahous (dB)	Abar (dB)	Cmet (dB)	RV (dB)	Lr dB(A)	
3	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	63	117.8	0.0	0.0	0.0	0.0	94.4	1.8	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.6
3	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	125	127.2	0.0	0.0	0.0	0.0	94.4	6.1	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.8
3	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	250	134.3	0.0	0.0	0.0	0.0	94.4	15.4	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.5
3	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	500	138.4	0.0	0.0	0.0	0.0	94.4	28.4	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.6
3	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	1000	137.9	0.0	0.0	0.0	0.0	94.4	54.0	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-7.4
3	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	2000	130.8	0.0	0.0	0.0	0.0	94.4	142.6	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-103.2
3	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	4000	127.5	0.0	0.0	0.0	0.0	94.4	483.5	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-447.4
3	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	8000	117.8	0.0	0.0	0.0	0.0	94.4	724.6	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1698.2

Punktquelle nach ISO 9613, Bez: "C29", ID: "!0400!"

Nr.	X (m)	Y (m)	Z (m)	Refl.	DEN	Freq. (Hz)	Lw dB(A)	l/a dB	EinwZeit dB	K0 (dB)	Di (dB)	Adiv (dB)	Aatm (dB)	Agr (dB)	Afol (dB)	Ahous (dB)	Abar (dB)	Cmet (dB)	RV (dB)	Lr dB(A)	
5	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	63	117.8	0.0	0.0	0.0	0.0	99.2	3.1	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.5
5	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	125	127.2	0.0	0.0	0.0	0.0	99.2	10.5	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.5
5	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	250	134.3	0.0	0.0	0.0	0.0	99.2	26.7	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4
5	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	500	138.4	0.0	0.0	0.0	0.0	99.2	49.4	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-7.1
5	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	1000	137.9	0.0	0.0	0.0	0.0	99.2	93.6	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-51.9
5	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	2000	130.8	0.0	0.0	0.0	0.0	99.2	247.4	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-212.8
5	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	4000	127.5	0.0	0.0	0.0	0.0	99.2	838.9	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-807.6
5	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	8000	117.8	0.0	0.0	0.0	0.0	99.2	992.1	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2970.5

Immissionspunkt  
 Bez.: IO 03  
 ID: !0200!  
 X: 33340959.16 m  
 Y: 6037162.19 m  
 Z: 5.60 m

Punktquelle nach ISO 9613, Bez: "A01", ID: "!0400!"																				
Nr.	X	Y	Z	Refl.	DEN	Freq.	Lw	l/a	EinwZeit	K0	Di	Adiv	Aatm	Agr	Afol	Ahous	Abar	Cmet	RV	Lr
	(m)	(m)	(m)			(Hz)	dB(A)	dB	dB	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	dB(A)
4	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	63	117.8	0.0	0.0	0.0	0.0	93.8	1.7	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.3
4	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	125	127.2	0.0	0.0	0.0	0.0	93.8	5.7	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.7
4	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	250	134.3	0.0	0.0	0.0	0.0	93.8	14.4	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.0
4	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	500	138.4	0.0	0.0	0.0	0.0	93.8	26.7	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9
4	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	1000	137.9	0.0	0.0	0.0	0.0	93.8	50.6	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.5
4	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	2000	130.8	0.0	0.0	0.0	0.0	93.8	133.7	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-93.7
4	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	4000	127.5	0.0	0.0	0.0	0.0	93.8	453.5	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-416.8
4	33335750.00	6049982.00	20.00	0	DEN	8000	117.8	0.0	0.0	0.0	0.0	93.8	617.4	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1590.4

Punktquelle nach ISO 9613, Bez: "C29", ID: "!0400!"																				
Nr.	X	Y	Z	Refl.	DEN	Freq.	Lw	l/a	EinwZeit	K0	Di	Adiv	Aatm	Agr	Afol	Ahous	Abar	Cmet	RV	Lr
	(m)	(m)	(m)			(Hz)	dB(A)	dB	dB	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	dB(A)
6	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	63	117.8	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	3.1	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.7
6	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	125	127.2	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	10.4	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.7
6	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	250	134.3	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	26.4	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.8
6	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	500	138.4	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	48.8	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-6.5
6	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	1000	137.9	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	92.6	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-50.8
6	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	2000	130.8	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	244.6	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-209.9
6	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	4000	127.5	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	829.6	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-798.1
6	33353104.00	6059374.00	20.00	0	DEN	8000	117.8	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	958.9	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2937.2