

Schallimmissionsprognose für
zwei Windenergieanlagen
am Standort
Olpe Rehringhausen
(Nordrhein-Westfalen)

Datum: 20.11.2023

Bericht Nr. 20-1-3089-002-NRM

Auftraggeber:

SL Windenergie GmbH

Voßbrinkstr. 67 | 45966 Gladbeck

Auftragsnummer: 352005951

Bearbeiter:

Ramboll Deutschland GmbH

Robbin Meisel, M. Sc.

Elisabeth-Consbruch-Straße 3

DE-34131 Kassel

Tel 0561 / 288 573-0

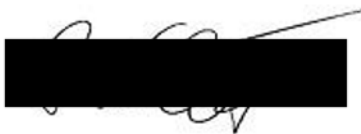
Die vorliegende Schallimmissionsprognose für den Standort Olpe Rehringhausen (Nordrhein-Westfalen) wurde der Ramboll Deutschland GmbH im Juli 2023 von der SL Windenergie GmbH in Auftrag gegeben. Rechtsgrundlage dieses Gutachtens ist das BImSchG [1] mit dem in §1 festgehaltenen Zweck „[...] Menschen [...] 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	19.11.2020	R. Meisel	Planung von 2x E-138 EP3 E2
001	28.05.2021	R. Meisel	Änderung Vorbelastung
002	20.11.2023	R. Meisel	Änderung des WEA-Typs: Enercon E-175 EP5

Kassel, 20.11.2023



Robbin Meisel, M. Sc.
(Bearbeiter)



Raffael Herth, M. Sc.
(Prüfer)

Inhalt:

1	Zusammenfassung	4
2	Berechnungsgrundlagen	5
2.1	Aufgabenstellung	5
2.2	Ausbreitungsrechnung	6
2.3	Immissionsorte	7
2.3.1	Einwirkungsbereich	7
2.3.2	Immissionsorte und Immissionsrichtwerte	8
2.3.3	Verortung der Immissionsorte	9
2.4	Potenzielle Schallreflexionen und Abschirmungseffekte	11
2.5	Vorbelastungen	12
2.5.1	Gewerbliche Vorbelastungen	12
2.5.2	Windenergieanlagen	13
2.6	Zusatzbelastung	15
3	Ergebnisse der Immissionsberechnungen	16
3.1	Beurteilungspegel an den Immissionsorten	16
3.2	Bewertung der Ergebnisse	16
3.3	Tagbetrieb	17
4	Literaturverzeichnis	18
5	Anhang	19

1 Zusammenfassung

Für die Planung von zwei Windenergieanlagen am Standort Olpe Rehringhausen 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 als Emissionsdaten zugrunde gelegt wurden die Herstellerangaben (siehe Abschnitt 2.6) des geplanten Anlagentyps Enercon E-175 EP5 mit einer Nabenhöhe (NH) von 162 m. Die Emissionsdaten der Vorbelastung wurden entsprechend der vorliegenden Quellen angesetzt (siehe Kapitel 2.5).

Die Immissionen der einzelnen Schallquellen überlagern sich an den Immissionsorten (vgl. Kapitel 2.3) zu einem resultierenden Schalldruckpegel bzw. Beurteilungspegel $L_{r,o}$, der nach TA Lärm [3] zu bewerten ist. Die Beurteilung erfolgt anhand der Nacht-Immissionsrichtwerte für die lauteste Nachtstunde. 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 Tabelle 1 aufgeführt.

An den Immissionsorten Rh02 und Rh03 werden die nächtlichen Immissionsrichtwerte um 1 dB 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 [dB(A)]	$L_{r,o}^*$ [dB(A)]	ΔL_r [dB]
Rh01	Rehringhausen, In der Ahe 10	45	42	-3
Rh02	Rehringhausen, Pater-Nies-Weg 6	40	41	+1
Rh03	Rehringhausen, Zur Killmecke 27	40	41	+1
Rh04	Rehringhausen, Isfried-Ohm-Straße 1	45	40	-5
St01	Stachelau, Am Winterschott 12	40	36	-4

*) Rundung gemäß Nr. 4.5.1 DIN 1333 [7], Details siehe Kapitel 3.1 und Ergebnisse im Anhang

2 Berechnungsgrundlagen

2.1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant am Standort Olpe Rehringhausen nördlich von Rehringhausen zwei Windenergieanlagen (WEA) des Typs Enercon E-175 EP5 mit 162 m Nabenhöhe zu errichten. Diese sollen im Rahmen einer Änderungsgenehmigung zwei bereits genehmigte WEA des Typs Enercon E-138 EP3 E2 ersetzen (Repowering von zwei bestehenden Alt-WEA E-66/18.66). Die Standorte der beiden genehmigten WEA werden im Rahmen der Umplanung geringfügig angepasst.

Tabelle 2: Kenndaten der geplanten WEA

WEA	WEA Hersteller / Typ	Naben- höhe	Ost	Nord	Betriebsmodus
		[m]	[UTM 32 ETRS89]		tags/nachts
01	Enercon E-175 EP5	162	424.066	5.656.367	OM-YO-12-0
02	Enercon E-175 EP5	162	423.577	5.656.133	OM-YO-12-0

In der Nähe des Standortes existieren weitere WEA oder befinden sich in einem fortgeschrittenen Planungsstadium. Diese werden als Vorbelastungen untersucht (siehe 2.5.2) und im folgenden Text als „Vorbelastung“ bzw. „Vorbelastungs-WEA“ bezeichnet.

Es soll der nächtliche Beurteilungspegel nach dem 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.

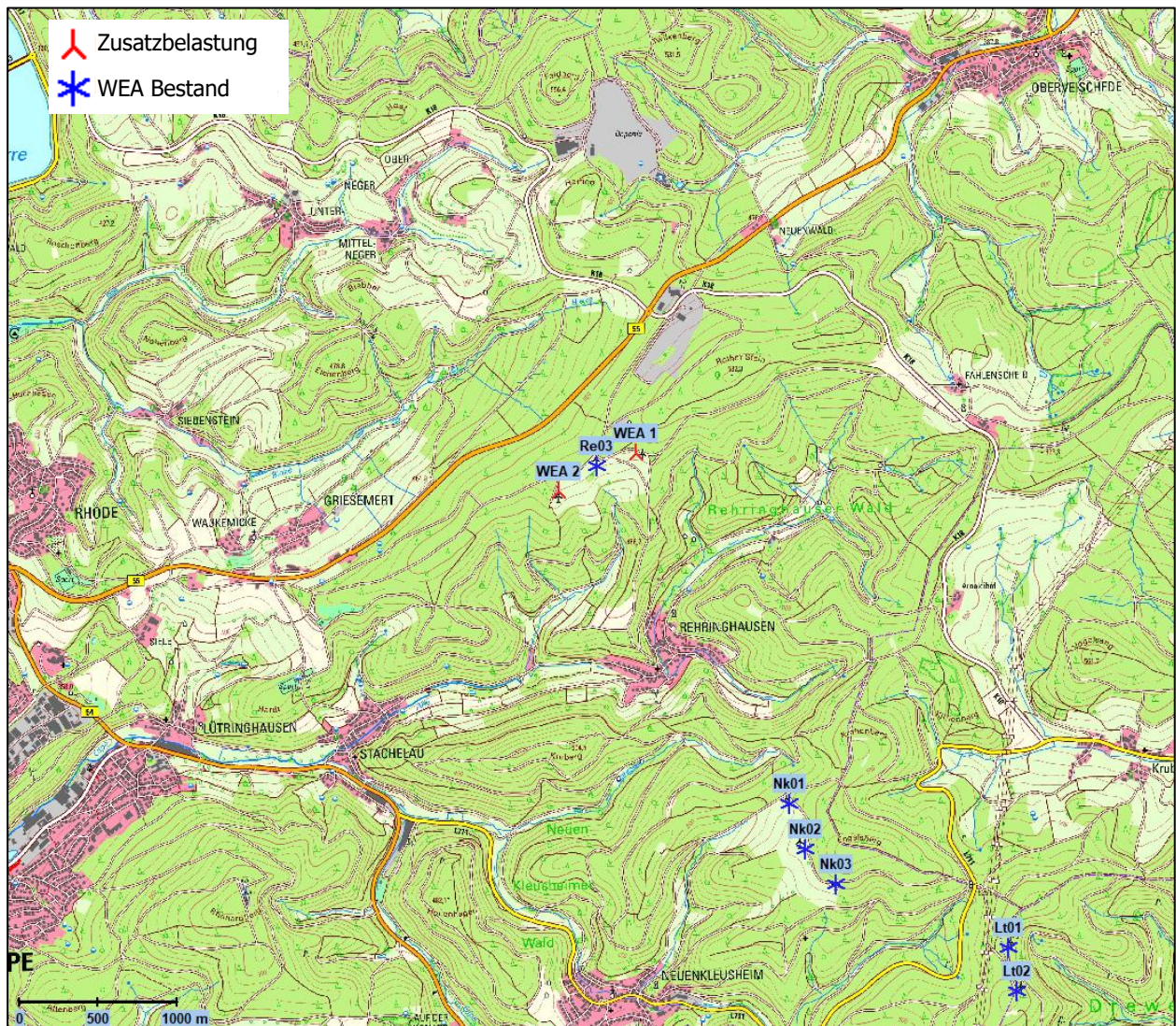


Abbildung 1: Übersichtskarte (TK25 [8])

2.2 Ausbreitungsrechnung

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). Die Immissionen werden für die lauteste Nachtstunde berechnet (Nachtbetrieb der WEA im jeweiligen Modus). Bei der Ausbreitung des Schalls werden abschirmende Effekte von Gebäuden und des Geländes nicht berücksichtigt. Höhenrelief wurde dem DGM-5 Nordrhein-

Westfalen entnommen. Die Berechnung wurde mit der Software windPRO [9], Modul DECIBEL durchgeführt. Weitere Angaben zu den Grundlagen der Berechnungen sind dem Anhang zu entnehmen.

2.3 Immissionsorte

2.3.1 Einwirkungsbereich

Für die Berechnung der Lärmimmissionen am Standort Olpe Rehringhausen 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 13.11.2020 wurden diese überprüft und dokumentiert.

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 (für den Tagbetrieb siehe 3.3). 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.

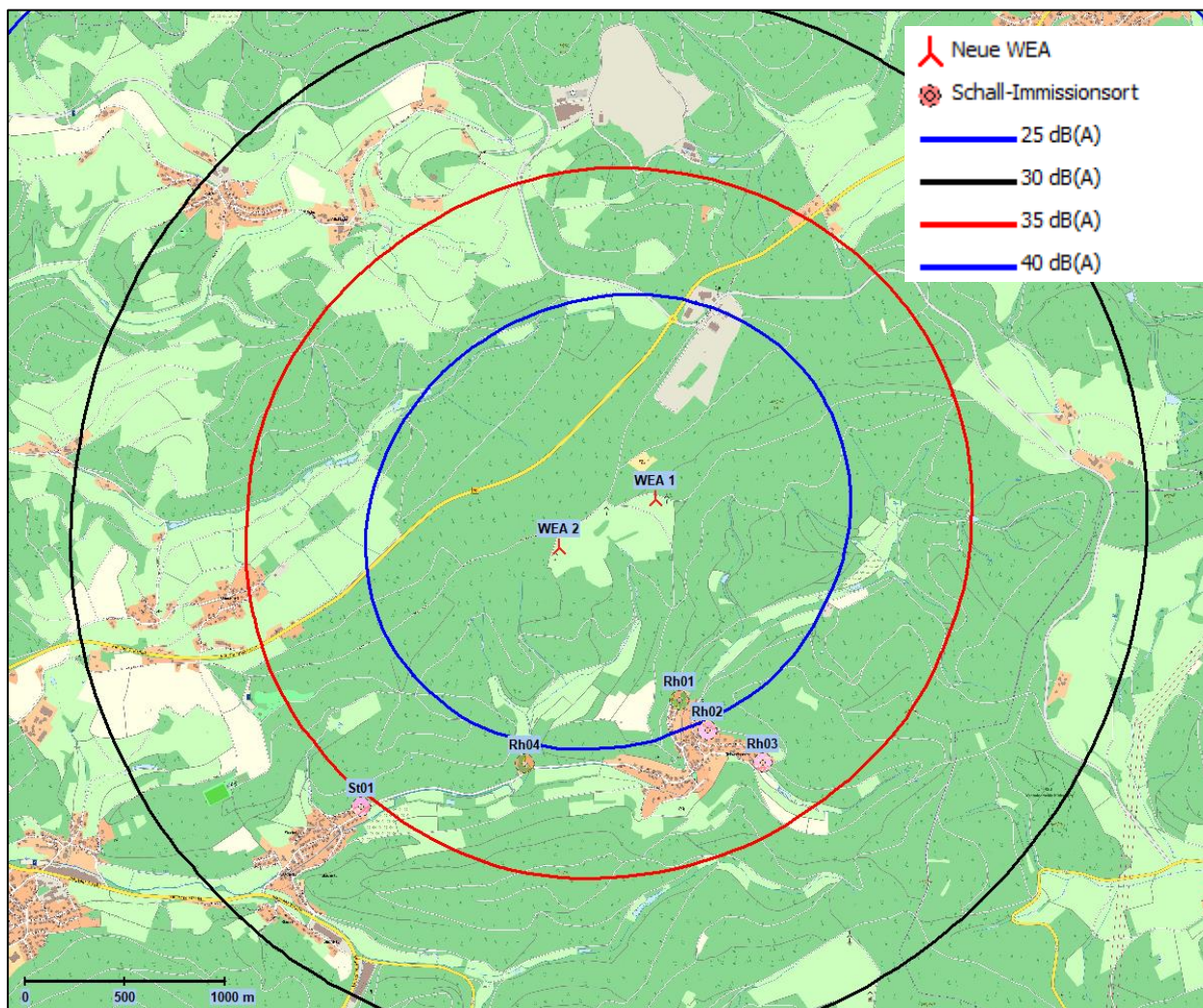


Abbildung 2: Einwirkungsbereich Zusatzbelastung, $L_0 = 107,5 \text{ dB(A)}$ (© Geoglis [10])

2.3.2 Immissionsorte und Immissionsrichtwerte

In Tabelle 3 sind die maßgeblichen Immissionsorte mit ihren im Gutachten verwendeten Bezeichnungen und die dort jeweils relevanten Immissionsrichtwerte aufgeführt. Die Richtwerte werden entsprechend Ziffer 6.1 TA Lärm [3] oder anderen schallschutztechnischen Richtlinien (bspw. Orientierungswerte nach DIN 18005 [11]) angewendet. 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- einstufung ¹	Grundlage der Einstufung ²
Rh01	Rehringhausen, In der Ahe 10	45	MD	BP 43 „Rehringhausen“
Rh02	Rehringhausen, Pater-Nies-Weg 6	40	WA	BP 43 „Rehringhausen“
Rh03	Rehringhausen, Zur Killmecke 27	40	WA	BP 43 „Rehringhausen“
Rh04	Rehringhausen, Isfried-Ohm-Straße 1	45	AB	FNP Olpe
St01	Stachelau, Am Winterschott 12	40	W/WA	FNP Olpe

2.3.3 Verortung der Immissionsorte

Nach Abschnitt 2.3 TA Lärm [3] sind die Immissionsorte maßgeblich, an denen eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte am ehesten zu erwarten ist. Aus diesem Grund wurden die Immissionsorte an den am stärksten betroffenen Gebäuden gesetzt. Die Höhe der Immissionsorte über Grund beträgt in der Regel 5 m. Die genaue Lage der Immissionsorte lässt sich den folgenden Abbildungen entnehmen. Die Koordinaten und Höhen der einzelnen Immissionspunkte sind den Berechnungsgrundlagen im Anhang zu entnehmen.

¹ AB = Außenbereich

MD = Dorfgebiet

W = Wohnbaufläche

WA = Allgemeines Wohngebiet

² BP = Bebauungsplan

FNP = Flächennutzungsplan



Abbildung 3: Lage der Immissionsorte R01-Rh03 [12]



Abbildung 4: Lage des Immissionsorts Rh04 [12]



Abbildung 5: Lage des Immissionsorts St01 [12]

2.4 Potenzielle Schallreflexionen und Abschirmungseffekte

Für Schallreflexionen kann davon ausgegangen werden, dass sich der Schalldruckpegel an einem Aufpunkt durch eine vollständige Reflexion an einer Gebäudefläche maximal verdoppeln kann (+3 dB) [13]. Ausgehend von einem üblichen Reflexionsverlust von 1 dB an Gebäudewänden sind Reflexionen dementsprechend nur an Aufpunkten relevant, an denen ein Beurteilungspegel von weniger als 2,5 dB unter dem Immissionsrichtwert berechnet wurde.

Schallreflexionen, die den Beurteilungspegel relevant erhöhen, treten in der Regel bei Gebäude-WEA-Konstellationen auf, bei denen sich Fenster nahe an über Eck stehenden Gebäudewinkeln befinden, also bei L- oder U-förmigen Gebäudekonstellationen wobei die WEA mehrheitlich in Richtung der geöffneten Seite stehen (vgl. Abbildung 6).

Merkliche Reflexionen ergeben sich in der Praxis überwiegend an eher niedrigen Nebengebäuden wie Schuppen, Garagen, Gewächshäusern im Erdgeschossbereich der Wohngebäude. Hier können aber auch Abschirmungen vorgelagerter Gebäude (-teile) wieder zu Pegelsenkungen

führen. Im Regelfall ergibt die Berechnung für freie Schallausbreitung (ohne Gebäudeeffekte) für die meisten Immissionsorte höhere Pegel, als bei der Berücksichtigung der konkreten abschirmenden Bebauungsstruktur. Dies gilt im Besonderen innerhalb von zusammenhängend bebauten Gebieten.

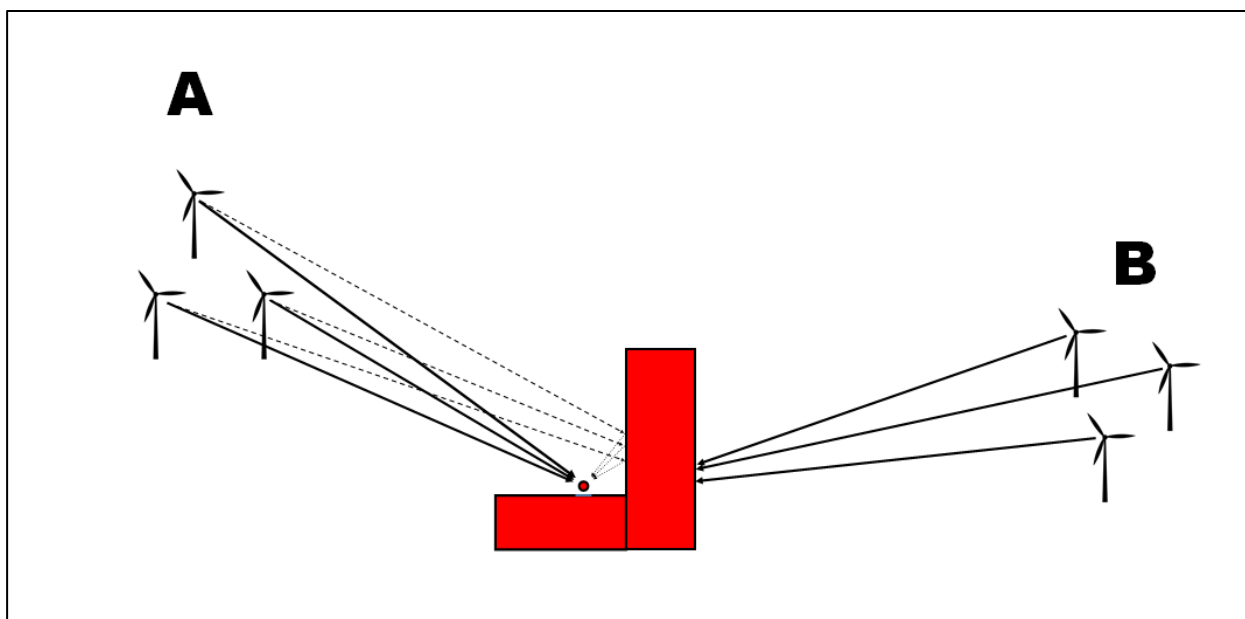


Abbildung 6: Lagekonstellation (Beispiel) – Reflexion von A, Abschirmung von B

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, oder benachbarten Gebäuden (Bereich WA Rehringhausen) 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.

2.5 Vorbelastungen

2.5.1 Gewerbliche Vorbelastungen

Im Vorfeld der Ortsbesichtigung wurde das Planungsgebiet anhand von Kartenmaterial auf potenzielle gewerbliche Vorbelastungsquellen untersucht. Während der Ortsbesichtigung am 13.11.2020 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.

Nördlich des Planungsstandortes befindet sich eine Abfallentsorgungsbetrieb. Die zu diesem Betrieb nächstliegenden Wohnhäuser (Neuenwald) liegen außerhalb des Einwirkungsbereichs der geplanten WEA, wodurch eine detaillierte Prüfung entfällt (siehe auch Abbildung 2 sowie TA Lärm 2.2 und 3.2.1 Abs. 6).

2.5.2 Windenergieanlagen

Nach internen Datengrundlagen [14], Angaben des Auftraggebers sowie Behördeninformationen [15] besteht eine zu untersuchende Vorbelastung durch bestehende und geplante Windenergieanlagen im Umfeld des Standorts.

Zwei bestehende WEA am Standort (E-66) werden im Zuge dieser Planung abgebaut (Repowering) und nicht weiter berücksichtigt. Eine weitere am Standort bestehende Alt-WEA (E-40/6.44) soll zunächst bestehen bleiben und wird berücksichtigt.

Eine im Rahmen der der Genehmigung zu Grunde liegenden Prognose betrachtete WEA (Vestas V126, Griesemert, ABO Wind) ist nach Angaben des Kreises Olpe [16] mit dem Vermerk „abgelehnt“ gekennzeichnet und wird deshalb nicht mehr betrachtet.

Die berechnete Vorbelastung durch vier weiter entfernt bestehenden WEA (Rahrbach und Littfeld, WEA Rb01, Rb02, Lt01, Lt02) unterschreitet an allen relevanten Immissionsorten die jeweiligen Immissionsrichtwerte um mindestens 10 dB. Somit befindet sich kein hier im Gutachten berücksichtigter Immissionsort im Einwirkungsbereich dieser Vorbelastung nach Ziffer 2.2 a) TA Lärm [17]. Folglich bleibt diese im Weiteren unberücksichtigt. Eine entsprechende Berechnung befindet sich im Anhang.

Es wurden insgesamt vier Vorbelastungs-WEA berücksichtigt. Eine vollständige Liste der berücksichtigten WEA inklusive der wichtigsten Kenndaten befindet sich im Anhang (siehe Tabelle „WEA Kennwerte“).

Die Anlagen wurden anhand ihrer technischen Daten sowie ihrer Schallleistungspegel für den Nachtbetrieb in die Berechnungssoftware implementiert und der Beurteilungspegel der Vorbelastung an den maßgeblichen Immissionsorten berechnet.

Tabelle 4: Kenndaten relevante Vorbelastungs-WEA

ID	Ost	Nord	Hersteller	Typ	P _{Nenn} [kW]	NH [m]
Re03	423.817	5.656.292	ENERCON	E-40/6.44	600	77,7
Nk01	425.006	5.654.141	REpower	MD 77	1.500	85,0
Nk02	425.104	5.653.858	REpower	MD 77	1.500	85,0
Nk03	425.294	5.653.633	REpower	MD 77	1.500	85,0

NH: Nabenhöhe, P_{Nenn}: Nennleistung

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.

Für die Vorbelastungs-WEA ohne bekannte bzw. festgelegte Genehmigungspegel wurden Schallleistungspegel aus Vermessungen verwendet und mit entsprechenden Zuschlägen für den oberen Vertrauensbereich (ΔL_o) versehen.

Die jeweiligen Auszüge aus den Messberichten liegen vor und können bei Bedarf nachgereicht werden.

Tabelle 5: Schallemissionsdaten Vorbelastung - Übersicht

ID	Quell-Oktavdaten $L_{WA,Okt}$ [dB(A)]								L_{WA}	L_o
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	[dB(A)]	dB(A)
Re03	79,0	84,2	91,5	95,3	96,1	92,0	87,5	80,3	100,6	102,1
Nk01-Nk03	87,1	95,2	96,2	96,8	95,9	93,2	89,5	82,9	103,0	105,1

Tabelle 6: Schallemissionsdaten Vorbelastung - Unsicherheiten und Datenquellen

ID	Unsicherheit			Zu- schlag	Quelle Oktavdaten			Quelle
	σ_R	σ_P	σ_{Prog}	ΔL_o	Dokument	Datum	Typ	L_{WA} / L_o
Re03	0,5	0,4	1,0	1,5	WICO 287SEA01/01	05.12.2001	3-fach- Vermessung	Vermessung (nach Baurecht gen.)
Nk01-Nk03	0,5	1,2	1,0	2,1	KCE 27053- 1.001	08.05.2003	3-fach- Vermessung	Vermessung (nach Baurecht gen.)

2.6 Zusatzbelastung

Für die geplanten Anlagen (Zusatzbelastung) des Typs Enercon E-175 EP5 im offenen Betrieb (Modos OM-YO-12) mit schallmindernden Flügelementen („TES“) wurden als Emissionsansatz Oktavspektren aus 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 beigelegt. Gemäß LAI Hinweisen [6] ist die Geräuschcharakteristik von WEA i. d. R. weder als ton- noch als impulshaltig einzustufen.

Die dargestellten nächtlichen Betriebsmodi entsprechen dem Emissionsansatz, in dem die Vorgaben der TA Lärm für die lauteste Nachtstunde sowie weiterer landesspezifischer Bestimmungen eingehalten werden.

Tabelle 7: WEA-Schallwerte Zusatzbelastung

WEA Daten	WEA Nr.			Typenbezeichnung			Betriebsmodus		NH
	WEA 1, WEA 2			E-175 EP5			OM-YO-12-0		162
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 $L_{e,max,Okt}$ “).

Weiterführende Informationen befinden sich in Kapitel 3 („Genehmigungsfestsetzungen und rechtskonformer Betrieb“) im Anhang „Theoretische Grundlagen“. Falls der Prognose eine Vermessung zugrunde liegt, können die mit den Emissionswerten verbundenen Betriebsparameter (Drehzahl, Leistung, Modus, Gesamtschallleistungspegel) in der Genehmigung zusätzlich mit aufgeführt werden, entscheidend sind jedoch die festgelegten o.g. Oktavdaten (siehe auch [18], S. 243).

3 Ergebnisse der Immissionsberechnungen

3.1 Beurteilungspegel an den Immissionsorten

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

Tabelle 8: Immissions- und Beurteilungspegel ($L_{r,o}$) der Vor-, Zusatz und Gesamtbelastung

IO	Bezeichnung	IRW _{nacht} [dB(A)]	$L_{r,VB}$ [dB(A)]	$L_{r,ZB}$ [dB(A)]	$L_{r,GB}$ [dB(A)]	$L_{r,o}^3$ [dB(A)]	ΔL_r [dB]
Rh01	Rehringhausen, In der Ahe 10	45	35,5	41,3	42,3	42	-3
Rh02	Rehringhausen, Pater-Nies-Weg 6	40	36,1	39,5	41,1	41	+1
Rh03	Rehringhausen, Zur Killmecke 27	40	37,7	37,2	40,5	41	+1
Rh04	Rehringhausen, Isfried-Ohm-Straße 1	45	33,2	38,9	39,9	40	-5
St01	Stachelau, Am Winterschott 12	40	29,7	34,5	35,8	36	-4

Im Anhang liegen für die oben genannten Beurteilungspegel Ausdrücke der Berechnungssoftware windPRO vor. Weiterhin ist im Anhang eine Isophonenkarte für den Beurteilungspegel der Gesamtbelastung wiedergegeben.

3.2 Bewertung der Ergebnisse

Die Nacht-Immissionsrichtwerte nach TA Lärm [3] werden unter Berücksichtigung des oberen Vertrauensbereichs an den Immissionsorten Rh01, Rh04 und St01 eingehalten. Von einer schädlichen Umwelteinwirkung bzw. einer erheblichen Belästigung i. S. d. BImSchG [1] ist demnach an diesen IO nicht auszugehen.

An den Immissionsorten RH02 und Rh03 wird der nächtliche Immissionsrichtwert um 1 dB 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.

³ Es wurden die Rundungsregeln gemäß Nr. 4.5.1 DIN 1333 [10] angewendet.

Die detaillierten, auf Grundlage der in Kapitel 2 beschriebenen Daten erzielten Ergebnisse für den Standort Olpe Rehringhausen sind in Kapitel 3 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.

3.3 Tagbetrieb

Im **Tagbetrieb** können die WEA ebenfalls mit dem maximalen Schallleistungspegel [Mode OM-YO-12] 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 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 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.

4 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 G. v. 19.10.2022.
- [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] TK25, Topografische Karte im Maßstab 1:25.000, Landesvermessungsamt des jeweiligen Bundeslandes, aktuellste Version.
- [9] EMD International A/S, *windPRO (jeweils aktuellste Version)*.
- [10] geoGLIS oHG, *Karte: onmaps.de (c) GEOBasis-DE / BKG / ZSHH, 2022*.
- [11] Norm, DIN 18005-1 - Schallschutz im Städtebau - Beiblatt 1 - Orientierungswerte, 2002-07.
- [12] geoGLIS_oHG, *onmaps GEOBasis-DE / BKG / NRW, 2018*.
- [13] Hoffmann/von_Lüpke, *0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel - Einführung in die Grundbegriffe und quantitative Erfassung des Lärms*, Erich Schmidt Verlag, 1993.
- [14] Ramboll, *Windenergieanlagen Datenbank "Windpark Deutschland"*.
- [15] Kreis Olpe, Fachdienst Umwelt, Email - AW: genehmigte Schallpegel WEA, Jörn Schauerte, 02.11.2020.
- [16] Kreis Olpe, Fachdienst Umwelt, AW: Vorbelastungen Olpe A4 für Schall/Schattenprognose, Tabelle WEA_Anlagen_akt.xlsx, 27.06.2023.
- [17] TA_Lärm, *Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm)*, (GMBI S. 503), 1998.
- [18] Monika Agatz, *Windenergie Handbuch - 19. Ausgabe*, Gelsenkirchen, März 2023.

5 Anhang

Teil I: Berechnungsergebnisse und Annahmen

- Isophonenkarten
 - Zusatzbelastung
 - Gesamtbelastung
- Berechnungsergebnisse
 - Vorbelastung irrelevant
 - Vorbelastung relevant
 - Zusatzbelastung OVB
 - Gesamtbelastung
 - Zusatzbelastung Lemax

Teil II: Eingangsdaten - Datengrundlagen

- Tabelle WEA Kenndaten
- Herstellerangaben zum Schallleistungspegel mit zugehörigem Oktavspektrum des WEA-Typs Enercon E-175 EP5

Teil III: Akkreditierung und Theoretische Grundlagen

- Akkreditierungsurkunde,
- Theoretische Grundlagen.

Anhang Teil I: Berechnungsergebnisse und Annahmen

Projekt:

20-1-3089-002
SL Windenergie GmbH
 Voßbrinkstr. 67
 45966 Gladbeck

Beschreibung:

Windenergie-Standort Rehringhausen, Olpe, Kreis
 Olpe, Regierungsbezirk Arnsberg,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

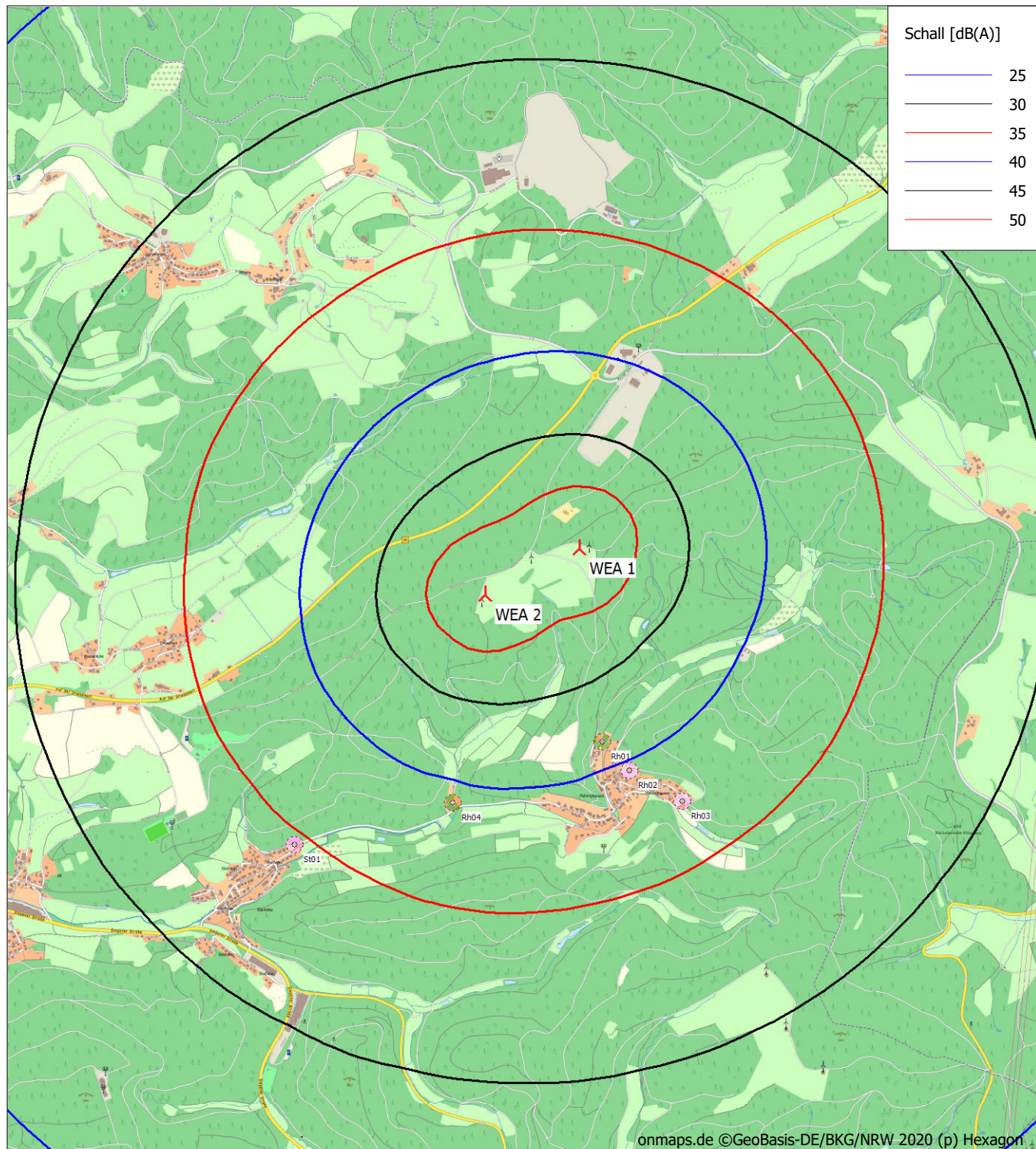
Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com

Berechnet:

29.08.2023 12:58/3.6.366

DECIBEL - Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Berechnung: Zusatzbelastung 002 E-175



0 500 1000 1500 2000 m

Karte: ONMAPS, Maßstab 1:30.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 423.821 Nord: 5.656.250

Neue WEA

Schall-Immissionsort

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

Projekt:

20-1-3089-002
SL Windenergie GmbH
 Voßbrinkstr. 67
 45966 Gladbeck

Beschreibung:

Windenergie-Standort Rehringhausen, Olpe, Kreis
 Olpe, Regierungsbezirk Arnsberg,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

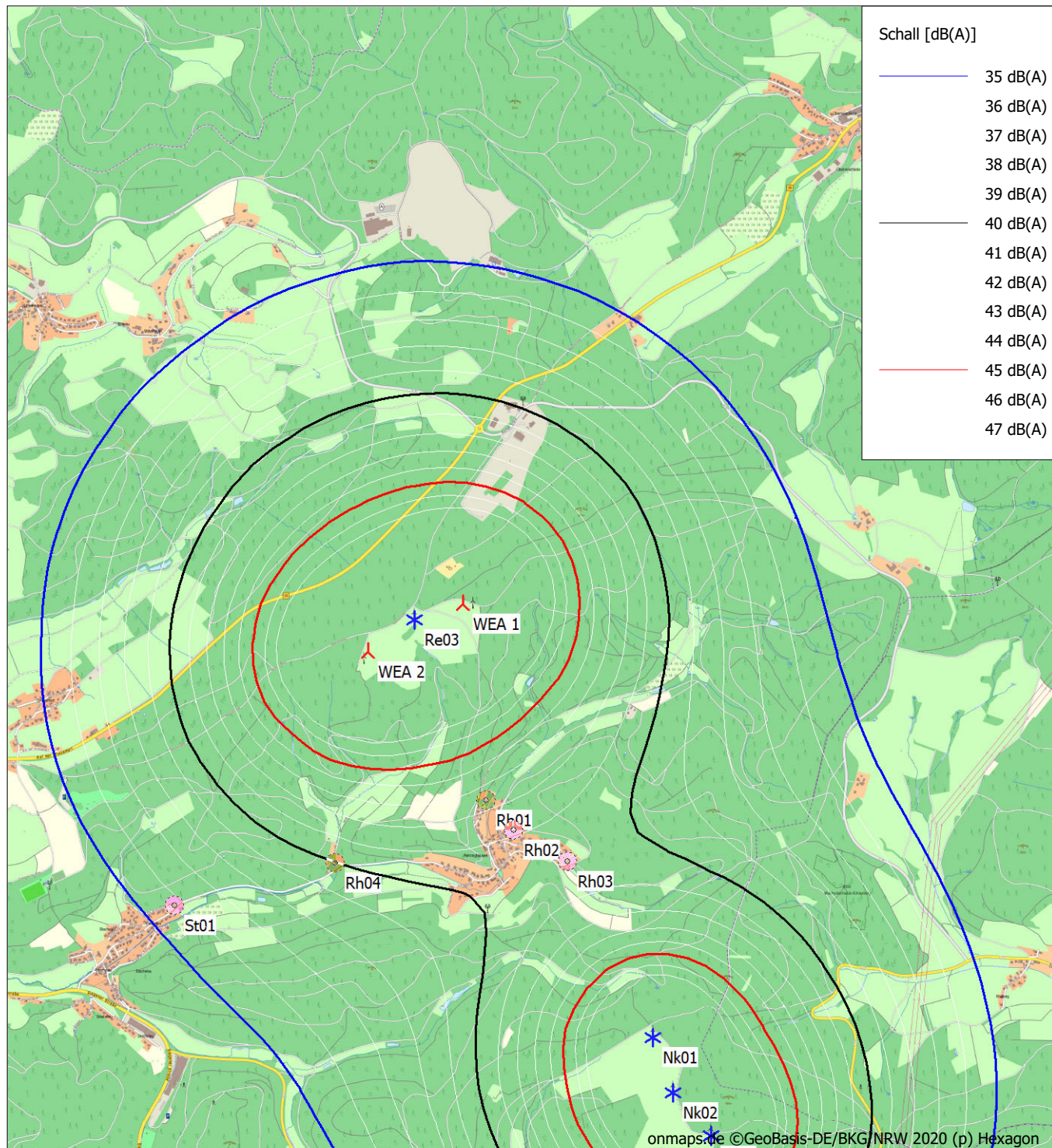
Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com

Berechnet:

29.08.2023 13:00/3.6.366

DECIBEL - Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Berechnung: Gesamtbelastung 002 - Rehringhausen



0 500 1000 1500 2000 m

Karte: ONMAPS, Maßstab 1:30.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 424.465 Nord: 5.656.531

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:

20-1-3089-002
SL Windenergie GmbH
Voßbrinkstr. 67
45966 Gladbeck

Beschreibung:

Windenergie-Standort Rehringhausen, Olpe, Kreis
 Olpe, Regierungsbezirk Arnsberg,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com

Berechnet:

29.08.2023 13:05/3.6.366

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: Vorbelastung irrelevant

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)

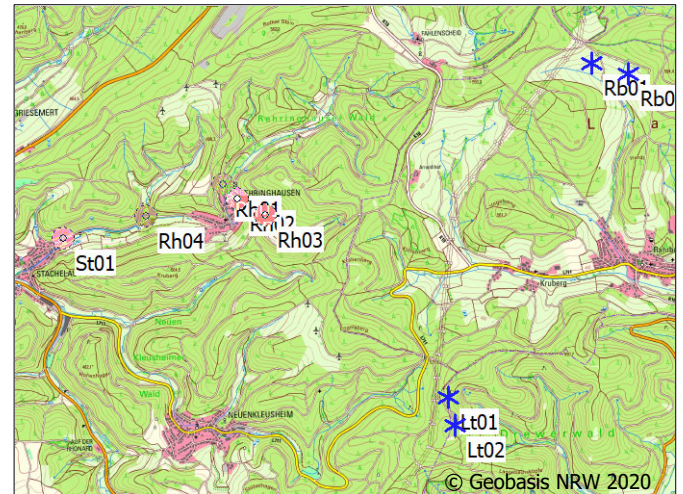
Gewerbegebiet: 50 dB(A)

Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)

Kur- und Ferienggebiet: 35 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



* Existierende WEA

Maßstab 1:75.000

■ Schall-Immissionsort

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schallwerte		Windgeschwindigkeit	LWA
			[m]		Aktuell	Hersteller	Typ	[kW]	[m]	[m]	Quelle	Name	[m/s]	[dB(A)]
Lt01	426.379	5.653.218	542,0	REpower MD 77 ...	Nein	REpower	MD 77-1.500	1.500	77,0	85,0	USER	Bauantrag: Lwa = 101,9 dB(A) + 1,7 dB(A) OVB	(95%)	103,6
Lt02	426.434	5.652.939	561,9	VESTAS V66 165...	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	117,0	USER	Bauantrag: Lwa = 102,5 dB(A) + 1,3 dB(A) OVB	(95%)	103,8
Rb01	427.845	5.656.510	537,9	NORDEX N117/2...	Ja	NORDEX	N117/2400-2.400	2.400	116,8	140,6	USER	Genehmigung: Lwa = 105,0 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	107,1
Rb02	428.214	5.656.399	542,1	NORDEX N117/2...	Ja	NORDEX	N117/2400-2.400	2.400	116,8	140,6	USER	Genehmigung: Lwa = 105,0 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	107,1

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe	Anforderung		Beurteilungspegel	
						Schall	Von WEA		
				[m]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]		
Rh01	Rehringhausen, In der Ahe 10	424.170	5.655.363	397,9	5,0	45,0	24,9		
Rh02	Rehringhausen, Pater-Nies-Weg 6	424.310	5.655.211	410,6	5,0	40,0	25,6		
Rh03	Rehringhausen, Zur Killmecke 27	424.582	5.655.047	406,9	5,0	40,0	26,7		
Rh04	Rehringhausen, Isfried-Ohm-Straße 1	423.392	5.655.057	372,6	5,0	45,0	23,0		
St01	Stachelau, Am Winterschott 12	422.568	5.654.854	360,3	5,0	40,0	20,9		

Abstände (m)

	WEA			
Schall-Immissionsort	Lt01	Lt02	Rb01	Rb02
Rh01	3079	3317	3850	4174
Rh02	2873	3110	3766	4081
Rh03	2564	2806	3576	3875
Rh04	3508	3707	4684	5005
St01	4147	4314	5531	5854

Projekt:

20-1-3089-002
SL Windenergie GmbH
Voßbrinkstr. 67
45966 Gladbeck

Beschreibung:

Windenergie-Standort Rehringhausen, Olpe,
 Kreis Olpe, Regierungsbezirk Arnsberg,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

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

Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com

Berechnet:

04.09.2023 09:49/3.6.377

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: Vorbelastung 003 - Neuenkleusheim und Rehringhausen

ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren)

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

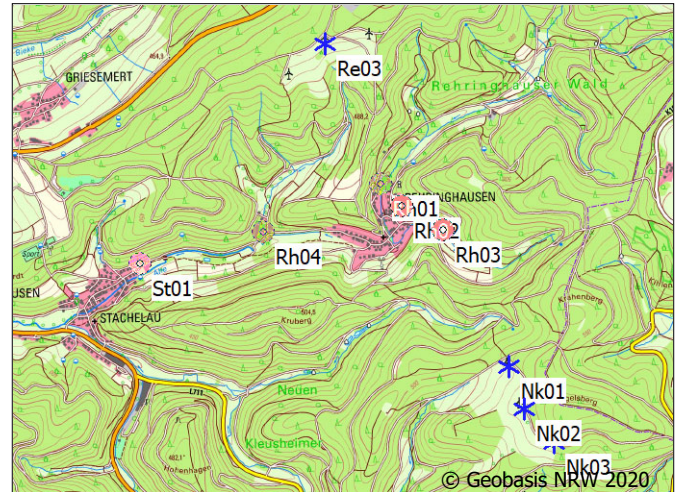
Lautester Wert bis 95% Nennleistung

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 1:50.000

* Existierende WEA ■ Schall-Immissionsort

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schallwerte		Windgeschwindigkeit	LWA
			[m]		Aktuell	Hersteller	Typ	[kW]	[m]	[m]	Quelle	Name	[m/s]	[dB(A)]
Nk01	425.006	5.654.141	526,0	REpower MD 77 ...	Nein	REpower	MD 77-1.500	1.500	77,0	85,0	USER	Standard: Lwa = 103,0 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	105,1
Nk02	425.104	5.653.858	550,4	REpower MD 77 ...	Nein	REpower	MD 77-1.500	1.500	77,0	85,0	USER	Standard: Lwa = 103,0 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	105,1
Nk03	425.294	5.653.633	552,6	REpower MD 77 ...	Nein	REpower	MD 77-1.500	1.500	77,0	85,0	USER	Standard: Lwa = 103,0 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	105,1
Re03	423.817	5.656.292	524,6	ENERCON E-40/6...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44,0	77,7	USER	Standard: 100,6 dB(A) + 1,5 dB(A) OVB	(95%)	102,1

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe	Anforderung		Beurteilungspegel	
						Schall	Von WEA	Schall	Von WEA
				[m]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
Rh01	Rehringhausen, In der Ahe 10	424.170	5.655.363	397,9	5,0	45,0	35,5	45,0	35,5
Rh02	Rehringhausen, Pater-Nies-Weg 6	424.310	5.655.210	410,6	5,0	40,0	36,1	40,0	36,1
Rh03	Rehringhausen, Zur Killmecke 27	424.582	5.655.047	406,9	5,0	40,0	37,7	40,0	37,7
Rh04	Rehringhausen, Isfried-Ohm-Straße 1	423.392	5.655.057	372,6	5,0	45,0	33,2	45,0	33,2
St01	Stachelau, Am Winterschott 12	422.568	5.654.853	360,3	5,0	40,0	29,7	40,0	29,7

Abstände (m)

Schall-Immissionsort	WEA			
	Nk01	Nk02	Nk03	Re03
Rh01	1481	1771	2063	994
Rh02	1276	1568	1859	1188
Rh03	1000	1298	1583	1461
Rh04	1856	2090	2376	1306
St01	2540	2724	2987	1905

Projekt:

20-1-3089-002
SL Windenergie GmbH
Voßbrinkstr. 67
45966 Gladbeck

Beschreibung:

Windenergie-Standort Rehringhausen, Olpe, Kreis
 Olpe, Regierungsbezirk Arnsberg,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com

Berechnet:

04.09.2023 09:50/3.6.377

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung 002 E-175

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)

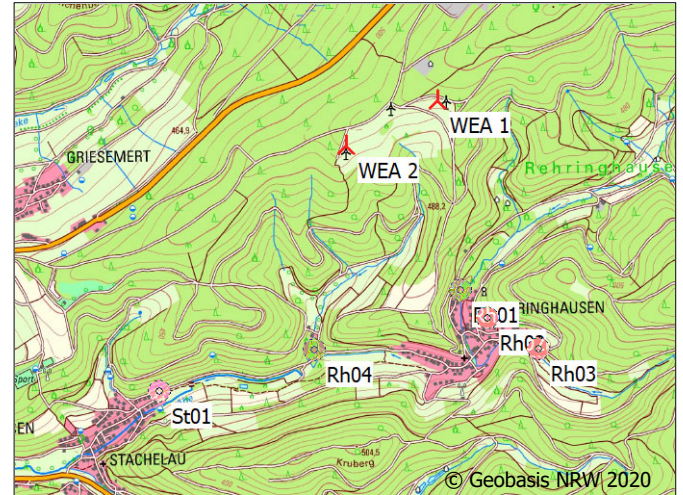
Gewerbegebiet: 50 dB(A)

Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)

Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



Neue WEA

Maßstab 1:40.000

Schall-Immissionsort

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ	Aktuell	Hersteller	Typ	Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schallwerte	Quelle	Name	Windgeschwindigkeit	LWA
			[m]						[kW]	[m]	[m]				[m/s]	[dB(A)]
WEA 1	424.066	5.656.367	527,9	ENERCON E-175 E...	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) + 2,1dB OVB	(95%)	109,6
WEA 2	423.577	5.656.133	519,6	ENERCON E-175 E...	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) + 2,1dB OVB	(95%)	109,6

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe	Schall	Von WEA
				[m]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]
Rh01	Rehringhausen, In der Ahe 10	424.170	5.655.363	397,9	5,0	45,0	41,3
Rh02	Rehringhausen, Pater-Nies-Weg 6	424.310	5.655.210	410,6	5,0	40,0	39,5
Rh03	Rehringhausen, Zur Killmecke 27	424.582	5.655.047	406,9	5,0	40,0	37,2
Rh04	Rehringhausen, Isfried-Ohm-Straße 1	423.392	5.655.057	372,6	5,0	45,0	38,9
St01	Stachelau, Am Winterschott 12	422.568	5.654.853	360,3	5,0	40,0	34,5

Abstände (m)

Schall-Immissionsort	WEA 1	WEA 2
Rh01	1009	972
Rh02	1182	1179
Rh03	1417	1481
Rh04	1473	1092
St01	2129	1629

Projekt:

20-1-3089-002
SL Windenergie GmbH
Voßbrinkstr. 67
45966 Gladbeck

Beschreibung:

Windenergie-Standort Rehringhausen, Olpe, Kreis
 Olpe, Regierungsbezirk Arnsberg,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com

Berechnet:

04.09.2023 09:50/3.6.377

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: Gesamtbelastung 002 - Rehringhausen

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)

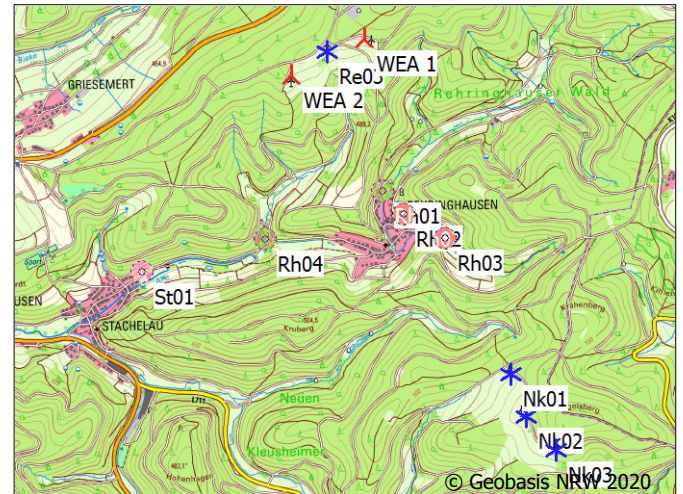
Gewerbegebiet: 50 dB(A)

Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)

Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



Maßstab 1:50.000

▲ Neue WEA

★ Existierende WEA

■ Schall-Immissionsort

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schallwerte		Windgeschwindigkeit	LWA
			[m]		Aktuell	Hersteller	Typ	[kW]	[m]	[m]	Quelle	Name	[m/s]	[dB(A)]
Nk01	425.006	5.654.141	526,0	REpower MD 77 1...	Nein	REpower	MD 77-1.500	1.500	77,0	85,0	USER	Standard: Lwa = 103,0 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	105,1
Nk02	425.104	5.653.858	550,4	REpower MD 77 1...	Nein	REpower	MD 77-1.500	1.500	77,0	85,0	USER	Standard: Lwa = 103,0 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	105,1
Nk03	425.294	5.653.633	552,6	REpower MD 77 1...	Nein	REpower	MD 77-1.500	1.500	77,0	85,0	USER	Standard: Lwa = 103,0 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	105,1
Re03	423.817	5.656.292	524,6	ENERCON E-40/6...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44,0	77,7	USER	Standard: Lwa = 100,6 dB(A) + 1,5 dB(A) OVB	(95%)	102,1
WEA 1	424.066	5.656.367	527,9	ENERCON E-175 E...	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) + 2,1dB OVB	(95%)	109,6
WEA 2	423.577	5.656.133	519,6	ENERCON E-175 E...	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) + 2,1dB OVB	(95%)	109,6

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe	Anforderung Beurteilungspegel	
						Schall [dB(A)]	Von WEA [dB(A)]
Rh01	Rehringhausen, In der Ahe 10	424.170	5.655.363	397,9	5,0	45,0	42,3
Rh02	Rehringhausen, Pater-Nies-Weg 6	424.310	5.655.210	410,6	5,0	40,0	41,1
Rh03	Rehringhausen, Zur Killmecke 27	424.582	5.655.047	406,9	5,0	40,0	40,5
Rh04	Rehringhausen, Isfried-Ohm-Straße 1	423.392	5.655.057	372,6	5,0	45,0	39,9
St01	Stachelau, Am Winterschott 12	422.568	5.654.853	360,3	5,0	40,0	35,8

Abstände (m)

WEA	Rh01	Rh02	Rh03	Rh04	St01
Nk01	1481	1276	1000	1856	2540
Nk02	1771	1568	1298	2090	2724
Nk03	2063	1859	1583	2376	2987
Re03	994	1188	1461	1306	1905
WEA 1	1009	1182	1417	1473	2129
WEA 2	972	1179	1481	1092	1629

Projekt:

20-1-3089-002
SL Windenergie GmbH
Voßbrinkstr. 67
45966 Gladbeck

Beschreibung:

Windenergie-Standort Rehringhausen, Olpe, Kreis
 Olpe, Regierungsbezirk Arnsberg,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

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



Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com

Berechnet:

04.09.2023 09:50/3.6.377

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: Gesamtbelastung 002 - Rehringhausen **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 = D_{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: Rh01 Rehringhausen, In der Ahe 10

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]
Nk01	1.481	1.495	30,60	105,1	0,00	74,49	2,98	-3,00	0,00	0,00	74,48
Nk02	1.771	1.786	28,67	105,1	0,00	76,04	3,37	-3,00	0,00	0,00	76,41
Nk03	2.063	2.076	27,01	105,1	0,00	77,35	3,72	-3,00	0,00	0,00	78,07
Re03	994	1.013	30,78	102,1	0,00	71,12	3,20	-3,00	0,00	0,00	71,31
WEA 1	1.009	1.049	38,10	109,6	0,00	71,41	3,06	-3,00	0,00	0,00	71,47
WEA 2	972	1.012	38,50	109,6	0,00	71,10	2,97	-3,00	0,00	0,00	71,07
Summe			42,33								

Schall-Immissionsort: Rh02 Rehringhausen, Pater-Nies-Weg 6

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]
Nk01	1.276	1.291	32,16	105,1	0,00	73,22	2,70	-3,00	0,00	0,00	72,91
Nk02	1.568	1.584	29,98	105,1	0,00	74,99	3,10	-3,00	0,00	0,00	75,09
Nk03	1.859	1.872	28,15	105,1	0,00	76,45	3,47	-3,00	0,00	0,00	76,92
Re03	1.188	1.203	28,84	102,1	0,00	72,61	3,65	-3,00	0,00	0,00	73,25
WEA 1	1.182	1.213	36,47	109,6	0,00	72,68	3,42	-3,00	0,00	0,00	73,10
WEA 2	1.179	1.209	36,51	109,6	0,00	72,65	3,41	-3,00	0,00	0,00	73,06
Summe			41,13								

Schall-Immissionsort: Rh03 Rehringhausen, Zur Killmecke 27

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]
Nk01	1.000	1.020	34,62	105,1	0,00	71,17	2,29	-3,00	0,00	0,00	70,45
Nk02	1.298	1.317	31,95	105,1	0,00	73,39	2,73	-3,00	0,00	0,00	73,13
Nk03	1.583	1.599	29,88	105,1	0,00	75,08	3,12	-3,00	0,00	0,00	75,20
Re03	1.461	1.474	26,48	102,1	0,00	74,37	4,25	-3,00	0,00	0,00	75,62
WEA 1	1.417	1.444	34,47	109,6	0,00	74,19	3,91	-3,00	0,00	0,00	75,10
WEA 2	1.481	1.505	33,99	109,6	0,00	74,55	4,03	-3,00	0,00	0,00	75,58
Summe			40,49								

Schall-Immissionsort: Rh04 Rehringhausen, Isfried-Ohm-Straße 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]
Nk01	1.856	1.870	28,17	105,1	0,00	76,44	3,47	-3,00	0,00	0,00	76,91
Nk02	2.090	2.106	26,85	105,1	0,00	77,47	3,76	-3,00	0,00	0,00	78,23
Nk03	2.376	2.390	25,42	105,1	0,00	78,57	4,09	-3,00	0,00	0,00	79,65
Re03	1.306	1.325	27,72	102,1	0,00	73,45	3,92	-3,00	0,00	0,00	74,37

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

20-1-3089-002
SL Windenergie GmbH
Voßbrinkstr. 67
45966 Gladbeck

Beschreibung:

Windenergie-Standort Rehdinghausen, Olpe, Kreis
 Olpe, Regierungsbezirk Arnsberg,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

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



Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com

Berechnet:

04.09.2023 09:50/3.6.377

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: Gesamtbelastung 002 - Rehdinghausen **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]
WEA 1	1.473	1.506	33,98	109,6	0,00	74,56	4,03	-3,00	0,00	0,00	75,59
WEA 2	1.092	1.134	37,23	109,6	0,00	72,09	3,25	-3,00	0,00	0,00	72,34
Summe			39,94								

Schall-Immissionsort: St01 Stachelau, Am Winterschott 12

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]
Nk01	2.540	2.552	24,68	105,1	0,00	79,14	4,26	-3,00	0,00	0,00	80,40
Nk02	2.724	2.738	23,87	105,1	0,00	79,75	4,46	-3,00	0,00	0,00	81,21
Nk03	2.987	2.999	22,80	105,1	0,00	80,54	4,73	-3,00	0,00	0,00	82,27
Re03	1.905	1.920	23,25	102,1	0,00	76,67	5,18	-3,00	0,00	0,00	78,84
WEA 1	2.129	2.154	29,67	109,6	0,00	77,66	5,23	-3,00	0,00	0,00	79,90
WEA 2	1.629	1.660	32,84	109,6	0,00	75,40	4,33	-3,00	0,00	0,00	76,73
Summe			35,78								

Projekt:

20-1-3089-002
SL Windenergie GmbH
Voßbrinkstr. 67
45966 Gladbeck

Beschreibung:

Windenergie-Standort Rehringhausen, Olpe, Kreis
 Olpe, Regierungsbezirk Arnsberg,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

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



Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
 Berechnet:
 04.09.2023 09:50/3.6.377

DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

Berechnung: Gesamtbelastung 002 - Rehringhausen

Schallberechnungs-Modell:

ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren)

Windgeschwindigkeit (in 10 m Höhe):

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Bodeneffekt:

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

Meteorologischer Koeffizient, C0:

0,0 dB

Art der Anforderung in der Berechnung:

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

Schalleistungspegel in der Berechnung:

Schallwerte sind Lwa-Werte (Mittlere Schalleistungspegel; Standard)

Einzelton:

Fester Zuschlag wird zu Schallemission von WEA mit Einzeltonen zugefügt

WEA-Katalog

Aufpunkthöhe ü.Gr.:

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

Unsicherheitszuschlag:

0,0 dB; Unsicherheitszuschlag des IP hat Priorität

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

0,0 dB(A)

Oktavbanddaten verwendet

Frequenzabhängige Luftdämpfung

63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
[dB/km]	[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: 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
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	109,6	Nein	92,9	95,7	100,4	104,4	104,7	101,7
				4000	8000				
				93,2	74,6				

WEA: ENERCON E-40/6.44 600 44.0 !O!

Schall: Standard: 100,6 dB(A) + 1,5 dB(A) OVB

Datenquelle	Quelle/Datum	Quelle	Bearbeitet
3fach Vermessung WICO 287SEA01/01	20.10.2020	USER	20.10.2020 12:04

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton	Oktavbänder					
				63	125	250	500	1000	2000
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	102,1	Nein	80,5	85,7	93,0	96,8	97,6	93,5
				4000	8000				
				89,0	81,8				

WEA: REpower MD 77 1500 77.0 !-!

Schall: Standard: Lwa = 103,0 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB

Datenquelle	Quelle/Datum	Quelle	Bearbeitet
3fach Vermessung KCE 27053-1.001	08.05.2003	USER	04.11.2020 11:46

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton	Oktavbänder					
				63	125	250	500	1000	2000
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	105,1	Nein	89,2	97,3	98,3	98,9	98,0	95,3
				4000	8000				
				91,6	85,0				

Schall-Immissionsort: Rh01 Rehringhausen, In der Ahe 10

Vordefinierter Berechnungsstandard: Dorf- und Mischgebiete

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Projekt:

20-1-3089-002
SL Windenergie GmbH
Voßbrinkstr. 67
45966 Gladbeck

Beschreibung:

Windenergie-Standort Rehringhausen, Olpe, Kreis
 Olpe, Regierungsbezirk Arnsberg,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com

Berechnet:

29.08.2023 13:08/3.6.366

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung 002 E-175 Lemax (Kontrollwerte)

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)

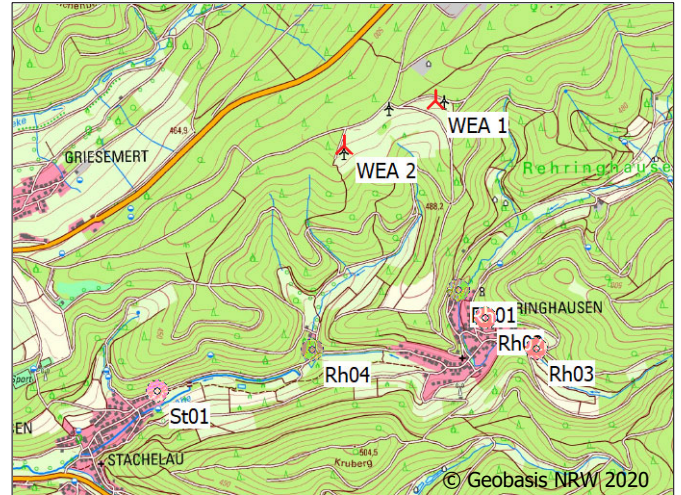
Gewerbegebiet: 50 dB(A)

Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)

Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



Maßstab 1:40.000

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)]
WEA 1	424.066	5.656.367	527,8	ENERCON E-175 E...	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
WEA 2	423.577	5.656.133	519,6	ENERCON E-175 E...	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	Schall	Von WEA
				[m]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]
Rh01	Rehringhausen, In der Ahe 10	424.170	5.655.363	397,9	5,0	45,0	40,9
Rh02	Rehringhausen, Pater-Nies-Weg 6	424.310	5.655.211	410,6	5,0	40,0	39,1
Rh03	Rehringhausen, Zur Killmecke 27	424.582	5.655.047	406,9	5,0	40,0	36,8
Rh04	Rehringhausen, Isfried-Ohm-Straße 1	423.392	5.655.057	372,6	5,0	45,0	38,5
St01	Stachelau, Am Winterschott 12	422.568	5.654.854	360,3	5,0	40,0	34,1

Abstände (m)

	WEA	
Schall-Immissionsort	WEA 1	WEA 2
Rh01	1009	972
Rh02	1181	1179
Rh03	1417	1481
Rh04	1473	1092
St01	2129	1629

Projekt:

20-1-3089-002
SL Windenergie GmbH
Voßbrinkstr. 67
45966 Gladbeck

Beschreibung:

Windenergie-Standort Rehringhausen, Olpe, Kreis
 Olpe, Regierungsbezirk Arnsberg,
 Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

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



Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
 Berechnet:
 29.08.2023 13:08/3.6.366

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: Zusatzbelastung 002 E-175 Lemax (Kontrollwerte) **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 = D_{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: Rh01 Rehringhausen, In der Ahe 10

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]
WEA 1	1.009	1.049	37,70	109,2	0,00	71,41	3,06	-3,00	0,00	0,00	71,47
WEA 2	972	1.012	38,10	109,2	0,00	71,10	2,97	-3,00	0,00	0,00	71,07
Summe			40,91								

Schall-Immissionsort: Rh02 Rehringhausen, Pater-Nies-Weg 6

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]
WEA 1	1.181	1.213	36,07	109,2	0,00	72,68	3,42	-3,00	0,00	0,00	73,10
WEA 2	1.179	1.209	36,11	109,2	0,00	72,65	3,41	-3,00	0,00	0,00	73,06
Summe			39,10								

Schall-Immissionsort: Rh03 Rehringhausen, Zur Killmecke 27

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]
WEA 1	1.417	1.444	34,07	109,2	0,00	74,19	3,91	-3,00	0,00	0,00	75,10
WEA 2	1.481	1.505	33,59	109,2	0,00	74,55	4,03	-3,00	0,00	0,00	75,58
Summe			36,85								

Schall-Immissionsort: Rh04 Rehringhausen, Isfried-Ohm-Straße 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]
WEA 1	1.473	1.506	33,59	109,2	0,00	74,56	4,03	-3,00	0,00	0,00	75,59
WEA 2	1.092	1.134	36,83	109,2	0,00	72,09	3,25	-3,00	0,00	0,00	72,34
Summe			38,52								

Schall-Immissionsort: St01 Stachelau, Am Winterschott 12

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]
WEA 1	2.129	2.154	29,27	109,2	0,00	77,66	5,23	-3,00	0,00	0,00	79,90
WEA 2	1.629	1.660	32,44	109,2	0,00	75,40	4,33	-3,00	0,00	0,00	76,73
Summe			34,15								

Anhang Teil II: Eingangsdaten - Datengrundlagen

WEA	WEA	Koordinaten [m]		WEA	NH	Schalleingangsdaten		Quell-Oktavdaten L _{WA,ON} [dB(A)]								L _{WA}	L _O	α _k	α _p	α _{prog}	ΔL _O	Quelle/Dokument Oktavdaten			Quelle L _{wa} / L _O	
ID	Bezeichnung	X	Y	Typ	[m]	ID		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	Dokument	Datum	Typ	Quelle	
1	WEA 1	424.066	5.656.367	E-175 EP5	162,0	0 H [Mode OM-YO-12-0] Lwa = 107,5 dB(A) + 2,1dB OVB		90,8	93,6	98,3	102,3	102,6	99,6	91,1	72,5	107,5	109,6	0,5	1,2	1,0	2,1	D02886584/1.0-de	21.06.2023	Herstellerangaben	Oktavdaten	
2	WEA 2	423.577	5.656.133	E-175 EP5	162,0	0 H [Mode OM-YO-12-0] Lwa = 107,5 dB(A) + 2,1dB OVB		90,8	93,6	98,3	102,3	102,6	99,6	91,1	72,5	107,5	109,6	0,5	1,2	1,0	2,1	D02886584/1.0-de	21.06.2023	Herstellerangaben	Oktavdaten	
3	Re03	423.817	5.656.292	E-40/6.44	77,7	Standard: Lwa = 100,6 dB(A) + 1,5 dB(A) OVB		79,0	84,2	91,5	95,3	96,1	92,0	87,5	80,3	100,6	102,1	0,5	0,4	1,0	1,5	WICO 287SEA01/01	05.12.2001	3-fach-Vermessung	Vermessung (nach Baurecht gen.)	
4	Nk01	425.006	5.654.141	MD 77	85,0	Standard: Lwa = 103,0 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB		87,1	95,2	96,2	96,8	95,9	93,2	89,5	82,9	103,0	105,1	0,5	1,2	1,0	2,1	KCE 27053-1.001	08.05.2003	3-fach-Vermessung	Vermessung (nach Baurecht gen.)	
5	Nk02	425.104	5.653.858	MD 77	85,0	Standard: Lwa = 103,0 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB		87,1	95,2	96,2	96,8	95,9	93,2	89,5	82,9	103,0	105,1	0,5	1,2	1,0	2,1	KCE 27053-1.001	08.05.2003	3-fach-Vermessung	Vermessung (nach Baurecht gen.)	
6	Nk03	425.294	5.653.633	MD 77	85,0	Standard: Lwa = 103,0 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB		87,1	95,2	96,2	96,8	95,9	93,2	89,5	82,9	103,0	105,1	0,5	1,2	1,0	2,1	KCE 27053-1.001	08.05.2003	3-fach-Vermessung	Vermessung (nach Baurecht gen.)	

Technisches Datenblatt

Oktavbandpegel Betriebsmodus OM-YO-12-0

ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5 / 6000 kW

Technische Änderungen vorbehalten.

Herausgeber

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
 Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
 E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
 Geschäftsführer: Dr. Jürgen Zeschky, Dr. Martin Prillmann, Dr. Michael Jaxy
 Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411
 Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

Urheberrechtshinweis

Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

Geschützte Marken

Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

Änderungsvorbehalt

Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

Dokumentinformation

Dokument-ID	D02886584/1.0-de		
Vermerk	Originaldokument		
Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2023-06-21	de	DA	WRD Wobben Research and Development GmbH / Documentation Department

Mitgeltende Dokumente

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in Klammern. Die Titel von übergeordneten Normen und Richtlinien werden im Sprachoriginal oder in der englischen Übersetzung angegeben. Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments. Diese Liste enthält ggf. Dokumente zu optionalen Komponenten.

Übergeordnete Normen und Richtlinien

Dokument-ID	Dokument
ISO 266:1997	Acoustic – Preferred frequencies

Zugehörige Dokumente

Dokument-ID	Dokument
diverse	Datenblatt Betriebsmodus

Inhaltsverzeichnis

1	Verfügbarkeit Betriebsmodus	6
2	Allgemeines	7
3	Informationen zu Oktavbandpegeln	7
4	Oktavbandpegel des lautesten Zustands	8

Technische Änderungen vorbehalten.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

EIO	Ersatzimmissionsort
IO	Immissionsort
NH	Nabenhöhe

Größen, Einheiten, Formeln

L_o	Oktavbandpegel
L_T	Terzbandpegel
v_H	Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe

1 Verfügbarkeit Betriebsmodus

In der nachfolgenden Tabelle ist ersichtlich, für welche Turmvarianten bzw. Nabenhöhen der Betriebsmodus verfügbar ist.

Tab. 1: Verfügbarkeit Betriebsmodus

Betriebsmo- dus	Turmvariante bzw. Nabenhöhe (NH)		
	E-175 EP5-ST-112- FB-C-01	E-175 EP5-HST-132- FB-C-01	E-175 EP5-HT-162-ES- C-01
	NH 112 m	NH 132 m	NH 162 m
OM-YO-12-0	-	-	x

x = verfügbar
- = nicht verfügbar

2 Allgemeines

Dieses Dokument beinhaltet Zusatzinformationen zum Datenblatt Betriebsmodus. Im Übrigen gelten die im Datenblatt Betriebsmodus aufgeführten Regelungen hinsichtlich der technischen Eigenschaften der Windenergieanlage.

3 Informationen zu Oktavbandpegeln

Für Oktavbandpegel bis zur Oktavbandmittenfrequenz von 2000 Hz gelten die Angaben zur Unsicherheit gemäß Datenblatt Betriebsmodus. Für Frequenzen größer 2000 Hz nehmen aufgrund physikalischer Effekte die Unsicherheiten zu. Diese Frequenzen haben keinen Einfluss auf den Immissionsort (IO) oder auf den Ersatzimmissionsort (EIO) und sind grundsätzlich vernachlässigbar. Bei verschiedenen Messungen an bestehenden ENERCON Windenergieanlagen verschiedener Typen gemäß den anwendbaren Richtlinien ergaben sich Unsicherheiten für die Oktavbandpegel im Frequenzbereich 4000 Hz bei $\pm 2,5$ dB(A) und im Frequenzbereich 8000 Hz bei $\pm 8,0$ dB(A). Angesichts der begrenzten Untersuchungen kann eine Reproduzierbarkeit dieser Messungen für alle ENERCON Windenergieanlagen bei gleichen Unsicherheiten nicht garantiert werden.

Die Zuordnung der Oktavbandpegel zur Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (v_H) gilt für alle Nabenhöhen (NH). Die Windgeschwindigkeit wird bei Messungen aus der Leistungsabgabe und der Leistungskennlinie bestimmt. Die nachfolgend angegebenen Oktavbandpegel wurden auf Basis von aeroakustischen Simulationen ermittelt. Die einzelnen Oktavbandpegelwerte können nicht garantiert werden. Der Summenpegel aller Oktavbandpegel pro Windgeschwindigkeit entspricht dem Schallleistungspegel bei dieser Windgeschwindigkeit, welcher im zugrundeliegenden Datenblatt für die jeweiligen Betriebsmodi angegeben ist. Daher ist der Summenpegel im Rahmen des im Datenblatt festgelegten Geltungsbereichs und auf Basis der anwendbaren Normen und Richtlinien einzuhalten.

Die angegebenen Oktavbandpegel des lautesten Zustands wurden aus den simulierten Terzbandpegelwerten gemäß den Frequenzbändern der ISO 266:1997 im Bereich von 25 Hz bis 10000 Hz erzeugt. Ein Oktavbandpegel L_O wird aus 3 Terzbandpegeln L_{T1} , L_{T2} und L_{T3} gemäß folgender Formel berechnet:

$$L_O = 10 \times \log\left(10^{\frac{L_{T1}}{10}} + 10^{\frac{L_{T2}}{10}} + 10^{\frac{L_{T3}}{10}}\right)$$

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

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.

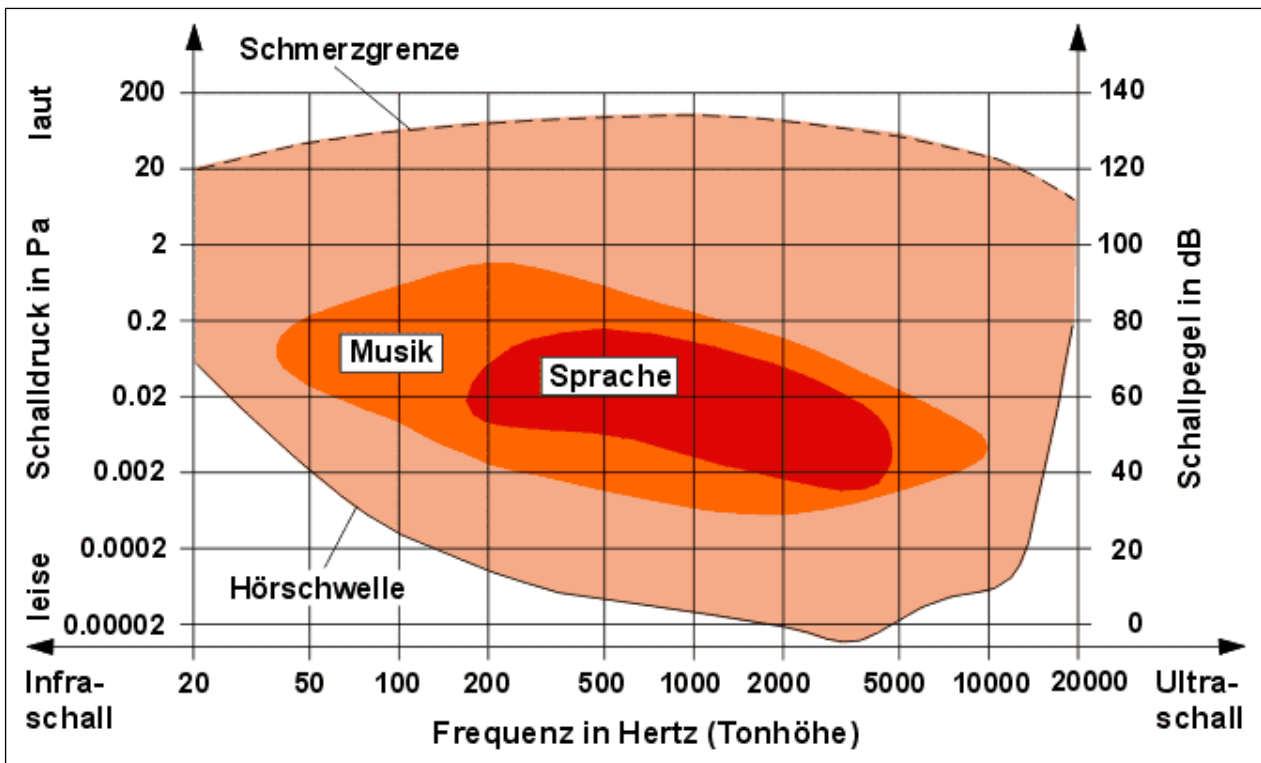


Abbildung 1: Hörbereich des Menschen [1]

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.

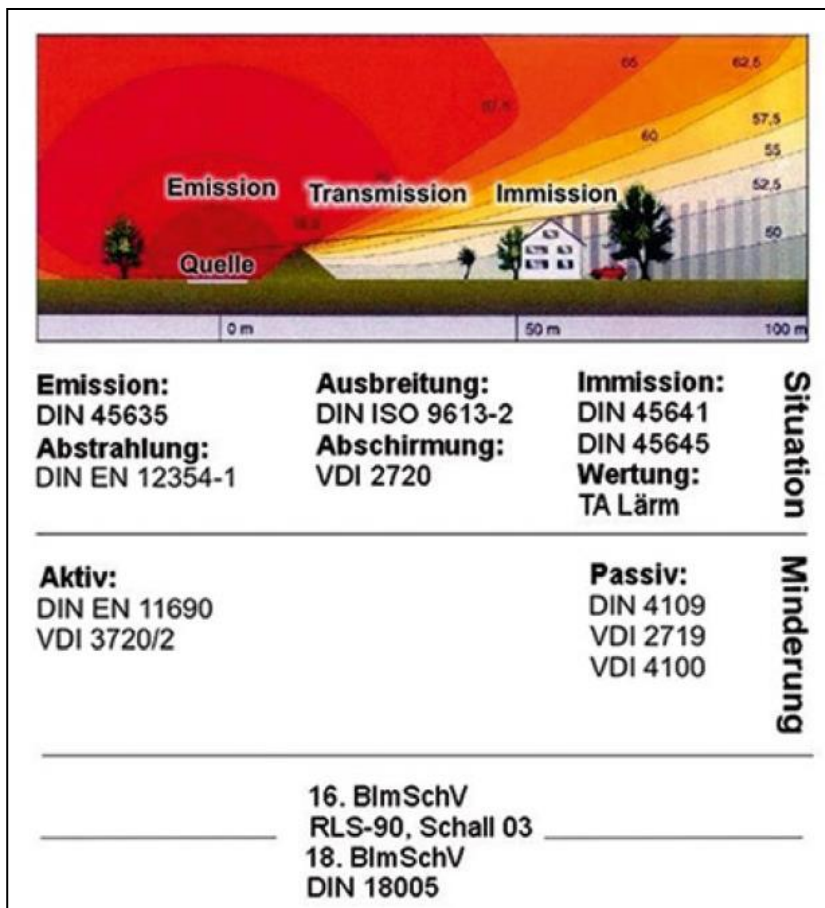


Abbildung 2: Normen und Grundlagen zum Schall [2]

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:

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

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

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:

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

- **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.*