

SP

E 07.11.  
2016



Schallgutachten für  
drei Windenergieanlagen  
am Standort  
**Elbinger Lei**  
(Rheinland-Pfalz)

Datum: 02.11.2016

Bericht Nr. 14-1-3083-003-NF

Auftraggeber:



Bearbeiter:

CUBE Engineering GmbH

Jonas Feja, MLE

Borselstrasse 16

DE-22765 Hamburg

Tel 040 / 60009467-23

Fax 040 / 60009467-19





Das vorliegende Schallgutachten für den Standort Elbinger Lei (Rheinland-Pfalz) wurde der CUBE Engineering GmbH im Oktober 2016 von der Firma [REDACTED] in Auftrag gegeben und gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik nach bestem Wissen und Gewissen unparteiisch erstellt. Die CUBE Engineering GmbH ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 u. a. für die Erstellung von Schallimmissionsprognosen akkreditiert. Die firmeninternen verwendeten Berechnungsverfahren gemäß den zuvor genannten Anforderungen sind in der CUBE-Qualitätsmanagement Prozessbeschreibung „Schall“ festgelegt und dokumentiert.

Für die physikalische Einhaltung der prognostizierten Ergebnisse des Schallgutachtens werden seitens des Gutachters keine Garantien übernommen. Sie basieren auf den Berechnungen nach der TA-Lärm /1/, den Normen DIN ISO 9613-2 /2/ und DIN EN 50376 /18/, den Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) sowie den vom Auftraggeber und dem WEA-Hersteller gestellten Standort- und Anlagendaten.

Hamburg, 02.11.2016



100



## Inhalt:

<b>1</b>	<b>Standortdaten</b>	<b>4</b>
1.1	Aufgabenstellung	4
1.2	Immissionsorte	5
1.3	Vorbelastung	13
1.4	Potentielle Schallreflexionen	15
1.5	Schalleistungspegel Windenergieanlagen	15
<b>2</b>	<b>Ergebnis der Immissionsberechnung nach DIN ISO 9613-2</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>Qualität der Prognose</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>Literatur</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>Anhang</b>	<b>25</b>

# 1 Standortdaten

## 1.1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant am Standort Elbinger Lei zwischen den Orten Kaden im Nordosten, Hahn am See im Süden, Arnshöfen im Westen und Obersayn im Nordwesten einen Windpark mit insgesamt drei Windenergieanlagen (WEA) des Typs Enercon E-115 TES mit 149 m Nabhöhe zu errichten. Südwestlich des geplanten Standorts existieren bereits fünf weitere WEA. Diese müssen als Vorbelastungen berücksichtigt werden und werden daher im folgenden Text einheitlich als „Vorbelastung“ bzw. „Vorbelastungs-WEA“ bezeichnet.

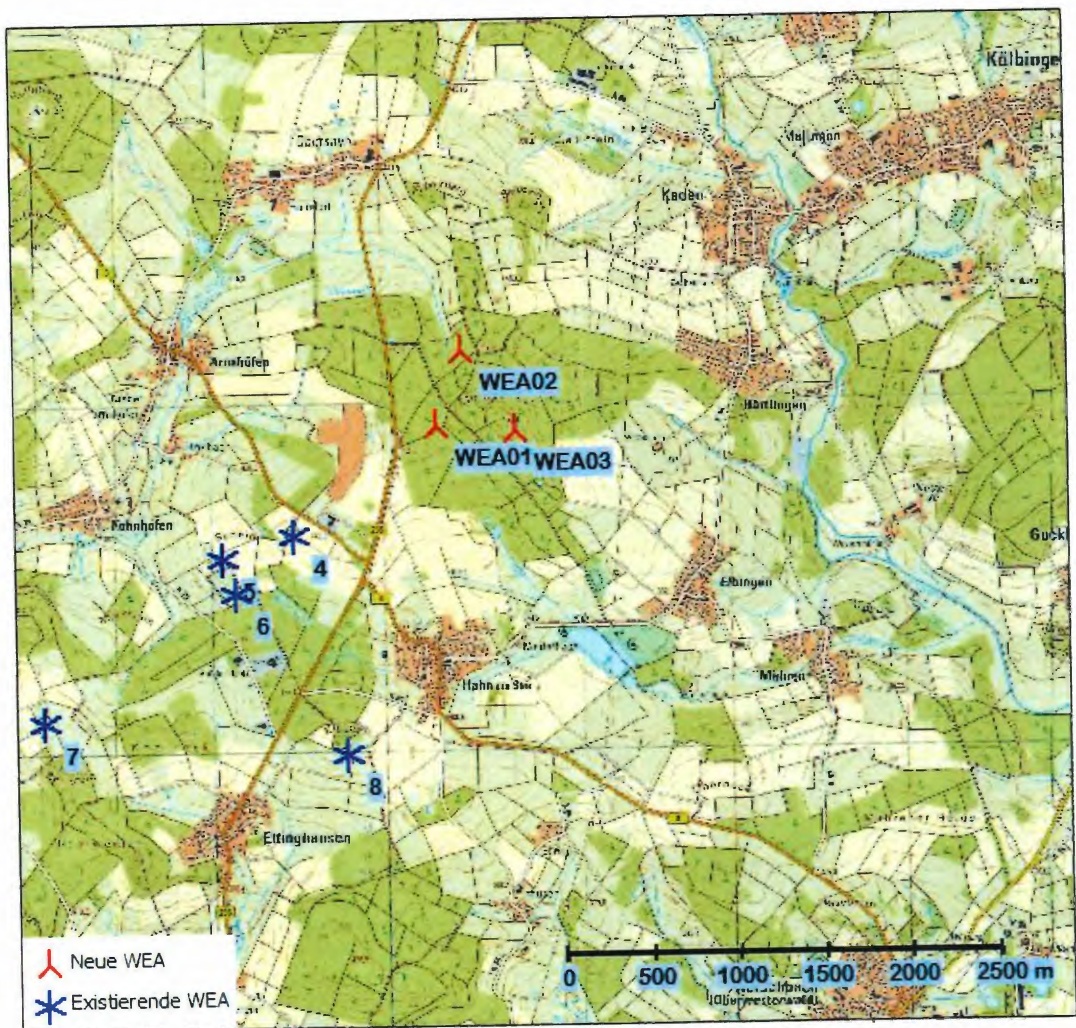


Abbildung 1: Übersichtskarte

Zur sicheren Einhaltung der nächtlichen Immissionsrichtwerte soll die WEA 03 im Nachtzeitraum schallreduziert betrieben werden.

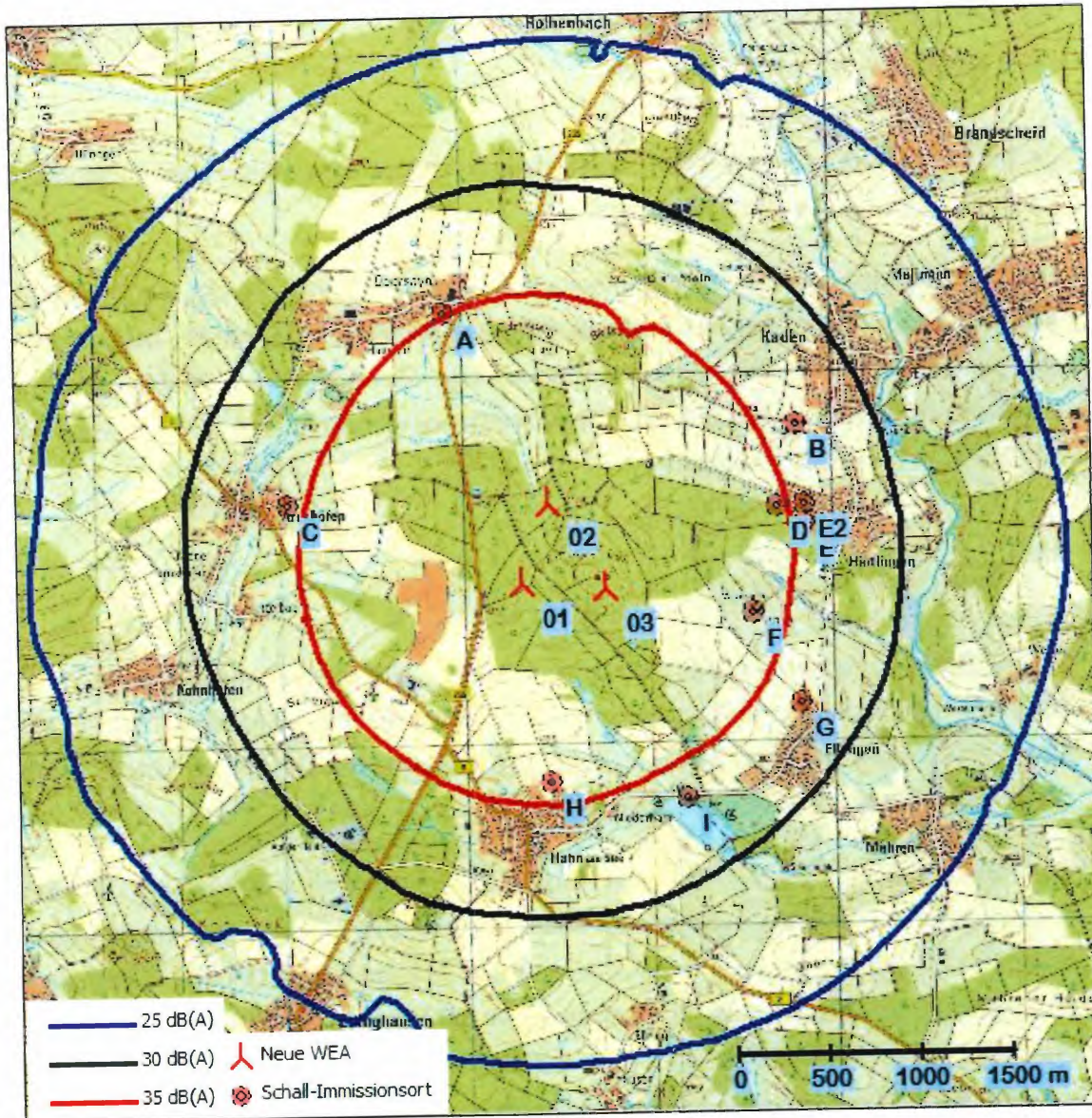
Es soll der Beurteilungspegel der Schallimmissionen der Windenergieanlagen an der umliegenden Bebauung berechnet werden.

Die Immissionsprognose wird entsprechend den Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) und des Arbeitskreises „Geräusche von Windenergieanlagen“ nach dem Alternativen Verfahren der DIN ISO 9613-2 unter Berücksichtigung des Geländeprofiles und den optimalen Schallausbreitungsbedingungen (70% Luftfeuchte und 10°C) in Mitwindrichtung durchgeführt.

## 1.2 Immissionsorte

Für die Berechnung der Lärmimmissionen am Standort Elbinger Lei wurden die in der Umgebung des Standorts liegenden Immissionsorte auf Basis einer topographischen Karte im Maßstab 1:5.000 sowie im Rahmen einer Standortbesichtigung bei bedecktem Himmel und guten Sichtverhältnissen am 17.12.2014 untersucht.

Die Auswahl der für die Schallimmissionsprognose relevanten Immissionsorte am Standort erfolgte auf der Basis des nach der TA-Lärm definierten Einwirkungsbereichs der geplanten WEA. Der Einwirkungsbereich der WEA ist demnach definiert als der Bereich, in dem der Beurteilungspegel der Zusatzbelastung weniger als 10 dB(A) unter dem Immissionsrichtwert liegt. Dazu sind auf der Karte auf Seite 6 die Iso-Schalllinien für 25 dB(A), 30 dB(A) und für 35 dB(A) eingezeichnet. In der vorliegenden Immissionsberechnung sind lediglich diejenigen Immissionsorte zu berücksichtigen, die innerhalb der 25 dB(A)-Linie liegen, wenn der zulässige Immissionsrichtwert am Immissionsort 35 dB(A) beträgt, die innerhalb der 30 dB(A)-Linie liegen, wenn der zulässige Immissionsrichtwert am Immissionsort 40 dB(A) beträgt bzw. die innerhalb der 35 dB(A)-Linie liegen, wenn der zulässige Immissionsrichtwert 45 dB(A) beträgt.



**Abbildung 2: Isophonenkarte Zusatzbelastung Nachtzeitraum zzgl. Sicherheitszuschlag**

In Tabelle 1 sind die Immissionsorte mit ihren im Gutachten verwendeten Bezeichnungen und die dort jeweils relevanten Immissionsrichtwerte aufgeführt. Die genaue Lage der Immissionsorte lässt sich der Isophonenkarte im Anhang und den Abbildungen 3 bis 10 entnehmen, die Koordinaten sowie die Abstände zwischen Immissionsorten und Windenergieanlagen (in Metern) werden auf den DECIBEL-Hauptergebnisausdrucken im Anhang angegeben.

Für die Beurteilung des Lärmpegels an den Immissionsorten wird der niedrigere Immissionsrichtwert für die Nachtzeit herangezogen.

IO	Bezeichnung	Nacht-Imm.-richtwert
A	Rothenbach, Obersayn 9	45
B	Kaden, B-Plan-WA (unbebaut)	40
C	Arnshöfen, Im Heckelchen 1	45
D	Härtlingen, Heidestr. 29	40
E	Härtlingen, Am Buchenhain 5	40
E2	Härtlingen, Heidestr. 16	35
F	Härtlingen, Hof Witzelbach	45
G	Elbingen, Bergstr. 5	40
H	geplante W-Flächen nach FNP	40
I	Elbingen, Campingplatz Seeblick	40

**Tabelle 1: Immissionsorte [Alle Angaben in dB(A)]**

Die Immissionsorte B, D, G und H befinden sich aufgrund ihrer städtebaulichen Struktur und entsprechender Ausweisungen in den jeweiligen Flächennutzungsplänen und/oder Bebauungsplänen in einem Allgemeinen Wohngebiet, so dass ein nächtlicher Immissionsrichtwert von 40 dB(A) zugrunde gelegt wird (vgl. Nr. 6.1 lit. d TA Lärm). Die Immissionsorte B und H kennzeichnen hierbei Immissionsorte i.S.d. Nr. A.1.3 des Anhangs TA Lärm (derzeit unbebaute potenzielle Wohngebiete).

Die Immissionsorte A und C befindet sich aufgrund ihrer städtebaulichen Struktur und entsprechenden Ausweisungen in den jeweiligen Flächennutzungsplänen in einem Dorf-/Mischgebiet, so dass ein nächtlicher Immissionsrichtwert von 45 dB(A) zugrunde gelegt wird (vgl. Nr. 6.1 lit. c TA Lärm).

Der Immissionsort E liegt laut Bebauungsplan „Oberhärtlingen“ in einem Reinen Wohngebiet, so dass der zulässige Störgrad bei zunächst 35 dB(A) nachts einzuordnen ist. Allerdings kann gemäß der Rechtsnatur nach Nr. 6.7 TA Lärm bei aneinander grenzenden Gebietskategorien ein geeigneter Zwischenwert ermittelt werden, wenn dies nach der gegenseitigen Pflicht der Rücksichtnahme erforderlich ist. Eine derartige Pflicht ergibt sich regelmäßig aus verschiede-



nen Nutzungsinteressen auch bei Vorliegen einer Gemengelage aus privilegierten Vorhaben im Außenbereich und Wohnen i.S. einer „unechten“ Gemengelage /23/ (siehe auch Rundschreiben Windenergie Rheinland-Pfalz). Um hier einen angemessenen Interessenausgleich zwischen den Belangen des Wohnens und der privilegierten Außenbereichsnutzung gerecht zu werden, wird für den Immissionsort E ein Immissionsrichtwert (Zwischenwert) von 40 dB(A) zu Grunde gelegt (vgl. z.B. grundlegend zum verminderten Schutzbedürfnis bei Gemengelage Wohnen/Außenbereich: OVG NRW, Urt. v. 4.11.1999 - 7 B 1339/99; VG Neustadt/Wstr., Urt. v. 30.11.2006 – 4 K 1129/06.NW m.w.N.; VGH Kassel, Beschluss v. 30.10.2009 – Az.: 6 B 2668/09; siehe auch Rundschreiben Windenergie Rheinland-Pfalz). Für den zentralen, inneren Bereich des Reinen Wohngebietes (IO E2) wurde ein Immissionsrichtwert von 35 dB(A) (Reines Wohngebiet) angenommen.

Für den Immissionsort I „Campingplatz Seeblick“ wird hinsichtlich der Einordnung der Schutzwürdigkeit i.S.d. Nr. 6.6 TA Lärm für derartige Sondergebiete nach § 10 BauNVO ein zulässiger Störgrad eines Allgemeinen Wohngebietes i.S.d. Nr. 6.1 lit. d) TA Lärm von 40 dB(A) nachts angenommen /24/.

Der Immissionsort F liegt im Außenbereich und entsprechend wird ein Immissionsrichtwert von 45 dB(A) zu Grunde gelegt /25/.

Die genaue Lage der Immissionsorte ist auf den Karten der folgenden Abbildungen eingezeichnet:



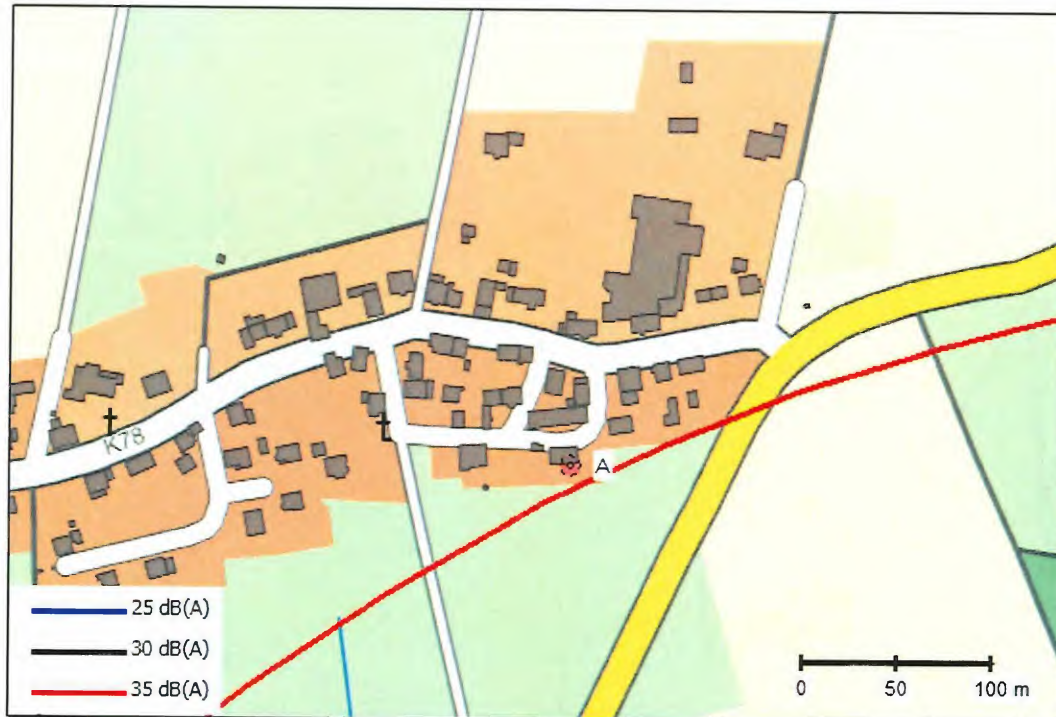


Abbildung 3: Lage des Immissionsorts A in Obersayn (inkl. Isophonen der Zusatzbelastung)

107



Abbildung 4: Lage des Immissionsorts B in Kaden (inkl. Isophonen der Zusatzbelastung)

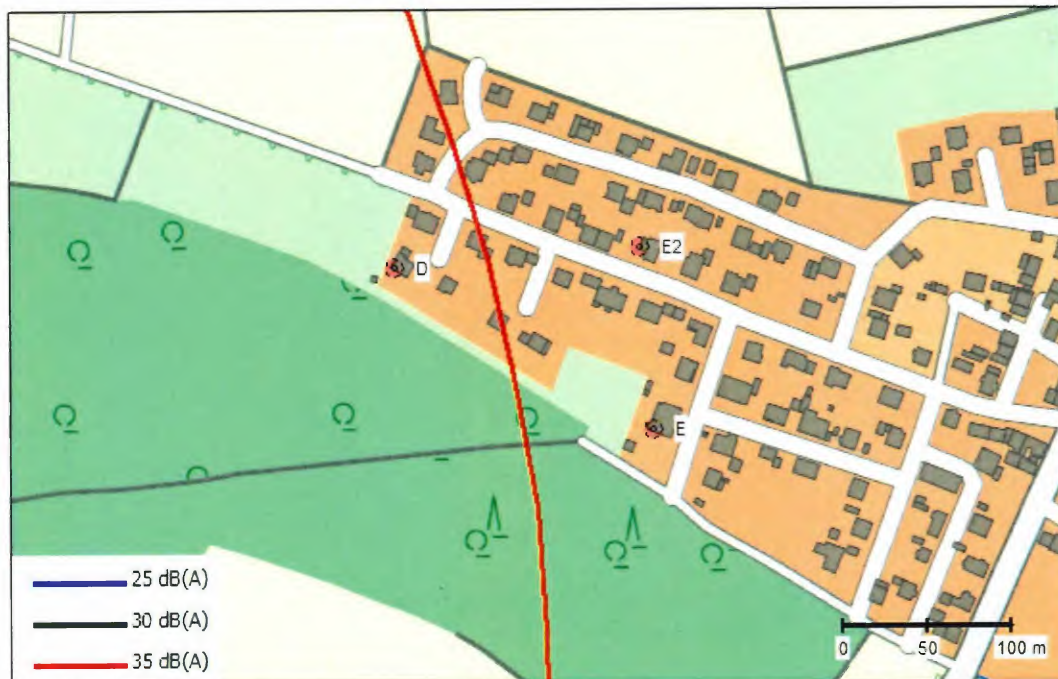


Abbildung 5: Lage der Immissionsorte D, E und E2 in Hürtlingen (inkl. Isophonen der Zusatzbelastung)



Abbildung 6: Lage des Immissionsorts C in Arnshöfen (inkl. Isophonen der Zusatzbelastung)



Abbildung 7: Lage des Immissionsorts F – Hof Witzelbach



Abbildung 8: Lage des Immissionsorts G in Elbingen (inkl. Isophonen der Zusatzbelastung)



Abbildung 9: Lage des Immissionsorts I in Elbingen (inkl. Isophonen der Zusatzbelastung)



Abbildung 10: Lage des Immissionsorts H in Hahn am See (inkl. Isophonen der Zusatzbelastung)

### 1.3 Vorbelastung

Im Vorfeld der Ortsbesichtigung wurde anhand von Kartenmaterial versucht, potentielle Quellen für Vorbelastungen zu identifizieren. Bei der Ortsbesichtigung am 17.12.2014 wurde an den entsprechenden Strukturen ein subjektiver Eindruck der Geräuschemissionen gewonnen. Zudem wurde an den definierten Immissionsorten auf Geräusche einer potentiellen Vorbelastung geachtet.

Hierbei wurden vier Gewerbebetriebe identifiziert.

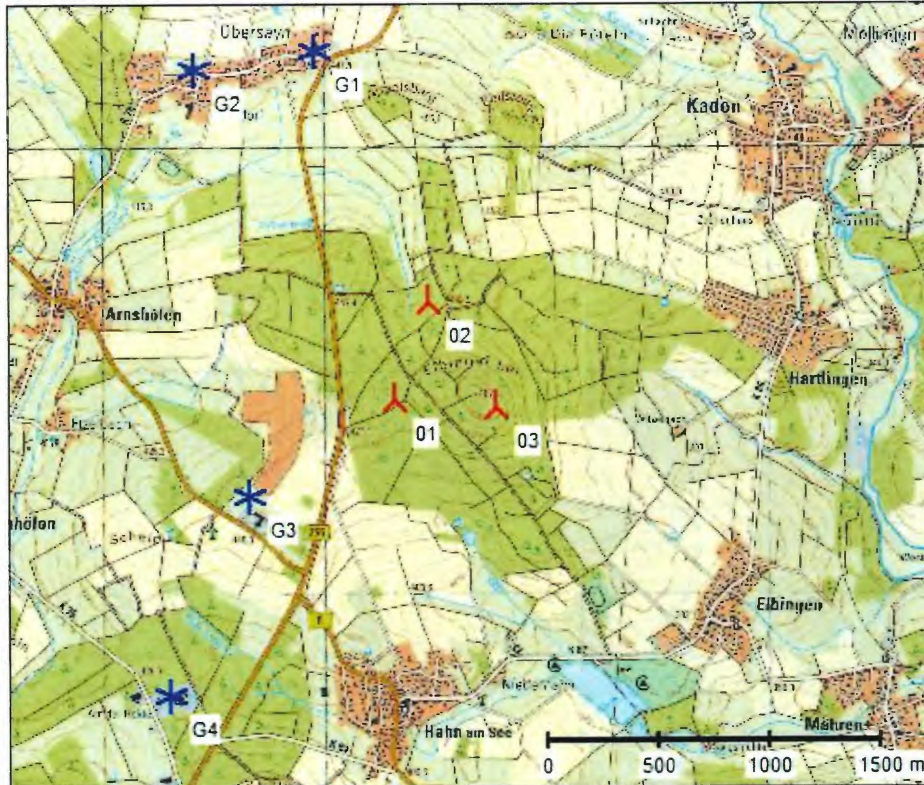


Abbildung 11: Gewerbe in der Nähe des Standortes

	Firma	Adresse	Anmerkung
G1	Herzmann Nutzfahrzeuge	Obersayn 8, 56459 Rothenbach	KFZ-Werkstatt, kein Nachtbetrieb
G2	Häbel & Söhne	Haindorf 14, 56459 Rothenbach	Holzprodukte, Ausstellung und Betrieb, keine Produktion, kein Nachtbetrieb
G3	Kunz GmbH aircraft equipment	Auf der Heide 1, 56244 Hahn am See	Luftfahrtindustriezulieferbetrieb, mehr als 800 m Entfernung zum nächsten Wohnhaus
G4	Wedi Westerwälder Dienstleistungs UG	Auf der Heide 1, 56244 Ettinghausen	Entsorgung von Getränkeverpackungen, kein Nachtbetrieb, mehr als 700 m Entfernung zum nächsten Wohnhaus

Tabelle 2: identifizierte Gewerbebetriebe

Nach den vorliegenden Informationen (kein Nachtbetrieb, keine geräuschintensiven Anlagen, große Distanz zu möglichen Immissionsorten) werden die oben genannten Gewerbebetriebe nicht als relevante Vorbelastung für die im vorliegenden Gutachten genannten maßgeblichen Immissionsorte berücksichtigt.

## 1.4 Potentielle Schallreflexionen

Vereinfachend kann davon ausgegangen werden, dass sich die Lautstärke an einem Aufpunkt durch eine Reflexion an einer Gebäudefläche maximal verdoppelt (+ 3 dB(A)). Daher sind Reflexionen nur an Aufpunkten relevant, an denen ein Beurteilungspegel von mehr als 3 dB(A) unter dem Immissionsrichtwert berechnet wurde.

An diesen Immissionsorten gibt die Lagegeometrie der Gebäude keinen Hinweis darauf, dass sich der Beurteilungspegel unter Berücksichtigung von Abschirmungs- und Reflexionseffekten durch Gebäude erhöht. Eine detaillierte Berechnung ist daher nicht notwendig.

## 1.5 Schalleistungspegel Windenergieanlagen

Am Standort sind drei Windenergieanlagen des Typs Enercon E-115 TES geplant.

Weiterhin existieren bereits fünf WEA der Typen Enercon E-53, Nordex N29 sowie Fuhrländer FL1000 und Fuhrländer FL 250 die als Vorbelastung zu berücksichtigen sind.

Die Kenndaten der bestehenden und der neu geplanten WEA-Typen sind Tabelle 3 zu entnehmen.

	Neu geplant	Neu geplant	Bestand	Bestand	Bestand	Bestand
Nummer(n) auf Ausdrucken	01-02	03	5 und 6	4	7	8
Anzahl	2	1	2	1	1	1
Hersteller	Enercon	Enercon	Enercon	Fuhrländer	Nordex	Fuhrländer
Typenbezeichnung	E-115	E-115	E-53/8.53	FL 1000	N29	FL 250
Rotordurchmesser [m]	115,7	115,7	53	54	29	29,5
Nabenhöhe [m]	149	149	73,3	70	50	42
Nennleistung [kW]	3.000	3.000	800	1.000	250	250
Verwendeter $L_{WA}$ [dB(A)] Nachtzeitraum (22-6h)	104,9	100,8 (2.000kW)	102,5	102,6	98,0	101,2
Verwendeter $L_{WA}$ [dB(A)] Tagzeitraum (6-22h)	104,9	104,9	102,5	102,6	98,0	101,2
$\sigma_P$ Serienstreuung	0,35	0,35/1,2	-	-	-	-
$\sigma_R$ Reproduktion (Messunsicherheit)	0,5	0,5	-	-	-	-
$\sigma_{Prog}$ Unsicherheit des Prognosemodells	1,5	1,5	-	-	-	-
$\sigma_{Gesamt} \sqrt{(\sigma_R^2 + \sigma_P^2 + \sigma_{Prog}^2)}$	1,6	1,6/2,0	-	-	-	-
Zuschlag ob. Vertrauensbereich 90 %	2,1	2,1/2,5	-	-	-	-
Ton-/Impulszuschl. [dB(A)]	0	0	0	0	0	0

**Tabelle 3: Kenndaten der bestehenden und der neu geplanten WEA-Typen**

Die Angaben zum Schalleistungspegel beziehen sich auf den maximalen Schalleistungspegel des WEA-Typs bei einer Windgeschwindigkeit  $\leq 10\text{m/s}$ , bzw. bei 95 % der Nennleistung. Die Angaben der geplanten WEA zur oberen Vertrauensbereichsgrenze des Schalleistungspegels wurden entsprechend der Richtlinie DIN EN 50376 /18/ aus den vorliegenden Schallvermessungen berechnet. Die einzelnen Schallquellen aller WEA überlagern sich zu einem resultierenden Schalldruckpegel, der für die in Frage kommenden Immissionsorte (vgl. Kapitel 1.2) zu bewerten ist.

Für den WEA-Typ Enercon E-115 im Nennleistungsbetrieb existieren drei und für den schalloptimierten Betrieb von 2.000kW eine unabhängige schalltechnische Vermessung nach der *Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen, Teil 1 Bestimmung der*





*Schallemissionswerte (FGW-Richtlinie; /5)*. Auszüge aus den Messberichten sind als Kopie in der Anlage diesem Gutachten beigefügt.

Bei den Schalleistungspegeln der Bestands-WEA handelt es sich um Genehmigungspegel bzw. Annahmen aus vergleichbaren Genehmigungspegeln bei benachbarten Anlagen gleichen Typs. Diese Werte wurden den Angaben (E-Mail vom 17.12.2014) des Referats Umwelt und Naturschutz, Westerwaldkreis entnommen und übernommen.

115

## 2 Ergebnis der Immissionsberechnung nach DIN ISO 9613-2

Die Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung durch die geplanten Windenergieanlagen an den untersuchten Immissionsorten wurde nach DIN ISO 9613-2 /2/ wie folgt berechnet.

IO	Bezeichnung	Beurteilungspegel [dB(A)]
A	Rothenbach, Obersayn 9	23,8
B	Kaden, B-Plan-WA (unbebaut)	19,9
C	Arnshöfen, Im Heckelchen 1	31,7
D	Härtlingen, Heidestr. 29	21,6
E	Härtlingen, Am Buchenhain 5	21,1
E2	Härtlingen, Heidestr. 16	20,9
F	Härtlingen, Hof Witzelbach	23,5
G	Elbingen, Bergstr. 5	23,2
H	geplante W-Flächen nach FNP	32,7
I	Elbingen, Campingplatz Seeblick	27,1

**Tabelle 4: Vorbelastung durch fünf WEA**

IO	Bezeichnung	Beurteilungspegel [dB(A)]
A	Rothenbach, Obersayn 9	34,9
B	Kaden, B-Plan-WA (unbebaut)	33,2
C	<i>Arnshöfen, Im Heckelchen 1</i>	34,1
D	Härtlingen, Heidestr. 29	35,6
E	Härtlingen, Am Buchenhain 5	34,2
E2	Härtlingen, Heidestr. 16	34,1
F	Härtlingen, Hof Witzelbach	37,1
G	Elbingen, Bergstr. 5	32,8
H	geplante W-Flächen nach FNP	36,3
I	Elbingen, Campingplatz Seeblick	33,2

**Tabelle 5: Zusatzbelastung durch drei WEA**

IO	Bezeichnung	Beurteilungspegel [dB(A)]
A	Rothenbach, Obersayn 9	35,2
B	Kaden, B-Plan-WA (unbebaut)	33,4
C	<i>Arnshöfen, Im Heckelchen 1</i>	36,1
D	Härtlingen, Heidestr. 29	35,7
E	Härtlingen, Am Buchenhain 5	34,4
E2	Härtlingen, Heidestr. 16	34,3
F	Härtlingen, Hof Witzelbach	37,3
G	Elbingen, Bergstr. 5	33,3
H	geplante W-Flächen nach FNP	37,8
I	Elbingen, Campingplatz Seeblick	34,2

**Tabelle 6: Gesamtbelastung durch acht WEA**

Im Anhang liegen für die oben genannten Beurteilungspegel Ausdrücke der Berechnungssoftware WindPRO vor (Hauptergebnis, Detaillierte Ergebnisse). Weiterhin ist im Anhang eine **Isophonenkarte** für den Beurteilungspegel der Gesamtbelastung wiedergegeben.

### 3 Zusammenfassung

Für den Standort Elbinger Lei wurde eine Immissionsprognose entsprechend der TA-Lärm nach der Berechnungsvorschrift DIN ISO 9613-2 /2/ für die zu berücksichtigende Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung durch drei Windenergieanlagen des Typs Enercon E-115 TES an den dem Projekt benachbarten Immissionsorten durchgeführt. Zur sicheren Einhaltung der nächtlichen Immissionsrichtwerte soll die WEA 03 im Nachtzeitraum schallreduziert mit 2000 kW betrieben werden.

Der Berechnung zugrunde gelegt wurde der nach FGW-Richtlinie /5/ vermessene Schallleistungspegel des Anlagentyps zzgl. eines Zuschlages im Sinne der oberen Vertrauensbereichsgrenze von 90 %.

Die Ergebnisse der Immissionsprognose unter den o.g. Voraussetzungen sind in Tabelle 7 wiedergegeben.

IO	Bezeichnung	Zul. Nacht- Immissionsrichtwert [dB(A)]	Beurteilungspegel Gesamtbelastung [dB(A)] <sup>*)</sup>
A	Rothenbach, Obersayn 9	45	35
B	Kaden, B-Plan-WA (unbebaut)	40	33
C	<i>Arnshöfen, Im Heckelchen 1</i>	45	36
D	Härtlingen, Heidestr. 29	40	36
E	Härtlingen, Am Buchenhain 5	40	34
E2	Härtlingen, Heidestr. 16	35	34
F	Härtlingen, Hof Witzelbach	45	37
G	Elbinger, Bergstr. 5	40	33
H	geplante W-Flächen nach FNP	40	38
I	Elbinger, Campingplatz Seeblick	40	34

\*) Es wurden die Rundungsregeln gemäß Nr. 4.5.1 DIN 1333 angewendet.

#### Tabelle 7: Zusammenfassung der Ergebnisse

Beurteilungspegel zur Vor- und Zusatzbelastung sind in Kapitel 2 aufgeführt.

118

**Die zulässigen Nacht-Immissionsrichtwerte werden an allen maßgeblichen Immissionsorten eingehalten.**

Im Tagbetrieb kann die WEA 03 mit dem maximalen Schallleistungspegel betrieben werden, da während des Tagzeitraums (6-22 Uhr) die Immissionsrichtwerte der in diesem Gutachten relevanten Immissionsorte entsprechend Ziffer 6.1 TA-Lärm 15 dB(A) über den Immissionsrichtwerten für den Nachtzeitraum (22-6 Uhr) liegen. So werden auch bei einem höheren Emissionspegel für die WEA im Tagbetrieb die Immissionsrichtwerte weit unterschritten. Entsprechend liegt der Immissionspegel an den relevanten Immissionsorten um mehr als 10 dB(A) unter dem Immissionsrichtwert, womit diese nach Ziffer 2.2 a) TA Lärm nicht mehr im Wirkungsbereich der geplanten WEA liegen.

Die detaillierten, auf Grundlage der in Kapitel 1 beschriebenen Daten erzielten Ergebnisse für den Standort Elbinger Lei sind in Kapitel 2 wiedergegeben. Änderungen an den Positionen der Anlagen, dem Anlagentyp, den im Schallvermessungsbericht des Anlagentyps genannten Anlagenspezifikationen oder sonstigen relevanten Einflussfaktoren für die Schallberechnung erfordern ein neues Gutachten.

## 4 Qualität der Prognose

Die Qualität der Prognose wurde wahrscheinlichkeitsmathematisch aus den folgenden Unsicherheits-Parametern ermittelt:

Produktionsstandardabweichung (Serienstreuung):	0,35/1,2 dB(A)
Wiederholstandardabweichung (Vergleichsstandardabweichung):	0,5 dB(A)
Standardabweichung Prognosemodell:	1,5 dB(A)

Die Unsicherheit wurde hier emissionsseitig auf die Schallpegel der Anlagentypen aufgeschlagen. Der statistische Ausgleich der Unsicherheit durch mehrere Quellen wird bei diesem Verfahren nicht betrachtet. Daher liegen die berechneten Werte über den statistisch wahrscheinlich auftretenden Immissionspegeln.

Weitere, die Qualität der Prognose beeinflussende Faktoren sind:

### **Luftabsorption für Oktavbänder / 500Hz-Mittenpegel**

Die Immissionsprognose nach DIN ISO 9613-2 erlaubt unterschiedliche Berechnungsverfahren bezüglich der Luftabsorption.

Die Luftabsorption kann für die einzelnen *Oktavbänder* eines breitbandigen Geräuschs ermittelt werden oder sie kann für den *500-Hz-Mittenpegel* berechnet werden. Die Berechnung für *Oktavbänder* ergibt exaktere und – im Fall von Windenergieanlagen – in der Regel niedrigere (leisere) Berechnungsergebnisse, daher kann die Berechnung für den *500-Hz-Mittenpegel* als konservative Herangehensweise (worst case) gewertet werden. Für die vorliegende Berechnung wurde diese konservative Herangehensweise gewählt.

### **Verwendung des Alternativen Verfahrens zur Bodendämpfung**

Die DIN ISO 9613-2 erlaubt zwei verschiedene Verfahren zur Ermittlung der Bodendämpfung, nämlich das Standardverfahren und das Alternative Verfahren, wobei letztgenanntes als konservative Annahme zu werten ist. Im vorliegenden Gutachten wurde das Alternative Verfahren zur Berechnung der Bodendämpfung verwendet.

## 5 Literatur

- /1/ TA Lärm: Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
- /2/ DIN ISO 9613-2 : Dämpfung des Schalls bei Ausbreitung im Freien
- /3/ BImSchG: Bundesimmissionsschutzgesetz
- /4/ BauNVO: Baunutzungsverordnung
- /5/ Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen, Teil 1 Bestimmung der Schallemissionswerte; Fördergesellschaft Windenergie e. V.,
- /6/ DIN 18005: Teil 1, Schallschutz im Städtebau, Berechnungsverfahren
- /7/ DIN 45681: Ermittlung Tonhaltigkeit, Schmalbandanalyse des unbewerteten Schalldruckpegels
- /8/ DIN 45645: Ermittlung Impulshaltigkeit, Einheitliche Ermittlung des Beurteilungspegels für Geräuschimmissionen.
- /9/ Innenministerium Baden-Württemberg, Städtebauliche Lärmfibel - Hinweise für die Bauleitplanung, 1991, 193 Seiten.
- /10/ Workshop Immissionsschutz 24./25. Februar 1999, Tagungsband; Kötter Beratende Ingenieure Selbstverlag, Rheine 1999
- /11/ 'Viel Wind um wenig Lärm' von H. Klug, DEWI; In: Sonnenenergie 4/91
- /12/ Schallmessung an WEA von A. Petersen, Windtest; In: Windkraft Journal 3/93
- /13/ Windtest: Information Schallgutachten
- /14/ 0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel - Einführung in die Grundbegriffe und quantitative Erfassung des Lärms, Hoffmann / von Lüpke; Erich Schmidt Verlag, 6. Auflage 1993
- /15/ Lärmbekämpfung '88: Tendenzen - Probleme - Lösungen, Umweltbundesamt, Erich Schmidt Verlag,
- /16/ Infraschallwirkungen auf den Menschen, H. Ising, B. Markert, F. Shenoda, C. Schwarze, Bundesminister für Forschung und Technologie, VDI Verlag, 1982.
- /17/ Keine Gefahr durch Infraschall, A. Buhmann, In: Neue Energie 1/98
- /18/ DIN EN 50376: Angabe des Schalleistungspegels und der Tonhaltigkeitswerte bei Windenergieanlagen
- /19/ W. Probst, U. Donner, Die Unsicherheit des Beurteilungspegels bei der Immissionsprognose, Zeitschrift für Lärmbekämpfung
- /20/ Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windenergieanlagen: Empfehlungen der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), März 2005
- /21/ Zum Nachweis der Einhaltung von Geräuschimmissionswerten mittels Prognose; Detlef Piorr in: Zeitschrift für Lärmbekämpfung 48 (Sept. 2001)
- /22/ Sachinformationen zu Geräuschimmissionen und -immissionen von Windenergieanlagen, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, LUA Essen 2001



- /23/ TA Lärm – Kommentar; Feldhaus, G. und Tegeder, K.; c.f.Müller, München 2014
- /24/ Baunutzungsverordnung – Kommentar; König/Roeser/Stock; Verlag C.H. Beck 2014
- /25/ Hinsch, Andreas, Schallimmissionsschutz bei der Zulassung von Windenergieanlagen, Zeitschrift für Umweltrecht (ZUR) 2008, Heft 12. 567 (569).



## 6 Anhang

- Isophonenkarte der Gesamtbelastung
- Berechnungsausdrucke Vorbelastung: Hauptergebnis
- Berechnungsausdrucke Zusatzbelastung: Hauptergebnis
- Berechnungsausdrucke Gesamtbelastung: Hauptergebnis und Detaillierte Ergebnisse
- Berechnung der Serienstreuung/Unsicherheit des WEA-Typs Enercon E-115
- Auszug aus dem Messbericht zur Ermittlung des Schalleistungspegels der WEA Enercon E-115



Karte: TK25 - Maßstab 1:20.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32. Ost: 421.656 Nord: 5.598.904  
 Schall-Immissionsort  
 Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2 Deutschland, Windgeschw.: Lautester Wert bis 95% Nennleistung  
 Höhe über Meeresspiegel von aktivem Höhenlinien-Objekt



★ Existierende WEA  
 ★ Neue WEA

**DECIBEL -**  
 Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung  
**Berechnung:**  
 Gesamtbelastung

Kontaktperson:  
**CUBE Engineering**  
 Breitscheidstraße 6  
 DE-34119 Kassel  
 +49 (0) 561 28 85 73 0  
 Jonas Feja / j.feja@cube-engineering.com  
 01.11.2016 14:44:30.654



**CUBE**  
 Engineering GmbH  
 Part of Ramboll

124

Projekt:

**14-1-3083-003-DE-EBL-N-S**



Beschreibung:

WP Elbinger Lei, Elbingen VG  
Wallmerod im Westerwaldkreis,  
Rheinland-Pfalz

Lizenziertes Anwender:

**CUBE Engineering**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Jonas Feja / j.feja@cube-engineering.com  
Berechnet:  
01.11.2016 14:16/3.0.654



## DECIBEL - Hauptergebnis

### Berechnung: Vorbelastung

Detaillierte Prognose nach TA-Lärm / DIN ISO 9613-2

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

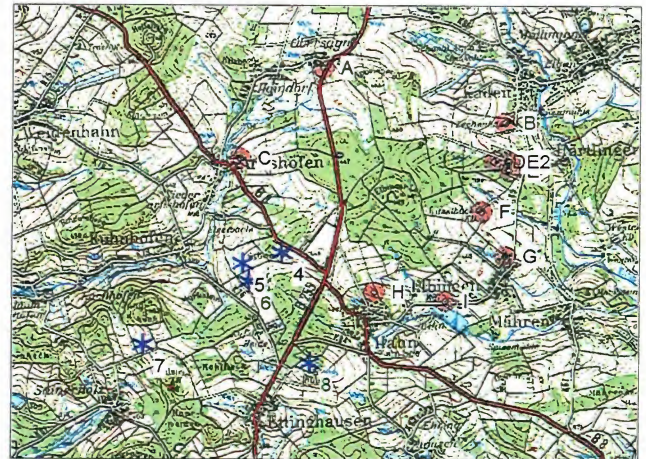
Lautester Wert bis 95% Nennleistung

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: 35 dB(A)
- Gewerbegebiet: 50 dB(A)
- Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)
- Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in  
UTM (north)-WGS84 Zone: 32



Maßstab 1:75.000

\* Existierende WEA    ■ Schall-Immissionsort

### WEA

Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schallwerte		Windgeschw. [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzel-töne
				Aktuell	Hersteller	Typ				Quelle	Name			
4	420.484	5.598.250	440,0 Hahn FL1000	Nein	FUHLRÄNDER	FL 1000-1.000/250	1.000	54,0	70,0	USER	102,6 dB(A)	(95%)	102,6	Nein
5	420.070	5.598.125	430,4 ENERCON E-53 800 ...	Ja	ENERCON	E-53-800	800	53,0	73,3	USER	102,5 dB(A) lt. Genehmigung	(95%)	102,5	Nein
6	420.137	5.597.916	424,9 ENERCON E-53 800 ...	Ja	ENERCON	E-53-800	800	53,0	73,3	USER	102,5 dB(A) lt. Genehmigung	(95%)	102,5	Nein
7	419.036	5.597.194	446,3 Sainerholz N29-250	Nein	NORDEX	N29-250-250/45	250	29,7	50,0	USER	98 dB(A)	(95%)	98,0	Nein
8	420.780	5.596.988	444,9 Ettinghausen FL250	Nein	FUHLRÄNDER	FL 250-250/50	250	29,5	42,0	USER	Annahme der Behörde (Westerwaldkreis) - 101,2 dB(A)	(95%)	101,2	Nein

### Berechnungsergebnisse

### Beurteilungspegel

#### Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z [m]	Aufpunkthöhe [m]	Anforderungen Beurteilungspegel	
						Schall [dB(A)]	Von WEA [dB(A)]
A	Rothenbach, Obersayn 9	420.907	5.600.339	435,5	5,0	45,0	23,8
B	Kaden, BPlan-WA (unbebaut)	422.810	5.599.722	394,1	5,0	40,0	19,9
C	Arnshöfen, Im Heckelchen 1	420.043	5.599.312	420,2	5,0	45,0	31,7
D	Härtlingen, Heidestr. 29	422.703	5.599.278	402,5	5,0	40,0	21,6
E	Härtlingen, Am Buchenhain 5	422.855	5.599.181	392,5	5,0	40,0	21,1
E2	Härtlingen, Heidestr. 16	422.854	5.599.281	393,9	5,0	35,0	20,9
F	Härtlingen, Hof Witzelbach	422.564	5.598.707	390,7	5,0	45,0	23,5
G	Elbingen, Bergstr. 5	422.818	5.598.201	390,0	5,0	40,0	23,2
H	geplante W-Flächen nach FNP	421.451	5.597.796	406,3	5,0	40,0	32,7
I	Elbingen, Campingplatz Seeblick	422.194	5.597.693	380,0	5,0	40,0	27,1

### Abstände (m)

Schall-Immissionsort	WEA				
	7	8	4	5	6
A	3659	3353	2131	2367	2542
B	4543	3405	2753	3171	3226
C	2345	2437	1150	1187	1399
D	4218	2990	2445	2874	2905
E	4305	3019	2547	2978	2998
E2	4351	3092	2585	3015	3041
F	3839	2477	2129	2561	2552
G	3913	2371	2334	2748	2695
H	2489	1050	1068	1419	1319
I	3197	1580	1798	2167	2069

Projekt:  
**14-1-3083-003-DE-EBL-N-S**

Beschreibung:  
WP Elbinger Lei, Elbingen VG  
Wallmerod im Westerwaldkreis,  
Rheinland-Pfalz

Lizenziertes Anwender:  
**CUBE Engineering**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Jonas Feja / j.feja@cube-engineering.com  
Berechnet:  
01.11.2016 15:02/3.0.654



## DECIBEL - Hauptergebnis

### Berechnung: Zusatzbelastung

Detaillierte Prognose nach TA-Lärm / DIN ISO 9613-2

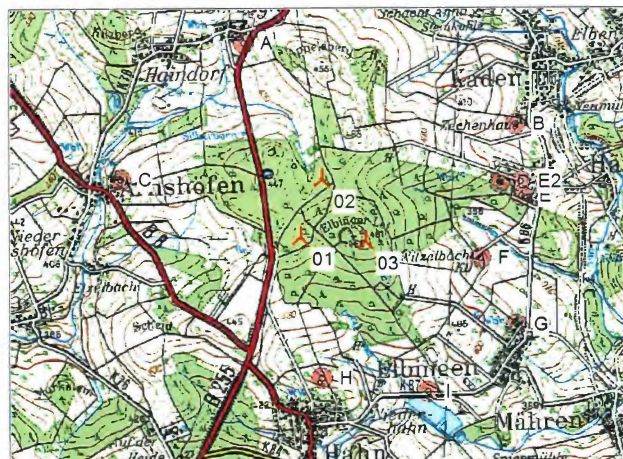
Die Berechnung basiert auf der internationalen Norm ISO 9613-2  
"Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors"

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: 35 dB(A)
- Gewerbegebiet: 50 dB(A)
- Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)
- Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in  
UTM (north)-WGS84 Zone: 32



Maßstab 1:50.000

▲ Neue WEA      ■ Schall-Immissionsort

### WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schallwerte		Windgeschw. [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzel-töne
					Aktuell	Hersteller	Typ				Quelle	Name			
01	421.302	5.598.874	446,2	ENERCON E-115 TE...Ja	ENERCON	E-115 TES-3.000	3.000	115,7	149,0	USER	3-fach Vermessung 104,9 dB(A) + 2,1 dB(A) SZ	(95%)	107,0	Nein	
02	421.453	5.599.310	443,6	ENERCON E-115 TE...Ja	ENERCON	E-115 TES-3.000	3.000	115,7	149,0	USER	3-fach Vermessung 104,9 dB(A) + 2,1 dB(A) SZ	(95%)	107,0	Nein	
03	421.759	5.598.837	460,5	ENERCON E-115 TE...Ja	ENERCON	E-115 TES-3.000	3.000	115,7	149,0	USER	1-fach Vermessung 100,8 dB(A) + 2,5 dB(A) SZ	(95%)	103,3	Nein	

### Berechnungsergebnisse

#### Beurteilungspegel

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe [m]	Anforderungen Beurteilungspegel	
						Schall [dB(A)]	Von WEA [dB(A)]
A	Rothenbach, Obersayn 9	420.907	5.600.339	435,5	5,0	45,0	34,9
B	Kaden, BPlan-WA (unbebaut)	422.810	5.599.722	394,1	5,0	40,0	33,2
C	Arnshöfen, Im Heckelchen 1	420.043	5.599.312	420,2	5,0	45,0	34,1
D	Härtlingen, Heidestr. 29	422.703	5.599.278	402,5	5,0	40,0	35,6
E	Härtlingen, Am Buchenhain 5	422.855	5.599.181	392,5	5,0	40,0	34,2
E2	Härtlingen, Heidestr. 16	422.849	5.599.289	394,3	5,0	35,0	34,1
F	Härtlingen, Hof Witzelbach	422.564	5.598.707	390,7	5,0	45,0	37,1
G	Elbingen, Bergstr. 5	422.818	5.598.201	390,0	5,0	40,0	32,8
H	geplante W-Flächen nach FNP	421.451	5.597.796	406,3	5,0	40,0	36,3
I	Elbingen, Campingplatz Seeblick	422.194	5.597.693	380,0	5,0	40,0	33,2

#### Abstände (m)

Schall-Immissionsort	WEA		
	01	02	03
A	1517	1165	1727
B	1730	1418	1374
C	1332	1410	1780
D	1458	1250	1042
E	1583	1408	1149
E2	1602	1396	1180
F	1273	1264	815
G	1658	1758	1235
H	1089	1514	1086
I	1480	1778	1223

Projekt:

14-1-3083-003-DE-EBL-N-S



Beschreibung:

WP Elbinger Lei, Elbingen VG  
Wallmerod im Westerwaldkreis,  
Rheinland-Pfalz

Lizenzierter Anwender:

**CUBE Engineering**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Jonas Feja / j.feja@cube-engineering.com  
Berechnet:  
01.11.2016 14:44/3.0.654



## DECIBEL - Hauptergebnis

### Berechnung: Gesamtbelastung

Detaillierte Prognose nach TA-Lärm / DIN ISO 9613-2

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

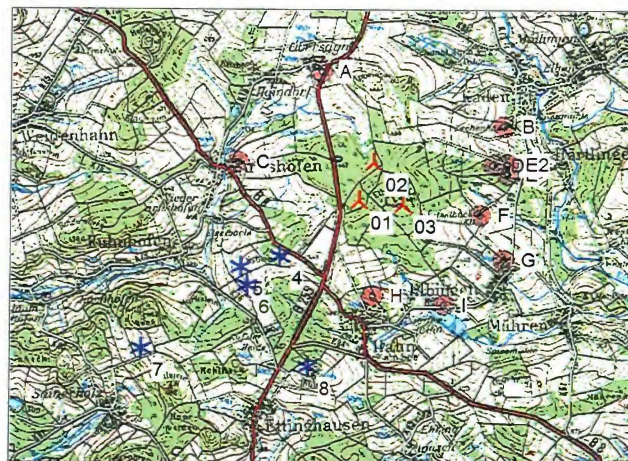
Lautester Wert bis 95% Nennleistung

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: 35 dB(A)
- Gewerbegebiet: 50 dB(A)
- Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)
- Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in  
UTM (north)-WGS84 Zone: 32



Maßstab 1:75.000  
▲ Neue WEA    ✳ Existierende WEA    ■ Schall-Immissionsort

### WEA

Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ		Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schallwerte		Windgeschw. [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzel-töne
				Aktuell	Hersteller				Typ	Quelle			
01	421.302	5.598.874	446,2 ENERCON E-115 TES...Ja	ENERCON	E-115 TES-3.000	3.000	115,7	149,0	USER	3-fach Vermessung 104,9 dB(A) + 2,1 dB(A) SZ	(95%)	107,0	Nein
02	421.453	5.599.310	443,6 ENERCON E-115 TES...Ja	ENERCON	E-115 TES-3.000	3.000	115,7	149,0	USER	3-fach Vermessung 104,9 dB(A) + 2,1 dB(A) SZ	(95%)	107,0	Nein
03	421.759	5.598.837	460,5 ENERCON E-115 TES...Ja	ENERCON	E-115 TES-3.000	3.000	115,7	149,0	USER	1-fach Vermessung 100,8 dB(A) + 2,5 dB(A) SZ	(95%)	103,3	Nein
4	420.484	5.598.250	440,0 Hahn FL1000	Nein	FUHLRLÄNDER FL 1000-1.000/250	1.000	54,0	70,0	USER	102,6 dB(A)	(95%)	102,6	Nein
5	420.070	5.598.125	430,4 ENERCON E-53 800 5...Ja	ENERCON	E-53-800	800	53,0	73,3	USER	102,5 dB(A) lt. Genehmigung	(95%)	102,5	Nein
6	420.137	5.597.916	424,9 ENERCON E-53 800 5...Ja	ENERCON	E-53-800	800	53,0	73,3	USER	102,5 dB(A) lt. Genehmigung	(95%)	102,5	Nein
7	419.036	5.597.194	446,3 Sainerholz N29-250	Nein	NORDEX N29-250-250/45	250	29,7	50,0	USER	98 dB(A)	(95%)	98,0	Nein
8	420.780	5.596.988	444,9 Eitinghausen FL250	Nein	FUHLRLÄNDER FL 250-250/50	250	29,5	42,0	USER	Annahme der Behörde (Westerwaldkreis) - 101,2 dB(A)	(95%)	101,2	Nein

### Berechnungsergebnisse

#### Beurteilungspegel

##### Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z [m]	Aufpunkthöhe [m]	Anforderungen Beurteilungspegel	
						Schall [dB(A)]	Von WEA [dB(A)]
A	Rothenbach, Obersayn 9	420.907	5.600.339	435,5	5,0	45,0	35,2
B	Kaden, BPlan-WA (unbebaut)	422.810	5.599.722	394,1	5,0	40,0	33,4
C	Arnshöfen, Im Heckelchen 1	420.043	5.599.312	420,2	5,0	45,0	36,1
D	Härtlingen, Heidestr. 29	422.703	5.599.278	402,5	5,0	40,0	35,7
E	Härtlingen, Am Buchenhain 5	422.855	5.599.181	392,5	5,0	40,0	34,4
E2	Härtlingen, Heidestr. 16	422.849	5.599.289	394,3	5,0	35,0	34,3
F	Härtlingen, Hof Witzelbach	422.564	5.598.707	390,7	5,0	45,0	37,3
G	Elbingen, Bergstr. 5	422.818	5.598.201	390,0	5,0	40,0	33,3
H	geplante W-Flächen nach FNP	421.451	5.597.796	406,3	5,0	40,0	37,8
I	Elbingen, Campingplatz Seeblick	422.194	5.597.693	380,0	5,0	40,0	34,2

#### Abstände (m)

Schall-Immissionsort	WEA							
	01	02	03	7	8	4	5	6
A	1517	1165	1727	3659	3353	2131	2367	2542
B	1730	1418	1374	4543	3405	2753	3171	3226
C	1332	1410	1780	2345	2437	1150	1187	1399
D	1458	1250	1042	4218	2990	2445	2874	2905
E	1583	1408	1149	4305	3019	2547	2978	2998
E2	1602	1396	1180	4351	3094	2583	3013	3039
F	1273	1264	815	3839	2477	2129	2561	2552
G	1658	1758	1235	3913	2371	2334	2748	2695
H	1089	1514	1086	2489	1050	1068	1419	1319
I	1480	1778	1223	3197	1580	1798	2167	2069

127

Projekt:  
**14-1-3083-003-DE-EBL-N-S**

Beschreibung:  
WP Elbinger Lei, Elbingen VG  
Wallmerod im Westerwaldkreis,  
Rheinland-Pfalz

Lizenzierter Anwender:  
**CUBE Engineering**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Jonas Feja / j.feja@cube-engineering.com  
Berechnet:  
01.11.2016 10:12/3.0.654



## DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

**Berechnung:** Gesamtbelastung **Schallberechnungs-Modell:** ISO 9613-2 Deutschland 10,0 m/s  
**Annahmen**

Berechneter L(DW) = LWA<sub>ref</sub> + K + Dc - (Adiv + Aatm + Agr + Abar + Amisc) - Cmet  
(Wenn mit Bodeneffekt gerechnet ist Dc = Omega)

LWA <sub>ref</sub> :	Schalldruckpegel an WEA
K:	Einzeltöne
Dc:	Richtwirkungskorrektur
Adiv:	Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung
Aatm:	Dämpfung aufgrund von Luftabsorption
Agr:	Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts
Abar:	Dämpfung aufgrund von Abschirmung
Amisc:	Dämpfung aufgrund verschiedener anderer Effekte
Cmet:	Meteorologische Korrektur

### Berechnungsergebnisse

#### Schall-Immissionsort: A Rothenbach, Obersayn 9

WEA	Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Lautester Wert bis 95% Nennleistung									
						Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]
	01	1.517	1.525	76,1	Ja	<b>29,36</b>	107,0	3,01	74,66	2,90	3,08	0,00	0,00	80,65	0,00
	02	1.165	1.175	80,6	Ja	<b>32,94</b>	107,0	3,01	72,40	2,23	2,43	0,00	0,00	77,06	0,00
	03	1.727	1.735	83,4	Ja	<b>24,08</b>	103,3	3,01	75,79	3,30	3,15	0,00	0,00	82,23	0,00
	4	2.131	2.133	40,9	Ja	<b>19,84</b>	102,6	3,01	77,58	4,05	4,14	0,00	0,00	85,77	0,00
	5	2.367	2.368	42,3	Ja	<b>18,34</b>	102,5	3,01	78,49	4,50	4,19	0,00	0,00	87,17	0,00
	6	2.542	2.543	38,4	Ja	<b>17,29</b>	102,5	3,01	79,11	4,83	4,28	0,00	0,00	88,22	0,00
	7	3.659	3.660	45,5	Ja	<b>7,41</b>	98,0	3,01	82,27	6,95	4,38	0,00	0,00	93,60	0,00
	8	3.353	3.353	29,1	Ja	<b>11,83</b>	101,2	3,01	81,51	6,37	4,50	0,00	0,00	92,38	0,00
	Summe		35,22												

#### Schall-Immissionsort: B Kaden, BPlan-WA (ungebaut)

WEA	Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Lautester Wert bis 95% Nennleistung									
						Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]
	01	1.730	1.741	68,0	Ja	<b>27,43</b>	107,0	3,01	75,82	3,31	3,46	0,00	0,00	82,58	0,00
	02	1.418	1.431	72,4	Ja	<b>30,11</b>	107,0	3,01	74,12	2,72	3,06	0,00	0,00	79,89	0,00
	03	1.374	1.390	83,5	Ja	<b>27,07</b>	103,3	3,01	73,86	2,64	2,73	0,00	0,00	79,23	0,00
	4	2.753	2.755	21,1	Nein	<b>15,77</b>	102,6	3,01	79,80	5,23	4,80	0,00	0,00	89,84	0,00
	5	3.171	3.173	17,8	Nein	<b>13,65</b>	102,5	3,01	81,03	6,03	4,80	0,00	0,00	91,86	0,00
	6	3.226	3.227	15,7	Nein	<b>13,40</b>	102,5	3,01	81,18	6,13	4,80	0,00	0,00	92,11	0,00
	7	4.543	4.544	15,7	Nein	<b>3,43</b>	98,0	3,01	84,15	8,63	4,80	0,00	0,00	97,58	0,00
	8	3.405	3.406	28,0	Nein	<b>11,29</b>	101,2	3,01	81,65	6,47	4,80	0,00	0,00	92,92	0,00
	Summe		33,40												

#### Schall-Immissionsort: C Arnshöfen, Im Heckelchen 1

WEA	Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Lautester Wert bis 95% Nennleistung									
						Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]
	01	1.332	1.343	76,9	Ja	<b>31,06</b>	107,0	3,01	73,56	2,55	2,83	0,00	0,00	78,94	0,00
	02	1.410	1.419	70,7	Ja	<b>30,18</b>	107,0	3,01	74,04	2,70	3,08	0,00	0,00	79,82	0,00
	03	1.780	1.790	77,4	Ja	<b>23,54</b>	103,3	3,01	76,05	3,40	3,32	0,00	0,00	82,77	0,00
	4	1.150	1.153	41,5	Ja	<b>27,62</b>	102,6	3,01	72,24	2,19	3,56	0,00	0,00	77,98	0,00
	5	1.187	1.190	42,3	Ja	<b>27,16</b>	102,5	3,01	72,51	2,26	3,57	0,00	0,00	78,34	0,00
	6	1.399	1.401	37,9	Ja	<b>25,05</b>	102,5	3,01	73,93	2,66	3,87	0,00	0,00	80,46	0,00
	7	2.345	2.346	46,0	Ja	<b>14,01</b>	98,0	3,01	78,41	4,46	4,13	0,00	0,00	87,00	0,00
	8	2.437	2.438	27,2	Ja	<b>16,42</b>	101,2	3,01	78,74	4,63	4,42	0,00	0,00	87,79	0,00
	Summe		36,06												

128

Projekt:  
**14-1-3083-003-DE-EBL-N-S**

Beschreibung:  
WP Elbinger Lei, Elbingen VG  
Wallmerod im Westerwaldkreis,  
Rheinland-Pfalz

Lizenzierter Anwender:  
**CUBE Engineering**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Jonas Feja / j.feja@cube-engineering.com  
Berechnet:  
01.11.2016 10:12/3.0.654



## DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

**Berechnung:** Gesamtbelastung **Schallberechnungs-Modell:** ISO 9613-2 Deutschland 10,0 m/s

**Schall-Immissionsort: D Hürtlingen, Heidestr. 29**

WEA		Lautester Wert bis 95% Nennleistung													
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]	
01	1.458	1.470	68,2	Ja	<b>29,67</b>	107,0	3,01	74,34	2,79	3,20	0,00	0,00	80,34	0,00	
02	1.250	1.264	72,1	Ja	<b>31,74</b>	107,0	3,01	73,03	2,40	2,83	0,00	0,00	78,27	0,00	
03	1.042	1.061	84,7	Ja	<b>30,73</b>	103,3	3,00	71,52	2,02	2,04	0,00	0,00	75,57	0,00	
4	2.445	2.448	23,7	Nein	<b>17,39</b>	102,6	3,01	78,77	4,65	4,80	0,00	0,00	88,22	0,00	
5	2.874	2.876	20,2	Nein	<b>15,07</b>	102,5	3,01	80,17	5,46	4,80	0,00	0,00	90,44	0,00	
6	2.905	2.906	19,9	Nein	<b>14,92</b>	102,5	3,01	80,27	5,52	4,80	0,00	0,00	90,59	0,00	
7	4.218	4.219	19,6	Nein	<b>4,69</b>	98,0	3,01	83,50	8,02	4,80	0,00	0,00	96,32	0,00	
8	2.990	2.991	34,6	Ja	<b>13,61</b>	101,2	3,01	80,52	5,68	4,40	0,00	0,00	90,60	0,00	

Summe 35,74

**Schall-Immissionsort: E Hürtlingen, Am Buchenhain 5**

WEA		Lautester Wert bis 95% Nennleistung													
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]	
01	1.583	1.596	67,1	Ja	<b>28,56</b>	107,0	3,01	75,06	3,03	3,35	0,00	0,00	81,44	0,00	
02	1.408	1.422	70,9	Ja	<b>30,17</b>	107,0	3,01	74,06	2,70	3,08	0,00	0,00	79,84	0,00	
03	1.149	1.168	85,6	Ja	<b>29,46</b>	103,3	3,01	72,35	2,22	2,27	0,00	0,00	76,84	0,00	
4	2.547	2.550	23,7	Nein	<b>16,83</b>	102,6	3,01	79,13	4,84	4,80	0,00	0,00	88,78	0,00	
5	2.978	2.980	19,4	Nein	<b>14,56</b>	102,5	3,01	80,49	5,66	4,80	0,00	0,00	90,95	0,00	
6	2.998	3.000	20,1	Nein	<b>14,47</b>	102,5	3,01	80,54	5,70	4,80	0,00	0,00	91,04	0,00	
7	4.305	4.306	19,3	Nein	<b>4,35</b>	98,0	3,01	83,68	8,18	4,80	0,00	0,00	96,66	0,00	
8	3.019	3.020	34,5	Ja	<b>13,46</b>	101,2	3,01	80,60	5,74	4,41	0,00	0,00	90,75	0,00	

Summe 34,43

**Schall-Immissionsort: E2 Hürtlingen, Heidestr. 16**

WEA		Lautester Wert bis 95% Nennleistung													
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]	
01	1.605	1.617	67,4	Ja	<b>28,40</b>	107,0	3,01	75,17	3,07	3,37	0,00	0,00	81,61	0,00	
02	1.402	1.415	71,1	Ja	<b>30,23</b>	107,0	3,01	74,02	2,69	3,07	0,00	0,00	79,77	0,00	
03	1.182	1.200	84,4	Ja	<b>29,06</b>	103,3	3,01	72,59	2,28	2,37	0,00	0,00	77,24	0,00	
4	2.585	2.587	22,4	Nein	<b>16,64</b>	102,6	3,01	79,26	4,92	4,80	0,00	0,00	88,97	0,00	
5	3.015	3.016	18,5	Nein	<b>14,39</b>	102,5	3,01	80,59	5,73	4,80	0,00	0,00	91,12	0,00	
6	3.041	3.042	18,8	Nein	<b>14,27</b>	102,5	3,01	80,66	5,78	4,80	0,00	0,00	91,24	0,00	
7	4.351	4.353	18,0	Nein	<b>4,17</b>	98,0	3,01	83,77	8,27	4,80	0,00	0,00	96,84	0,00	
8	3.092	3.093	34,1	Ja	<b>13,10</b>	101,2	3,01	80,81	5,88	4,42	0,00	0,00	91,11	0,00	

Summe 34,27

**Schall-Immissionsort: F Hürtlingen, Hof Witzelbach**

WEA		Lautester Wert bis 95% Nennleistung													
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]	
01	1.273	1.288	63,0	Ja	<b>31,24</b>	107,0	3,01	73,20	2,45	3,12	0,00	0,00	78,76	0,00	
02	1.264	1.279	67,0	Ja	<b>31,45</b>	107,0	3,01	73,14	2,43	2,99	0,00	0,00	78,56	0,00	
03	815	843	82,1	Ja	<b>33,77</b>	103,3	3,00	69,51	1,60	1,42	0,00	0,00	72,53	0,00	
4	2.129	2.132	22,9	Nein	<b>19,18</b>	102,6	3,01	77,58	4,05	4,80	0,00	0,00	86,43	0,00	
5	2.561	2.563	19,3	Nein	<b>16,67</b>	102,5	3,01	79,17	4,87	4,80	0,00	0,00	88,84	0,00	
6	2.552	2.554	21,5	Nein	<b>16,71</b>	102,5	3,01	79,15	4,85	4,80	0,00	0,00	88,80	0,00	
7	3.839	3.840	21,4	Nein	<b>6,23</b>	98,0	3,01	82,69	7,30	4,80	0,00	0,00	94,78	0,00	
8	2.477	2.479	32,7	Ja	<b>16,27</b>	101,2	3,01	78,89	4,71	4,35	0,00	0,00	87,94	0,00	

Summe 37,27

**Schall-Immissionsort: G Elbingen, Bergstr. 5**

WEA		Lautester Wert bis 95% Nennleistung													
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]	
01	1.658	1.670	71,8	Ja	<b>28,06</b>	107,0	3,01	75,46	3,17	3,32	0,00	0,00	81,95	0,00	
02	1.758	1.769	73,6	Ja	<b>27,32</b>	107,0	3,01	75,96	3,36	3,37	0,00	0,00	82,69	0,00	

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:  
**14-1-3083-003-DE-EBL-N-S**

Beschreibung:  
WP Elbinger Lei, Elbingen VG  
Wallmerod im Westerwaldkreis,  
Rheinland-Pfalz

Lizenzierter Anwender:  
**CUBE Engineering**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Jonas Feja / j.feja@cube-engineering.com  
Berechnet:  
01.11.2016 10:12/3.0.654



## DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

**Berechnung:** Gesamtbelastung **Schallberechnungs-Modell:** ISO 9613-2 Deutschland 10,0 m/s

...(Fortsetzung von letzter Seite)

WEA														
Lautester Wert bis 95% Nennleistung														
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]
03	1.235	1.253	89,2	Ja	<b>28,62</b>	103,3	3,01	72,96	2,38	2,35	0,00	0,00	77,69	0,00
4	2.334	2.337	35,5	Ja	<b>18,52</b>	102,6	3,01	78,37	4,44	4,28	0,00	0,00	87,09	0,00
5	2.748	2.751	32,6	Ja	<b>16,10</b>	102,5	3,01	79,79	5,23	4,39	0,00	0,00	89,41	0,00
6	2.695	2.697	35,4	Ja	<b>16,42</b>	102,5	3,01	79,62	5,13	4,35	0,00	0,00	89,09	0,00
7	3.913	3.915	30,0	Ja	<b>6,18</b>	98,0	3,01	82,85	7,44	4,54	0,00	0,00	94,83	0,00
8	2.371	2.373	41,8	Ja	<b>17,00</b>	101,2	3,01	78,51	4,51	4,20	0,00	0,00	87,21	0,00

Summe 33,25

### Schall-Immissionsort: H geplante W-Flächen nach FNP

WEA														
Lautester Wert bis 95% Nennleistung														
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]
01	1.089	1.104	78,3	Ja	<b>33,70</b>	107,0	3,00	71,86	2,10	2,35	0,00	0,00	76,31	0,00
02	1.514	1.525	70,7	Ja	<b>29,24</b>	107,0	3,01	74,66	2,90	3,21	0,00	0,00	80,77	0,00
03	1.086	1.104	85,0	Ja	<b>30,21</b>	103,3	3,00	71,86	2,10	2,14	0,00	0,00	76,09	0,00
4	1.068	1.073	35,7	Ja	<b>28,31</b>	102,6	3,01	71,61	2,04	3,65	0,00	0,00	77,30	0,00
5	1.419	1.422	33,7	Ja	<b>24,76</b>	102,5	3,01	74,06	2,70	3,98	0,00	0,00	80,75	0,00
6	1.319	1.322	33,2	Ja	<b>25,64</b>	102,5	3,01	73,43	2,51	3,93	0,00	0,00	79,87	0,00
7	2.489	2.490	26,4	Ja	<b>12,92</b>	98,0	3,01	78,93	4,73	4,44	0,00	0,00	88,09	0,00
8	1.050	1.053	29,2	Ja	<b>26,92</b>	101,2	3,01	71,45	2,00	3,84	0,00	0,00	77,29	0,00

Summe 37,85

### Schall-Immissionsort: I Elbingen, Campingplatz Seeblick

WEA														
Lautester Wert bis 95% Nennleistung														
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]
01	1.480	1.495	72,7	Ja	<b>29,55</b>	107,0	3,01	74,49	2,84	3,13	0,00	0,00	80,46	0,00
02	1.778	1.790	60,2	Ja	<b>26,90</b>	107,0	3,01	76,06	3,40	3,65	0,00	0,00	83,11	0,00
03	1.223	1.244	79,6	Ja	<b>28,45</b>	103,3	3,01	72,90	2,36	2,59	0,00	0,00	77,85	0,00
4	1.798	1.803	38,0	Ja	<b>21,99</b>	102,6	3,01	76,12	3,42	4,08	0,00	0,00	83,62	0,00
5	2.167	2.170	32,8	Ja	<b>19,37</b>	102,5	3,01	77,73	4,12	4,28	0,00	0,00	86,14	0,00
6	2.069	2.072	31,6	Ja	<b>19,97</b>	102,5	3,01	77,33	3,94	4,28	0,00	0,00	85,54	0,00
7	3.197	3.199	22,1	Ja	<b>9,27</b>	98,0	3,01	81,10	6,08	4,56	0,00	0,00	91,74	0,00
8	1.580	1.583	33,9	Ja	<b>22,15</b>	101,2	3,01	74,99	3,01	4,06	0,00	0,00	82,06	0,00

Summe 34,16



130



**Enercon E-115 3MW, BM 2000kW s, Vermessung**  
**Schallvermessungsdatenblatt**  
 28.1.2016 tm

#	Berichts-Nr.	Berichts-Datum	Naben-höhe	Messunsicher-heit U <sub>c</sub>	max. K <sub>TN</sub>	max. L <sub>WA</sub>
1	MN15071	15.9.2015	135,4 m	0 dB(A)	0 dB(A)	100,8 dB(A)
<b>n</b> Anzahl Vermessungen						
						1

**Vermessungs- und Unsicherheitsparameter**

L <sub>w</sub>	Mittelwert der Schalleistungspegel	100,8 dB(A)
s	Standardabweichung	-
σ <sub>P</sub>	Serienstreuung (σ <sub>P</sub> = s; wenn n < 3: σ <sub>P</sub> = 1,2 dB(A))	1,20 dB(A)
σ <sub>R</sub>	Vergleichsstandardabweichung (bei Vermessungen: 0,5 dB(A), ohne Vermessung: 3,0 dB(A))	0,50 dB(A)
σ <sub>Prog</sub>	Genauigkeit des Prognosemodells nach Tab. 5 DIN ISO 9613-2	1,50 dB(A)
σ <sub>Schirm</sub>	Unsicherheit des Abschirmmaßes (1,5 dB(A), bei Berechnung ohne Abschirmeffekt: 0,0 dB(A))	0,00 dB(A)

**Gesamtunsicherheit und obere Vertrauensbereichsgrenze**

σ <sub>ges</sub>	<b>Gesamtunsicherheit (σ<sup>2</sup><sub>ges</sub> = σ<sup>2</sup><sub>P</sub> + σ<sup>2</sup><sub>R</sub> + σ<sup>2</sup><sub>Prog</sub> + σ<sup>2</sup><sub>Schirm</sub>)</b>	1,98 dB(A)
	Zuschlag (90% oberer Vertrauensbereich = 1,28 x σ <sub>ges</sub> )	2,54 dB(A)
L <sub>o</sub>	obere Vertrauensbereichsgrenze, Emissionspegel Einzelanlage L <sub>WA90</sub> (= L <sub>w</sub> + 1,28 x σ <sub>ges</sub> )	103,3 dB(A)

**Tonhaltigkeit**

	Maximalwert K <sub>TN</sub>	0,00 dB(A)
	Standardabweichung s	0,00 dB(A)

Allgemeine Angaben				Technische Daten (Herstellerangaben)								
Anlagenhersteller:	Enercon GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich			Nennleistung (Generator):	3000 kW							
Seriennummer:	1150002			Rotordurchmesser:	115.71 m							
WEA Standort:	R: 3439794 H: 5875367			Nabenhöhe über Grund:	135.4 m							
Ergänzende Angaben zum Rotor (Herstellerangaben)				Erg. Angaben zu Getriebe u. Generator (Herstellerangaben)								
Rotorblatthersteller:	Enercon GmbH			Getriebehersteller:	entfällt, getriebelos							
Typenbezeichnung Blatt:	E115-1			Typenbezeichnung Getriebe:	entfällt, getriebelos							
Achsneigung:	5°			Generatorhersteller:	Enercon GmbH							
Rotorblattanzahl:	3			Typenbezeichnung Generator:	G-115 / 30-G2							
Rotordrehzahlbereich:	4.6 - 11.6 U/min			Generatornennrehzahl:	4.6 - 11.6 U/min							
Prüfbezeichnung zu Leistungskurve: D0388624-1_#_de_#_Betriebsmodi_E-115_3000_kW_mit_TES												
	Referenzpunkt		Schallemissionsparameter	Bemerkungen								
	Standardisierte Windgeschwindigkeit in 10m Höhe	Elektrische Wirkleistung										
Schalleistungspegel $L_{WA,P}$	6 m/s	1763 kW	99.4 dB(A)	1)								
	7 m/s	> 95% Nennleistung	100.5 dB(A)									
	8 m/s	> 95% Nennleistung	100.8 dB(A)									
	9 m/s	> 95% Nennleistung	100.0 dB(A)									
	10 m/s	> 95% Nennleistung	99.0 dB(A)									
	6,6 m/s (95% Nennl.)	2850 kW	100.2 dB(A)									
Tonzuschlag für den Nahbereich $K_{TN}$	6 m/s	1763 kW	0 dB bei -	1)								
	7 m/s	> 95% Nennleistung	0 dB bei -									
	8 m/s	> 95% Nennleistung	0 dB bei -									
	9 m/s	> 95% Nennleistung	0 dB bei 112 Hz									
	10 m/s	> 95% Nennleistung	0 dB bei 112 Hz									
Impulszuschlag für den Nahbereich $K_{IN}$	6 m/s	1763 kW	-	1)								
	7 m/s	> 95% Nennleistung	-									
	8 m/s	> 95% Nennleistung	-									
	9 m/s	> 95% Nennleistung	-									
	10 m/s	> 95% Nennleistung	-									
Terz-Schalleistungspegel für $v_{10m} = 8 \text{ m/s}$ in dB(A)												
Frequenz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
$L_{WA,P}$	75.9	77.8	79.0	83.9	85.5	84.9	85.4	86.2	88.2	89.4	88.8	90.4
Frequenz	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
$L_{WA,P}$	90.4	91.2	92.3	89.8	89.2	86.6	84.4	80.1	73.9	67.8	62.1	56.5
Oktav-Schalleistungspegel für $v_{10m} = 8 \text{ m/s}$ in dB(A)												
Frequenz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000				
$L_{WA,P}$	82.5	89.6	91.5	94.4	96.1	93.5	86.0	69.1				

Dieser Prüfbericht gilt nur mit der Herstellerbescheinigung vom 20.07.2015.  
**Die Angaben ersetzen nicht den o.g. Prüfbericht (insbesondere bei Schallimmissionsprognosen).**

**Deutsche WindGuard Consulting GmbH**  
 Oldenburger Straße 65  
 D-26316 Varel  
 Tel.: 04451 / 95 15 - 0 · Fax: 95 15 - 29

Bemerkungen:  
 1) Nur zwei Datensätze für das Gesamtgeräusch und keine Werte für das Hintergrundgeräusch im Windgeschwindigkeitsbin 10 m/s.

Gemessen durch: Deutsche WindGuard Consulting GmbH  
 Oldenburger Straße 65  
 D-26316 Varel



Messdatum: 15.09.2015  
 Auszugsdatum: 16.10.2015



**Enercon E-115 3 MW, TES, BM 0s, 149 m NH**
**Schallvermessungsdatenblatt**

22.4.2016 mb

#	Berichts-Nr.	Berichts-Datum	Nabenhöhe	Messunsicherheit $U_C$	max. $K_{TN}$	max. $L_{WA}$
1	215477-01.02	31.3.2016	149,0 m	0,00 dB(A)	0 dB(A)	104,6 dB(A)
2	MN15078.A0	22.10.2015	149,0 m	0,00 dB(A)	0 dB(A)	104,9 dB(A)
3	O0101/008-02	16.12.2015	149,0 m	0,00 dB(A)	0 dB(A)	105,3 dB(A)

Anzahl Messungen n

3

**Schalleistungspegel**

Mittelwert $L_W$	<b>104,93 dB(A)</b>
Standardabweichung s	0,35 dB(A)
Produktionsstandardabweichung / Serienstreuung $\sigma_P$ bei WEA in der Regel $\sigma_P=s$ ; wenn <3 Vermessungen: 1,2	0,35 dB(A)
Wiederholstandardabweichung / Vergleichsstandardabweichung $\sigma_R$	0,50 dB(A)
$\sigma$ (aus $\sigma_P$ und $\sigma_R$ ) nach DIN EN 50376	0,70 dB(A)

**Tonhaltigkeit**

Maximalwert $K_{TN}$	<b>0,00 dB(A)</b>
Standardabweichung s	0,00 dB(A)

**Unsicherheit einzelne Emission mit Messunsicherheit, Serienstreuung und Prognosemodell**

Standardabweichung Gesamt inkl. Prognosemodell Unsicherheit $\sigma_{Prog}=1,5$ dB(A)	1,62 dB(A)
Gesamtunsicherheit einzelne Emission 90% oberer Vertrauensbereich	2,07 dB(A)
Emissionspegel Einzelanlage $L_{WA90}$	<b>107,0 dB(A)</b>

**6.) Ergebniszusammenfassung für die Nabenhöhe 149 m**

<b>Bestimmung der Schalleistungspegel aus mehreren Einzelmessungen</b>			
			Seite 1 von 2
Auf der Basis von mindestens drei Messungen nach der „Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen“ [1] besteht die Möglichkeit, die Schallemissionswerte eines Anlagentyps gemäß [2] anzugeben, um die schalltechnische Planungssicherheit zu erhöhen.			
<b>Anlagendaten</b>			
Hersteller	Enercon GmbH	Anlagenbezeichnung	E-115
		Nennleistung in kW	3.000
		Nabenhöhe in m	149
		Rotordurchmesser in m	115,71
Angaben zur Einzelmessung	Messung-Nr.		
	1	2	3
Seriennummer	1150035	1150002	1150056
Standort	49596 Gehrde	49681 Garrel	97440 Eßleben
vermessene Nabenhöhe (m)	149 m	135 m	149 m
Messinstitut	KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co. KG [4]	Deutsche WindGuard Consulting GmbH [5]	Wölfel Beratende Ingenieure GmbH + Co. KG [6]
Prüfbericht	215477-01.02	MN15078.A0	O0101/008-02
Datum	31.03.2016	22.10.2015	16.12.2015
Getriebetyp	entfällt	entfällt	entfällt
Generatortyp	G-115 / 30-G2	G-115 / 30-G2	G-115 / 30-G2
Rotorblatttyp	E-115-1 mit TES	E-115-1 mit TES	E-115-1 mit TES

<b>Schallemissionsparameter: Messwerte (Leistungskurve: LK_E115_3.000kw_BM0s_2015_12_01)</b>						
Schalleistungspegel $L_{W,A,P}$ :						
Messung	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe					
	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	7,2 m/s <sup>2)</sup>
1 <sup>4)</sup>	103,0 dB(A)	104,0 dB(A)	104,6 dB(A)	104,4 dB(A)	103,9 dB(A)	104,2 dB(A)
2 <sup>1)</sup>	102,5 dB(A)	103,8 dB(A)	104,6 dB(A)	104,9 dB(A)	104,9 dB(A)	104,0 dB(A)
3 <sup>3)</sup>	104,3 dB(A)	105,2 dB(A)	105,3 dB(A)	104,5 dB(A)	--	105,3 dB(A)
Mittelwert $\bar{L}_W$	103,3 dB(A)	104,4 dB(A)	104,9 dB(A)	104,6 dB(A)	--	104,5 dB(A)
Standardabweichung S	0,9 dB	0,8 dB	0,4 dB	0,3 dB	--	0,7 dB
K nach [2] $\sigma_R = 0,5 \text{ dB}$	2,0 dB	1,7 dB	1,2 dB	1,1 dB	--	1,6 dB

1) Schalleistungspegel bei umgerechneter Nabenhöhe  
 2) Entspricht 95 % der Nennleistung  
 3) Der Wert für das 9 m/s Windgeschwindigkeits-BIN wurde direkt aus dem Prüfbericht [6] ermittelt  
 4) Der Wert für das 10 m/s Windgeschwindigkeits-BIN wurde direkt aus dem Prüfbericht [4] ermittelt

134

**Bestimmung der Schalleistungspegel aus mehreren Einzelmessungen**

Seite 2 von 2

**Schallemissionsparameter: Zuschläge**

Tonzuschlag bei vermessener Nabenhöhe  $K_{TN}$ :

Messung	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe					
	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	7,2 m/s <sup>1)</sup>
1	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
2	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
3	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	- dB	0 dB

**Impulszuschlag  $K_{IN}$ :**

Messung	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe					
	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	7,2 m/s <sup>1)</sup>
1	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
2	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
3	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	- dB	0 dB

**Terz-Schalleistungspegel für  $v_s = 8 \text{ ms}^{-1}$  in dB(A)**

Frequenz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
$L_{WA,P}$	78,8	82,5	82,9	85,5	89,1	87,9	88,5	91,4	91,9	92,8	93,3	95,1
Frequenz	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	5.000	6.300	8.000	10.000
$L_{WA,P}$	95,4	96,3	96,3	94,4	92,1	89,3	85,8	81,2	75,6	70,1	64,0	61,4

**Oktav-Schalleistungspegel für  $v_s = 8 \text{ ms}^{-1}$  in dB(A)**

Frequenz	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
$L_{WA,P}$	86,5	92,6	95,6	98,7	100,8	97,2	87,3	72,0

Die Angaben ersetzen nicht die o. g. Prüfberichte (insbesondere bei Schallimmissionsprognosen).

Bemerkungen: <sup>1)</sup> Entspricht 95 % der Nennleistung

Ausgestellt durch:

KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co. KG  
 Bonifatiusstraße 400  
 48432 Rheine



Datum: 08.04.2016



## Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH

**Beliehene gemäß § 8 Absatz 1 AkkStelleG i.V.m. § 1 Absatz 1 AkkStelleGBV**  
Unterzeichnerin der Multilateralen Abkommen  
von EA, ILAC und IAF zur gegenseitigen Anerkennung

# Akkreditierung



Die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH bestätigt hiermit, dass das Prüflaboratorium

**CUBE Engineering GmbH**  
**Breitscheidstraße 6, 34119 Kassel**

mit den Standorten

**Breitscheidstraße 6, 34119 Kassel**  
**Andreaestraße 3, 30159 Hannover**

die Kompetenz nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 besitzt, Prüfungen in folgenden Bereichen durchzuführen:

**Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen von Windenergieanlagen (WEA) einschließlich Prüfung windklimatologischer Eingangsdaten; Bestimmung des 60 % Referenzertragsnachweises; Durchführung und Auswertung von Windmessungen zur Bestimmung des Windpotenzials; Erstellung von Schallimmissionsprognosen für Windenergieanlagen; Erstellung von Schattenwurfprognosen für Windenergieanlagen; Erstellung von Gutachten zur natürlichen Umgebungsturbulenz von Windenergieanlagenstandorten auf der Grundlage der Berechnung von Turbulenzintensitäten**

Die Akkreditierungsurkunde gilt nur in Verbindung mit dem Bescheid vom 02.11.2015 mit der Akkreditierungsnummer D-PL-11038-01 und ist gültig bis 01.11.2020. Sie besteht aus diesem Deckblatt, der Rückseite des Deckblatts und der folgenden Anlage mit insgesamt 3 Seiten.

Registrierungsnummer der Urkunde: **D-PL-11038-01**

Berlin, 02.11.2015

Im Auftrag Dr. Heike Manke  
Abteilungsleiterin

Siehe Hinweise auf der Rückseite

# Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH

Standort Berlin  
Spittelmarkt 10  
10117 Berlin

Standort Frankfurt am Main  
Gartenstraße 6  
60594 Frankfurt am Main

Standort Braunschweig  
Bundesallee 100  
38116 Braunschweig

Die auszugsweise Veröffentlichung der Akkreditierungsurkunde bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS). Ausgenommen davon ist die separate Weiterverbreitung des Deckblattes durch die umseitig genannte Konformitätsbewertungsstelle in unveränderter Form.

Es darf nicht der Anschein erweckt werden, dass sich die Akkreditierung auch auf Bereiche erstreckt, die über den durch die DAkkS bestätigten Akkreditierungsbereich hinausgehen.

Die Akkreditierung erfolgte gemäß des Gesetzes über die Akkreditierungsstelle (AkkStelleG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2625) sowie der Verordnung (EG) Nr. 765/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. Juli 2008 über die Vorschriften für die Akkreditierung und Marktüberwachung im Zusammenhang mit der Vermarktung von Produkten (Abl. L 218 vom 9. Juli 2008, S. 30).

Die DAkkS ist Unterzeichnerin der Multilateralen Abkommen zur gegenseitigen Anerkennung der European co-operation for Accreditation (EA), des International Accreditation Forum (IAF) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). Die Unterzeichner dieser Abkommen erkennen ihre Akkreditierungen gegenseitig an.

Der aktuelle Stand der Mitgliedschaft kann folgenden Webseiten entnommen werden:

EA: [www.european-accreditation.org](http://www.european-accreditation.org)

ILAC: [www.ilac.org](http://www.ilac.org)

IAF: [www.iaf.nu](http://www.iaf.nu)

# Anlage zur Schallimmissionsprognose der CUBE Engineering GmbH

## Inhalt:

<b>1</b>	<b>THEORETISCHE GRUNDLAGEN</b>	<b>II</b>
<b>1.1</b>	<b>Allgemeines zur Schallproblematik</b>	<b>II</b>
1.1.1	Grundlagen	II
1.1.2	Begriffsbestimmung, Normen, gesetzliche Grundlagen	II
1.1.3	Schalleistungs-, Schalldruck-, Mittelungs- und Beurteilungspegel	IV
1.1.4	Vorbelastung, Zusatz- und Gesamtbelastung	V
1.1.5	Schallimmissionen von Windenergieanlagen	V
<b>1.2</b>	<b>Immissionsprognose</b>	<b>VI</b>
1.2.1	Grundlage	VI
1.2.2	Zuschläge für Einzeltöne (Tonhaltigkeit) $K_T$	IX
1.2.3	Zuschläge für Impulse (Impulshaltigkeit) $K_I$	X
1.2.4	Weitere Betrachtungen	X



# 1 Theoretische Grundlagen

## 1.1 Allgemeines zur Schallproblematik

### 1.1.1 Grundlagen

Der Schall besteht aus Luftdruckschwankungen, die das menschliche Ohr wahrnimmt. Abbildung 1 zeigt den Hörbereich des menschlichen Ohrs in einem logarithmischen Maßstab.

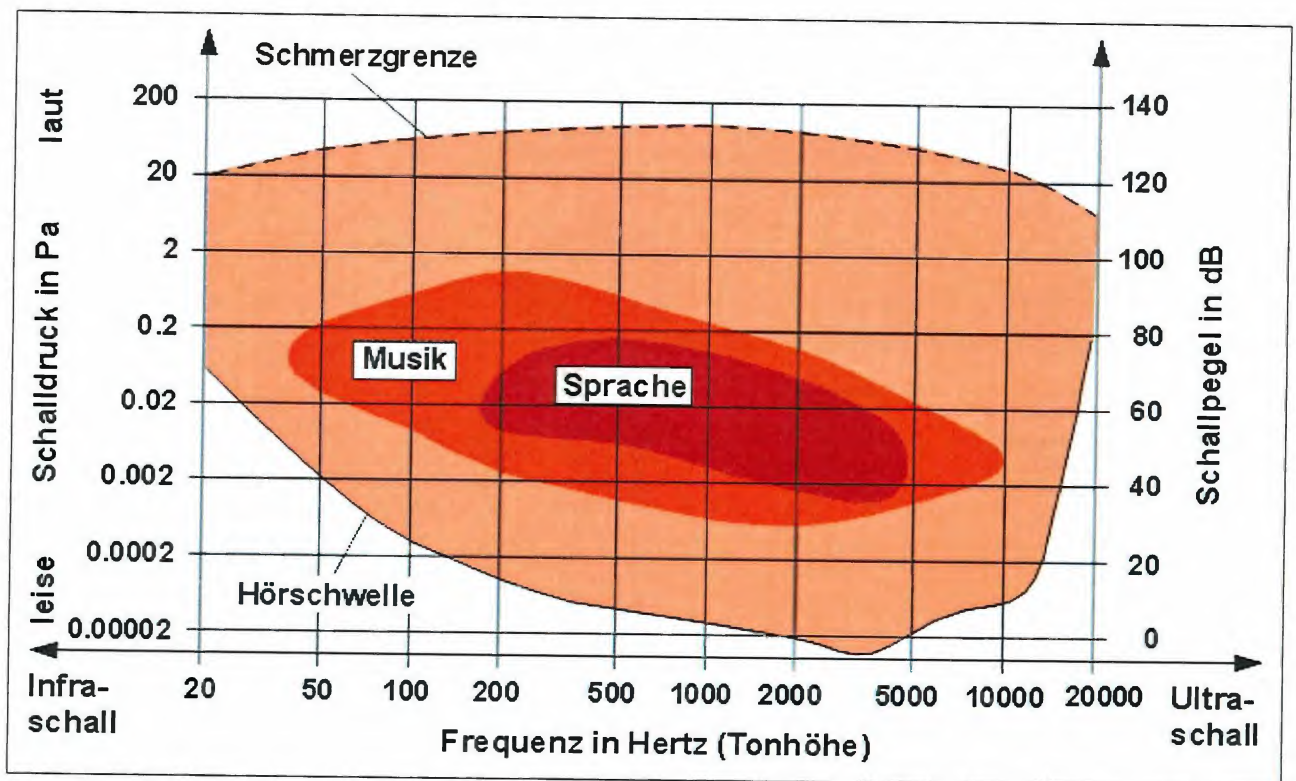


Abbildung 1: Hörbereich des Menschen

Quelle: Amt für Umweltschutz, Stuttgart

Der hörbare Bereich liegt zwischen ca. 20 Hz (Hertz) und 20.000 Hz. Das Ohr nimmt Druckschwankungen ab 0,00002 Pascal (Pa) (= 0 dB) wahr, ab 20 Pa (120 dB) wird der Schall als schmerzhaft wahrgenommen. Der Schall unter 20 Hz wird als Infraschall (Körperschall), der Schall über 20.000 Hz als Ultraschall bezeichnet.

### 1.1.2 Begriffsbestimmung, Normen, gesetzliche Grundlagen

Abbildung 2 zeigt den Zusammenhang von Schallentwicklung, -ausbreitung und -immission sowie die entsprechenden Vorschriften und Richtlinien.

- **Emissionen** sind im Allgemeinen die von einer Anlage (Quelle) ausgehenden Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Erscheinungen.
- **Transmission** ist die Ausbreitung der von einer Quelle emittierten Umweltbelastungen, z.B. die Schallausbreitung. Die Umgebung wirkt dabei dämpfend auf die von der Quelle ausgestrahlten Belastungen.
- **Immissionen** sind die auf Natur, Tiere, Pflanzen und den Menschen einwirkenden Belastungen (Luftverunreinigung, Lärm etc.) sowie lebenswichtige Strahlung (Sonne, Licht, Wärme), die sich aus sämtlichen Quellen überlagert.

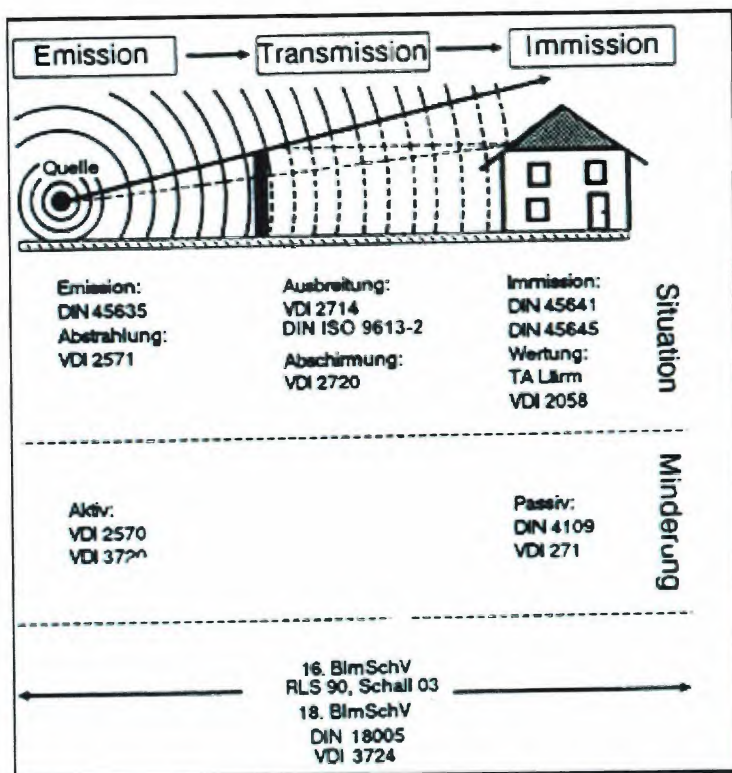


Abbildung 2: Normen und Grundlagen zum Schall

Die gesetzliche Grundlage für die Problematik 'Emission – Transmission – Immission' bildet das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG, 1974, 1990; /3/). Bauliche Anlagen müssen von den Gewerbeaufsichts- bzw. Umweltämtern auf Basis der 'Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm' (kurz: TA-Lärm, 1998; /1/) auf ihre Verträglichkeit gegenüber der Umwelt und dem Menschen geprüft werden. Als Richtlinien für die Beurteilung (damit auch die Bemessung) der Lärmproblematik gelten die in Abbildung 2 erwähnten Normen nach DIN und VDI. Die Fachbehörden des Bereiches Immissionsschutz beurteilen die Lärmimmissionen baulicher

Anlagen.

In der Baunutzungsverordnung (BauNVO, 1990; /4/) sind die Baugebietsarten festgelegt, denen nach der TA Lärm /1/ eine Immissionsschutz-Rangfolge zugeordnet ist. So gelten nachts folgende Immissionsrichtwerte außerhalb von Gebäuden:

- 35 dB (A) für reine Wohn-, Erholungs- bzw. Kurgebiete
- 40 dB (A) für allgemeine Wohn- und Kleinsiedlungsgebiete (vorwiegend Wohnungen)
- 45 dB (A) für Kern-, Misch- und Dorfgebiete ohne Überwiegen einer Nutzungsart
- 50 dB (A) für Gewerbegebiete (vorwiegend gewerbliche Anlagen).

### 1.1.3 Schalleistungs-, Schalldruck-, Mittelungs- und Beurteilungspegel

Die kennzeichnende Größe für die Geräuschemission einer Windenergieanlage wird durch den Schalleistungspegel  $L_W$  beschrieben. Der Schalleistungspegel  $L_{WA}$  ist der maximale Wert in Dezibel dB (A-bewertet), der von einer Geräusch- oder Schallquelle (Emissionsort, WEA) abgestrahlt wird. Eine Windenergieanlage verursacht im Bereich des hörbaren Frequenzbandes unterschiedlich laute Geräusche. Da das menschliche Gehör Schall mit unterschiedlicher Frequenz, bei gleichem Leistungspegel unterschiedlich stark wahrnimmt (siehe Abb. 2), wird in der Praxis der Schalleistungspegel über einen Filter gemessen, der der Hörcharakteristik des Menschen angepasst ist. So können verschiedenartige Geräusche miteinander verglichen und bewertet werden. Dieser über einen Filter (mit der Charakteristik „A“ nach DIN IEC 651, Index A) gemessene Schalleistungspegel wird „A-bewerteter Schallpegel“ genannt und ist der Wert der Schallquelle, der für die Berechnung der Schallausbreitung nach der DIN ISO 9613-2 /2/ verwendet wird.

Die genaue Verfahrensweise zur Durchführung einer Schallemissionsmessung zur Ermittlung des Schalleistungspegels von WEA kann der Schrift der Fördergesellschaft Windenergie e. V. (FGW) ‚Technische Richtlinien zur Bestimmung der Leistungskurve, der Schallemissionswerte und der elektrischen Eigenschaften von Windenergieanlagen‘ /5/ entnommen werden.

Der Schall breitet sich kreisförmig um die Geräuschquelle aus und nimmt hörbar mit seinem Abstand zu ihr logarithmisch ab. Dabei wirken Bebauung, Bewuchs und sonstige Hindernisse dämpfend. Die Luft absorbiert den Schall. Reflexionen (z. B. am Boden) und weitere Geräuschquellen wirken Lärm verstärkend. Die Schallausbreitung erfolgt hauptsächlich in Windrichtung.

Der Schalldruckpegel  $L_S$  ist der momentane Wert in dB, der an einem beliebigen Immissionsort

(z.B. Wohngebäude) in der Umgebung einer oder mehrerer Geräusch- oder Schallquellen gemessen (z.B. mit Mikrofon, Schallmessung) werden kann.

Der Mittelungspegel  $L_{Aeq}$  ist der zeitlich energetisch gemittelte Wert des Schalldruckpegels. Für die Schallprognose bei Windenergieanlagen wird vom ungünstigsten Fall ausgegangen, der sich bei der lautesten Nachtstunde bei Mitwindbedingungen, 10 °C Temperatur und 70 % Luftfeuchte ergibt. Der für die Prognose verwendete Mittelungspegel entspricht dem nach FGW-Richtlinie Teil 1 „Bestimmung der Schallemissionsrichtwerte“ aus 1-minütigen Messwerten ermittelte, maximale Schalleistungspegel bei 95% der Nennleistung oder bei einer standardisierten Windgeschwindigkeit von 10 m/s in 10 m Höhe.

Der Beurteilungspegel  $L_{rA}$  resultiert aus dem Mittelungspegel und den Zuschlägen aus der Ton- und Impulshaltigkeit aller Geräuschquellen unter Berücksichtigung der meteorologischen Dämpfung. Die an den Immissionsorten einzuhaltenden Immissionsrichtwerte beziehen sich auf den Beurteilungspegel.

#### 1.1.4 Vorbelastung, Zusatz- und Gesamtbelastung

Existieren an einem Standort bereits Geräuschquellen (z.B. Windenergieanlagen, Biogasanlagen, gewerbliche Anlagen), so sind diese als Vorbelastung zu berücksichtigen und die neu geplante(n) Anlage(n) als Zusatzbelastung zu bewerten. Die Gesamtbelastung ergibt sich dann aus den Geräuschen aller zu berücksichtigenden Anlagen.

#### 1.1.5 Schallimmissionen von Windenergieanlagen

Die Schallquellen bei Windenergieanlagen sind im Wesentlichen die aerodynamischen Geräusche an den Blattspitzen, das Getriebe (sofern vorhanden) und der Generator. Je nach Betriebszustand und Leistung treten diese unterschiedlich auf, sind jedoch überwiegend durch das Blatt geprägt. Die Schallabstrahlung einer WEA ist nie konstant, sondern stark von der Leistung und somit von der Windgeschwindigkeit abhängig. So gilt ungefähr, dass ein Pegelzuwachs von ca. 1 dB(A) pro Zunahme der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe ( $v_{10}$ ) um 1 m/s erfolgt. Dies gilt bis zu einer Windgeschwindigkeit von ca. 8 bis 10 m/s in 10 m Höhe, wo die Schallabstrahlung ihr Maximum erreicht. Der immissionsrelevante Schalleistungspegel wurde früher bei  $v_{10} = 8$  m/s angegeben. Ab dieser Windgeschwindigkeit übertönen im Allgemeinen die durch Wind bedingten Umgebungsgeräusche (Rauschen von Blättern, Abrissgeräusche an Häuserkanten, Ästen usw.) die Anlagengeräusche, da sie mit der Windgeschwindigkeit stärker als die Anlagengeräusche zunehmen (ca. 2,5 dB(A) pro m/s Windgeschwindigkeitszunahme). Die Umgebungsgeräusche sind dann in der Regel lauter als

die WEA, d.h. die Geräuschimmission der WEA wird überdeckt.

In Einzelfällen wurden jedoch geringere Geräuschabstände zwischen den Fremdgeräuschen und den Anlagengeräuschen gemessen. Dies tritt besonders an windgeschützten Orten auf, oder dann, wenn die WEA bei höheren Windgeschwindigkeiten eine Ton- oder Impulshaltigkeit besitzt. Daher hat sich die Vorgehensweise durchgesetzt (federführend der Arbeitskreis "Geräusche von Windenergieanlagen"), dass bei einem Immissionsrichtwert von 45 dB(A) die Prognose mit dem Schalleistungspegel bei  $v_{10} = 10$  m/s oder, da viele Anlagen schon bei einer geringeren Windgeschwindigkeit ihre Nennleistung erreichen, mit dem Wert bei Erreichen von 95 % der Nennleistung, erstellt werden soll. Bei einem Immissionsrichtwert von 35 dB(A) kann unter Umständen die Berechnung dagegen mit dem Schalleistungspegel bei  $v_{10} = 8$  m/s durchgeführt werden, da in diesem Fall die Umgebungs- und Fremdgeräusche die Schallimmission der WEA schon bei einer geringeren Windgeschwindigkeit überdecken.

In kritischen Fällen können die meisten WEA nachts in einem schallreduzierten Betriebszustand gefahren werden, in dem die Drehzahl des Rotors und einhergehend damit die Rotorblattgeräusche reduziert werden. Dadurch verschlechtert sich der Wirkungsgrad des Rotors und viele WEA können durch das begrenzte Drehmoment (bzw. Strom des Wechselrichters) nicht mehr mit Nennleistung betrieben werden. Daher ist der schallreduzierte Betrieb meist mit einer reduzierten maximalen Leistung verbunden.

## 1.2 Immissionsprognose

### 1.2.1 Grundlage

Die Prognosen sind nach der Technischen Anleitung Lärm (TA-Lärm) als detaillierte Prognose anhand der DIN ISO 9613-2 /2/ zu erstellen, wobei evtl. bestehende Vorbelastungen durch gewerbliche Geräusche an den Immissionsorten berücksichtigt werden müssen. Der LAI und der Arbeitskreis „Geräusche von Windenergieanlagen“ empfiehlt das Alternative Verfahren der DIN ISO 9613-2.

In der Regel wurde bei der schalltechnischen Vermessung von Windenergieanlagen der A-bewertete Schalleistungspegel (inzwischen nach der FGW-Richtlinie /5/ auch oktavbandbezogene Werte) ermittelt. Daher werden die Dämpfungswerte bei 500 Hz verwendet, um die resultierende Dämpfung für die Schallausbreitung abzuschätzen. Der Dauerschalldruckpegel jeder einzelnen Quelle am Immissionsort berechnet sich nach der

ISO 9613-2 /2/ dann wie folgt:

$$L_{AT} (DW) = L_{WA} + D_C - A - C_{met} \quad (1)$$

- $L_{WA}$ : Schalleistungspegel der Punktschallquelle, A-bewertet.
- $D_C$ : Richtwirkungskorrektur für die Quelle ohne Richtwirkung (0 dB) aber unter Berücksichtigung der Reflexion am Boden,  $D_\Omega$  (Berechnung nach dem alternativen Verfahren)

$$D_C = D_\Omega + 0 \quad (2)$$

$D_\Omega$  beschreibt die Reflexion am Boden und berechnet sich nach:

$$D_\Omega = 10 \lg \left\{ \frac{1 + [d_p^2 + (h_s - h_r)^2]}{[d_p^2 + (h_s + h_r)^2]} \right\} \quad (3)$$

$h_s$ : Höhe der Quelle über dem Grund (Nabenhöhe)

$h_r$ : Höhe des Immissionspunkts über Grund (in der Regel 5 m)

$d_p$ : Abstand zwischen Schallquelle und Empfänger, projiziert auf die Bodenebene. Der Abstand bestimmt sich aus den x- und y-Koordinaten der Quelle (Index s) und des Immissionspunkts (Index r):

$$d_p = \sqrt{(x_s - x_r)^2 + (y_s - y_r)^2} \quad (4)$$

- A: Dämpfung zwischen der Punktquelle (WEA-Gondel) und dem Immissionsort, die bei der Schallausbreitung vorherrscht. Sie bestimmt sich aus den folgenden Dämpfungsarten:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} \quad (5)$$

$A_{div}$ : Dämpfung aufgrund der geometrischen Ausbreitung:

$$A_{div} = 20 \lg (d / 1 \text{ m}) + 11 \text{ dB} \quad (6)$$

d: Abstand zwischen Quelle und Immissionsort.

$A_{atm}$ : Dämpfung durch die Luftabsorption

$$A_{atm} = \alpha_{500} d / 1000 \quad (7)$$

$\alpha_{500}$ : Absorptionskoeffizient der Luft (= 1,9 dB/km) Dieser Wert für  $\alpha_{500}$

bezieht sich auf die günstigsten Schallausbreitungsbedingungen (Temperatur von 10 °C und relative Luftfeuchte von 70 %).

$A_{gr}$ : Bodendämpfung:

$$A_{gr} = 4,8 - (2 h_m / d [17 + 300 / d]) \quad (8)$$

wenn  $A_{gr} < 0$ , dann  $A_{gr} = 0$

$h_m$ : mittlere Höhe (in m) des Schallausbreitungsweges über dem Boden:  
Wenn keine Orographie vorhanden ist

$$h_m = (h_s + h_r)/2 \quad (9a)$$

$h_s$ : Quellhöhe (Nabenhöhe);  $h_r$ : Aufpunkthöhe 5 m.

Bei vorliegender Orographie wird die Fläche  $F$  zwischen dem Boden und dem Sichtstrahl zwischen Quelle (Gondel) und Aufpunkt aus Teilflächen in mehreren Intervallen berechnet und daraus die mittlere Höhe wie folgt berechnet:

$$h_m = \sum F_i / d \quad (9b)$$

$A_{bar}$ : Dämpfung aufgrund der Abschirmung (Schallschutz); in der vorliegenden Berechnung wird ohne Schallschutz gerechnet:  $A_{bar} = 0$ .

$A_{misc}$ : Dämpfung aufgrund verschiedener weiterer Effekte (Bewuchs, Bebauung, Industrie). In der vorliegenden Berechnung werden diese Effekte nicht berücksichtigt:  $A_{misc} = 0$ .

In der Praxis dämpfen u. U. Bebauung und Bewuchs den Schall ( $A_{misc} > 0$ ), so dass die tatsächlichen Immissionswerte unter jenen der Prognose liegen.

- $C_{met}$ : Meteorologische Korrektur.

Die Meteorologische Korrektur beschreibt die Dämpfung des Schalls durch meteorologische Einflüsse wie Wind und Temperatur über ein Jahr. Diese zusätzliche Dämpfung wird aber erst in größeren Entfernungen wirksam und ist u.a. von der Nabenhöhe der Anlage abhängig (siehe Formel 10). Bei den Prognosen kann mit dem Parameter  $C_0 = 2$  dB gerechnet werden. Die Meteorologische Korrektur bestimmt sich nach den Gleichungen:

$$\begin{aligned}
 C_{\text{met}} &= 0 && \text{für } dp < 10 (h_s+h_r) \\
 C_{\text{met}} &= C_0 [1-10(h_s+h_r)/dp] && \text{für } dp > 10 (h_s+h_r)
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

$d_p$ : Abstand zwischen Quelle und Aufpunkt

Liegen den Berechnungen mehrere Schallquellen ( $n$ ) (u. a. Windpark) zugrunde, so überlagern sich die einzelnen Schalldruckpegel  $L_{ATi}$  entsprechend den Abständen zum betrachteten Immissionsort. In der Bewertung der Lärmimmission nach TA-Lärm ist der aus allen Schallquellen resultierende Schalldruckpegel  $L_{AT}$  unter Berücksichtigung der Zuschläge nach der folgenden Gleichung zu ermitteln:

$$L_{AT}(LT) = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{ATi} - C_{\text{met}} + K_{Ti} + K_{Ii})} \tag{11}$$

$L_{AT}$ : Beurteilungspegel am Immissionsort

$L_{ATi}$ : Schallimmissionspegel am Immissionsort einer Emissionsquelle  $i$

$i$ : Index für alle Geräuschquellen von 1- $n$

$K_{Ti}$ : Zuschlag für Tonhaltigkeit einer Emissionsquelle  $i$

$K_{Ii}$ : Zuschlag für Impulshaltigkeit einer Emissionsquelle  $i$

$C_{\text{met}}$ : Meteorologische Korrektur.

### 1.2.2 Zuschläge für Einzeltöne (Tonhaltigkeit) $K_T$

Als Quellen für tonhaltige Geräusche sind in erster Linie Getriebe, Generatoren, Azimutgetriebe und eventuelle Hydraulikanlagen zu nennen. Tonhaltigkeiten im Anlagengeräusch sollten konstruktiv vermieden bzw. auf ein Minimum reduziert werden. Heben sich aus dem Anlagengeräusch einer oder mehrere Einzeltöne deutlich hörbar hervor, ist nach der TA Lärm für den Zuschlag  $K_T$ , je nach Auffälligkeit des Tons, ein Wert von 3 oder 6 dB(A) anzusetzen. Orientiert an der Tonhaltigkeit im Nahbereich  $K_{TN}$  (gemessen bei der Emissionsmessung) gilt für Entfernungen über 300 m folgender Zuschlag:

$$\begin{aligned}
 K_T &= 0 && \text{für } 0 \leq K_{TN} \leq 2 \\
 K_T &= 3 && \text{für } 2 < K_{TN} \leq 4 \\
 K_T &= 6 && \text{für } K_{TN} > 4
 \end{aligned}$$

Die Zuschläge für Impuls- und Tonhaltigkeit der Anlagen werden für die entsprechenden Anlagentypen in der Regel bei Schalldruckpegelmessungen durch autorisierte Institute (in



Deutschland u. a. DEWI, DNV GL) bewertet (s. z.B. Datenblätter zur Landesförderung) und werden in den Berichten zur schalltechnischen Vermessung dokumentiert. Sie werden ebenfalls in den technischen Unterlagen der WEA-Hersteller angegeben.

### 1.2.3 Zuschläge für Impulse (Impulshaltigkeit) $K_I$

Impulshaltige Geräusche können z.B. durch den Turmdurchgang des Rotorblatts entstehen und werden als besonders störend empfunden. Die Beurteilung, ob eine Impulshaltigkeit gegeben ist, kann nach DIN 45645 durchgeführt werden. Enthält das Anlagengeräusch (A-bewerteter Schallpegel) öfter, d.h. mehrmals pro Minute, deutlich hervortretende Impulsgeräusche oder ähnlich auffällige Pegeländerungen (laut Messung), dann ist nach TA Lärm die durch solche Geräusche hervorgerufene erhöhte Störwirkung durch einen Zuschlag zum Mittelungspegel zu berücksichtigen. Dieser Zuschlag  $K_I$  beträgt ähnlich wie bei der Tonhaltigkeit, je nach Auffälligkeit des Tons 3 oder 6 dB(A). In der Praxis werden impulshaltige Geräusche konstruktiv vermieden; ihr Auftreten entspricht somit nicht dem Stand der Technik.

### 1.2.4 Weitere Betrachtungen

Einige Windenergieanlagen besitzen zwei Generatorstufen, um den Gesamtwirkungsgrad der Anlage über eine geringere Drehzahl bei niedrigen Windgeschwindigkeiten zu verbessern. Der Schallleistungspegel im Betrieb bei kleiner Generatorstufe liegt wegen der geringeren Drehzahl und der daraus folgenden geringeren Blattspitzengeschwindigkeit, sowie der geringeren Leistungsübertragung, wesentlich unter dem Schallleistungspegel der hohen Stufe. Eine gesonderte Schallberechnung bei kleiner Generatorstufe ist daher in der Regel nicht notwendig.

