

Schallimmissionsprognose für
zwei Windenergieanlagen
am Standort
Sundern Erweiterung
(Nordrhein-Westfalen)

Datum: 29.09.2023

Bericht Nr. 23-1-3135-N

Auftraggeber:

Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG

Krefelder Str. 203 | 52070 Aachen

Auftragsnummer: 352005650

Bearbeiter:

Ramboll Deutschland GmbH

Dipl.-Geogr. H. Ristow

Elisabeth-Consbruch-Straße 3

DE-34131 Kassel

Tel 0561 / 288 573-0

Die vorliegende Schallimmissionsprognose für den Standort Sundern Erweiterung (Nordrhein-Westfalen) wurde der Ramboll Deutschland GmbH im August 2023 von der Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG in Auftrag gegeben. Rechtsgrundlage dieses Gutachtens ist das BImSchG [1] mit dem in §1 festgehaltenen Zweck „[...] Menschen [...] vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen [...]“. Die Ramboll Deutschland GmbH ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 [2] u. a. für die Erstellung von Schallimmissionsprognosen akkreditiert. Die firmenintern verwendeten Berechnungsverfahren gemäß den zuvor genannten Anforderungen sind in der Ramboll-Qualitätsmanagement Prozessbeschreibung „Schall“ festgelegt und dokumentiert.

Die Ergebnisse basieren auf den Berechnungen nach Vorgaben der TA-Lärm [3], der DIN ISO 9613-2 [4] modifiziert durch das Interimsverfahren [5] gemäß den aktuellen Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) [6] und unter Berücksichtigung spezifischer Landesvorgaben für Nordrhein-Westfalen sowie auf Basis der vom Auftraggeber und dem WEA-Hersteller zur Verfügung gestellten Standort- und Anlagendaten.

Alle Rechte an diesem Bericht sind der Ramboll Deutschland GmbH vorbehalten. Dieses Dokument darf, mit Ausnahme des Auftraggebers, der Genehmigungsbehörden und der finanzierenden Banken, weder in Teilen noch in vollem Umfang ohne vorherige schriftliche Zustimmung der Ramboll Deutschland GmbH reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Nr.	Datum	Bearbeiter	Beschreibung
000	29.09.2023	H. Ristow	Planung von zwei WEAdes Typs Enercon E-175 EP5

Kassel, 29.09.2023



Dipl.-Geogr. Holger Ristow
(Bearbeiter)



Dipl.-Geogr. Marc Brüning
(Prüfer)

Inhalt:

1	Zusammenfassung	4
2	Standortdaten	6
2.1	Aufgabenstellung	6
2.2	Immissionsorte	7
2.2.1	Einwirkungsbereich	7
2.2.2	Immissionsorte und Immissionsrichtwerte	9
2.3	Potenzielle Schallreflexionen und Abschirmungseffekte	12
2.4	Vorbelastungen	13
2.4.1	Gewerbliche Vorbelastungen	13
2.4.2	Vorbelastungen durch Windenergieanlagen	15
3	Kenndaten Windenergieanlagen	16
3.1	Allgemeine Angaben	16
3.2	Emissionsdaten	17
3.2.1	Vorbelastung	17
3.2.2	Zusatzbelastung	19
4	Ergebnisse der Immissionsberechnungen	21
4.1	Beurteilungspegel an den Immissionsorten	21
4.2	Bewertung der Ergebnisse	22
4.3	Tagbetrieb	22
5	Literaturverzeichnis	23
6	Anhang	24

1 Zusammenfassung

Für die Planung von zwei Windenergieanlagen am Standort Sundern Erweiterung wurde eine Schallimmissionsprognose entsprechend der TA-Lärm [3] nach der Berechnungsvorschrift DIN ISO 9613-2 [4] modifiziert nach dem Interimsverfahren [5] entsprechend den Hinweisen der LAI [6] unter Berücksichtigung spezifischer Landesvorgaben für Nordrhein-Westfalen für die zu berücksichtigende Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung an den dem Projekt benachbarten Immissionsorten durchgeführt.

Der Berechnung zugrunde gelegt wurden die Herstellerangaben (siehe Abschnitt 3.2.2) des geplanten Anlagentyps Enercon E-175 EP5 mit einer Nabenhöhe (NH) von 162 m. Zur sicheren Einhaltung der Vorgaben der TA Lärm [3] sollen die geplanten WEA 01, 02 und 03 im Nachtzeitraum schallreduziert betrieben werden. Die Emissionsdaten der Vorbelastung wurden entsprechend der vorliegenden Quellen angesetzt (siehe Kapitel 2.4 bzw. 3.2.1).

Die Immissionen der einzelnen Schallquellen überlagern sich an den Immissionsorten (vgl. Kapitel 2.2) zu einem resultierenden Schalldruckpegel bzw. Beurteilungspegel $L_{r,o}$ der nach TA Lärm [3] zu bewerten ist. Die Beurteilung erfolgt anhand der Nacht-Immissionsrichtwerte.

Die resultierenden Beurteilungspegel $L_{r,o}$ im Nachtzeitraum nach dem oberen Vertrauensbereich (OVb) an den nach TA Lärm [3] maßgeblichen Immissionsorten sind neben den nächtlichen Immissionsrichtwerten (IRW) in der folgenden Tabelle 1 aufgeführt.

Die Nacht-Immissionsrichtwerte nach TA Lärm [3] werden unter Berücksichtigung des oberen Vertrauensbereichs an den Immissionsorten H01, H03, H04 und H06 eingehalten. Von einer schädlichen Umwelteinwirkung bzw. einer erheblichen Belästigung i. S. d. BImSchG [1] ist demnach nicht auszugehen.

An Immissionsorten H02 und H05 werden die nächtlichen Immissionsrichtwerte um 1 dB(A) überschritten. Nach dem Irrelevanzkriterium in Ziffer 3.2.1 Absatz 3 TA Lärm [3] ist eine Überschreitung um bis zu 1 dB aufgrund der bestehenden Vorbelastung nicht als erhebliche Umwelteinwirkung i. S. d. Schutzzwecks des BImSchG [1] anzusehen.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse

IO	Bezeichnung	IRW_{nacht} [dB(A)]	$L_{r,o}$ [dB(A)]	ΔL_r [dB]
H01	Allendorf, Oberer Stadtpfad 1	40	36	-4
H02	Dörnholthausen, Ehu 17	40	41	1
H03	Dörnholthausen, In der Marmecke 11	45	42	-3
H04	Hagen, Zur Waldeshöhe 7	45	43	-2
H05	Hagen, Zur Waldeshöhe 8	40	41	1
H06	Sundern, Auf'm Stein 1	45	43	-2

*) Rundung gemäß Nr. 4.5.1 DIN 1333 [7], Details siehe Kapitel 4.1 und Ergebnisse im Anhang

2 Standortdaten

2.1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant am Standort Sundern Erweiterung südlich von Sundern zwei Windenergieanlagen (WEA) des Typs Enercon E-175 EP5 mit 162 m Nabenhöhe zu errichten. Diese zwei WEA bilden die Erweiterung zu einem im Genehmigungsverfahren befindlichen Windpark mit zwölf WEA.

Tabelle 2: Kenndaten der geplanten WEA

WEA	WEA Hersteller / Typ	Naben- höhe	Ost	Nord	Betriebsmodus
		[m]	[UTM 32 ETRS89]		nachts
13	Enercon E-175 EP5	162	429.132	5.679.401	OM-YO-12-0
14	Enercon E-175 EP5	162	429.527	5.679.205	OM-NR-02-0

Am Standort existieren bereits 20 WEA bzw. befinden sich in einem fortgeschrittenen Planungsstadium. Diese werden als Vorbelastungen berücksichtigt und im folgenden Text als „Vorbelastung“ bzw. „Vorbelastungs-WEA“ bezeichnet. h

Es soll der nächtliche Beurteilungspegel im oberen Vertrauensbereich $L_{r,o}$ der durch die bestehenden und geplanten Windenergieanlagen hervorgerufenen Schallimmissionen an der umliegenden schutzwürdigen Bebauung berechnet und mit den immissionsschutzrechtlichen Vorgaben der TA Lärm [3] für diese Gebäude (Immissionsrichtwerte nach Abschnitt 6.1) verglichen und bewertet werden.

Die Immissionsprognose wird entsprechend den aktuellen Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) [6] nach dem vom NALS modifizierten Verfahren („Interimsverfahren“) [5] der DIN ISO 9613-2 [4] unter Berücksichtigung der Landesvorgaben (Nordrhein-Westfalen) durchgeführt. Dabei werden günstige Schallausbreitungsbedingungen angenommen (Mitwindbedingungen, 10°C Lufttemperatur, 70 % Luftfeuchte) (vgl. DIN ISO 9613-2, Kap. 7.2, Tab. 2). Weitere Angaben zu den Grundlagen der Berechnungen sind dem Anhang zu entnehmen. Das Höhenrelief wurde dem DGM 5 Nordrhein-Westfalen entnommen. Die Berechnung wurde mit der Software windPRO [8], Modul DECIBEL durchgeführt.

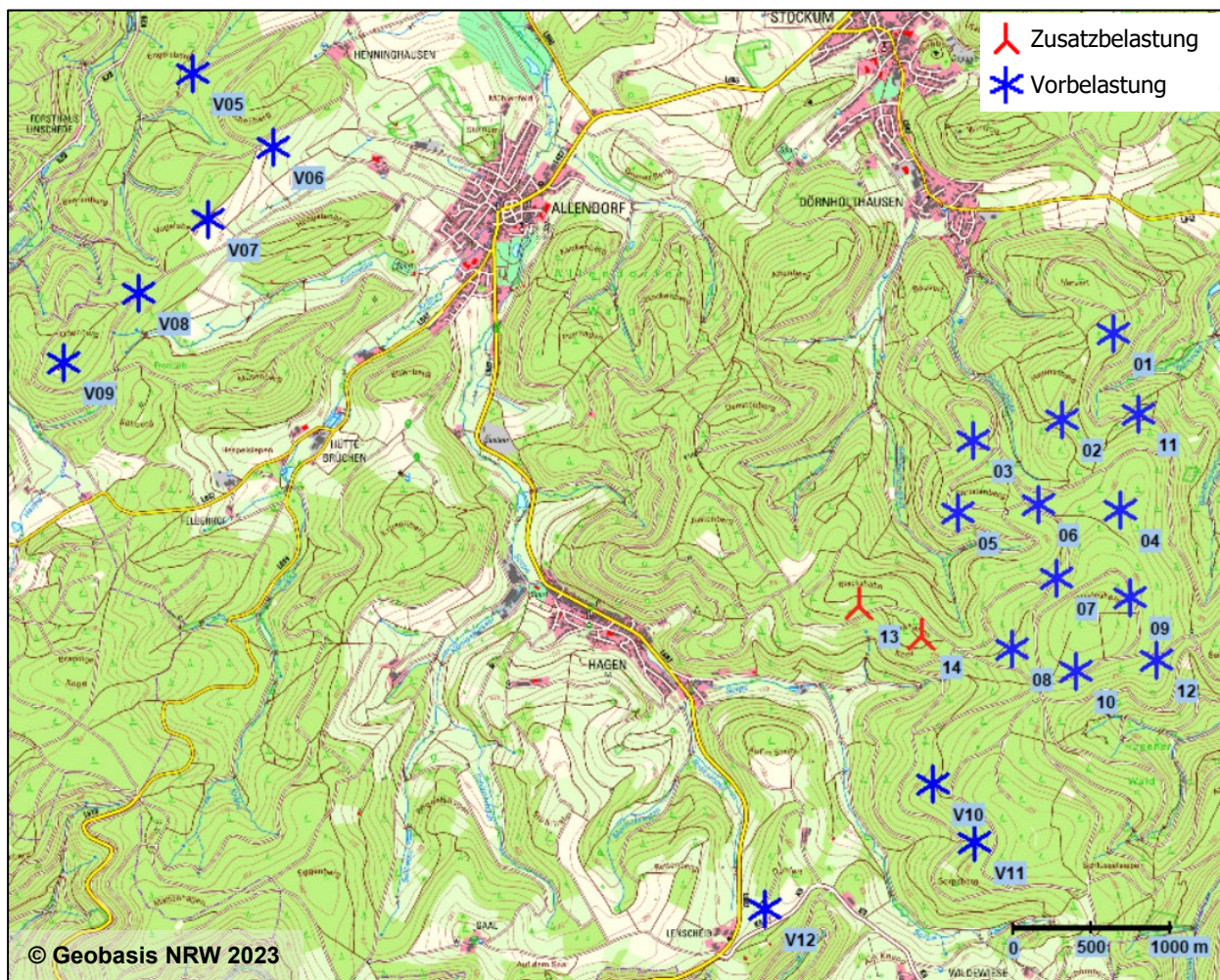


Abbildung 1: Übersichtskarte

2.2 Immissionsorte

2.2.1 Einwirkungsbereich

Für die Berechnung der Lärmimmissionen am Standort Sundern Erweiterung wurden die in der Umgebung des Standorts liegenden schutzbedürftigen maßgeblichen Immissionsorte (IO) auf Basis topographischer Karten, des ATKIS Basis-DLM [10] und anhand von Luftbildern ermittelt. Im Rahmen einer Standortbesichtigung am 21.09.2023 wurden diese überprüft.

Die Auswahl der für die Schallimmissionsprognose relevanten Immissionsorte am Standort erfolgte auf der Basis des nach der Ziffer 2.2 a) TA-Lärm [3] definierten Einwirkungsbereichs der geplanten WEA für den Nachtbetrieb. Der Einwirkungsbereich der WEA ist demnach definiert als

der Bereich, in dem der Beurteilungspegel der Zusatzbelastung weniger als 10 dB unter dem Immissionsrichtwert (IRW) liegt. Dazu sind auf der folgenden Karte die Iso-Schalllinien (Isophonen) 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)-Isophone liegen, wenn der zulässige Immissionsrichtwert am Immissionsort 35 dB(A) beträgt, die innerhalb der 30-dB(A)-Isophone liegen, wenn der zulässige Immissionsrichtwert am Immissionsort 40 dB(A) beträgt bzw. die innerhalb der 35-dB(A)-Isophone liegen, wenn der zulässige Immissionsrichtwert 45 dB(A) beträgt.

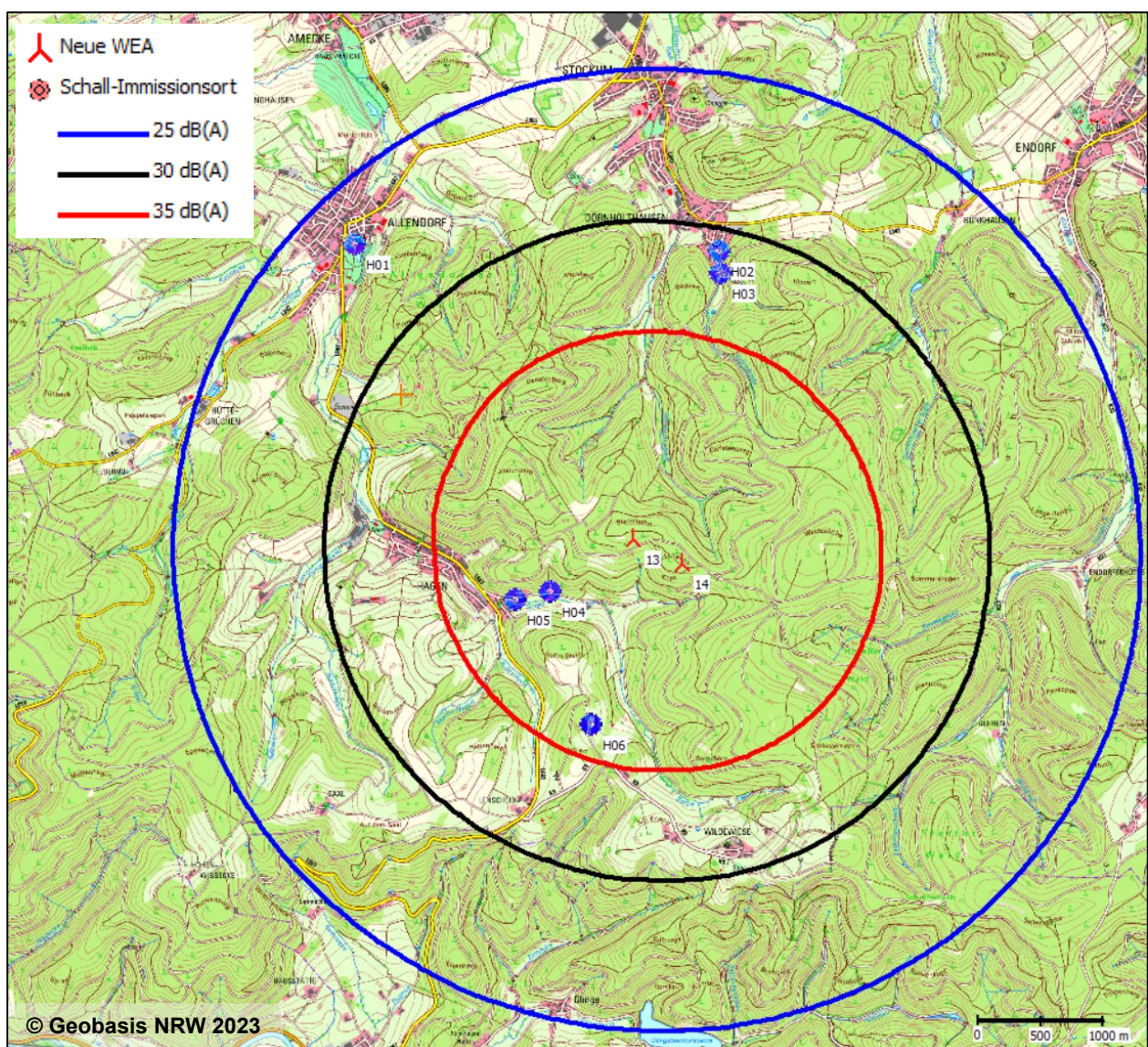


Abbildung 2: Einwirkungsbereich Zusatzbelastung (Nachtbetrieb)

2.2.2 Immissionsorte und Immissionsrichtwerte

Nach Abschnitt 2.3 TA Lärm [3] sind die Immissionsorte maßgeblich, an denen eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte am ehesten zu erwarten ist. In Tabelle 3 sind die maßgeblichen Immissionsorte mit ihren im Gutachten verwendeten Bezeichnungen und die dort jeweils relevanten Immissionsrichtwerte aufgeführt. Die genaue Lage der Immissionsorte lässt sich den folgenden Abbildungen sowie der Isophonenkarte im Anhang entnehmen. Die Höhe der Immissionsorte über Grund beträgt 5 m. Die Koordinaten sind auf den DECIBEL -Ausdrucken im Anhang angegeben. Für die Beurteilung der Schallimmissionen an den Immissionsorten wird der niedrigere Immissionsrichtwert für den Nachtzeitraum (22-6 Uhr) herangezogen.

Tabelle 3: Immissionsorte

IO	Bezeichnung	IRW 22-6 Uhr [dB(A)]	Gebiets- einstu- fung ¹	Grundlage der Einstufung ²
H01	Allendorf, Oberer Stadtpfad 1	40	WA	BP Nr. 2 "Erholungsgebiet Im Ohle" Stadt Allendorf
H02	Dörnholthausen, Ehu 17	40	WA	BP S10 "Am Ehu" Stadt Sundern, Stadtteil Stockum
H03	Dörnholthausen, In der Marmecke 11	45	AB	FNP
H04	Hagen, Zur Waldeshöhe 7	45	AB	FNP
H05	Hagen, Zur Waldeshöhe 8	40	WA	BP Nr.1 "Unter'm Stein" Ge- meinde Hagen
H06	Sundern, Auf'm Stein 1	45	AB	FNP

Die Immissionsorte H01 und H03 liegen außerhalb des nach der Ziffer 2.2 a) TA-Lärm [3] definierten Einwirkungsbereichs der geplanten WEA für den Nachtbetrieb und werden im Weiteren lediglich zu Informationszwecken mitbetrachtet.

¹ AB = Außenbereich
WA = Allgemeines Wohngebiet
² BP = Bebauungsplan
FNP = Flächennutzungsplan



Abbildung 3: Lage des Immissionsorts H01 (© Geoglis: [10])



Abbildung 4: Lage der Immissionsorte H02 und H03 (© Geoglis: [10])

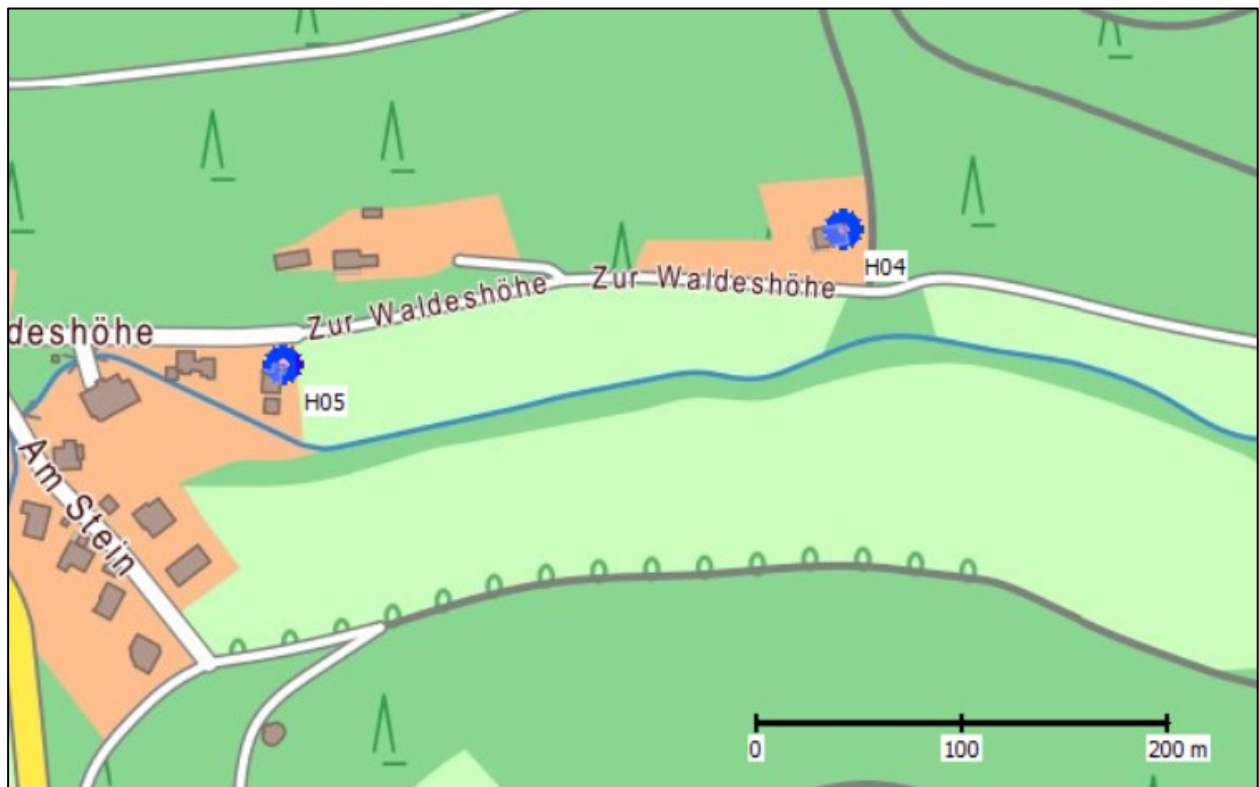


Abbildung 5: Lage der Immissionsorte H04 und H05 (© Geoglis: [10])

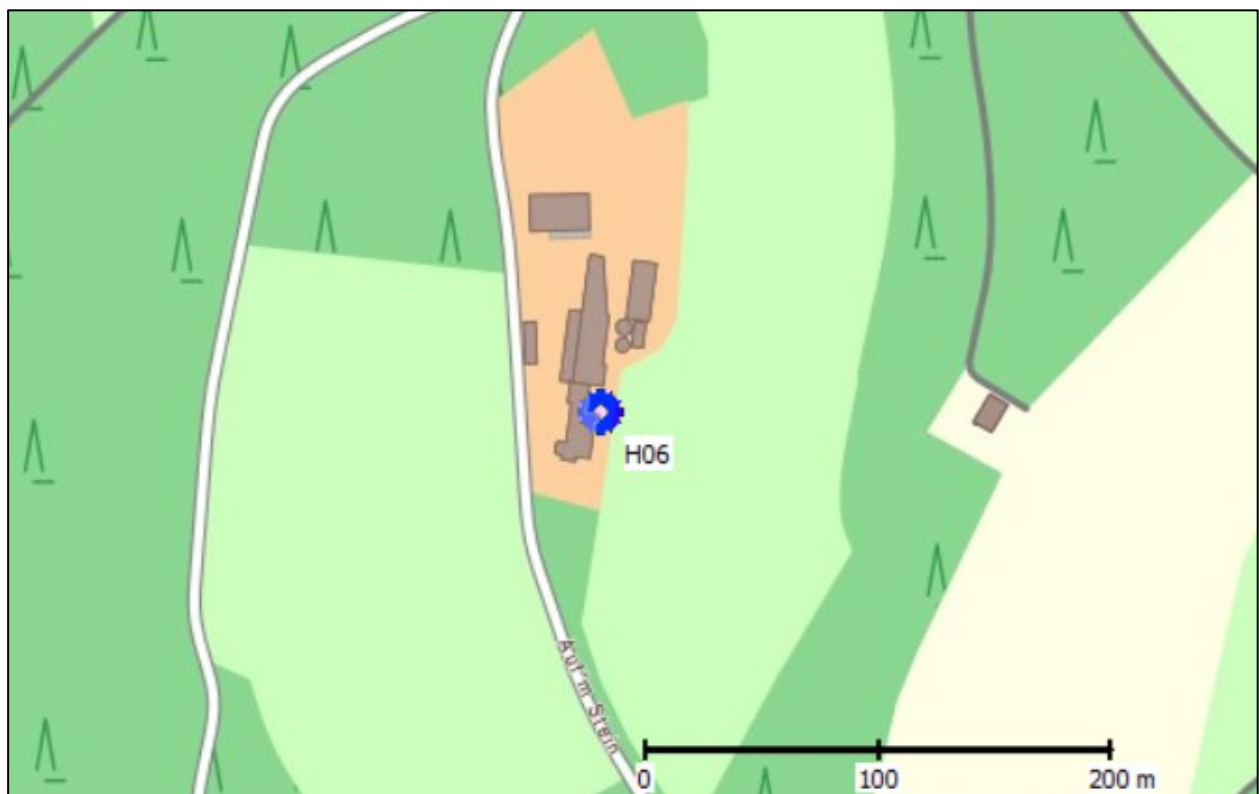


Abbildung 6: Lage des Immissionsorts H06 (© Geoglis: [10])

2.3 Potenzielle Schallreflexionen und Abschirmungseffekte

Merkliche Reflexionen ergeben sich überwiegend durch Reflexionen an eher niedrigen Nebengebäuden wie Schuppen, Garagen, Gewächshäusern im Erdgeschossbereich der Wohngebäude. Hier können aber auch Abschirmungen vorgelagerter Gebäude (-teile) wieder zu Pegelsenkungen führen, so dass im Regelfall die Berechnung bei freier Schallausbreitung (Addition aller Quellen ohne Abschirmungseffekte) für die meisten Immissionsorte, vor allem innerhalb von zusammenhängend bebauten Gebieten, höhere Pegel ergibt, als bei der Berücksichtigung der konkreten Bebauungsstruktur unter Beachtung von Abschirmungen und Reflexionen. Schallreflexionen, die den Beurteilungspegel relevant erhöhen, treten in der Regel bei Gebäude-WEA-Konstellationen auf, bei denen sich Fenster nahe an Gebäudewinkeln befinden, also bei L-förmigen direkt über Eck stehenden Gebäuden oder U-förmigen Gebäudekonstellationen und die WEA mehrheitlich in Richtung der reflektierenden über Eck stehenden Gebäudestrukturen stehen.

Weiterhin kann davon ausgegangen werden, dass sich der Schalldruckpegel an einem Aufpunkt durch eine vollständige Reflexion an einer Gebäudefläche maximal verdoppeln kann (+3 dB(A)) [11]. Ausgehend von einem üblichen Reflexionsverlust von 1 dB(A) an Gebäudewänden sind daher Reflexionen, wenn überhaupt, nur an Aufpunkten relevant, an denen ein Beurteilungspegel von weniger als 2,5 dB(A) unter dem Immissionsrichtwert berechnet wurde.

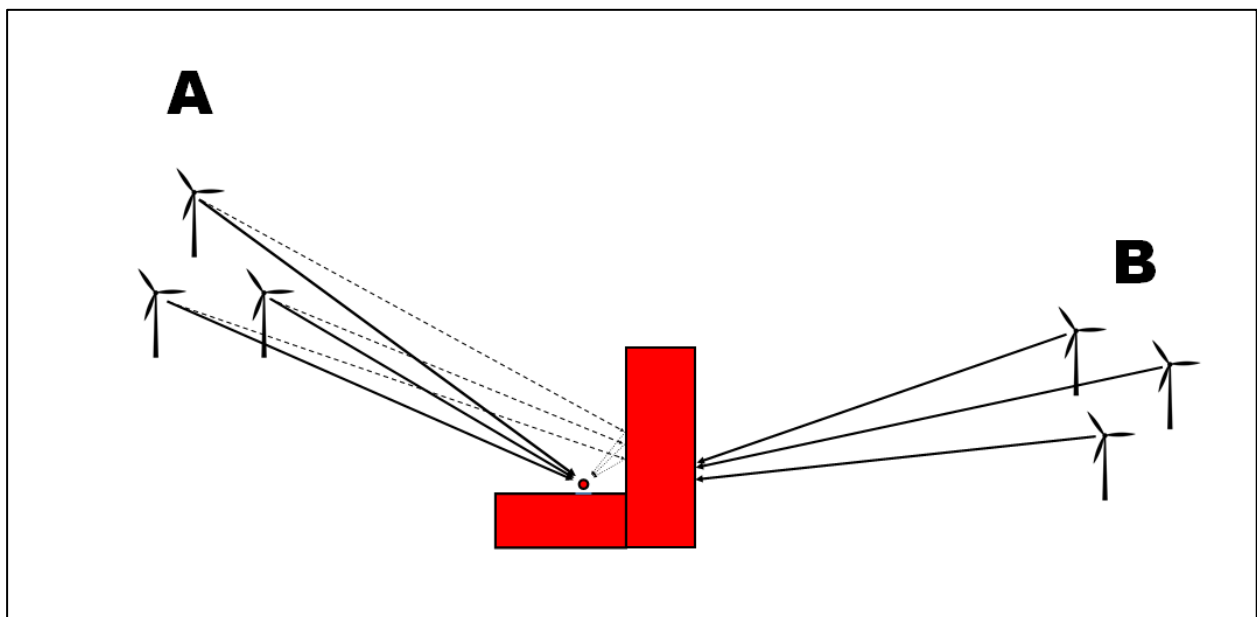


Abbildung 7: Lagekonstellation (Beispiel) – Reflexion von A, Abschirmung von B

Die unter Berücksichtigung von Reflexions- und Abschirmungseffekten für eine relevante

Pegelerhöhung notwendige Lagekonstellation von Gebäuden und WEA liegt bei den untersuchten Immissionsorten an denen der Beurteilungspegel weniger als 2 dB unter dem Richtwert liegt (IO H02, H04, H05 und H06), oder benachbarten Gebäuden nicht vor. Eine detaillierte Betrachtung ist daher nicht notwendig. Insbesondere fehlen freie, über Eck stehende Gebäude und mehrheitlich aus einer Richtung kommende Immissionen durch Vorbelastungen. Zudem sind abschirmende Baustrukturen, v.a. in den Ortslagen, vorhanden.

Da die Beurteilungspegel durch der Gesamtbelastung an den maßgeblichen Immissionsorten H01 und H03 die jeweiligen Immissionsrichtwerte um mehr als 2 dB(A) unterschreiten, kann eine relevante, die Immissionsrichtwerte überschreitende Reflexion an diesen oder benachbarten Gebäuden ausgeschlossen werden.

2.4 Vorbelastungen

2.4.1 Gewerbliche Vorbelastungen

Im Vorfeld der Ortsbesichtigung wurde das Planungsgebiet anhand von Kartenmaterial und in Absprache mit dem Hochsauerlandkreis, Fachdienst 42, Immissionsschutz [12] auf potenzielle gewerbliche Vorbelastungsquellen untersucht. Während der Ortsbesichtigung am 21.09.2023 wurde das Gebiet auf relevante Geräuschemissionen geprüft. Zudem wurde an den maßgeblichen Immissionsorten auf Geräusche einer potenziellen Vorbelastung geachtet.

Zu den üblichen Vorbelastungsquellen zählen im ländlichen Raum insbesondere nahe an Wohnsiedlungen gelegene Biogasanlagen oder Tierzuchtanlagen im Außenbereich, sowie Gewerbe- und Industriegebiete.

Nordwestlich des geplanten Standorts bei Allendorf befindet sich eine Biogasanlage. Diese wird als Vorbelastung untersucht.

Für die Biogasanlage (BGA) liegen keine genaueren Emissionsdaten vor. Aus diesem Grund werden die Schallemissionen aus vorliegenden Quellen [13] [14] [15] [16] und Erfahrungswerten abgeschätzt.

Als immissionsrelevante Schallquellen im Dauerbetrieb einer Biogasanlage sind für den Nachtzeitraum (22-6 Uhr) folgende Elemente zu berücksichtigen: Abgaskamine, Lüftungsanlagen, Notkühler und das BHKW-Gebäude. Rührwerksantriebe, Pumpen und Feststoffeintragssysteme

werden in der Nacht nur intervallweise und auch nicht unbedingt gleichzeitig betrieben und tragen daher nicht relevant zur Schallemission in der Nacht bei. Gleiches gilt für die Notfackel, die nicht zum Regelbetrieb der Anlage gehört (vgl. Biogashandbuch [15]). Schallemissionen im Rahmen der Substratbeschickung (auch anlagenbezogene Fahrgeräusche) fallen lediglich im Tagzeitraum an.

In der folgenden Tabelle werden Literaturwerte für die Schallpegel von Emissionsquellen an BGA dargestellt.

Tabelle 4: Literaturwerte für Emissionswerte von BGA Geräuschquellen

Emissionsquelle	LfU Bayern [13], [16]	LUNG [14]
BHKW Gebäude (Außenhülle)	72 - 92 dB(A) 55...300 kW 85 - 97 dB(A) 300...630 kW:	48 - 80 dB(A) massive Hülle / Beton 90 - 103 dB(A) Stahlblech Container
Kühler	80 – 90 dB(A)	46 - 75 dB(A) Leisere Ausführungen 79 - 93 dB(A) Normale Ausführung
Lüftung	75 – 85 dB(A)	k. A.
Abgaskamin	70 – 75 dB(A)	60 - 70 dB(A) Primär- + Sekundärschalldämpfer 85 - 90 dB(A) Nur Primärschalldämpfer

Das BHKW der Biogasanlage hat eine Leistung von 825 kW. Die Hülle des BHKW konnte während der Standortbesichtigung nicht validiert werden. Es werden im Rahmen dieses Gutachtens für die Biogasanlage folgende Schallleistungspegel für die Quellen zugrunde gelegt, die sich wie in Tabelle 5 dargestellt zusammensetzen. Daraus folgend wird der Abschätzung ein Gesamtschallleistungspegel von $L_{WA} = 99$ dB(A) zugrunde gelegt.

Tabelle 5: Annahmen der Biogasanlagen Komponenten und Schallleistungspegel

Schallquelle	Annahme / Bemerkung	L_{WA} [dB(A)]
Kühler	2 Stück á 85 dB(A)	88
Lüftung	Zuluft/Abluft je 80 dB(A)	83
Abgaskamin	mit Primärschalldämpfer	85
BHKW Gebäude Außenpegel	Stahlcontainer, 825 kW	98
Gesamtschallleistungspegel		99

Die BGA wurde als Punktschallquelle in 5 m Höhe mit dem resultierenden Schallleistungspegel im Bereich des BHKW-Gebäudes definiert und eine Ausbreitungsrechnung nach DIN ISO 9613-2 (Alternatives Verfahren) durchgeführt. Abschirmungseffekte werden in der Berechnung nicht berücksichtigt, so dass die tatsächlich zu erwartenden Beurteilungspegel an den Immissionsorten die berechneten Beurteilungspegel unterschreiten werden.

Wie die Ergebnisse zeigen, liegt der Immissionspegel um 12 dB(A) unter dem Richtwert des nächstgelegenen informativ betrachteten Immissionsorts H01 (vgl. Kapitel 2.2.2). Daher ist die Vorbelastung durch die Biogasanlage an diesem und den weiteren ermittelten Immissionsorten nach Ziffer 2.2 a) TA Lärm nicht relevant. Entsprechende Berechnungen hierzu befinden sich im Anhang.

2.4.2 Vorbelastungen durch Windenergieanlagen

Nach Behördeninformationen [12] besteht eine zu berücksichtigende Vorbelastung durch bestehende und parallel geplante Windenergieanlagen in der Nähe des Standorts. Detaillierte Angaben zu den Kenndaten der Anlagen befinden sich in Kapitel 3.2.1 sowie im Anhang. Die Anlagen wurden anhand ihrer technischen Daten sowie ihren Schallleistungspegeln in die Berechnungssoftware implementiert und der Beurteilungspegel der Vorbelastung an den maßgeblichen Immissionsorten berechnet.

3 Kenndaten Windenergieanlagen

3.1 Allgemeine Angaben

Am Standort Sundern Erweiterung sind zwei Windenergieanlagen des Typs Enercon E-175 EP5 geplant (Bezeichnung: WEA 13 und WEA 14). Weiterhin existieren bereits 20 WEA in der Umgebung bzw. befinden sich in einem fortgeschrittenen Planungsstadium, die als Vorbelastung zu berücksichtigen sind.

Tabelle 6: Kenndaten Zusatz- und relevante Vorbelastungs-WEA (nachts)

ID	Nord	Ost	Hersteller	Typ	P _{Nenn} [kW]	NH [m]
13	429.132	5.679.401	Enercon	E-175 EP5	6.000	162,0
14	429.527	5.679.205	Enercon	E-175 EP5	6.000	162,0
01	430.759	5.681.144	Enercon	E-160 EP5 E3	5.560	166,6
02	430.425	5.680.590	Enercon	E-160 EP5 E3	5.560	166,6
03	429.860	5.680.456	Enercon	E-160 EP5 E3	5.560	166,6
04	430.799	5.680.011	Enercon	E-160 EP5 E3	5.560	166,6
05	429.763	5.679.994	Enercon	E-160 EP5 E3	5.560	166,6
06	430.280	5.680.054	Enercon	E-160 EP5 E3	5.560	166,6
07	430.389	5.679.577	Enercon	E-160 EP5 E3	5.560	166,6
08	430.107	5.679.130	Enercon	E-160 EP5 E3	5.560	166,6
09	430.868	5.679.458	Enercon	E-160 EP5 E3	5.560	166,6
10	430.513	5.678.980	Enercon	E-160 EP5 E3	5.560	166,6
11	430.915	5.680.630	Enercon	E-160 EP5 E3	5.560	166,6
12	431.029	5.679.051	Enercon	E-160 EP5 E3	5.560	166,6
V05	424.862	5.682.808	Siemens Gamesa	SG 6.0-170	6.200	165,0
V06	425.383	5.682.332	Siemens Gamesa	SG 6.0-170	6.200	165,0
V07	424.962	5.681.869	Siemens Gamesa	SG 6.0-170	6.200	165,0
V08	424.517	5.681.404	Siemens Gamesa	SG 6.0-170	6.200	165,0
V09	424.036	5.680.954	Siemens Gamesa	SG 6.0-170	6.200	165,0
V10	429.603	5.678.263	Vestas	V162	5.600	166,0
V11	429.871	5.677.894	Vestas	V162	5.600	166,0
V12	428.522	5.677.466	Enercon	E-40/5.40	500	65,0

NH: Nabenhöhe, P_{Nenn}: Nennleistung

3.2 Emissionsdaten

Für die Immissionsprognose wurden in der Berechnung die Schallleistungspegel bzw. Oktavspektren der WEA ggfs. unter Berücksichtigung der oberen Vertrauensbereichsgrenze angesetzt. Die Angaben zu den Oktavspektren $L_{WA,Okt}$ beziehen sich auf den lautesten Gesamtschallleistungspegel des WEA-Typs im jeweiligen Betriebsmodus.

Der Zuschlag im Sinne des oberen Vertrauensbereichs für jedes einzelne Oktavband ΔL_o wurde nach den Hinweisen der LAI [6] wahrscheinlichkeitstheoretisch aus den Unsicherheiten für die Serienstreuung σ_P , die Typvermessung σ_R und die Prognoseunsicherheit σ_{Prog} ermittelt oder aus vorliegenden Genehmigungswerten übernommen. Sie können für jede WEA den folgenden Unterkapiteln entnommen werden. Weitere Hinweise befinden sich im Anhang „theoretische Grundlagen“.

3.2.1 Vorbelastung

In der Umgebung des Standortes wurden insgesamt 20 WEA als Vorbelastung berücksichtigt. Für acht WEA lagen Gesamtschallleistungspegel inklusive Zuschläge für den oberen Vertrauensbereich (ΔL_o) aus Behördenangaben [12] vor (siehe auch im Anhang). Die Oktavspektren wurden ebenfalls aus diesen Angaben entnommen (WEA V05 bis V11) [12], oder - bei Fehlen - aus einer Vermessung (WEA V12) entnommen und auf die Behördenangaben skaliert.

Tabelle 7: Schallemissionsdaten Vorbelastung - Übersicht

WEA	Quell-Oktavdaten $L_{WA,Okt}$ [dB(A)]								L_{WA}	L_o
Nr.	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	[dB(A)]	dB(A)
V05 bis V09	86,5	93,4	96,1	97,9	101,8	99,9	93,3	83,0	106,0	108,1
V10, V11	84,8	92,5	97,3	99,2	98,0	93,9	86,8	76,7	104,0	106,1
V12	82,4	87,9	91,9	95,3	96,9	89,8	85,6	72,6	100,8	100,8

Für die im Genehmigungsverfahren befindlichen zwölf WEA des Typs Enercon E-160 EP5 E3 am gleichen Standort wurden die Oktavdaten aus der dem Genehmigungsantrag zu Grunde liegenden Schallimmissionsprognose entnommen.

Tabelle 8: WEA-Schallwerte Vorbelastung Nachtbetrieb WEA 01

WEA Daten	WEA Nr.			Typenbezeichnung			Betriebsmodus		NH
	01			E-160 EP5 E3			Vs		166,6
Quelle Oktavspektrum	Berichtsnummer			Datum			Typ		
	D02444390/3.0-de			30.03.2022			Herstellerangabe		
Unsicherheiten	σ_R [dB(A)]		σ_P [dB(A)]	σ_{Prog} [dB(A)]			ΔL_o [dB(A)]		
	0,5		1,2	1,0			2,1		
Frequenz f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	ΣL_{gesamt}
$L_{WA \text{ Okt}}$ [dB(A)]	82,8	88,5	93,2	97,5	98,2	95,7	87,3	66,7	102,9
$L_{O \text{ Okt}}$ [dB(A)]	84,9	90,6	95,3	99,6	100,3	97,8	89,4	68,8	105,0

Tabelle 9: WEA-Schallwerte Vorbelastung Nachtbetrieb WEA 02

WEA Daten	WEA Nr.		Typenbezeichnung				Betriebsmodus		NH
	02		E-160 EP5 E3				IIIs		166,6
Quelle Oktavspektrum	Berichtsnummer		Datum				Typ		
	D02444390/3.0-de		30.03.2022				Herstellerangabe		
Unsicherheiten	σ_R [dB(A)]		σ_P [dB(A)]		σ_{Prog} [dB(A)]		ΔL_o [dB(A)]		
	0,5		1,2		1,0		2,1		
Frequenz f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	ΣL_{gesamt}
$L_{WA \text{ Okt}}$ [dB(A)]	84,8	90,3	94,4	99	99,9	97,5	89,1	68,8	104,5
$L_{O \text{ Okt}}$ [dB(A)]	86,9	92,4	96,5	101,1	102,0	99,6	91,2	70,9	106,6

Tabelle 10: WEA-Schallwerte Vorbelastung Nachtbetrieb WEA 03

WEA Daten	WEA Nr.		Typenbezeichnung				Betriebsmodus		NH
	03		E-160 EP5 E3				IVs		166,6
Quelle Oktavspektrum	Berichtsnummer		Datum				Typ		
	D02444390/3.0-de		30.03.2022				Herstellerangabe		
Unsicherheiten	σ_R [dB(A)]		σ_P [dB(A)]		σ_{Prog} [dB(A)]		ΔL_o [dB(A)]		
	0,5		1,2		1,0		2,1		
Frequenz f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	ΣL_{gesamt}
$L_{WA \text{ Okt}}$ [dB(A)]	83,6	89,2	93,7	98,2	99,1	96,6	88,3	67,8	103,7
$L_{O \text{ Okt}}$ [dB(A)]	85,7	91,3	95,8	100,3	101,2	98,7	90,4	69,9	105,8

Tabelle 11: WEA-Schallwerte Vorbelastung Nachtbetrieb WEA 04 bis 12

WEA Daten	WEA Nr.		Typenbezeichnung				Betriebsmodus		NH
	04 - 12		E-160 EP5 E3				0s		166,6
Quelle Oktavspektrum	Berichtsnummer		Datum				Typ		
	D02250996/3.0		25.02.2022				Herstellerangabe		
Unsicherheiten	σ_R [dB(A)]		σ_P [dB(A)]		σ_{Prog} [dB(A)]		ΔL_o [dB(A)]		
	0,5		1,2		1,0		2,1		
Frequenz f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	ΣL_{gesamt}
L _{WA Okt} [dB(A)]	85,4	91,4	95,9	100,3	101,9	101,2	94,5	75,2	106,8
L _{O Okt} [dB(A)]	87,5	93,5	98,0	102,4	104,0	103,3	96,6	77,3	108,9

3.2.2 Zusatzbelastung

Für die geplanten Anlagen des Typs Enercon E-175 EP5 in den Modi OM-YO-12-0 und OM-NR-02-0 mit schallmindernden Flügelementen („TES“) wurden die Oktavspektren aus den Herstellerangaben verwendet (siehe Anhang) und mit entsprechenden Zuschlägen für den oberen Vertrauensbereich (ΔL_o , siehe oben) versehen. Auszüge aus den Herstellerangaben sind in der Anlage dieses Gutachtens beigefügt. Eine Ton- oder Impulshaltigkeit liegt laut den o.g. Angaben nicht vor.

Tabelle 12: WEA-Schallwerte Zusatzbelastung Tagbetrieb

WEA Daten	WEA Nr.		Typenbezeichnung				Betriebsmodus		NH
	13, 14		E-175 EP5				OM-YO-12-0		162 m
Quelle Oktavspektrum	Berichtsnummer		Datum				Typ		
	D02886584/1.0-de		21.06.2023				Herstellerangabe		
Unsicherheiten	σ _R [dB]		σ _P [dB]		σ _{Prog} [dB]		ΔL _o [dB]		
	0,5		1,2		1,0		2,1		
Frequenz f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L _{ges.}
L _{WA,Okt} [dB(A)]	90,8	93,6	98,3	102,3	102,6	99,6	91,1	72,5	107,5
L _{e,max,Okt} [dB(A)]	92,5	95,3	100,0	104,0	104,3	101,3	92,8	74,2	109,2
L _{o,Okt} [dB(A)]	92,9	95,7	100,4	104,4	104,7	101,7	93,2	74,6	109,6

Tabelle 13: WEA-Schallwerte Zusatzbelastung Nachtbetrieb WEA 13

WEA Daten	WEA Nr.		Typenbezeichnung				Betriebsmodus		NH
	13		E-175 EP5				OM-NR-02-0		162 m
Quelle Oktavspektrum	Berichtsnummer		Datum				Typ		
	D02886581/2.0-de		21.06.2023				Herstellerangabe		
Unsicherheiten	σ _R [dB]		σ _P [dB]		σ _{Prog} [dB]		ΔL _O [dB]		
	0,5		1,2		1,0		2,1		
Frequenz f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L _{ges.}
L _{WA,Okt} [dB(A)]	90,2	90,5	95,7	100,1	99,6	93,3	82,4	62,7	104,4
L _{e,max,Okt} [dB(A)]	91,9	92,2	97,4	101,8	101,3	95,0	84,1	64,4	106,1
L _{o,Okt} [dB(A)]	92,3	92,6	97,8	102,2	101,7	95,4	84,5	64,8	106,5

Tabelle 14: WEA-Schallwerte Zusatzbelastung Nachtbetrieb WEA 14

WEA Daten	WEA Nr.		Typenbezeichnung				Betriebsmodus		NH
	14		E-175 EP5				OM-YO-12-0		162 m
Quelle Oktavspektrum	Berichtsnummer		Datum				Typ		
	D02886584/1.0-de		21.06.2023				Herstellerangabe		
Unsicherheiten	σ _R [dB]		σ _P [dB]		σ _{Prog} [dB]		ΔL _O [dB]		
	0,5		1,2		1,0		2,1		
Frequenz f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L _{ges.}
L _{WA,Okt} [dB(A)]	90,8	93,6	98,3	102,3	102,6	99,6	91,1	72,5	107,5
L _{e,max,Okt} [dB(A)]	92,5	95,3	100,0	104,0	104,3	101,3	92,8	74,2	109,2
L _{O,Okt} [dB(A)]	92,9	95,7	100,4	104,4	104,7	101,7	93,2	74,6	109,6

Die Emissionsdaten der geplanten WEA $L_{WA,Okt}$, $L_{e,max,Okt}$ und $L_{o,Okt}$ sowie die in diesem Zusammenhang angesetzten Unsicherheitsparameter sind nach LAI-Hinweisen [6] genehmigungsrechtlich festzulegen. Die Emissionsdaten als $L_{e,max,Okt}$ stellen dabei das rechtlich zulässige Maß an Emissionen der WEA dar, welche einzuhalten und nachzuweisen sind. Die mit diesen Emissionsdaten einhergehenden Immissionswerte an den relevanten Immissionsorten („Kontrollwerte“) können dem Anhang entnommen werden (Berechnung „Zusatzbelastung mit $L_{e,max,Okt}$ “)

4 Ergebnisse der Immissionsberechnungen

4.1 Beurteilungspegel an den Immissionsorten

Die basierend auf den in den vorigen Kapiteln genannten Kenn- und Eingangsdaten ermittelten Beurteilungspegel nach dem oberen Vertrauensbereich $L_{r,o}$ sind den folgenden Tabellen zu entnehmen.

Tabelle 15: Immissionspegel ($L_{r,o}$) der Vor-, Zusatz und Gesamtbelastung

IO	Bezeichnung	IRW_{nacht} [dB(A)]	$L_{r,o}$ VB [dB(A)]	$L_{r,o}$ ZB [dB(A)]	$L_{r,o}$ GB [dB(A)]
H01	Allendorf, Oberer Stadtpfad 1	40	35,9	25,3	36,3
H02	Dörnholthausen, Ehu 17	40	40,6	29,8	40,9
H03	Dörnholthausen, In der Marmecke 11	45	41,7	30,6	42,1
H04	Hagen, Zur Waldeshöhe 7	45	39,8	40,6	43,3
H05	Hagen, Zur Waldeshöhe 8	40	38,4	38,0	41,2
H06	Sundern, Auf'm Stein 1	45	42,3	35,9	43,2

Tabelle 16: Beurteilungspegel ($L_{r,o}$) Gesamtbelastung

IO	Bezeichnung	IRW_{nacht} [dB(A)]	$L_{r,o}$ [dB(A)]	ΔL_r [dB]
H01	Allendorf, Oberer Stadtpfad 1	40	36	-4
H02	Dörnholthausen, Ehu 17	40	41	1
H03	Dörnholthausen, In der Marmecke 11	45	42	-3
H04	Hagen, Zur Waldeshöhe 7	45	43	-2
H05	Hagen, Zur Waldeshöhe 8	40	41	1
H06	Sundern, Auf'm Stein 1	45	43	-2

Im Anhang liegen für die oben genannten Beurteilungspegel Ausdrücke der Berechnungssoftware windPRO vor (Hauptergebnis, Detaillierte Ergebnisse). Weiterhin ist im Anhang eine Iso-phonenkarte für den Beurteilungspegel der Gesamtbelastung wiedergegeben.

4.2 Bewertung der Ergebnisse

Die Nacht-Immissionsrichtwerte nach TA Lärm [3] werden unter Berücksichtigung des oberen Vertrauensbereichs an den Immissionsorten H01, H03, H04 und H06 eingehalten. Von einer schädlichen Umwelteinwirkung bzw. einer erheblichen Belästigung i. S. d. BImSchG [1] ist demnach nicht auszugehen.

An Immissionsorten H02 und H05 werden die nächtlichen Immissionsrichtwerte um 1 dB(A) überschritten. Nach dem Irrelevanzkriterium in Ziffer 3.2.1 Absatz 3 TA Lärm [3] ist eine Überschreitung um bis zu 1 dB aufgrund der bestehenden Vorbelastung nicht als erhebliche Umwelteinwirkung i. S. d. Schutzzwecks des BImSchG [1] anzusehen.

Die detaillierten, auf Grundlage der in Kapitel 2 und 3 beschriebenen Daten erzielten Ergebnisse für den Standort Sundern Erweiterung sind in Kapitel 4 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.

Die vorliegende Schallimmissionsprognose wurde konservativ angesetzt, so dass die berechneten Ergebnisse auf der „Sicheren Seite“ liegen. Weitere Informationen zu den theoretischen Grundlagen sind der „Anlage zur Schallimmissionsprognose der Ramboll Deutschland GmbH“ zu entnehmen.

4.3 Tagbetrieb

Im **Tagbetrieb** können beide WEA 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 [3] 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. Der Immissionspegel an den relevanten Immissionsorten liegt um mehr als 10 dB(A) unter dem Immissionsrichtwert, womit diese nach Ziffer 2.2 a) TA Lärm [3] nicht mehr im Einwirkungsbereich der geplanten WEA liegen. Eine entsprechende Isophonenkarte befindet sich im Anhang.

5 Literaturverzeichnis

- [1] BImSchG, *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (BImSchG)*, Ausfertigungsdatum: 15.03.1974; Neugefasst durch Bek. v. 17.5.2013; zuletzt geändert durch Art. 1 d. G. v. 24.09.2021.
- [2] Norm, „DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien,“ 2018.
- [3] TA Lärm, *Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm)*, Vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503); Inkrafttreten der letzten Änderung: 9. Juni 2017.
- [4] Norm, *DIN ISO 9613-2:1999-10, Akustik – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien – Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren.*
- [5] NALS im DIN und VDI, *Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen*, Unterausschuss NA 001-02-03-19 UA "Schallausbreitung im Freien", 2015.
- [6] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz - LAI , *Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA)*, Überarbeiteter Entwurf vom 17.03.2016 mit Änderungen PhysE vom 23.06.2016.
- [7] Norm, *DIN 1333:1992-02, Zahlenangaben.*
- [8] EMD International A/S, *windPRO 3.4 (jeweils aktuellste Version).*
- [9] TK25, Topografische Karte im Maßstab 1:25.000, Landesvermessungsamt des jeweiligen Bundeslandes, aktuellste Version.
- [10] geoGLIS oHG, *Karte: onmaps.de (c) GEOBasis-DE / BKG / ZSHH, 2022.*
- [11] Hoffmann/von Lüpke, *0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel - Einführung in die Grundbegriffe und quantitative Erfassung des Lärms,*, Erich Schmidt Verlag, 1993.
- [12] Hochsauerlandkreis Fachdienst 42, Immissionsschutz, „Email zur Vorbelastung,“ Hochsauerlandkreis, 12.05.2022.
- [13] Bayerisches Landesamt für Umwelt, Biogashandbuch Bayern Kap. 2.2.2, Stand Juni 2021 .
- [14] Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG) , Stand der Technik zur Lärminderung bei Biogasanlagen, Schalltechnische Analysen, Recherchen, Untersuchungen, Materialien zur Umwelt 2014, Heft 1 .
- [15] Monika Agatz, Biogashandbuch, 1. Ausgabe, Oktober 2014 .
- [16] LfU Bayern, Präsentation Abt. 2 / G 15, 07.2009.

6 Anhang

Teil I: Berechnungsergebnisse und Annahmen

- Isophonenkarte Zusatzbelastung
- Isophonenkarte Gesamtbelastung
- Berechnungsausdrucke Vorbelastung (BGA, WEA): Hauptergebnis
- Berechnungsausdrucke Zusatzbelastung: Hauptergebnis
- Berechnungsausdrucke Gesamtbelastung: Hauptergebnis, Detaillierte Ergebnisse und Annahmen zur Schallberechnung
- Berechnungsausdrucke Zusatzbelastung mit $L_{e,max,Okt}$: Hauptergebnis, Detaillierte Ergebnisse, Annahmen zur Schallberechnung
- Isophonenkarte Zusatzbelastung Tagbetrieb

Teil II: Eingangsdaten - Datengrundlagen

- Herstellerangaben zum Schallleistungspegel mit zugehörigem Oktavspektrum des WEA-Typs Enercon E-175 EP5
- Messbericht zur Ermittlung von Schallleistungspegeln und Oktavbändern der Vorbelastungs-WEA

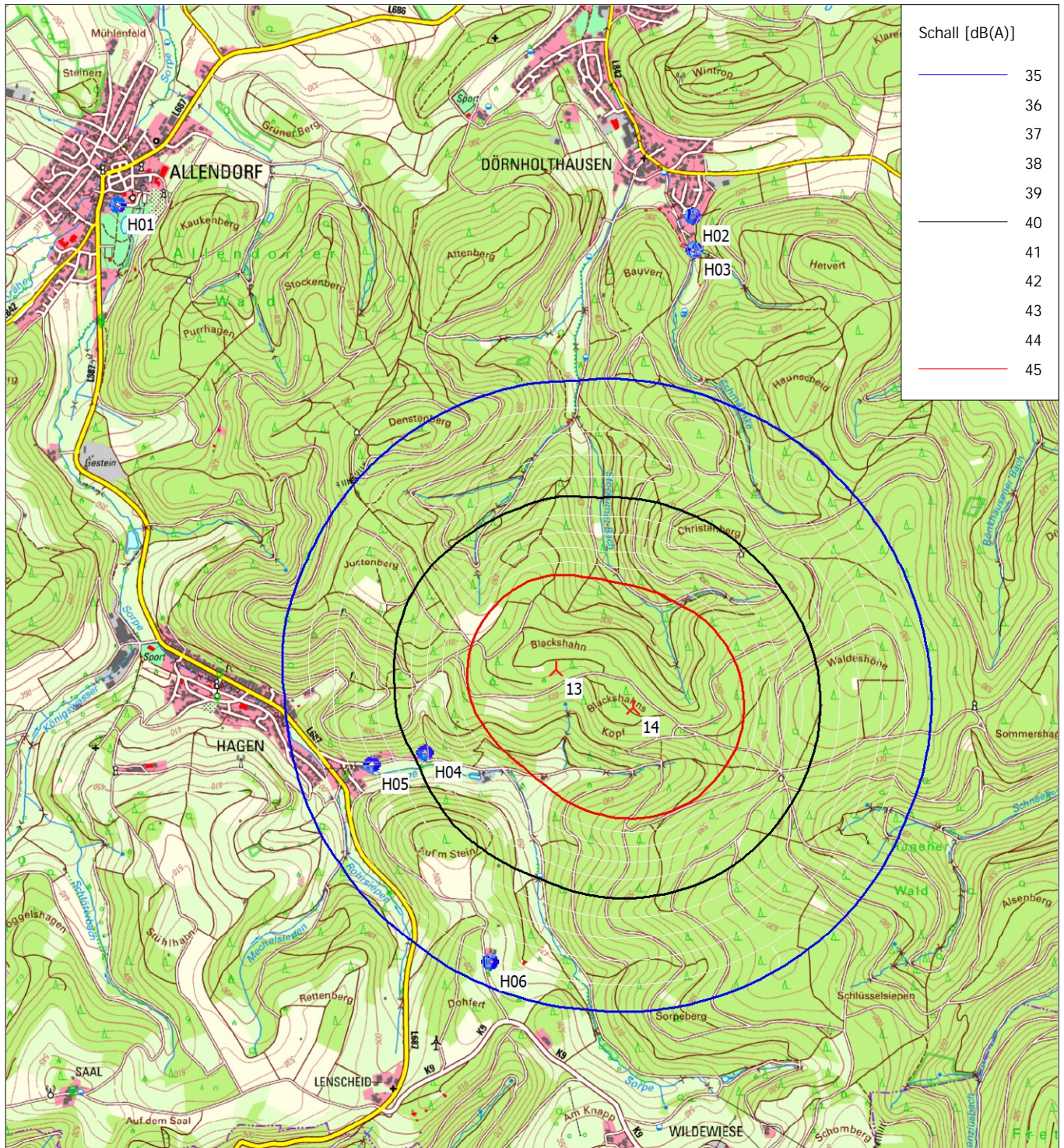
Teil III: Akkreditierung und Theoretische Grundlagen

- Akkreditierungsurkunde
- Theoretische Grundlagen

Anhang Teil I: Berechnungsergebnisse und Annahmen

DECIBEL - Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Berechnung: ZB



0 500 1000 1500 2000 m

Karte: tk 25 , Maßstab 1:30.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 429.013 Nord: 5.679.864

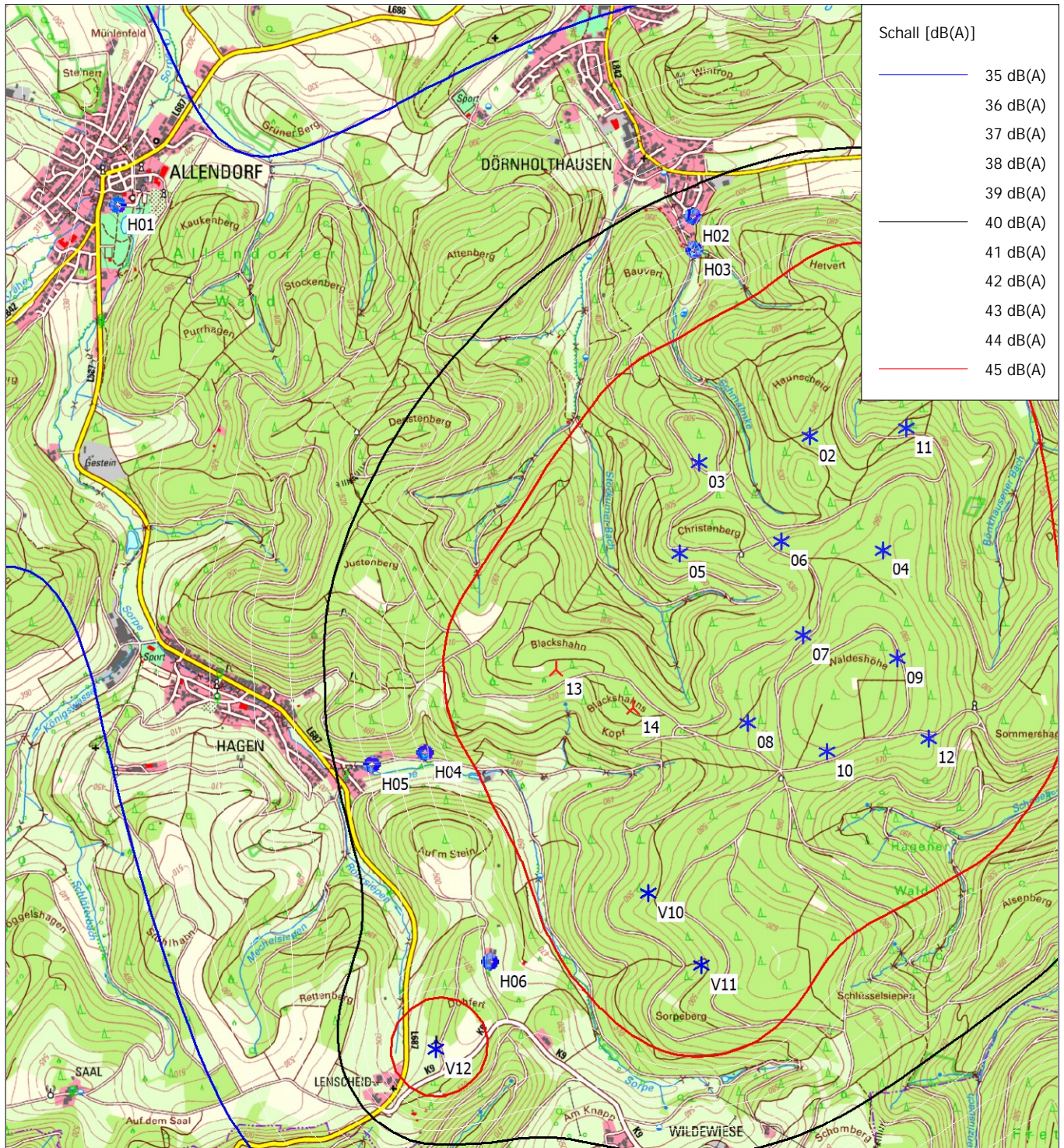
Neue WEA

Schall-Immissionsort

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

DECIBEL - Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Berechnung: GB



0 500 1000 1500 2000 m

Karte: tk 25 , Maßstab 1:30.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 429.013 Nord: 5.679.864

▲ Neue WEA * Existierende WEA ■ Schall-Immissionsort

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

Projekt:

23-1-3135-000
Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG
Krefelder Str. 203
52070 Aachen

Beschreibung:

Windpark Sundern, Hochsauerlandkreis,
Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel

H. Ristow / hri@ramboll.com

Berechnet:

22.09.2023 10:30/3.6.377

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: VB, irrelevante Biogasanlage

ISO 9613-2 Deutschland

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:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



Maßstab 1:75.000

* Existierende WEA

■ Schall-Immissionsort

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ	Ak- tu- ell	Hersteller	Typ	Nenn- leistung	Rotor- durch- messer	Naben- höhe	Schallwerte	Quelle	Name	Windge- schwin- digkeit	LWA
			[m]						[kW]	[m]	[m]				[m/s]	[dB(A)]
Biogas	426.474	5.682.347	326,6	ABC Biogasa...	Nein	ABC		Biogasanlage-1/1	1	1,0	5,0	USER	99 dB(A)		(95%)	99,0

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe	Anforderung	Beurteilungspegel
				[m]	[m]	Schall [dB(A)]	Von WEA [dB(A)]
H01	Allendorf, Oberer Stadtpfad 1	426.901	5.681.763	310,0	5,0	40,0	28,0
H02	Dörnholthausen, Ehu 17	429.829	5.681.709	376,2	5,0	40,0	9,0
H03	Dörnholthausen, In der Marmecke 11	429.839	5.681.536	380,9	5,0	45,0	8,8
H04	Hagen, Zur Waldeshöhe 7	428.468	5.678.975	409,8	5,0	45,0	6,9
H05	Hagen, Zur Waldeshöhe 8	428.196	5.678.914	394,8	5,0	40,0	7,2
H06	Sundern, Auf'm Stein 1	428.800	5.677.907	508,8	5,0	45,0	2,7

Abstände (m)

Schall-Immissionsort	WEA
Biogas	
H01	724
H02	3416
H03	3461
H04	3917
H05	3841
H06	5012

Projekt:

23-1-3135-000
Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG
Krefelder Str. 203
52070 Aachen

Beschreibung:

Windpark Sundern, Hochsauerlandkreis,
Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel

H. Ristow / hri@ramboll.com

Berechnet:

22.09.2023 10:51/3.6.377

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: VB

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)

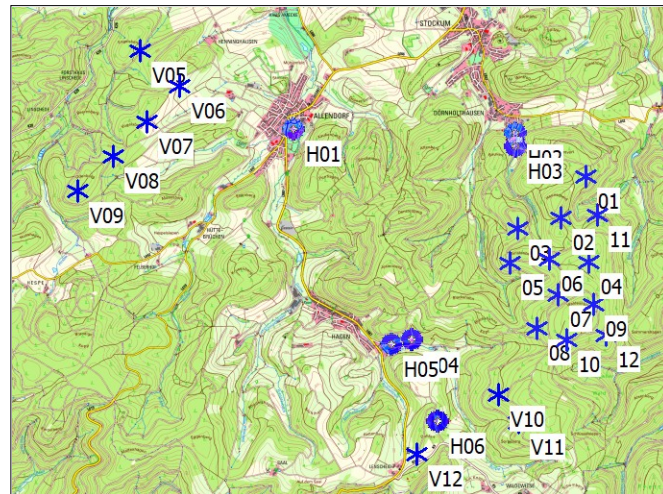
Gewerbegebiet: 50 dB(A)

Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)

Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



Maßstab 1:100.000

* Existierende WEA

■ Schall-Immissionsort

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ	Hersteller	Typ	Nenn- leistung	Rotor- durch- messer	Naben- höhe	Schallwerte			Windge- schwin- digkeit	LWA
					Ak- tu- ell						Quelle	Name		[m/s]	[dB(A)]
			[m]					[kW]	[m]	[m]					
01	430.759	5.681.144	520,0	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	USER	5 Hersteller [Mode Vs]	Lwa = 102,9 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	105,0
02	430.425	5.680.590	529,9	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	USER	3 Hersteller [Mode IIIs]	Lwa = 104,5 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	106,6
03	429.860	5.680.456	510,0	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	USER	4 Hersteller [Mode IVs]	Lwa = 103,7 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	105,8
04	430.799	5.680.011	569,1	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	USER	0 Hersteller [Mode Os]	Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
05	429.763	5.679.994	525,6	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	USER	0 Hersteller [Mode Os]	Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
06	430.280	5.680.054	537,5	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	USER	0 Hersteller [Mode Os]	Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
07	430.389	5.679.577	564,5	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	USER	0 Hersteller [Mode Os]	Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
08	430.107	5.679.130	567,5	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	USER	0 Hersteller [Mode Os]	Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
09	430.868	5.679.458	599,6	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	USER	0 Hersteller [Mode Os]	Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
10	430.513	5.678.980	596,1	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	USER	0 Hersteller [Mode Os]	Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
11	430.915	5.680.630	494,9	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	USER	0 Hersteller [Mode Os]	Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
12	431.029	5.679.051	572,8	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	USER	0 Hersteller [Mode Os]	Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
V05	424.862	5.682.808	370,0	Siemens Gamesa S...	Nein	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6.200	6.200	170,0	165,0	USER	Genehmigungspegel Lwa 106,0 dB(A) zzgl. 2,1 OVB		(95%)	108,1
V06	425.382	5.682.332	389,5	Siemens Gamesa S...	Nein	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6.200	6.200	170,0	165,0	USER	Genehmigungspegel Lwa 106,0 dB(A) zzgl. 2,1 OVB		(95%)	108,1
V07	424.962	5.681.869	417,4	Siemens Gamesa S...	Nein	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6.200	6.200	170,0	165,0	USER	Genehmigungspegel Lwa 106,0 dB(A) zzgl. 2,1 OVB		(95%)	108,1
V08	424.517	5.681.404	433,5	Siemens Gamesa S...	Nein	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6.200	6.200	170,0	165,0	USER	Genehmigungspegel Lwa 106,0 dB(A) zzgl. 2,1 OVB		(95%)	108,1
V09	424.036	5.680.954	480,0	Siemens Gamesa S...	Nein	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6.200	6.200	170,0	165,0	USER	Genehmigungspegel Lwa 106,0 dB(A) zzgl. 2,1 OVB		(95%)	108,1
V10	429.603	5.678.263	562,4	VESTAS V162 5600...	Ja	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	166,0	USER	Genehmigungspegel inkl. Unsicherheiten		(95%)	106,1
V11	429.871	5.677.894	575,0	VESTAS V162 5600...	Ja	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	166,0	USER	Genehmigungspegel inkl. Unsicherheiten		(95%)	106,1
V12	428.522	5.677.466	520,0	ENERCON E-40/5.4...	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0	USER	Genehmigungspegel inkl. Unsicherheiten		(95%)	100,8

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe	Anforderung	Beurteilungspegel
				[m]	[m]	Schall [dB(A)]	Von WEA [dB(A)]
H01	Allendorf, Oberer Stadtpfad 1	426.901	5.681.763	310,0	5,0	40,0	35,9
H02	Dörnholthausen, Ehu 17	429.829	5.681.709	376,2	5,0	40,0	40,6
H03	Dörnholthausen, In der Marmecke 11	429.839	5.681.536	380,9	5,0	45,0	41,7
H04	Hagen, Zur Waldeshöhe 7	428.468	5.678.975	409,8	5,0	45,0	39,8
H05	Hagen, Zur Waldeshöhe 8	428.196	5.678.914	394,8	5,0	40,0	38,4
H06	Sundern, Auf'm Stein 1	428.800	5.677.907	508,8	5,0	45,0	42,3

Abstände (m)

WEA	H01	H02	H03	H04	H05	H06
01	3907	1088	1000	3154	3398	3783
02	3714	1268	1113	2537	2789	3137
03	3234	1253	1080	2032	2269	2760
04	4273	1955	1802	2550	2825	2902
05	3364	1716	1544	1647	1904	2298
06	3786	1715	1546	2108	2376	2608
07	4116	2204	2035	2013	2291	2305
08	4148	2594	2421	1646	1924	1790

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

23-1-3135-000
 Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG
 Krefelder Str. 203
 52070 Aachen

Beschreibung:

Windpark Sundern, Hochsauerlandkreis,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

-

H. Ristow / hri@ramboll.com

Berechnet:

22.09.2023 10:51/3.6.377

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: VB

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

WEA	H01	H02	H03	H04	H05	H06
09	4588	2479	2319	2448	2727	2585
10	4560	2813	2643	2045	2318	2021
11	4170	1531	1407	2954	3216	3448
12	4939	2916	2755	2562	2837	2505
V05	2292	5088	5137	5263	5126	6287
V06	1622	4490	4527	4560	4427	5591
V07	1942	4870	4888	4546	4381	5516
V08	2411	5321	5324	4638	4442	5529
V09	2977	5842	5832	4853	4633	5655
V10	4421	3454	3282	1340	1550	878
V11	4877	3815	3642	1771	1961	1071
V12	4593	4440	4278	1510	1484	521

Projekt:

23-1-3135-000
Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG
Krefelder Str. 203
52070 Aachen

Beschreibung:

Windpark Sundern, Hochsauerlandkreis,
Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel

H. Ristow / hri@ramboll.com

Berechnet:

22.09.2023 11:05/3.6.377

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: ZB

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, CO: 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)

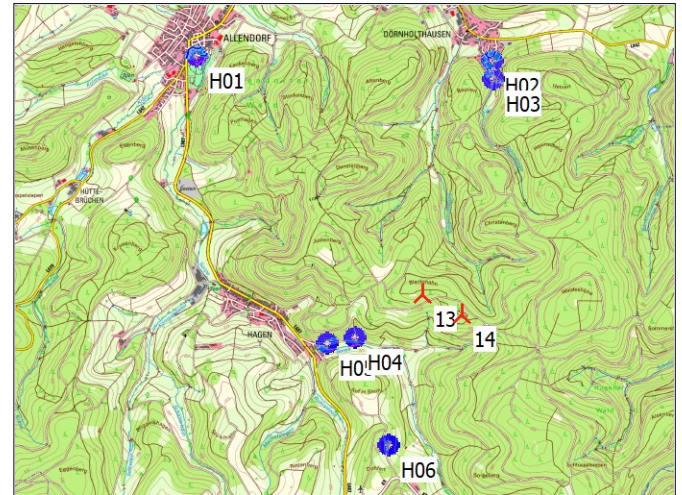
Gewerbegebiet: 50 dB(A)

Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)

Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



Neue WEA

Maßstab 1:75.000

Schall-Immissionsort

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ	Ak- tu- ell	Hersteller	Typ	Nenn- leistung	Rotor- durch- messer	Naben- höhe	Schallwerte	Quelle	Name	Windge- schwin- digkeit	LWA
			[m]						[kW]	[m]	[m]					
13	429.132	5.679.401	543,1	ENERCON E-175 ...	Ja	ENERCON	E-175	EP5-6.000	6.000	175,0	162,0	USER	4 H [Mode OM-NR-02-0]	Lwa = 104,4 dB(A) + 2,1 dB OVB	(95%)	106,5
14	429.527	5.679.205	550,0	ENERCON E-175 ...	Ja	ENERCON	E-175	EP5-6.000	6.000	175,0	162,0	USER	0 H [Mode OM-YO-12-0]	Lwa = 107,5 dB(A) + 2,1 dB OVB	(95%)	109,6

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe	Anforderung	Beurteilungspegel
				[m]	[m]	Schall [dB(A)]	Von WEA [dB(A)]
H01	Allendorf, Oberer Stadtpfad 1	426.901	5.681.763	310,0	5,0	40,0	25,3
H02	Dörnholthausen, Ehu 17	429.829	5.681.709	376,2	5,0	40,0	29,8
H03	Dörnholthausen, In der Marmecke 11	429.839	5.681.536	380,9	5,0	45,0	30,6
H04	Hagen, Zur Waldeshöhe 7	428.468	5.678.975	409,8	5,0	45,0	40,6
H05	Hagen, Zur Waldeshöhe 8	428.196	5.678.914	394,8	5,0	40,0	38,0
H06	Sundern, Auf'm Stein 1	428.800	5.677.907	508,8	5,0	45,0	35,9

Abstände (m)

Schall-Immissionsort	WEA
	13 14
H01	3249 3666
H02	2411 2522
H03	2249 2352
H04	788 1083
H05	1056 1363
H06	1530 1488

Projekt:

23-1-3135-000
Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG
Krefelder Str. 203
52070 Aachen

Beschreibung:

Windpark Sundern, Hochsauerlandkreis,
Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel

H. Ristow / hri@ramboll.com

Berechnet:

22.09.2023 11:06/3.6.377

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: GB

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)

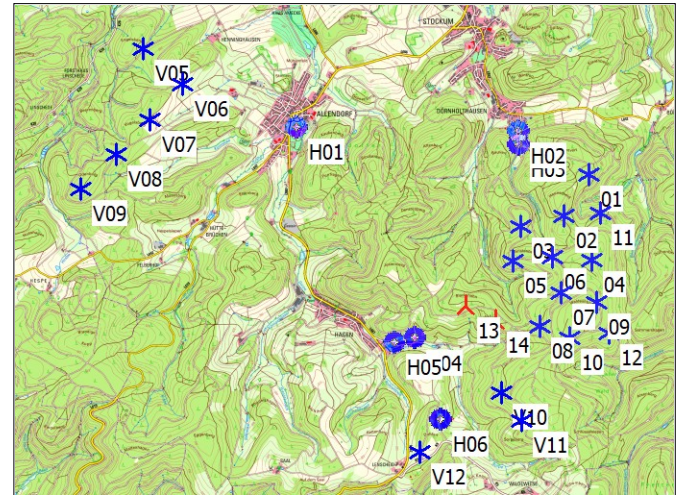
Gewerbegebiet: 50 dB(A)

Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)

Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



Maßstab 1:100.000

Neue WEA

Existierende WEA

Schall-Immissionsort

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ	Ak-	Hersteller	Typ	Nenn-	Rotor-	Naben-	Schallwerte	Windge-	LWA
			[m]		tu-	ell			leistung	durch-	höhe	Quelle	schwin-	
									[kW]	messer		Name	digkeit	[dB(A)]
										[m]			[m/s]	
01	430.759	5.681.144	520,0	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	166,6	USER 5 Hersteller [Mode Vs] Lwa = 102,9 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	105,0
02	430.425	5.680.590	529,9	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	166,6	USER 3 Hersteller [Mode IIIIs] Lwa = 104,5 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	106,6
03	429.860	5.680.456	510,0	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	166,6	USER 4 Hersteller [Mode IVs] Lwa = 103,7 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	105,8
04	430.799	5.680.011	569,1	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	166,6	USER 0 Hersteller [Mode Os] Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
05	429.763	5.679.994	525,6	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	166,6	USER 0 Hersteller [Mode Os] Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
06	430.280	5.680.054	537,5	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	166,6	USER 0 Hersteller [Mode Os] Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
07	430.389	5.679.577	564,5	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	166,6	USER 0 Hersteller [Mode Os] Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
08	430.107	5.679.130	567,5	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	166,6	USER 0 Hersteller [Mode Os] Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
09	430.868	5.679.458	599,6	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	166,6	USER 0 Hersteller [Mode Os] Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
10	430.513	5.678.980	596,1	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	166,6	USER 0 Hersteller [Mode Os] Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
11	430.915	5.680.630	494,9	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	166,6	USER 0 Hersteller [Mode Os] Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
12	431.029	5.679.051	572,8	ENERCON E-160 E...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	166,6	USER 0 Hersteller [Mode Os] Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,9
13	429.132	5.679.401	543,1	ENERCON E-175 E...	Ja	ENERCON	E-175 EP5-6.000	6.000	175,0	162,0	162,0	USER 4 H [Mode OM-NR-02-0] Lwa = 104,4 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	106,5
14	429.527	5.679.205	550,0	ENERCON E-175 E...	Ja	ENERCON	E-175 EP5-6.000	6.000	175,0	162,0	162,0	USER 0 H [Mode OM-YO-12-0] Lwa = 107,5 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	109,6
V05	424.862	5.682.808	370,0	Siemens Gamesa S...	Nein	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6.200	6.200	170,0	165,0	165,0	USER Genehmigungspegel Lwa 106,0 dB(A) zzgl. 2,1 OVB	(95%)	108,1
V06	425.382	5.682.332	389,5	Siemens Gamesa S...	Nein	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6.200	6.200	170,0	165,0	165,0	USER Genehmigungspegel Lwa 106,0 dB(A) zzgl. 2,1 OVB	(95%)	108,1
V07	424.962	5.681.869	417,4	Siemens Gamesa S...	Nein	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6.200	6.200	170,0	165,0	165,0	USER Genehmigungspegel Lwa 106,0 dB(A) zzgl. 2,1 OVB	(95%)	108,1
V08	424.517	5.681.404	433,5	Siemens Gamesa S...	Nein	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6.200	6.200	170,0	165,0	165,0	USER Genehmigungspegel Lwa 106,0 dB(A) zzgl. 2,1 OVB	(95%)	108,1
V09	424.036	5.680.954	480,0	Siemens Gamesa S...	Nein	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6.200	6.200	170,0	165,0	165,0	USER Genehmigungspegel Lwa 106,0 dB(A) zzgl. 2,1 OVB	(95%)	108,1
V10	429.603	5.678.263	562,4	VESTAS V162 5600...	Ja	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	166,0	166,0	USER Genehmigungspegel inkl. Unsicherheiten	(95%)	106,1
V11	429.871	5.677.894	575,0	VESTAS V162 5600...	Ja	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	166,0	166,0	USER Genehmigungspegel inkl. Unsicherheiten	(95%)	106,1
V12	428.522	5.677.466	520,0	ENERCON E-40/5.4...	Nein	ENERCON	E-40/5.4-500	500	40,3	65,0	65,0	USER Genehmigungspegel inkl. Unsicherheiten	(95%)	100,8

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe	Anforderung	Beurteilungspegel
				[m]	[m]	Schall [dB(A)]	Von WEA [dB(A)]
H01	Allendorf, Oberer Stadtpfad 1	426.901	5.681.763	310,0	5,0	40,0	36,3
H02	Dörnholthausen, Ehu 17	429.829	5.681.709	376,2	5,0	40,0	40,9
H03	Dörnholthausen, In der Marmecke 11	429.839	5.681.536	380,9	5,0	45,0	42,1
H04	Hagen, Zur Waldeshöhe 7	428.468	5.678.975	409,8	5,0	45,0	43,3
H05	Hagen, Zur Waldeshöhe 8	428.196	5.678.914	394,8	5,0	40,0	41,2
H06	Sundern, Auf'm Stein 1	428.800	5.677.907	508,8	5,0	45,0	43,2

Abstände (m)

WEA	H01	H02	H03	H04	H05	H06
01	3907	1088	1000	3154	3398	3783
02	3714	1268	1113	2537	2789	3137
03	3234	1253	1080	2032	2269	2760
04	4273	1955	1802	2550	2825	2902
05	3364	1716	1544	1647	1904	2298
06	3786	1715	1546	2108	2376	2608
07	4116	2204	2035	2013	2291	2305

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

23-1-3135-000
 Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG
 Krefelder Str. 203
 52070 Aachen

Beschreibung:

Windpark Sundern, Hochsauerlandkreis,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

-

H. Ristow / hri@ramboll.com

Berechnet:

22.09.2023 11:06/3.6.377

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: GB

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

WEA	H01	H02	H03	H04	H05	H06
08	4148	2594	2421	1646	1924	1790
09	4588	2479	2319	2448	2727	2585
10	4560	2813	2643	2045	2318	2021
11	4170	1531	1407	2954	3216	3448
12	4939	2916	2755	2562	2837	2505
13	3249	2411	2249	788	1056	1530
14	3666	2522	2352	1083	1363	1488
V05	2292	5088	5137	5263	5126	6287
V06	1622	4490	4527	4560	4427	5591
V07	1942	4870	4888	4546	4381	5516
V08	2411	5321	5324	4638	4442	5529
V09	2977	5842	5832	4853	4633	5655
V10	4421	3454	3282	1340	1550	878
V11	4877	3815	3642	1771	1961	1071
V12	4593	4440	4278	1510	1484	521

Projekt:

23-1-3135-000
 Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG
 Krefelder Str. 203
 52070 Aachen

Beschreibung:

Windpark Sundern, Hochsauerlandkreis,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

H. Ristow / hri@ramboll.com

Berechnet:

22.09.2023 11:06/3.6.377

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: GB Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren) 10,0 m/s
 Annahmen

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

LWA,ref:	Schallleistungspegel der 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: H01 Allendorf, Oberer Stadtpfad 1

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA

Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	3.907	3.925	16,63	105,0	0,00	82,88	8,49	-3,00	0,00	0,00	88,37
02	3.714	3.733	18,85	106,6	0,00	82,44	8,32	-3,00	0,00	0,00	87,77
03	3.234	3.255	19,91	105,8	0,00	81,25	7,63	-3,00	0,00	0,00	85,88
04	4.273	4.294	18,19	108,9	0,00	83,66	10,05	-3,00	0,00	0,00	90,71
05	3.364	3.385	21,59	108,9	0,00	81,59	8,72	-3,00	0,00	0,00	87,31
06	3.786	3.806	19,93	108,9	0,00	82,61	9,36	-3,00	0,00	0,00	88,97
07	4.116	4.137	18,73	108,9	0,00	83,33	9,84	-3,00	0,00	0,00	90,17
08	4.148	4.169	18,62	108,9	0,00	83,40	9,88	-3,00	0,00	0,00	90,28
09	4.588	4.610	17,15	108,9	0,00	84,27	10,47	-3,00	0,00	0,00	91,75
10	4.560	4.581	17,24	108,9	0,00	84,22	10,44	-3,00	0,00	0,00	91,66
11	4.170	4.185	18,56	108,9	0,00	83,43	9,90	-3,00	0,00	0,00	90,34
12	4.939	4.957	16,08	108,9	0,00	84,90	10,91	-3,00	0,00	0,00	92,82
13	3.249	3.272	21,97	106,5	0,00	81,30	6,23	-3,00	0,00	0,00	84,53
14	3.666	3.687	22,68	109,6	0,00	82,33	7,56	-3,00	0,00	0,00	86,89
V05	2.292	2.302	26,41	108,1	0,00	78,24	6,48	-3,00	0,00	0,00	81,72
V06	1.622	1.640	30,64	108,1	0,00	75,29	5,20	-3,00	0,00	0,00	77,50
V07	1.942	1.961	28,44	108,1	0,00	76,85	5,85	-3,00	0,00	0,00	79,70
V08	2.411	2.428	25,74	108,1	0,00	78,70	6,69	-3,00	0,00	0,00	82,40
V09	2.977	2.995	23,01	108,1	0,00	80,53	7,60	-3,00	0,00	0,00	85,13
V10	4.421	4.441	17,89	106,1	0,00	83,95	7,25	-3,00	0,00	0,00	88,20
V11	4.877	4.896	16,55	106,1	0,00	84,80	7,74	-3,00	0,00	0,00	89,54
V12	4.593	4.600	10,91	100,8	0,00	84,26	8,61	-3,00	0,00	0,00	89,87
Summe			36,26								

Schall-Immissionsort: H02 Dörnholthausen, Ehu 17

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA

Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	1.088	1.130	32,43	105,0	0,00	72,06	3,51	-3,00	0,00	0,00	72,57
02	1.268	1.306	32,30	106,6	0,00	73,32	3,99	-3,00	0,00	0,00	74,31
03	1.253	1.288	31,65	105,8	0,00	73,20	3,94	-3,00	0,00	0,00	74,14
04	1.955	1.987	28,72	108,9	0,00	76,96	6,22	-3,00	0,00	0,00	80,18
05	1.716	1.744	30,37	108,9	0,00	75,83	5,70	-3,00	0,00	0,00	78,53
06	1.715	1.745	30,36	108,9	0,00	75,84	5,70	-3,00	0,00	0,00	78,54
07	2.204	2.232	27,22	108,9	0,00	77,97	6,70	-3,00	0,00	0,00	81,68
08	2.594	2.618	25,11	108,9	0,00	79,36	7,43	-3,00	0,00	0,00	83,79
09	2.479	2.509	25,68	108,9	0,00	78,99	7,23	-3,00	0,00	0,00	83,22
10	2.813	2.839	24,02	108,9	0,00	80,06	7,82	-3,00	0,00	0,00	84,88
11	1.531	1.556	31,78	108,9	0,00	74,84	5,28	-3,00	0,00	0,00	77,12
12	2.916	2.938	23,55	108,9	0,00	80,36	7,99	-3,00	0,00	0,00	85,35
13	2.411	2.433	25,77	106,5	0,00	78,72	5,01	-3,00	0,00	0,00	80,73
14	2.522	2.544	27,58	109,6	0,00	79,11	5,89	-3,00	0,00	0,00	82,00

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

23-1-3135-000
Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG
Krefelder Str. 203
52070 Aachen

Beschreibung:

Windpark Sundern, Hochsauerlandkreis,
Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel

H. Ristow / hri@ramboll.com

Berechnet:

22.09.2023 11:06/3.6.377

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: GB Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren) 10,0 m/s

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

WEA

Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
V05	5.088	5.090	15,87	108,1	0,00	85,13	10,13	-3,00	0,00	0,00	92,27
V06	4.490	4.494	17,57	108,1	0,00	84,05	9,51	-3,00	0,00	0,00	90,56
V07	4.870	4.874	16,46	108,1	0,00	84,76	9,92	-3,00	0,00	0,00	91,67
V08	5.321	5.326	15,25	108,1	0,00	85,53	10,36	-3,00	0,00	0,00	92,89
V09	5.842	5.848	13,96	108,1	0,00	86,34	10,84	-3,00	0,00	0,00	94,18
V10	3.454	3.471	21,17	106,1	0,00	81,81	6,11	-3,00	0,00	0,00	84,92
V11	3.815	3.832	19,87	106,1	0,00	82,67	6,55	-3,00	0,00	0,00	86,22
V12	4.440	4.445	11,40	100,8	0,00	83,96	8,43	-3,00	0,00	0,00	89,38
Summe			40,94								

Schall-Immissionsort: H03 Dörnholthausen, In der Marmecke 11

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA

Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	1.000	1.044	33,32	105,0	0,00	71,38	3,30	-3,00	0,00	0,00	71,68
02	1.113	1.155	33,72	106,6	0,00	72,25	3,64	-3,00	0,00	0,00	72,89
03	1.080	1.119	33,27	105,8	0,00	71,97	3,54	-3,00	0,00	0,00	72,52
04	1.802	1.836	29,73	108,9	0,00	76,28	5,90	-3,00	0,00	0,00	79,17
05	1.544	1.574	31,64	108,9	0,00	74,94	5,32	-3,00	0,00	0,00	77,26
06	1.546	1.579	31,60	108,9	0,00	74,97	5,33	-3,00	0,00	0,00	77,30
07	2.035	2.064	28,23	108,9	0,00	77,29	6,37	-3,00	0,00	0,00	80,67
08	2.421	2.446	26,02	108,9	0,00	78,77	7,11	-3,00	0,00	0,00	82,88
09	2.319	2.350	26,55	108,9	0,00	78,42	6,93	-3,00	0,00	0,00	82,35
10	2.643	2.670	24,85	108,9	0,00	79,53	7,52	-3,00	0,00	0,00	84,05
11	1.407	1.433	32,78	108,9	0,00	74,13	4,99	-3,00	0,00	0,00	76,12
12	2.755	2.778	24,31	108,9	0,00	79,87	7,71	-3,00	0,00	0,00	84,59
13	2.249	2.272	26,62	106,5	0,00	78,13	4,75	-3,00	0,00	0,00	79,88
14	2.352	2.374	28,45	109,6	0,00	78,51	5,61	-3,00	0,00	0,00	81,12
V05	5.137	5.139	15,73	108,1	0,00	85,22	10,18	-3,00	0,00	0,00	92,40
V06	4.527	4.530	17,46	108,1	0,00	84,12	9,55	-3,00	0,00	0,00	90,67
V07	4.888	4.892	16,41	108,1	0,00	84,79	9,93	-3,00	0,00	0,00	91,72
V08	5.324	5.328	15,24	108,1	0,00	85,53	10,36	-3,00	0,00	0,00	92,89
V09	5.832	5.838	13,98	108,1	0,00	86,32	10,83	-3,00	0,00	0,00	94,15
V10	3.282	3.299	21,83	106,1	0,00	81,37	5,89	-3,00	0,00	0,00	84,26
V11	3.642	3.659	20,48	106,1	0,00	82,27	6,34	-3,00	0,00	0,00	85,61
V12	4.278	4.282	11,92	100,8	0,00	83,63	8,23	-3,00	0,00	0,00	88,86
Summe			42,07								

Schall-Immissionsort: H04 Hagen, Zur Waldeshöhe 7

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA

Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	3.154	3.166	19,62	105,0	0,00	81,01	7,37	-3,00	0,00	0,00	85,38
02	2.537	2.552	24,02	106,6	0,00	79,14	6,46	-3,00	0,00	0,00	82,60
03	2.032	2.049	26,02	105,8	0,00	77,23	5,54	-3,00	0,00	0,00	79,77
04	2.550	2.571	25,36	108,9	0,00	79,20	7,34	-3,00	0,00	0,00	83,54
05	1.647	1.671	30,90	108,9	0,00	75,46	5,54	-3,00	0,00	0,00	77,99
06	2.108	2.128	27,84	108,9	0,00	77,56	6,50	-3,00	0,00	0,00	81,06
07	2.013	2.037	28,40	108,9	0,00	77,18	6,32	-3,00	0,00	0,00	80,50
08	1.646	1.677	30,86	108,9	0,00	75,49	5,55	-3,00	0,00	0,00	78,04
09	2.448	2.473	25,87	108,9	0,00	78,86	7,16	-3,00	0,00	0,00	83,03
10	2.045	2.074	28,17	108,9	0,00	77,34	6,39	-3,00	0,00	0,00	80,73
11	2.954	2.964	23,43	108,9	0,00	80,44	8,03	-3,00	0,00	0,00	85,47
12	2.562	2.582	25,30	108,9	0,00	79,24	7,36	-3,00	0,00	0,00	83,60
13	788	840	37,92	106,5	0,00	69,49	2,10	-3,00	0,00	0,00	68,59
14	1.083	1.123	37,33	109,6	0,00	72,01	3,23	-3,00	0,00	0,00	72,24
V05	5.263	5.264	15,41	108,1	0,00	85,43	10,30	-3,00	0,00	0,00	92,73
V06	4.560	4.562	17,37	108,1	0,00	84,18	9,59	-3,00	0,00	0,00	90,77
V07	4.546	4.549	17,40	108,1	0,00	84,16	9,57	-3,00	0,00	0,00	90,73
V08	4.638	4.641	17,13	108,1	0,00	84,33	9,67	-3,00	0,00	0,00	91,00
V09	4.853	4.859	16,50	108,1	0,00	84,73	9,90	-3,00	0,00	0,00	91,63
V10	1.340	1.376	32,26	106,1	0,00	73,77	3,06	-3,00	0,00	0,00	73,83

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

23-1-3135-000
 Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG
 Krefelder Str. 203
 52070 Aachen

Beschreibung:

Windpark Sundern, Hochsauerlandkreis,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

H. Ristow / hri@ramboll.com

Berechnet:

22.09.2023 11:06/3.6.377

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: GB Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren) 10,0 m/s

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

WEA

Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
V11	1.771	1.801	29,21	106,1	0,00	76,11	3,76	-3,00	0,00	0,00	76,88
V12	1.510	1.520	25,28	100,8	0,00	74,64	3,87	-3,00	0,00	0,00	75,50
Summe			43,25								

Schall-Immissionsort: H05 Hagen, Zur Waldeshöhe 8

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA

Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	3.398	3.410	18,60	105,0	0,00	81,65	7,74	-3,00	0,00	0,00	86,40
02	2.789	2.805	22,77	106,6	0,00	79,96	6,89	-3,00	0,00	0,00	83,85
03	2.269	2.286	24,62	105,8	0,00	78,18	5,99	-3,00	0,00	0,00	81,17
04	2.825	2.845	23,99	108,9	0,00	80,08	7,83	-3,00	0,00	0,00	84,91
05	1.904	1.926	29,12	108,9	0,00	76,69	6,09	-3,00	0,00	0,00	79,78
06	2.376	2.395	26,29	108,9	0,00	78,59	7,02	-3,00	0,00	0,00	82,60
07	2.291	2.315	26,74	108,9	0,00	78,29	6,87	-3,00	0,00	0,00	82,16
08	1.924	1.952	28,95	108,9	0,00	76,81	6,14	-3,00	0,00	0,00	79,95
09	2.727	2.752	24,44	108,9	0,00	79,79	7,67	-3,00	0,00	0,00	84,46
10	2.318	2.346	26,57	108,9	0,00	78,41	6,93	-3,00	0,00	0,00	82,33
11	3.216	3.226	22,26	108,9	0,00	81,17	8,47	-3,00	0,00	0,00	86,64
12	2.837	2.857	23,93	108,9	0,00	80,12	7,85	-3,00	0,00	0,00	84,97
13	1.056	1.099	35,04	106,5	0,00	71,82	2,64	-3,00	0,00	0,00	71,46
14	1.363	1.398	34,85	109,6	0,00	73,91	3,81	-3,00	0,00	0,00	74,72
V05	5.126	5.128	15,76	108,1	0,00	85,20	10,17	-3,00	0,00	0,00	92,37
V06	4.427	4.430	17,76	108,1	0,00	83,93	9,44	-3,00	0,00	0,00	90,37
V07	4.381	4.385	17,90	108,1	0,00	83,84	9,39	-3,00	0,00	0,00	90,23
V08	4.442	4.447	17,71	108,1	0,00	83,96	9,46	-3,00	0,00	0,00	90,42
V09	4.633	4.639	17,14	108,1	0,00	84,33	9,67	-3,00	0,00	0,00	91,00
V10	1.550	1.585	30,68	106,1	0,00	75,00	3,41	-3,00	0,00	0,00	75,41
V11	1.961	1.991	28,05	106,1	0,00	76,98	4,06	-3,00	0,00	0,00	78,04
V12	1.484	1.495	25,47	100,8	0,00	74,50	3,82	-3,00	0,00	0,00	75,31
Summe			41,18								

Schall-Immissionsort: H06 Sundern, Auf'm Stein 1

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA

Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	3.783	3.787	17,13	105,0	0,00	82,57	8,30	-3,00	0,00	0,00	87,86
02	3.137	3.142	21,24	106,6	0,00	80,94	7,44	-3,00	0,00	0,00	85,38
03	2.760	2.765	22,12	105,8	0,00	79,83	6,83	-3,00	0,00	0,00	83,67
04	2.902	2.911	23,68	108,9	0,00	80,28	7,94	-3,00	0,00	0,00	85,22
05	2.298	2.305	26,80	108,9	0,00	78,25	6,85	-3,00	0,00	0,00	82,10
06	2.608	2.614	25,13	108,9	0,00	79,35	7,42	-3,00	0,00	0,00	83,77
07	2.305	2.315	26,74	108,9	0,00	78,29	6,87	-3,00	0,00	0,00	82,16
08	1.790	1.803	29,95	108,9	0,00	76,12	5,83	-3,00	0,00	0,00	78,95
09	2.585	2.597	25,22	108,9	0,00	79,29	7,39	-3,00	0,00	0,00	83,68
10	2.021	2.037	28,41	108,9	0,00	77,18	6,32	-3,00	0,00	0,00	80,49
11	3.448	3.451	21,32	108,9	0,00	81,76	8,82	-3,00	0,00	0,00	87,58
12	2.505	2.516	25,64	108,9	0,00	79,01	7,24	-3,00	0,00	0,00	83,25
13	1.530	1.542	31,24	106,5	0,00	74,76	3,50	-3,00	0,00	0,00	75,26
14	1.488	1.501	34,03	109,6	0,00	74,53	4,02	-3,00	0,00	0,00	75,55
V05	6.287	6.287	12,95	108,1	0,00	86,97	11,21	-3,00	0,00	0,00	95,18
V06	5.591	5.591	14,58	108,1	0,00	85,95	10,61	-3,00	0,00	0,00	93,56
V07	5.516	5.516	14,76	108,1	0,00	85,83	10,54	-3,00	0,00	0,00	93,37
V08	5.529	5.530	14,73	108,1	0,00	85,85	10,55	-3,00	0,00	0,00	93,41
V09	5.655	5.656	14,42	108,1	0,00	86,05	10,67	-3,00	0,00	0,00	93,72
V10	878	904	36,78	106,1	0,00	70,13	2,19	-3,00	0,00	0,00	69,31
V11	1.071	1.095	34,75	106,1	0,00	71,79	2,55	-3,00	0,00	0,00	71,34
V12	521	526	36,74	100,8	0,00	65,42	1,61	-3,00	0,00	0,00	64,04
Summe			43,19								

Projekt:

23-1-3135-000
 Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG
 Krefelder Str. 203
 52070 Aachen

Beschreibung:

Windpark Sundern, Hochsauerlandkreis,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

H. Ristow / hri@ramboll.com

Berechnet:

08.09.2023 14:43/3.6.377

DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

Berechnung: GB

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, CO:

0,0 dB

Art der Anforderung in der Berechnung:

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

Schallleistungspegel in der Berechnung:

Schallwerte sind Lwa-Werte (Mittlere Schallleistungspegel; Standard)

Einzeltonen:

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 Modells 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]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]
0,10	0,40	1,00	1,90	3,70	9,70	32,80	117,00

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32

WEA: ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O!

Schall: 4 H [Mode OM-NR-02-0] Lwa = 104,4 dB(A) + 2,1 dB OVB

Datenquelle	Quelle/Datum	Quelle	Bearbeitet
D02886581/2.0-de	21.06.2023	USER	06.07.2023 09:09

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton	Oktavbänder							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	106,5	Nein	92,3	92,6	97,8	102,2	101,7	95,4	84,5	64,8

WEA: ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O!

Schall: 0 H [Mode OM-YO-12-0] Lwa = 107,5 dB(A) + 2,1dB OVB

Datenquelle	Quelle/Datum	Quelle	Bearbeitet
D02886584/1.0-de	21.06.2023	USER	06.07.2023 08:49

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton	Oktavbänder							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	109,6	Nein	92,9	95,7	100,4	104,4	104,7	101,7	93,2	74,6

WEA: ENERCON E-40/5.40 500 40.3 !O!

Schall: Genehmigungspegel inkl. Unsicherheiten

Datenquelle	Quelle/Datum	Quelle	Bearbeitet
17.06.2022	USER		17.06.2022 17:48

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton	Oktavbänder							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	100,8	Nein	82,4	87,9	91,9	95,3	96,9	89,8	85,6	72,6

Projekt:

23-1-3135-000
Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG
Krefelder Str. 203
52070 Aachen

Beschreibung:

Windpark Sundern, Hochsauerlandkreis,
Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel

H. Ristow / hri@ramboll.com

Berechnet:

08.09.2023 14:43/3.6.377

DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

Berechnung: GB

WEA: VESTAS V162 5600 162.0 !O!

Schall: Genehmigungsspiegel inkl. Unsicherheiten

Datenquelle

Quelle/Datum Quelle Bearbeitet

Immissionsschutz Hochsauerlandkreis 17.05.2022 USER 17.06.2022 17:41

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton [dB]	Oktavbänder							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	106,1	Nein	86,9	94,6	99,4	101,3	100,1	96,0	88,9	78,8

WEA: Siemens Gamesa SG 6.0-170 6200 170.0 !O!

Schall: Genehmigungsspiegel Lwa 106,0 dB(A) zzgl. 2,1 OVB

Datenquelle

Quelle/Datum Quelle Bearbeitet

Genehmigungsbehörde 08.09.2023 USER 08.09.2023 14:25

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton [dB]	Oktavbänder							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	108,1	Nein	88,6	95,5	98,2	100,0	103,9	102,0	95,4	85,1

WEA: ENERCON E-160 EP5 E3 5560 160.0 !O!

Schall: 5 Hersteller [Mode Vs] Lwa = 102,9 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB

Datenquelle

Quelle/Datum Quelle Bearbeitet

D02444390/1.1-de 25.08.2021 USER 03.09.2021 10:50

Status	Nabenhöhe [m]	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton [dB]	Oktavbänder							
					63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	166,0	95% der Nennleistung	105,0	Nein	84,9	90,6	95,3	99,6	100,3	97,8	89,4	68,8

WEA: ENERCON E-160 EP5 E3 5560 160.0 !O!

Schall: 3 Hersteller [Mode IIIs] Lwa = 104,5 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB

Datenquelle

Quelle/Datum Quelle Bearbeitet

D02444390/1.1-de 25.08.2021 USER 03.09.2021 10:48

Status	Nabenhöhe [m]	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton [dB]	Oktavbänder							
					63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	166,0	95% der Nennleistung	106,6	Nein	86,9	92,4	96,5	101,1	102,0	99,6	91,2	70,9

WEA: ENERCON E-160 EP5 E3 5560 160.0 !O!

Schall: 4 Hersteller [Mode IVs] Lwa = 103,7 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB

Datenquelle

Quelle/Datum Quelle Bearbeitet

D02444390/1.1-de 25.08.2021 USER 03.09.2021 10:49

Status	Nabenhöhe [m]	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton [dB]	Oktavbänder							
					63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	166,0	95% der Nennleistung	105,8	Nein	85,7	91,3	95,8	100,3	101,2	98,7	90,4	69,9

WEA: ENERCON E-160 EP5 E3 5560 160.0 !O!

Schall: 0 Hersteller [Mode 0s] Lwa = 106,8 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB

Datenquelle

Quelle/Datum Quelle Bearbeitet

Hersteller D02250996/2.0 18.08.2021 USER 03.09.2021 10:48

Status	Nabenhöhe [m]	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton [dB]	Oktavbänder							
					63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	166,0	95% der Nennleistung	108,9	Nein	87,5	93,5	98,0	102,4	104,0	103,3	96,6	77,3

Schall-Immissionsort: D Allendorf, Oberer Stadtpfad 1

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Projekt:

23-1-3135-000
Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG
Krefelder Str. 203
52070 Aachen

Beschreibung:

Windpark Sundern, Hochsauerlandkreis,
Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel

H. Ristow / hri@ramboll.com

Berechnet:

22.09.2023 12:17/3.6.377

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: ZB, Lemax

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, CO: 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)

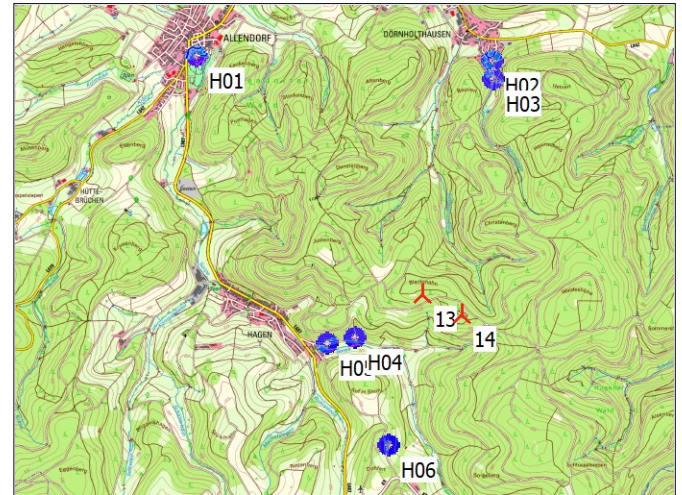
Gewerbegebiet: 50 dB(A)

Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)

Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



Maßstab 1:75.000

Neue WEA

Schall-Immissionsort

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ	Ak-tu-ell	Hersteller	Typ	Nenn-leistung	Rotor-durch-messer	Naben-höhe	Schallwerte	Quelle	Name	Windge-schwin-digkeit	LWA
			[m]						[kW]	[m]	[m]				[m/s]	[dB(A)]
13	429.132	5.679.401	543,1	ENERCON E-175 ...	Ja	ENERCON	E-175	EP5-6.000	6.000	175,0	162,0	USER	4 H [Mode OM-NR-02-0]	Lwa = 104,4 dB(A) + 1,7 dB Lemax	(95%)	106,1
14	429.527	5.679.205	550,0	ENERCON E-175 ...	Ja	ENERCON	E-175	EP5-6.000	6.000	175,0	162,0	USER	0 H [Mode OM-YO-12-0]	Lwa = 107,5 dB(A) + 1,7 dB Lemax	(95%)	109,2

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe	Anforderung	Beurteilungspegel
				[m]	[m]	Schall [dB(A)]	Von WEA [dB(A)]
H01	Allendorf, Oberer Stadtpfad 1	426.901	5.681.763	310,0	5,0	40,0	24,9
H02	Dörnholthausen, Ehu 17	429.829	5.681.709	376,2	5,0	40,0	29,4
H03	Dörnholthausen, In der Marmecke 11	429.839	5.681.536	380,9	5,0	45,0	30,2
H04	Hagen, Zur Waldeshöhe 7	428.468	5.678.975	409,8	5,0	45,0	40,2
H05	Hagen, Zur Waldeshöhe 8	428.196	5.678.914	394,8	5,0	40,0	37,6
H06	Sundern, Auf'm Stein 1	428.800	5.677.907	508,8	5,0	45,0	35,5

Abstände (m)

	WEA
Schall-Immissionsort	13 14
H01	3249 3666
H02	2411 2522
H03	2249 2352
H04	788 1083
H05	1056 1363
H06	1530 1488

Projekt:

23-1-3135-000
 Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG
 Krefelder Str. 203
 52070 Aachen

Beschreibung:

Windpark Sundern, Hochsauerlandkreis,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

H. Ristow / hri@ramboll.com

Berechnet:

22.09.2023 12:17/3.6.377

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: ZB, Lemax Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren) 10,0 m/s
 Annahmen

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

LWA,ref:	Schallleistungspegel der 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: H01 Allendorf, Oberer Stadtpfad 1

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA

Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
13	3.249	3.272	21,57	106,1	0,00	81,30	6,23	-3,00	0,00	0,00	84,53
14	3.666	3.687	22,28	109,2	0,00	82,33	7,56	-3,00	0,00	0,00	86,89
Summe			24,95								

Schall-Immissionsort: H02 Dörnholthausen, Ehu 17

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA

Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
13	2.411	2.433	25,37	106,1	0,00	78,72	5,01	-3,00	0,00	0,00	80,73
14	2.522	2.544	27,18	109,2	0,00	79,11	5,89	-3,00	0,00	0,00	82,00
Summe			29,38								

Schall-Immissionsort: H03 Dörnholthausen, In der Marmecke 11

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA

Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
13	2.249	2.272	26,22	106,1	0,00	78,13	4,75	-3,00	0,00	0,00	79,88
14	2.352	2.374	28,05	109,2	0,00	78,51	5,61	-3,00	0,00	0,00	81,12
Summe			30,24								

Schall-Immissionsort: H04 Hagen, Zur Waldeshöhe 7

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA

Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
13	788	840	37,52	106,1	0,00	69,49	2,10	-3,00	0,00	0,00	68,59
14	1.083	1.123	36,93	109,2	0,00	72,01	3,23	-3,00	0,00	0,00	72,24
Summe			40,25								

Schall-Immissionsort: H05 Hagen, Zur Waldeshöhe 8

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA

Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
13	1.056	1.099	34,64	106,1	0,00	71,82	2,64	-3,00	0,00	0,00	71,46
14	1.363	1.398	34,45	109,2	0,00	73,91	3,81	-3,00	0,00	0,00	74,72
Summe			37,56								

Projekt:

23-1-3135-000
 Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG
 Krefelder Str. 203
 52070 Aachen

Beschreibung:

Windpark Sundern, Hochsauerlandkreis,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

-

H. Ristow / hri@ramboll.com

Berechnet:

22.09.2023 12:17/3.6.377

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: ZB, Lemax Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren) 10,0 m/s

Schall-Immissionsort: H06 Sundern, Auf'm Stein 1

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA

Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
13	1.530	1.542	30,84	106,1	0,00	74,76	3,50	-3,00	0,00	0,00	75,26
14	1.488	1.501	33,63	109,2	0,00	74,53	4,02	-3,00	0,00	0,00	75,55
Summe			35,46								

Projekt:

23-1-3135-000
 Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG
 Krefelder Str. 203
 52070 Aachen

Beschreibung:

Windpark Sundern, Hochsauerlandkreis,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

H. Ristow / hri@ramboll.com

Berechnet:

22.09.2023 12:17/3.6.377

DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

Berechnung: ZB, Lemax

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, CO:

0,0 dB

Art der Anforderung in der Berechnung:

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

Schallleistungspegel in der Berechnung:

Schallwerte sind Lwa-Werte (Mittlere Schallleistungspegel; 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 Modells 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]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]
0,10	0,40	1,00	1,90	3,70	9,70	32,80	117,00

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32

WEA: ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O!

Schall: 4 H [Mode OM-NR-02-0] Lwa = 104,4 dB(A) + 1,7 dB Lemax

Datenquelle	Quelle/Datum	Quelle	Bearbeitet
D02886581/2.0-de	21.06.2023	USER	06.07.2023 09:09

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton	Oktavbänder							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	106,1	Nein	91,9	92,2	97,4	101,8	101,3	95,0	84,1	64,4

WEA: ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O!

Schall: 0 H [Mode OM-YO-12-0] Lwa = 107,5 dB(A) + 1,7 dB Lemax

Datenquelle	Quelle/Datum	Quelle	Bearbeitet
D02886584/1.0-de	21.06.2023	USER	06.07.2023 08:49

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton	Oktavbänder							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	109,2	Nein	92,5	95,3	100,0	104,0	104,3	101,3	92,8	74,2

Schall-Immissionsort: H01 Allendorf, Oberer Stadtpfad 1

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: H02 Dörnholthausen, Ehu 17

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Projekt:

23-1-3135-000
 Trianel Wind und Solar GmbH & Co.KG
 Krefelder Str. 203
 52070 Aachen

Beschreibung:

Windpark Sundern, Hochsauerlandkreis,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

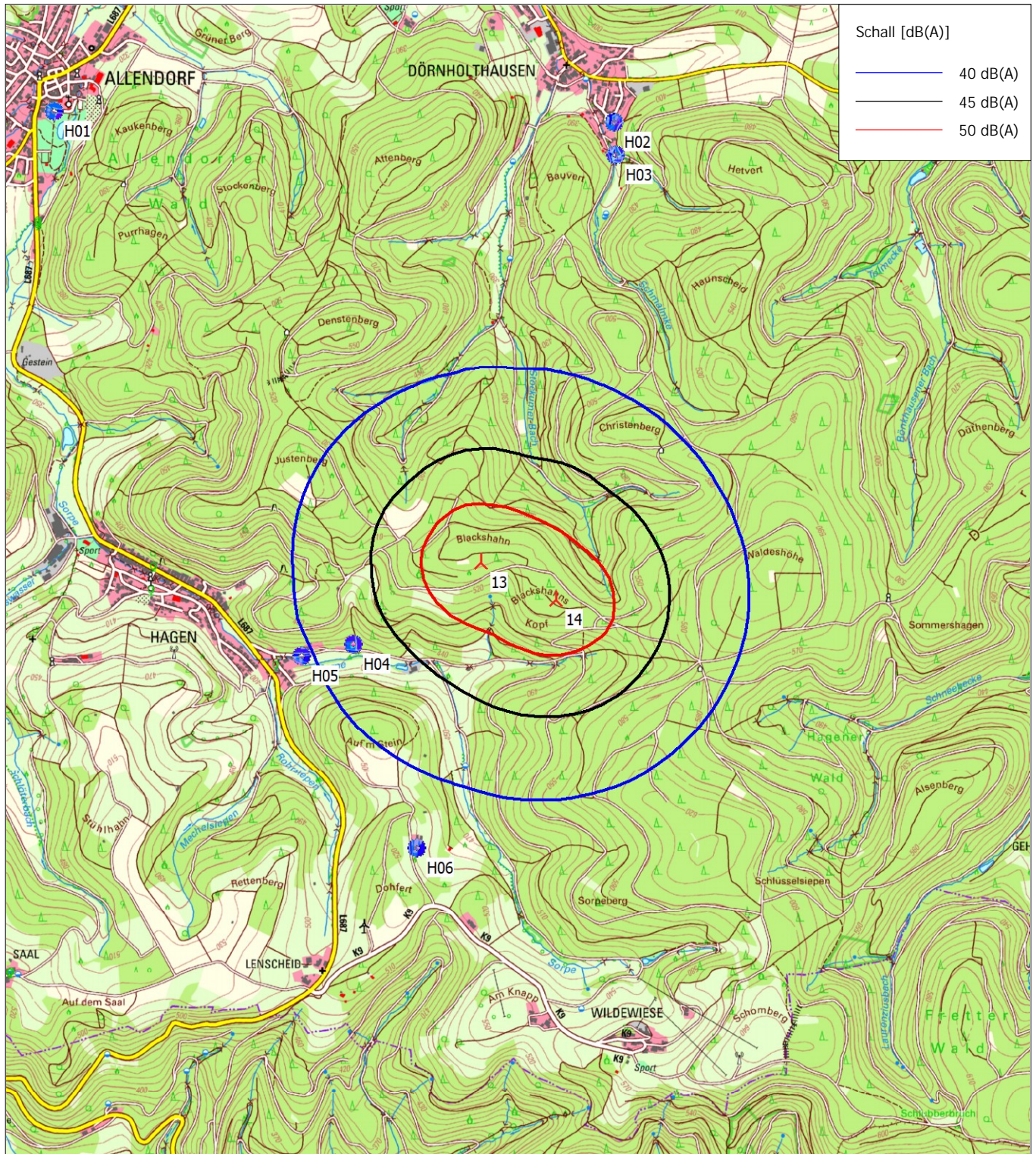
H. Ristow / hri@ramboll.com

Berechnet:

22.09.2023 12:13/3.6.377

DECIBEL - Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Berechnung: ZB Einwirkungsbereich Tagbetrieb



0 500 1000 1500 2000 m

Karte: tk 25, Maßstab 1:30.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 429.329 Nord: 5.679.303

Neue WEA

Schall-Immissionsort

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

Anhang Teil II: Eingangsdaten - Datengrundlagen

Technisches Datenblatt

Oktavbandpegel Betriebsmodus OM-YO-12-0

ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5 / 6000 kW

Technische Änderungen vorbehalten.

4 Oktavbandpegel des lautesten Zustands

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Betriebsmodus aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 2: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
8,5	90,8	93,6	98,3	102,3	102,6	99,6	91,1	72,5

Technisches Datenblatt

Oktavbandpegel Betriebsmodus OM-NR-02-0

ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5 / 6000 kW

Technische Änderungen vorbehalten.

4 Oktavbandpegel des lautesten Zustands

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Betriebsmodus aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 2: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	90,2	90,5	95,7	100,1	99,6	93,3	82,4	62,7

4 Oktavbandpegel des lautesten Zustands

4.1 Betriebsmodus 0 s

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Betriebsmodi aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 2: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
8	75,9	85,1	90,9	95,3	100,1	101,9	101,3	94,7	75,5

Tab. 3: Oktavbandpegel für NH 99 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
6	75,7	85,0	91,0	95,5	99,9	101,7	101,4	96,1	80,6

Tab. 4: Oktavbandpegel für NH 120 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	75,6	84,8	90,6	95,1	99,9	101,9	101,5	95,8	79,0

Tab. 5: Oktavbandpegel für NH 166 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	76,2	85,4	91,4	95,9	100,3	101,9	101,2	94,5	75,2

4.3 Betriebsmodus NR III s

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Leistungsoptimierte Schallbetriebe aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 10: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
8	75,5	84,6	90,1	94,3	99,0	99,9	97,5	89,1	68,9

Tab. 11: Oktavbandpegel für NH 99 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	75,0	84,1	89,6	93,9	98,7	99,8	97,9	90,8	74,3

Tab. 12: Oktavbandpegel für NH 120 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	75,2	84,4	89,9	94,1	98,9	99,8	97,7	90,2	72,6

Tab. 13: Oktavbandpegel für NH 166 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	75,7	84,8	90,3	94,4	99,0	99,9	97,5	89,1	68,8

4.4 Betriebsmodus NR IV s

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Leistungsoptimierte Schallbetriebe aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 14: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
7,5	74,4	83,5	89,1	93,7	98,2	99,1	96,6	88,3	67,9

Tab. 15: Oktavbandpegel für NH 99 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	74,2	83,3	88,9	93,4	98,0	99,0	97,0	89,9	73,4

Tab. 16: Oktavbandpegel für NH 120 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	74,5	83,6	89,1	93,6	98,0	99,0	96,9	89,3	71,6

Tab. 17: Oktavbandpegel für NH 166 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5	74,5	83,6	89,2	93,7	98,2	99,1	96,6	88,3	67,8

4.5 Betriebsmodus NR V s

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Leistungsoptimierte Schallbetriebe aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 18: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
7	73,3	82,4	88,2	93,1	97,5	98,2	95,7	87,4	66,8

Tab. 19: Oktavbandpegel für NH 99 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5	73,0	82,1	87,9	92,8	97,3	98,1	96,1	89,0	72,3


Tab. 20: Oktavbandpegel für NH 120 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5	73,2	82,3	88,1	92,9	97,4	98,2	96,0	88,4	70,5

Tab. 21: Oktavbandpegel für NH 166 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5	73,7	82,8	88,5	93,2	97,5	98,2	95,7	87,3	66,7

Gemeinde	Ortsteil/Gemarkung	Standortbezeichnung	East	North	Anlagentyp/Hersteller	Nenn-leistung	NABEN-HOEHE	Rotor-radius	Status	ASTNR	Anlagen-nummer	Genehmigungs-datum	Bemerkung	Aktenzeichen	Schallleistungspegel LO Okt. zur Nachtzeit [dB(A)] inkl. Unsicherheit	Betriebs-modus nachts	σ_p [dB(A)]	$L_{WA,OH}$ [dB(A)] f = 63 Hz	$L_{WA,OH}$ [dB(A)] f = 125 Hz	$L_{WA,OH}$ [dB(A)] f = 250 Hz	$L_{WA,OH}$ [dB(A)] f = 500 Hz	$L_{WA,OH}$ [dB(A)] f = 1000 Hz	$L_{WA,OH}$ [dB(A)] f = 2000 Hz	$L_{WA,OH}$ [dB(A)] f = 4000 Hz	$L_{WA,OH}$ [dB(A)] f = 8000 Hz
Sundern	Amecke	Windpark Sundern Allendorf	424862	5682808	SG 6.0-170/Siemens Gamesa	6200	165	85	beantragt	8194008	8194008.5			40503-2021	108,1	AM0	1,2	86,5	93,4	96,1	97,9	101,8	99,9	93,3	83
Sundern	Amecke	Windpark Sundern Allendorf	424962	5681869	SG 6.0-170/Siemens Gamesa	6200	165	85	beantragt	8194008	8194008.3			40503-2021	108,1	AM0	1,2	86,5	93,4	96,1	97,9	101,8	99,9	93,3	83
Sundern	Allendorf	Windpark Sundern Allendorf	424036	5680954	SG 6.0-170/Siemens Gamesa	6200	165	85	beantragt	8194008	8194008.1			40503-2021	108,1	AM0	1,2	86,5	93,4	96,1	97,9	101,8	99,9	93,3	83
Sundern	Allendorf	Windpark Sundern Allendorf	425383	5682332	SG 6.0-170/Siemens Gamesa	6200	165	85	beantragt	8194008	8194008.4			40503-2021	108,1	AM0	1,2	86,5	93,4	96,1	97,9	101,8	99,9	93,3	83
Sundern	Allendorf	Windpark Sundern Allendorf	424517	5681404	SG 6.0-170/Siemens Gamesa	6200	165	85	beantragt	8194008	8194008.2			40503-2021	108,1	AM0	1,2	86,5	93,4	96,1	97,9	101,8	99,9	93,3	83
Sundern	Westenfeld	Windpark Westenfeld I	432381	5688040	E-115/Enercon	2500	149,4	57,5	beantragt	9997023	9997023.1				102,9	BM 2.500 kW s									
Sundern	Westenfeld	Windpark Westenfeld I	435161	5688123	E-115/Enercon	2500	149,4	57,5	beantragt	9997023	9997026.0001				102,9	BM 2.500 kW s									
Sundern	Westenfeld	Windpark Westenfeld I	434125	5688702	E-115/Enercon	2500	149,4	57,5	beantragt	9997023	9997025.0001				102,9	BM 2.500 kW s									
Sundern	Westenfeld	Windpark Westenfeld I	432878	5688364	E-115/Enercon	2500	149,4	57,5	beantragt	9997023	9997024.0001				102,9	BM 2.500 kW s									
Sundern	Hagen	Windkraftanlage Nolte	428522	5677466	E-40/Enercon	500	65	20,15	errichtet	8251022	8251022.0001	1996-01-10			100,8										
Sundern	Hövel	Hövel Wind GbR	425769	5692394	MM92/Servion	2050	100	46,25	errichtet	8250998	8250998.0001	2013-07-02			103,9										
Sundern	Hagen	WP Sundern Hagen	429603	5678263	V 162-5.6	5600	166	81	beantragt	8194505	8194505.1			40315-2020	105,7	MO	1,2	84,8	92,5	97,3	99,2	98	93,9	86,8	76,7
Sundern	Hagen	WP Sundern Hagen	429871	5677894	V 162-5.6	5600	166	81	beantragt	8194505	8194505.2			40315-2020	105,7	MO	1,2	84,8	92,5	97,3	99,2	98	93,9	86,8	76,7

ENERCON <small>GmbH</small> <small>Dreieckamp 5 Tel.: 04941 / 927 - 0</small> <small>26605 Aurich Fax: 04941 / 927 - 199</small>	 ENERCON Schalleistungspegel E-40	Seite 1 v. 1
--	--	-----------------

Die Schalleistungspegel der ENERCON E-40 / 500 kW werden wie folgt angegeben:

Naben- höhe	<u>gemessener</u> Schalleistungspegel und Tonhaltigkeitszuschlag für 8 m/s in 10 m Höhe KÖTTER	ENERCON Garantie	<u>gemessener</u> Schalleistungspegel und Tonhaltigkeitszuschlag für 10 m/s in 10 m Höhe KÖTTER	ENERCON Garantie
44 m	98,9 dB(A) 0 dB	98,3 dB(A) 0-1 dB	100,2 dB(A) 0 dB	101 dB(A) 0-1 dB
50 m	99,1 dB(A) 0 dB	98,5 dB(A) 0-1 dB	100,4 dB(A) 0 dB	101 dB(A) 0-1 dB
55 m	99,2 dB(A) 0 dB	99,0 dB(A) 0-1 dB	100,5 dB(A) 0 dB	101 dB(A) 0-1 dB
65 m	99,5 dB(A) 0 dB	99,0 dB(A) 0-1 dB	100,8 dB(A) 0 dB	101 dB(A) 0-1 dB

1. Diese Angaben beziehen sich auf die Schalleistungspegelvermessungen der E-40 durch das Ingenieurbüro Kötter Beratende Ingenieure, Rheine entsprechend dem neuesten Meßbericht 23554-2.002 vom 03.03.1998 und gelten für 8 m/s und 10 m/s in 10 m Höhe, wobei eine Meßgenauigkeit von < 2 dB(A) im o.g. Bericht bestätigt wird.
2. Die Schalleistungspegelvermessungen wurden entsprechend dem Entwurf DIN IEC 88/48/CDV ("Klassifikation VDE 0127, Teil 10 - Windenergieanlagen, Teil 10: Schallmeßverfahren - Ausgabe März 1996"), der IEA-Empfehlung ("Recommended Practices For Wind Turbine Testing, 4. Acoustics: Measurements of Noise Emission From Wind Turbines" 3. Ausgabe 1994), sowie dem DIN Entwurf 45681 ("Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschimmissionen" Ausgabe Januar 1992) durchgeführt.
3. Aufgrund einer geänderten Betriebsweise, sowie im Hinblick auf die angegebene Meßgenauigkeit garantiert die Firma ENERCON geringere Schalleistungspegelwerte, als die vom Ingenieurbüro Kötter zertifizierten.

ENERCON Anlagen gewährleisten mit ihrer variablen Betriebsführung, daß vorgegebene Schallgrenzwerte während der gesamten Lebensdauer der Anlagen eingehalten werden.

4. Die konstruktive Bauweise der ENERCON Anlagen (keine schnelldrehenden Teile - somit kein mechanischer Verschleiß) gewährleistet, daß eine Erhöhung des Maschinengeräusches während der gesamten Anlagenlebensdauer ausgeschlossen werden kann.

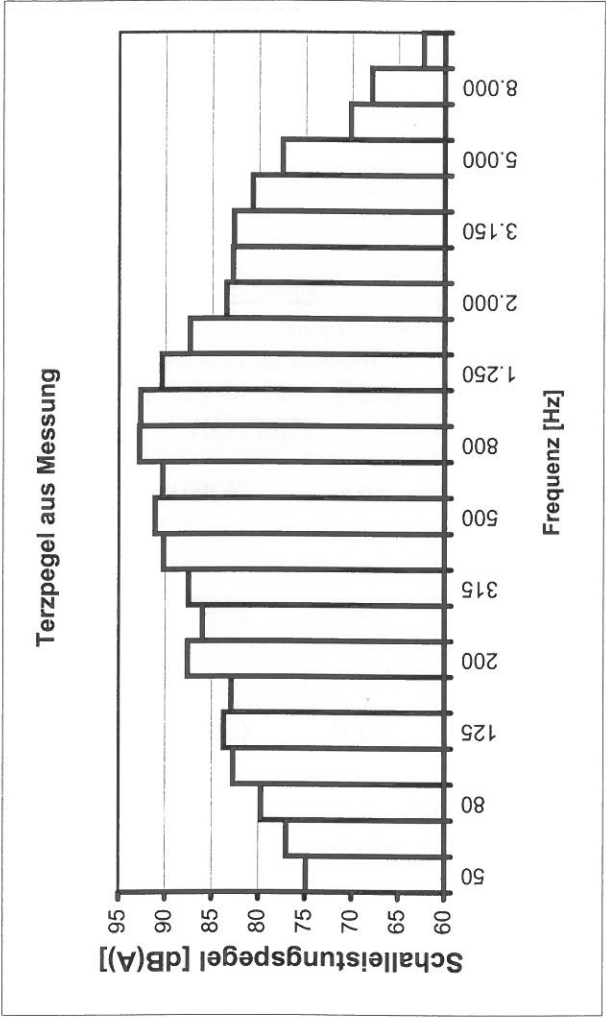


Berechnung Schalleistungspegel über Terz- oder Oktavpegel für E-40/5.40 mit 65m Nabenhöhe

(Werte der Vermessung, bezogen auf Meßbericht KÖTTER 23554-2.002)

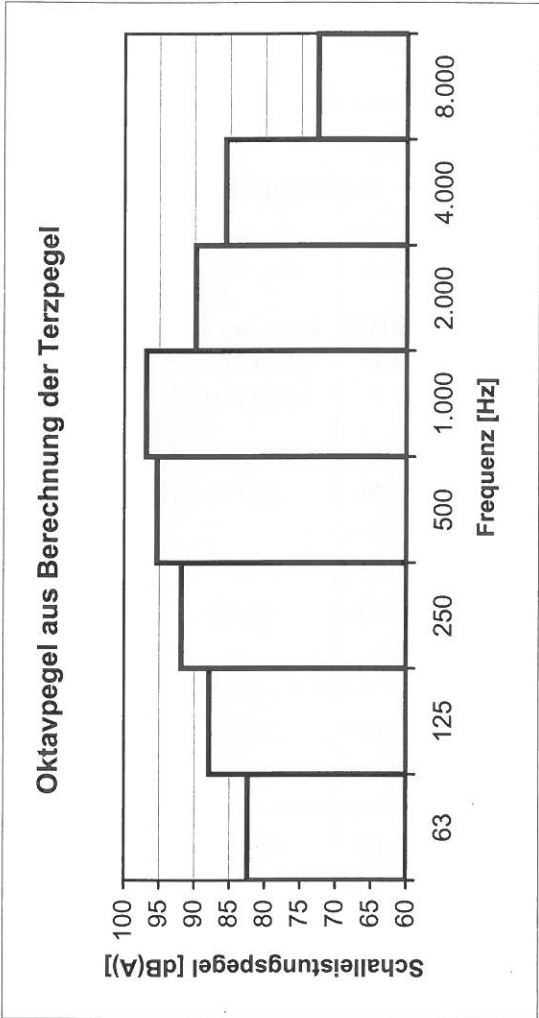
Terzpegel aus Messung für 10m/s in 10m Höhe:

Terzmitten- frequenz [Hz]	L(WA) [dB(A)]	Terzmitten- frequenz [Hz]	L(WA) [dB(A)]
50	74,9	800	92,8
63	77,0	1.000	92,7
80	79,7	1.250	90,4
100	82,7	1.600	87,4
125	83,7	2.000	83,5
160	82,9	2.500	82,8
200	87,6	3.150	82,7
250	86,0	4.000	80,7
315	87,5	5.000	77,5
400	90,2	6.300	70,2
500	91,1	8.000	67,9
630	90,3	10.000	62,3
Summe:			100,8



Oktavpegel berechnet aus Terzmittenfrequenz:

Oktavmitten- frequenz	L(WA)
[Hz]	[dB(A)]
63	82,4
125	87,9
250	91,9
500	95,3
1.000	96,9
2.000	89,8
4.000	85,6
8.000	72,6
Summe:	
100,8	



Anhang Teil III: Akkreditierung und Theoretische Grundlagen



Deutsche Akkreditierungsstelle

Anlage zur Akkreditierungsurkunde D-PL-21488-01-00 nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018

Gültig ab: **14.12.2022**

Ausstellungsdatum: 14.12.2022

Inhaber der Akkreditierungsurkunde:

Ramboll Deutschland GmbH

mit den Standorten:

Elisabeth-Consbruch-Straße 3, 34131 Kassel

Lister Straße 9, 30163 Hannover

Das Prüflaboratorium erfüllt die Mindestanforderungen gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 und gegebenenfalls zusätzliche gesetzliche und normative Anforderungen, einschließlich solcher in relevanten sektoralen Programmen, um die nachfolgend aufgeführten Konformitätsbewertungstätigkeiten durchzuführen.

Die Anforderungen an das Managementsystem in der DIN EN ISO/IEC 17025 sind in einer für Prüflaboratorien relevanten Sprache verfasst und stehen insgesamt in Übereinstimmung mit den Prinzipien der DIN EN ISO 9001.

Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen von Windenergieanlagen (WEA) einschließlich Prüfung windklimatologischer Eingangsdaten; Bestimmung des Referenzertrages; Bestimmung der Standortgüte; Durchführung und Auswertung von Windmessungen zur Bestimmung des Windpotenzials; Verifizierung von Fernmessgeräten (Lidar und Sodar), 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

Innerhalb der mit * gekennzeichneten Prüfverfahren ist dem Prüflaboratorium, ohne dass es einer vorherigen Information und Zustimmung der DAkkS bedarf, die Anwendung der hier aufgeführten genormten oder ihnen gleichzusetzenden Prüfverfahren mit unterschiedlichen Ausgabeständen gestattet.

Das Prüflaboratorium verfügt über eine aktuelle Liste aller Prüfverfahren im flexiblen Akkreditierungsbereich.

Diese Urkundenanlage gilt nur zusammen mit der schriftlich erteilten Urkunde und gibt den Stand zum Zeitpunkt des Ausstellungsdatums wieder. Der jeweils aktuelle Stand der gültigen und überwachten Akkreditierung ist der Datenbank akkreditierter Stellen der Deutschen Akkreditierungsstelle zu entnehmen (www.dakks.de)

Verwendete Abkürzungen: siehe letzte Seite

Seite 1 von 3

Theoretische Grundlagen

Inhalte

1	ALLGEMEINES ZUM SCHALL	II
1.1	Hörbarer Schall	II
1.2	Schallausbreitung und Vorschriften	II
1.3	Schallleistungs-, Schalldruck-, Mittelungs- und Beurteilungspegel	IV
1.4	Vorbelastung, Zusatz- und Gesamtbelastung	V
1.5	Schallimmissionen von Windenergieanlagen	V
2	IMMISSIONSPROGNOSE	VI
2.1	Normative Grundlagen	VI
2.2	Berechnungsgrundlagen	VI
2.3	Tieffrequente Geräusche und Infraschall	XI
3	GENEHMIGUNGSFESTSETZUNGEN UND RECHTSKONFORMER BETRIEB	XII
3.1	Kontrolle des genehmigungskonformen Betriebs	XII
3.2	Aufnahme des Nachtbetriebs	XIII
4	QUELLENVERZEICHNIS – THEORETISCHER TEIL	XIV

1 Allgemeines zum Schall

1.1 Hörbarer Schall

Der Schall besteht aus Luftdruckschwankungen, die vom menschlichen Ohr wahrgenommen werden. Abbildung 1 zeigt den Hörbereich des menschlichen Ohrs in einem logarithmischen Maßstab.

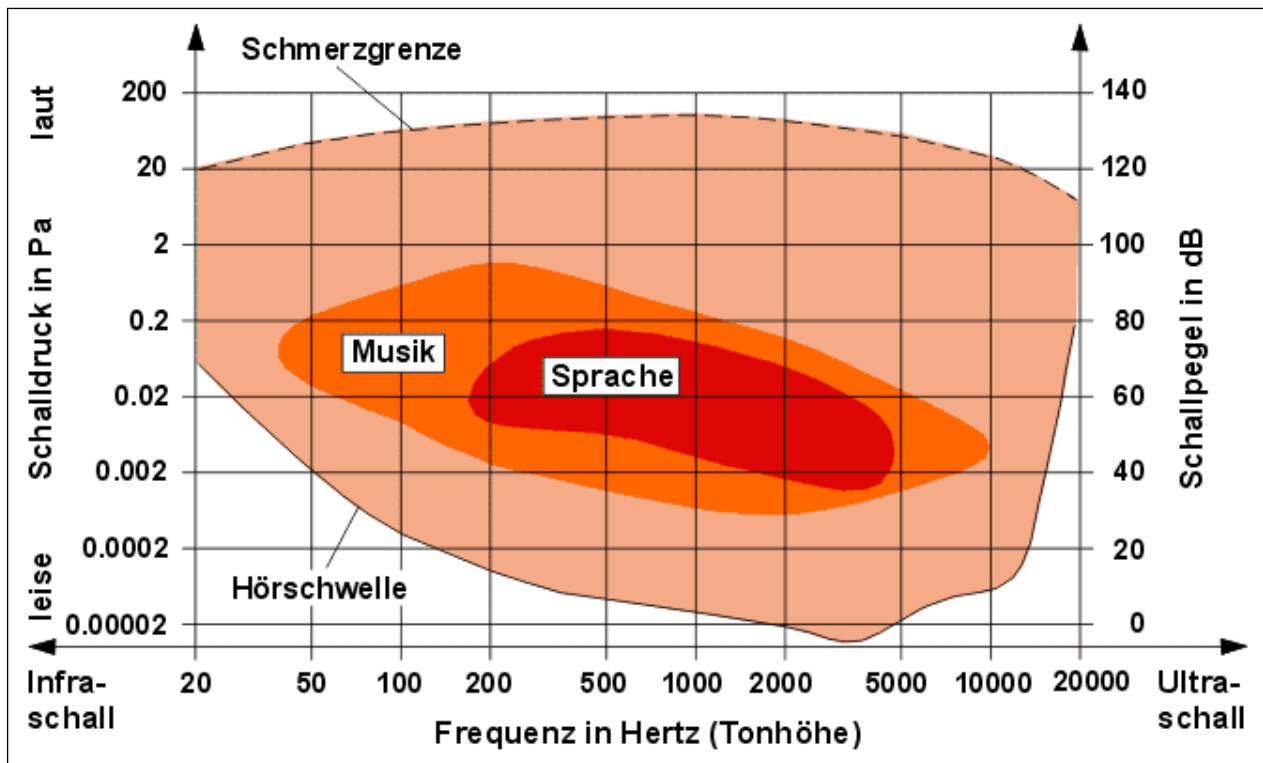


Abbildung 1: Hörbereich des Menschen [1]

Der hörbare Bereich liegt zwischen ca. 20 Hz (Hertz) und 20.000 Hz. Das Ohr nimmt Druckschwankungen im mittleren Frequenzbereich ab ca. 2×10^{-5} Pascal (Pa) (= 0 dB) wahr, ab 20 Pa (110 dB) wird der Schall als schmerzhaft wahrgenommen. Der Schall unter 20 Hz wird als Infraschall, der Schall über 20.000 Hz als Ultraschall bezeichnet.

1.2 Schallausbreitung und Vorschriften

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.

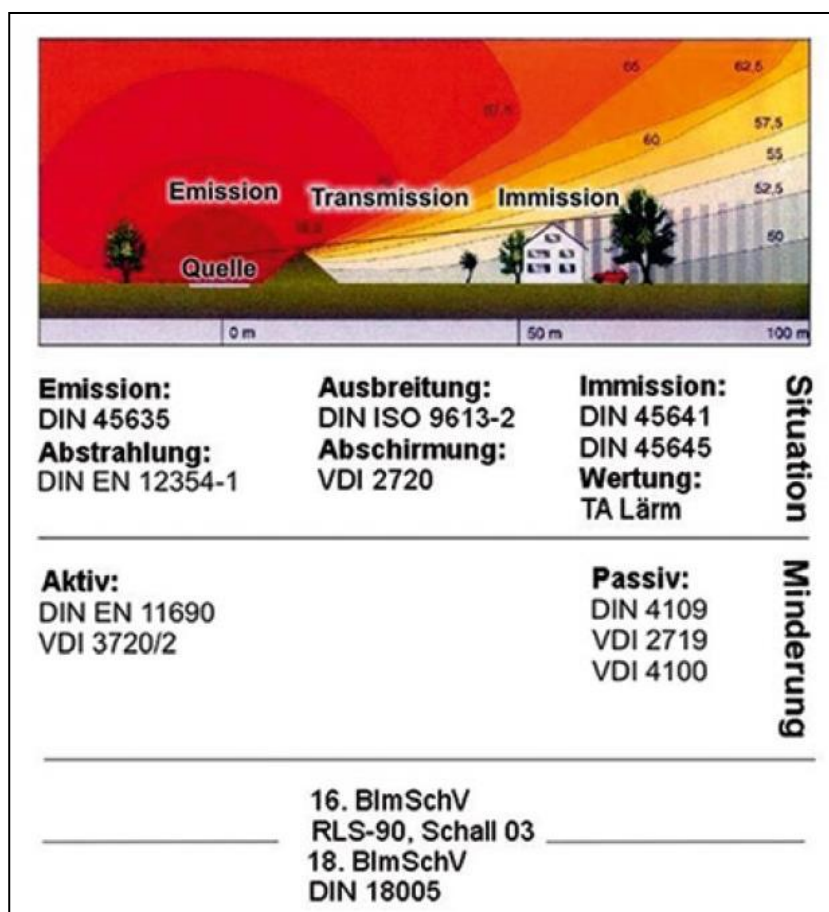


Abbildung 2: Normen und Grundlagen zum Schall [2]

Die gesetzliche Grundlage für die Problematik 'Emission – Transmission – Immission' bildet das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) [3]. Bauliche Anlagen müssen von den Gewerbeaufsichts- bzw. Umweltämtern auf Basis der 'Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm' (TA-Lärm [4]) 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 [5]) sind die Baugebietsarten festgelegt, denen nach der TA Lärm [4] eine immissionsschutzrechtliche Schutzwürdigkeit 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
45 dB (A)	für Kern-, Misch- und Dorfgebiete ohne Überwiegen einer Nutzungsart
50 dB (A)	für Gewerbegebiete (vorwiegend gewerbliche Anlagen).

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 an die Hörcharakteristik des Menschen angepasst ist. So können verschiedenartige Geräusche miteinander verglichen und bewertet werden. Dieser über einen Filter (mit der Charakteristik „A“ nach [6]) 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 [7] verwendet wird.

Der Schall breitet sich kugelförmig 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 lärmverstärkend. 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 WEA: innerhalb eines Windgeschwindigkeit-BINs). Der für die Prognose verwendete Schalleistungspegel L_{WA} entspricht dem nach FGW-Richtlinie [8] ermittelten, maximalen Schalleistungspegel innerhalb des gesamten Betriebsbereiches einer WEA.

Die genaue Verfahrensweise zur Durchführung einer Schallemissionsmessung zur Ermittlung des Schalleistungspegels von WEA kann der entsprechenden Norm bzw. technischen Richtlinie [9], [8] entnommen werden.

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.

1.4 Vorbelastung, Zusatz- und Gesamtbelastung

Existieren in der Nähe eines Standorts bereits Geräuschquellen (z.B. Windenergieanlagen, Biogasanlagen, gewerbliche Anlagen) oder befinden sich in Planung, so sind diese als Vorbelastung zu berücksichtigen und die neu geplante(n) Anlage(n) als Zusatzbelastung zu bewerten. Die Gesamtbelastung ergibt sich aus der energetischen Addition der Geräusche aller zu berücksichtigenden Anlagen.

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 die Geräusche aus den verschiedenen Quellen unterschiedlich dominant auf, sind jedoch überwiegend durch das Blatt geprägt. Die Schallabstrahlung einer WEA ist nicht konstant, sondern in erster Linie von der Blattspitzengeschwindigkeit und damit von der Leistung der WEA bzw. von der Windgeschwindigkeit abhängig. Der immissionsrelevante Schallleistungspegel 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. 1,5 dB(A) pro m/s Windgeschwindigkeitszunahme). Zwischenzeitlich hatte sich die Vorgehensweise durchgesetzt, dass die Prognose mit dem Schallleistungspegel bei $v_{10} = 10$ m/s oder mit dem Wert bei Erreichen von 95 % der Nennleistung, erstellt wird. Mittlerweile ist es gängige Praxis, den lautesten Betriebszustand der WEA als Emissionsansatz zu wählen, unabhängig von der Windgeschwindigkeit. Dieser Betriebszustand wird je nach Standort nur in etwa 10-20 % der Zeit erreicht.

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.

2 Immissionsprognose

2.1 Normative Grundlagen

Die Prognosen sind nach der Technischen Anleitung Lärm (TA-Lärm [4]) als detaillierte Prognose anhand der DIN ISO 9613-2 [7] zu erstellen, wobei evtl. bestehende Vorbelastungen durch gewerbliche Geräusche an den Immissionsorten berücksichtigt werden müssen. Die DIN ISO 9613-2 gilt für die Berechnung bei bodennahen Quellen (bis 30 m mittlere Höhe zwischen Quelle und Empfänger; s. Kapitel 9, Tabelle 5). Zur Anpassung des Prognoseverfahrens auf hochliegende Quellen hat der Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) auf Basis neuerer Untersuchungsergebnisse und auf Basis theoretischer Berechnungen ein Interimsverfahren [10] veröffentlicht. Für WKA als hochliegende Schallquellen (> 30 m) sind diese neueren Erkenntnisse mittlerweile in allen Bundesländern im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen. Die Immissionsprognose ist daher nach dem Interimsverfahren – sowohl für Vorbelastungsanlagen als auch für neu beantragte Anlagen – frequenzselektiv durchzuführen. Hierbei sind zur Berechnung der Luftabsorption die Luftdämpfungskoeffizienten α nach Tabelle 2 der DIN ISO 9613-2 [2] für die relative Luftfeuchte 70 % und die Lufttemperatur von 10° C anzusetzen.

2.2 Berechnungsgrundlagen

2.2.1 Eingangsdaten

In der Regel werden bei der schalltechnischen Vermessung von Windenergieanlagen der A-bewertete mittlere Schallleistungspegel L_{WA} sowie nach FGW-Richtlinie [8] oktavbandbezogene Werte $L_{WA,Okt}$ ermittelt. Bei noch nicht vermessenen WEA sind nach LAI Hinweisen [11] auch Herstellerangaben heranziehbar, die im Allgemeinen nur geringfügig von Vermessungen abweichen und in der Prognose mit entsprechenden Unsicherheitszuschlägen beaufschlagt werden (siehe Kapitel 2.2.2). Die verwendeten Angaben zum Schallleistungspegel $L_{WA,Okt}$ beziehen sich auf den lautesten Gesamtschallleistungspegel des WEA-Typs im jeweiligen Betriebsmodus. Die WEA werden im Modell als Punktschallquellen nachgebildet.

2.2.2 Unsicherheiten

Auf die Oktavdaten $L_{WA,Okt}$ wird ein Aufschlag entsprechend der Quelle der Daten angewendet. Der Zuschlag ΔL_o zum oberen Vertrauensbereich wurde, soweit keine anderen Angaben aus den Genehmigungsunterlagen vorlagen, nach den Hinweisen der LAI [11] wahrscheinlichkeitsmathematisch aus den Unsicherheiten für die Serienstreuung σ_P , die Typvermessung σ_R und die Prognoseunsicherheit σ_{Prog} ermittelt. Sie können für jede WEA dem Kapitel 3.2 des Berichts entnommen werden.

Die Unsicherheit der Angabe des Schallleistungspegels, bestehend aus Messunsicherheit und Serienstreuung kann als σ_{WEA} zusammengefasst werden:

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

Der Zuschlag ΔL_o für das 90%-Vertrauensintervall wird emissionsseitig auf die Oktav-Schallleistungspegel $L_{WA,Okt}$ der WEA aufgeschlagen:

$$L_{o,Okt} = L_{WA,Okt} + \Delta L_o \quad \text{mit } \Delta L_o = 1,28 \times \sigma_{ges},$$

$$\sigma_{ges} = \sqrt{\sigma_P^2 + \sigma_R^2 + \sigma_{prog}^2} \text{ bzw. } \sigma_{ges,i} = \sqrt{\sigma_{LWA,i}^2 + \sigma_{prog}^2}$$

Der statistische Ausgleich der Unsicherheiten mehrerer Quellen wird bei diesem Verfahren nicht betrachtet. Daher liegen die berechneten Beurteilungspegel $L_{r,o}$ über den statistisch wahrscheinlich auftretenden Immissionspegeln.

Da bei einer Abnahmemessung der WEA die Unsicherheit des Prognosemodells keine Berücksichtigung findet, empfehlen die LAI-Hinweise [11] die Festschreibung der Oktav-Schalleistungspegel nur mit den WEA-immanenten Unsicherheiten σ_R und σ_P :

$$L_{e,max,Okt} = L_{WA,Okt} + \Delta L_{e,max} \quad \text{mit } \Delta L_{e,max} = 1,28 \times \sqrt{\sigma_P^2 + \sigma_R^2}$$

2.2.3 Zuschläge für Einzeltöne (Tonhaltigkeit) K_T

Als Quellen für tonhaltige Geräusche an einer WEA sind in erster Linie drehende mechanische Teile wie beispielsweise Getriebe, Generatoren, Azimutmotoren sowie Hydraulikanlagen zu nennen. Tonhaltigkeiten im Anlagengeräusch sollen konstruktiv vermieden bzw. auf ein Minimum reduziert werden. Basierend auf der bei einer Emissionsmessung gemessenen Tonhaltigkeit im Nahbereich K_{TN} gilt für Entfernungen über 300 m folgender Tonzuschlag K_T :

$$K_T = 0 \quad \text{für } 0 \leq K_{TN} \leq 2$$

Die Zuschläge für Impuls- und Tonhaltigkeit der Anlagen werden in der Regel bei Schallemissionsmessungen durch autorisierte Institute bewertet und werden in den Berichten zur schalltechnischen Vermessung dokumentiert. Sie werden ebenfalls in den technischen Unterlagen der WEA-Hersteller angegeben.

Sofern für eine WEA ein $K_{TN} = 2$ dB im Nahbereich ausgewiesen wird, ist über Messungen in immissionsrelevanter Entfernung zu bestimmen, inwiefern Tonhaltigkeiten dort auftreten und ggf. technische Minderungsmaßnahmen an der WEA vorzunehmen. WEA, die im Nahbereich höhere

tonhaltige Geräuschemissionen hervorrufen, entsprechen nicht dem Stand der Technik [11].

2.2.4 Zuschläge für Impulse (Impulshaltigkeit) K_I

Impulshaltige Geräusche also Geräusche mit periodischen oder kurzfristige starken Geräuschpegeländerungen 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 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.

Im Nahbereich einer WEA ist das während des Rotorumlafs jeweils nächstliegende Rotorblatt für einen Betrachter am Boden kurzfristig (und periodisch) lauter. Dieser Effekt tritt mit zunehmender Entfernung von der WEA und der Vergleichmäßigung der einzelnen Blattemissionen im Fernbereich ab 300-500 m jedoch nicht mehr auf. Weitere Quellen für impulshaltige Geräusche bei WEA gibt es in der Regel nicht, so dass die Impulshaltigkeit für eine Schallimmissionsprognose i.d.R. nicht relevant ist.

2.2.5 Ausbreitungsrechnung

Die Emissionsdaten der WEA werden bei der Transmission zum Immissionsort verschiedenen Dämpfungen unterworfen, die in der DIN ISO 9613-2 [7] beschrieben und hier dargestellt werden. Die Dämpfungswerte werden frequenzselektiv für die Oktavbandfrequenzen von 62,5 Hz bis 8.000 Hz verwendet, um die resultierende Dämpfung für die Schallausbreitung zu berechnen. Der Dauerschalldruckpegel jeder einzelnen Quelle am Immissionsort berechnet sich nach [7] und [10] dann wie folgt:

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

- **L_{WA} : Oktavband-Schallleistungspegel** der Punktschallquelle, in Dezibel, bezogen auf eine Bezugsschallleistung von einem Picowatt (1 pW), A-bewertet.
- **D_C : Richtwirkungskorrektur**, die beschreibt, um wieviel der von der Punktquelle erzeugte äquivalente Dauerschalldruckpegel in der festgelegten Richtung von dem Pegel einer gerichteten Punktschallquelle mit einem Schallleistungspegel L_W abweicht. D_C ist gleich dem Richtwirkungsmaß D_I der Punktschallquelle zuzüglich eines Richtwirkungsmaßes D_Ω , dass eine Schallausbreitung im Raumwinkel von weniger als 4π Sterad berücksichtigt. Die

Richtwirkungskorrektur ist bei Anwendung des bisher verwendeten Alternativen Verfahrens nach [4] anzuwenden, um der Bodenreflexion Rechnung zu tragen. Durch den pauschalen Ansatz der negativen Bodendämpfung nach dem Interimsverfahren entfällt diese und es wird $D_C = 0$ gesetzt.

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

$$A = A_{\text{div}} + A_{\text{atm}} + A_{\text{gr}} + A_{\text{bar}} + A_{\text{misc}} \quad (2)$$

A_{div} : Dämpfung aufgrund der geometrischen Ausbreitung:

$$A_{\text{div}} = 20 \lg (d / 1 \text{ m}) + 11 \text{ dB} \quad (3)$$

d: Abstand zwischen Quelle und Immissionsort.

A_{atm} : Dämpfung durch die Luftabsorption

$$A_{\text{atm}} = \alpha d / 1000 \quad (4)$$

Nach den Hinweisen der LAI [11] soll das Oktavspektrum als Eingangsdaten für die Berechnungen verwendet werden. Nach DIN ISO 9613-2 [7] kann die Luftdämpfung in jedem Oktavband mit dem jeweiligen Luftdämpfungskoeffizient berechnet werden (statt wie bei 500 Hz-Mittenpegeln mit einem statischen Wert von 1,9 dB(A)/km). Die Dämpfungskoeffizienten für jedes Oktavband werden aus Tab. 2 DIN ISO 9513-2 [7] für meteorologische Bedingungen von 10°C und 70% Luftfeuchte übernommen, was günstige Schallausbreitungsbedingungen bzw. eine geringe Dämpfung bedingt und somit einen konservativen Ansatz darstellt. Die frequenzabhängige Dämpfung spiegelt die realen akustischen Transmissionsbedingungen in Luft besser wider, als der pauschale Ansatz mittels eines Mittenpegels und führt so zu realistischeren Ergebnissen.

Tabelle 1: Parameter Luftabsorption

Temperatur	Rel. Feuchte	Luftdämpfungskoeffizient α , dB/km (gem. DIN ISO 9613-2 [7])							
		Bandmittenfrequenz, Hz							
°C	%	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
10	70	0,1	0,4	1,0	1,9	3,7	9,7	32,8	117

A_{gr} : Bodendämpfung:

Die Bodendämpfung ergibt sich in der Hauptsache aus dem Reflexionsgrad von

Schall an einer Bodenoberfläche zwischen Quelle und Empfänger [7]. Die DIN ISO 9613-2 erlaubt zwei verschiedene Verfahren zur Ermittlung der Bodendämpfung, nämlich das Standardverfahren und das Alternative Verfahren. Das Interimsverfahren [11] modifiziert die Berechnung der Bodendämpfung durch eine pauschale Annahme von $A_{gr} = -3 \text{ dB(A)}$. Dies entspricht einer negativen Dämpfung, also einer Zunahme des Pegels auf Empfängerseite und kann als Bodenreflexionseffekt interpretiert werden.

$$A_{gr} = -3 \text{ dB} \quad (5)$$

nach dem Interimsverfahren.

A_{bar} : Dämpfung aufgrund von Abschirmung.

und

A_{misc} : Dämpfung aufgrund verschiedener weiterer Effekte (Bewuchs, Bebauung, Industrie).

In den Berechnungen wird bei Verwendung der Software windPRO konservativ ohne Abschirmung und weiterer Effekte gerechnet: $A_{bar} = 0$, $A_{misc} = 0$. In Einzelfällen (v. a. bei Verwendung von Schallausbreitungsberechnungssoftware wie IMMI) können die Abschirmung oder weitere Effekte berücksichtigt werden. Dies wird dann explizit im Fließtext ausgewiesen. Die Berechnung erfolgt dann nach DIN ISO 9613-2 Kap. 7.4. bzw. Anhang A.

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

2.2.6 Überlagerung mehrerer Schallquellen

Die Berechnungsterme der Schallimmissionsprognose nach DIN ISO 9613-2 5.4.3.3 [12] gehen bei der Schallausbreitungsberechnung von einer Mitwindsituation für jede Anlagen-Immissionsort-Beziehung aus. Dies tritt in der Realität nicht auf, da die Anlagen im Regelfall räumlich verteilt sind und nicht alle gleichzeitig in Mitwindrichtung zum Immissionsort stehen. In der Berechnung werden somit also Worstcase-Bedingungen für die Windsituation angenommen.

Liegen den Berechnungen mehrere Schallquellen (z. Bsp. bei Windparks) 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:

$$L_{AT}(LT) = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{ATi} - C_{met} + K_{Ti} + K_{Ii})} \quad (6)$$

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 $i \rightarrow$ i.d.R = 0, s.u.

K_{Ii} : Zuschlag für Impulshaltigkeit einer Emissionsquelle $i \rightarrow$ i.d.R = 0, s.u.

C_{met} : Meteorologische Korrektur.

Die meteorologische Korrektur wird nach [7] in Abhängigkeit von dem Verhältnis von Entfernung zwischen Quelle und Empfänger und deren Höhen berechnet und beträgt für Windenergieanlagen im Regelfall null. Dieser Wert wird durch das Interimsverfahren standardmäßig null ($C_{met} = 0$) gesetzt.

2.3 Tieffrequente Geräusche und Infraschall

Als tieffrequente Geräusche werden Geräusche bezeichnet, deren vorherrschende Energieanteile in einem Frequenzbereich unter 90 Hz liegen (vgl. Ziffer 7.3 TA Lärm). Tieffrequente Geräusche werden bei Windenergieanlagen schalltechnisch vermessen und werden ab 50 Hz in den Oktavband-Schallleistungspegeln berücksichtigt. Die vermessenen Schallleistungspegel im Frequenzbereich unter 100 Hz liegen regelmäßig deutlich unter den im Frequenzbereich von 100 – 4000 Hz gemessenen Schallleistungspegeln. Infraschall bezeichnet Schall in einem Frequenzbereich unter 20 Hz.

Die derzeit bekannten Untersuchungen, Messungen und Studien [13][14][15][16][17] zu Infraschall und tieffrequenten Geräuschen von Windenergieanlagen zeigen, dass sich bei den aus den Bestimmungen der TA-Lärm resultierenden Abständen von WEA zu Wohngebäuden an den Immissionsorten keine Gefährdung oder Belästigung ergibt, da die auftretenden Pegel im Infraschallbereich weit unter der Wahrnehmungs- und Hörschwelle und im Bereich von tieffrequenten Geräuschen (20-90 Hz) unter oder geringfügig über der Hörschwelle liegen.

3 Genehmigungsfestsetzungen und rechtskonformer Betrieb

3.1 Kontrolle des genehmigungskonformen Betriebs

Nach Nr. 5.2 der LAI-Hinweise [11]¹ ist das Oktavspektrum der WEA ($L_{WA,Okt}$) inklusive der angesetzten WEA-immanenten Unsicherheiten (σ_P und σ_R , also $L_{e,max,Okt}$) als rechtlich zulässiges Maß für die Emissionen der WEA genehmigungsrechtlich festzulegen ($L_{genehmigt,Okt} = L_{e,max,Okt}$)² (siehe Kapitel 3 im Bericht). Anhand des festgelegten Oktavspektrums $L_{genehmigt,Okt}$ kann bei einer Abnahmemessung beurteilt werden, ob das zulässige Maß an Emission als eingehalten angesehen und somit ein genehmigungskonformer Betrieb nachgewiesen werden kann.

Bei einer emissionsseitigen³ Abnahmemessung soll die folgende Ungleichung erfüllt sein. Ist sie erfüllt, ist der Nachweis für einen genehmigungskonformen Betrieb abgeschlossen:

$$L_{W,Messung,Okt} + 1,28 \times \sigma_R \leq L_{genehmigt,Okt} \quad 4$$

Das gemessene Oktavspektrum einer Abnahmemessung $L_{W,Messung,Okt}$ (ggfs. inklusive der Messunsicherheit) kann das festgelegte Spektrum $L_{genehmigt,Okt}$ in einzelnen Oktaven überschreiten. Entscheidend in diesem Fall ist der Nachweis auf Nichtüberschreitung der Vergleichswerte $L_{V,WEA,IP}$ (Teilimmissionspegel jeder WEA an jedem IO auf Basis von $L_{e,max,Okt}$) durch eine der Abnahmemessung folgende Ausbreitungsrechnung mit dem höchsten bei der Abnahmemessung gemessenen Oktavspektrum:

$$L_{r(Messung,max),IP,Okt} + 1,28 \times \sigma_R \leq L_{V,WEA,IP} \quad 45$$

Die Werte für $L_{V,WEA,IP}$ können dem Anhang entnommen werden (Berechnung „Zusatzbelastung mit $L_{e,max,Okt}$ “ (bzw. $L_{r,o,Zusatzbelastung}$ für SH), Detaillierte Ergebnisse).

¹ ausführlich z. B. in Agatz [21].

² In Schleswig-Holstein ist abweichend zu den LAI-Hinweisen der reine $L_{WA,Okt}$ festzulegen, ohne o.g. WEA-Unsicherheiten [22]: $L_{genehmigt,Okt} = L_{WA,Okt}$.

³ Immissionsmessungen zum Nachweis des genehmigungskonformen Betriebs werden nach LAI Hinweisen [11] sowie LANUV [19] nicht empfohlen. Der Vollständigkeit halber gilt: bei einer Immissionsmessung sollte die folgende Ungleichung erfüllt sein: $L_{r,IO} + 1,28 \times \sigma_R \leq L_{r,o,IO}$.

⁴ Für Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein gilt laut LANUV bzw. LLUR: Das gemessene Oktavspektrum $L_{W,Messung,Okt}$ ist ohne Beaufschlagung mit der Messunsicherheit zur Nachweisführung heranzuziehen [19] [20] [22].

⁵ In SH entspricht $L_{V,WEA,IP}$ dem $L_{r,Prognose}$, also dem L_r auf Basis von $L_{WA,Okt} + 1,28 \times \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_{Prog}^2}$.

3.2 Aufnahme des Nachtbetriebs

Für den Fall, dass eine aufschiebende Formulierung zur Aufnahme des Nachtbetriebs vorgesehen ist, ist der Nachweis zur Aufnahme durch Vorlage einer Vermessung zu führen. Diese kann auch an einer anderen WEA gleichen Typs und Betriebsmodus erfolgen.

$$L_{W,Messung,Okt} + 1,28 \times \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2 + \sigma_{Prog}^2} \leq L_{o,Okt}$$

Die Parameter σ_R und σ_P sind hier abhängig von der Mess- und Nachweiskonstellation (Dreifachvermessung $\rightarrow \sigma_P = s$ [Standardabweichung], Messung an derselben WEA $\rightarrow \sigma_P = 0$).

Das Oktavspektrum einer Vermessung (inklusive Unsicherheiten) kann das der Prognose zugrundeliegende Spektrum $L_{o,Okt}$ in einzelnen Oktaven überschreiten. Entscheidend in diesem Fall ist der Nachweis auf Nichtüberschreitung der Beurteilungspegel $L_{r,o}$ (Beurteilungspegel der Zusatzbelastung auf Basis von $L_{o,Okt}$) durch eine der Messung folgende Ausbreitungsrechnung:

$$L_{r,Messung} + 1,28 \times \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2 + \sigma_{Prog}^2} \leq L_{r,o}$$

Die Werte für $L_{r,o}$ können dem Anhang entnommen werden (Berechnungsausdrucke Zusatzbelastung).

4 Quellenverzeichnis – theoretischer Teil

- [1] LUBW, Amt für Umweltschutz - Abt. Stadtklimatologie, Stuttgart, 2019.
- [2] WMBW, Städtebauliche Lärmfibel Online, Stuttgart: Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg / Amt für Umweltschutz Stuttgart, 2019.
- [3] BImSchG, *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 2. Juli.*
- [4] TA_Lärm, *Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm)*, (GMBI S. 503), 1998.
- [5] BauNVO, Baunutzungsverordnung, 26. Juni 1962, Letzte Änderung 13. Mai 2017.
- [6] Norm, DIN EN 61672-1:2014-07, Vols. Elektroakustik - Schallpegelmesser - Teil 1: Anforderungen (IEC 61672-1:2013); Deutsche Fassung EN 61672-1:2013, 2014-07.
- [7] Norm, DIN ISO 9613-2:1999-10, *Akustik – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien – Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren.*
- [8] FGW - Fördergesellschaft Windenergie e.V., Technische Richtlinien für Windenergieanlagen - Teil 1 (TR 1) – Bestimmung der Schallemissionswerte, Revision 18 & Revision 19 - 19.11.2020.
- [9] Norm, DIN EN 61400-11:2019-05; VDE 0127-11:2019-05, Vols. Windenergieanlagen - Teil 11: Schallmessverfahren (IEC 61400-11:2012); Deutsche Fassung EN 61400-11:2013, 2013.
- [10] NALS im DIN und VDI, *Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen*, Unterausschuss NA 001-02-03-19 UA "Schallausbreitung im Freien", 2015.
- [11] LAI, *Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA), Überarbeiteter Entwurf vom 17.03.2016 mit Änderungen PhysE vom 23.06.2016.*
- [12] Norm, ISO 1996-2:2017-07, *Akustik - Beschreibung, Messung und Beurteilung von Umgebungslärm - Teil 2: Bestimmung vom Schalldruckpegeln.*
- [13] D.-I. P. Kudella, "Verbundprojekt: Objektive Kriterien zu Erschütterungs- und Schallemissionen durch Windenergieanlagen im Binnenland. Akronym/Kurzbezeichnung: TremAc," Karlsruhe, 2020.
- [14] HMWVL, *Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung: Faktenpapier Windenergie und Infraschall, Bürgerforum Energieland Hessen, Mai 2015.*
- [15] LUBW, *Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen - Bericht über Ergebnisse des Messprojekts 2013-2015, Karlsruhe, Februar 2016.*
- [16] DNR, *Deutscher Naturschutzring, Dachverband des deutschen Natur- und Umweltverbände, Umwelt- und Naturverträgliche Windenergienutzung in Deutschland (Onshore), www.dnr.de/downloads/infraschall_04-2011.pdf.*
- [17] L. LfU_Bayern, *Bayerisches Landesamt für Umwelt & Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, UmweltWissen, Windkraftanlagen – beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit?'*, 4. Auflage - November 2014.
- [18] Dipl.-Ing. Detlef Piorr (LANUV NRW), Festlegung von Abnahmebedingungen für Windenergieanlagen, Entwurf, Stand: Korrektur 1, 13.02.2018.
- [19] FGW_Fördergesellschaft_Windenergie, *Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA) Überarbeiter Entwurf vom 17.03.2016 mit Änderungen PhysE vom 23.06.2016 Stand 30.06.2016 – Stellungnahme des FGW e. V., Berlin, 27. März 2018.*
- [20] Monika Agatz, *Windenergiehandbuch - aktuelle Version.*
- [21] LLUR 718, *Umsetzung des Erlasses „Einführung der aktuellen LAI-Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA) in Schleswig-Holstein“ vom 31.01.2018, Flintbek, 31.03.2020.*