

GE Renewable Energy

- Originaldokument -

Technische Dokumentation Windenergieanlagen 4.x/5.x-158 - 50 Hz



Schalleistung Normalbetrieb und Schallreduzierter Betrieb gemäß FGW

Inkl. Terz- und Oktavbandspektren

NO 104/106 und NRO 100-105

Geräuschreduzierende Blatthinterkanten
(Serrations):

Enthalten

Rev. 01 - DE

2020-02-05

Zum Öffnen eventueller Anhänge bitte auf das Büroklammer-Symbol (📎) klicken. Es wird bei Adobe Acrobat normalerweise links angezeigt.



imagination at work

GE Renewable Energy

Visit us at
www.gerenewableenergy.com

Urheber- und Verwertungsrechte

Dieses Dokument ist vertraulich zu behandeln. Es darf nur befugten Personen zugänglich gemacht werden. Eine Überlassung an Dritte darf nur mit ausdrücklicher, schriftlicher Zustimmung der General Electric Company erfolgen.

Alle Unterlagen sind im Sinne des Urheberrechtsgesetzes geschützt. Die Weitergabe sowie die Vervielfältigung von Unterlagen, auch auszugsweise, sowie eine Verwertung und Mitteilung ihres Inhaltes sind nicht gestattet, es sei denn, dass eine ausdrückliche, vorherige und schriftliche Zustimmung der General Electric Company erteilt wurde. Zuwiderhandlungen sind strafbar und verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte zur Ausübung von gewerblichen Schutzrechten behalten wir uns vor.

© 2020 General Electric Company. Alle Rechte vorbehalten.

GE und das GE-Monogramm sind Warenzeichen und Dienstleistungsmarken der General Electric Company.

Andere, in diesem Dokument genannte Unternehmens- oder Produktnamen sind ggf. Warenzeichen bzw. eingetragene Warenzeichen ihrer jeweiligen Unternehmen.



imagination at work

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	5
1.1	Allgemein	5
1.2	Wind Farm Noise Management (verfügbar als Option).....	6
2	Konfigurationsübersicht	6
3	Schalleistungspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit	7
4	Oktav- und Terz-Spektren.....	7
4.1	5.x-158 – 106.0 dB immissionsrelevanter Schalleistungspegel	8
4.2	5.x-158 – 105.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel	10
4.3	4.x/5.x-158 – 104.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel.....	12
4.4	4.x/5.x-158 – 103.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel.....	14
4.5	4.x/5.x-158 – 102.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel.....	16
4.6	4.x/5.x-158 – 101.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel.....	18
4.7	4.x/5.x-158 – 100.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel.....	20
5	Unsicherheitsangaben.....	22
6	Tonalität.....	22
7	Terminologie nach IEC 61400-11 und IEC/TS 61400-14	22
8	Referenzdokumente	23
	Anhang I - Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe für alle Nabenhöhen	23

1 Einführung

1.1 Allgemein

Dieses Dokument beschreibt die Schalleistung der Windenergieanlagen 4.5/4.8/5.3 und 5.5-158 für den Normal- und schallreduzierten Betrieb und fasst den berechneten Schalleistungspegel $L_{WA,k}$, die berechneten Oktav- und Terz-Spektren, die Unsicherheitsangaben im Zusammenhang mit dem immissionsrelevanten Schalleistungspegel sowie die Tonalität zusammen.

Alle angegebenen Schalleistungspegel sind A-bewertet.

GE überprüft Spezifikationen kontinuierlich durch Messungen, einschließlich der von unabhängigen Instituten durchgeführten Messungen.

Mit Hilfe der Anlagensteuerung kann die Anlage ohne manuellen Eingriff in den schallreduzierten Betrieb "NRO" (Noise-Reduced Operation) schalten. Dabei handelt es sich um keinen zwingend vorgeschriebenen Betriebspunkt, sondern um einen Bereich unter dem "normalen" Nennbetrieb, der über Parameter definiert werden kann.

Die WEA kann über ihre Steuerung auf schallreduzierten Betrieb umgestellt werden, was normalerweise je nach Tageszeit erfolgt, d. h. die Anlage wird nachts schallreduziert und tagsüber im Normalbetrieb gefahren.

Das emittierte Geräusch wird überwiegend durch das aerodynamische Breitbandrauschen der Rotorblätter in direkter Abhängigkeit von der Umfangs- oder Rotorspitzen geschwindigkeit bestimmt.

Der Schalleistungspegel kann durch eine Reduzierung und Begrenzung der Rotordrehzahl, mit der auch eine Abnahme der Blattspitzengeschwindigkeit einher geht, gesenkt werden. Die Nennleistungsabgabe der WEA reduziert sich entsprechend. Hierzu werden ggf. auch Änderungen des bestehenden Blattregelungskonzepts erforderlich. Die NRO-Betriebsarten nutzen diese beiden Verfahren, um unter Einhaltung der Schalleistungsvorgaben eine optimale Energieausbeute zu erzielen.

Im oberen Windgeschwindigkeitsbereich ist aufgrund der Leistungsreduzierung von einer gewissen Minderung des Energieertrags der WEA auszugehen, die sich jedoch zugunsten ihres Schalleistungspegels auswirkt.

Die Parametereinstellungen der Steuerung bestimmen, welche maximale Geräuschemission die Anlage im Betrieb haben darf.

Da die WEA-Steuerung die Betriebsdaten ständig auf dem Anlagenrechner überwacht, besteht zu jeder Zeit die Möglichkeit, die Übereinstimmung zwischen Ist- und Soll-Betriebsart zu belegen. Dies kann zum Nachweis der Einhaltung eventueller Auflagen von Überwachungsbehörden nützlich sein.

Der schallreduzierte Betrieb (NRO) wird über eine plombierte Schaltuhr zeitgesteuert aktiviert. Die wichtigsten Daten sind:

P_Act 10 Minuten Mittelwert der elektrischen Wirkleistung

N_Rot 10 Minuten Mittelwert der Rotordrehzahl.

1.2 Wind Farm Noise Management (verfügbar als Option)

In Gebieten mit Schallschutzbestimmungen ist es häufig erforderlich, den Betrieb der Windenergieanlage (WEA) an die Bestimmungen der Fernfeldbedingungen anzupassen. Daher bietet GE ein abgestimmtes Wind Farm Noise Management System an, welches größere Flexibilität und höhere Energieerträge bietet, als das bei herkömmlichen WEA-Steuerungen der Fall ist. Diese fortgeschrittene Methode ermöglicht eine kontinuierliche Anpassung des Windpark-Betriebs an umweltbedingte Variablen, die die Schallemission des Windparks beeinflussen. Diese Variablen sind im Wesentlichen Windgeschwindigkeit und Windrichtung.

Das Wind Farm Noise Management Paket enthält folgenden Service und folgende Hardware:

- Schallausbreitungsrechnungen und Optimierung des Windparkbetriebes
- Optimale WEA-Sollwerte für den gesamten Windpark als Funktion von Windgeschwindigkeit und Windsektor
- Installation und Inbetriebnahme der Wind Farm Noise Management Software.

2 Konfigurationsübersicht

Die folgende Tabelle bietet eine Übersicht der verfügbaren Kombinationen von immissionsrelevanten Schallleistungspegeln $L_{WA,k}$ und Anlagennennleistung.

Zu jeder Betriebsweise gehört ein immissionsrelevanter Schallleistungspegel, ein Rotordrehzahlsollwerte und in einigen Fällen mehrere verfügbare Nennleistungen. So wird beispielsweise der Normalbetrieb von 106 dB erreicht bei 9.7 Umdrehungen pro Minute und einer Nennleistung von 5300 kW oder 5500 kW. Für die Anlage mit 120.9 m Nabenhöhe sind die Betriebsarten NRO 104 und 105 dB nicht verfügbar.

Betriebsbezeichnung [dB]	Rotordrehzahl sollwerte [rpm]	Nennleistung [kW]			
		101.0m Nabenhöhe	120.9m Nabenhöhe	150.0m Nabenhöhe	161.0m Nabenhöhe
NO 106.0	9.70	5300, 5500	5300, 5500	5300, 5500	5300, 5500
NRO 105.0	9.35	5300	N/A	5300	5300
NO/NRO 104.0	9.00	4800, 5100	N/A	4500, 4800, 5100	4500, 4800, 5100
NRO 103.0	8.54	4800	4500, 4800	4500, 4800	4500, 4800
NRO 102.0	8.20	4650	4500, 4650	4500, 4650	4500, 4650
NRO 101.0	7.66	4340	4340	4340	4340
NRO 100.0	7.22	4090	4090	4090	4090

Tabelle 1: Übersicht der verfügbaren Kombinationen von immissionsrelevanten Schallleistungspegeln $L_{WA,k}$ und Anlagennennleistung.

3 Schalleistungspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

Die folgende Tabelle zeigt die berechneten Soll-Schalleistungspegel in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe.

Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	NO 106.0 dB Mode	NRO 105.0 dB Mode	NO/NRO 104.0 dB Mode	NRO 103.0 dB Mode	NRO 102.0 dB Mode	NRO 101.0 dB Mode	NRO 100.0 dB Mode
4	93.8	93.8	93.8	93.8	93.8	93.8	93.8
5	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5
6	97.6	97.6	97.6	97.6	97.6	97.6	97.6
7	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	100.0
8	103.9	103.7	103.5	103.0	102.0	101.0	100.0
9	106.0	105.0	104.0	103.0	102.0	101.0	100.0
10	106.0	105.0	104.0	103.0	102.0	101.0	100.0
11	106.0	105.0	104.0	103.0	102.0	101.0	100.0
12	106.0	105.0	104.0	103.0	102.0	101.0	100.0
13	106.0	105.0	104.0	103.0	102.0	101.0	100.0
14	106.0	105.0	104.0	103.0	102.0	101.0	100.0
15	106.0	105.0	104.0	103.0	102.0	101.0	100.0

Tabelle 2: Soll-Schalleistungspegel

Die entsprechende Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe ist von der Nabenhöhe abhängig. Sie kann für eine vorhandene Oberflächenrauheit mit einem logarithmischen Windprofil berechnet werden:

$$V_{10m\ height} = V_{hub} \frac{\ln\left(\frac{10m}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{hub\ height}{z_0}\right)}$$

Ein typischer Wert für Binnenland-Oberflächenrauigkeit (z_0) ist je nach Geländetyp 0,05 m.

4 Oktav- und Terz-Spektren

Die Tabellen in diesem Abschnitt enthalten die Oktav-Spektren und Terz-Spektren für die verschiedenen Betriebsarten.

Die dazugehörigen Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe für alle verfügbaren Nabenhöhen finden sich in Anhang I.

* Vereinfacht nach IEC 61400-11: 2006, Gleichung 7

4.1 5.x-158 – 106.0 dB immissionsrelevanter Schalleistungspegel

Die Oktav- und Terz-Spektren in diesem Abschnitt sind anwendbar für die angegebenen Nennleistungen, Rotordrehzahlsollwerte und Nabenhöhen.

Nabenhöhe [m]	Rotordrehzahlsollwerte [rpm]	Nennleistung [kW]
101.0	9.70	5300, 5500
120.9	9.70	5300, 5500
150.0	9.70	5300, 5500
161.0	9.70	5300, 5500

A-bewertete Oktav-Spektren [dB]												
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Frequenz [Hz]	16	53.9	54.0	56.3	59.4	62.0	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5
	32	67.4	67.3	69.6	72.8	75.5	78.0	78.0	78.0	78.0	78.0	78.0
	63	76.3	77.1	79.2	82.0	84.6	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2
	125	83.0	85.0	87.1	89.0	91.0	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6
	250	86.8	88.7	91.8	94.1	96.1	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2
	500	87.2	87.7	91.7	95.5	98.3	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7
	1000	87.6	87.0	90.6	95.1	98.7	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3
	2000	86.4	86.4	88.7	92.4	95.9	99.1	99.1	99.1	99.1	99.1	99.1
	4000	80.9	82.2	84.0	86.6	89.1	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7
8000	65.1	67.2	69.6	72.4	74.6	76.0	76.0	76.0	76.0	76.0	76.0	
Gesamtschalleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	101.0	103.9	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0

Tabelle 3: 5.x-158 – 106.0 dB Oktav-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

A-bewertete Terz-Spektren [dB]													
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Frequenz [Hz]	12.5	40.6	40.9	43.2	46.3	48.9	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5
	16	47.3	47.4	49.7	52.8	55.4	57.9	57.9	57.9	57.9	57.9	57.9	57.9
	20	52.6	52.6	54.9	58.0	60.6	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1
	25	57.3	57.3	59.6	62.7	65.3	67.8	67.8	67.8	67.8	67.8	67.8	67.8
	32	61.5	61.6	63.9	67.0	69.6	72.2	72.2	72.2	72.2	72.2	72.2	72.2
	40	65.4	65.4	67.7	70.9	73.6	76.1	76.1	76.1	76.1	76.1	76.1	76.1
	50	68.4	68.5	70.8	74.0	76.7	79.4	79.4	79.4	79.4	79.4	79.4	79.4
	63	71.2	71.8	73.9	76.9	79.6	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2
	80	73.6	74.7	76.7	79.3	81.8	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4
	100	75.8	77.4	79.3	81.6	83.8	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1
	125	78.1	80.2	82.2	84.1	86.0	87.7	87.7	87.7	87.7	87.7	87.7	87.7
	160	79.8	82.0	84.3	86.0	87.9	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2
	200	81.1	83.3	85.9	87.9	89.7	90.8	90.8	90.8	90.8	90.8	90.8	90.8
	250	82.1	84.0	87.1	89.4	91.3	92.3	92.3	92.3	92.3	92.3	92.3	92.3
	315	82.7	84.2	87.8	90.5	92.6	93.6	93.6	93.6	93.6	93.6	93.6	93.6
	400	82.4	83.3	87.3	90.6	92.9	94.1	94.1	94.1	94.1	94.1	94.1	94.1
	500	82.5	83.0	87.0	90.9	93.6	94.9	94.9	94.9	94.9	94.9	94.9	94.9
	630	82.4	82.6	86.5	90.8	93.9	95.5	95.5	95.5	95.5	95.5	95.5	95.5
	800	82.4	82.1	86.1	90.4	93.9	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0
	1000	82.7	82.1	85.7	90.2	93.9	96.5	96.5	96.5	96.5	96.5	96.5	96.5
1250	83.3	82.5	85.8	90.4	94.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	
1600	82.4	82.0	84.6	88.9	92.5	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7	
2000	81.7	81.8	83.9	87.6	91.1	94.3	94.3	94.3	94.3	94.3	94.3	94.3	
2500	80.5	81.0	82.9	86.0	89.2	92.3	92.3	92.3	92.3	92.3	92.3	92.3	
3150	78.6	79.7	81.5	84.1	86.9	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	
4000	75.6	77.0	78.9	81.5	83.7	85.9	85.9	85.9	85.9	85.9	85.9	85.9	
5000	71.5	73.2	75.3	77.9	80.0	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8	
6300	64.8	66.8	69.2	71.9	74.1	75.5	75.5	75.5	75.5	75.5	75.5	75.5	
8000	54.2	56.6	59.3	62.2	64.6	65.9	65.9	65.9	65.9	65.9	65.9	65.9	
10000	40.1	42.5	45.7	49.1	51.8	53.3	53.3	53.3	53.3	53.3	53.3	53.3	
Gesamtschallleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	101.0	103.9	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0

Tabelle 4: 5.x-158 – 106.0 dB Terz-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

4.2 5.x-158 – 105.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel

Die Oktav- und Terz-Spektren in diesem Abschnitt sind anwendbar für die angegebenen Nennleistungen, Rotordrehzahlsollwerte und Nabenhöhen.

Diese Betriebsart ist für die Nabenhöhe von 120.9 m nicht verfügbar.

Nabenhöhe [m]	Rotordrehzahlsollwerte [rpm]	Nennleistung [kW]
101.0	9.35	5300
120.9	N/A	N/A
150.0	9.35	5300
161.0	9.35	5300

A-bewertete Oktav-Spektren [dB]												
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Frequenz [Hz]	16	53.9	54.0	56.3	59.4	61.7	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5
	32	67.4	67.3	69.6	72.8	75.3	76.9	76.9	76.9	76.9	76.9	76.9
	63	76.3	77.1	79.2	82.0	84.4	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2
	125	83.0	85.0	87.1	89.0	90.8	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9
	250	86.8	88.7	91.8	94.1	95.9	96.6	96.6	96.6	96.6	96.6	96.6
	500	87.2	87.7	91.7	95.5	98.0	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9
	1000	87.6	87.0	90.6	95.1	98.5	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1
	2000	86.4	86.4	88.7	92.4	95.7	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7
	4000	80.9	82.2	84.0	86.6	88.9	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4
	8000	65.1	67.2	69.6	72.4	74.4	75.2	75.2	75.2	75.2	75.2	75.2
Gesamtschalleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	101.0	103.7	105.0	105.0	105.0	105.0	105.0	105.0	105.0

Tabelle 5: 5.x-158 – 105.0 dB Oktav-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

A-bewertete Terz-Spektren [dB]													
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Frequenz [Hz]	12.5	40.6	40.9	43.2	46.3	48.7	50.5	50.5	50.5	50.5	50.5	50.5	50.5
	16	47.3	47.4	49.7	52.8	55.2	56.9	56.9	56.9	56.9	56.9	56.9	56.9
	20	52.6	52.6	54.9	58.0	60.4	62.1	62.1	62.1	62.1	62.1	62.1	62.1
	25	57.3	57.3	59.6	62.7	65.1	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8
	32	61.5	61.6	63.9	67.0	69.4	71.1	71.1	71.1	71.1	71.1	71.1	71.1
	40	65.4	65.4	67.7	70.9	73.4	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
	50	68.4	68.5	70.8	74.0	76.5	78.3	78.3	78.3	78.3	78.3	78.3	78.3
	63	71.2	71.8	73.9	76.9	79.3	81.2	81.2	81.2	81.2	81.2	81.2	81.2
	80	73.6	74.7	76.7	79.3	81.6	83.4	83.4	83.4	83.4	83.4	83.4	83.4
	100	75.8	77.4	79.3	81.6	83.6	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2
	125	78.1	80.2	82.2	84.1	85.8	87.0	87.0	87.0	87.0	87.0	87.0	87.0
	160	79.8	82.0	84.3	86.0	87.7	88.6	88.6	88.6	88.6	88.6	88.6	88.6
	200	81.1	83.3	85.9	87.9	89.5	90.2	90.2	90.2	90.2	90.2	90.2	90.2
	250	82.1	84.0	87.1	89.4	91.1	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7
	315	82.7	84.2	87.8	90.5	92.4	93.0	93.0	93.0	93.0	93.0	93.0	93.0
	400	82.4	83.3	87.3	90.6	92.7	93.4	93.4	93.4	93.4	93.4	93.4	93.4
	500	82.5	83.0	87.0	90.9	93.4	94.2	94.2	94.2	94.2	94.2	94.2	94.2
	630	82.4	82.6	86.5	90.8	93.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7
	800	82.4	82.1	86.1	90.4	93.7	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0
	1000	82.7	82.1	85.7	90.2	93.7	95.3	95.3	95.3	95.3	95.3	95.3	95.3
1250	83.3	82.5	85.8	90.4	93.8	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7	
1600	82.4	82.0	84.6	88.9	92.3	94.3	94.3	94.3	94.3	94.3	94.3	94.3	
2000	81.7	81.8	83.9	87.6	90.9	93.0	93.0	93.0	93.0	93.0	93.0	93.0	
2500	80.5	81.0	82.9	86.0	88.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	
3150	78.6	79.7	81.5	84.1	86.6	88.3	88.3	88.3	88.3	88.3	88.3	88.3	
4000	75.6	77.0	78.9	81.5	83.5	84.8	84.8	84.8	84.8	84.8	84.8	84.8	
5000	71.5	73.2	75.3	77.9	79.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	
6300	64.8	66.8	69.2	71.9	73.9	74.7	74.7	74.7	74.7	74.7	74.7	74.7	
8000	54.2	56.6	59.3	62.2	64.4	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	
10000	40.1	42.5	45.7	49.1	51.5	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	
Gesamtschallleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	101.0	103.7	105.0	105.0	105.0	105.0	105.0	105.0	105.0	105.0

Tabelle 6: 5.x-158 – 105.0 dB Terz-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

4.3 4.x/5.x-158 – 104.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel

Die Oktav- und Terz-Spektren in diesem Abschnitt sind anwendbar für die angegebenen Nennleistungen, Rotordrehzahlsollwerte und Nabenhöhen.

Diese Betriebsart ist für die Nabenhöhe von 120.9 m nicht verfügbar.

Nabenhöhe [m]	Rotordrehzahlsollwerte [rpm]	Nennleistung [kW]
101.0	9.00	4800, 5100
120.9	N/A	N/A
150.0	9.00	4500, 4800, 5100
161.0	9.00	4500, 4800, 5100

A-bewertete Oktav-Spektren [dB]												
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Frequenz [Hz]	16	53.9	54.0	56.3	59.4	61.5	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4
	32	67.4	67.3	69.6	72.8	75.1	75.9	75.9	75.9	75.9	75.9	75.9
	63	76.3	77.1	79.2	82.0	84.2	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
	125	83.0	85.0	87.1	89.0	90.6	91.3	91.3	91.3	91.3	91.3	91.3
	250	86.8	88.7	91.8	94.1	95.7	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0
	500	87.2	87.7	91.7	95.5	97.8	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2
	1000	87.6	87.0	90.6	95.1	98.3	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9
	2000	86.4	86.4	88.7	92.4	95.4	96.2	96.2	96.2	96.2	96.2	96.2
	4000	80.9	82.2	84.0	86.6	88.7	89.3	89.3	89.3	89.3	89.3	89.3
	8000	65.1	67.2	69.6	72.4	74.2	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5
Gesamtschalleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	101.0	103.5	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0

Tabelle 7: 4.x/5.x-158 – 104.0 dB Oktav-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

A-bewertete Terz-Spektren [dB]												
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Frequenz [Hz]	12.5	40.6	40.9	43.2	46.3	48.5	49.4	49.4	49.4	49.4	49.4	49.4
	16	47.3	47.4	49.7	52.8	54.9	55.8	55.8	55.8	55.8	55.8	55.8
	20	52.6	52.6	54.9	58.0	60.2	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0
	25	57.3	57.3	59.6	62.7	64.9	65.7	65.7	65.7	65.7	65.7	65.7
	32	61.5	61.6	63.9	67.0	69.2	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0
	40	65.4	65.4	67.7	70.9	73.2	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0
	50	68.4	68.5	70.8	74.0	76.3	77.3	77.3	77.3	77.3	77.3	77.3
	63	71.2	71.8	73.9	76.9	79.1	80.3	80.3	80.3	80.3	80.3	80.3
	80	73.6	74.7	76.7	79.3	81.4	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5
	100	75.8	77.4	79.3	81.6	83.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4
	125	78.1	80.2	82.2	84.1	85.6	86.4	86.4	86.4	86.4	86.4	86.4
	160	79.8	82.0	84.3	86.0	87.5	88.1	88.1	88.1	88.1	88.1	88.1
	200	81.1	83.3	85.9	87.9	89.3	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7
	250	82.1	84.0	87.1	89.4	90.9	91.2	91.2	91.2	91.2	91.2	91.2
	315	82.7	84.2	87.8	90.5	92.2	92.5	92.5	92.5	92.5	92.5	92.5
	400	82.4	83.3	87.3	90.6	92.5	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8
	500	82.5	83.0	87.0	90.9	93.2	93.5	93.5	93.5	93.5	93.5	93.5
	630	82.4	82.6	86.5	90.8	93.5	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9
	800	82.4	82.1	86.1	90.4	93.5	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0
	1000	82.7	82.1	85.7	90.2	93.4	94.1	94.1	94.1	94.1	94.1	94.1
1250	83.3	82.5	85.8	90.4	93.5	94.3	94.3	94.3	94.3	94.3	94.3	
1600	82.4	82.0	84.6	88.9	92.0	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8	
2000	81.7	81.8	83.9	87.6	90.6	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	
2500	80.5	81.0	82.9	86.0	88.7	89.5	89.5	89.5	89.5	89.5	89.5	
3150	78.6	79.7	81.5	84.1	86.4	87.1	87.1	87.1	87.1	87.1	87.1	
4000	75.6	77.0	78.9	81.5	83.3	83.8	83.8	83.8	83.8	83.8	83.8	
5000	71.5	73.2	75.3	77.9	79.6	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	
6300	64.8	66.8	69.2	71.9	73.7	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	
8000	54.2	56.6	59.3	62.2	64.2	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	
10000	40.1	42.5	45.7	49.1	51.3	51.8	51.8	51.8	51.8	51.8	51.8	
Gesamtschalleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	101.0	103.5	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0

Tabelle 8: 4.x/5.x-158 – 104.0 dB Terz-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

4.4 4.x/5.x-158 – 103.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel

Die Oktav- und Terz-Spektren in diesem Abschnitt sind anwendbar für die angegebenen Nennleistungen, Rotordrehzahlsollwerte und Nabenhöhen.

Nabenhöhe [m]	Rotordrehzahlsollwerte [rpm]	Nennleistung [kW]
101.0	8.54	4800
120.9	8.54	4500, 4800
150.0	8.54	4500, 4800
161.0	8.54	4500, 4800

A-bewertete Oktav-Spektren [dB]												
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Frequenz [Hz]	16	53.9	54.0	56.3	59.4	61.3	61.3	61.3	61.3	61.3	61.3	61.3
	32	67.4	67.3	69.6	72.8	74.8	74.8	74.8	74.8	74.8	74.8	74.8
	63	76.3	77.1	79.2	82.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0
	125	83.0	85.0	87.1	89.0	90.2	90.2	90.2	90.2	90.2	90.2	90.2
	250	86.8	88.7	91.8	94.1	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2
	500	87.2	87.7	91.7	95.5	97.3	97.3	97.3	97.3	97.3	97.3	97.3
	1000	87.6	87.0	90.6	95.1	97.8	97.8	97.8	97.8	97.8	97.8	97.8
	2000	86.4	86.4	88.7	92.4	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1
	4000	80.9	82.2	84.0	86.6	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4
8000	65.1	67.2	69.6	72.4	73.8	73.8	73.8	73.8	73.8	73.8	73.8	
Gesamtschalleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	101.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0

Tabelle 9: 4.x/5.x-158 – 103.0 dB Oktav-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

A-bewertete Terz-Spektren [dB]													
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Frequenz [Hz]	12.5	40.6	40.9	43.2	46.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3
	16	47.3	47.4	49.7	52.8	54.7	54.7	54.7	54.7	54.7	54.7	54.7	54.7
	20	52.6	52.6	54.9	58.0	59.9	59.9	59.9	59.9	59.9	59.9	59.9	59.9
	25	57.3	57.3	59.6	62.7	64.6	64.6	64.6	64.6	64.6	64.6	64.6	64.6
	32	61.5	61.6	63.9	67.0	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9
	40	65.4	65.4	67.7	70.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9
	50	68.4	68.5	70.8	74.0	76.1	76.1	76.1	76.1	76.1	76.1	76.1	76.1
	63	71.2	71.8	73.9	76.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9
	80	73.6	74.7	76.7	79.3	81.2	81.2	81.2	81.2	81.2	81.2	81.2	81.2
	100	75.8	77.4	79.3	81.6	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1
	125	78.1	80.2	82.2	84.1	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
	160	79.8	82.0	84.3	86.0	87.1	87.1	87.1	87.1	87.1	87.1	87.1	87.1
	200	81.1	83.3	85.9	87.9	88.9	88.9	88.9	88.9	88.9	88.9	88.9	88.9
	250	82.1	84.0	87.1	89.4	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4
	315	82.7	84.2	87.8	90.5	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7
	400	82.4	83.3	87.3	90.6	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9
	500	82.5	83.0	87.0	90.9	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6
	630	82.4	82.6	86.5	90.8	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9
	800	82.4	82.1	86.1	90.4	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9
	1000	82.7	82.1	85.7	90.2	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9
1250	83.3	82.5	85.8	90.4	93.1	93.1	93.1	93.1	93.1	93.1	93.1	93.1	
1600	82.4	82.0	84.6	88.9	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	
2000	81.7	81.8	83.9	87.6	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3	
2500	80.5	81.0	82.9	86.0	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4	
3150	78.6	79.7	81.5	84.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	
4000	75.6	77.0	78.9	81.5	83.0	83.0	83.0	83.0	83.0	83.0	83.0	83.0	
5000	71.5	73.2	75.3	77.9	79.3	79.3	79.3	79.3	79.3	79.3	79.3	79.3	
6300	64.8	66.8	69.2	71.9	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	
8000	54.2	56.6	59.3	62.2	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8	
10000	40.1	42.5	45.7	49.1	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	
Gesamtschalleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	101.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	

Tabelle 10: 4.x/5.x-158 – 103.0 dB Terz-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

4.5 4.x/5.x-158 – 102.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel

Die Oktav- und Terz-Spektren in diesem Abschnitt sind anwendbar für die angegebenen Nennleistungen, Rotordrehzahlsollwerte und Nabenhöhen.

Nabenhöhe [m]	Rotordrehzahlsollwerte [rpm]	Nennleistung [kW]
101.0	8.20	4650
120.9	8.20	4500, 4650
150.0	8.20	4500, 4650
161.0	8.20	4500, 4650

A-bewertete Oktav-Spektren [dB]													
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Frequenz [Hz]	16	53.9	54.0	56.3	59.4	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5
	32	67.4	67.3	69.6	72.8	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0
	63	76.3	77.1	79.2	82.0	83.2	83.2	83.2	83.2	83.2	83.2	83.2	83.2
	125	83.0	85.0	87.1	89.0	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6
	250	86.8	88.7	91.8	94.1	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5
	500	87.2	87.7	91.7	95.5	96.3	96.3	96.3	96.3	96.3	96.3	96.3	96.3
	1000	87.6	87.0	90.6	95.1	96.6	96.6	96.6	96.6	96.6	96.6	96.6	96.6
	2000	86.4	86.4	88.7	92.4	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0
	4000	80.9	82.2	84.0	86.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6
8000	65.1	67.2	69.6	72.4	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1	
Gesamtschalleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	101.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	

Tabelle 11: 4.x/5.x-158 – 102.0 dB Oktav-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

A-bewertete Terz-Spektren [dB]													
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Frequenz [Hz]	12.5	40.6	40.9	43.2	46.3	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5
	16	47.3	47.4	49.7	52.8	53.9	53.9	53.9	53.9	53.9	53.9	53.9	53.9
	20	52.6	52.6	54.9	58.0	59.1	59.1	59.1	59.1	59.1	59.1	59.1	59.1
	25	57.3	57.3	59.6	62.7	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8
	32	61.5	61.6	63.9	67.0	68.1	68.1	68.1	68.1	68.1	68.1	68.1	68.1
	40	65.4	65.4	67.7	70.9	72.1	72.1	72.1	72.1	72.1	72.1	72.1	72.1
	50	68.4	68.5	70.8	74.0	75.3	75.3	75.3	75.3	75.3	75.3	75.3	75.3
	63	71.2	71.8	73.9	76.9	78.2	78.2	78.2	78.2	78.2	78.2	78.2	78.2
	80	73.6	74.7	76.7	79.3	80.5	80.5	80.5	80.5	80.5	80.5	80.5	80.5
	100	75.8	77.4	79.3	81.6	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5
	125	78.1	80.2	82.2	84.1	84.7	84.7	84.7	84.7	84.7	84.7	84.7	84.7
	160	79.8	82.0	84.3	86.0	86.5	86.5	86.5	86.5	86.5	86.5	86.5	86.5
	200	81.1	83.3	85.9	87.9	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2
	250	82.1	84.0	87.1	89.4	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7
	315	82.7	84.2	87.8	90.5	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9
	400	82.4	83.3	87.3	90.6	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1
	500	82.5	83.0	87.0	90.9	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6
	630	82.4	82.6	86.5	90.8	91.8	91.8	91.8	91.8	91.8	91.8	91.8	91.8
	800	82.4	82.1	86.1	90.4	91.8	91.8	91.8	91.8	91.8	91.8	91.8	91.8
	1000	82.7	82.1	85.7	90.2	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7
1250	83.3	82.5	85.8	90.4	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9	
1600	82.4	82.0	84.6	88.9	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	
2000	81.7	81.8	83.9	87.6	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	
2500	80.5	81.0	82.9	86.0	87.4	87.4	87.4	87.4	87.4	87.4	87.4	87.4	
3150	78.6	79.7	81.5	84.1	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2	
4000	75.6	77.0	78.9	81.5	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	
5000	71.5	73.2	75.3	77.9	78.6	78.6	78.6	78.6	78.6	78.6	78.6	78.6	
6300	64.8	66.8	69.2	71.9	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	
8000	54.2	56.6	59.3	62.2	63.0	63.0	63.0	63.0	63.0	63.0	63.0	63.0	
10000	40.1	42.5	45.7	49.1	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	
Gesamtschallleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	101.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0

Tabelle 12: 4.x/5.x-158 – 102.0 dB Terz-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

4.6 4.x/5.x-158 – 101.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel

Die Oktav- und Terz-Spektren in diesem Abschnitt sind anwendbar für die angegebenen Nennleistungen, Rotordrehzahlsollwerte und Nabenhöhen.

Nabenhöhe [m]	Rotordrehzahlsollwerte [rpm]	Nennleistung [kW]
101.0	7.66	4340
120.9	7.66	4340
150.0	7.66	4340
161.0	7.66	4340

A-bewertete Oktav-Spektren [dB]												
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Frequenz [Hz]	16	53.9	54.0	56.3	59.6	59.6	59.6	59.6	59.6	59.6	59.6	59.6
	32	67.4	67.3	69.6	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1
	63	76.3	77.1	79.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2
	125	83.0	85.0	87.1	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0
	250	86.8	88.7	91.8	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9
	500	87.2	87.7	91.7	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4
	1000	87.6	87.0	90.6	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2
	2000	86.4	86.4	88.7	92.7	92.7	92.7	92.7	92.7	92.7	92.7	92.7
	4000	80.9	82.2	84.0	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9
8000	65.1	67.2	69.6	72.5	72.5	72.5	72.5	72.5	72.5	72.5	72.5	
Gesamtschalleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0

Tabelle 13: 4.x/5.x-158 – 101.0 dB Oktav-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

A-bewertete Terz-Spektren [dB]													
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Frequenz [Hz]	12.5	40.6	40.9	43.2	46.6	46.6	46.6	46.6	46.6	46.6	46.6	46.6	46.6
	16	47.3	47.4	49.7	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0
	20	52.6	52.6	54.9	58.2	58.2	58.2	58.2	58.2	58.2	58.2	58.2	58.2
	25	57.3	57.3	59.6	62.9	62.9	62.9	62.9	62.9	62.9	62.9	62.9	62.9
	32	61.5	61.6	63.9	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2
	40	65.4	65.4	67.7	71.2	71.2	71.2	71.2	71.2	71.2	71.2	71.2	71.2
	50	68.4	68.5	70.8	74.2	74.2	74.2	74.2	74.2	74.2	74.2	74.2	74.2
	63	71.2	71.8	73.9	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1
	80	73.6	74.7	76.7	79.5	79.5	79.5	79.5	79.5	79.5	79.5	79.5	79.5
	100	75.8	77.4	79.3	81.7	81.7	81.7	81.7	81.7	81.7	81.7	81.7	81.7
	125	78.1	80.2	82.2	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0
	160	79.8	82.0	84.3	85.9	85.9	85.9	85.9	85.9	85.9	85.9	85.9	85.9
	200	81.1	83.3	85.9	87.7	87.7	87.7	87.7	87.7	87.7	87.7	87.7	87.7
	250	82.1	84.0	87.1	89.1	89.1	89.1	89.1	89.1	89.1	89.1	89.1	89.1
	315	82.7	84.2	87.8	90.2	90.2	90.2	90.2	90.2	90.2	90.2	90.2	90.2
	400	82.4	83.3	87.3	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3
	500	82.5	83.0	87.0	90.7	90.7	90.7	90.7	90.7	90.7	90.7	90.7	90.7
	630	82.4	82.6	86.5	90.8	90.8	90.8	90.8	90.8	90.8	90.8	90.8	90.8
	800	82.4	82.1	86.1	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5
	1000	82.7	82.1	85.7	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4
1250	83.3	82.5	85.8	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	
1600	82.4	82.0	84.6	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	
2000	81.7	81.8	83.9	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	
2500	80.5	81.0	82.9	86.3	86.3	86.3	86.3	86.3	86.3	86.3	86.3	86.3	
3150	78.6	79.7	81.5	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	
4000	75.6	77.0	78.9	81.7	81.7	81.7	81.7	81.7	81.7	81.7	81.7	81.7	
5000	71.5	73.2	75.3	78.0	78.0	78.0	78.0	78.0	78.0	78.0	78.0	78.0	
6300	64.8	66.8	69.2	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	
8000	54.2	56.6	59.3	62.3	62.3	62.3	62.3	62.3	62.3	62.3	62.3	62.3	
10000	40.1	42.5	45.7	49.1	49.1	49.1	49.1	49.1	49.1	49.1	49.1	49.1	
Gesamtschallleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0

Tabelle 14: 4.x/5.x-158 – 101.0 dB Terz-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

4.7 4.x/5.x-158 – 100.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel

Die Oktav- und Terz-Spektren in diesem Abschnitt sind anwendbar für die angegebenen Nennleistungen, Rotordrehzahlsollwerte und Nabenhöhen.

Nabenhöhe [m]	Rotordrehzahlsollwerte [rpm]	Nennleistung [kW]
101.0	7.22	4090
120.9	7.22	4090
150.0	7.22	4090
161.0	7.22	4090

A-bewertete Oktav-Spektren [dB]												
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Frequency [Hz]	16	53.9	54.0	56.3	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9
	32	67.4	67.3	69.6	72.3	72.3	72.3	72.3	72.3	72.3	72.3	72.3
	63	76.3	77.1	79.2	81.6	81.6	81.6	81.6	81.6	81.6	81.6	81.6
	125	83.0	85.0	87.1	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4
	250	86.8	88.7	91.8	93.1	93.1	93.1	93.1	93.1	93.1	93.1	93.1
	500	87.2	87.7	91.7	94.3	94.3	94.3	94.3	94.3	94.3	94.3	94.3
	1000	87.6	87.0	90.6	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0
	2000	86.4	86.4	88.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7
	4000	80.9	82.2	84.0	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2
8000	65.1	67.2	69.6	71.8	71.8	71.8	71.8	71.8	71.8	71.8	71.8	
Gesamtschalleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Tabelle 15: 4.x/5.x-158 – 100.0 dB Oktav-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

A-bewertete Terz-Spektren [dB]													
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Frequenz [Hz]	12.5	40.6	40.9	43.2	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9
	16	47.3	47.4	49.7	52.3	52.3	52.3	52.3	52.3	52.3	52.3	52.3	52.3
	20	52.6	52.6	54.9	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5
	25	57.3	57.3	59.6	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2
	32	61.5	61.6	63.9	66.5	66.5	66.5	66.5	66.5	66.5	66.5	66.5	66.5
	40	65.4	65.4	67.7	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4
	50	68.4	68.5	70.8	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5
	63	71.2	71.8	73.9	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4
	80	73.6	74.7	76.7	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9
	100	75.8	77.4	79.3	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
	125	78.1	80.2	82.2	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5
	160	79.8	82.0	84.3	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4
	200	81.1	83.3	85.9	87.0	87.0	87.0	87.0	87.0	87.0	87.0	87.0	87.0
	250	82.1	84.0	87.1	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4
	315	82.7	84.2	87.8	89.4	89.4	89.4	89.4	89.4	89.4	89.4	89.4	89.4
	400	82.4	83.3	87.3	89.3	89.3	89.3	89.3	89.3	89.3	89.3	89.3	89.3
	500	82.5	83.0	87.0	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6
	630	82.4	82.6	86.5	89.5	89.5	89.5	89.5	89.5	89.5	89.5	89.5	89.5
	800	82.4	82.1	86.1	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2
	1000	82.7	82.1	85.7	89.1	89.1	89.1	89.1	89.1	89.1	89.1	89.1	89.1
1250	83.3	82.5	85.8	89.3	89.3	89.3	89.3	89.3	89.3	89.3	89.3	89.3	
1600	82.4	82.0	84.6	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	
2000	81.7	81.8	83.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	
2500	80.5	81.0	82.9	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	
3150	78.6	79.7	81.5	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	
4000	75.6	77.0	78.9	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	
5000	71.5	73.2	75.3	77.4	77.4	77.4	77.4	77.4	77.4	77.4	77.4	77.4	
6300	64.8	66.8	69.2	71.3	71.3	71.3	71.3	71.3	71.3	71.3	71.3	71.3	
8000	54.2	56.6	59.3	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6	
10000	40.1	42.5	45.7	48.2	48.2	48.2	48.2	48.2	48.2	48.2	48.2	48.2	
Gesamtschallleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Tabelle 16: 4.x/5.x-158 – 100.0 dB Terz-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

5 Unsicherheitsangaben

Die o. g. immissionsrelevanten Schallleistungspegel sind Mittelwerte repräsentativer Gruppen von Windenergieanlagen. In den Angaben sind keine Aufschläge für Unsicherheiten enthalten. Hinweise zu Unsicherheiten in Zusammenhang mit Messungen und Mittelwerten sind in IEC 61400-11 und IEC/TS 61400-14 erläutert, weitere Hinweise zur Anwendung finden sich in Kapitel 7 dieses Dokuments.

Nach LAI Empfehlung ist für σ_P ein Wert von 1,2 dB zu verwenden.

Die Unsicherheiten bei Oktav- und Terz-Schallleistungspegeln liegen in der Regel höher als bei Gesamtschallleistungspegeln. Hinweise hierzu finden Sie in IEC 61400-11.

6 Tonalität

Für den Referenzmesspunkt im Abstand r_0 gemäß IEC 61400-11 wird für die 4.x/5.x-158 Windenergieanlagen, ungeachtet der Windgeschwindigkeit, ein Wert für die Tonhaltigkeit im Nahbereich von $\Delta L_{a,k} < 2$ dB, bzw. $K_{TN} \leq 1$ dB gemäß FGW, angegeben.

7 Terminologie nach IEC 61400-11 und IEC/TS 61400-14

- $L_{WA,k}$ ist der immissionsrelevante Schallleistungspegel der WEA (bezogen auf $10^{-12}W$), der mit A-Bewertung als Funktion der Windgeschwindigkeit ermittelt wurde. Wird er von mehreren Messberichten nach IEC 61400-11 abgeleitet, wird er als Mittelwert angenommen.
- u_c ist die Messunsicherheit für Schallmessverfahren, wie in IEC 61400-11 definiert. Dies ist keine Eigenschaft des Produktes, sondern der Messung und kann daher nicht von GE spezifiziert werden. Bei durchschnittlichen Test- bzw. Messbedingungen beträgt der typische Wert für u_c 0,7 dB – 1,0 dB.
- σ_P ist die Produktstreuung, d. h. die Produktabweichung von einer 4.x/5.x-158 Einheit zur nächsten, gemäß IEC/TS 61400-14. Dies ist eine Eigenschaft des Produktes und kann daher von GE spezifiziert werden (siehe Kapitel 5).
- σ_R ist die gesamte Test-Reproduzierbarkeit, wie in IEC/TS 61400-14 definiert. Dies ist keine Eigenschaft des Produktes, sondern der Messung und kann daher nicht von GE spezifiziert werden. Für typische Tests bzw. Messungen gemäß IEC 61400-11 wird ein Wert von $\sigma_R = 0,5$ dB weitgehend akzeptiert.
- σ_T ist die Gesamtstandardabweichung und kombiniert sowohl σ_P als auch σ_R (siehe IEC/TS 61400-14)
- $\Delta L_{a,k}$ ist die tonale Hörbarkeit gemäß IEC 61400-11, auch bezeichnet als potenziell hörbares, schmalbandiges Geräusch.

8 Referenzdokumente

- IEC 61400-11, Windkraftanlagen Teil 11: Schallmessverfahren, Ausgabe 2.1 (2006-11) oder Ausgabe 3 (2012-11)
- IEC/TS 61400-14, Windenergieanlagen – Teil 14: Angabe der immissionsrelevanten Schallleistungspegel- und Tonalitätswerte, Ausgabe 1 (2005-03).
- MNPT – "Machine Noise Performance Test", Technische Dokumentation
- Technische Richtlinie für Windenergieanlagen, Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Rev. 18, 01.02.2008, Fördergesellschaft Windenergie (FGW).

Anhang I - Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe für alle Nabenhöhen

Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe für alle Nabenhöhen												
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabenhöhe von 101 m [m/s]	2.8	3.5	4.2	4.9	5.6	6.3	7.0	7.7	8.4	9.0	9.7	10.4
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabenhöhe von 120.9 m [m/s]	2.7	3.4	4.1	4.8	5.4	6.1	6.8	7.5	8.2	8.8	9.5	10.2
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabenhöhe von 150.0 m [m/s]	2.6	3.3	4.0	4.6	5.3	6.0	6.6	7.3	7.9	8.6	9.3	9.9
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabenhöhe von 161.0 m [m/s]	2.6	3.3	3.9	4.6	5.2	5.9	6.6	7.2	7.9	8.5	9.2	9.8

**Schalltechnisches Gutachten für die Errichtung
und den Betrieb von fünf neuen Windenergieanlagen im
Windpark Nartum im Landkreis Rotenburg (Wümme)**

Dokumenten-Nr.:	18-189-GBK-04	Messstelle nach § 29b BImSchG
Datum:	17.12.2018	
Auftraggeber:	Energiekontor AG Mary-Somerville-Str. 5 28359 Bremen	
Auftragnehmer:	T&H Ingenieure GmbH Bremerhavener Heerstraße 10 28717 Bremen	
	Fon: +49 (0) 421 7940 060-0 Fax: +49 (0) 421 7940 060-1 E-Mail: info@th-ingenieure.de	
Bearbeiter:	B. Eng Björn Klefeker	

Dieses Gutachten umfasst 18 Seiten Textteil und 18 Seiten Anlagen. Eine auszugsweise Veröffentlichung des Gutachtens bedarf der vorherigen schriftlichen Genehmigung der unterzeichnenden Gutachter.

Gliederung

1	Zusammenfassung.....	3
2	Ausgangslage und Zielsetzung	4
3	Angewandte Vorschriften, Normen, Richtlinien	4
4	Örtliche Gegebenheiten	5
5	Anlagenbeschreibung.....	6
6	Grundlagen zur Geräuschbeurteilung.....	6
7	Immissionsorte, Zuordnung nach der Bauleitplanung bzw. Schutzbedürftigkeit	10
8	Schallquellen.....	11
8.1	Gewerbliche Vorbelastung	11
8.2	Fremdgeräusche.....	11
8.3	Schallleistungspegel der Windenergieanlagen.....	11
9	Ermittlung und Beurteilung der Geräuschimmissionen	13
9.1	Schallausbreitungsmodell	13
9.2	Ergebnisse und Beurteilung	15
9.3	Qualität der Ergebnisse	17
9.4	Tieffrequente Geräusche	17

Anlagen

A-1	Lageplan mit Immissionsorten und Schallquellen
A-2	Eingabedaten
A-3	Darstellung der Beurteilungspegel und Teilbeurteilungspegel
A-4	Immissionsraster
A-5	Berechnungsprotokoll IO 1
A-6	Fotodokumentation

1 Zusammenfassung

Die Energiekontor AG plant die Errichtung von 5 neuen Windenergieanlagen des Typs GE 5.3-158 5.3 MW mit einer Leistung von 5,3 MW und einer Nabenhöhe von 161 m im Windpark Nartum im Landkreis Rotenburg (Wümme) in Niedersachsen. Im Rahmen des Gutachtens sollen die Schallimmissionen, verursacht durch den Betrieb der geplanten und vorhandenen Anlagen, berechnet und nach TA Lärm /1/ beurteilt werden.

Mit dem Beschluss vom 5./6. September 2017 hat die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) den Ländern die überarbeiteten LAI-Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA) /8/ zur Anwendung empfohlen. Hauptbestandteil der neuen LAI-Hinweise ist die Verwendung der „Dokumentation zur Schallausbreitung - Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1“ /9/. Diese sieht u. a. den Wegfall der Bodendämpfung, den Wegfall der meteorologischen Dämpfung C_{met} sowie die Berücksichtigung von frequenzselektiven Schalleingangsdaten vor. Diese Hinweise beinhalten demnach eine Anpassung des bislang üblichen Prognoseverfahrens an die Besonderheiten hoher WEA.

Für das Bundesland Niedersachsen liegt zum aktuellen Zeitpunkt noch kein Einführungserlass zu den überarbeiteten LAI-Hinweisen /8/ bzw. des Interimsverfahrens /9/ vor. In vorheriger Abstimmung mit dem Landkreis Rotenburg (Wümme) wurden die Schallimmissionen, verursacht durch den Betrieb der geplanten Anlagen, daher zum einen nach dem bisherigen alternativen Berechnungsverfahren gemäß DIN ISO 9613-2 /2/ und zum anderen gemäß der überarbeiteten LAI-Hinweise /8/ bzw. des Interimsverfahrens /9/ durchgeführt. Die Berechnungsergebnisse wurden anschließend gegenübergestellt und miteinander verglichen.

In der Umgebung des Windparks wurden für die schalltechnischen Berechnungen insgesamt 9 maßgebliche Immissionsorte festgesetzt.

Die Berechnungen zeigen, dass die Immissionsrichtwerte bzw. der erhöhte Immissionsrichtwert aufgrund der Außenbereichslage der TA Lärm /1/ tags an allen Immissionsorten um mehr als 10 dB durch den oberen Vertrauensbereich des Beurteilungspegels der Zusatzbelastung sowohl nach dem Interimsverfahren /9/ als auch nach alternativen Berechnungsverfahren gemäß DIN ISO 9613-2 /2/ unterschritten werden. Damit liegen die Immissionsorte gemäß TA Lärm, Nr. 2.2, Abs. 1 /1/ tagsüber außerhalb des Einwirkungsgebietes der Anlage. Nachts wird der Immissionsrichtwert bzw. der erhöhte Immissionsrichtwert aufgrund der Außenbereichslage ebenfalls an allen Immissionsorten sowohl nach dem Interimsverfahren /9/ als auch nach alternativen Berechnungsverfahren gemäß DIN ISO 9613-2 /2/ unterschritten. Im Vergleich der Berechnungsvarianten zeigt sich, dass sich durch das Interimsverfahren /9/ an den maßgeblichen Immissionsorten um 1 bis 2 dB höhere Beurteilungspegel ergeben als durch das alternative Berechnungsverfahren.

Eine Überschreitung des Spitzenpegelkriteriums nach TA Lärm, Nr. 6.1 /1/ durch einzelne, kurzzeitige Geräuschspitzen ist nicht zu erwarten. Tieffrequente Geräusche werden in Abschnitt 9.4 gesondert betrachtet.

Damit sind die fünf geplanten WEA vom Typ GE 5.3-158 5.3 MW aus schalltechnischer Sicht tags und nachts im leistungsoptimierten Betrieb genehmigungsfähig.

2 Ausgangslage und Zielsetzung

Die Energiekontor AG plant die Errichtung von 5 neuen Windenergieanlagen des Typs GE 5.3-158 5.3 MW mit einer Leistung von 5,3 MW und einer Nabenhöhe von 161 m im Windpark Nartum im Landkreis Rotenburg (Wümme) in Niedersachsen. Im Rahmen des Gutachtens sollen die Schallimmissionen, verursacht durch den Betrieb der geplanten und vorhandenen Anlagen, berechnet und nach TA Lärm /1/ beurteilt werden.

Mit dem Beschluss vom 5./6. September 2017 hat die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) den Ländern die überarbeiteten LAI-Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA) /8/ zur Anwendung empfohlen. Hauptbestandteil der neuen LAI-Hinweise ist die Verwendung der „Dokumentation zur Schallausbreitung - Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1“ /9/. Diese sieht u. a. den Wegfall der Bodendämpfung, den Wegfall der meteorologischen Dämpfung C_{met} sowie die Berücksichtigung von frequenzselektiven Schalleingangsdaten vor. Diese Hinweise beinhalten demnach eine Anpassung des bislang üblichen Prognoseverfahrens an die Besonderheiten hoher WEA.

Für das Bundesland Niedersachsen liegt zum aktuellen Zeitpunkt noch kein Einführungserlass zu den überarbeiteten LAI-Hinweisen /8/ bzw. des Interimsverfahrens /9/ vor. In vorheriger Abstimmung mit dem Landkreis Rotenburg (Wümme) sollen die Schallimmissionen, verursacht durch den Betrieb der geplanten Anlagen, daher zum einen nach dem bisherigen alternativen Berechnungsverfahren gemäß DIN ISO 9613-2 /2/ und zum anderen gemäß der überarbeiteten LAI-Hinweise /8/ bzw. des Interimsverfahrens /9/ durchgeführt werden. Die Berechnungsergebnisse sollen anschließend gegenübergestellt und miteinander verglichen werden. Bei Bedarf sollen Minderungsmaßnahmen ausgearbeitet werden.

3 Angewandte Vorschriften, Normen, Richtlinien

Grundlage für die Ausarbeitung sind u. a. die folgenden Vorschriften und Richtlinien:

- /1/ Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm -, 8/98, veröffentlicht im Gemeinsamen Ministerialblatt Nr. 26 vom 28.8.98, Seite 503 ff, zuletzt geändert durch Bekanntmachung des BMUB vom 1. Juni 2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5) in Kraft getreten am 9. Juni 2017,

- /2/ DIN ISO 9613-2: Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, 10/99,
- /3/ DIN 45645-1: Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen, Teil 1: Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft,
- /4/ DIN 45680: Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft, 3/97,
- /5/ DIN 4109: Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise, 11/89,
- /6/ DIN EN 61400-11: Windenergieanlagen - Teil 11: Schallmessverfahren, 03/2007,
- /7/ Fördergesellschaft Windenergie e.V.: Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Teil 0: Allgemeine Anforderungen, Stand 01.12.2001 und Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Revision 18, Stand 01.02.2008.

Weitere verwendete Unterlagen:

- /8/ Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI): Überarbeiteter Entwurf vom 17.03.2016 mit Änderungen PhysE vom 23.06.2016, Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windenergieanlagen, Stand 30.06.2016,
- /9/ Dokumentation zur Schallausbreitung: Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1,
- /10/ Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen an Land (Windenergieerlass), vom 24.02.2016 -MU-52-29211/1/300-,
- /11/ Technische Dokumentation Windenergieanlagen 5.3-158 - 50 Hz, Schallleistung Normalbetrieb gemäß FGW inkl. Terz- und Oktavbandspektren, GE Renewable Energy, Dokument Nr. Noise_Emission-NO_5.3-158-50Hz_FGW_GE_r03.docx, 2018,
- /12/ Technische Dokumentation Windenergieanlagen 5.3-158 - 50 Hz, Schallleistung Schallreduzierter Betrieb gemäß FGW inkl. Terz- und Oktavbandspektren, GE Renewable Energy, Dokument Nr. Noise_Emission-NRO_5.3-158-50Hz_FGW_GE_r03.docx, 2018.

4 Örtliche Gegebenheiten

Der Windpark Nartum befindet sich südöstlich von Nartum und nordöstlich von Horstedt im Landkreis Rotenburg (Wümme) in Niedersachsen. Südlich des geplanten Windparks verläuft außerdem die Autobahn A1 zwischen Bremen und Hamburg. Die nächstgelegenen Wohnbebauungen befinden sich nordwestlich, nordöstlich und südlich der geplanten Windenergieanlagen.

Das Gelände weist keine für die Schallausbreitungsberechnung relevanten Höhenunterschiede auf. Einen genauen Überblick über die örtlichen Gegebenheiten vermitteln der Lageplan sowie die Fotodokumentation im Anhang des Berichtes.

5 Anlagenbeschreibung

Die geplanten Windenergieanlagen weisen folgende technische Eigenschaften auf:

Typ:	GE 5.3-158 5.3 MW (mit Serrations)
Leistungsbegrenzung:	pitch
Drehzahlregelung:	variabel
Nennleistung:	5.300 kW
Rotordurchmesser:	158 m
Rotorblätter:	3
Nabenhöhe:	161 m
Turmart:	Hybridturm

Für die geplanten fünf Windenergieanlagen wurden vom Auftraggeber folgende Standortkoordinaten angegeben:

Tabelle 1 Koordinaten der gepl. Windenergieanlagen, GE 5.3-158, NH=161 m

Anlage	Koordinaten und Nabenhöhen, UTM ETRS 89, Zone 32			Typ
	Rechtswert in m	Hochwert in m	Z in m über GOK	
WEA 01	516951,6	5893348,6	161	GE 5.3-158 5.3 MW
WEA 02	517382,8	5893177,4	161	GE 5.3-158 5.3 MW
WEA 03	517470,9	5893569,8	161	GE 5.3-158 5.3 MW
WEA 04	517852,9	5893426,3	161	GE 5.3-158 5.3 MW
WEA 05	518272,9	5893705,0	161	GE 5.3-158 5.3 MW

Die Lage der Standorte kann auch dem Lageplan in Anlage 1 entnommen werden.

6 Grundlagen zur Geräuschbeurteilung

Die Einwirkung des zu beurteilenden Geräusches wird entsprechend der TA Lärm /1/ anhand eines Beurteilungspegels bewertet, der aus den A-bewerteten Schallpegeln unter Berücksichtigung der Einwirkdauer, der Tageszeit des Auftretens und besonderen Zuschlägen, z. B. für Töne, Impulse oder den Informationsgehalt, gebildet wird.

Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit K_T :

Für die Teilzeiten, in denen in den zu beurteilenden Geräuschimmissionen ein oder mehrere Töne hervortreten oder in denen das Geräusch informationshaltig ist, ist für den Zuschlag K_T

je nach Auffälligkeit der Wert 3 oder 6 dB anzusetzen. Bei Anlagen, deren Geräusche nicht ton- oder informationshaltig sind, ist $K_T = 0$ dB.

Falls Erfahrungswerte von vergleichbaren Anlagen und Anlagenteilen vorliegen, ist von diesen auszugehen.

Zuschlag für Impulshaltigkeit K_I :

Für die Teilzeiten, in denen das zu beurteilende Geräusch Impulse enthält, ist für den Zuschlag K_I je nach Störwirkung der Wert 3 oder 6 dB anzusetzen. Bei Anlagen, deren Geräusche keine Impulse enthalten, ist $K_I = 0$ dB.

Falls Erfahrungswerte von vergleichbaren Anlagen und Anlagenteilen vorliegen, ist von diesen auszugehen.

Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit:

Für folgende Zeiten ist in Gebieten nach Buchstaben e) bis g) (siehe unten) bei der Ermittlung des Beurteilungspegels die erhöhte Störwirkung von Geräuschen durch einen Zuschlag von 6 dB zu berücksichtigen:

- | | |
|----------------------------|--|
| 1. an Werktagen | 06.00 - 07.00 Uhr,
20.00 - 22.00 Uhr. |
| 2. an Sonn- und Feiertagen | 06.00 - 09.00 Uhr,
13.00 - 15.00 Uhr,
20.00 - 22.00 Uhr. |

Die Immissionsrichtwerte sind gemäß Abschnitt 6.1 der TA Lärm /1/ wie folgt festgelegt:

Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden:

Beurteilungspegel werden vor dem Vergleich mit dem Immissionsrichtwert mathematisch korrekt auf ganze Zahlen gerundet. Die Immissionsrichtwerte für den Beurteilungspegel betragen für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden

a) in Industriegebieten

70 dB(A)

b) in Gewerbegebieten

tags 65 dB(A)
nachts 50 dB(A)

c) in urbanen Gebieten

tags 63 dB(A)
nachts 45 dB(A)

d) in Kerngebieten, Dorfgebieten und Mischgebieten

tags 60 dB(A)
nachts 45 dB(A)

e) in allgemeinen Wohngebieten und Kleinsiedlungsgebieten

tags 55 dB(A)
nachts 40 dB(A)

f) in reinen Wohngebieten

tags 50 dB(A)
nachts 35 dB(A)

g) in Kurgebieten, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten

tags 45 dB(A)
nachts 35 dB(A).

Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte am Tage um nicht mehr als 30 dB(A) und in der Nacht um nicht mehr als 20 dB(A) überschreiten.

Die Immissionsrichtwerte gelten während des Tages für eine Beurteilungszeit von 16 Stunden. Maßgebend für die Beurteilung der Nacht ist die volle Nachtstunde (z. B. 1.00 bis 2.00 Uhr) mit dem höchsten Beurteilungspegel, zu dem die zu beurteilende Anlage relevant beiträgt. Die Nachtzeit beträgt acht Stunden, sie beginnt im Allgemeinen um 22.00 Uhr und endet um 6.00 Uhr. Im Fall abweichender örtlicher Regelungen sind diese zu Grunde zulegen.

Zur Zuordnung der Einwirkungsorte zu den unter a) bis g) bezeichneten Gebieten und Einrichtungen ist in der TA Lärm /1/ folgendes festgelegt:

Die Art der mit a) bis g) bezeichneten Gebiete und Einrichtungen ergibt sich aus den Festlegungen in den Bebauungsplänen. Sonstige in Bebauungsplänen festgesetzte Flächen für Gebiete und Einrichtungen sowie Gebiete und Einrichtungen, für die keine Festsetzungen bestehen, sind entsprechend der Schutzbedürftigkeit unter Berücksichtigung der tatsächlichen Nutzung zu beurteilen.

Immissionsrichtwerte für seltene Ereignisse:

Wenn in seltenen Fällen oder über eine begrenzte Zeitdauer, aber an nicht mehr als an zehn Tagen oder Nächten eines Kalenderjahres und nicht an mehr als an jeweils zwei aufeinander folgenden Wochenenden die oben angegebenen Immissionsrichtwerte auch bei Einhaltung des Standes der Technik zur Lärminderung nicht eingehalten werden können, kann von einer Anordnung abgesehen werden.

In der Regel sind jedoch unzumutbare Geräuschbelästigungen anzunehmen, wenn auch durch seltene Ereignisse bei anderen Anlagen Überschreitungen der oben angegebenen Immissionsrichtwerte verursacht werden können und am selben Einwirkungsort Überschreitungen an mehr als 14 Kalendertagen eines Jahres auftreten.

Folgende Werte dürfen in Gebieten nach Nr. b) bis g) (Gewerbegebiete bis Kurgebiete) nicht überschritten werden:

tags 70 dB(A),
nachts 55 dB(A).

Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen diese Werte

in Gebieten nach Nr. b) (Gewerbegebiete)
am Tage um nicht mehr als 25 dB,
in der Nacht um nicht mehr als 15 dB überschreiten und

in Gebieten nach Nr. c) bis g) (urbane Gebiete bis Kurgebiete)
am Tage um nicht mehr als 20 dB und
in der Nacht um nicht mehr als 10 dB überschreiten.

Gemengelage

Eine Gemengelage im Sinne der TA Lärm, Nr. 6.7 /1/ liegt immer dann vor, wenn gewerblich, industriell oder hinsichtlich ihrer Geräuschauswirkungen vergleichbar genutzte und zum Wohnen dienende Gebiete aneinandergrenzen. Wenn dies der Fall ist, können die für die zum Wohnen dienenden Gebiete geltenden Immissionsrichtwerte auf ein geeigneten Zwischenwert der für die aneinandergrenzenden Gebietskategorien geltenden Werte erhöht werden, soweit dies nach der gegenseitigen Pflicht zur Rücksichtnahme erforderlich ist. Die Immissionsrichtwerte für Kern-, Dorf- und Mischgebiete sollen dabei nicht überschritten werden (60 dB(A) in der Tageszeit und 45 dB(A) in der Nachtzeit).

7 Immissionsorte, Zuordnung nach der Bauleitplanung bzw. Schutzbedürftigkeit

Unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten wurden folgende maßgebliche Immissionsorte für die Beurteilung der Geräuschimmissionen, verursacht durch das geplante Vorhaben, festgesetzt:

Tabelle 2 Einstufung der maßgeblichen Immissionsorte nach der Bauleitplanung bzw. Schutzbedürftigkeit

Immissionsort	Lage / Adresse	Höhe des Immissionsortes in m	Einstufung der Schutzbedürftigkeit	Immissionsrichtwerte in dB(A)	
				Tageszeit	Nachtzeit
IO 1	Mulmshorner Straße 24, 27404 Gyhum	5	MI	60	45
IO 2	Zum Wiesengrund 6, 27404 Gyhum	5	MI	60	45
IO 3	Zum Wiesengrund 20A, 27404 Gyhum	5	WA	55 (57,5)	40 (42,5)
IO 4	Die Trift 5a, 27404 Gyhum	5	WA	55 (57,5)	40 (42,5)
IO 5	Bockeler Bundesstraße 10, 27404 Gyhum	5	MI	60	45
IO 6	Nartumer Weg 7, 27356 Rotenburg (Wümme)	5	MI	60	45
IO 7	Clünder 4, 27367 Horstedt	5	MI	60	45
IO 8	Hinterm Ellerbruch, 27367 Horstedt	5	MI	60	45
IO 9	Pottmoor 1, 27367 Horstedt	5	MI	60	45

In Klammern: Gemengelage nach TA Lärm /1/

Die genaue Lage der Immissionsorte wurde im Rahmen einer Ortsbesichtigung geprüft und kann dem Lageplan in Anlage 1 des Berichtes entnommen werden. Die Einstufung der Schutzbedürftigkeit der Wohnbebauungen erfolgt gemäß der Ausweisung in dem jeweiligen Bebauungsplan oder, für Bereiche, in denen kein rechtskräftiger Bebauungsplan vorhanden ist, entsprechend der tatsächlichen Nutzung und unter Berücksichtigung der Darstellung im Flächennutzungsplan. Die Einstufung der Schutzbedürftigkeit der Wohnbebauungen wurde zudem mit dem Landkreis Rotenburg abgestimmt.

Für die Immissionsorte IO 3 und IO 4 kann aufgrund der Außenbereichslage aus Sachverständiger Sicht sowie unter Berücksichtigung der aktuellen Rechtsprechung (z. B. Gerichtsurteil OVG Lüneburg, B. v. 27.07.2006, 9 ME 128/03) von einer Gemengelage im Sinne der TA Lärm /1/ ausgegangen werden (vgl. Abschnitt 6 des Berichtes). Insofern kann für die Immissionsorte IO 3 und IO 4 ein geeigneter Mittelwert für die Beurteilung der Geräuschimmissionen gebildet werden. Die Immissionsrichtwerte für Kern-, Dorf- und Mischgebiete sollen dabei nicht überschritten werden (60 dB(A) in der Tageszeit und 45 dB(A) in der Nachtzeit). Vor diesem Hintergrund werden für die Immissionsorte IO 3 und IO 4 die Immissionsrichtwerte von 55 dB(A) tags und 40 dB(A) nachts auf 57,5 dB(A) tags und 42,5 dB(A) nachts angepasst.

8 Schallquellen

8.1 Gewerbliche Vorbelastung

Im Rahmen einer Ortsbesichtigung konnten keine immissionsrelevanten gewerblichen Vorbelastungen ausgemacht werden, die in den Anwendungsbereich der TA Lärm /1/ fallen und zu berücksichtigen wären.

8.2 Fremdgeräusche

Fremdgeräusche entstehen durch Windgeräusche an den in der Nähe der Wohnhäuser stehenden Bäumen und Sträuchern sowie in geringem Umfang durch den Straßenverkehr. Je nach Vegetation am Immissionsort, Bauweise der Wohnhäuser und Windrichtung können die Geräusche der WEA durch windinduzierte Fremdgeräusche verdeckt werden. In der Regel tritt diese Verdeckung jedoch erst bei höheren Windgeschwindigkeiten auf. Da die o. g. WEA ihre Nennleistung bereits unterhalb von $v_s = 10$ m/s erreichen, kann für das Genehmigungsverfahren zunächst nicht von einer Verdeckung der Anlagengeräusche durch windinduzierte Geräusche ausgegangen werden.

8.3 Schalleistungspegel der Windenergieanlagen

Für die Windenergieanlage GE 5.3-158 5.3 MW mit Serrations liegt bisher kein Messbericht vor. Von GE Renewable Energy wird für den Betrieb der GE 5.3-158 5.3 MW mit Serrations im leistungsoptimierten Betrieb ein maximaler Schalleistungspegel von $L_{WA} = 106,0$ dB(A) angegeben /11/ und /12/.

Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass die geplanten WEA dem Stand der Technik entsprechen, und somit keine immissionsrelevanten Ton- und Impulshaltigkeiten von den geplanten Windenergieanlagen ausgehen.

Hinsichtlich der zu berücksichtigenden Tonzuschläge soll die Verfahrensweise gemäß /8/ Anwendung finden (K_{TN} : Tonhaltigkeit bei Emissionsmessungen im Nahbereich nach der technischen Richtlinie gemessen und K_T : Tonzuschläge, die bei Entfernungen über 300 m für die Immissionsprognose zu verwenden sind):

$0 \leq K_{TN} \leq 2$	Tonzuschlag K_T von 0 dB
$2 < K_{TN} \leq 4$	Tonzuschlag K_T von 3 dB
$K_{TN} > 4$	Tonzuschlag K_T von 6 dB

Für die Berechnungen nach dem Interimsverfahren /9/ wurde gemäß der aktuellen LAI-Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen /8/ bei den Berechnungen der obere Vertrauensbereich des Beurteilungspegels berücksichtigt. Für die GE 5.3-158 5.3 MW mit Serrations wurde für die Standardabweichung gemäß der Herstellerangaben aus /12/ ein Wert von $\sigma_p = 0,8$ dB und für die Produktionsabweichung ein Wert von $\sigma_R = 0,5$ dB berücksichtigt. Die Prognoseunsicherheit wurde gemäß /8/ mit $\sigma_{prog} = 1$ dB berücksichtigt. Die Berechnung der Gesamtunsicherheit σ_{ges} und dem daraus ermittelten oberen Vertrauensbereich der Beurteilungspegel erfolgte auf Basis der unter Ziffer 3 in den LAI-Hinweisen /8/ angegebenen Vorgaben.

Das im Rahmen der Berechnung nach dem Interimsverfahren /9/ verwendete Oktavspektren aus /12/ kann der folgenden Tabelle entnommen werden:

Tabelle 3 Schalleistungspegel WEA Typ GE 5.3-158 5.3 MW gemäß /11/ und /12/

Betriebskennlinie	Schalleistungspegel in dB(A)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1k Hz	2k Hz	4k Hz	8k Hz
GE 5.3-158 5.3 MW	87,2	92,6	97,2	99,7	101,3	99,1	91,7	76,0

$$\sigma_{n, ges} = \sqrt{(\sigma_P^2 + \sigma_R^2 + \sigma_{Progn}^2)}$$

Dabei ist

- $\sigma_{n, ges}$ = Gesamtstandardabweichung der berechneten Schallimmission einer WEA
- σ_P = Produktionsstandardabweichung
- σ_R = Vergleichsstandardabweichung
- σ_{Progn} = Standardabweichung der Prognoseberechnung

Unter der Annahme, dass die Prognosefehler normal verteilt sind, können die obere und untere Vertrauensbereichsgrenze wie folgt ermittelt werden:

$$L_o = L_m + z * \sigma_{gesamt} \leq IRW$$

dabei ist

- L_o = obere Vertrauensbereichsgrenze
 L_m = berechneter Immissionspegel
 z = Standardnormalvariable, 1,28 für eine Einhaltungswahrscheinlichkeit von 90 % bei Normalverteilung nach Gauß
 IRW = Immissionsrichtwert

Für die Berücksichtigung einer 90 %igen Einhaltungswahrscheinlichkeit wird somit ein Sicherheitszuschlag von $\Delta L_o = 1,8$ dB berücksichtigt.

Für die Immissionsberechnungen nach dem Interimsverfahren werden daher folgende schalltechnischen Kenngrößen als oberer Vertrauensbereich berücksichtigt:

GE 5.3-158 5.3 MW $L_{WA} = 106,0$ dB(A) + 1,8 dB = 107,8 dB(A)
 $h_N = 161$ m $K_T = 0$ dB, $K_I = 0$ dB

Für die Berechnungen nach dem alternativen Verfahren nach der DIN 9613-2 /2/ wurde zur Erhöhung der Aussagesicherheit der vom Hersteller angegebene Schalleistungspegel gemäß /11/ und /12/ pauschal mit einem Sicherheitszuschlag von 2 dB versehen.

Für die Immissionsberechnungen nach dem alternativen Berechnungsverfahren werden somit folgende schalltechnische Kenngrößen für den leistungsoptimierten Betrieb berücksichtigt:

GE 5.3-158 5.3 MW $L_{WA} = 106,0$ dB(A) + 2 dB = 108,0 dB(A)
 $h_N = 161$ m $K_T = 0$ dB, $K_I = 0$ dB

Für alle Windenergieanlagen wird für die Berechnungen eine Einwirkzeit von 24 Stunden pro Tag im leistungsoptimierten Betrieb berücksichtigt.

9 Ermittlung und Beurteilung der Geräuschemissionen

9.1 Schallausbreitungsmodell

Die Beurteilungspegel werden, wie in Abschnitt 6 bereits erläutert, aus den Schalleistungspegeln, ihren Einwirkzeiten und den ggf. erforderlichen Zuschlägen ermittelt. Weiterhin wurde der obere Vertrauensbereich des Beurteilungspegels ermittelt.

Die Schallimmissionsprognose ist gemäß Nr. A 2 der TA Lärm /1/ nach der DIN ISO 9613-2 /2/ durchzuführen. Die DIN ISO 9613-2 /2/ gilt für die Berechnung der Schallausbreitung bei bodennahen Quellen (bis 30 m mittlere Höhe zwischen Quelle und Empfänger; s. Kapitel 9, Tabelle 5). Zur Anpassung des Prognoseverfahrens auf hochliegende Quellen hat der Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) auf Basis neuerer Untersuchungsergebnisse und auf Basis theoretischer Berechnungen ein „Interimsverfahren“ /9/ veröffentlicht. Für WEA als hochliegende Schallquellen (> 30 m) sind diese neueren Erkenntnisse im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen.

Die Immissionsprognose erfolgt daher zum einen nach der „Dokumentation zur Schallausbreitung – Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschemissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1“ /9/ sowohl für Vorbelastungsanlagen als auch für neu geplante Anlagen mit dem Rechenprogramm Cadna A, Version 2019 der Datakustik GmbH. Die Berechnungen wurden gemäß /9/ frequenzselektiv durchgeführt. Hierbei sind zur Berechnung der Luftabsorption die Luftdämpfungskoeffizienten α nach Tabelle 2 der DIN ISO 9613-2 /2/ für die relative Luftfeuchte 70 % und die Lufttemperatur von 10 °C anzusetzen.

Gemäß der „Dokumentation zur Schallausbreitung – Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschemissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1“ /9/ wurde für die Bodendämpfung bei den Berechnungen ein Wert von $A_{gr} = -3$ dB berücksichtigt. Für die Schirmdämpfung wurde bei den Berechnungen ein Wert von $A_{bar} = 0$ dB berücksichtigt.

Die meteorologische Korrektur wird gemäß den Formeln (21) und (22) der DIN ISO 9613-2 /2/ wie folgt bestimmt:

$$C_{met} = C_0 [1 - 10^{-(hs+hr)/dp}] \quad \text{wenn } dp > 10^{-(hs+hr)}$$

$$C_{met} = 0 \quad \text{wenn } dp \leq 10^{-(hs+hr)}$$

hs die Höhe der Quelle in m
 hr die Höhe des Immissionsortes in m
 dp der Abstand zwischen Quelle und Immissionsort, projiziert auf die horizontale Bodenebene in m
 C₀ ein von den örtlichen Wetterstatistiken für Windgeschwindigkeit und -richtung sowie vom Temperaturgradienten abhängiger Faktor in dB

Gemäß der „Dokumentation zur Schallausbreitung – Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschemissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1“ /9/ wird bei den Berechnungen eine meteorologische Korrektur von $C_{met} = 0$ dB berücksichtigt.

Des Weiteren erfolgt die Berechnung zum Vergleich nach der DIN ISO 9613-2 – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien /2/. Die Schallausbreitungsberechnung wird mit A-bewerteten Schallpegeln für eine Mittenfrequenz von 500 Hz durchgeführt. Die meteorologische Korrektur wird ebenfalls gemäß der oben angegebenen Formeln (21) und (22) der DIN ISO 9613-2 /2/ bestimmt.

Gemäß der Empfehlung von Dr. J. Kötter (ehem. NLÖ Hannover) wird Co dabei mit 3,5 dB in der Tageszeit und 1,9 dB in der Nachtzeit berücksichtigt.

In dem Rechenprogramm werden die Berechnungen richtlinienkonform anhand eines dreidimensionalen Rechenmodells durchgeführt. Die Zerlegung komplexer Schallquellen in einzelne punktförmige Teilschallquellen in Abhängigkeit von den Abstandsverhältnissen erfolgt automatisch. Dabei werden z. T. mehrere hundert Schallquellen erzeugt. Die vollständige Dokumentation der Berechnungen umfasst eine erhebliche Datenmenge. Auf die vollständige Wiedergabe der Rechenprotokolle muss daher verzichtet werden. Diese können jedoch auf Wunsch jederzeit ausgedruckt oder auf Datenträger zur Verfügung gestellt werden. In Anlage 2 sind die Eingabedaten für die Berechnung vollständig dargestellt. In Anlage 3 sind die berechneten Beurteilungspegel und die oberen Vertrauensbereiche der Beurteilungspegel dargestellt. In Anlage 5 ist ein Berechnungsprotokoll, exemplarisch für den Immissionsort IO 1, aufgeführt.

9.2 Ergebnisse und Beurteilung

Unter Berücksichtigung der in Abschnitt 8.3 dargestellten Emissionsansätze berechnen sich folgende obere Vertrauensbereiche des Beurteilungspegels, verursacht durch das geplante Vorhaben zum einen nach dem Interimsverfahren /9/ und zum anderen nach dem alternativen Berechnungsverfahren nach DIN ISO 9613-2 /2/:

Tabelle 4 oberer Vertrauensbereich der Beurteilungspegel für die Zusatzbelastung nach dem Interimsverfahren /9/, mathematisch gerundet

Immissionsort	Beurteilungspegel in dB(A)			Immissionsrichtwerte in dB(A)	
	Tageszeit werktags	Tageszeit sonntags	Nachtzeit	Tageszeit	Nachtzeit
IO 1	41	41	41	60	45
IO 2	40	40	40	60	45
IO 3	43	45	41	55 (57,5)	40 (42,5)
IO 4	40	42	38	55 (57,5)	40 (42,5)
IO 5	37	37	37	60	45
IO 6	40	40	40	60	45
IO 7	41	41	41	60	45
IO 8	40	40	40	60	45
IO 9	40	40	40	60	45

Fettdruck: Überschreitung des Immissionsrichtwertes

In Klammern: Gemengelage nach TA Lärm /1/

Tabelle 5 oberer Vertrauensbereich der Beurteilungspegel für die Zusatzbelastung nach DIN ISO 9613-2 /2/, mathematisch gerundet

Immissionsort	Beurteilungspegel in dB(A)			Immissionsrichtwerte in dB(A)	
	Tageszeit werktags	Tageszeit sonntags	Nachtzeit	Tageszeit	Nachtzeit
IO 1	40	40	40	60	45
IO 2	39	39	39	60	45
IO 3	42	44	40	55 (57,5)	40 (42,5)
IO 4	39	41	37	55 (57,5)	40 (42,5)
IO 5	36	36	36	60	45
IO 6	39	39	39	60	45
IO 7	40	40	40	60	45
IO 8	39	39	39	60	45
IO 9	39	39	39	60	45

Fettdruck: Überschreitung des Immissionsrichtwertes

In Klammern: Gemengelage nach TA Lärm /1/

Die Berechnungen zeigen, dass die Immissionsrichtwerte bzw. der erhöhte Immissionsrichtwert aufgrund der Außenbereichslage der TA Lärm /1/ tags an allen Immissionsorten um mehr als 10 dB durch den oberen Vertrauensbereich des Beurteilungspegels der Zusatzbelastung sowohl nach dem Interimsverfahren /9/ als auch nach alternativen Berechnungsverfahren gemäß DIN ISO 9613-2 /2/ unterschritten werden. Damit liegen die Immissionsorte gemäß TA Lärm, Nr. 2.2, Abs. 1 /1/ tagsüber außerhalb des Einwirkungsgebietes der Anlage.

Nachts wird der Immissionsrichtwert bzw. der erhöhte Immissionsrichtwert aufgrund der Außenbereichslage ebenfalls an allen Immissionsorten sowohl nach dem Interimsverfahren /9/ als auch nach alternativen Berechnungsverfahren gemäß DIN ISO 9613-2 /2/ unterschritten. Im Vergleich der Berechnungsvarianten zeigt sich, dass sich durch das Interimsverfahren an den maßgeblichen Immissionsorten um 1 bis 2 dB höhere Beurteilungspegel ergeben als durch das alternative Berechnungsverfahren.

Eine Überschreitung des Spitzenpegelkriteriums nach TA Lärm, Nr. 6.1 /1/ durch einzelne, kurzzeitige Geräuschspitzen ist nicht zu erwarten. Tieffrequente Geräusche werden in Abschnitt 9.4 gesondert betrachtet.

Damit sind die fünf geplanten WEA vom Typ GE 5.3-158 5.3 MW aus schalltechnischer Sicht tags und nachts im leistungsoptimierten Betrieb genehmigungsfähig.

9.3 Qualität der Ergebnisse

Die TA Lärm /1/ fordert unter Punkt 3.5 des Anhangs eine Aussage zur Qualität der Ergebnisse. In den Hinweisen des LAI /8/ werden die Anforderungen der TA Lärm /1/ an die Durchführung von Immissionsprognosen im Rahmen der Errichtung und des Betriebes von WEA konkretisiert. Die der Schallimmissionsprognose zu Grunde liegenden Emissionswerte beinhalten verfahrensbedingte Ungenauigkeiten. Bei der Prognose ist sicherzustellen, dass der Immissionsrichtwert auch bei Berücksichtigung der Unsicherheit der Emissionsdaten (Produkt- oder Serienstreuung, Messunsicherheit) und der Ausbreitungsrechnung nicht überschritten wird.

Zur Berechnung der Beurteilungspegel wurde entsprechend der Empfehlungen des LAI /8/ das Interimsverfahren gemäß der „Dokumentation zur Schallausbreitung – Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschemissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1“ /9/ durchgeführt. Die Berechnungen wurden gemäß /9/ frequenzselektiv durchgeführt. Dämpfungen durch Bewuchs wurden nicht berücksichtigt. Gemäß der „Dokumentation zur Schallausbreitung – Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschemissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1“ /9/ für die Bodendämpfung, wurde bei den Berechnungen ein Wert von $A_{gr} = -3$ dB berücksichtigt.

Darüber hinaus wurde im Rahmen beider durchgeführten Berechnungsverfahren der obere Vertrauensbereich des Beurteilungspegels für die geplanten WEA berücksichtigt. Die Berechnungen enthalten damit Sicherheiten.

9.4 Tieffrequente Geräusche

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde auch das Auftreten tieffrequenter Geräusche entsprechend Punkt 7.3 der TA Lärm /1/ untersucht. In der TA Lärm /1/ werden Hinweise zur Ermittlung und Bewertung schädlicher Umwelteinwirkungen in Innenräumen gegeben. Aufgrund der schalltechnischen Komplexität von Innenräumen (Größe, Ausstattung, Außenbauteile) sind allgemeingültige Regeln, die von Außenschallpegeln eindeutig auf das Vorliegen von tieffrequenten Geräuschen in Innenräumen schließen lassen, bisher nicht vorhanden. Aus den Ergebnissen von Messungen, die im Außenbereich vorgenommen wurden, sind daher nur Abschätzungen tieffrequenter Geräusche im Innenraum möglich.

Gemäß unseren eigenen und den im Arbeitskreis Geräusche von WEA der Fördergesellschaft Windenergie e. V. vorliegenden Erfahrungen bei Messungen von Geräuschen in Wohnhäusern im Einwirkungsbereich von Windenergieanlagen ist das Auftreten deutlich wahrnehmbarer tieffrequenter Geräusche im Sinne der DIN 45680 /4/ an Windenergieanlagen, die dem Stand der Technik entsprechen, nicht zu erwarten. Angesichts der großen Entfernungen zwischen den Immissionsorten und den geplanten WEA ist mit Belästigungen durch tieffrequente Geräusche im Sinne der TA Lärm /1/ in Verbindung mit der DIN 45680 /4/ daher nicht zu rechnen.

Prüfer:



Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Hünerberg
(Geschäftsführer / Messstellenleiter)



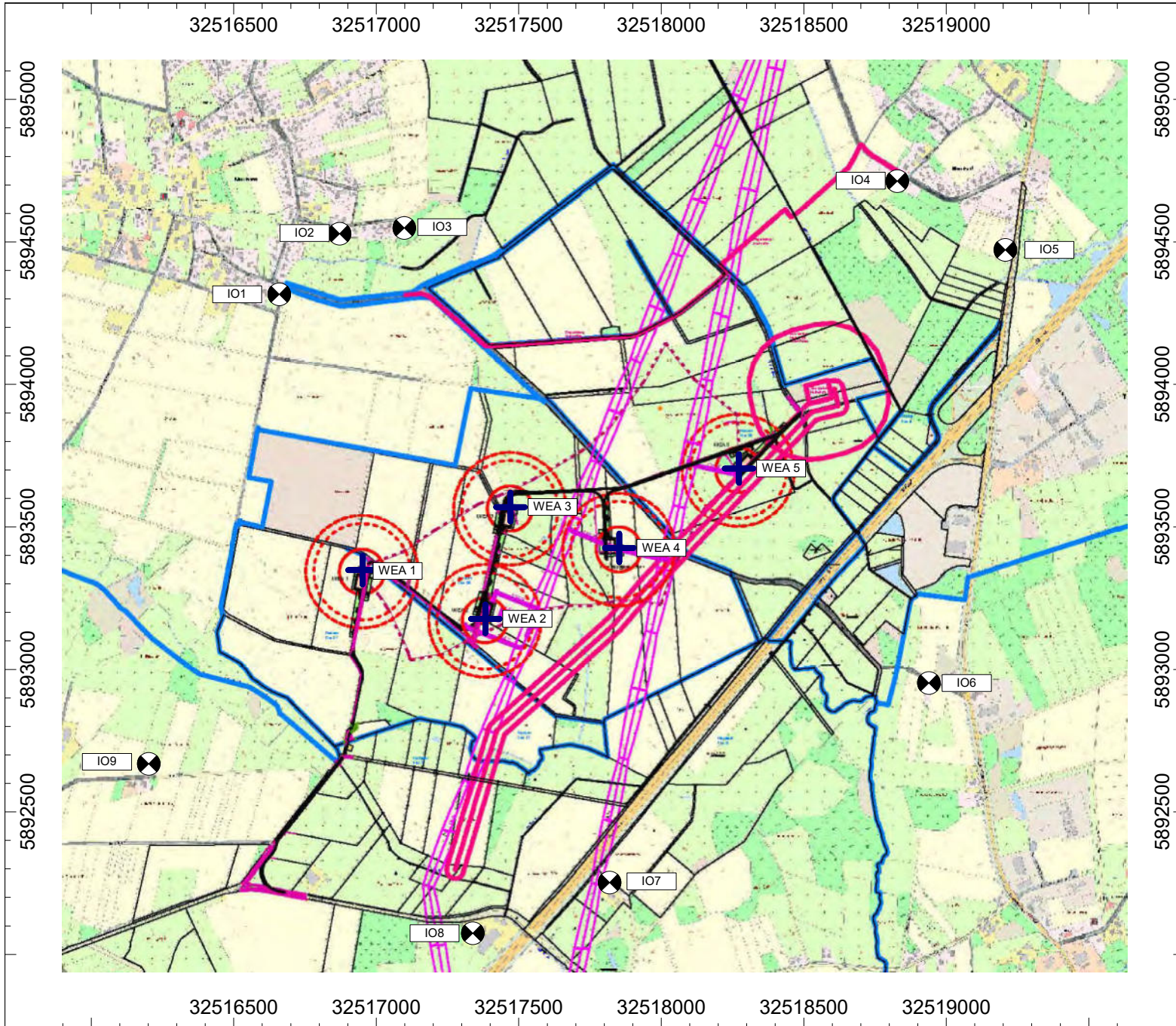
Verfasser:






B. Eng. Björn Klefeker
(Projektingenieur)

Anlage 1

Lageplan mit Immissionsorten und Schallquellen



-  Punktquelle
-  Immissionspunkt
-  Rechengebiet

Anlage 1

Lageplan mit Immissionsorten
 und Schallquellen



Maßstab:
1:20000

Anlage 2
Eingabedaten

Anlage 2 - Eingabedaten

Schallquellen

Punktquellen

Bezeichnung	M.	ID	Schallleistung Lw			Lw / Li		Korrektur			Schalldämmung		Dämpfung	Einwirkzeit			K0	Freq.	Richtw.	Höhe	Koordinaten		
			Tag	Abend	Nacht	Typ	Wert	norm.	Tag	Abend	Nacht	R		Fläche	Tag	Ruhe					Nacht	X	Y
			(dBA)	(dBA)	(dBA)		dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)		(m²)	(min)	(min)	(min)	(dB)	(Hz)		(m)	(m)	(m)	(m)	
WEA 1		zb_interims	107,8	107,8	107,8	Lw	specGE+1,8		0,0	0,0	0,0				0,0		(keine)	161,00	r	32516951,60	5893348,60	161,00	
WEA 2		zb_interims	107,8	107,8	107,8	Lw	specGE+1,8		0,0	0,0	0,0				0,0		(keine)	161,00	r	32517382,80	5893177,40	161,00	
WEA 3		zb_interims	107,8	107,8	107,8	Lw	specGE+1,8		0,0	0,0	0,0				0,0		(keine)	161,00	r	32517470,90	5893569,80	161,00	
WEA 4		zb_interims	107,8	107,8	107,8	Lw	specGE+1,8		0,0	0,0	0,0				0,0		(keine)	161,00	r	32517852,90	5893426,30	161,00	
WEA 5		zb_interims	107,8	107,8	107,8	Lw	specGE+1,8		0,0	0,0	0,0				0,0		(keine)	161,00	r	32518272,90	5893705,00	161,00	
WEA 1		~ zb_alternativ	108,0	108,0	108,0	Lw	106+2		0,0	0,0	0,0				0,0	500	(keine)	161,00	r	32516951,60	5893348,60	161,00	
WEA 2		~ zb_alternativ	108,0	108,0	108,0	Lw	106+2		0,0	0,0	0,0				0,0	500	(keine)	161,00	r	32517382,80	5893177,40	161,00	
WEA 3		~ zb_alternativ	108,0	108,0	108,0	Lw	106+2		0,0	0,0	0,0				0,0	500	(keine)	161,00	r	32517470,90	5893569,80	161,00	
WEA 4		~ zb_alternativ	108,0	108,0	108,0	Lw	106+2		0,0	0,0	0,0				0,0	500	(keine)	161,00	r	32517852,90	5893426,30	161,00	
WEA 5		~ zb_alternativ	108,0	108,0	108,0	Lw	106+2		0,0	0,0	0,0				0,0	500	(keine)	161,00	r	32518272,90	5893705,00	161,00	

Immissionsorte

Immissionspunkte

Bezeichnung	M.	ID	Richtwert		Nutzungsart			Höhe	Koordinaten			
			Tag	Nacht	Gebiet	Auto	Lärmart		X	Y	Z	
			(dBA)	(dBA)				(m)	(m)	(m)	(m)	
IO1		io	60,0	45,0	MI		Industrie	5,00	r	32516660,00	5894316,00	5,00
IO2		io	60,0	45,0	MI		Industrie	5,00	r	32516871,00	5894529,00	5,00
IO3		io	55,0	40,0	WA		Industrie	5,00	r	32517098,00	5894549,00	5,00
IO4		io	55,0	40,0	WA		Industrie	5,00	r	32518828,00	5894713,00	5,00
IO5		io	60,0	45,0	MI		Industrie	5,00	r	32519207,00	5894472,00	5,00
IO6		io	60,0	45,0	MI		Industrie	5,00	r	32518939,00	5892952,00	5,00
IO7		io	60,0	45,0	MI		Industrie	5,00	r	32517819,00	5892252,00	5,00
IO8		io	60,0	45,0	MI		Industrie	5,00	r	32517339,00	5892074,00	5,00
IO9		io	60,0	45,0	MI		Industrie	5,00	r	32516202,00	5892669,00	5,00

Spektren

Schallleistung

Bezeichnung	ID	Typ	Oktavspektrum (dB)											Quelle		
			Bew.	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A	lin		
GE 53-158	specGE	Lw	A	78,0	87,2	92,6	97,2	99,7	101,3	99,1	91,7	76,0	106,0	119,6	Noise_Emission-NO_5.3-158-50Hz_FGW_GE_r03	

Anlage 3

Darstellung der Beurteilungspegel und Teilbeurteilungspegel

Anlage 3 - Darstellung der Beurteilungspegel und Teilbeurteilungspegel

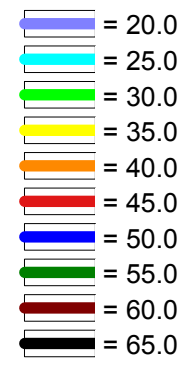
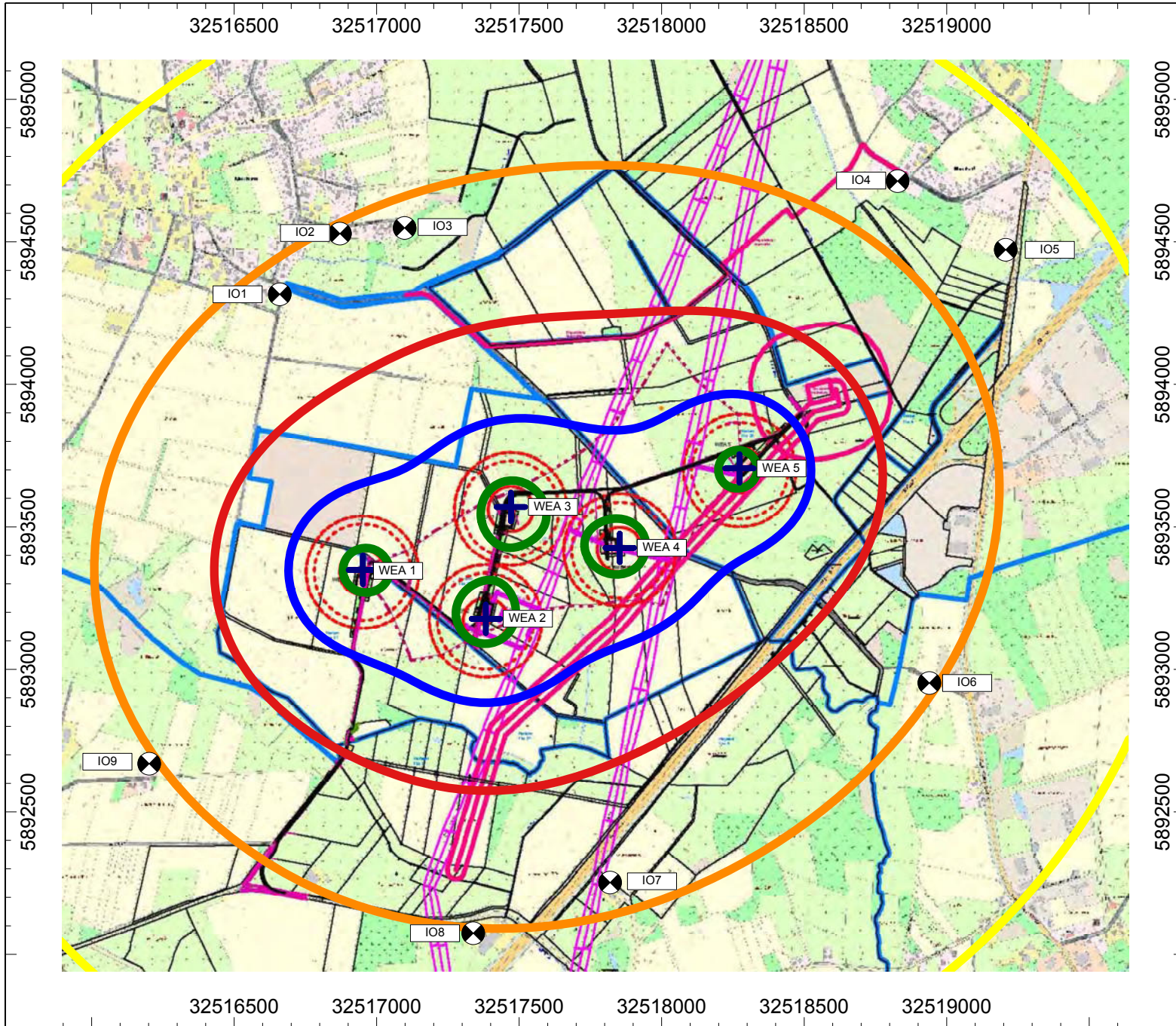
Beurteilungspegel

Berechnungspunkt		Nutz	Immissionsgrenzwert		Lr ZB Interims		Lr ZB Alternativ	
Bezeichnung	ID		tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts
			dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
IO1	io	MI	60	45	41,0	41,0	40,1	40,1
IO2	io	MI	60	45	40,3	40,3	39,3	39,3
IO3	io	WA	55	40	42,8	40,9	41,9	40,0
IO4	io	WA	55	40	40,0	38,1	38,7	36,8
IO5	io	MI	60	45	37,3	37,3	35,9	35,9
IO6	io	MI	60	45	40,2	40,2	39,3	39,3
IO7	io	MI	60	45	41,0	41,0	40,1	40,1
IO8	io	MI	60	45	39,8	39,8	38,8	38,8
IO9	io	MI	60	45	39,7	39,7	38,7	38,8

Teilbeurteilungspegel

Quelle		Teilpegel V05 Teilpegel alles Nacht									
Bezeichnung	M.	ID	IO 1	IO 2	IO 3	IO 4	IO 5	IO 6	IO 7	IO 8	IO 9
WEA 1		zb_interims	36,3	34,6	34,4	26,6	25,5	28,3	32,7	33,3	36,3
WEA 2		zb_interims	33,1	32,3	32,7	27,8	27,1	31,3	36,2	35,4	33,7
WEA 3		zb_interims	35,4	35,1	36,0	29,9	28,7	31,2	33,0	31,9	31,5
WEA 4		zb_interims	32,0	32,1	33,1	31,0	30,3	34,6	34,7	32,3	29,6
WEA 5		zb_interims	30,2	30,9	32,3	34,9	34,4	36,4	31,7	29,2	26,6
WEA 1		zb_alternativ	35,8	33,7	33,5	24,1	22,8	26,2	31,5	32,2	35,8
WEA 2		zb_alternativ	32,0	31,1	31,5	25,6	24,6	30,0	35,7	34,7	32,7
WEA 3		zb_alternativ	34,7	34,3	35,3	28,2	26,7	29,8	31,9	30,6	30,1
WEA 4		zb_alternativ	30,7	30,8	32,0	29,6	28,8	33,7	33,8	31,1	27,9
WEA 5		zb_alternativ	28,7	29,5	31,1	34,1	33,5	35,9	30,4	27,3	24,1

Anlage 4
Immissionsraster

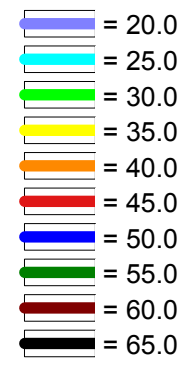


Anlage 4.1

Immissionsraster für die Nachtzeit
 in 5 m Höhe, Gesamtbelastung
 (Berechnung nach Interimsverfahren)



Maßstab:
1:20000



Anlage 4.2

Immissionsraster für die Nachtzeit
 in 5 m Höhe, Gesamtbelastung
 (Berechnung nach alt. Verfahren)



Maßstab:
1:20000

Anlage 5

Berechnungsprotokoll für den IO 1

Immissionspunkt
 Bez.: IO1
 ID: io
 X: 32516660,00 m
 Y: 5894316,00 m
 Z: 5,00 m

Punktquelle nach ISO 9613, Bez: "WEA 1", ID: "zb_interims"																				
Nr.	X	Y	Z	Refl.	DEN	Freq.	Lw	I/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)
1	32516951,60	5893348,60	161,00	0	DEN	32	79,8	0,0	0,0	0,0	0,0	71,2	0,0	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,6
1	32516951,60	5893348,60	161,00	0	DEN	63	89,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,2	0,1	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,7
1	32516951,60	5893348,60	161,00	0	DEN	125	94,4	0,0	0,0	0,0	0,0	71,2	0,4	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,8
1	32516951,60	5893348,60	161,00	0	DEN	250	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,2	1,1	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,7
1	32516951,60	5893348,60	161,00	0	DEN	500	101,5	0,0	0,0	0,0	0,0	71,2	2,0	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,3
1	32516951,60	5893348,60	161,00	0	DEN	1000	103,1	0,0	0,0	0,0	0,0	71,2	3,7	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,2
1	32516951,60	5893348,60	161,00	0	DEN	2000	100,9	0,0	0,0	0,0	0,0	71,2	9,9	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,8
1	32516951,60	5893348,60	161,00	0	DEN	4000	93,5	0,0	0,0	0,0	0,0	71,2	33,5	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-8,2
1	32516951,60	5893348,60	161,00	0	DEN	8000	77,8	0,0	0,0	0,0	0,0	71,2	119,5	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-109,9

Punktquelle nach ISO 9613, Bez: "WEA 3", ID: "zb_interims"																				
Nr.	X	Y	Z	Refl.	DEN	Freq.	Lw	I/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)
2	32517470,90	5893569,80	161,00	0	DEN	32	79,8	0,0	0,0	0,0	0,0	71,9	0,0	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8
2	32517470,90	5893569,80	161,00	0	DEN	63	89,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,9	0,1	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,9
2	32517470,90	5893569,80	161,00	0	DEN	125	94,4	0,0	0,0	0,0	0,0	71,9	0,5	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0
2	32517470,90	5893569,80	161,00	0	DEN	250	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,9	1,2	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,9
2	32517470,90	5893569,80	161,00	0	DEN	500	101,5	0,0	0,0	0,0	0,0	71,9	2,1	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,4
2	32517470,90	5893569,80	161,00	0	DEN	1000	103,1	0,0	0,0	0,0	0,0	71,9	4,1	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,1
2	32517470,90	5893569,80	161,00	0	DEN	2000	100,9	0,0	0,0	0,0	0,0	71,9	10,8	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,2
2	32517470,90	5893569,80	161,00	0	DEN	4000	93,5	0,0	0,0	0,0	0,0	71,9	36,5	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-11,9
2	32517470,90	5893569,80	161,00	0	DEN	8000	77,8	0,0	0,0	0,0	0,0	71,9	130,1	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-121,2

Punktquelle nach ISO 9613, Bez: "WEA 2", ID: "zb_interims"																				
Nr.	X	Y	Z	Refl.	DEN	Freq.	Lw	I/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)
3	32517382,80	5893177,40	161,00	0	DEN	32	79,8	0,0	0,0	0,0	0,0	73,7	0,0	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1
3	32517382,80	5893177,40	161,00	0	DEN	63	89,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,7	0,2	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,2
3	32517382,80	5893177,40	161,00	0	DEN	125	94,4	0,0	0,0	0,0	0,0	73,7	0,6	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,2
3	32517382,80	5893177,40	161,00	0	DEN	250	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,7	1,4	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,9
3	32517382,80	5893177,40	161,00	0	DEN	500	101,5	0,0	0,0	0,0	0,0	73,7	2,6	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,2
3	32517382,80	5893177,40	161,00	0	DEN	1000	103,1	0,0	0,0	0,0	0,0	73,7	5,0	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,5
3	32517382,80	5893177,40	161,00	0	DEN	2000	100,9	0,0	0,0	0,0	0,0	73,7	13,1	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,1
3	32517382,80	5893177,40	161,00	0	DEN	4000	93,5	0,0	0,0	0,0	0,0	73,7	44,5	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-21,6
3	32517382,80	5893177,40	161,00	0	DEN	8000	77,8	0,0	0,0	0,0	0,0	73,7	158,7	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-151,5

Punktquelle nach ISO 9613, Bez: "WEA 4", ID: "zb_interims"																				
Nr.	X	Y	Z	Refl.	DEN	Freq.	Lw	I/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)
5	32517852,90	5893426,30	161,00	0	DEN	32	79,8	0,0	0,0	0,0	0,0	74,5	0,0	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3
5	32517852,90	5893426,30	161,00	0	DEN	63	89,0	0,0	0,0	0,0	0,0	74,5	0,2	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,3
5	32517852,90	5893426,30	161,00	0	DEN	125	94,4	0,0	0,0	0,0	0,0	74,5	0,6	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,3
5	32517852,90	5893426,30	161,00	0	DEN	250	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	74,5	1,6	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,9
5	32517852,90	5893426,30	161,00	0	DEN	500	101,5	0,0	0,0	0,0	0,0	74,5	2,9	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,1
5	32517852,90	5893426,30	161,00	0	DEN	1000	103,1	0,0	0,0	0,0	0,0	74,5	5,5	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1
5	32517852,90	5893426,30	161,00	0	DEN	2000	100,9	0,0	0,0	0,0	0,0	74,5	14,5	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9
5	32517852,90	5893426,30	161,00	0	DEN	4000	93,5	0,0	0,0	0,0	0,0	74,5	49,0	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-27,0
5	32517852,90	5893426,30	161,00	0	DEN	8000	77,8	0,0	0,0	0,0	0,0	74,5	174,9	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-168,6

Punktquelle nach ISO 9613, Bez: "WEA 5", ID: "zb_interims"																				
Nr.	X	Y	Z	Refl.	DEN	Freq.	Lw	I/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)
8	32518272,90	5893705,00	161,00	0	DEN	32	79,8	0,0	0,0	0,0	0,0	75,8	0,1	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
8	32518272,90	5893705,00	161,00	0	DEN	63	89,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,8	0,2	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0
8	32518272,90	5893705,00	161,00	0	DEN	125	94,4	0,0	0,0	0,0	0,0	75,8	0,7	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9
8	32518272,90	5893705,00	161,00	0	DEN	250	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,8	1,8	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,4
8	32518272,90	5893705,00	161,00	0	DEN	500	101,5	0,0	0,0	0,0	0,0	75,8	3,3	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,4
8	32518272,90	5893705,00	161,00	0	DEN	1000	103,1	0,0	0,0	0,0	0,0	75,8	6,3	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0
8	32518272,90	5893705,00	161,00	0	DEN	2000	100,9	0,0	0,0	0,0	0,0	75,8	16,7	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4
8	32518272,90	5893705,00	161,00	0	DEN	4000	93,5	0,0	0,0	0,0	0,0	75,8	56,8	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-36,0
8	32518272,90	5893705,00	161,00	0	DEN	8000	77,8	0,0	0,0	0,0	0,0	75,8	202,4	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-197,4

Immissionspunkt
 Bez.: IO1
 ID: io
 X: 32516660,00 m
 Y: 5894316,00 m
 Z: 5,00 m

Punktquelle nach ISO 9613, Bez: "WEA 1", ID: "zb_alternativ"

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)	Ahaus (dB)	Abar (dB)	Cmet (dB)	RV (dB)	Lr dB(A)	
1	32516951,60	5893348,60	161,00	0	D	500	108,0	0,0	0,0	3,0	0,0	71,2	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8
1	32516951,60	5893348,60	161,00	0	N	500	108,0	0,0	0,0	3,0	0,0	71,2	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8
1	32516951,60	5893348,60	161,00	0	E	500	108,0	0,0	0,0	3,0	0,0	71,2	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8

Punktquelle nach ISO 9613, Bez: "WEA 3", ID: "zb_alternativ"

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)	Ahaus (dB)	Abar (dB)	Cmet (dB)	RV (dB)	Lr dB(A)	
9	32517470,90	5893569,80	161,00	0	D	500	108,0	0,0	0,0	3,0	0,0	71,9	2,1	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,7
9	32517470,90	5893569,80	161,00	0	N	500	108,0	0,0	0,0	3,0	0,0	71,9	2,1	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,7
9	32517470,90	5893569,80	161,00	0	E	500	108,0	0,0	0,0	3,0	0,0	71,9	2,1	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,7

Punktquelle nach ISO 9613, Bez: "WEA 2", ID: "zb_alternativ"

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)	Ahaus (dB)	Abar (dB)	Cmet (dB)	RV (dB)	Lr dB(A)	
11	32517382,80	5893177,40	161,00	0	D	500	108,0	0,0	0,0	3,0	0,0	73,7	2,6	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,0
11	32517382,80	5893177,40	161,00	0	N	500	108,0	0,0	0,0	3,0	0,0	73,7	2,6	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,0
11	32517382,80	5893177,40	161,00	0	E	500	108,0	0,0	0,0	3,0	0,0	73,7	2,6	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,0

Punktquelle nach ISO 9613, Bez: "WEA 4", ID: "zb_alternativ"

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)	Ahaus (dB)	Abar (dB)	Cmet (dB)	RV (dB)	Lr dB(A)	
18	32517852,90	5893426,30	161,00	0	D	500	108,0	0,0	0,0	3,0	0,0	74,5	2,9	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,7
18	32517852,90	5893426,30	161,00	0	N	500	108,0	0,0	0,0	3,0	0,0	74,5	2,9	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,7
18	32517852,90	5893426,30	161,00	0	E	500	108,0	0,0	0,0	3,0	0,0	74,5	2,9	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,7

Punktquelle nach ISO 9613, Bez: "WEA 5", ID: "zb_alternativ"

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)	Ahaus (dB)	Abar (dB)	Cmet (dB)	RV (dB)	Lr dB(A)	
20	32518272,90	5893705,00	161,00	0	D	500	108,0	0,0	0,0	3,0	0,0	75,8	3,3	3,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	28,6
20	32518272,90	5893705,00	161,00	0	N	500	108,0	0,0	0,0	3,0	0,0	75,8	3,3	3,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	28,7
20	32518272,90	5893705,00	161,00	0	E	500	108,0	0,0	0,0	3,0	0,0	75,8	3,3	3,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	28,6

Anlage 6
Fotodokumentation



Bild 1: Ausblick auf Immissionsort 1



Bild 2: Ausblick auf Immissionsort 2

<p>Auftraggeber: Energiekontor AG Mary-Somerville-Str. 5 28359 Bremen</p>	<p>T&H INGENIEURE Büro für Umweltschutz und technische Akustik</p>
<p>Projekt: Schalltechnisches Gutachten für die Errichtung und den Betrieb von fünf neuen Windenergieanlagen im Windpark Nartum</p>	
<p>Bezeichnung: Fotodokumentation</p>	<p>Anlage: 6</p>



Bild 3: Ausblick auf Immissionsort 3



Bild 4: Ausblick auf Immissionsort 4

<p>Auftraggeber: Energiekontor AG Mary-Somerville-Str. 5 28359 Bremen</p>	<p>T&H INGENIEURE Büro für Umweltschutz und technische Akustik</p>
<p>Projekt: Schalltechnisches Gutachten für die Errichtung und den Betrieb von fünf neuen Windenergieanlagen im Windpark Nartum</p>	
<p>Bezeichnung: Fotodokumentation</p>	<p>Anlage: 6</p>

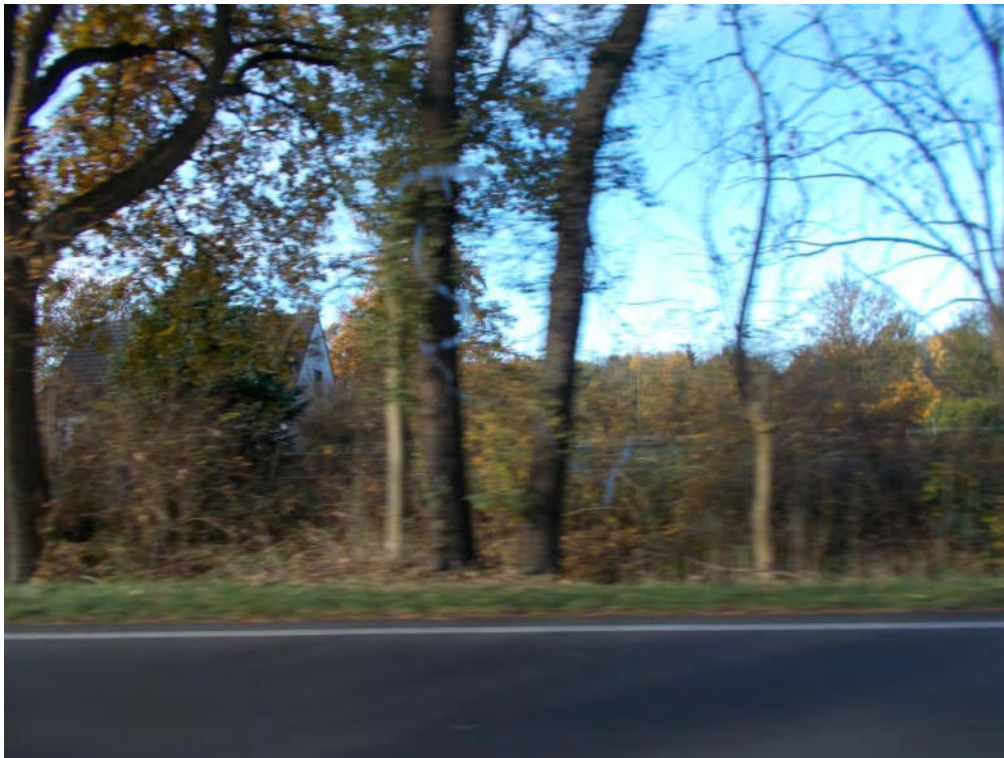


Bild 5: Ausblick auf Immissionsort 5



Bild 6: Ausblick auf Immissionsort 6

<p>Auftraggeber: Energiekontor AG Mary-Somerville-Str. 5 28359 Bremen</p>	<p>T&H INGENIEURE Büro für Umweltschutz und technische Akustik</p>
<p>Projekt: Schalltechnisches Gutachten für die Errichtung und den Betrieb von fünf neuen Windenergieanlagen im Windpark Nartum</p>	
<p>Bezeichnung: Fotodokumentation</p>	<p>Anlage: 6</p>



Bild 7: Ausblick auf Immissionsort 7




Bild 8: Ausblick auf Immissionsort 8

<p>Auftraggeber: Energiekontor AG Mary-Somerville-Str. 5 28359 Bremen</p>	<p>T&H INGENIEURE Büro für Umweltschutz und technische Akustik</p>
<p>Projekt: Schalltechnisches Gutachten für die Errichtung und den Betrieb von fünf neuen Windenergieanlagen im Windpark Nartum</p>	
<p>Bezeichnung: Fotodokumentation</p>	<p>Anlage: 6</p>



Bild 9: Ausblick auf Immissionsort 9

<p>Auftraggeber: Energiekontor AG Mary-Somerville-Str. 5 28359 Bremen</p>	
<p>Projekt: Schalltechnisches Gutachten für die Errichtung und den Betrieb von fünf neuen Windenergieanlagen im Windpark Nartum</p>	
<p>Bezeichnung: Fotodokumentation</p>	<p>Anlage: 6</p>