



# Schallimmissionsprognose

## Für eine Windenergieanlage WEA 4 am Standort Wittendörp

**24.01.2020**

**Revision 0**

**Auftraggeber:**

ENERKRAFT GmbH

Wallfahrtsteich 27

32425 Minden

**Auftragnehmer:**

Die Naturschutzplaner GmbH

Nürnberger Straße 28

74074 Heilbronn

Die vorliegende Schallimmissionsprognose für den Standort Wittendörp III wurde von der Firma ENERKRAFT GmbH in Auftrag gegeben und gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik nach bestem Wissen und Gewissen unparteiisch erstellt.

Für die physikalische Einhaltung der prognostizierten Ergebnisse der Schallimmissionsprognose werden seitens des Gutachters keine Garantien übernommen. Sie basieren auf den Berechnungen nach TA-Lärm [1], der Norm DIN ISO 9613-2 [2] und den Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) [3] sowie den vom Auftraggeber und den WEA-Hersteller gestellten Standort- und Anlagendaten.

# Inhaltsverzeichnis

---

Inhaltsverzeichnis .....	1
Abbildungsverzeichnis.....	2
Tabellenverzeichnis.....	2
1 Grundlagen .....	3
1.1 Aufgabenstellung .....	3
1.2 Örtliche Beschreibung .....	4
2 Berechnungsgrundlagen.....	4
3 Immissionsrichtwerte.....	6
4 Immissionsorte.....	7
4.1 Lage der Immissionsorte .....	9
5 Ermittlung des Immissionsrelevanten Schalleistungspegels .....	11
5.1 Anlagenbeschreibung.....	11
5.2 Positionen der geplanten Windenergieanlage.....	12
5.3 Schalltechnische Kennwerte.....	12
6 Vorbelastung.....	13
6.1 Windenergieanlagen.....	13
6.2 Biogasanlage .....	14
7 Infrashall und tieffrequente Geräusche .....	14
8 Ergebnisse der Immissionsberechnung nach DIN ISO 9613-2.....	14
8.1 Berechnungsergebnis Vorbelastung .....	14
8.2 Berechnungsergebnis Zusatzbelastung .....	15
8.3 Berechnungsergebnis Gesamtbelastung .....	16
9 Zusammenfassung.....	16
10 Beurteilung.....	17
10 Literatur .....	18
11 Abkürzungen und Symbolverzeichnis .....	19
12 Anhang.....	20

## Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1: Standort der geplanten Windenergieanlage .....	3
Abbildung 2: Einwirkbereich der geplanten Windenergieanlage .....	7
Abbildung 3: Lage Immissionsorte A bis I .....	9
Abbildung 4: Lage Immissionsorte J und K.....	9
Abbildung 5: Lage Immissionsorte L und M .....	10
Abbildung 6: Immissionsorte N bis R.....	10
Abbildung 7: Lage Immissionsorte S und T .....	11

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1: Immissionsrichtwert gemäß TA-Lärm .....	6
Tabelle 2: Immissionsorte .....	8
Tabelle 3: Kenndaten der geplanten WEA .....	11
Tabelle 4: Position der geplanten WEA.....	12
Tabelle 5: Schalldaten der geplanten WEA .....	12
Tabelle 6: Oktavbänder Nordex N163/5,7 MW im Betriebsmodus 0 mit STE.....	12
Tabelle 7: Oktavbänder Nordex N163/5.7 MW im Betriebsmodus 0 mit STE inkl. Zuschlag.....	12
Tabelle 8: Angaben zur Vorbelastung .....	13
Tabelle 9: Oktavbänder der Vorbelastung .....	13
Tabelle 10: Oktavbänder der Vorbelastung inkl. Zuschlag .....	13
Tabelle 11: Berechneter Beurteilungspegel Vorbelastung .....	15
Tabelle 12: Berechneter Beurteilungspegel Zusatzbelastung.....	15
Tabelle 13: Berechneter Beurteilungspegel .....	16

# 1 Grundlagen

## 1.1 Aufgabenstellung

Diese Prognose dient der Bestimmung zu erwartender Schallimmissionen, verursacht durch eine in Planung befindlichen Windenergieanlage am Standort Wittendörp III. Eine Geräuschentwicklung wird durch Windenergieanlagen vom mechanischen Triebstrang (Getriebe, Generator usw.) und vom sich drehenden Rotor verursacht.

Die Berechnung der Schallimmission ist gemäß Nr. A2 der TA Lärm [1] nach der DIN ISO 9613-2 [2] durchzuführen. Die DIN ISO 9613-2 gilt für die Berechnung der Schallausbreitung bei bodennahen Quellen. Der LAI empfiehlt in den Hinweisen zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen Stand 30.06.2016 [3] zur Anpassung des Prognoseverfahrens auf hochliegende Quellen in Bezug auf die Veröffentlichung des Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) auf Basis neuerer Untersuchungsergebnisse und auf Basis theoretischer Berechnungen ein „Interimsverfahren“ [4]. Für WKA als hochliegende Schallquellen sind diese neueren Erkenntnisse im Genehmigungsverfahren entsprechend [3] zu berücksichtigen. Die Immissionsprognose ist daher nach der Dokumentation zur Schallausbreitung – Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1 [4] – sowohl für Vorbelastungsanlagen als auch für neu beantragte Anlagen frequenzselektiv durchzuführen.

Im Untersuchungsgebiet befinden sich weitere in der Planung bzw. Genehmigung befindliche Windenergieanlagen, sowie ca. 1.800 m nördlich eine Biogasanlage welche als schalltechnische Vorbelastungen berücksichtigt werden.



Abbildung 1: Standort der geplanten Windenergieanlage

## 1.2 Örtliche Beschreibung

---

Der Standort der Windenergieanlage Wittendörp III befindet sich im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern in der Gemeinde Dümmer südlich von Parum.

Die Umgebung setzt sich überwiegend aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und kleineren Waldgebieten zusammen. Die Standorte der geplanten Windkraftanlage liegt auf 41,8 m üNN.

Umgeben ist der Standort der WKA von den Dörfern Parum (ca. 1.020 m nördlich), Schossin (ca. 2.800 m östlich) sowie Hülsenburg (ca. 3.300 m südlich) und Luckwitz (ca. 1.500 m südwestlich).

Hierbei handelt es sich um Außenbereiche und Dorf-, Mischgebiete.

## 2 Berechnungsgrundlagen

---

Die gesetzliche Grundlage für die Schallimmissionsprognose bildet das Bundes-Immissionsschutzgesetz [5]. Die schalltechnischen Berechnungen wurden gemäß der TA-Lärm [1], den Normen DIN ISO 9613-2 [2] und DIN EN 50376 [6], den Empfehlungen des Arbeitskreises „Geräusche von Windenergieanlagen“ [7] sowie den vom Auftraggeber und den Herstellern der Windenergieanlagen zur Verfügung gestellten Standort- und Anlagendaten durchgeführt. Des Weiteren werden das Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen [4] und der überarbeitete Entwurf der Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA) [3] vom 17.03.2016 mit Änderungen PhysE, Stand 30.06.2016, berücksichtigt und angewandt. Zur Anwendung kommt dabei das EMD Softwareprogramm WindPRO [8].

Für die Prognose von Immissionspegeln von Windkraftanlagen gibt es kein nationales Regelwerk, das ohne Einschränkungen bzw. Modifizierungen oder Sonderregelungen auf die Schallausbreitung dieser hochliegenden Quellen anwendbar ist. Im Rahmen der Beurteilung der Geräuschbelastung dieser Anlagen wird in Genehmigungsverfahren im Regelfall die Anwendung der DIN ISO 9613-2 [2] vorgeschrieben. Diese Norm schließt aber explizit ihre Anwendung auf hochliegende Quellen aus.

Das „Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen [4]“ wurde im Mai 2015 veröffentlicht und basiert auf den Erkenntnissen des LANUV NRW zur Abweichung der realen von den modellierten Immissionen von WEA. Darauf aufbauend hat der LAI einen überarbeiteten Entwurf vom 17.03.2016 mit Änderungen PhysE vom 23.06.2016, Stand 30.06.2016, der Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA) [3] erarbeitet, der die Erkenntnisse der Studie aufgreift und, leicht adaptiert, in eine behördliche Empfehlung umsetzt (im Folgenden: neues LAI-Verfahren).

Durch eine im Interimsverfahren beschriebene Modifizierung des Schemas der DIN ISO 9613-2 [2] lässt sich dessen Anwendungsbereich auf Windkraftanlagen als hochliegende Quellen erweitern. Abweichend zum bisher in Deutschland üblichen Verfahren, sieht das Interimsverfahren vor, dass

- die Transmissionsberechnung auf Basis von Oktavband-Emissionsdaten der WEA frequenzselektiv durchgeführt wird (bisher: Summenpegel) und
- die Bodendämpfung Agr pauschal -3 dB(A) beträgt (Betrachtung der WEA als hochliegende Schallquelle), anstatt wie bisher das Verfahren zur Bodendämpfung entsprechend DIN ISO 9613-2 anzusetzen.

Hierbei sind der Berechnung der Luftabsorption die Luftdämpfungskoeffizienten  $\alpha$  nach Tabelle 2 der DIN ISO 9613-2 [2] für die relative Luftfeuchte 70 % und die Lufttemperatur von 10° C zugrunde zu legen.

Schallimmissionsprognosen sind mit Unsicherheiten behaftet, die sich aus den verwendeten Emissionsdaten und der Genauigkeit des Prognosemodells ergeben.

Das geplante Vorhaben ist genehmigungsfähig, wenn die Forderungen der TA Lärm, d.h. die Einhaltung des Immissionsrichtwertes mit hinreichender Sicherheit nachgewiesen wird. Eine hinreichende Sicherheit ist gegeben, wenn die obere Vertrauensbereichsgrenze des prognostizierten Beurteilungspegels für ein Vertrauensniveau von 90 % den jeweiligen Immissionsrichtwert (IRW) nicht überschreitet. Überschreitungen des IRW sind im Rahmen der Regelung unter Nr. 3.2.1 Abs. 3 – 5 der TA Lärm weiterhin zulässig.

Zur Ermittlung der Unsicherheit der Emissionsdaten (Unsicherheit der Typvermessung  $\sigma_R$  und Unsicherheit der Serienstreuung  $\sigma_P$ ) sowie der Unsicherheit des Prognosemodells  $\sigma_{Prog}$  ergeht folgende Regelungen:

- a) Unsicherheit der Herstellerangabe  
Wird die Herstellerangabe herangezogen, werden keine Unsicherheiten für Typvermessung und Serienstreuung ausgewiesen, da im Rahmen einer Abnahmemessung die Einhaltung der festgesetzten Herstellerangabe nachzuweisen ist.
- b) Unsicherheit Typvermessung  
Bei einer normkonform nach FGW-Richtlinie durchgeführten Typvermessung kann von einer Unsicherheit  $\sigma_R = 0,5$  dB ausgegangen werden.
- c) Unsicherheit durch Serienstreuung  
Bei der Übertragung des an einer WKA vermessenen Schalleistungspegels auf eine andere WKA des gleichen Typs ergibt sich eine Unsicherheit durch die Streuung der in Serie hergestellten WKA. Bei einer Mehrfachvermessung aus mindestens drei Messungen kann für  $\sigma_P$  die Standardabweichung  $s$  der Messwerte aus dem zusammenfassenden Bericht angesetzt werden.  
Liegt keine Mehrfachvermessung vor, ist für  $\sigma_P$  ein Ersatzwert von 1,2 dB zu wählen.
- d) Unsicherheit des Prognosemodells  
Die Unsicherheit des Prognosemodells wird wie folgt berücksichtigt

$$\sigma_{Prog} = 1 \text{ dB}$$

- e) Gesamtstandardabweichung  
Die Gesamtstandardabweichung  $\sigma_{ges}$  kann wie folgt zusammengefasst werden:

$$\sigma_{ges} = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2 + \sigma_{prog}^2}$$

Mit Hilfe der Gesamtstandartabweichung kann für die einzelne WEA die obere Vertrauensbereichsgrenze der prognostizierten Immission (mit einem Vertrauensniveau von 90 %) durch einen Zuschlag (OVB) abgeschätzt werden, der folgendermaßen berechnet wird:

$$\text{OVB} = 1,28 * \sigma_{ges}$$

Die obere Vertrauensbereichsgrenze des Gesamtimmissionspegels ( $L_{wA,90}$ ) mit einer statistischen Sicherheit von 90% berechnet sich aus:

$$L_{wA,90} = L_w + 1,28 * \sigma_{ges}$$

### 3 Immissionsrichtwerte

Die folgende Tabelle zeigt die Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden:

a)	in Industriegebieten	70 dB(A)	
b)	in Gewerbegebieten	tags 65 dB(A)	nachts <b>50</b> dB(A)
c)	in Kerngebieten, Dorfgebieten, Mischgebieten und Außenbereichen	tags 60 dB(A)	nachts <b>45</b> dB(A)
d)	in allgemeinen Wohngebieten und Kleinsiedlungsgebieten	tags 55 dB(A)	nachts <b>40</b> dB(A)
e)	in reinen Wohngebieten	tags 50 dB(A)	nachts <b>35</b> dB(A)
f)	in Kurgebieten, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten	tags 45 dB(A)	nachts <b>35</b> dB(A)

**Tabelle 1: Immissionsrichtwert gemäß TA-Lärm**

Die Immissionsrichtwerte nach TA-Lärm [1], Nummern 6.1 bis 6.3 beziehen sich auf folgende Zeiten:

1. tags	06.00 – 22.00 Uhr
2. nachts	22.00 – 06.00 Uhr

Die Immissionsrichtwerte nach TA Lärm [1], Nummern 6.1 bis 6.3 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.

Für folgende Zeiten ist in Gebieten nach TA Lärm [1], Nummer 6.1 Buchstaben d bis f bei der Ermittlung des Beurteilungspegels die erhöhte Störwirkung von Geräuschen durch einen Zuschlag zu berücksichtigen:

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

Zur schalltechnischen Beurteilung finden die von der LAI [4, 9] empfohlenen Hinweise Berücksichtigung.

## 4 Immissionsorte

Für die Berechnung der Lärmimmissionen am Standort Wittendörp III wurden die in der Umgebung des Standortes liegenden Immissionsorte auf Basis der topologischen Karte und von Luftbildaufnahmen sowie im Rahmen einer Standortbesichtigung am 24./25. September 2018 untersucht.

Die entsprechenden Gebietskategorien für die Bebauung wurden anhand der aktuellen Bebauungspläne und nach Absprache des Auftraggebers mit Frau Falkenheim vom Landkreis Ludwigslust-Parchim festgelegt. Auf dem Kartenmaterial sichtbare, näher gelegene Gebäude sind Scheunen und andere unbewohnte Bauwerke.

Es konnte festgestellt werden, dass keine Gebäudeanordnungen gegeben sind, die zu möglichen Schallreflexionen führen. Die Bezeichnungen und Lagen der Immissionsorte können den nachfolgenden Kartenausschnitten entnommen werden.

Die Auswahl der für die Schallimmissionsprognose relevanten Immissionsorte am Standort erfolgte auf Basis des nach dem TA-Lärm definierten Einwirkungsbereichs der geplanten WEA. Der Einwirkungsbereich der WEA ist demnach definiert als Bereich, in dem der Beurteilungspegel der Zusatzbelastung weniger als 10dB(A) unter dem Immissionsrichtwert liegt. Dazu sind auf der Abbildung 2 die ISO-Schalllinien für 25dB(A), 30dB(A) und für 35dB(A) eingezeichnet. In der vorliegenden Immissionsberechnung sind lediglich diejenigen Immissionsorte zu berücksichtigen, die innerhalb der 25dB(A)-Linie liegen, wenn der zulässige Immissionsrichtwert am Immissionsort 35dB(A) beträgt, die innerhalb der 30dB(A)-Linie liegen, wenn der zulässige Immissionsrichtwert am Immissionsort 40dB(A) beträgt und die innerhalb der 35dB(A)-Linie liegen, wenn der zulässige Immissionsrichtwert 45dB(A) beträgt.

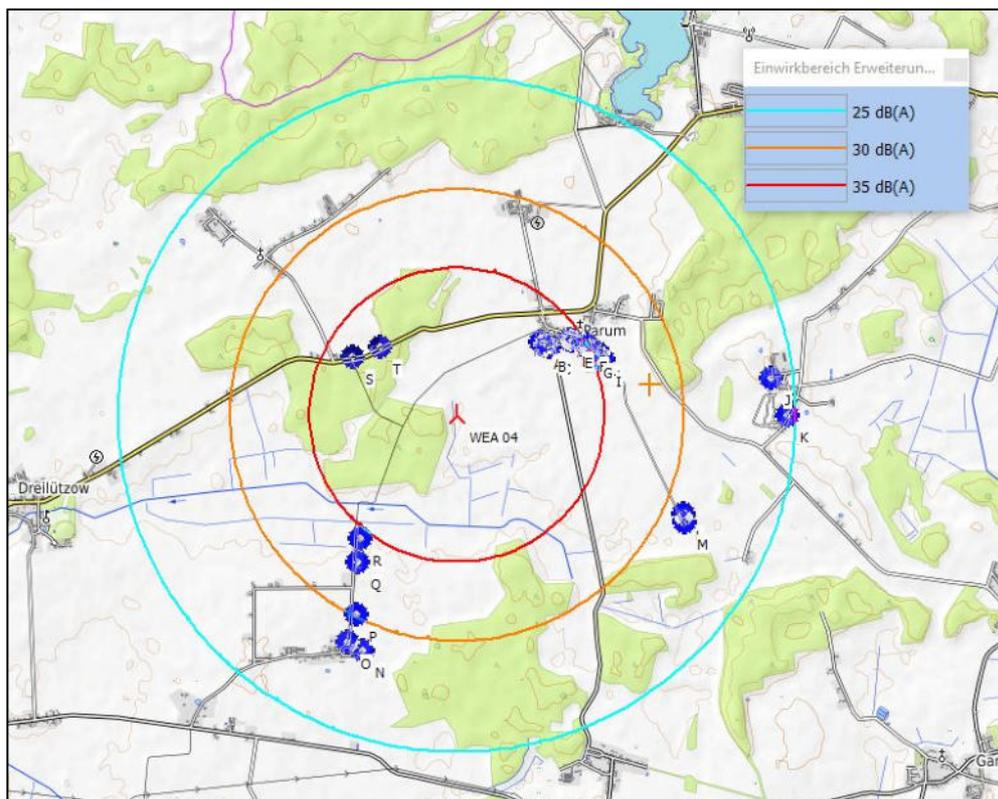


Abbildung 2: Einwirkungsbereich der geplanten Windenergieanlage

Der nachfolgenden Tabelle sind die Immissionsorte zu entnehmen.

IO Nr.	Strasse, Ort	Koordinaten UTM ETRS 89 Zone 33 Ost	Koordinaten UTM ETRS 89 Zone 33 Nord	Höhe über NN [m]	Aufpunkthöhe [m]	IRW [dB(A)] Tag	IRW [dB(A)] Nacht
A	Ate Dorfstrasse 31, Parum	33 247251	5939905	45,6	5,0	60	45
B	Alte Dorfstrasse 30a, Parum	33 247295	5939882	45,7	5,0	60	45
C	Alte Dorfstrasse 30, Parum	33 247325	5939859	45,8	5,0	60	45
D	Alte Dorfstrasse 22, Parum	33 247510	5939921	46,9	5,0	60	45
E	Alte Dorfstrasse 19, Parum	33 247540	5939911	47,0	5,0	60	45
F	Alte Dorfstrasse 17, Parum	33 247671	5939867	47,4	5,0	60	45
G	Rotensteiner Weg 1, Parum	33 247704	5939804	47,3	5,0	60	45
H	Rotensteiner Weg 3, Parum	33 247765	5939776	47,5	5,0	60	45
I	Rotensteiner Weg 4, Parum	33 247811	5939724	47,5	5,0	60	45
J	Feldstrasse 6, Schossin	33 249321	5939471	49,6	5,0	60	45
K	Alte Dorfstrasse 6, Schossin	33 249453	5939121	48,9	5,0	60	45
L	Rothensteiner Weg 5, Parum	33 248457	5938277	42,5	5,0	60	45
M	Rothensteiner Weg 6, Parum	33 248471	5938191	41,9	5,0	60	45
N	Luckwitzer Strasse 37, Luckwitz	33 245483	5937185	43,9	5,0	60	45
O	Luckwitzer Dorfstrasse 40, Luckwitz	33 245356	5937268	44,8	5,0	60	45
P	Luckwitzer Dorfstrasse 43, Luckwitz	33 245444	5937522	43,4	5,0	60	45
Q	Alter Siedlerweg 18, Luckwitz	33 245478	5937996	40,0	5,0	60	45
R	Alter Siedlerweg 19, Luckwitz	33 245520	5938208	40,0	5,0	60	45
S	Wittenburger Chaussee 4	33 245543	5939862	50,0	5,0	60	45
T	Wittenburger Chaussee 6	33 245796	5939941	50,0	5,0	60	45

Tabelle 2: Immissionsorte

## 4.1 Lage der Immissionsorte

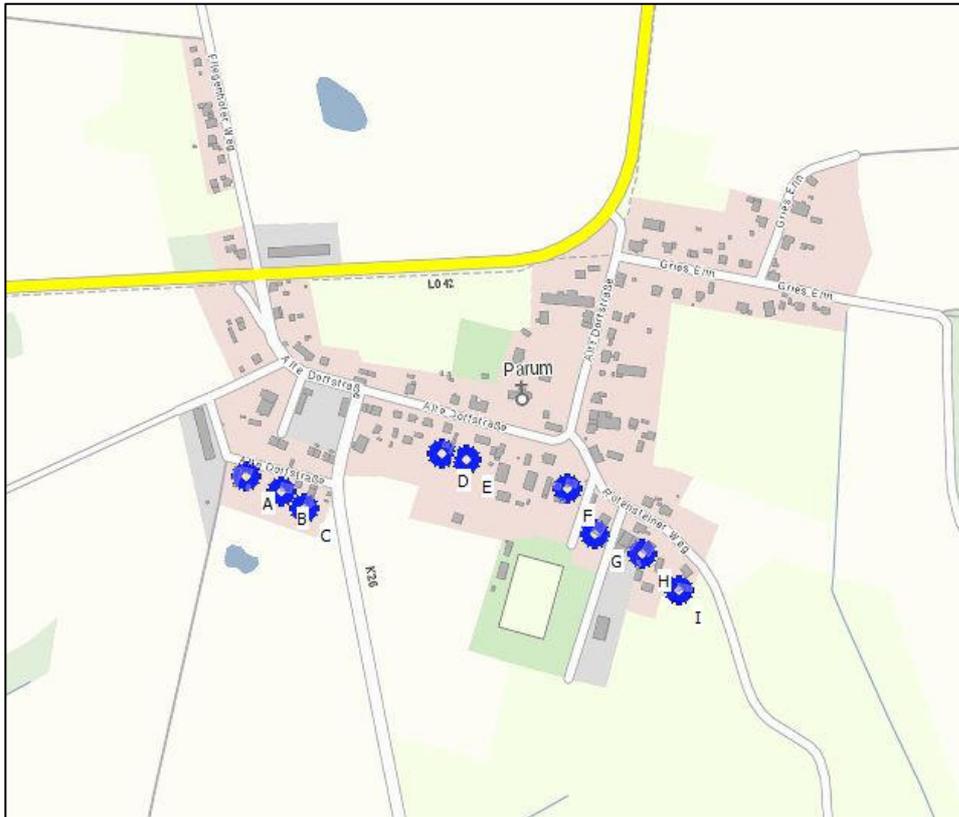


Abbildung 3: Lage Immissionsorte A bis I

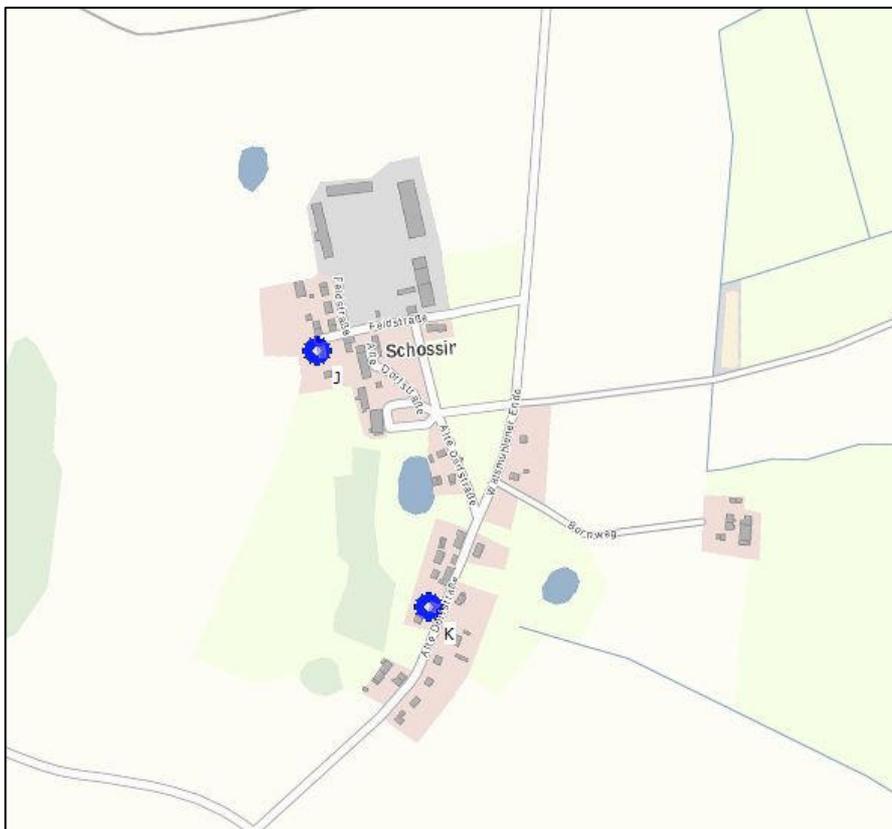


Abbildung 4: Lage Immissionsorte J und K

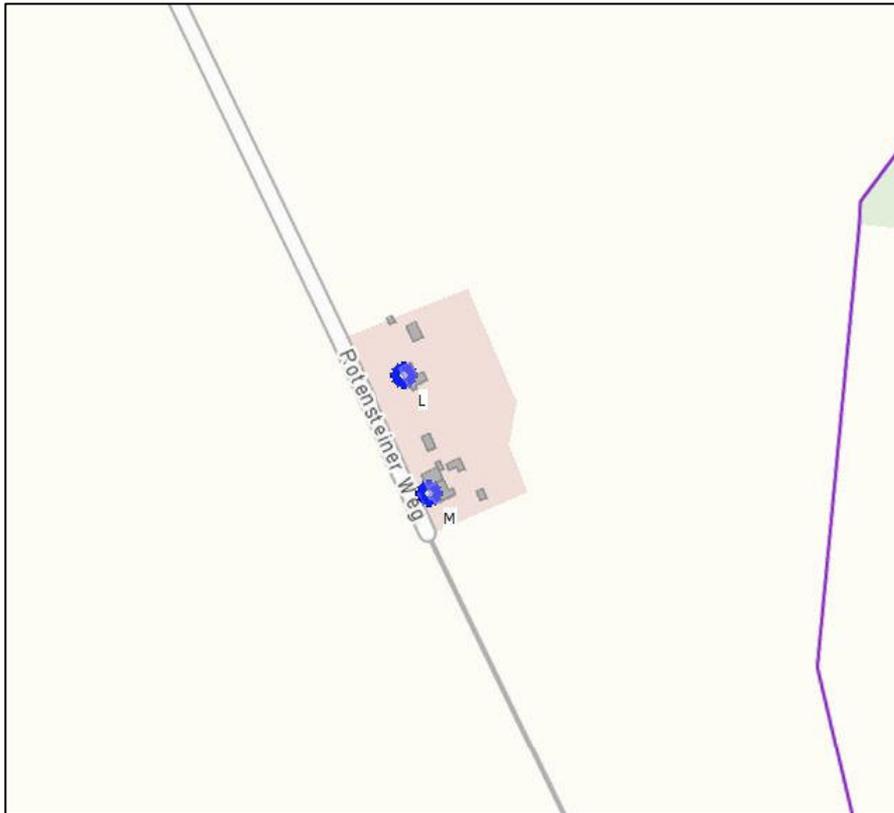


Abbildung 5: Lage Immissionsorte L und M

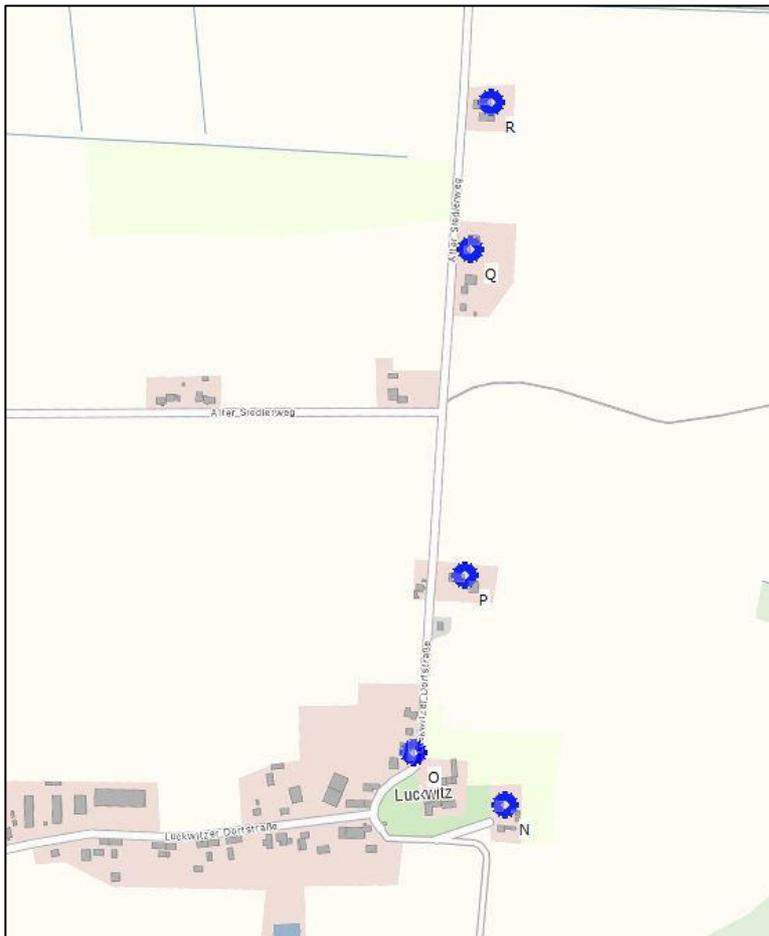


Abbildung 6: Immissionsorte N bis R

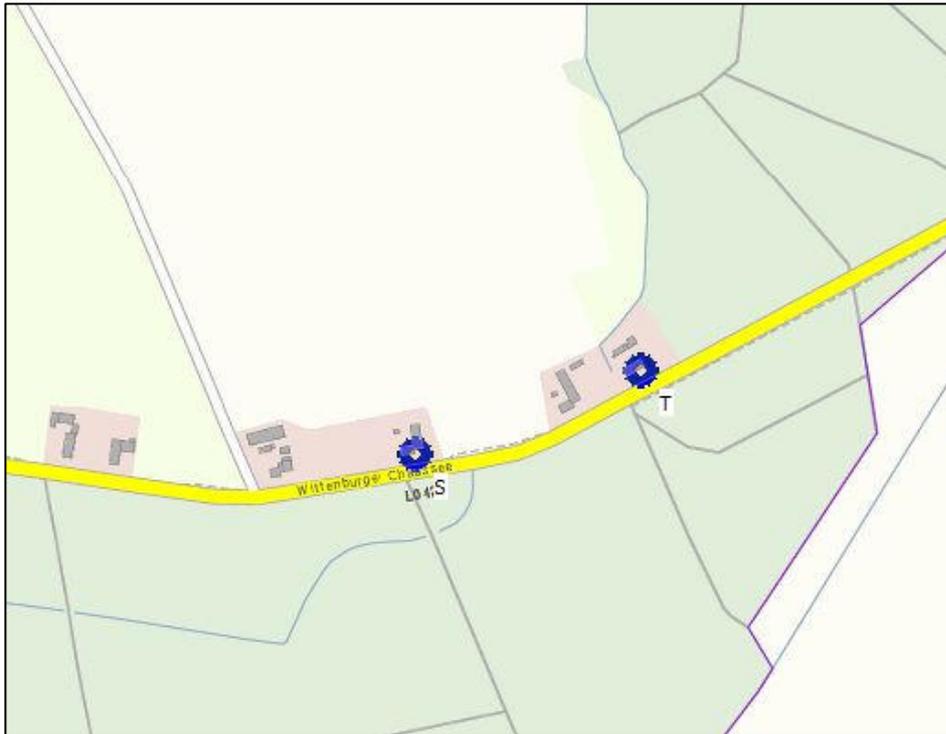


Abbildung 7: Lage Immissionsorte S und T

## 5 Ermittlung des Immissionsrelevanten Schalleistungspegels

### 5.1 Anlagenbeschreibung

Am Standort ist eine Windenergieanlage des Typs Nordex N163 geplant. Tabelle 3 gibt Auskunft über die Kenndaten des geplanten WEA-Typs:

<b>Hersteller</b>	Nordex
<b>Typenbezeichnung</b>	N163 / 5.7
<b>Nennleistung</b>	5.700 kW
<b>Rotordurchmesser</b>	163 m
<b>Nabenhöhe</b>	164 m
<b>Schalleistungspegel <math>L_{WA}</math> - Mode: 0 mit STE (Rotorblätter: Serrated trailing edges)</b>	<b>107,2 dB(A)</b> Herstellerangabe
<b>Zuschlag für Tonhaltigkeit <math>K_T</math></b>	0 dB(A)
<b>Zuschlag für Impulshaltigkeit <math>K_I</math></b>	0 dB(A)
<b>Regelung</b>	pitch

Tabelle 3: Kenndaten der geplanten WEA

## 5.2 Positionen der geplanten Windenergieanlage

Die Angaben zu den Koordinaten wurden vom Auftraggeber übermittelt. Der nachfolgenden Tabelle ist die Position sowie der Anlagentyp mit Nabenhöhe und die Betriebsweisen der geplanten Windenergieanlage zu entnehmen. Die Betriebsweise und die damit verbundenen Schalleistungspegel der Windenergieanlage bilden die Grundlage für die Berechnung der Zusatzbelastung.

Nr.	WEA Typ	Koordinaten UTM ETRS 89 Zone 33 Ost	Koordinaten UTM ETRS 89 Zone 33 Nord	Höhe über NN [m]	Betriebsmodus Nacht	Betriebsmodus Tag
01	Nordex N163 / 5.7MW	33 246452	5939288	41,8	Mode 0 mit STE	Mode 0 mit STE

Tabelle 4: Position der geplanten WEA

## 5.3 Schalltechnische Kennwerte

Für die Nordex N163/5.7 MW existierten zum Zeitpunkt der Berichterstellung keine unabhängigen schalltechnischen Vermessungen nach DIN EN 61400-11 [10] und der Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen, Teil 1 „Bestimmung der Schallemissionswerte“ [11]. Der Anlagenhersteller gibt für den Betrieb in Deutschland nachfolgende Angaben zu den maximalen Schalleistungspegeln für die unterschiedlichen Betriebsweisen der Anlage an [13].

Zur Berücksichtigung der Unsicherheiten wird als Zuschlag im Sinne der oberen Vertrauensgrenze ein Wert von 2,1 dB(A) einbezogen (zur Berechnung der oberen Vertrauensgrenze vgl. Abschnitt 2)

NR.	Bezeichnung	Schalleistungspegel [dB(A)]	$\sigma_R$ [dB]	$\sigma_P$ [dB]	$\sigma_{Prog}$ [dB]	$\sigma_{ges}$ [dB]	OVB [dB]	$L_{WA,90}$ [dB]
1	Nordex N163/5.7 MW	107,2	0,5	1,2	1,0	1,7	2,1	109,3

Tabelle 5: Schalldaten der geplanten WEA

Nachfolgende Tabelle zeigt das in der Ausbreitungsberechnung verwendete Oktavspektrum, basierend auf den Herstellerangaben [13] mit STE (Serrated Trailing Edge / Serrations) [14].

Betriebsmodus	63 HZ	125 HZ	250 HZ	500 HZ	1000 HZ	2000 HZ	4000 HZ	8000 HZ	$L_{WA}$
Modus 0	88,9	95,1	98,8	101,4	102,1	99,6	92,0	84,0	107,2

Tabelle 6: Oktavbänder Nordex N163/5,7 MW im Betriebsmodus 0 mit STE

Betriebsmodus	63 HZ	125 HZ	250 HZ	500 HZ	1000 HZ	2000 HZ	4000 HZ	8000 HZ	$L_{WA,90}$
Modus 0	91,0	97,2	100,9	103,5	104,2	101,7	94,1	86,1	109,3

Tabelle 7: Oktavbänder Nordex N163/5.7 MW im Betriebsmodus 0 mit STE inkl. Zuschlag

Der nach TA Lärm gesetzte Richtwert gilt als eingehalten, wenn er vom ermittelten Beurteilungspegel des Immissionsorts nicht überschritten wird.

## 6 Vorbelastung

Vorbelastungen müssen für die Prognose der zu erwartender Schallimmissionen berücksichtigt werden und fließen ggf. in die Berechnungen mit ein.

### 6.1 Windenergieanlagen

Im Untersuchungsgebiet befinden sich weitere in der Planung bzw. Genehmigung befindliche Windenergieanlagen, sowie ca. 1.800 m nördlich eine Biogasanlage welche als schalltechnische Vorbelastungen berücksichtigt werden. Tabelle 8 fasst die Koordinaten, technischen und schalltechnischen Daten der Vorbelastungen zusammen.

Nr.	Bezeichnung	$L_{WA}$	$NH$	$RD$	$P_{Nenn}$	UTM ETRS 89 Zone 33	
		[dB]	[m]	[m]	[kW]	Ost	Nord
1	Biogasanlage Parum	73,6	10	1	0,8	33 247206	5941032
2	Nordex N149/4.0-4.5MW	106,1	164	149	4.000-4.500	33 247485	5938337
3	Nordex N149/4.0-4.5MW	106,1	164	149	4.000-4.500	33 246767	5938850
4	GE Wind Energy 5.5-158	106,0	161	158	5.500	33 247209	5938811
5	GE Wind Energy 5.5-158	106,0	161	158	5.500	33 247707	5938729
6	GE Wind Energy 5.5-158	106,0	161	158	5.500	33 246264	5938581
7	GE Wind Energy 5.5-158	106,0	161	158	5.500	33 246734	5938278

Tabelle 8: Angaben zur Vorbelastung

Sowohl für die Nordex N149/4.0-4.5MW als auch für die GE 5.5-158 existierten zum Zeitpunkt der Berichterstellung keine unabhängigen schalltechnischen Vermessungen nach DIN EN 61400-11 [10] und der Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen, Teil 1 „Bestimmung der Schallemissionswerte“ [11]. Es wurden die vom Anlagenhersteller zur Verfügung gestellten Dokumentationen verwendet.

- Nordex Dokument: F008\_270\_A19\_ML; Revision 00 Stand 29.03.2018 [16].
- GE Wind Energy Dokument: Noise\_Emission-NO\_5.5-158-50Hz\_FGW\_GE\_r0 [17]

Die für die Ausbreitungsberechnung verwendeten Oktavspektren werden in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Bezeichnung	63 HZ	125 HZ	250 HZ	500 HZ	1000 HZ	2000 HZ	4000 HZ	8000 HZ	$L_{WA}$
Nordex N149/4.0-4.5 MW	88,9	95,1	98,8	101,4	102,1	99,6	92,0	84,0	107,2
GE Wind Energy 5.5-158	87,2	92,6	97,2	99,7	101,3	99,1	91,7	76,0	106,0

Tabelle 9: Oktavbänder der Vorbelastung

Bezeichnung	63 HZ	125 HZ	250 HZ	500 HZ	1000 HZ	2000 HZ	4000 HZ	8000 HZ	$L_{WA,90}$
Nordex N149/4.0-4.5 MW	91,0	97,2	100,9	103,5	104,2	101,7	94,1	86,1	109,3
GE Wind Energy 5.5-158	89,3	94,7	99,3	101,8	103,4	101,2	93,8	78,1	108,1

Tabelle 10: Oktavbänder der Vorbelastung inkl. Zuschlag

## 6.2 Biogasanlage

Für die Biogasanlage Parum liegen Emissionsdaten anhand eines Auszugs des BImSch Antrages vom 20.06.2007 vor [15]. Hieraus kann ein Schalleistungspegel  $L_{WA}$  von 73,6 dB(A) entnommen werden.

## 7 Infrasschall und tieffrequente Geräusche

Die Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräusche sind in der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm [1], siehe dort das Kapitel 7.3 und den Anhang A 1.5) sowie in der Norm DIN 45680 [12] geregelt. Maßgeblich für mögliche Belästigungen ist die Wahrnehmungsschwelle des Menschen, die in der Norm dargestellt ist. An den betrachteten Immissionsorten wird diese Schwelle aufgrund der großen Entfernung zwischen den Immissionsorten und den geplanten WEA nach Erfahrungen des Arbeitskreises Geräusche von WEA der Fördergesellschaft Windenergie e.V. nicht erreicht. Nach heutigem Stand der Wissenschaft sind schädliche Wirkungen durch Infrasschall bei Windenergieanlagen nicht zu erwarten.

## 8 Ergebnisse der Immissionsberechnung nach DIN ISO 9613-2

Mittels der Software WindPRO [8] und dem zugehörigen Modul DECIBEL wird die Immissionsbelastung durch den geplanten Windpark an den definierten Immissionsorten ermittelt.

Die Berechnung erfolgt den Anforderungen der TA Lärm [1] entsprechend nach DIN ISO 9613-2 [2], unter Anwendung des Interimsverfahrens [4]. Gemäß den Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) [3] und des Arbeitskreises „Geräusche von Windenergieanlagen“ [7] werden der Berechnung das Geländere Relief, eine Lufttemperatur von 10° C und eine Luftfeuchtigkeit von 70 % zugrunde gelegt.

Die Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung durch die neu geplanten WEA an den untersuchten Immissionsorten wurden nach DIN ISO 9613-2 [2] wie folgt berechnet.

### 8.1 Berechnungsergebnis Vorbelastung

Immissionsort		IRW Nacht	Immissions- Pegel	Beurteilungs- pegel (Vorbelastung)
IO	Name	dB(A)	dB(A)	dB(A)
A	Ate Dorfstrasse 31, Parum	45	41,5	42
B	Alte Dorfstrasse 30a, Parum	45	41,6	42
C	Alte Dorfstrasse 30, Parum	45	41,8	42
D	Alte Dorfstrasse 22, Parum	45	41,0	41
E	Alte Dorfstrasse 19, Parum	45	41,0	41
F	Alte Dorfstrasse 17, Parum	45	41,0	41
G	Rotensteiner Weg 1, Parum	45	41,4	41
H	Rotensteiner Weg 3, Parum	45	41,5	42

Immissionsort		IRW Nacht	Immissions- Pegel	Beurteilungs- pegel (Vorbelastung)
IO	Name	dB(A)	dB(A)	dB(A)
I	Rotensteiner Weg 4, Parum	45	41,7	42
J	Feldstrasse 6, Schossin	45	35,0	35
K	Alte Dorfstrasse 6, Schossin	45	34,9	35
L	Rothensteiner Weg 5, Parum	45	42,3	42
M	Rothensteiner Weg 6, Parum	45	41,9	42
N	Luckwitzer Strasse 37, Luckwitz	45	36,7	37
O	Luckwitzer Dorfstrasse 40, Luckwitz	45	36,6	37
P	Luckwitzer Dorfstrasse 43, Luckwitz	45	38,1	38
Q	Alter Siedlerweg 18, Luckwitz	45	40,5	41
R	Alter Siedlerweg 19, Luckwitz	45	41,7	42
S	Wittenburger Chaussee 4	45	37,6	38
T	Wittenburger Chaussee 6	45	38,3	38

Tabelle 11: Berechneter Beurteilungspegel Vorbelastung

## 8.2 Berechnungsergebnis Zusatzbelastung

Immissionsort		IRW Nacht	Immissions- pegel	Beurteilungs- pegel (Zusatzbelastung)
IO	Name	dB(A)	dB(A)	dB(A)
A	Ate Dorfstrasse 31, Parum	45	38,1	38
B	Alte Dorfstrasse 30a, Parum	45	37,9	38
C	Alte Dorfstrasse 30, Parum	45	37,8	38
D	Alte Dorfstrasse 22, Parum	45	35,9	36
E	Alte Dorfstrasse 19, Parum	45	35,8	36
F	Alte Dorfstrasse 17, Parum	45	34,9	35
G	Rotensteiner Weg 1, Parum	45	34,9	35
H	Rotensteiner Weg 3, Parum	45	34,5	35
I	Rotensteiner Weg 4, Parum	45	34,3	34
J	Feldstrasse 6, Schossin	45	25,9	26
K	Alte Dorfstrasse 6, Schossin	45	25,3	25
L	Rothensteiner Weg 5, Parum	45	29,0	29
M	Rothensteiner Weg 6, Parum	45	28,7	29
N	Luckwitzer Strasse 37, Luckwitz	45	28,6	29
O	Luckwitzer Dorfstrasse 40, Luckwitz	45	28,7	29
P	Luckwitzer Dorfstrasse 43, Luckwitz	45	30,2	30
Q	Alter Siedlerweg 18, Luckwitz	45	32,9	33
R	Alter Siedlerweg 19, Luckwitz	45	34,3	34
S	Wittenburger Chaussee 4	45	37,4	37
T	Wittenburger Chaussee 6	45	39,0	39

Tabelle 12: Berechneter Beurteilungspegel Zusatzbelastung

### 8.3 Berechnungsergebnis Gesamtbelastung

Immissionsort		IRW Nacht	Immissions- pegel	Beurteilungs- pegel (Gesamtbelastung)
Nr.	Name	dB(A)	dB(A)	dB(A)
A	Ate Dorfstrasse 31, Parum	45	43,1	43
B	Alte Dorfstrasse 30a, Parum	45	43,1	43
C	Alte Dorfstrasse 30, Parum	45	43,2	43
D	Alte Dorfstrasse 22, Parum	45	42,1	42
E	Alte Dorfstrasse 19, Parum	45	42,1	42
F	Alte Dorfstrasse 17, Parum	45	42,0	42
G	Rotensteiner Weg 1, Parum	45	42,3	42
H	Rotensteiner Weg 3, Parum	45	42,3	42
I	Rotensteiner Weg 4, Parum	45	42,4	42
J	Feldstrasse 6, Schossin	45	35,5	36
K	Alte Dorfstrasse 6, Schossin	45	35,3	35
L	Rothensteiner Weg 5, Parum	45	42,5	43
M	Rothensteiner Weg 6, Parum	45	42,1	42
N	Luckwitzer Strasse 37, Luckwitz	45	37,4	37
O	Luckwitzer Dorfstrasse 40, Luckwitz	45	37,2	37
P	Luckwitzer Dorfstrasse 43, Luckwitz	45	38,8	39
Q	Alter Siedlerweg 18, Luckwitz	45	41,2	41
R	Alter Siedlerweg 19, Luckwitz	45	42,5	43
S	Wittenburger Chaussee 4	45	40,5	41
T	Wittenburger Chaussee 6	45	41,7	42

Tabelle 13: Berechneter Beurteilungspegel

Die ermittelten Beurteilungspegel halten inklusive der Berücksichtigung des OVB von 2,1 dB die Richtwerte gemäß TA Lärm ein. Der Bau der Windkraftanlage am Standort Wittendörp III kann somit hinsichtlich seiner Schallemissionen durch Windenergieanlagen als unbedenklich angesehen werden.

Weitere Details zu den verwendeten Modellparametern können der Berechnungsdokumentation im Anhang entnommen werden.

## 9 Zusammenfassung

Mit dieser Prognose wurden erwartete Schallimmissionen bestimmt, verursacht durch eine in Planung befindlichen Windenergieanlage am Standort Wittendörp III.

Im Zuge einer Ortsbesichtigung am 24/25. September 2018 wurden vierzehn Immissionsorte ausgewählt, deren potentielle Immissionsbelastung durch die geplante Windenergieanlage geprüft wurde. Die Auswahl der für die Schallimmissionsprognose relevanten Immissionsorte am Standort erfolgte auf Basis des nach dem TA-Lärm definierten Einwirkbereichs der geplanten WEA. Somit ergeben sich Nachtimmissionsrichtwerte von 45 dB(A).

Für die Windenergieanlage wurde ein Schalleistungspegel von 109,3 dB(A) (mittlerer Schalleistungspegel zzgl. 2,1 dB(A) Sicherheitszuschlag für den oberen Vertrauensbereich) angenommen. Mittels der Software WindPRO [8] und dem zugehörigen Modul DECIBEL wurde die Belastung an den definierten Immissionsorten ermittelt. Die Berechnung erfolgte gemäß TA Lärm nach DIN ISO 9613-2 [2], unter Anwendung des Interimsverfahrens [4].

Aus Tabelle 11 geht hervor, dass die Immissionsrichtwerte an allen Immissionsorten eingehalten werden.

Immissionsort		IRW Nacht	Vor- belastung	Zusatz- belastung	Gesamt- beurteilungspegel
Nr.	Name	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
A	Ate Dorfstrasse 31, Parum	45	42	38	43
B	Alte Dorfstrasse 30a, Parum	45	42	38	43
C	Alte Dorfstrasse 30, Parum	45	42	38	43
D	Alte Dorfstrasse 22, Parum	45	41	36	42
E	Alte Dorfstrasse 19, Parum	45	41	36	42
F	Alte Dorfstrasse 17, Parum	45	41	35	42
G	Rotensteiner Weg 1, Parum	45	41	35	42
H	Rotensteiner Weg 3, Parum	45	42	35	42
I	Rotensteiner Weg 4, Parum	45	42	34	42
J	Feldstrasse 6, Schossin	45	35	26	36
K	Alte Dorfstrasse 6, Schossin	45	35	25	35
L	Rothensteiner Weg 5, Parum	45	42	29	43
M	Rothensteiner Weg 6, Parum	45	42	29	42
N	Luckwitzer Strasse 37, Luckwitz	45	37	29	37
O	Luckwitzer Dorfstrasse 40, Luckwitz	45	37	29	37
P	Luckwitzer Dorfstrasse 43, Luckwitz	45	38	30	39
Q	Alter Siedlerweg 18, Luckwitz	45	41	33	41
R	Alter Siedlerweg 19, Luckwitz	45	42	34	43
S	Wittenburger Chaussee 4	45	38	37	41
T	Wittenburger Chaussee 6	45	38	39	42

## 10 Beurteilung

Aus Sicht des Schallimmissionsschutzes bestehen unter den dargestellten Bedingungen keine Bedenken gegen die Errichtung und den uneingeschränkten Betrieb der geplanten Windenergieanlage während der Tages- und Nachtzeit.



Bearbeiter: Michael Kompa

## 10 Literatur

---

- [1] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm); GMBI 1998, August 1998
- [2] DIN ISO 9613-2; Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien; Okt. 99
- [3] LAI; Schallimmissionsschutz im Genehmigungsverfahren von Windenergieanlagen Empfehlungen des Arbeitskreises „Geräusche von Windenergieanlagen“ der Immissionsschutzbehörden und Messinstitute
- [4] <https://www.din.de>; Dokumentation zur Schallausbreitung – Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1
- [5] BImSchG - „Bundes-Immissionsschutzgesetz Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinrichtungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge“ in der Fassung der Bek. vom 26.09.2002
- [6] DIN EN 50376 „Angabe des Schalleistungspegels und der Tonhaltigkeitswerte bei Windenergieanlagen“
- [7] LAI; Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA), Überarbeiteter Entwurf vom 17.03.2016 mit Änderungen PhysE vom 23.06.2016, Stand 30.06.2016
- [8] WindPRO Version 3.3 EMD International A/S
- [9] Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen: Deutsche Übersetzung des „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement“, Hrsg.: DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; Beuth Verlage GmbH 2012
- [10] DIN EN 61400-11 Windenergieanlagen - Teil 11: Schallmessverfahren (IEC 61400-11:2012); Deutsche Fassung EN 61400-11:2013
- [11] FGW; Technische Richtlinie für Windenergieanlagen, Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Fördergesellschaft Windenergie e.V. (FGW)
- [12] DIN 45680; Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschimmissionen
- [13] Oktav-Schalleistungspegel für Nordex N163/5.X  
Nordex Dokument F008\_276\_A19\_IN; Revision 00 Stand 2019-05-21
- [14] Allgemeine Dokumentation „Option Serrations“  
Nordex Dokument K0801\_077528\_DE; Revision 04 Stand 31.05.2019
- [15] Auszug BImSch Antrag Biogasanlage Parum - Datenblatt vom 20.06.2007
- [16] Oktav-Schalleistungspegel für Nordex N149/4,0-4,5  
Nordex Dokument F008\_270\_A19\_ML; Revision 00 Stand 29.03.2018
- [17] Oktav-Schalleistungspegel für GE Energy 5.5-158  
Dokument: Noise Emission-NO 5.5-158-50Hz FGW GE r01

## 11 Abkürzungen und Symbolverzeichnis

---

A	Dämpfung
$A_{atm}$	Dämpfung durch die Luftabsorption
$A_{bar}$	Dämpfung aufgrund der Abschirmung (Schallschutz)
Abb.	Abbildung
$A_{div}$	Dämpfung aufgrund der geometrischen Ausbreitung
$A_{gr}$	Bodendämpfung
$A_{misc}$	Dämpfung aufgrund verschiedener Effekte (Bewuchs, Bebauung, Industrie)
Bez.	Bezeichnung
dB(A)	A-bewerteter Schalldruckpegel
$C_{met}$	Meteorologische Korrektur
$D_c$	Richtwirkungskorrektur
$D_p$	Abstand zwischen Schallquelle und Empfänger
$H_m$	mittlere Höhe (in Meter) des Schallausbreitungsweges über dem Boden
$h_r$	Höhe des Immissionspunktes über Grund (in WindPRO 5m)
$h_s$	Höhe der Quelle über dem Grund (Nabenhöhe)
IRW	Lärm- Immissionsrichtwerte
kTN	Tonhaltigkeit
$K_T$	Zuschlag für Tonhaltigkeit
$K_i$	Zuschlag für Impulshaltigkeit
$L_{AT}$	Beurteilungspegel am Immissionspunkt
$L_{ATi}$	Schallimmissionspegel an dem Immissionspunkt einer Emissionsquelle i
$L_{WA}$	Schalleistungspegel der Punktschallquelle A-bewertet
$L_{WA, 90}$	Schalleistungspegel inkl. Zuschlag (mit einem Vertrauensbereich von 90%)
üNN	über Normalnull
Nr.	Nummer
OVB	Obere Vertrauensbereichsgrenze
s	Standardabweichung
UTM	Universal Transverse Mercator
WEA	Windenergieanlage
$\alpha_{500}$	Absorptionskoeffizient der Luft (= 1,9 dB/km)
$\sigma_{ges}$	Gesamtstandardabweichung
$\sigma_R$	Standardabweichung der Messergebnisse
$\sigma_P$	Produktionsstandardabweichung, Produktstreuung
$\sigma_{Prog}$	Standardabweichung des Prognoseverfahrens

## 12 Anhang

---

- Berechnung der Schallausbreitung (Vorbelastung) inkl. Karte
- Berechnung der Schallausbreitung (Zusatzbelastung) inkl. Karte
- Berechnung der Schallausbreitung (Gesamtbelastung) inkl. Karte
- Oktav-Schalleistungspegel für Nordex N163/5.X  
Nordex Dokument F008\_276\_A19\_IN; Revision 00 Stand 2019-05-21
- Oktav-Schalleistungspegel für Nordex N149/4,0-4,5  
Nordex Dokument F008\_270\_A19\_ML; Revision 00 Stand 29.03.2018
- Allgemeine Dokumentation „Option Serrations“  
Nordex Dokument K0801\_077528\_DE; Revision 04 Stand 31.05.2019
- Oktav-Schalleistungspegel für GE Energy 5.5-158  
Dokument: Noise Emission-NO 5.5-158-50Hz FGW GE r01
- Auszug BImSch Antrag Biogasanlage Parum - Datenblatt vom 20.06.2007

## DECIBEL - Hauptergebnis

### Berechnung: Vorbelastung WEA 04

ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren)

Die Berechnung basiert auf der internationalen Norm ISO 9613-2  
"Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors"

Lautester Wert bis 95% Nennleistung  
Faktor für Meteorologischen Dämpfungskoeffizient, C0: 0,0 dB

Die gültigen Nacht-Immissionsrichtwerte sind entsprechend TA-Lärm festgesetzt auf:

- Industriegebiet: 70 dB(A)
- Dorf- und Mischgebiet, Außenbereich: 45 dB(A)
- Reines Wohngebiet / Kurgebiet u.ä. : 35 dB(A)
- Gewerbegebiet: 50 dB(A)
- Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)
- Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in:  
ETRS-TMzn Pan-European Transverse Mercator (UTM)-ETRS89 Zone: 33

### WEA

Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schallwerte		Windgeschwindigkeit	Status	LWA	Einzelton
				Ak-tuell	Hersteller	Typ				Quelle	Name				
		[m]					[kW]	[m]	[m]			[m/s]		[dB(A)]	
1	246.767	5.938.850	40,3 WEA 01	Ja	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	164,0	USER	Mode 0 (106,1) + 2,1 OVB - STE	(95%)		108,2	Nein
2	247.485	5.938.337	42,4 WEA 02	Ja	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	164,0	USER	Mode 0 (106,1) + 2,1 OVB - STE	(95%)		108,2	Nein
3	247.206	5.941.032	49,9 Biogasanlage Ausp...	Nein	ABC	Schallquelle Biogas-1/1	1	1,0	10,0	USER	Schalldaten Biogasanlage	(95%)	Anwenderwert	73,6	Nein
4	247.209	5.938.811	41,5 GE WIND ENERGY ...	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	USER	Mode NO inkl. 2,1 dB(A) OVB	(95%)		108,1	Nein
5	247.707	5.938.729	43,4 GE WIND ENERGY ...	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	USER	Mode NO inkl. 2,1 dB(A) OVB	(95%)		108,1	Nein
6	246.264	5.938.581	40,0 GE WIND ENERGY ...	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	USER	Mode NO inkl. 2,1 dB(A) OVB	(95%)		108,1	Nein
7	246.734	5.938.278	40,0 GE WIND ENERGY ...	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	USER	Mode NO inkl. 2,1 dB(A) OVB	(95%)		108,1	Nein

## Berechnungsergebnisse

### Beurteilungspegel

#### Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe	Anforderung Beurteilungspegel	
						Schall	Von WEA
				[m]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]
A	Ate Dorfstrasse 31, Parum	247.251	5.939.905	45,6	5,0	45,0	41,5
B	Alte Dorfstrasse 30a, Parum	247.295	5.939.882	45,7	5,0	45,0	41,6
C	Alte Dorfstrasse 30, Parum	247.325	5.939.859	45,8	5,0	45,0	41,8
D	Alte Dorfstrasse 22, Parum	247.510	5.939.921	46,9	5,0	45,0	41,0
E	Alte Dorfstrasse 19, Parum	247.540	5.939.911	47,0	5,0	45,0	41,0
F	Alte Dorfstrasse 17, Parum	247.671	5.939.867	47,4	5,0	45,0	41,0
G	Rotensteiner Weg 1, Parum	247.704	5.939.804	47,3	5,0	45,0	41,4
H	Rotensteiner Weg 3, Parum	247.765	5.939.776	47,5	5,0	45,0	41,5
I	Rotensteiner Weg 4, Parum	247.811	5.939.724	47,5	5,0	45,0	41,7
J	Feldstrasse 6, Schossin	249.321	5.939.471	49,6	5,0	45,0	35,0
K	Alte Dorfstrasse 6, Schossin	249.453	5.939.121	48,9	5,0	45,0	34,9
L	Rothensteiner Weg 5, Parum	248.457	5.938.277	42,5	5,0	45,0	42,3
M	Rothensteiner Weg 6, Parum	248.471	5.938.191	41,9	5,0	45,0	41,9
N	Luckwitzer Strasse 37, Luckwitz	245.483	5.937.185	43,9	5,0	45,0	36,7
O	Luckwitzer Dorfstrasse 40, Luckwitz	245.356	5.937.268	44,8	5,0	45,0	36,6
P	Luckwitzer Dorfstrasse 43, Luckwitz	245.444	5.937.522	43,4	5,0	45,0	38,1
Q	Alter Siedlerweg 18, Luckwitz	245.478	5.937.996	40,0	5,0	45,0	40,5
R	Alter Siedlerweg 19, Luckwitz	245.520	5.938.208	40,0	5,0	45,0	41,7
S	Wittenburger Chaussee 4	245.543	5.939.862	50,0	5,0	45,0	37,6
T	Wittenburger Chaussee 6	245.796	5.939.941	50,0	5,0	45,0	38,3

### Abstände (m)

Schall-Immissionsort	WEA						
	1	2	3	4	5	6	7
A	1161	1585	1127	1095	1261	1651	1707
B	1159	1556	1152	1074	1224	1659	1698
C	1153	1530	1178	1054	1192	1660	1687

(Fortsetzung nächste Seite)...

## DECIBEL - Hauptergebnis

### Berechnung: Vorbelastung WEA 04

...(Fortsetzung von letzter Seite)

Schall-Immissionsort	WEA						
	1	2	3	4	5	6	7
D	1302	1583	1151	1149	1207	1828	1816
E	1312	1574	1169	1148	1193	1842	1820
F	1360	1540	1253	1152	1138	1905	1844
G	1336	1483	1324	1109	1075	1888	1807
H	1361	1465	1374	1113	1048	1918	1818
I	1361	1424	1440	1093	1000	1922	1802
J	2627	2157	2627	2212	1775	3182	2847
K	2698	2117	2948	2264	1789	3233	2845
L	1784	973	3024	1357	875	2213	1722
M	1826	996	3108	1405	934	2240	1738
N	2101	2309	4213	2370	2706	1599	1660
O	2119	2381	4192	2410	2767	1596	1708
P	1874	2197	3925	2184	2563	1339	1494
Q	1545	2035	3491	1912	2345	979	1287
R	1402	1968	3287	1792	2247	832	1215
S	1587	2468	2032	1969	2441	1469	1981
T	1460	2328	1782	1808	2262	1438	1908

## DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

**Berechnung:** Vorbelastung WEA 04

**Schallberechnungs-Modell:**

ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren)

**Windgeschwindigkeit (in 10 m Höhe):**

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

**Bodeneffekt:**

Feste Werte, Agr: -3,0, Dc: 0,0

**Meteorologischer Koeffizient, C0:**

0,0 dB

**Art der Anforderung in der Berechnung:**

1: WEA-Geräusch vs. Schallrichtwert (z.B. DK, DE, SE, NL)

**Schalleistungspegel in der Berechnung:**

Schallwerte sind Lwa-Werte (Mittlere Schalleistungspegel; Standard)

**Einzeltöne:**

Fester Zuschlag wird zu Schallemission von WEA mit Einzeltönen zugefügt

WEA-Katalog

**Aufpunkthöhe ü.Gr.:**

5,0 m; Aufpunkthöhe in Immissionsort-Objekt hat Vorrang vor Angabe im Modell

**Unsicherheitszuschlag:**

0,0 dB; Unsicherheitszuschlag des IP hat Priorität

**verlangte Unter- (negativ) oder zulässige Überschreitung (positiv) des Schallrichtwerts:**

0,0 dB(A)

**Oktavbanddaten verwendet**

Frequenzabhängige Luftdämpfung

63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
[dB/km]							
0,10	0,40	1,00	1,90	3,70	9,70	32,80	117,00

**WEA:** NORDEX N149/4.0-4.5 4500 149.0 !O!

**Schall:** Mode 0 (106,1) + 2,1 OVB - STE

Datenquelle	Quelle/Datum	Quelle	Bearbeitet
Nordex Dokument	27.11.2019	USER	27.11.2019 09:04
F008_270_A19_ML	Revision 00,	2018-03-29	

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzeltone	Oktavbänder							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	108,2	Nein	89,9	96,1	99,8	102,4	103,1	100,6	93,0	85,0

**WEA:** ABC Schallquelle Biogas 1-1 1.0 !-!

**Schall:** Schalldaten Biogasanlage

Datenquelle	Quelle/Datum	Quelle	Bearbeitet
Unterlagen aus BImSch Antrag	09.11.2018	USER	20.11.2018 15:50

Status	Nabenhöhe [m]	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzeltone	Oktavbänder							
					63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Anwenderwert	10,0	95% der Nennleistung	73,6	Nein	53,3	61,7	65,9	68,1	67,6	65,6	61,6	50,7

**WEA:** GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 !O!

**Schall:** Mode NO inkl. 2,1 dB(A) OVB

Datenquelle	Quelle/Datum	Quelle	Bearbeitet
	26.11.2019	USER	26.11.2019 18:31

Status	Nabenhöhe [m]	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzeltone	Oktavbänder							
					63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	161,0	95% der Nennleistung	108,1	Nein	89,3	94,7	99,3	101,8	103,4	101,2	93,8	78,1

### Schall-Immissionsort: A Ate Dorfstrasse 31, Parum

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

## DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

**Berechnung:** Vorbelastung WEA 04

**Schall-Immissionsort: B Alte Dorfstrasse 30a, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: C Alte Dorfstrasse 30, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: D Alte Dorfstrasse 22, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: E Alte Dorfstrasse 19, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: F Alte Dorfstrasse 17, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: G Rotensteiner Weg 1, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: H Rotensteiner Weg 3, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: I Rotensteiner Weg 4, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: J Feldstrasse 6, Schossin**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

## **DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung**

**Berechnung:** Vorbelastung WEA 04

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: K Alte Dorfstrasse 6, Schossin**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: L Rothensteiner Weg 5, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Außenbereich

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: M Rothensteiner Weg 6, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Außenbereich

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: N Luckwitzer Strasse 37, Luckwitz**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: O Luckwitzer Dorfstrasse 40, Luckwitz**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: P Luckwitzer Dorfstrasse 43, Luckwitz**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: Q Alter Siedlerweg 18, Luckwitz**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: R Alter Siedlerweg 19, Luckwitz**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

## **DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung**

**Berechnung:** Vorbelastung WEA 04

**Schall-Immissionsort: S Wittenburger Chaussee 4**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Außenbereich

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: T Wittenburger Chaussee 6**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Außenbereich

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

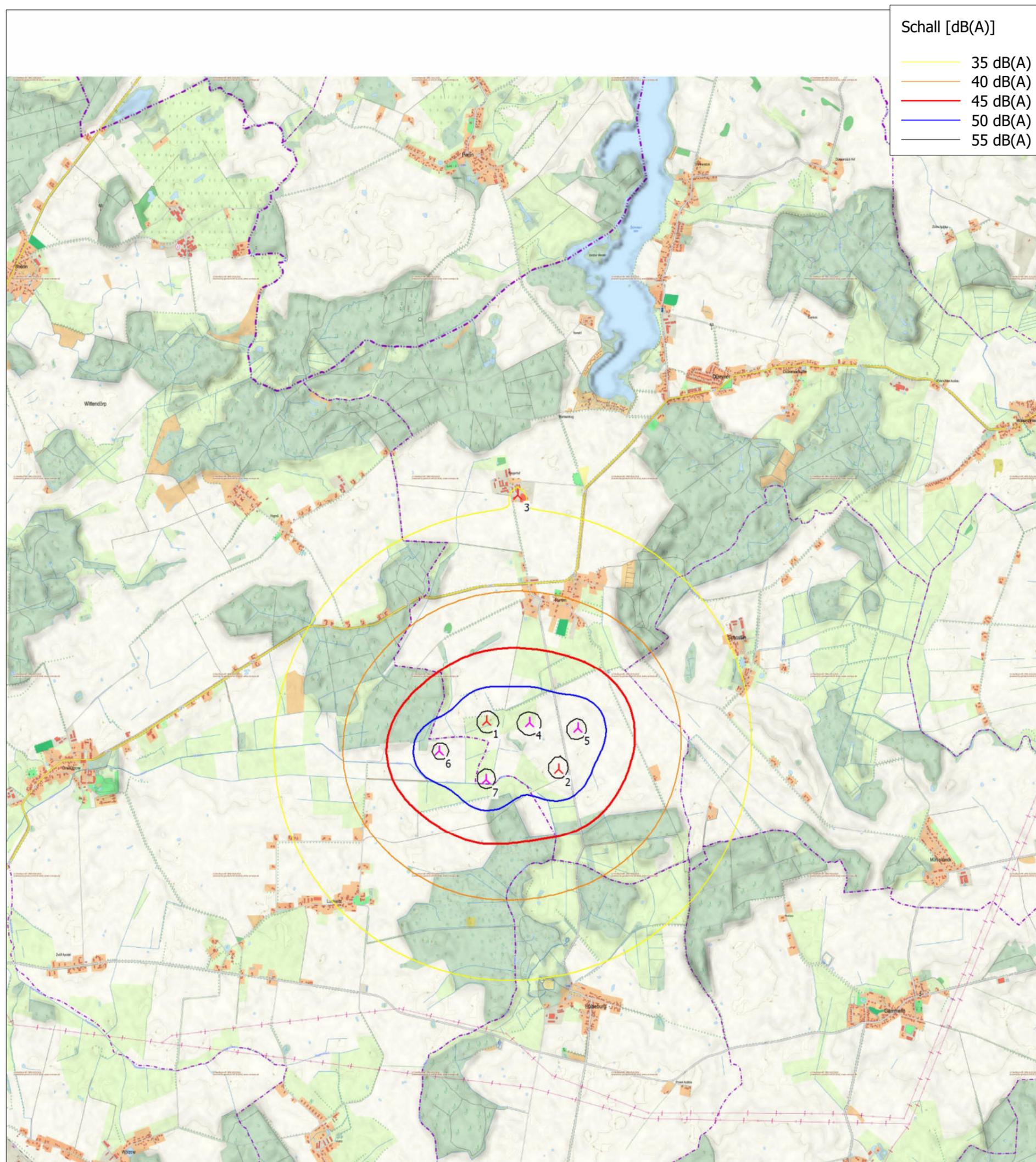
**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

## DECIBEL - Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Berechnung: Vorbelastung WEA 04



0 500 1000 1500 2000 m

Karte: OnMaps 4.0 , Maßstab 1:40.000, Mitte: ETRS-TMzn Pan-European Transverse Mercator (UTM)-ETRS89 Zone: 33 Ost: 246.986 Nord: 5.939.655

Neue WEA

Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren). Windgeschwindigkeit: Lautester Wert bis 95% Nennleistung  
Höhe über Meeresspiegel von aktivem Höhenlinien-Objekt

## DECIBEL - Hauptergebnis

### Berechnung: Zusatzbelastung WEA 04

ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren)

Die Berechnung basiert auf der internationalen Norm ISO 9613-2  
"Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors"

Lautester Wert bis 95% Nennleistung  
Faktor für Meteorologischen Dämpfungskoeffizient, C0: 0,0 dB

Die gültigen Nacht-Immissionsrichtwerte sind entsprechend TA-Lärm festgesetzt auf:

- Industriegebiet: 70 dB(A)
- Dorf- und Mischgebiet, Außenbereich: 45 dB(A)
- Reines Wohngebiet / Kurgebiet u.ä. : 35 dB(A)
- Gewerbegebiet: 50 dB(A)
- Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)
- Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in:  
ETRS-TMzn Pan-European Transverse Mercator (UTM)-ETRS89 Zone: 33

### WEA

Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotorhöhe [m]	Nabenhöhe [m]	Schallwerte		Windgeschwindigkeit [m/s] (95%)	LWA [dB(A)]	Einzelton
				Aktuell	Hersteller	Typ				Quelle	Name			
1	246.452	5.939.288	41,8 WEA 04	Ja	NORDEX	N163-5.700	5.700	163,0	164,0	USER	Mode 0 (107,2) + 2,1 OVB - STE		109,3	Nein

### Berechnungsergebnisse

#### Beurteilungspegel

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe [m]	Schall [dB(A)]	Anforderung Beurteilungspegel	
							Von WEA	Beurteilungspegel [dB(A)]
A	Ate Dorfstrasse 31, Parum	247.251	5.939.905	45,6	5,0	45,0	38,1	
B	Alte Dorfstrasse 30a, Parum	247.295	5.939.882	45,7	5,0	45,0	37,9	
C	Alte Dorfstrasse 30, Parum	247.325	5.939.859	45,8	5,0	45,0	37,8	
D	Alte Dorfstrasse 22, Parum	247.510	5.939.921	46,9	5,0	45,0	35,9	
E	Alte Dorfstrasse 19, Parum	247.540	5.939.911	47,0	5,0	45,0	35,8	
F	Alte Dorfstrasse 17, Parum	247.671	5.939.867	47,4	5,0	45,0	34,9	
G	Rotensteiner Weg 1, Parum	247.704	5.939.804	47,3	5,0	45,0	34,9	
H	Rotensteiner Weg 3, Parum	247.765	5.939.776	47,5	5,0	45,0	34,5	
I	Rotensteiner Weg 4, Parum	247.811	5.939.724	47,5	5,0	45,0	34,3	
J	Feldstrasse 6, Schossin	249.321	5.939.471	49,6	5,0	45,0	25,9	
K	Alte Dorfstrasse 6, Schossin	249.453	5.939.121	48,9	5,0	45,0	25,3	
L	Rothensteiner Weg 5, Parum	248.457	5.938.277	42,5	5,0	45,0	29,0	
M	Rothensteiner Weg 6, Parum	248.471	5.938.191	41,9	5,0	45,0	28,7	
N	Luckwitzer Strasse 37, Luckwitz	245.483	5.937.185	43,9	5,0	45,0	28,6	
O	Luckwitzer Dorfstrasse 40, Luckwitz	245.356	5.937.268	44,8	5,0	45,0	28,7	
P	Luckwitzer Dorfstrasse 43, Luckwitz	245.444	5.937.522	43,4	5,0	45,0	30,2	
Q	Alter Siedlerweg 18, Luckwitz	245.478	5.937.996	40,0	5,0	45,0	32,9	
R	Alter Siedlerweg 19, Luckwitz	245.520	5.938.208	40,0	5,0	45,0	34,3	
S	Wittenburger Chaussee 4	245.543	5.939.862	50,0	5,0	45,0	37,4	
T	Wittenburger Chaussee 6	245.796	5.939.941	50,0	5,0	45,0	39,0	

#### Abstände (m)

Schall-Immissionsort	WEA
A	1009
B	1031
C	1043
D	1232
E	1253
F	1349

(Fortsetzung nächste Seite)...

## DECIBEL - Hauptergebnis

### Berechnung: Zusatzbelastung WEA 04

...(Fortsetzung von letzter Seite)

	<b>WEA</b>
Schall-Immissionsort	1
G	1353
H	1400
I	1426
J	2873
K	3004
L	2244
M	2297
N	2314
O	2297
P	2032
Q	1617
R	1426
S	1074
T	925

## DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

### Berechnung: Zusatzbelastung WEA 04

#### Schallberechnungs-Modell:

ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren)

#### Windgeschwindigkeit (in 10 m Höhe):

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

#### Bodeneffekt:

Feste Werte, Agr: -3,0, Dc: 0,0

#### Meteorologischer Koeffizient, C0:

0,0 dB

#### Art der Anforderung in der Berechnung:

1: WEA-Geräusch vs. Schallrichtwert (z.B. DK, DE, SE, NL)

#### Schalleistungspegel in der Berechnung:

Schallwerte sind Lwa-Werte (Mittlere Schalleistungspegel; Standard)

#### Einzelton:

Fester Zuschlag wird zu Schallemission von WEA mit Einzeltonen zugefügt

WEA-Katalog

#### Aufpunkthöhe ü.Gr.:

5,0 m; Aufpunkthöhe in Immissionsort-Objekt hat Vorrang vor Angabe im Modell

#### Unsicherheitszuschlag:

0,0 dB; Unsicherheitszuschlag des IP hat Priorität

#### verlangte Unter- (negativ) oder zulässige Überschreitung (positiv) des Schallrichtwerts:

0,0 dB(A)

#### Oktavbanddaten verwendet

Frequenzabhängige Luftdämpfung

63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
[dB/km]							
0,10	0,40	1,00	1,90	3,70	9,70	32,80	117,00

#### WEA: NORDEX N163 5700 163.0 !O!

#### Schall: Mode 0 (107,2) + 2,1 OVB - STE

Datenquelle	Quelle/Datum	Quelle	Bearbeitet
Nordex Dokument	27.11.2019	USER	27.11.2019 09:47
F008_276_A19_IN	Revision 00,	2019-05-21	

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton	Oktavbänder							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	109,3	Nein	91,0	97,2	100,9	103,5	104,2	101,7	94,1	86,1

#### Schall-Immissionsort: A Ate Dorfstrasse 31, Parum

Vordefinierter Berechnungsstandard: Dorf- und Mischgebiete

Höhe Aufpunkt (ü.Gr.): Standardwert des Berechnungsmodells

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Schallrichtwert: 45,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

#### Schall-Immissionsort: B Alte Dorfstrasse 30a, Parum

Vordefinierter Berechnungsstandard: Dorf- und Mischgebiete

Höhe Aufpunkt (ü.Gr.): Standardwert des Berechnungsmodells

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Schallrichtwert: 45,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

#### Schall-Immissionsort: C Alte Dorfstrasse 30, Parum

Vordefinierter Berechnungsstandard: Dorf- und Mischgebiete

Höhe Aufpunkt (ü.Gr.): Standardwert des Berechnungsmodells

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Schallrichtwert: 45,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

#### Schall-Immissionsort: D Alte Dorfstrasse 22, Parum

Vordefinierter Berechnungsstandard: Dorf- und Mischgebiete

Höhe Aufpunkt (ü.Gr.): Standardwert des Berechnungsmodells

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

## DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

**Berechnung:** Zusatzbelastung WEA 04

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)  
**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: E Alte Dorfstrasse 19, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete  
**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells  
**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)  
**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: F Alte Dorfstrasse 17, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete  
**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells  
**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)  
**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: G Rotensteiner Weg 1, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete  
**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells  
**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)  
**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: H Rotensteiner Weg 3, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete  
**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells  
**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)  
**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: I Rotensteiner Weg 4, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete  
**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells  
**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)  
**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: J Feldstrasse 6, Schossin**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete  
**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells  
**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)  
**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: K Alte Dorfstrasse 6, Schossin**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete  
**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells  
**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)  
**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: L Rothensteiner Weg 5, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Außenbereich  
**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells  
**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)  
**Keine Abstandsanforderung**

## DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

**Berechnung:** Zusatzbelastung WEA 04

**Schall-Immissionsort: M Rothensteiner Weg 6, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Außenbereich

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: N Luckwitzer Strasse 37, Luckwitz**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: O Luckwitzer Dorfstrasse 40, Luckwitz**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: P Luckwitzer Dorfstrasse 43, Luckwitz**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: Q Alter Siedlerweg 18, Luckwitz**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: R Alter Siedlerweg 19, Luckwitz**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: S Wittenburger Chaussee 4**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Außenbereich

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: T Wittenburger Chaussee 6**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Außenbereich

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

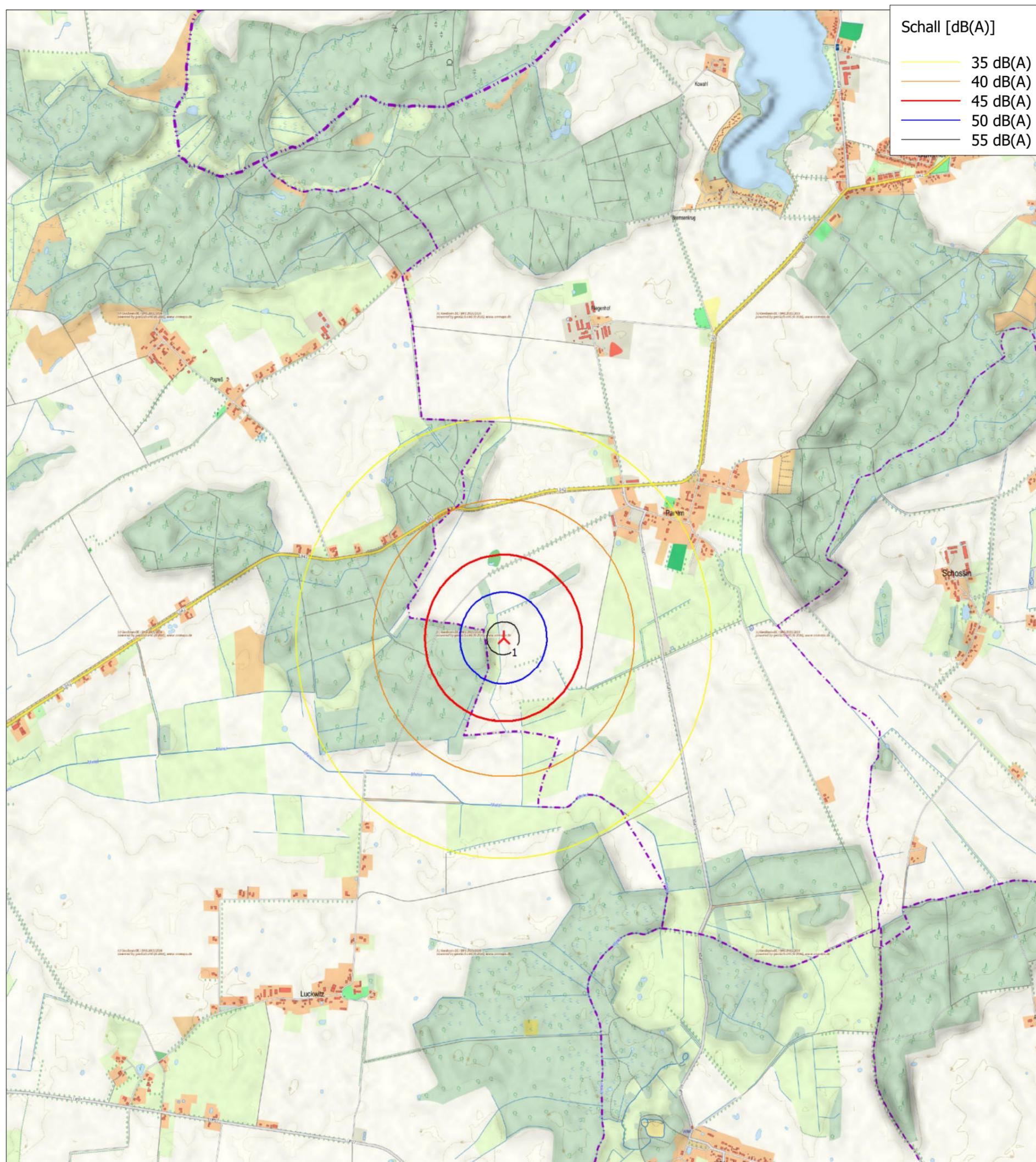
**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

## DECIBEL - Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Berechnung: Zusatzbelastung WEA 04



0 250 500 750 1000m

Karte: OnMaps 4.0 , Maßstab 1:25.000, Mitte: ETRS-TMzn Pan-European Transverse Mercator (UTM)-ETRS89 Zone: 33 Ost: 246.452 Nord: 5.939.288  
⚡ Neue WEA

Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren). Windgeschwindigkeit: Lautester Wert bis 95% Nennleistung  
Höhe über Meeresspiegel von aktivem Höhenlinien-Objekt

## DECIBEL - Hauptergebnis

### Berechnung: Gesamtbelastung WEA 04

ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren)

Die Berechnung basiert auf der internationalen Norm ISO 9613-2  
"Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors"

Lautester Wert bis 95% Nennleistung  
Faktor für Meteorologischen Dämpfungskoeffizient, C0: 0,0 dB

Die gültigen Nacht-Immissionsrichtwerte sind entsprechend TA-Lärm festgesetzt auf:

- Industriegebiet: 70 dB(A)
- Dorf- und Mischgebiet, Außenbereich: 45 dB(A)
- Reines Wohngebiet / Kurgebiet u.ä. : 35 dB(A)
- Gewerbegebiet: 50 dB(A)
- Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)
- Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in:  
ETRS-TMzn Pan-European Transverse Mercator (UTM)-ETRS89 Zone: 33

### WEA

Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schallwerte		Windgeschwindigkeit	Status	LWA	Einzelton
				Aktuell	Hersteller	Typ				Quelle	Name				
		[m]					[kW]	[m]	[m]			[m/s]		[dB(A)]	
1	246.452	5.939.288	41,8 WEA 04	Ja	NORDEX	N163-5.700	5.700	163,0	164,0	USER	Mode 0 (107,2) + 2,1 OVB - STE	(95%)		109,3	Nein
2	246.767	5.938.850	40,3 Bestands WEA	Ja	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	164,0	USER	Mode 0 (106,1) + 2,1 OVB - STE	(95%)		108,2	Nein
3	247.485	5.938.337	42,4 Bestands WEA	Ja	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	164,0	USER	Mode 0 (106,1) + 2,1 OVB - STE	(95%)		108,2	Nein
4	247.209	5.938.811	41,5 Bestands WEA	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	USER	Mode NO inkl. 2,1 dB(A) OVB	(95%)		108,1	Nein
5	247.707	5.938.729	43,4 Bestands WEA	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	USER	Mode NO inkl. 2,1 dB(A) OVB	(95%)		108,1	Nein
6	246.264	5.938.581	40,0 Bestands WEA	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	USER	Mode NO inkl. 2,1 dB(A) OVB	(95%)		108,1	Nein
7	246.734	5.938.278	40,0 Bestands WEA	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	USER	Mode NO inkl. 2,1 dB(A) OVB	(95%)		108,1	Nein
8	247.206	5.941.032	49,9 Biogasanlage	Nein	ABC	Schallquelle Biogas-1/1	1	1,0	10,0	USER	Schalldaten Biogasanlage	(95%)	Anwenderwert	73,6	Nein

## Berechnungsergebnisse

### Beurteilungspegel

#### Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe	Anforderung Beurteilungspegel	
						Schall	Von WEA
				[m]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]
A	Ate Dorfstrasse 31, Parum	247.251	5.939.905	45,6	5,0	45,0	43,1
B	Alte Dorfstrasse 30a, Parum	247.295	5.939.882	45,7	5,0	45,0	43,1
C	Alte Dorfstrasse 30, Parum	247.325	5.939.859	45,8	5,0	45,0	43,2
D	Alte Dorfstrasse 22, Parum	247.510	5.939.921	46,9	5,0	45,0	42,1
E	Alte Dorfstrasse 19, Parum	247.540	5.939.911	47,0	5,0	45,0	42,1
F	Alte Dorfstrasse 17, Parum	247.671	5.939.867	47,4	5,0	45,0	42,0
G	Rotensteiner Weg 1, Parum	247.704	5.939.804	47,3	5,0	45,0	42,3
H	Rotensteiner Weg 3, Parum	247.765	5.939.776	47,5	5,0	45,0	42,3
I	Rotensteiner Weg 4, Parum	247.811	5.939.724	47,5	5,0	45,0	42,4
J	Feldstrasse 6, Schossin	249.321	5.939.471	49,6	5,0	45,0	35,5
K	Alte Dorfstrasse 6, Schossin	249.453	5.939.121	48,9	5,0	45,0	35,3
L	Rothensteiner Weg 5, Parum	248.457	5.938.277	42,5	5,0	45,0	42,5
M	Rothensteiner Weg 6, Parum	248.471	5.938.191	41,9	5,0	45,0	42,1
N	Luckwitzer Strasse 37, Luckwitz	245.483	5.937.185	43,9	5,0	45,0	37,4
O	Luckwitzer Dorfstrasse 40, Luckwitz	245.356	5.937.268	44,8	5,0	45,0	37,2
P	Luckwitzer Dorfstrasse 43, Luckwitz	245.444	5.937.522	43,4	5,0	45,0	38,8
Q	Alter Siedlerweg 18, Luckwitz	245.478	5.937.996	40,0	5,0	45,0	41,2
R	Alter Siedlerweg 19, Luckwitz	245.520	5.938.208	40,0	5,0	45,0	42,5
S	Wittenburger Chaussee 4	245.543	5.939.862	50,0	5,0	45,0	40,5
T	Wittenburger Chaussee 6	245.796	5.939.941	50,0	5,0	45,0	41,7

## DECIBEL - Hauptergebnis

**Berechnung:** Gesamtbelastung WEA 04

### Abstände (m)

Schall-Immissionsort	WEA							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1009	1161	1585	1095	1261	1651	1707	1127
B	1031	1159	1556	1074	1224	1659	1698	1153
C	1043	1153	1530	1054	1192	1660	1687	1178
D	1232	1302	1583	1149	1207	1828	1816	1151
E	1253	1312	1574	1148	1193	1842	1820	1169
F	1349	1360	1540	1152	1138	1905	1844	1254
G	1353	1336	1483	1109	1075	1888	1807	1324
H	1400	1361	1465	1113	1048	1918	1818	1374
I	1426	1361	1424	1093	1000	1922	1802	1440
J	2873	2627	2157	2212	1775	3182	2847	2627
K	3004	2698	2117	2264	1789	3233	2845	2948
L	2244	1784	973	1357	875	2213	1722	3024
M	2297	1826	996	1405	934	2240	1738	3108
N	2314	2101	2309	2370	2706	1599	1660	4213
O	2297	2119	2381	2410	2767	1596	1708	4192
P	2032	1874	2197	2184	2563	1339	1494	3925
Q	1617	1545	2035	1912	2345	979	1287	3491
R	1426	1402	1968	1792	2247	832	1215	3287
S	1074	1587	2468	1969	2441	1469	1981	2032
T	925	1460	2328	1808	2262	1438	1908	1782

## DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

### Berechnung: Gesamtbelastung WEA 04

#### Schallberechnungs-Modell:

ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren)

#### Windgeschwindigkeit (in 10 m Höhe):

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

#### Bodeneffekt:

Feste Werte, Agr: -3,0, Dc: 0,0

#### Meteorologischer Koeffizient, C0:

0,0 dB

#### Art der Anforderung in der Berechnung:

1: WEA-Geräusch vs. Schallrichtwert (z.B. DK, DE, SE, NL)

#### Schalleistungspegel in der Berechnung:

Schallwerte sind Lwa-Werte (Mittlere Schalleistungspegel; Standard)

#### Einzelton:

Fester Zuschlag wird zu Schallemission von WEA mit Einzeltonen zugefügt

WEA-Katalog

#### Aufpunkthöhe ü.Gr.:

5,0 m; Aufpunkthöhe in Immissionsort-Objekt hat Vorrang vor Angabe im Modell

#### Unsicherheitszuschlag:

0,0 dB; Unsicherheitszuschlag des IP hat Priorität

#### verlangte Unter- (negativ) oder zulässige Überschreitung (positiv) des Schallrichtwerts:

0,0 dB(A)

#### Oktavbanddaten verwendet

Frequenzabhängige Luftdämpfung

63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
[dB/km]							
0,10	0,40	1,00	1,90	3,70	9,70	32,80	117,00

#### WEA: NORDEX N163 5700 163.0 !O!

#### Schall: Mode 0 (107,2) + 2,1 OVB - STE

Datenquelle Quelle/Datum Quelle Bearbeitet  
Nordex Dokument 27.11.2019 USER 27.11.2019 09:47  
F008\_276\_A19\_IN Revision 00, 2019-05-21

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton	Oktavbänder							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	109,3	Nein	91,0	97,2	100,9	103,5	104,2	101,7	94,1	86,1

#### WEA: NORDEX N149/4.0-4.5 4500 149.0 !O!

#### Schall: Mode 0 (106,1) + 2,1 OVB - STE

Datenquelle Quelle/Datum Quelle Bearbeitet  
Nordex Dokument 27.11.2019 USER 27.11.2019 09:04  
F008\_270\_A19\_ML Revision 00, 2018-03-29

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton	Oktavbänder							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	108,2	Nein	89,9	96,1	99,8	102,4	103,1	100,6	93,0	85,0

#### WEA: GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 !O!

#### Schall: Mode NO inkl. 2,1 dB(A) OVB

Datenquelle Quelle/Datum Quelle Bearbeitet  
26.11.2019 USER 26.11.2019 18:31

Status	Nabenhöhe [m]	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton	Oktavbänder							
					63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	161,0	95% der Nennleistung	108,1	Nein	89,3	94,7	99,3	101,8	103,4	101,2	93,8	78,1

## DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

**Berechnung:** Gesamtbelastung WEA 04

**WEA:** ABC Schallquelle Biogas 1-1 1.0 !-!

**Schall:** Schalldaten Biogasanlage

Datenquelle	Quelle/Datum	Quelle	Bearbeitet
Unterlagen aus BImSch Antrag	09.11.2018	USER	20.11.2018 15:50

Status	Nabenhöhe [m]	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton	Oktavbänder							
					63 [dB]	125 [dB]	250 [dB]	500 [dB]	1000 [dB]	2000 [dB]	4000 [dB]	8000 [dB]
Anwenderwert	10,0	95% der Nennleistung	73,6	Nein	53,3	61,7	65,9	68,1	67,6	65,6	61,6	50,7

### Schall-Immissionsort: A Ate Dorfstrasse 31, Parum

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

### Schall-Immissionsort: B Alte Dorfstrasse 30a, Parum

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

### Schall-Immissionsort: C Alte Dorfstrasse 30, Parum

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

### Schall-Immissionsort: D Alte Dorfstrasse 22, Parum

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

### Schall-Immissionsort: E Alte Dorfstrasse 19, Parum

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

### Schall-Immissionsort: F Alte Dorfstrasse 17, Parum

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

### Schall-Immissionsort: G Rotensteiner Weg 1, Parum

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

## DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

**Berechnung:** Gesamtbelastung WEA 04

**Schall-Immissionsort: H Rotensteiner Weg 3, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: I Rotensteiner Weg 4, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: J Feldstrasse 6, Schossin**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: K Alte Dorfstrasse 6, Schossin**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: L Rothensteiner Weg 5, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Außenbereich

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: M Rothensteiner Weg 6, Parum**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Außenbereich

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: N Luckwitzer Strasse 37, Luckwitz**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: O Luckwitzer Dorfstrasse 40, Luckwitz**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: P Luckwitzer Dorfstrasse 43, Luckwitz**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

## DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

**Berechnung:** Gesamtbelastung WEA 04

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: Q Alter Siedlerweg 18, Luckwitz**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: R Alter Siedlerweg 19, Luckwitz**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Dorf- und Mischgebiete

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: S Wittenburger Chaussee 4**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Außenbereich

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

**Schall-Immissionsort: T Wittenburger Chaussee 6**

**Vordefinierter Berechnungsstandard:** Außenbereich

**Höhe Aufpunkt (ü.Gr.):** Standardwert des Berechnungsmodells

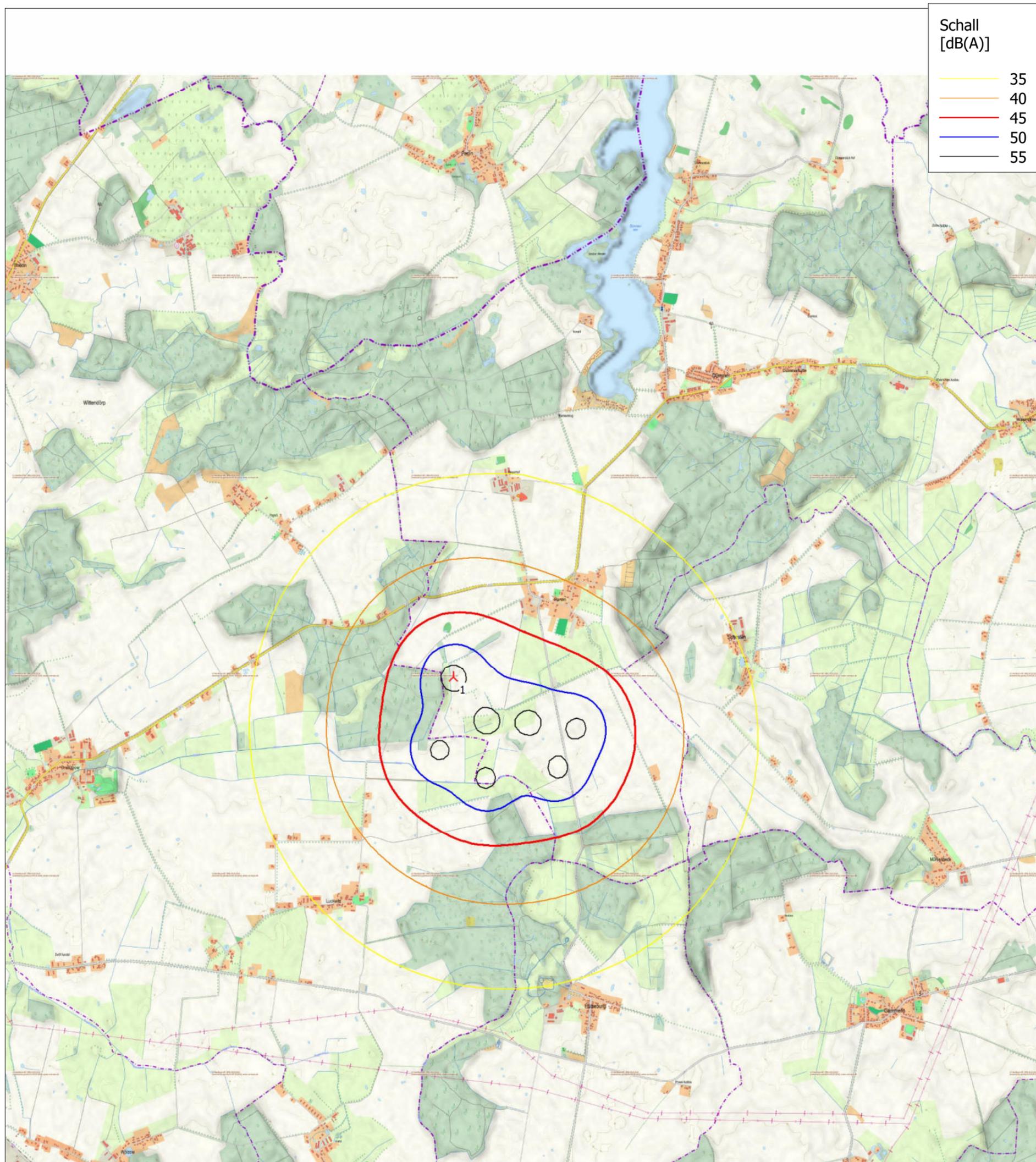
**Unsicherheitszuschlag:** Standardwert des Berechnungsmodells

**Schallrichtwert:** 45,0 dB(A)

**Keine Abstandsanforderung**

## DECIBEL - Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Berechnung: Gesamtbelastung WEA 04



0 500 1000 1500 2000 m

Karte: OnMaps 4.0 , Maßstab 1:40.000, Mitte: ETRS-TMzn Pan-European Transverse Mercator (UTM)-ETRS89 Zone: 33 Ost: 246.986 Nord: 5.939.655

Neue WEA

Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren). Windgeschwindigkeit: Lautester Wert bis 95% Nennleistung  
Höhe über Meeresspiegel von aktivem Höhenlinien-Objekt



# Octave sound power levels / Oktav-Schalleistungspegel

Nordex N163/5.X

© Nordex Energy GmbH, Langenhorner Chaussee 600, D-22419 Hamburg, Germany

All rights reserved. Observe protection notice ISO 16016.

Alle Rechte vorbehalten. Schutzvermerk ISO 16016 beachten.

**Nordex N163/5.X – Operating modes and hub heights / Betriebsweisen und Nabenhöhen**

operating mode / Betriebsweise	rated power / Nennleistung [kW]	available hub heights / verfügbare Nabenhöhen [m]		
		118	148	164
Mode 0	5700	●	●	●
Mode 1	5600	●	●	●
Mode 2	5500	●	●	●
Mode 3	5400	●	●	●
Mode 4	5270	●	●	●
Mode 5	5150	●	●	●
Mode 6	5040	●	–	●
Mode 7	4930	●	–	●
Mode 8	4810	○	–	○
Mode 9	4700	○	–	○
Mode 10	4290	○	○	○
Mode 11	4170	○	○	○
Mode 12	4080	●	●	●
Mode 13	3990	●	●	●
Mode 14	3900	●	●	●
Mode 15	3810	●	●	●
Mode 16	3700	●	●	●
Mode 17	3600	○	○	○
Mode 18	3470	○	○	○

- mode available / Betriebsweise verfügbar
- mode on request / Betriebsweise auf Anfrage
- mode not available / Betriebsweise nicht verfügbar

Abbreviations / Abkürzungen

STE ... Serrated Trailing Edge / Serrations

**Octave sound power levels / Oktav-Schalleistungspegel  
Nordex N163/5.X with and without / mit und ohne serrated trailing edge**

Basis / Grundlagen:

The expected octave sound power levels of the Nordex N163/5.X are to be determined on basis of aerodynamical calculations and expected sound power levels. These values are valid for 118 m, 148 m and 164 m (see available hub heights on pg. 2).

The expected octave sound power levels are only for information and will not be warranted.

Die erwarteten Oktav-Schalleistungspegel der Nordex N163/5.X werden auf der Basis aerodynamischer Berechnungen und der erwarteten Gesamt-Schalleistungspegel ermittelt. Diese Werte sind gültig für die Nabenhöhen 118 m, 148 m und 164 m (siehe verfügbare Nabenhöhen auf S. 2).

Die erwarteten Oktav-Schalleistungspegel dienen nur der Information und werden nicht gewährleistet.

## Nordex N163/5.X without STE / ohne STE

octave sound power levels / Oktav-Schallleistungspegel in dB(A)									
operation mode / Betriebsweise	octave band mid frequency / Oktavband-Mittenfrequenz								
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Total
<b>Mode 0</b>	89.5	95.7	99.9	103.2	104.6	102.2	93.4	84.6	<b>109.2</b>
<b>Mode 1</b>	89.1	95.3	99.5	102.8	104.2	101.8	93.0	84.2	<b>108.8</b>
<b>Mode 2</b>	88.7	94.9	99.1	102.4	103.8	101.4	92.6	83.8	<b>108.4</b>
<b>Mode 3</b>	88.3	94.5	98.7	102.0	103.4	101.0	92.2	83.4	<b>108.0</b>
<b>Mode 4</b>	87.8	94.0	98.2	101.5	102.9	100.5	91.7	82.9	<b>107.5</b>
<b>Mode 5</b>	87.3	93.5	97.7	101.0	102.4	100.0	91.2	82.4	<b>107.0</b>
<b>Mode 6</b>	86.8	93.0	97.2	100.5	101.9	99.5	90.7	81.9	<b>106.5</b>
<b>Mode 7</b>	86.3	92.5	96.7	100.0	101.4	99.0	90.2	81.4	<b>106.0</b>
<b>Mode 8</b>	85.8	92.0	96.2	99.5	100.9	98.5	89.7	80.9	<b>105.5</b>
<b>Mode 9</b>	85.3	91.5	95.7	99.0	100.4	98.0	89.2	80.4	<b>105.0</b>
<b>Mode 10</b>	83.3	89.5	93.7	97.0	98.4	96.0	87.2	78.4	<b>103.0</b>
<b>Mode 11</b>	82.8	89.0	93.2	96.5	97.9	95.5	86.7	77.9	<b>102.5</b>
<b>Mode 12</b>	82.3	88.5	92.7	96.0	97.4	95.0	86.2	77.4	<b>102.0</b>
<b>Mode 13</b>	81.8	88.0	92.2	95.5	96.9	94.5	85.7	76.9	<b>101.5</b>
<b>Mode 14</b>	81.3	87.5	91.7	95.0	96.4	94.0	85.2	76.4	<b>101.0</b>
<b>Mode 15</b>	80.8	87.0	91.2	94.5	95.9	93.5	84.7	75.9	<b>100.5</b>
<b>Mode 16</b>	80.3	86.5	90.7	94.0	95.4	93.0	84.2	75.4	<b>100.0</b>
<b>Mode 17</b>	79.8	86.0	90.2	93.5	94.9	92.5	83.7	74.9	<b>99.5</b>
<b>Mode 18</b>	79.3	85.5	89.7	93.0	94.4	92.0	83.2	74.4	<b>99.0</b>

## Nordex N163/5.X with STE / mit STE

octave sound power levels / Oktav-Schallleistungspegel in dB(A)									
operation mode / Betriebsweise	octave band mid frequency / Oktavband-Mittenfrequenz								
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Total
<b>Mode 0</b>	88.9	95.1	98.8	101.4	102.1	99.6	92.0	84.0	<b>107.2</b>
<b>Mode 1</b>	88.5	94.7	98.4	101.0	101.7	99.2	91.6	83.6	<b>106.8</b>
<b>Mode 2</b>	88.1	94.3	98.0	100.6	101.3	98.8	91.2	83.2	<b>106.4</b>
<b>Mode 3</b>	87.7	93.9	97.6	100.2	100.9	98.4	90.8	82.8	<b>106.0</b>
<b>Mode 4</b>	87.2	93.4	97.1	99.7	100.4	97.9	90.3	82.3	<b>105.5</b>
<b>Mode 5</b>	86.7	92.9	96.6	99.2	99.9	97.4	89.8	81.8	<b>105.0</b>
<b>Mode 6</b>	86.2	92.4	96.1	98.7	99.4	96.9	89.3	81.3	<b>104.5</b>
<b>Mode 7</b>	85.7	91.9	95.6	98.2	98.9	96.4	88.8	80.8	<b>104.0</b>
<b>Mode 8</b>	85.2	91.4	95.1	97.7	98.4	95.9	88.3	80.3	<b>103.5</b>
<b>Mode 9</b>	84.7	90.9	94.6	97.2	97.9	95.4	87.8	79.8	<b>103.0</b>
<b>Mode 10</b>	82.7	88.9	92.6	95.2	95.9	93.4	85.8	77.8	<b>101.0</b>
<b>Mode 11</b>	82.2	88.4	92.1	94.7	95.4	92.9	85.3	77.3	<b>100.5</b>
<b>Mode 12</b>	81.7	87.9	91.6	94.2	94.9	92.4	84.8	76.8	<b>100.0</b>
<b>Mode 13</b>	81.2	87.4	91.1	93.7	94.4	91.9	84.3	76.3	<b>99.5</b>
<b>Mode 14</b>	80.7	86.9	90.6	93.2	93.9	91.4	83.8	75.8	<b>99.0</b>
<b>Mode 15</b>	80.2	86.4	90.1	92.7	93.4	90.9	83.3	75.3	<b>98.5</b>
<b>Mode 16</b>	79.7	85.9	89.6	92.2	92.9	90.4	82.8	74.8	<b>98.0</b>
<b>Mode 17</b>	79.2	85.4	89.1	91.7	92.4	89.9	82.3	74.3	<b>97.5</b>
<b>Mode 18</b>	78.7	84.9	88.6	91.2	91.9	89.4	81.8	73.8	<b>97.0</b>



# Oktav-Schalleistungspegel / Octave sound power levels

Nordex N149/4.0-4.5

© Nordex Energy GmbH, Langenhorner Chaussee 600, D-22419 Hamburg, Germany  
All rights reserved. Observe protection notice ISO 16016.

## Oktav-Schalleistungspegel / Octave sound power levels

### Nordex N149/4.0-4.5 mit und ohne / with and without serrated trailing edge

#### Grundlagen / Basis:

Die erwarteten Oktav-Schalleistungspegel der Nordex N149/4.0-4.5 werden auf der Basis aerodynamischen Berechnungen und der erwarteten Gesamt-Schalleistungspegel ermittelt. Diese Werte sind gültig für die Nabenhöhen 105 m, 125 m, 145 m und 164 m.

Die erwarteten Oktav-Schalleistungspegel dienen nur der Information und werden nicht gewährleistet.

The expected octave sound power levels of the Nordex N149/4.0-4.5 are to be determined on basis of aerodynamical calculations and expected sound power levels. If not stated otherwise, these values are valid for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m.

The expected octave sound power levels are only for information and will not be warranted.

#### Abkürzungen / Abbreviations:

**L<sub>WA</sub>** ... A-bewerteter Schalleistungspegel /  
A-weighted sound power level

**v<sub>s</sub>** ... Windgeschwindigkeit bezogen auf Standardbedingungen in 10 m Höhe  
(logarithmisches Windprofil, Rauigkeitslänge 0,05 m) /  
wind speed converted to reference conditions (hub height 10 m, roughness length 0.05 m) using a logarithmic profile

**STE** ... Serrated Trailing Edge / Serrations

**Nordex N149/4.0-4.5 ohne STE / without STE**

Oktav-Schalleistungspegel / octave sound power levels in [dB(A)]									
Oktavband-Mittenfrequenz / octave band mid frequency									
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Total
<b>Mode 0</b>	88.4	94.6	98.8	102.1	103.5	101.1	92.3	83.5	<b>108.1</b>
<b>Mode 1</b>	87.8	94.0	98.2	101.5	102.9	100.5	91.7	82.9	<b>107.5</b>
<b>Mode 2</b>	87.3	93.5	97.7	101.0	102.4	100.0	91.2	82.4	<b>107.0</b>
<b>Mode 3</b>	86.9	93.1	97.3	100.6	102.0	99.6	90.8	82.0	<b>106.6</b>
<b>Mode 4</b>	86.4	92.6	96.8	100.1	101.5	99.1	90.3	81.5	<b>106.1</b>
<b>Mode 5</b>	85.9	92.1	96.3	99.6	101.0	98.6	89.8	81.0	<b>105.6</b>
<b>Mode 6</b>	85.3	91.5	95.7	99.0	100.4	98.0	89.2	80.4	<b>105.0</b>
<b>Mode 7</b>	84.8	91.0	95.2	98.5	99.9	97.5	88.7	79.9	<b>104.5</b>
<b>Mode 8</b>	84.3	90.5	94.7	98.0	99.4	97.0	88.2	79.4	<b>104.0</b>
<b>Mode 9</b>	82.8	89.0	93.2	96.5	97.9	95.5	86.7	77.9	<b>102.5</b>
<b>Mode 10</b>	82.3	88.5	92.7	96.0	97.4	95.0	86.2	77.4	<b>102.0</b>
<b>Mode 11</b>	81.8	88.0	92.2	95.5	96.9	94.5	85.7	76.9	<b>101.5</b>
<b>Mode 12</b>	81.3	87.5	91.7	95.0	96.4	94.0	85.2	76.4	<b>101.0</b>
<b>Mode 13</b>	80.8	87.0	91.2	94.5	95.9	93.5	84.7	75.9	<b>100.5</b>
<b>Mode 14</b>	80.3	86.5	90.7	94.0	95.4	93.0	84.2	75.4	<b>100.0</b>
<b>Mode 15</b>	79.8	86.0	90.2	93.5	94.9	92.5	83.7	74.9	<b>99.5</b>
<b>Mode 16</b>	79.3	85.5	89.7	93.0	94.4	92.0	83.2	74.4	<b>99.0</b>
<b>Mode 17</b>	78.8	85.0	89.2	92.5	93.9	91.5	82.7	73.9	<b>98.5</b>

**Nordex N149/4.0-4.5 mit STE / with STE**

Oktav-Schalleistungspegel / octave sound power levels in [dB(A)]									
Oktavband-Mittenfrequenz / octave band mid frequency									
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Total
<b>Mode 0</b>	87.8	94.0	97.7	100.3	101.0	98.5	90.9	82.9	<b>106.1</b>
<b>Mode 1</b>	87.2	93.4	97.1	99.7	100.4	97.9	90.3	82.3	<b>105.5</b>
<b>Mode 2</b>	86.7	92.9	96.6	99.2	99.9	97.4	89.8	81.8	<b>105.0</b>
<b>Mode 3</b>	86.3	92.5	96.2	98.8	99.5	97.0	89.4	81.4	<b>104.6</b>
<b>Mode 4</b>	85.8	92.0	95.7	98.3	99.0	96.5	88.9	80.9	<b>104.1</b>
<b>Mode 5</b>	85.3	91.5	95.2	97.8	98.5	96.0	88.4	80.4	<b>103.6</b>
<b>Mode 6</b>	84.7	90.9	94.6	97.2	97.9	95.4	87.8	79.8	<b>103.0</b>
<b>Mode 7</b>	84.2	90.4	94.1	96.7	97.4	94.9	87.3	79.3	<b>102.5</b>
<b>Mode 8</b>	83.7	89.9	93.6	96.2	96.9	94.4	86.8	78.8	<b>102.0</b>
<b>Mode 9</b>	82.2	88.4	92.1	94.7	95.4	92.9	85.3	77.3	<b>100.5</b>
<b>Mode 10</b>	81.7	87.9	91.6	94.2	94.9	92.4	84.8	76.8	<b>100.0</b>
<b>Mode 11</b>	81.2	87.4	91.1	93.7	94.4	91.9	84.3	76.3	<b>99.5</b>
<b>Mode 12</b>	80.7	86.9	90.6	93.2	93.9	91.4	83.8	75.8	<b>99.0</b>
<b>Mode 13</b>	80.2	86.4	90.1	92.7	93.4	90.9	83.3	75.3	<b>98.5</b>
<b>Mode 14</b>	79.7	85.9	89.6	92.2	92.9	90.4	82.8	74.8	<b>98.0</b>
<b>Mode 15</b>	79.2	85.4	89.1	91.7	92.4	89.9	82.3	74.3	<b>97.5</b>
<b>Mode 16</b>	78.7	84.9	88.6	91.2	91.9	89.4	81.8	73.8	<b>97.0</b>
<b>Mode 17</b>	78.2	84.4	88.1	90.7	91.4	88.9	81.3	73.3	<b>96.5</b>

**Vertriebsdokument**  
**Option Serrations**  
**Anlagenklasse Delta**

**Rev. 04/31.05.2019**

Dokumentennr.:	K0801_077528
Status:	Released
Sprache:	DE-Deutsch
Vertraulichkeit:	Nordex Internal Purpose

- Originaldokument -

Dokument wird elektronisch verteilt.

Original mit Unterschriften bei Nordex Energy GmbH, Department Engineering.

---

Dieses Dokument, einschließlich jeglicher Darstellung des Dokumentes im Ganzen oder in Teilen, ist geistiges Eigentum der Nordex Energy GmbH. Sämtliche in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind ausschließlich für Mitarbeiter und Mitarbeiter von Partner- und Subunternehmen der Nordex Energy GmbH, der Nordex SE und ihrer im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen bestimmt und dürfen nicht (auch nicht in Auszügen) an Dritte weitergegeben werden.

Alle Rechte vorbehalten.

Jegliche Weitergabe, Vervielfältigung, Übersetzung oder sonstige Verwendung dieses Dokuments oder von Teilen desselben, gleich ob in gedruckter, handschriftlicher, elektronischer oder sonstiger Form, ohne ausdrückliche Zustimmung durch die Nordex Energy GmbH ist untersagt.

© 2019 Nordex Energy GmbH, Hamburg

Anschrift des Herstellers im Sinne der Maschinenrichtlinie:

Nordex Energy GmbH

Langenhorner Chaussee 600

22419 Hamburg

Deutschland

Tel: +49 (0)40 300 30 - 1000

Fax: +49 (0)40 300 30 - 1101

info@nordex-online.com

<http://www.nordex-online.com>

## 1. Zweck des Dokuments

Dieses Dokument beschreibt die Option Serrations, welche zur Minderung der Schallemissionen eines Rotorblatts eingesetzt werden können.

## 2. Betriebsweise

### 2.1 Schall an Windenergieanlagen

Ein Großteil des von Windenergieanlagen erzeugten Lärms ist auf das Umströmungsgeräusch der Rotorblätter zurückzuführen. Dies entsteht vor allem im äußeren Bereich (hin zur Blattspitze) durch die dort vorherrschenden hohen Strömungsgeschwindigkeiten. Es werden verschiedene Lärmentstehungsmechanismen unterschieden. Unter normalen Betriebsbedingungen kann der turbulente Hinterkantenschall (engl.: turbulent boundary-layer trailing-edge noise, TBL-TEN) als Hauptlärmquelle identifiziert werden.

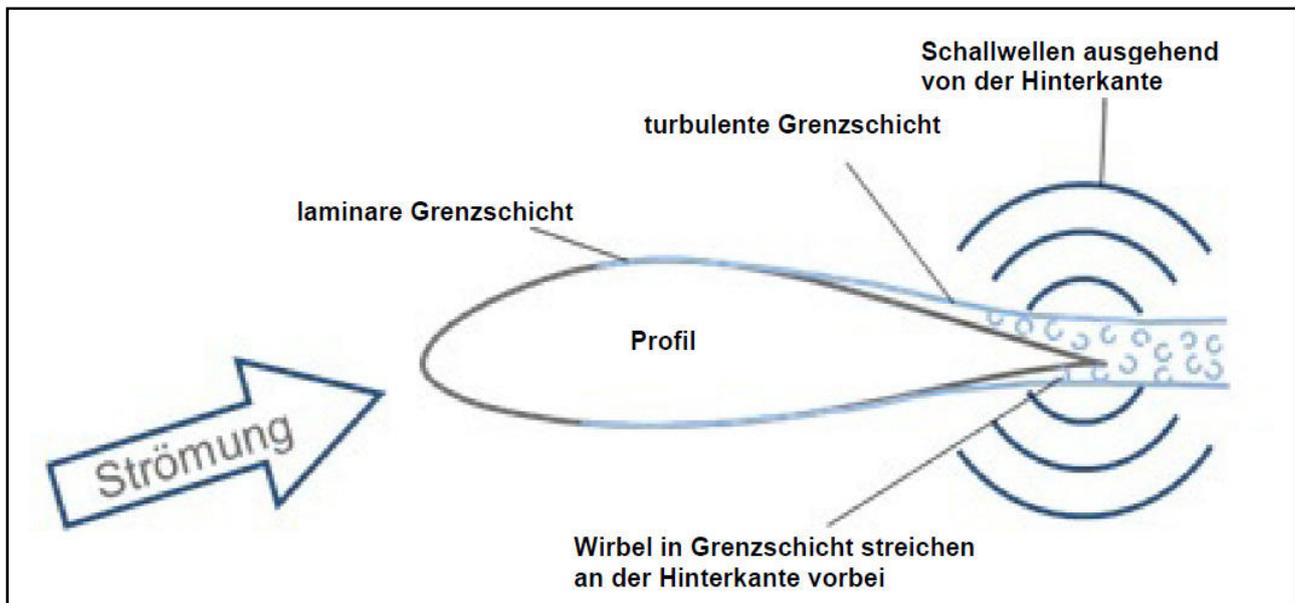


Abb. 1: Skizze zur Entstehung Hinterkantenschall am Rotorblattprofil

Die Viskosität der Luft führt bei der Umströmung des Rotorblatts zur Ausbildung einer fluidodynamischen Grenzschicht. Hierin wird die Strömungsgeschwindigkeit normal zur Oberfläche verlangsamt bis sie schließlich den Wert Null direkt an der Oberfläche erreicht. Man unterscheidet laminare (geordnete) und turbulente (verwirbelte) Grenzschichten. Betrachtet man den Querschnitt eines Rotorblatts, das sogenannte Profil, so bildet sich zunächst eine laminare Grenzschicht aus, welche im weiteren Verlauf in eine turbulente Grenzschicht umschlägt (siehe Abb. 1). Die turbulente Grenzschicht besteht aus einer Vielzahl kleiner Wirbel, welche in freier Strömung eine sehr ineffektive Schallquelle darstellen. Interagieren diese Wirbel jedoch mit einer Kante, wie zum Beispiel der Hinterkante des Profils, werden sie durch den schlagartigen Übergang von der wandgebundenen zur freien Strömung zu einer sehr effektiven Schallquelle. Es entsteht eine dipolartige Schallquelle an der Hinterkante des Profils.

## 2.2 Lärminderung durch Serrations

Serrations ersetzen den gradlinigen Verlauf der Hinterkante des Rotorblatts durch eine gezackte Linie, siehe Abb. 2. Dieser Verlauf führt dazu, dass der Übergang auf die freie Außenströmung der in der Grenzschicht vorhandenen Wirbel an der Hinterkante nicht mehr schlagartig sondern graduell, entlang der von den Serrations-Zacken geformten neuen schrägen Hinterkante, erfolgt. Somit wird das Entstehungsprinzip des turbulenten Hinterkantenschalls beeinflusst und eine Lärminderung erzielt.

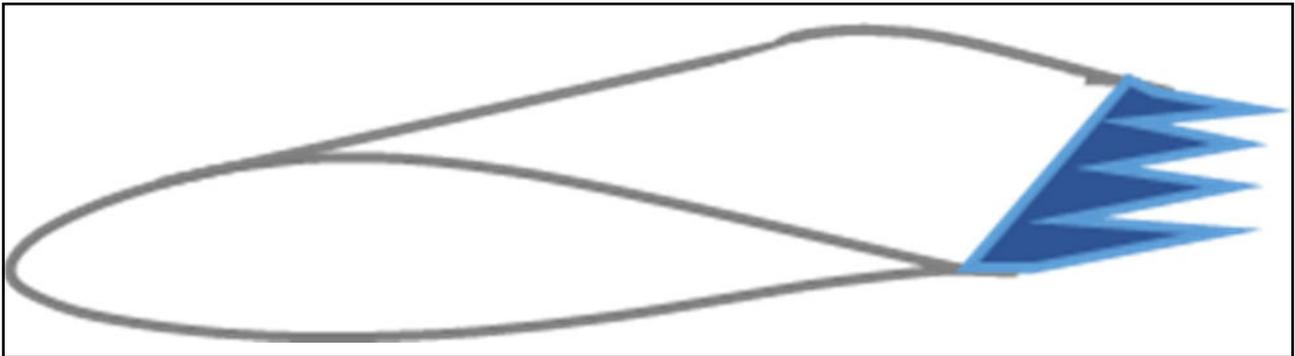


Abb. 2: *Prinzipskizze Serrations*

Entlang des Rotorblatts ist der Lärmreduktionseffekt am größten, wenn Serrations im äußeren Rotorblattbereich (etwa auf den letzten 25% der Rotorblattlänge) eingesetzt werden, wo aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeiten die größten Schallpegel entstehen.

## 3. Bestandteile

Die Option Serrations besteht aus mehreren gezackten lichtgrauen Bauteilen aus Kunststoff (siehe Abb. 3) mit einer Länge von 0,3 m bis max. 0,5 m.

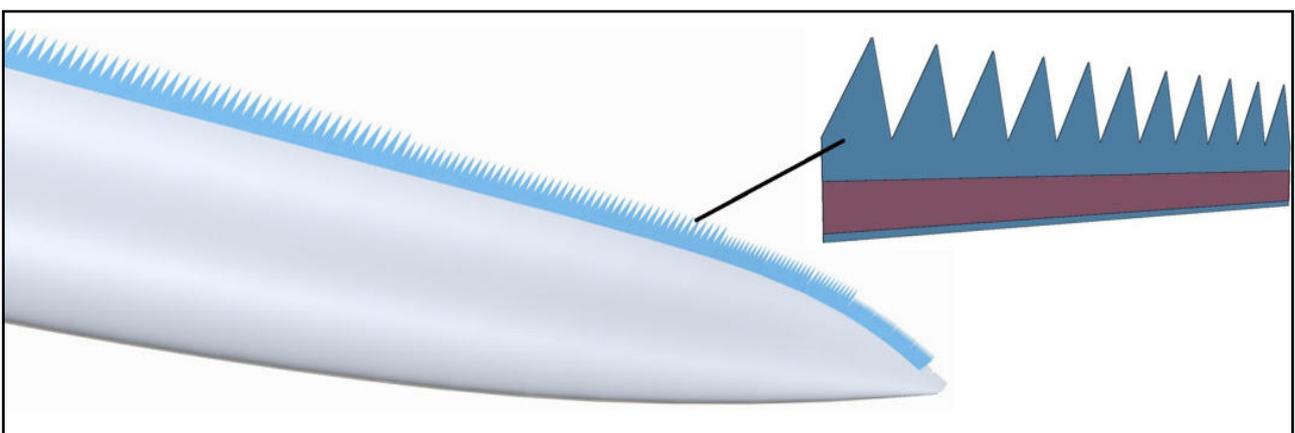


Abb. 3: *Blattspitze mit Serrations (Farbdarstellung der Serrations geändert)*

Die Serrations werden an der Hinterkante der Blätter befestigt. Die Serrations und deren Verbindung haben die gleiche Lebensdauer wie die Blätter.

#### **4. Funktionen, Effekt**

Durch die Serrations wird eine Reduktion des Schalleistungspegels der Windenergieanlage über alle Windgeschwindigkeiten im Vergleich zur Windenergieanlage ohne Serrations erreicht. Die genauen Details sind im Vorfeld mit Nordex abzustimmen und können projektspezifisch unterschiedlich ausfallen.

#### **5. Weitere Merkmale**

Die Serrations sind so ausgelegt, dass sie sich aerodynamisch neutral verhalten. Sie haben keinen Einfluss auf die strukturellen und aerodynamischen Eigenschaften der Rotorblätter. Leistungskurven, Leistungs- und Schubbeiwerte der Windenergieanlage bleiben unverändert.

#### **6. Liefer- und Leistungsumfang**

Alle Komponenten sind bereits an den Blättern angebracht. Eine gesonderte Inbetriebnahme ist nicht notwendig.

Die Wartung wird, bei einem entsprechenden Servicevertrag, von Nordex durchgeführt.

#### **7. Voraussetzungen und Einschränkungen**

Eine Nachrüstung bestehender Anlagen kann durchgeführt werden, ist aber mit Nordex abzustimmen.

Nordex Energy GmbH  
Langenhorner Chaussee 600  
22419 Hamburg  
Germany  
info@nordex-online.com  
<http://www.nordex-online.com>

# Technische Dokumentation Windenergieanlagen 5.5-158 - 50 Hz



## Schalleistung Normalbetrieb gemäß FGW

Inkl. Terz- und Oktavbandspektren

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



imagination at work

Visit us at  
[www.gerenewableenergy.com](http://www.gerenewableenergy.com)

Klassifizierung: öffentliches Dokument

## Urheber- und Verwertungsrechte

Urheber- und Verwertungsrechte: Alle Unterlagen sind im Sinne des Urheberrechtgesetzes geschützt. Zuwiderhandlungen sind strafbar und verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte zur Ausübung von gewerblichen Schutzrechten behalten wir uns vor.

© 2019 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	Einleitung .....	5
1.1	Allgemeines .....	5
1.2	Wind Farm Noise Management (verfügbar als Option).....	5
2	Schalleistungspegel im Normalbetrieb .....	5
3	Unsicherheitsangaben.....	6
4	Tonalität.....	7
5	Terminologie der IEC 61400-11 und IEC/TS 61400-14.....	7
6	Terzband-Spektren.....	7
7	Referenzdokumente .....	7
	Anhang 1 – Terzband-Schalleistungspegel $L_{WA,k}$ .....	8



## 1 Einleitung

### 1.1 Allgemeines

Dieses Dokument beschreibt die Schalleistung der Windenergieanlage 5.5-158 für den Normalbetrieb und fasst den berechneten Schalleistungspegel  $L_{WA,k}$ , die Unsicherheitsangaben im Zusammenhang mit dem immissionsrelevanten Schalleistungspegel, die Tonalität sowie die berechneten Terzband-Spektren zusammen.

Alle angegebenen Schalleistungspegel sind A-bewertet.

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

### 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 es 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 Schalleistungspegel im Normalbetrieb

Die immissionsrelevanten Schalleistungspegel  $L_{WA,k}$  werden zunächst als Funktion der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_{HH}$  berechnet. Die entsprechenden Windgeschwindigkeiten  $v_{10m}$  in 10 m Höhe über dem Boden wurden unter Annahme eines logarithmischen Windprofils berechnet. In diesem Fall wurde als Referenzwert eine Oberflächenrauigkeit gemäß IEC 61400-11 von  $z_{0,ref} = 0,05$  m verwendet. Dies entspricht durchschnittlichen Geländebedingungen.<sup>1</sup>

$$v_{10m} = v_{HH} \frac{\ln\left(\frac{10m}{z_{0ref}}\right)}{\ln\left(\frac{\text{Nabenhöhe}}{z_{0ref}}\right)} \quad 2$$

<sup>1</sup> Beachten Sie, dass unter standortspezifischen Bedingungen andere Werte der Rauigkeitslänge angebracht sein können.

<sup>2</sup> Vereinfacht nach IEC 61400-11, Ausgabe 2.1: 2006 Gleichung 7

Die immissionsrelevanten Schallleistungspegel  $L_{WA,k}$  und die entsprechenden Oktavband-Spektren sind in Tabelle 1 für verschiedene Nabenhöhen aufgeführt. Die Werte werden für den Normalbetrieb (NO) der WEA angegeben.

Normalbetrieb - A-bewertete Oktavband-Spektren [dB]													
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 121 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 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 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	
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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	76,0	
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	

Tabelle 1: Immissionsrelevante Schallleistungspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

### 3 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 5 dieses Dokuments.

Bei GE Windenergieanlagen kann für  $\sigma_P$  ein typischer Wert von 0,8 dB angenommen werden.

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

Die auf dieser Seite in Textform wiedergegebenen sowie in Zeichnungen, Modellen, Tabellen etc. verkörpert Informationen bleiben ausschließliches Eigentum der General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Sie werden nur zu dem vereinbarten Zweck anvertraut und dürfen zu keinem anderen Zweck verwendet werden. Kopien oder sonstige Vervielfältigungen dürfen nur zu dem vereinbarten Zweck angefertigt werden. Ausgedruckte und/oder elektronisch verbreitete Dokumente unterliegen nicht der Änderungskontrolle  
 © 2019 General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Alle Rechte vorbehalten.

## 4 Tonalität

Für den Referenzmesspunkt im Abstand  $r_0$  gemäß IEC 61400-11 wird für die 5.5-158 Windenergieanlagen, ungeachtet der Windgeschwindigkeit, ein Wert für die Tonhaltigkeit im Nahbereich von  $\Delta L_a < 2$  dB angegeben, bzw.  $K_{TN} \leq 1$  dB gemäß FGW angegeben

## 5 Terminologie der IEC 61400-11 und IEC/TS 61400-14

- $L_{WA,k}$  ist der immissionsrelevante Schalleistungspegel 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.
- $\sigma_P$  ist die Produktstreuung, d. h. die Produktabweichung von einer 5.5-158 Einheit zur nächsten, gemäß IEC/TS 61400-14. Dies ist eine Eigenschaft des Produktes und kann daher von GE spezifiziert werden (siehe Kapitel 3).
- $\sigma_R$  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.
- $\sigma_T$  ist die Gesamtstandardabweichung und kombiniert sowohl  $\sigma_P$  als auch  $\sigma_R$  (siehe IEC/TS 61400-14).
- $\Delta L_{a,k}$  ist die tonale Hörbarkeit gemäß IEC 61400-11, auch bezeichnet als potenziell hörbares, schmalbandiges Geräusch.

## 6 Terzband-Spektren

Die Tabellen in Anhang 1 stellen die Terzband-Spektren für verschiedene Windgeschwindigkeiten dar.

## 7 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 Schalleistungspegel- 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 1 - Terzband-Schalleistungspegel  $L_{WA,k}$**

Normalbetrieb - Terzbandspektren [dB]													
Windgeschwindigkeit in Nabhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabhöhe 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 Nabhöhe von 121 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 Nabhöhe von 150 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 Nabhöhe von 161 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	
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	
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	106,0

Tabelle 2: Immissionsrelevante Terzband-Schalleistungspegel (A-bewertet) als Funktion der Windgeschwindigkeit

Die auf dieser Seite in Textform wiedergegebenen sowie in Zeichnungen, Modellen, Tabellen etc. verkörpert Informationen bleiben ausschließliches Eigentum der General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Sie werden nur zu dem vereinbarten Zweck anvertraut und dürfen zu keinem anderen Zweck verwendet werden. Kopien oder sonstige Vervielfältigungen dürfen nur zu dem vereinbarten Zweck angefertigt werden. Ausgedruckte und/oder elektronisch verbreitete Dokumente unterliegen nicht der Änderungskontrolle  
 © 2019 General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Alle Rechte vorbehalten.

### 2.2.5 Angaben zu Lärm - Emissionen und Immissionen

Die Biogasanlage wurde für eine Fläche außerhalb der Betriebsgrenze der bestehenden Stallanlage beantragt. Die Anlage grenzt unmittelbar an landwirtschaftliche Nutzflächen.

Der Standort der Betriebsfläche ist in den Antragsunterlagen ausgewiesen, es ist ein Abstand von ca. 500 m zwischen dem Standort des BHKW und nächstgelegener Wohnbebauung, dem nächstgelegenen zu beurteilenden Immissionsort der Wohnbebauung Parum, gewährleistet.

Mit Betrieb der Anlage werden die bestimmenden Geräuschquellen die Lieferung und der Umschlag der zur Verarbeitung vorgesehenen Materialien und die Übernahme des Gärrückstandes zur Ausbringung sein.

Die beiden zusätzlichen BHKW werden gleichfalls in einer Maschinenhalle stehen, die entsprechend der Anforderungen des Schall- und Brandschutzes ausgestattet ist.

Auf Grund der gekapselten Ausführung des BHKW ist mit **keinen signifikanten Lärmimmissionen** in der nächstgelegenen Wohnbebauung zu rechnen. Die Zusatzbelastung ist < 6 dB (A) des zulässigen Immissionswertes in der nächstgelegenen Wohnbebauung zu erwarten. Damit resultiert aus der Biogasanlage keine signifikante Zusatzbelastung.

**Anlage** Fbl. 2.8 / 2.9 Verzeichnis der Emissionsquellen Lärm  
Berechnung nach Abschnitt A 2 TA Lärm

**Antragsunterlage für immissionsschutzrechtliches  
Genehmigungsverfahren**

**Formblatt 2.8**  
Lärm

**Lärm**

**Immissionspegel in der Anlagenumgebung - Vorbelastung**

Seite 1 von 1

Bezeichnung des umgebenden Gebietes 1)	Immissionsort 2) Aufpunkt Nr.	Gebietscharakter nach Baunutzungs VO	Höchstzulässiger Immissionsrichtwert	Beurteilungspegel db(A)
Dorfgebiet	1 / Parum	Dorf MD	60 / 45	< 35

1) entsprechend Eintragung im Umgebungsplan, siehe auch Hinweise und Erläuterungen für die Anwendung der Formblätter Leerstellen bedeuten, daß keine Angaben vorliegen!  
 2) bei Wohnbebauung in der Nachbarschaft Anschrift des nächstgelegenen Wohnhauses (Straße, Hausnummer)  
 3) nach TA-Lärm oder VDI 2058

## Antragsunterlage für immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren

**Formblatt 2.9**

Lärm

(verursacht von der Anlage)

### Lärm

### Betriebliche Schallquellen und deren Einwirkungen auf die Immissionsorte-Prognose

Seite 1 von 1

Anlage 1) Anlagenteil Einzelschallquelle	emittierter Schalleistungspegel dB(A)	Abstand zum Immissionsort Nr./ (m)	Schallschutzmaßnahme 2)	Immissionspegel an den Immissionsorten 3) in dB(A)				
				1	2	3	4	5
Beschickung/Transport	95	1 / 500 m	keine	< 70				
BHKW / Motor	110	1 / 500 m	Schallschutz, Zuluft- und Abluftdämpfung	< 70				
<b>Summe aller Geräuschquellen am Immissionsort:</b>								

1) Nr. oder Bezeichnung korrespondierend mit Umgebungsplan  
 2) z.B. Einhausung, Kapselung, Dämmung, Lärmschutz  
 3) Nr. der Immissionsorte korrespondierend mit Umgebungsplan

Leerstellen bedeuten, daß keine Angaben vorliegen!

VDI-R 2714 "Schallausbreitung im Freien"

$L_{Aeq}(sm) = LWA_{eq} + DI + K_0 - 20 \lg(sm) - 11 \text{ dB}$

Beurteilungspegel mehrerer Quellen

$L_{m,e} = 10 \cdot \log \sum 10^{0,1 L_{i,j}}$   
 $L_{m,e} = 73,6 \text{ dB(A)}$

$L_{WA_{eq}}$  Schalleistungspegel  
 $L_{WA_{eq}} = 73,6 \text{ dB(A)}$

$K_0 =$  Raumwinkelmaß  
 $= 3,0 \text{ dB(A)}$   
 $= 6,28$

$D_B = D_{refl} - D_z$   
 $D_{refl}$  Pegelerhöhung durch Mehrfachreflexion  
 $D_{refl} = 4 \cdot h_{Beb} / W \leq 3,2$   
 $D_{refl} = 0$

$D_z$  Abschirmmaß  
 $D_z = 10 \cdot \lg(3 + 80 \cdot z \cdot K_w)$   
 $z = A + B + C - S$   
 $z = 0,78 \text{ m}$

$K_w = \exp(-1/2000 \cdot (A \cdot B \cdot S / 2 \cdot z)^{0,5})$   
 $K_w = 0,54$

$D_z = 15,64 \text{ dB(A)}$

$D_B = 0,00 \text{ dB(A)}$

$D_E =$  Einfügungsdämpfungsmaß

$D_E = 0,00 \text{ dB(A)}$

Schalleistungspegel

$L_{Aeq}(sm) = < 25 \text{ dB(A)}$

Quellen der Anlage	Schalleistungspegel	
1 BHKW	65 dB(A)	3,16E+06
2 Lüfter	70 dB(A)	1,00E+07
3 Beschickung	70 dB(A)	1,00E+07
4 Homogenisierer	40 dB(A)	1,00E+04
5 Zufahrt	21 dB(A)	1,34E+02

Beurteilungsgebiet Wohngebiet WA  
 Ausgangsdaten

	TBHKW	TLüfter(S)	TBesch	THomog	TZufahrt
SM	613	613	613	613	613
So	2	2	2	2	3
hm	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
H	4	4	4	4	4
A'	10	10	10	10	10
B'	600	600	600	600	600
A	11	11	11	11	11
B	600	600	600	600	600
C	3	3	3	3	3

Tagesbeurteilungspegel

$LR = L_s + 10 \lg T_i / T_a$

$LR = < 25 \text{ dB(A)}$

Quelle	$L_{WA_{eq}}$ in dB(A)	$k_0$ in dB	DI in dB(A)	$L_{Aeq}(sm)$ in dB(A)
Biogasanlage	73,6	3,0	0,0	< 25

IO 1 Ortslage Praum

Quelle	Beurteilungszeitraum		$L_{Aeq}$ dB(A)	Zuschläge			$L_{wirk}$ dB(A)	Einwirkzeit		$L_r$ dB(A)
	von	bis		KI dB	KT dB	KR dB		Dauer h	Minder. dB	
Biogasanlage Transport C	0	24	< 25	0	0	0	0,0	24	1,8	0,0
	6	22	21,3	3	3	0	27,3	1,7	-9,8	17,5
$L_r \text{ Tag} =$										17,6

Quelle	Beurteilungszeitraum		$L_{Aeq}$ dB(A)	Zuschläge			$L_{wirk}$ dB(A)	Einwirkzeit		$L_r$ dB(A)
	von	bis		KI dB	KT dB	KR dB		Dauer h	Minder. dB	
Biogasanlage Transport C	22	6	9,5	3	0	0	12,5	8	0,0	12,5
	22	6	0,0	0	0	0	0,0	1,0	0,0	0,0
$L_r \text{ Nacht} =$										12,5