

Nachtrag zur SIP vom 07.06.2019, Überarbeitung: 26.03.2020

Antrag auf Errichtung und Betrieb von **sieben Windenergieanlagen** nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)

am Standort Kantow, Gemeinde Wusterhausen/Dosse
Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg

Windpark Kantow

Prognose tieffrequenter Geräusche (PTG)

Antragstellerin: wpd Windpark Nr. 450 GmbH & Co. KG
Stephanitorsbollwerk 3
28217 Bremen

Bearbeitung: wpd onshore GmbH & Co. KG
Dipl.-Wi.-Ing. M. Sahyazici
Babelsberger Straße 12
14473 Potsdam
m.sahyazici@wpd.de / Tel. 0331 297040-31

Datum: **26.03.2020**

Unterschrift:



Inhaltsverzeichnis

1. Hintergrund, Prognose der tieffrequenten Geräusche	1
2. Verfahrensweise und Beurteilungskriterium	2
3. Bestimmung des terzbezogenen Innenpegels.....	5
4. Berechnungsergebnisse.....	5
5. Bewertung	6

Anlagen

1. Hintergrund, Prognose der tieffrequenten Geräusche

Gemäß den Festlegungen in Punkt 2 des Anhanges des WKA-Geräuschimmissionserlasses vom 16.01.2019 des Landes Brandenburg ist bei Überschreitung eines Beurteilungspegels (außen) von **40 dB(A)** allein durch die Zusatzbelastung (ZB), inkl. Sicherheitszuschlag für den oberen Vertrauensbereich, zu prüfen, ob von tieffrequenten Geräuschanteilen schädliche Umwelteinwirkungen ausgehen können. Hierbei sind die terzbezogenen Immissionsmittelungspegel unter Berücksichtigung des Interimsverfahrens zu ermitteln.

Laut der Schallimmissionsprognose (SIP), wpa vom 26.03.2020, überschreitet bzw. erreicht die ZB an den Immissionsorten **IO A bis D** den Immissionspegel von **40 dB(A)**.

Die Ergebnisse der oktavbezogenen Beurteilungspegel der ZB im oberen Vertrauensbereich (oVB) $L_{r,90}$ aus der SIP, wpa vom 26.03.2020, sind in nachfolgender Abbildung dargestellt, die der dortigen Ergebnistabelle bzw. dem windPRO-Bericht aus Anlage 5 entnommen wurde.

Abbildung 1: Beurteilungspegel $L_{r,90}$ an den IO im oVB für die ZB

Beurteilungspegel							
Schall-Immissionsort				Anforderung Beurteilungspegel			
Nr.	Name	X(Ost)	Y(Nord)	Z [m]	Aufpunkthöhe [m]	Schall [dB(A)]	Von WEA [dB(A)]
A	IO A	336.978	5.868.999	46,2	5,0	45,00	40,14
B	IO B	337.102	5.869.036	46,0	5,0	45,00	40,60
C	IO C	337.090	5.869.119	46,2	5,0	45,00	40,10
D	IO D	337.118	5.869.138	46,4	5,0	45,00	40,13
E	IO E	340.323	5.868.394	52,0	5,0	42,00	37,85
F	IO F	340.337	5.868.342	51,9	5,0	42,00	37,80
G	IO G	340.361	5.868.337	52,0	5,0	42,00	37,65
H	IO H	339.313	5.866.058	45,5	5,0	45,00	36,50
I	IO I	339.404	5.866.074	45,2	5,0	45,00	36,28
J	IO J	339.032	5.866.023	45,0	5,0	45,00	37,21
K	IO K	338.105	5.865.422	43,0	5,0	40,00	35,57
L	IO L	338.066	5.865.414	43,0	5,0	40,00	35,54
M	IO M	337.614	5.865.308	43,0	5,0	45,00	34,89
N	IO N	337.484	5.865.397	43,0	5,0	45,00	35,25

Nach dem WKA-Geräuschimmissionserlass ist daher für diese betreffenden **IO A bis D** (in obiger Abbildung **blau** umrandet) die SIP durch die Prognose tieffrequenter Geräusche (PTG) für den **Frequenzbereich < 90 Hz** zu ergänzen.

2. Verfahrensweise und Beurteilungskriterium

Zur Ermittlung und Beurteilung tieffrequenter Geräusche wird gemäß Nummer 7.3 TA Lärm und dem Anhang A.1.5 TA Lärm die **DIN 45680** von 1997, aber auch ihr Normentwurf von 2013 mit dem zugehörigen Beiblatt 1 herangezogen. Danach sind schädliche Umwelteinwirkungen nicht zu erwarten, wenn die in Beiblatt 1 genannten Anhaltswerte nicht überschritten werden. Hinsichtlich Verfahrensweise wird auf das Schriftstück des Landesamtes für Umwelt (LfU) des Landes Brandenburg vom 10.04.2018 bezüglich Prognose tieffrequenter Geräusche mit Bezug auf den Abschlussbericht mit der Nummer M111460/05 der Firma MÜLLER-BBM: „Forschungsvorhaben zur Messung und Prognose der Einwirkung tieffrequenter Schalle an Immissionsorten für DIN 45680“ vom 31.03.2016 (im Folgenden kurz „MBBM 2016“ genannt) zurückgegriffen.

Die Prognose tieffrequenter Geräusche (PTG) erfolgt analog der Schallausbreitungsmodellierung nach dem Interimsverfahren mit entsprechend für WEA angepasster DIN ISO 9613 (frequenzselektiv und unter Wegfall der Bodendämpfung), die im Rahmen dieser Prognose **in Excel überführt** wurde (siehe Anlage 1), im oberen Vertrauensbereich (oVB), jedoch für den terzbezogenen Tieffrequenzbereich < 90 Hz.

Hierzu werden die terzbezogenen Schalleistungspegel L_w der geplanten sieben WEA des Typs **NORDEX N149-4.5 MW** mit

164,0 m Nabhöhe (NH) und

149,0 m Rotordurchmesser (RD)

sowie die jeweiligen **Abstände d (Schallweg)** zwischen WEA-Nabe (Schallquelle) und Immissionsort-Aufpunkt (Empfänger), die bei der Dämpfung des Schalls aufgrund geometrischer Ausbreitung A_{div} mit

$$A_{div} = 20 \cdot \lg(d/d_0) + 11 \quad \text{mit Bezugsabstand } d_0 = 1 \text{ m}$$

sowie der Dämpfung aufgrund von Luftabsorption A_{atm} mit

$$A_{atm} = \alpha \cdot d/1000$$

einhergehen und die der SIP, wpd vom 26.03.2020, entnommen werden, benötigt.

Abbildung 2: Abstände d zwischen WEA und IO (aus Anlage 5 der SIP, wpd vom 26.03.2020)

Schall-Immissionsort: A IO A				Schall-Immissionsort: B IO B				Schall-Immissionsort: C IO C				Schall-Immissionsort: D IO D			
Lautester Wert bis 95% Nennleistung				Lautester Wert bis 95% Nennleistung				Lautester Wert bis 95% Nennleistung				Lautester Wert bis 95% Nennleistung			
WEA				WEA				WEA				WEA			
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]
1	2.045	2.051	28,86	1	2.014	2.021	29,04	1	2.093	2.100	28,58	1	2.098	2.104	28,55
2	1.847	1.854	30,08	2	1.841	1.847	30,12	2	1.923	1.930	29,59	2	1.934	1.940	29,53
3	1.413	1.422	33,17	3	1.407	1.416	33,22	3	1.490	1.499	32,57	3	1.501	1.509	32,49
4	1.237	1.248	34,65	4	1.171	1.182	35,26	4	1.239	1.250	34,64	4	1.234	1.245	34,68
5	1.843	1.851	30,10	5	1.742	1.750	30,76	5	1.788	1.796	30,45	5	1.772	1.779	30,56
6	2.212	2.218	27,91	6	2.115	2.121	28,45	6	2.163	2.169	28,18	6	2.147	2.153	28,27
7	1.456	1.466	32,82	7	1.357	1.367	33,62	7	1.404	1.414	33,24	7	1.388	1.399	33,36
Summe			40,14	Summe			40,60	Summe			40,10	Summe			40,13

Die terzbezogenen Luftdämpfungskoeffizienten α (entnommen aus MBBM 2016, Tab. 5.3, Seite 110) beziehen sich auf die Lufttemperatur von 10 °C und relative Feuchte von 80 % (günstiger Fall der Schallausbreitung). Jedoch ist die Luftdämpfung bei tiefen Frequenzen kaum wirksam; unterhalb von 50 Hz ist sie so gut wie gar nicht vorhanden (vgl. Anlage 1).

Nach dem Interimsverfahren entspricht die „Dämpfung“ aufgrund des Bodeneffekts A_{gr} einer Verstärkung (Verdoppelung) durch Bodenreflexion mit $A_{gr} = - 3 \text{ dB}$.

Die **terzbezogenen** Schallleistungspegel im tieffrequenten Bereich wird bei dem geplanten WEA-Typ nach beantragter **1-fach Vermessung**, bei der der maximale Schallleistungspegel L_w erreicht wird (hier: bei 6,7 m/s Referenzgeschwindigkeit in 10 m Referenzhöhe), bis hinab auf die Terzbandmittenfrequenz von 50 Hz wie folgt angegeben (entnommen aus Anlage 1 der SIP, wprd vom 26.03.2020).

Abbildung 3: Ausschnitt aus dem Schall-Dokument der 1-fach Vermessung der N149/4.0-4.5

Terz- Schallleistungspegel 6,7 m/s auf 10 m über Grund													
Frequenz	Hz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
$L_{WA, Terz}$	dB(A)	80,30	82,8*	85,1	89,6	89,6	89,0	91,2	92,1	94,2	95,1	94,7	96,1
Frequenz	Hz	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
$L_{WA, Terz}$	dB(A)	96,2	96,4	95,8	95,5	94,0	90,2	85,5	79,9	72,7	62,1*	[55,7]	[53,8]
Oktav- Schallleistungspegel 6,7 m/s auf 10 m über Grund													
Frequenz	Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000				
$L_{WA, Oktav}$	dB(A)	88,0*	94,2	97,4	100,1	100,9	98,5	86,7	[63,5]*				

Für die PTG werden die blau umrandeten terzbezogenen Schallleistungspegel nach Abbildung 3 angesetzt, die dem geforderten Frequenzbereich < 90 Hz entsprechen.

Der Bereich tieffrequenter Geräusche nach DIN 45680 erstreckt sich bis in den Infraschallbereich herab auf 8 Hz. Für den Frequenzbereich < 50 Hz liegen jedoch keine Emissionswerte des geplanten WEA-Typs vor; üblicherweise werden diese zumindest für < 20 Hz auch nicht ermittelt. Daher ist auch eine prognostische Beurteilung tieffrequenter Geräusche für diesen Frequenzbereich nicht möglich.

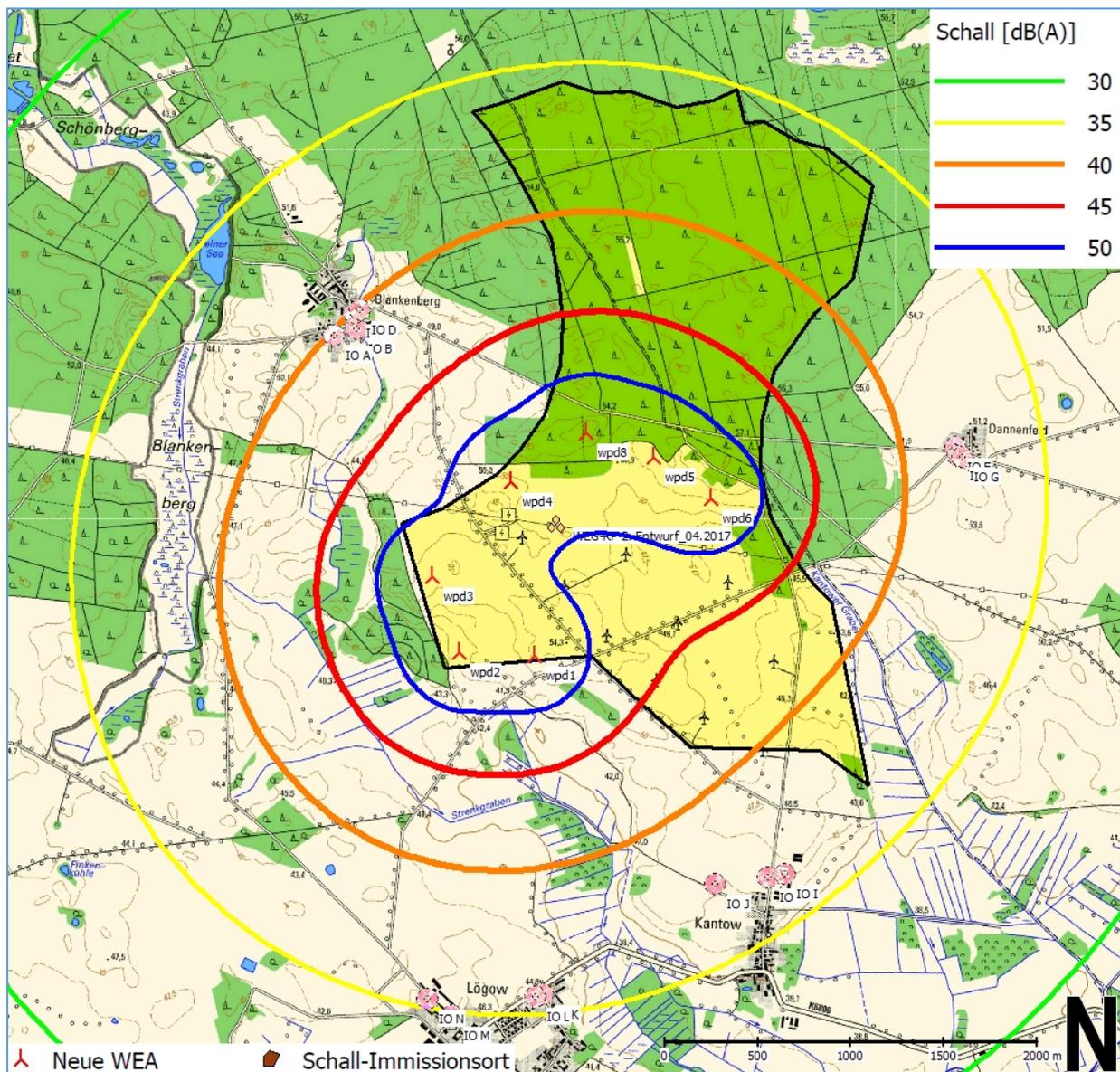
Wie dem o. g. LfU-Schreiben vom 10.04.2018 zu entnehmen ist, zeige jedoch die bisherige Praxis, dass die zulässigen Anhaltswerte der DIN 45680 zumindest in dem Frequenzbereich von 8 bis 16 Hz deutlich unterschritten wären und daher dieser Umstand vertretbar wäre.

Nach dem WKA-Geräuschimmissionserlass vom 16.01.2019 liegt zudem die Infraschallerzeugung moderner WEA selbst im Nahbereich deutlich unterhalb der Wahrnehmungsschwelle des Menschen (nach DIN 45680 bzw. nach MBBM 2016), womit nach derzeitigem Erkenntnisstand keine schädlichen Umwelteinwirkungen zu erwarten sind.

Analog der Schallimmissionsprognose (SIP), wprd vom 26.03.2020, beträgt für den geplanten WEA-Typ der Unsicherheitszuschlag für den oberen Vertrauensbereich (oVB) **2,1 dB (= ΔL)**, der jeweils zu den terzbezogenen Beurteilungspegeln L_r zu beaufschlagen ist.

Der nachfolgende Kartenausschnitt zeigt eine Übersicht des geplanten Windparks Kantow innerhalb des Windeignungsgebietes (WEG) Kantow-Walsleben (gelbe Fläche) mit den beantragten sieben WEA (rote Symbole) sowie der berücksichtigenden Immissionsorte (IO A bis N) um den geplanten Windpark herum auf einer topografischen Karte im Maßstab 1:25.000 (TK25).

Abbildung 4: Ausschnitt TK25 mit WEG, ZB, Schall-Isolinien und IO



3. Bestimmung des terzbezogenen Innenpegels

Nach Bestimmung der terzbezogenen Beurteilungspegel (außen) der Zusatzbelastung (ZB) im oberen Vertrauensbereich (oVB) $L_{r,90,au\beta en,ZB}$ nach der für WEA angepassten DIN ISO 9613 sind die terzbezogenen Innenschallpegel (= Beurteilungspegel innen) abzüglich der Schallpegeldifferenz D_w je Terzfrequenz (sog. „Schalldurchtritt“) für tonale Geräusche gemäß o. g. LfU-Schreiben vom 10.04.2018 mit Bezug auf MBBM 2016 zu ermitteln, die in nachfolgender Abbildung dargestellt und ebenfalls in Excel überführt worden sind (vgl. Anlage 1).

Abbildung 5: Schallpegeldifferenzen D_w „außen – innen“ für tonale Geräusche gemäß LfU

Terzmittenfrequenz in Hz	D_w in dB
8	2,5
10	3
12,5	4
16	5
20	6
25	6,5
31,5	7
40	8
50	9
63	10
80	10,5

4. Berechnungsergebnisse

Die Schallausbreitungsmodellierung nach dem Interimsverfahren mit entsprechend für WEA angepasster DIN ISO 9613 zur Bestimmung der terzbezogenen Beurteilungspegel (außen) zunächst je Einzel-WEA $L_{r,au\beta en}$, dann der gesamten Zusatzbelastung $L_{r,au\beta en,ZB}$ erfolgte für jeden betrachteten Immissionsort (IO) als Einzelregister in Excel (vgl. Anlage 1).

Ferner wurde hierbei je Terzfrequenz die Unsicherheit ΔL von hierbei **2,1 dB** für den oberen Vertrauensbereich (oVB) aufgeschlagen, wodurch die terzbezogenen Außenpegel (= Beurteilungspegel außen) der ZB im oVB $L_{r,90,au\beta en,ZB}$ für jeden beachteten IO ermittelt werden konnten.

Schließlich gelangt man nach Abzug der Schallpegeldifferenz D_w („außen – innen“) je Terzfrequenz entsprechend Abbildung 5 in Abschnitt 3 zu den terzbezogenen Innenpegeln (= Beurteilungspegel innen) der ZB im oVB $L_{r,90,innen,ZB}$.

Die so ermittelten terzbezogenen Innenpegel der ZB im oVB $L_{r,90,innen,ZB}$ wurden zur Beurteilung im Rahmen dieser Prognose mit **vier Grenzkurven mit den jeweils dazugehörigen Anhaltswerten**, die dem Abschlussbericht, MBBM 2016 zu entnehmen sind, gegenübergestellt:

1. mit der **Hörschwelle (L,HS) nach DIN 45680 (1997)**,
2. mit der sog. **Lästigkeitsgrenze (L,LG1) nach MBBM 2016** (aus Tab. A2, S. 146),
3. mit der **Wahrnehmungsschwelle (L,WS) nach DIN 45680 (2013)** sowie
4. mit der **Wahrnehmungsschwelle (L,WS) nach MBBM 2016** (aus Tab. A2, S. 146).

Hierbei stellt die **Wahrnehmungsschwelle nach MBBM 2016** (siehe Position 4) die strengst einzuhaltende Grenzkurve bzw. die strengst einzuhaltenden terzbezogenen Anhaltswerte dar.

Die Ergebnisse der Excel-Berechnungen mit Gegenüberstellung der Ergebnisse der terzbezogenen Innenpegel der ZB im oVB mit den vier o. g. Grenzkurven bzw. den dazugehörigen Anhaltswerten sind für alle betrachteten IO A bis D der Anlage 1 zu entnehmen.

5. Bewertung

Selbst der Vergleich mit der strengst einzuhaltenden Grenzkurve (Wahrnehmungsschwelle nach MBBM 2016) zeigt, dass die terzbezogenen Innenpegel der Zusatzbelastung (ZB) im oberen Vertrauensbereich (oVB) $L_{r,90,innen,ZB}$ an allen hier betrachteten Immissionsorten (IO) **A bis D** deutlich von den Anhaltswerten dieser Grenzkurve **unterschritten** werden.

Am **IO B**, bei dem der höchste terzbezogene Innenpegel von **13,0 dB** bei der Terzfrequenz von 80 Hz auftritt und mit **40,60 dB(A)** (vgl. Abbildung 1) auch der oktavbandbezogene höchste Beurteilungspegel der ZB im oVB vorkommt, beträgt die **Unterschreitung** vom Anhaltswert der Wahrnehmungsschwelle nach MBBM 2016, die die strengste Grenzkurve darstellt, bei dieser Terzfrequenz **7,8 dB** (siehe Seite 4 der Anlage 1).

Somit sind durch die geplanten sieben WEA (ZB) keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch tieffrequente Geräusche zu erwarten, so dass ihre Genehmigungsfähigkeit gegeben ist.

Nachtrag zur SIP vom 07.06.2019, Überarbeitung: 26.03.2020

auf Errichtung und Betrieb von **sieben Windenergieanlagen** nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)

am Standort Kantow, Gemeinde Wusterhausen/Dosse
Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg

Windpark Kantow

Prognose tieffrequenter Geräusche (PTG)

Anlage 1

Bestimmung der terzbezogenen Innenpegel & Gegenüberstellung mit vier Grenzkurven für die IO A bis D

Eingabe

wpd1

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	2.051	2.051	2.051
Adiv	[dB]	77,24	77,24	77,24
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,14	0,23	0,35
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	5,92	8,34	10,51

wpd2

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.854	1.854	1.854
Adiv	[dB]	76,36	76,36	76,36
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,13	0,20	0,32
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	6,81	9,23	11,42

wpd3

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.422	1.422	1.422
Adiv	[dB]	74,06	74,06	74,06
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,10	0,16	0,24
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	9,14	11,59	13,80

wpd4

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.248	1.248	1.248
Adiv	[dB]	72,92	72,92	72,92
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,09	0,14	0,21
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	10,29	12,74	14,96

wpd5

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.851	1.851	1.851
Adiv	[dB]	76,35	76,35	76,35
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,13	0,20	0,31
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	6,82	9,25	11,44

wpd6

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	2.218	2.218	2.218
Adiv	[dB]	77,92	77,92	77,92
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,16	0,24	0,38
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	5,23	7,64	9,80

wpd8

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.466	1.466	1.466
Adiv	[dB]	74,32	74,32	74,32
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,10	0,16	0,25
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	8,87	11,32	13,53

Zusatzbelastung (WEA 1 bis 7)

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lr,außen,ZB	[dB]	16,38	18,82	21,02
ΔL	[dB]	2,1	2,1	2,1
Lr,90,außen,ZB	[dB]	18,48	20,92	23,12
DW (LfU 2018)	[dB]	9,0	10,0	10,5
Lr,90,innen, ZB	[dB]	9,5	10,9	12,6

L,HS DIN 45680 (1997)	[dB]	40,5	33,5	28,0
Über-/Unter- schreitung	[dB]	-31,0	-22,6	-15,4

L,LG1 MBBM 2016	[dB]	41,0	34,5	30,0
Über-/Unter- schreitung	[dB]	-31,5	-23,6	-17,4

L,WS DIN 45680 (2013)	[dB]	34,0	27,5	21,5
Über-/Unter- schreitung	[dB]	-24,5	-16,6	-8,9

L,WS MBBM 2016	[dB]	30,0	24,9	20,8
Über-/Unter- schreitung	[dB]	-20,5	-14,0	-8,2

Eingabe

wpd1

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	2.021	2.021	2.021
Adiv	[dB]	77,11	77,11	77,11
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,14	0,22	0,34
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	6,05	8,47	10,65

wpd2

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.847	1.847	1.847
Adiv	[dB]	76,33	76,33	76,33
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,13	0,20	0,31
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	6,84	9,27	11,46

wpd3

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.416	1.416	1.416
Adiv	[dB]	74,02	74,02	74,02
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,10	0,16	0,24
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	9,18	11,62	13,84

wpd4

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.182	1.182	1.182
Adiv	[dB]	72,45	72,45	72,45
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,08	0,13	0,20
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	10,76	13,22	15,45

wpd5

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.750	1.750	1.750
Adiv	[dB]	75,86	75,86	75,86
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,12	0,19	0,30
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	7,32	9,75	11,94

wpd6

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	2.121	2.121	2.121
Adiv	[dB]	77,53	77,53	77,53
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,15	0,23	0,36
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	5,62	8,04	10,21

wpd8

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.367	1.367	1.367
Adiv	[dB]	73,72	73,72	73,72
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,10	0,15	0,23
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	9,49	11,93	14,15

Zusatzbelastung (WEA 1 bis 7)

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lr,außen,ZB	[dB]	16,72	19,16	21,37
ΔL	[dB]	2,1	2,1	2,1
Lr,90,außen,ZB	[dB]	18,82	21,26	23,47
DW (LfU 2018)	[dB]	9,0	10,0	10,5
Lr,90,innen, ZB	[dB]	9,8	11,3	13,0

L,HS DIN 45680 (1997)	[dB]	40,5	33,5	28,0
Über-/Unter- schreitung	[dB]	-30,7	-22,2	-15,0

L,LG1 MBBM 2016	[dB]	41,0	34,5	30,0
Über-/Unter- schreitung	[dB]	-31,2	-23,2	-17,0

L,WS DIN 45680 (2013)	[dB]	34,0	27,5	21,5
Über-/Unter- schreitung	[dB]	-24,2	-16,2	-8,5

L,WS MBBM 2016	[dB]	30,0	24,9	20,8
Über-/Unter- schreitung	[dB]	-20,2	-13,6	-7,8

Eingabe

wpd1

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	2.100	2.100	2.100
Adiv	[dB]	77,44	77,44	77,44
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,15	0,23	0,36
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	5,71	8,12	10,30

wpd2

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.930	1.930	1.930
Adiv	[dB]	76,71	76,71	76,71
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,14	0,21	0,33
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	6,45	8,88	11,06

wpd3

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.499	1.499	1.499
Adiv	[dB]	74,52	74,52	74,52
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,10	0,16	0,25
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	8,68	11,12	13,33

wpd4

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.250	1.250	1.250
Adiv	[dB]	72,94	72,94	72,94
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,09	0,14	0,21
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	10,27	12,72	14,95

wpd5

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.796	1.796	1.796
Adiv	[dB]	76,09	76,09	76,09
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,13	0,20	0,31
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	7,09	9,52	11,71

wpd6

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	2.169	2.169	2.169
Adiv	[dB]	77,73	77,73	77,73
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,15	0,24	0,37
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	5,42	7,84	10,01

wpd8

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.414	1.414	1.414
Adiv	[dB]	74,01	74,01	74,01
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,10	0,16	0,24
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	9,19	11,64	13,85

Zusatzbelastung (WEA 1 bis 7)

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lr,außen,ZB	[dB]	16,34	18,78	20,98
ΔL	[dB]	2,1	2,1	2,1
Lr,90,außen,ZB	[dB]	18,44	20,88	23,08
DW (LfU 2018)	[dB]	9,0	10,0	10,5
Lr,90,innen, ZB	[dB]	9,4	10,9	12,6

L,HS DIN 45680 (1997)	[dB]	40,5	33,5	28,0
Über-/Unter- schreitung	[dB]	-31,1	-22,6	-15,4

L,LG1 MBBM 2016	[dB]	41,0	34,5	30,0
Über-/Unter- schreitung	[dB]	-31,6	-23,6	-17,4

L,WS DIN 45680 (2013)	[dB]	34,0	27,5	21,5
Über-/Unter- schreitung	[dB]	-24,6	-16,6	-8,9

L,WS MBBM 2016	[dB]	30,0	24,9	20,8
Über-/Unter- schreitung	[dB]	-20,6	-14,0	-8,2

Eingabe

wpd1

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	2.104	2.104	2.104
Adiv	[dB]	77,46	77,46	77,46
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,15	0,23	0,36
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	5,69	8,11	10,28

wpd2

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.940	1.940	1.940
Adiv	[dB]	76,76	76,76	76,76
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,14	0,21	0,33
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	6,41	8,83	11,01

wpd3

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.509	1.509	1.509
Adiv	[dB]	74,57	74,57	74,57
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,11	0,17	0,26
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	8,62	11,06	13,27

wpd4

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.245	1.245	1.245
Adiv	[dB]	72,90	72,90	72,90
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,09	0,14	0,21
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	10,31	12,76	14,98

wpd5

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.779	1.779	1.779
Adiv	[dB]	76,00	76,00	76,00
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,12	0,20	0,30
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	7,17	9,60	11,79

wpd6

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	2.153	2.153	2.153
Adiv	[dB]	77,66	77,66	77,66
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,15	0,24	0,37
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	5,49	7,90	10,07

wpd8

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lw	[dB]	80,3	82,8	85,1
Abstand d	[m]	1.399	1.399	1.399
Adiv	[dB]	73,92	73,92	73,92
α	[dB/km]	0,07	0,11	0,17
Aatm	[dB]	0,10	0,15	0,24
Agr	[dB]	-3,0	-3,0	-3,0
Lr,außen	[dB]	9,29	11,73	13,95

Zusatzbelastung (WEA 1 bis 7)

Frequenz	[Hz]	50	63	80
Lr,außen,ZB	[dB]	16,37	18,80	21,01
ΔL	[dB]	2,1	2,1	2,1
Lr,90,außen,ZB	[dB]	18,47	20,90	23,11
DW (LfU 2018)	[dB]	9,0	10,0	10,5
Lr,90,innen, ZB	[dB]	9,5	10,9	12,6

L,HS DIN 45680 (1997)	[dB]	40,5	33,5	28,0
Über-/Unter- schreitung	[dB]	-31,0	-22,6	-15,4

L,LG1 MBBM 2016	[dB]	41,0	34,5	30,0
Über-/Unter- schreitung	[dB]	-31,5	-23,6	-17,4

L,WS DIN 45680 (2013)	[dB]	34,0	27,5	21,5
Über-/Unter- schreitung	[dB]	-24,5	-16,6	-8,9

L,WS MBBM 2016	[dB]	30,0	24,9	20,8
Über-/Unter- schreitung	[dB]	-20,5	-14,0	-8,2