

SCHALLIMMISSIONSPROGNOSE

für vier Windenergieanlagen

am Standort

Hillekopf-Winterberg | NRW

Datum: 15.12.2025

Berichtsnummer: 24-1-3219-002-NRi

Auftraggeber

Enova Windpark Hillekopf-Hildfeld GmbH & Co. KG
Steinhausstraße 112
26831 Bunderhee

Auftragnehmer

Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
34131 Kassel
Tel +49 561 288573-0



Die vorliegende Schallimmissionsprognose für eine Windenergieplanung am Standort Hillekopf-Winterberg (NRW) wurde der Ramboll Deutschland GmbH von der Enova Windpark Hillekopf-Hildfeld GmbH & Co. KG in Auftrag gegeben. Rechtsgrundlage dieses Gutachtens ist das BImSchG [1] mit dem in §1 festgehaltenen Zweck „[...] Menschen [...] vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen [...]“. Die Ramboll Deutschland GmbH ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 [2] u. a. für die Erstellung von Schallimmissionsprognosen akkreditiert. Die firmenintern verwendeten Berechnungsverfahren gemäß den zuvor genannten Anforderungen sind in der Ramboll-Qualitätsmanagement Prozessbeschreibung „Schall“ festgelegt und dokumentiert.

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

Das Urheberrecht und geistige Eigentum dieses Gutachtens liegt bei der Ramboll Deutschland GmbH. Inhaltliche Veränderungen bedürfen einer Zustimmung. Die Nutzungsrechte dieses Gutachtens, insbesondere die elektronische Weitergabe, Veröffentlichung und Vervielfältigung liegen beim Auftraggeber und bedürfen dessen Zustimmung.

Nr.	Datum	Bearbeiter:in	Beschreibung
001	18.03.2025	H. Ristow	Planung von vier WEA des Typs Enercon E-175 EP5 E2
002	15.12.2025	H. Ristow	Änderung der Vorbelastungssituation

Kassel, 15.12.2025



Dipl.-Geogr. Holger Ristow
(Bearbeiter)



Nils Fischer, M. Sc.
(Prüferin)

INHALT

1	Zusammenfassung	4
2	Berechnungsgrundlagen	6
2.1	Aufgabenstellung	6
2.2	Ausbreitungsrechnung	7
2.3	Immissionsorte.....	8
2.3.1	Einwirkungsbereich	8
2.3.2	Immissionsorte und Immissionsrichtwerte	9
2.3.3	Lage der Immissionsorte	10
2.4	Potenzielle Schallreflexionen und Abschirmungseffekte	16
2.5	Vorbelastungen	17
2.5.1	Gewerbliche Vorbelastungen.....	17
2.5.2	Windenergieanlagen	18
2.6	Zusatzbelastung	18
3	Ergebnisse der Immissionsberechnungen.....	21
3.1	Beurteilungspegel an den Immissionsorten	21
3.2	Bewertung der Ergebnisse.....	21
3.3	Tagbetrieb	22
4	Literaturverzeichnis	23
5	Anhang	25

1 ZUSAMMENFASSUNG

Für die Planung von vier Windenergieanlagen (WEA) des Typs Enercon E-175 EP5 E2 mit einer Nabenhöhe von 175 m am Standort Hillekopf-Winterberg wurde eine Schallimmissionsprognose entsprechend der TA Lärm [3] für die zu berücksichtigenden Schallquellen, ggfs. unter Berücksichtigung spezifischer Landesvorgaben für NRW, an den für die Planung maßgeblichen Immissionsorten durchgeführt. Für WEA wurden die Berechnungsvorschriften der DIN ISO 9613-2 [4] entsprechend den Hinweisen der LAI [6] nach dem Interimsverfahren [5] modifiziert.

Als Emissionswerte für die WEA-Planung wurden die Herstellerangaben (siehe Abschnitt 2.6) zugrunde gelegt. Zur sicheren Einhaltung der Vorgaben der TA Lärm werden die in Tabelle 2 aufgeführten nächtlichen Betriebsmodi angesetzt.

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 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 maßgeblichen Immissionsorten sind neben den nächtlichen Immissionsrichtwerten (IRW) in Tabelle 1 aufgeführt.

An allen Immissionsorten werden die Nacht-Immissionsrichtwerte nach TA Lärm unter Berücksichtigung des oberen Vertrauensbereichs eingehalten. Von einer schädlichen Umweltwirkung bzw. einer erheblichen Belästigung i. S. d. BImSchG ist demnach nicht auszugehen.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse

Bez.	Adresse	IRW (dB(A))	$L_{r,o}^*$ (dB(A))	ΔIRW (dB)
El01	Elkeringhausen, Steimeckeweg 9	35	27	-8
Gr01	Grönebach, Am Steinacker 32	40	36	-4
Gr02	Grönebach, Zur Egge 5	40	36	-4
Gr03	Grönebach, Mosenberg 31	40	37	-3
Hi01	Hildfeld, Zum Schweimecke 20	40	38	-2
Hi02	Hildfeld, Zum Schweimecke 24	40	39	-1
Hi03	Hildfeld, Zum Pölz 6	40	38	-2
Hi04	Hildfeld, Hildfelder Str. 36	40	38	-2
Hi05	Hildfeld, Zum Grund 23	40	39	-1
Hi06	Hildfeld, Am Ufer 18	45	41	-4

Bez.	Adresse	<i>IRW</i> (dB(A))	<i>L_{r,o}</i> * (dB(A))	<i>ΔIRW</i> (dB)
Kü01	Küstelberg, Zum Hillekopf 30	45	39	-6
Kü02	Küstelberg, Zum Hufeisen 28	40	37	-3

* Rundung gemäß Nr. 4.5.1 DIN 1333 [8], Details siehe Kapitel 3.1 und Ergebnisse im Anhang

2 BERECHNUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant am Standort Hillekopf-Winterberg vier WEA des Typs Enercon E-175 EP5 E2 mit 175 m Nabenhöhe zu errichten (siehe Tabelle 2).

Diese Überarbeitung der Schallprognose wird notwendig, da nach Behördeninformationen¹ die im Ursprungsgutachten angesetzte Vorbelastungs-WEA entfallen. Zum einen seien die Anträge auf Vorbescheid der beiden als Vorbelastung angesetzten WEA im Bereich Titmaringhausen zwischenzeitlich zurückgezogen worden, zum anderen sei die Anlage in Küstelberg schon seit mehreren Jahren nicht mehr in Betrieb und eine Wiederinbetriebnahme sehr unwahrscheinlich.

Es soll der nächtliche Beurteilungspegel nach dem oberen Vertrauensbereich $L_{r,o}$ der durch die zu berücksichtigenden Schallemissionsquellen hervorgerufenen Immissionen an der umliegenden schutzwürdigen Bebauung berechnet und mit den immissionsschutzrechtlichen Vorgaben der TA Lärm [3] für diese Gebäude (Immissionsrichtwerte nach Ziffer 6.1) verglichen und bewertet werden.

Tabelle 2: Kenndaten der geplanten WEA

Bez.	Hersteller	Typ	NH (m)	Koordinaten (UTM 32 ETRS89)		Betriebs- modus nachts
				Ost	Nord	
Hild 1	Enercon	E-175 EP5 E2	175	471.323	5.676.485	OM-0-0
Hild 2	Enercon	E-175 EP5 E2	175	470.943	5.676.666	OM-0-0
Hild 3	Enercon	E-175 EP5 E2	175	471.192	5.675.968	OM-0-0
Hild 4	Enercon	E-175 EP5 E2	175	470.901	5.676.294	OM-0-0

¹ E-Mail der Immissionsschutzbehörde Hochsauerlandkreis vom 17.09.2025

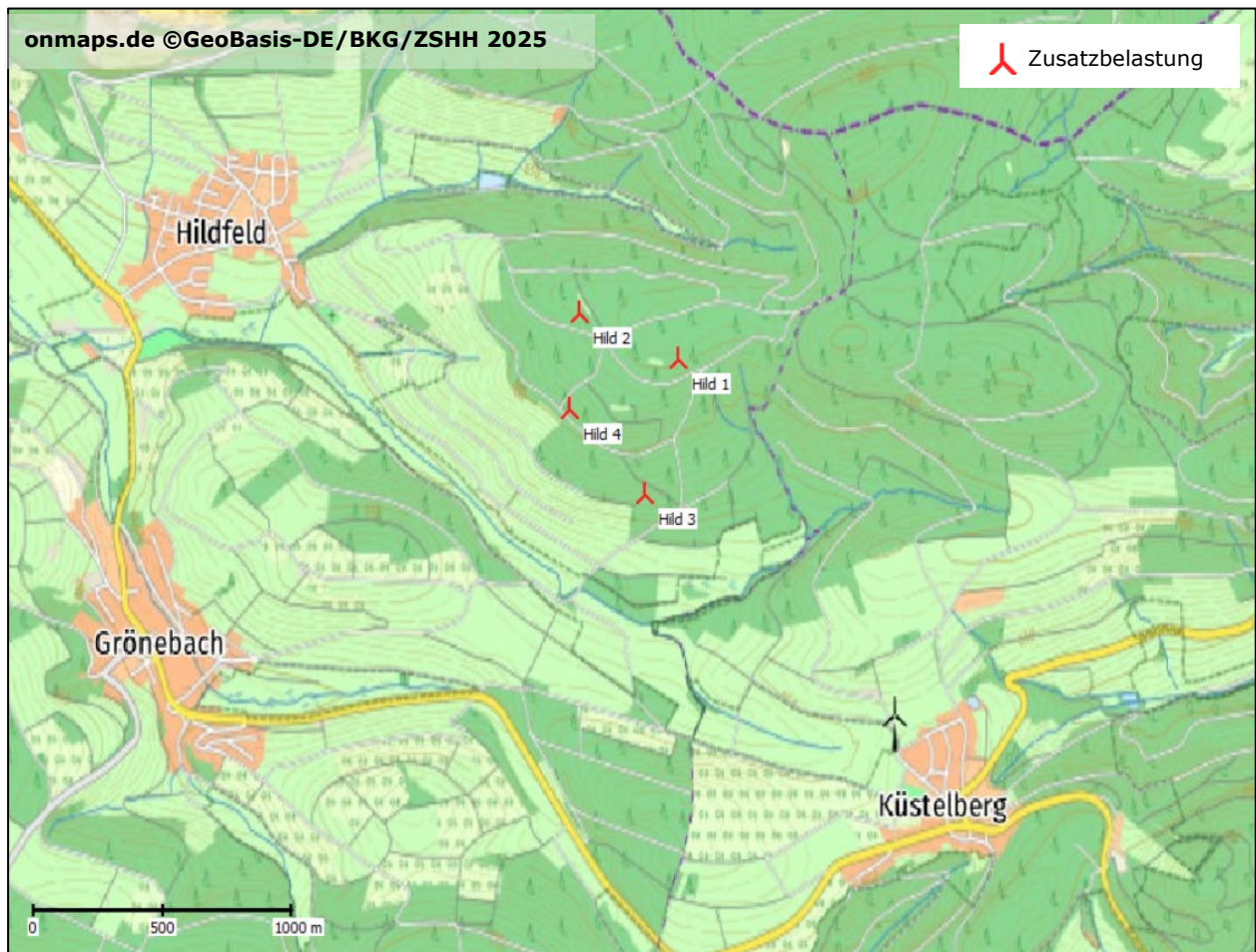


Abbildung 1: Übersichtskarte

2.2 Ausbreitungsrechnung

Die Immissionsprognose wird gemäß TA Lärm nach der Berechnungsvorschrift der DIN ISO 9613-2 [4] durchgeführt. Dabei werden günstige Schallausbreitungsbedingungen angenommen (Mitwindbedingungen, 10°C Lufttemperatur, 70 % Luftfeuchte) (vgl. DIN ISO 9613-2, Kap. 7.2, Tab. 2). Für WEA wird entsprechend den aktuellen Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) [6] das vom NALS modifizierte Verfahren („Interimsverfahren“) [5] angewendet. Bei der Ausbreitung des Schalls werden die abschirmenden Effekte von Gebäuden und des Geländes nicht berücksichtigt.

Die Berechnungen wurden mit der Software windPRO [9], Modul DECIBEL durchgeführt. Das Höhenrelief wurde dem DGM5 NRW entnommen. Die Immissionen werden für die lauteste Nachtstunde berechnet (Nachtbetrieb der WEA im jeweiligen Modus). 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 Hillekopf-Winterberg wurden die in der Umgebung des Standorts liegenden schutzbedürftigen maßgeblichen Immissionsorte (IO) auf Basis topographischer Karten, des amtlichen Liegenschaftskatasters Deutschland (ALKIS) und anhand von Luftbildern ermittelt. Im Rahmen einer Standortbesichtigung am 30.10.2024 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 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.

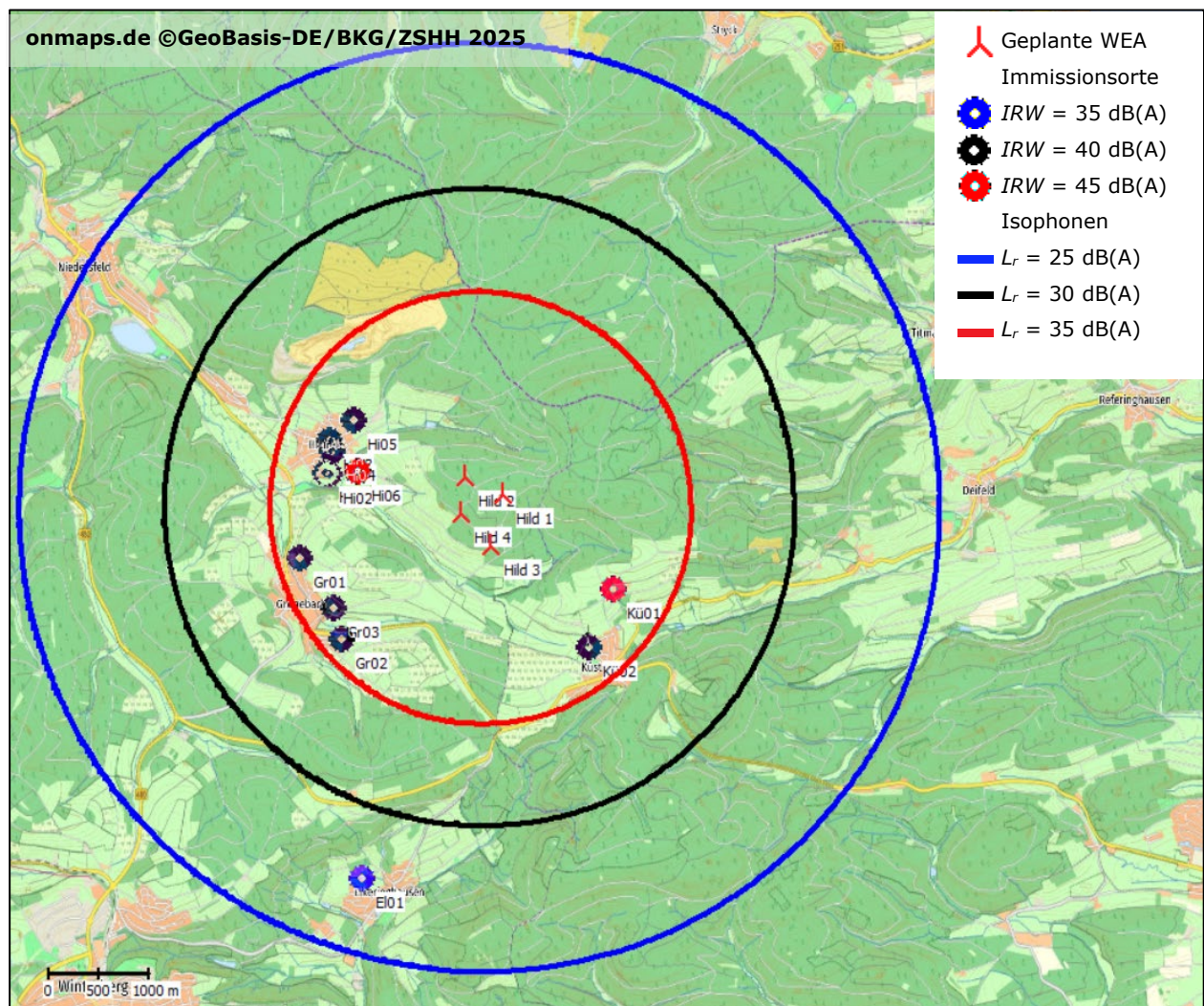


Abbildung 2: Einwirkungsbereich Zusatzbelastung

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 oder anderen schallschutztechnischen Richtlinien (bspw. Orientierungswerte nach DIN 18005 [10]) angewendet. Für die Beurteilung der Schallimmissionen an den Immissionsorten wird der niedrigere Immissionsrichtwert für den Nachtzeitraum (22-6 Uhr) herangezogen.

Tabelle 3: Immissionsorte

Bez.	Adresse	IRW_N (dB(A))	Gebiets- einstufung ²	Grundlage der Einstufung ³
El01	Elkeringhausen, Steimeckeweg 9	35	WR	BP Nr.1 „Auf der Platte“ 1.Änderung
Gr01	Grönebach, Am Steinacker 32	40	WA	BP Nr.4 „Auf der Heide“
Gr02	Grönebach, Zur Egge 5	40	WA	BP „Am Böhlweg“
Gr03	Grönebach, Mosenberg 31	40	W / WA	FNP Winterberg, gut- achterl. Einschätzung
Hi01	Hildfeld, Zum Schweimecke 20	40	WA	BP „In den Brüchen“
Hi02	Hildfeld, Zum Schweimecke 24	40	W / WA	FNP Winterberg, gut- achterl. Einschätzung
Hi03	Hildfeld, Zum Pölz 6	40	WA	BP „In den oberen Brü- chen“
Hi04	Hildfeld, Hildfelder Str. 36	40	W / WA	FNP Winterberg, gut- achterl. Einschätzung
Hi05	Hildfeld, Zum Grund 23	40	W / WA	FNP Winterberg, gut- achterl. Einschätzung
Hi06	Hildfeld, Am Ufer 18	45	MD	FNP Winterberg
Kü01	Küstelberg, Zum Hillekopf 30	45	AB	FNP Winterberg
Kü02	Küstelberg, Zum Hufeisen 28	40	WA	BP Nr.2 „In der Schla“

2.3.3 Lage der Immissionsorte

Nach Abschnitt 2.3 TA Lärm 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.

² AB = Außenbereich
MD = Misch- u. Dorfgebiet
WA = Allgemeines Wohngebiet
W = Wohnbaufläche
WR = Reines Wohngebiet
³ BP = Bebauungsplan
FNP = Flächennutzungsplan

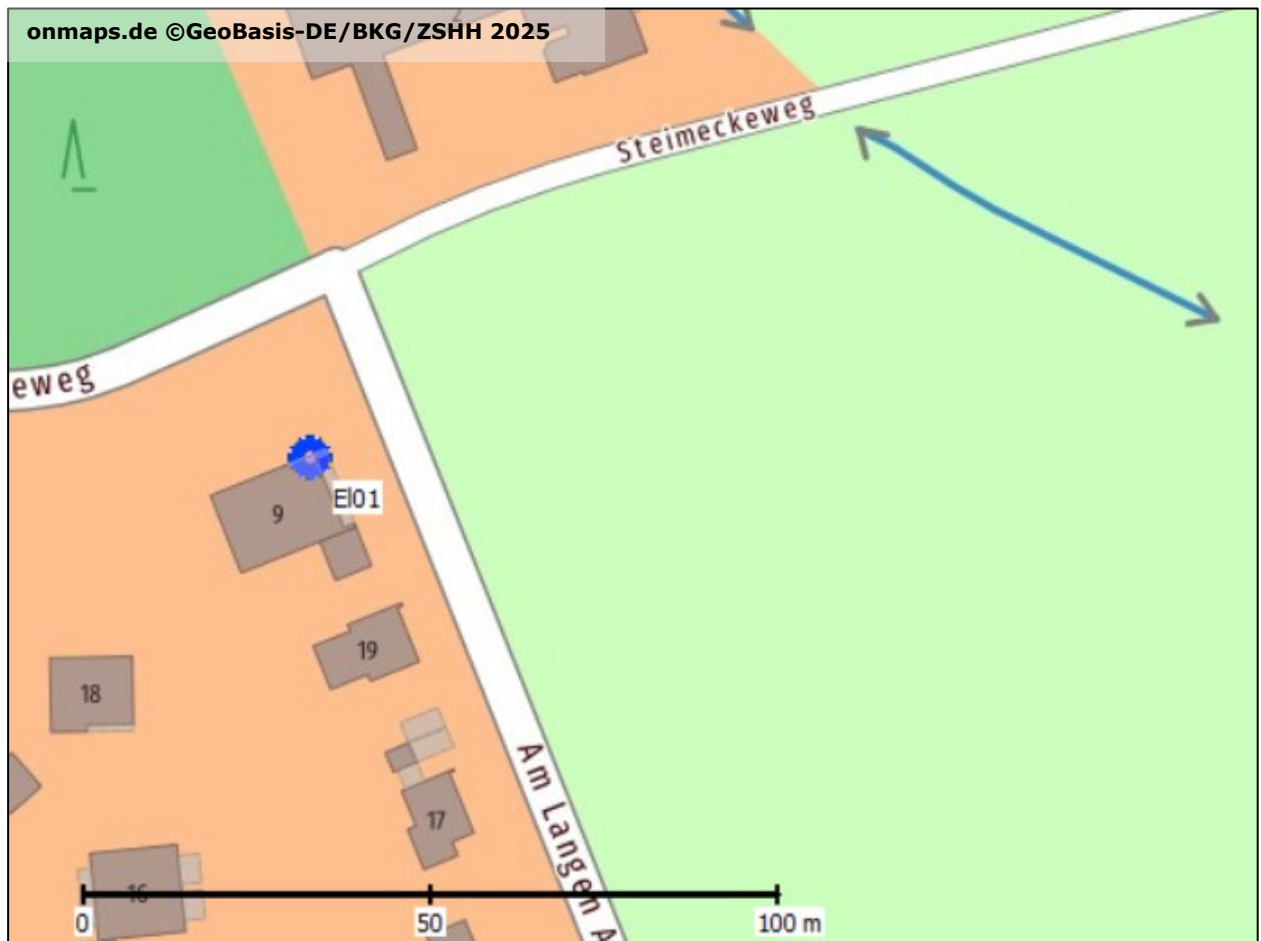


Abbildung 3: Lage des Immissionsortes EI01

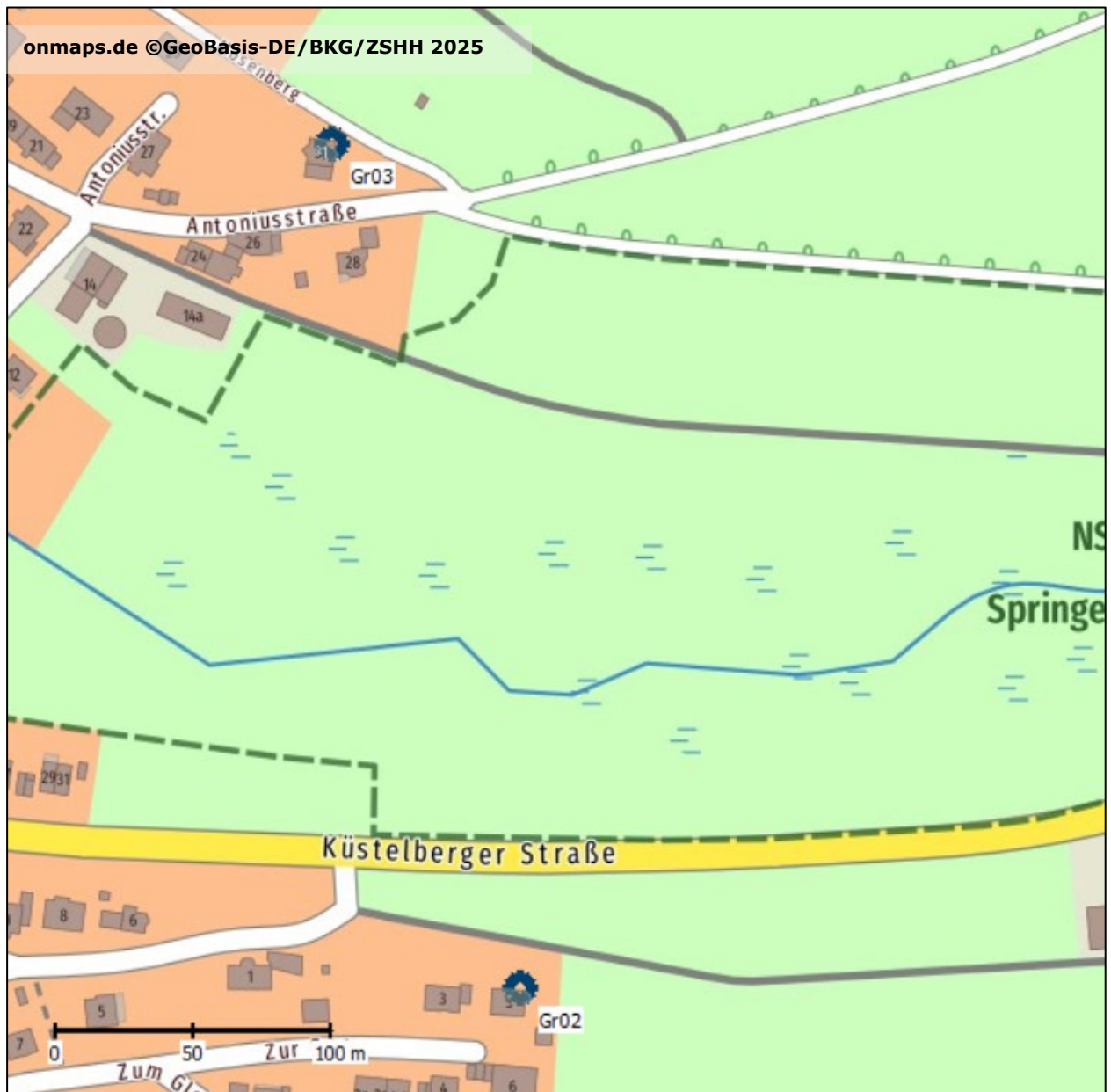


Abbildung 4: Lage der Immissionsorte Gr02 und Gr03

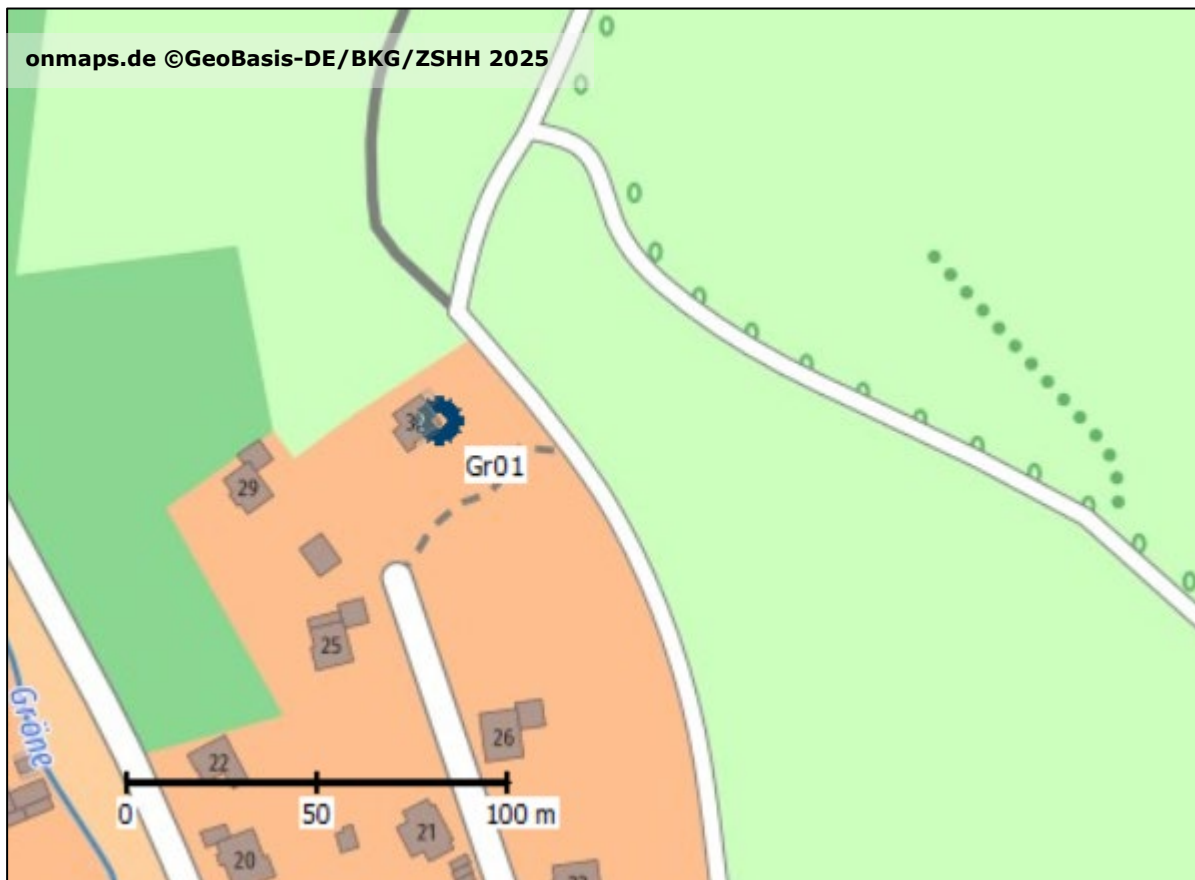


Abbildung 5: Lage des Immissionsortes Gr01

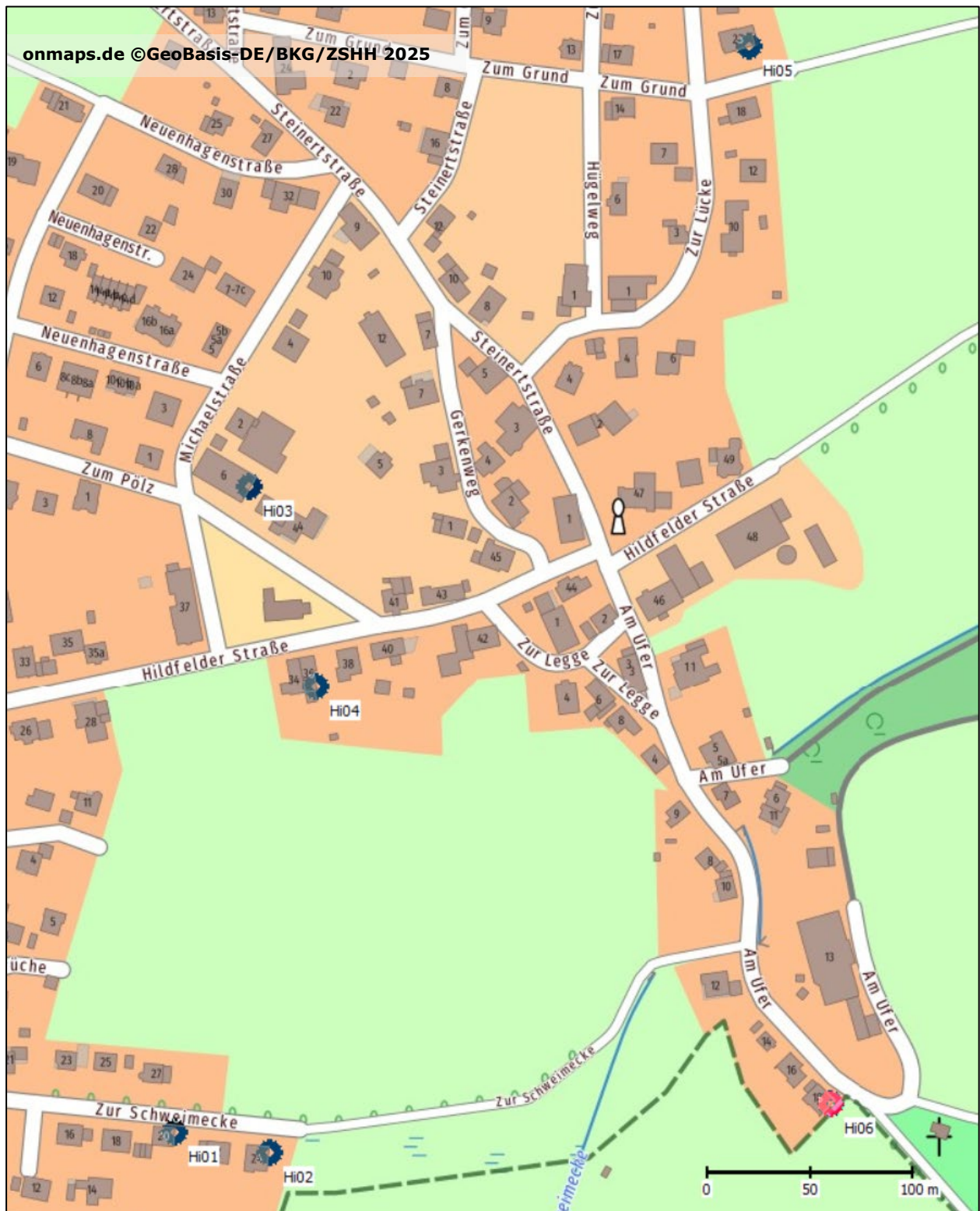


Abbildung 6: Lage der Immissionsorte Hi01 bis Hi06



Abbildung 7: Lage des Immissionsortes Kü02

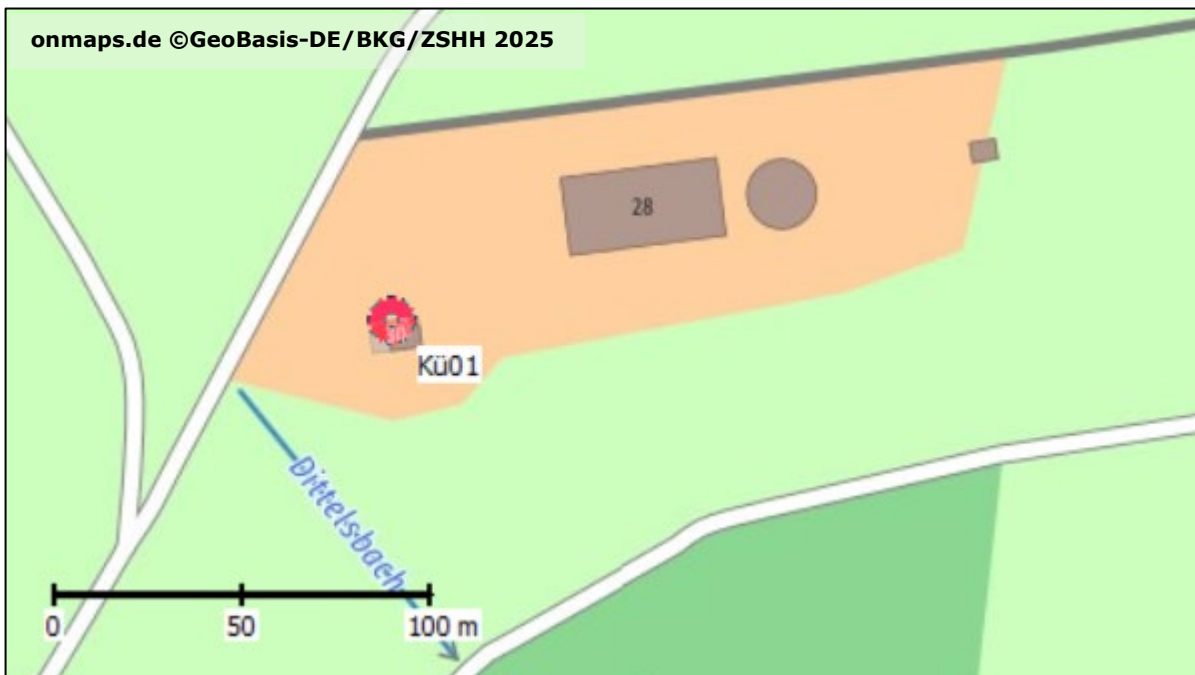


Abbildung 8: Lage des Immissionsortes Kü01

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) [11]. 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 9).

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 insbesondere innerhalb von zusammenhängend bebauten Gebieten.

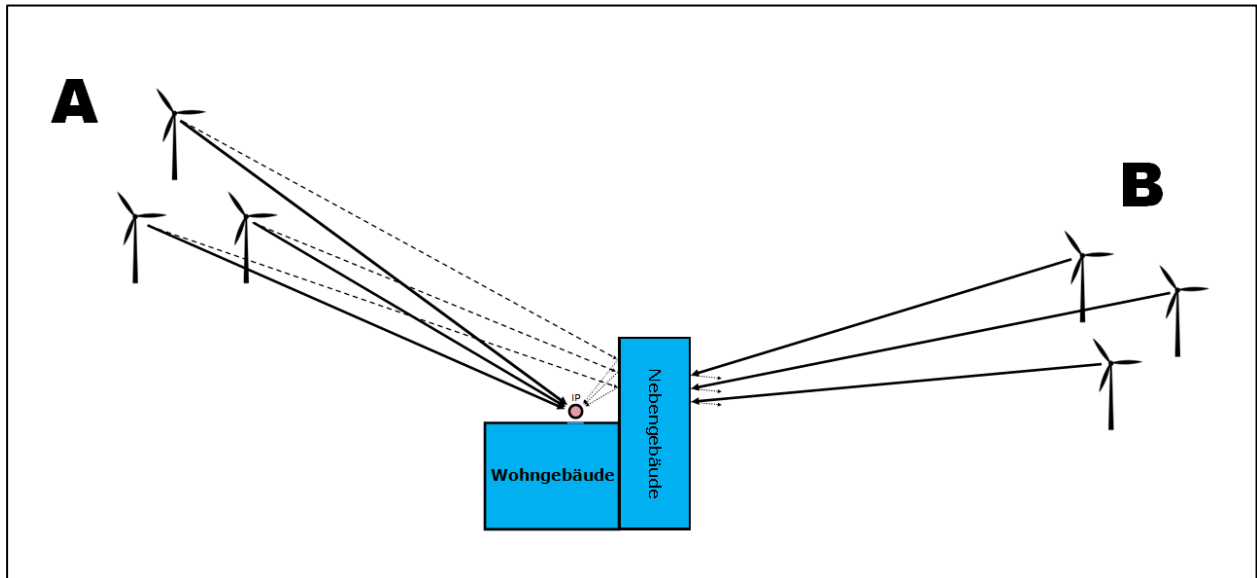


Abbildung 9: Reflexionen (A) und Abschirmungen (B) an Gebäuden

Die unter Berücksichtigung von Reflexions- und Abschirmungseffekten für eine relevante Pegelerhöhung notwendige Lagekonstellation von Gebäuden und WEA liegt bei den untersuchten Immissionsorten Hi01 bis Hi05, an denen der Beurteilungspegel weniger als 2,5 dB unter dem Richtwert liegt, nicht vor. Eine detaillierte Betrachtung ist daher nicht notwendig.

Da die Beurteilungspegel an den anderen maßgeblichen Immissionsorten die jeweiligen Immissionsrichtwerte um mehr als 3 dB unterschreiten, kann eine relevante, die Immissionsrichtwerte überschreitende Reflexion an diesen oder benachbarten Gebäuden ausgeschlossen werden.

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 30.10.2024 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.

Nach Informationen des Hochsauerlandkreises [12] befinden sich in Winterberg selbst, sowie im Ortsteil Niedersfeld Gewerbegebiete, für die jedoch kein Nachtbetrieb genehmigt ist. Demnach finden diese keine weitere Berücksichtigung.

Weiterhin wird in Medebach-Titmaringhausen eine Biogasanlage betrieben. Der für die geplanten WEA relevante nächstgelegene Immissionsort zur Biogasanlage liegt jedoch 4,0 km von dieser entfernt.

Aufgrund dieser großen Entfernung kann eine relevante Schallimmission für diesen Immissionsort ausgeschlossen werden. Daher wird die Biogasanlage nicht weiter berücksichtigt.

In Winterberg-Hildfeld wird ein Steinbruch der MHI Naturstein GmbH betrieben. Nach Aussagen des Betreibers⁴ finden keine Arbeiten zur Nachtzeit statt. In der Vergangenheit wurde ab 04:00 Uhr eine Asphaltmischanlage betrieben. Diese ist jedoch seit 2 Jahren außer Betrieb und wird derzeit abgebaut. Eine Steinbrechanlage wird erst ab 06:00 Uhr ihren Betrieb aufnehmen. Daher wird der Steinbruch nicht als Vorbelastung berücksichtigt.

In Silbach wird ebenfalls ein Steinbruch der BAG Bergisch Westfälische Hartsteinwerke betrieben. Der für die geplanten WEA relevante nächstgelegene Immissionsort zu diesem Steinbruch liegt rund 4,7 km von diesem entfernt. Aufgrund dieser großen Entfernung kann eine relevante Schallimmission für diesen Immissionsort ausgeschlossen werden. Daher wird der Steinbruch nicht als Vorbelastung berücksichtigt.

Nördlich von Niedersfeld befindet sich eine Kläranlage. Der für die geplanten WEA relevante nächstgelegene Immissionsort zu dieser Kläranlage liegt rund 4,2 km von dieser entfernt. Aufgrund dieser großen Entfernung ist davon auszugehen, dass der Immissionsort nicht mehr im Einwirkungsbereich der Kläranlage liegt, daher wird sie nicht als Vorbelastung berücksichtigt.

2.5.2 Windenergieanlagen

Nach bestehenden Datengrundlagen [13] [14] sowie Informationen des Hochsauerlandkreises [12] besteht eine zu berücksichtigende Vorbelastung durch bestehende und geplante Windenergieanlagen in der Nähe des Standorts.

Der Hochsauerlandkreis hat angeregt WEA der Windparks Olsberg-Bruchhausen, Wiemeringhausen, Windpark Ochsenkreuz, Altenfeld und Eurowind Energy in Elpe zu berücksichtigen. Der für die geplanten WEA jeweils relevante nächstgelegene Immissionsort zu diesen Vorbelastungen liegt zwischen 4,9 km und 10 km von diesen Vorbelastungs-WEA entfernt. Aufgrund dieser großen Entfernung ist davon auszugehen, dass der Immissionsort nicht mehr im Einwirkungsbereich der Vorbelastung liegt, daher wird diese WEA nicht als Vorbelastung berücksichtigt.

Weitere WEA im Bereich Willingen und Usseln wirken aufgrund einer Entfernung von über 7 km ebenfalls nicht mehr auf die relevanten Immissionsorte ein und sind als Vorbelastung ebenfalls nicht zu berücksichtigen.

2.6 Zusatzbelastung

Der Auftraggeber plant am Standort Hillekopf-Winterberg vier WEA des Typs Enercon E-175 EP5 E2 mit 175 m Nabenhöhe zu errichten (siehe Tabelle 2). Der WEA-Typ verfügt standardmäßig über schallminimierende Hinterkantenkämme an den Rotorblättern.

⁴ Telefonat mit MHI Naturstein GmbH am 17.03.2025

Als Emissionsansatz für den o.g. WEA-Typ wurden die Oktavdaten aus den Herstellerangaben verwendet (siehe Anhang) und mit einem entsprechenden Zuschlag für den oberen Vertrauensbereich ($\Delta L_o = 2,1$ dB) gemäß den Unsicherheiten nach LAI-Hinweisen ($\sigma_R = 0,5$ dB, $\sigma_P = 1,2$ dB, $\sigma_{Prog} = 1,0$ dB) versehen. Auszüge aus den zu Grunde liegenden Dokumenten sind in der Anlage dieses Gutachtens beige-fügt. Gemäß LAI-Hinweisen ist die Geräuschcharakteristik von WEA i. d. R. weder als ton- noch als impulshaltig einzustufen.

Die dargestellte nächtlichen Betriebsweise entspricht dem Emissionsansatz, in dem die Vorgaben der TA Lärm für die lauteste Nachtstunde sowie weiterer landesspezifischer Bestimmungen eingehalten werden.

Tabelle 4: WEA-Schallwerte Zusatzbelastung Mode OM-0-0

WEA Daten	WEA Nr.		Typenbezeichnung				Betriebsmodus		NH
	Tag und Nacht: Hild 1 bis Hild 4		E-175 EP5 E2				Mode OM-0-0		175
Quelle Oktavspektrum	Berichtsnummer		Datum				Typ		
	D03045924/2.0		06.06.2025				Hersteller		
Unsicherheiten	σ_R (dB(A))		σ_P (dB(A))		σ_{Prog} (dB(A))		ΔL_o (dB(A))		
	0,5		1,2		1,0		2,1		
Frequenz f (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L_{ges}
$L_{WA,Okt}$ (dB(A))	90,1	93,8	98,2	100,3	101,3	100,5	94,5	85,1	106,9
$L_{e,max,Okt}$ (dB(A))	91,8	95,5	99,9	102,0	103,0	102,2	96,2	86,8	108,6
$L_{o,Okt}$ (dB(A))	92,2	95,9	100,3	102,4	103,4	102,6	96,6	87,2	109,0

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

Übergangsweiser Nachtbetrieb bei Herstellerangaben

Die LAI Hinweise empfehlen in Ziffer 4.2 den Nachtbetrieb der WEA bei einer Schallimmissionsprognose, welche auf Herstellerdaten beruht, bis zum Vorliegen einer Vermessung und dem damit verbundenen Nachweis der angesetzten Emissionsdaten der WEA auszusetzen.

Eine solche Nebenbestimmung ist grundsätzlich entbehrlich, wenn die Genehmigungsbehörde eine Richtwertüberschreitung „sicher ausschließen“ kann (so z. Bsp. Windenergie-Erlass NRW [18]) bzw. der Betrieb „kein erhebliches Risiko der Überschreitung von Immissionsrichtwerten in sich trägt“ (so z. Bsp. OVG Lüneburg [19]). Eine einheitliche Beurteilung fehlt zwar (siehe auch OVG NRW [20]), jedoch wird die Möglichkeit eines übergangsweisen Nachtbetriebs bis zur Vorlage einer Vermessung beispielsweise durch einen (noch) weiter gedrosselten Nachtbetrieb (OVG NDS [21]) oder bei Irrelevanz der

Zusatzbelastung (OVb BB [22], LAI-Hinweise 4.2) eröffnet. Nach diesem Beispiel kann der übergangsweise Nachtbetrieb in Bayern, Brandenburg und Nordrhein-Westfalen (StMUV BY [23], MLUK BB [24], MULNV NRW [25],) für Emissionspegel, welche mindestens 3 dB unter denen des prognostizierten Nachtbetriebs liegen, freigegeben werden.

In Anlehnung an die bestehende Sachlage sind in der folgenden Tabelle die Betriebsmodi für die geplanten WEA dargestellt, welche die zu genehmigenden Schallemissionspegel um mindestens 3 dB unterschreiten. Diese können das erhebliche Risiko einer Richtwertüberschreitung sicher ausschließen und anstelle eines Nachtbetriebsverbots bis zum Vorliegen von bestätigenden Vermessungen übergangsweise genehmigt werden.

Tabelle 5: Darstellung des übergangsweisen Betriebsmodus bis zum Vorliegen einer Vermessung

WEA	Betriebsmodus nachts Prognose	$L_{WA,prog}$ (dB(A))	Betriebsmodus nachts Übergangsweise	$L_{WA,vorläufig}$ (dB(A))
Hild 1 bis 4	Mode OM-0-0	106,9	Mode OM-NR-09-0	98,0

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 sind den folgenden Tabellen zu entnehmen.

Tabelle 6: Immissions-/Beurteilungspegel der Zusatzbelastung

Bez.	Adresse	IRW_N (dB(A))	$L_{r,ZB}$ (dB(A))	L_r^5 (dB(A))	$\Delta IR-W_{ZB}$ (dB)
El01	Elkeringhausen, Steimeckeweg 9	35	27,3	27	-8
Gr01	Grönebach, Am Steinacker 32	40	36,4	36	-4
Gr02	Grönebach, Zur Egge 5	40	36,2	36	-4
Gr03	Grönebach, Mosenberg 31	40	37,1	37	-3
Hi01	Hildfeld, Zum Schweimecke 20	40	38,4	38	-2
Hi02	Hildfeld, Zum Schweimecke 24	40	38,7	39	-1
Hi03	Hildfeld, Zum Pölz 6	40	38,0	38	-2
Hi04	Hildfeld, Hildfelder Str. 36	40	38,46	38	-2
Hi05	Hildfeld, Zum Grund 23	40	38,9	39	-1
Hi06	Hildfeld, Am Ufer 18	45	40,9	41	-4
Kü01	Küstelberg, Zum Hillekopf 30	45	38,7	39	-6
Kü02	Küstelberg, Zum Hufeisen 28	40	37,4	37	-3

Im Anhang liegen für die oben genannten Beurteilungspegel Ausdrücke der Berechnungssoftware wind-PRO vor. Weiterhin ist im Anhang eine Isophonenkarte für den Beurteilungspegel der Zusatzbelastung wiedergegeben.

3.2 Bewertung der Ergebnisse

An allen Immissionsorten werden die Nacht-Immissionsrichtwerte nach TA Lärm unter Berücksichtigung des oberen Vertrauensbereichs eingehalten. Von einer schädlichen Umwelteinwirkung bzw. einer erheblichen Belästigung i. S. d. BImSchG ist demnach nicht auszugehen.

⁵ Beurteilungspegel gemäß TA Lärm. Es wurden die Rundungsregeln gemäß Nr. 4.5.1 DIN 1333 [8] angewendet. In Einzelfällen kann es Abweichungen in der Darstellung bei auf eine und auf keine Nachkommastellen gerundeten Werten geben (z. Bsp. 32,47 → 32,5 → 32). Siehe dazu auch die detaillierten Ergebnisse im Anhang.

Die detaillierten, auf Grundlage der in Kapitel 2 beschriebenen Daten erzielten Ergebnisse für den Standort Hillekopf-Winterberg sind in Kapitel 3 wiedergegeben. Änderungen an den Positionen der Anlagen, dem Anlagentyp, den in den Herstellerangaben des Anlagentyps genannten Anlagenspezifikationen oder sonstigen relevanten Einflussfaktoren für die Schallberechnung erfordern neues Gutachten, geringfügige Änderungen der NH oder der Koordinaten von <1 m erfordern i. d. R. keine Neubewertung.

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-0-0] betrieben werden, da während des Tagzeitraums (6-22 Uhr) die Immissionsrichtwerte der in diesem Gutachten relevanten Immissionsorte entsprechend Ziffer 6.1 TA Lärm 15 dB über den Immissionsrichtwerten für den Nachtzeitraum (22-6 Uhr) liegen.

4 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] BImSchG, *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (BImSchG)*, Inkrafttreten: 22.03.1974, in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013, zuletzt geändert durch Gesetz vom 26.07.2023..
- [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] Feldhaus/Tegeder, *Kommentar zur TA Lärm*, c.f.müller, 2014.
- [8] Norm, *DIN 1333:1992-02, Zahlenangaben.*
- [9] EMD International A/S, *windPRO (jeweils aktuellste Version).*
- [10] Norm, DIN 18005-1 - Schallschutz im Städtebau - Beiblatt 1 - Orientierungswerte, 2023-07.
- [11] Hoffmann/von_Lüpke, *0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel - Einführung in die Grundbegriffe und quantitative Erfassung des Lärms,,* Erich Schmidt Verlag, 1993.
- [12] „e-mail vom Hochsauerlandkreis (Frau Senge) vom 20.02.2025“.
- [13] Ramboll, Windenergieanlagen Datenbank "Windpark Deutschland".
- [14] Bundesnetzagentur - Marktstammdatenregister, <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Datendownload>.
- [15] OVG Münster, 8 A 894/17, 5.10.2020.
- [16] OVG Lüneburg, 12 LA 105/11, 16.07.2012.
- [17] OVG Münster, 8 B 797/09, 27.08.2009.
- [18] MULNV NRW, Erlasses für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (Windenergie-Erlass), 8. Mai 2018.
- [19] OVG NDS, 12 ME 45/21, 24. September 2021.
- [20] OVG NRW, 8 D 173/23.AK, 27.März 2024.
- [21] OVG NDS, 12 MS 43-24, 13.08.2024.
- [22] OVB Berlin-Brandenburg, 7 A 19.24, 22.05.2024.
- [23] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, Immissionsschutz; Anwednung der LAI- "Hinweise [...]" hier: Nachtbetrieb von Windkraftanlagen unter Verwendung von Herstellerangaben, 05.08.2024.
- [24] MLUK Brandenburg, WKA Geräuschimmissionserlass, 24.02.2023.
- [25] MULNV, Zulassung des Nachtbetriebs bei nicht typenvermessenen Windenergieanlagen (WEA), 08.08.2024.
- [26] Urteil, OVG Münster 8 A 2358/08, 30. Juli 2009.

[27] Urteil, OVG Lüneburg 12 LA 157/08, 31. März 2010.

[28] Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien, FGW e.V., *Technische Richtlinien für Windenergieanlagen*, Revision 18 Hrsg.

5 ANHANG

Teil I: Berechnungsergebnisse und Annahmen

- Isophonenkarten
 - Zusatzbelastung Nacht
- Berechnungsergebnisse
 - Zusatzbelastung
 - Zusatzbelastung $L_{e,max}$

Teil II: Eingangsdaten - Datengrundlagen

- Herstellerangaben zum Schallleistungspegel mit zugehörigem Oktavspektrum des WEA-Typs Enercon E-175 EP5 E2

Teil III: Akkreditierung und Theoretische Grundlagen

- Akkreditierungsurkunde
- Theoretische Grundlagen

Anhang Teil I: Berechnungsergebnisse und Annahmen

Projekt:

24-1-3219-002

Beschreibung:

Windpark Hillekopf-Winterberg, Stadt Winterberg,
Hochsauerlandkreis, NRW

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

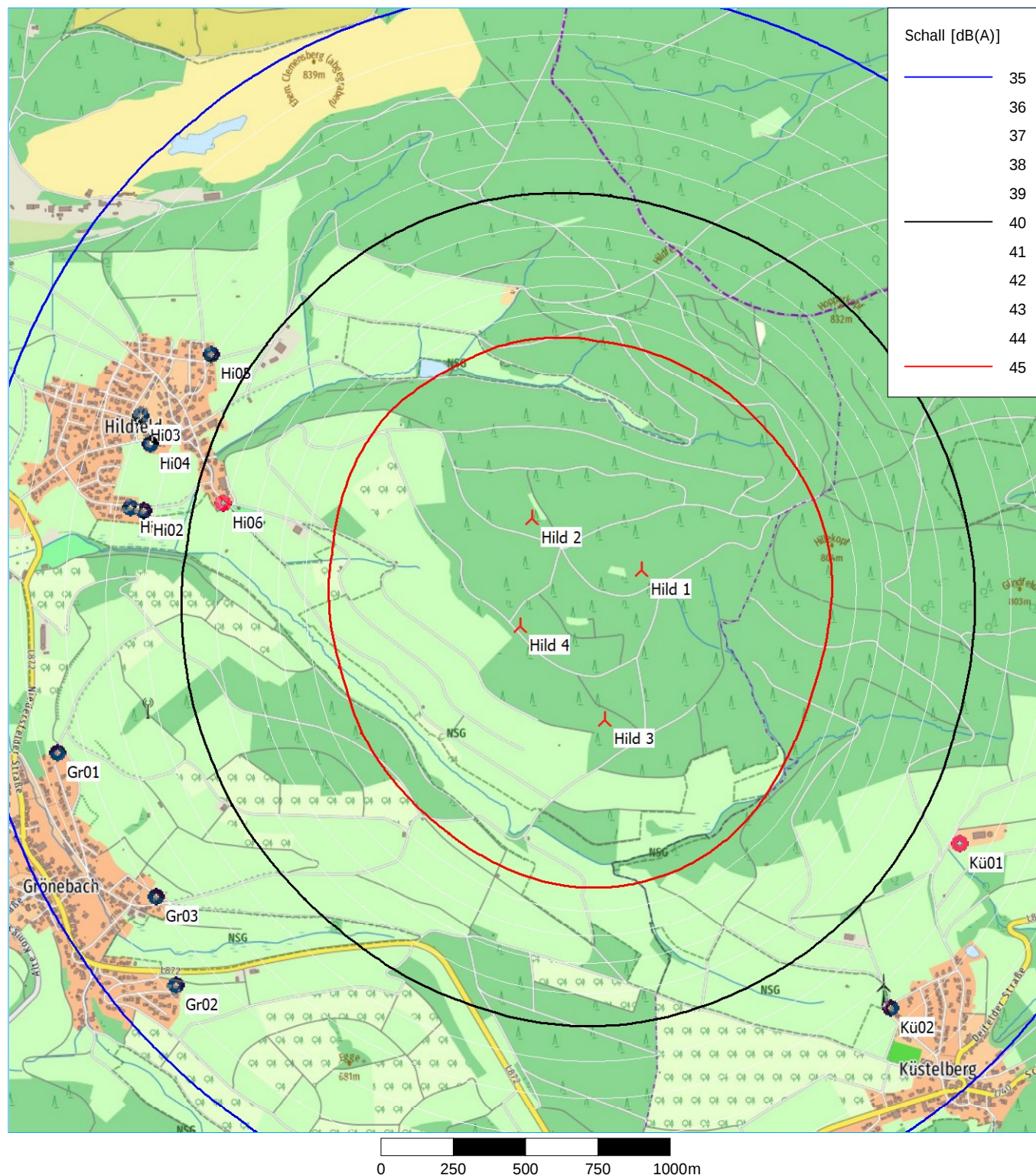
H. Ristow / holger.ristow@ramboll.com

Berechnet:

15.12.2025 14:10/4.1.287

DECIBEL - Karte Höchster Schallwert

Berechnung: Zusatzbelastung



Karte: onmaps karte, Maßstab 1:20.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 470.924,78 Nord: 5.676.497,71

Neue WEA

Schall-Immissionsort

Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2:2024 Deutschland (Interimsverfahren). Windgeschwindigkeit: Höchster Schallwert
Höhe über Meeresspiegel von aktivem Höhenlinien-Objekt

Projekt:

24-1-3219-002

Beschreibung:

Windpark Hillekopf-Winterberg, Stadt Winterberg,
Hochsauerlandkreis, NRW

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

H. Ristow / holger.ristow@ramboll.com

Berechnet:

15.12.2025 14:10/4.1.287

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung

ISO 9613-2:2024 Deutschland (Interimsverfahren)

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

Faktor für Meteorologischen Dämpfungskoeffizient, C0: 0,0 dB

Die Immissionsrichtwerte entsprechend TA Lärm sind (Nacht / Tag):

Industriegebiet: 70 / 70 dB(A)

Kerngebiet, Dorf- und Mischgebiet: 45 / 60 dB(A)

Reines Wohngebiet: 35 / 50 dB(A)

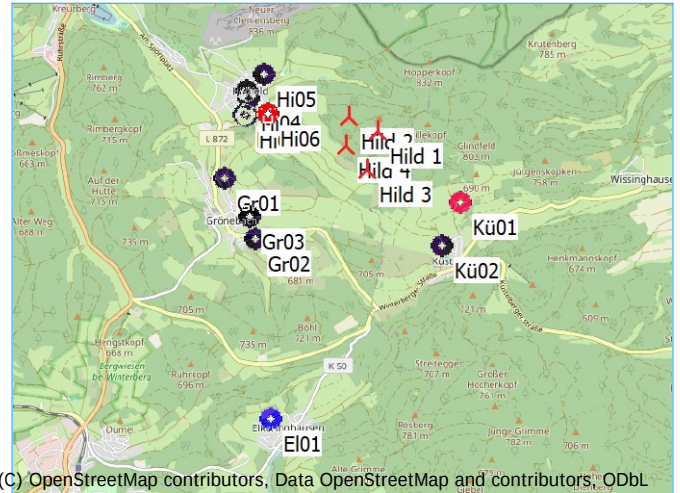
Gewerbegebiet: 50 / 65 dB(A)

Allgemeines Wohngebiet, Kleinsiedlungsgebiet: 40 / 55 dB(A)

Kurgebiet, Krankenhaus, Pflegeanstalt: 35 / 45 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



(C) OpenStreetMap contributors, Data OpenStreetMap and contributors, ODbL

Maßstab 1:100.000

Neue WEA

Schall-Immissionsort

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ Aktuell	Hersteller	Typ	Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	NH [m]	Schallwerte Quelle Name	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Unsicherheit [dB(A)]
Hild 1	471.323,00	5.676.485,00	750,0	1 ENERCON E-175 ...	Ja	ENERCON	E-175 EP5 E2-7.000	7.000	175,0	175,0	USER Hersteller [Mode OM-0-0] - Lwa = 106,9 dB(A)	12,5	106,9	2,1
Hild 2	470.943,00	5.676.666,00	740,9	2 ENERCON E-175 ...	Ja	ENERCON	E-175 EP5 E2-7.000	7.000	175,0	175,0	USER Hersteller [Mode OM-0-0] - Lwa = 106,9 dB(A)	12,5	106,9	2,1
Hild 3	471.192,00	5.675.968,00	667,2	3 ENERCON E-175 ...	Ja	ENERCON	E-175 EP5 E2-7.000	7.000	175,0	175,0	USER Hersteller [Mode OM-0-0] - Lwa = 106,9 dB(A)	12,5	106,9	2,1
Hild 4	470.901,00	5.676.294,00	709,3	4 ENERCON E-175 ...	Ja	ENERCON	E-175 EP5 E2-7.000	7.000	175,0	175,0	USER Hersteller [Mode OM-0-0] - Lwa = 106,9 dB(A)	12,5	106,9	2,1

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort				Anforderung				Beurteilungspegel	
Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe [m]	Schall [dB(A)]	WEA inkl. Unsicherheit [dB(A)]		
EI01	Elkeringhausen, Steimeckeweg 9	469.888,49	5.672.675,60	521,8	5,0	35,0	27,3		
Gr01	Grönebach, Am Steinacker 32	469.293,94	5.675.862,94	612,1	5,0	40,0	36,4		
Gr02	Grönebach, Zur Egge 5	469.699,43	5.675.057,90	608,5	5,0	40,0	36,2		
Gr03	Grönebach, Mosenberg 31	469.632,62	5.675.364,59	602,1	5,0	40,0	37,1		
Hi01	Hildfeld, Zum Schweimecke 20	469.551,56	5.676.711,31	587,2	5,0	40,0	38,4		
Hi02	Hildfeld, Zum Schweimecke 24	469.597,57	5.676.701,03	587,3	5,0	40,0	38,7		
Hi03	Hildfeld, Zum Pölz 6	469.589,75	5.677.024,46	609,2	5,0	40,0	38,0		
Hi04	Hildfeld, Hildfelder Str. 36	469.621,47	5.676.927,56	602,3	5,0	40,0	38,5		
Hi05	Hildfeld, Zum Grund 23	469.834,92	5.677.237,16	633,3	5,0	40,0	38,9		
Hi06	Hildfeld, Am Ufer 18	469.871,70	5.676.723,17	600,0	5,0	45,0	40,9		
Kü01	Küstelberg, Zum Hillekopf 30	472.421,58	5.675.532,33	679,0	5,0	45,0	38,7		
Kü02	Küstelberg, Zum Hufeisen 28	472.177,24	5.674.963,34	663,7	5,0	40,0	37,4		

Abstände (m)

		WEA			
Schall-Immissionsort		Hild 1	Hild 2	Hild 3	Hild 4
EI01		4071	4127	3541	3757
Gr01		2122	1834	1901	1664
Gr02		2162	2033	1748	1724
Gr03		2028	1847	1672	1572
Hi01		1786	1392	1801	1412
Hi02		1739	1346	1755	1366
Hi03		1815	1400	1919	1501
Hi04		1758	1347	1840	1428
Hi05		1667	1247	1858	1423
Hi06		1471	1073	1521	1115
Kü01		1454	1863	1304	1701
Kü02		1745	2103	1407	1844

Projekt:

24-1-3219-002

Beschreibung:

Windpark Hillekopf-Winterberg, Stadt Winterberg,
Hochsauerlandkreis, NRW

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

H. Ristow / holger.ristow@ramboll.com

Berechnet:

15.12.2025 14:10/4.1.287

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: Zusatzbelastung Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2:2024 Deutschland (Interimsverfahren) 10,0 m/s

Annahmen

$$\text{Berechneter } L(DW) = LWA_{ref} + K + Dc - (Adiv + Aatm + Agr + Abar + Amisc) - Cmet$$

(Wenn mit Bodeneffekt gerechnet ist $Dc = D_{omega}$)

LWA _{ref} :	Schalleistungspegel 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: EI01 Elkeringhausen, Steimeckeweg 9

Höchster Schallwert

WEA

Nr.	Abstand	Schallweg	Von WEA	Unsicherheitszuschlag	WEA inkl. Unsicherheit	LWA	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A
	[m]	[m]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Hild 1	4.071	4.090	18,43	2,10	20,53	106,9	0,00	83,23	8,20	-3,00	0,00	0,00	88,43
Hild 2	4.127	4.146	18,25	2,10	20,35	106,9	0,00	83,35	8,26	-3,00	0,00	0,00	88,61
Hild 3	3.541	3.555	20,28	2,10	22,38	106,9	0,00	82,02	7,57	-3,00	0,00	0,00	86,59
Hild 4	3.757	3.774	19,50	2,10	21,60	106,9	0,00	82,54	7,83	-3,00	0,00	0,00	87,37
Summe					27,32								

Schall-Immissionsort: Gr01 Grönebach, Am Steinacker 32

Höchster Schallwert

WEA

Nr.	Abstand	Schallweg	Von WEA	Unsicherheitszuschlag	WEA inkl. Unsicherheit	LWA	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A
	[m]	[m]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Hild 1	2.122	2.144	26,65	2,10	28,75	106,9	0,00	77,63	5,58	-3,00	0,00	0,00	80,21
Hild 2	1.834	1.858	28,38	2,10	30,48	106,9	0,00	76,38	5,10	-3,00	0,00	0,00	78,49
Hild 3	1.901	1.914	28,03	2,10	30,13	106,9	0,00	76,64	5,20	-3,00	0,00	0,00	78,84
Hild 4	1.664	1.685	29,54	2,10	31,64	106,9	0,00	75,53	4,79	-3,00	0,00	0,00	77,33
Summe					36,39								

Schall-Immissionsort: Gr02 Grönebach, Zur Egge 5

Höchster Schallwert

WEA

Nr.	Abstand	Schallweg	Von WEA	Unsicherheitszuschlag	WEA inkl. Unsicherheit	LWA	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A
	[m]	[m]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Hild 1	2.162	2.184	26,43	2,10	28,53	106,9	0,00	77,78	5,65	-3,00	0,00	0,00	80,43
Hild 2	2.033	2.055	27,17	2,10	29,27	106,9	0,00	77,26	5,44	-3,00	0,00	0,00	79,70
Hild 3	1.748	1.763	29,01	2,10	31,11	106,9	0,00	75,93	4,93	-3,00	0,00	0,00	77,86
Hild 4	1.724	1.745	29,13	2,10	31,23	106,9	0,00	75,84	4,90	-3,00	0,00	0,00	77,74
Summe					36,21								

Schall-Immissionsort: Gr03 Grönebach, Mosenberg 31

Höchster Schallwert

WEA

Nr.	Abstand	Schallweg	Von WEA	Unsicherheitszuschlag	WEA inkl. Unsicherheit	LWA	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A
	[m]	[m]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Hild 1	2.028	2.053	27,19	2,10	29,29	106,9	0,00	77,25	5,43	-3,00	0,00	0,00	79,68
Hild 2	1.847	1.872	28,29	2,10	30,39	106,9	0,00	76,45	5,13	-3,00	0,00	0,00	78,58
Hild 3	1.672	1.689	29,52	2,10	31,62	106,9	0,00	75,55	4,80	-3,00	0,00	0,00	77,35
Hild 4	1.572	1.597	30,17	2,10	32,27	106,9	0,00	75,06	4,63	-3,00	0,00	0,00	76,69
Summe					37,06								

Projekt:

24-1-3219-002

Beschreibung:

Windpark Hillekopf-Winterberg, Stadt Winterberg,
Hochsauerlandkreis, NRW

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

H. Ristow / holger.ristow@ramboll.com

Berechnet:

15.12.2025 14:10/4.1.287

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: Zusatzbelastung Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2:2024 Deutschland (Interimsverfahren) 10,0 m/s

Schall-Immissionsort: Hi01 Hildfeld, Zum Schweimecke 20

Höchster Schallwert

WEA

Nr.	Abstand	Schallweg	Von WEA	Unsicherheitszuschlag	WEA inkl. Unsicherheit	LWA	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A
	[m]	[m]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Hild 1	1.786	1.817	28,65	2,10	30,75	106,9	0,00	76,19	5,03	-3,00	0,00	0,00	78,21
Hild 2	1.392	1.429	31,46	2,10	33,56	106,9	0,00	74,10	4,31	-3,00	0,00	0,00	75,41
Hild 3	1.801	1.818	28,64	2,10	30,74	106,9	0,00	76,19	5,03	-3,00	0,00	0,00	78,23
Hild 4	1.412	1.442	31,35	2,10	33,45	106,9	0,00	74,18	4,33	-3,00	0,00	0,00	75,51
Summe					38,36								

Schall-Immissionsort: Hi02 Hildfeld, Zum Schweimecke 24

Höchster Schallwert

WEA

Nr.	Abstand	Schallweg	Von WEA	Unsicherheitszuschlag	WEA inkl. Unsicherheit	LWA	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A
	[m]	[m]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Hild 1	1.739	1.770	28,96	2,10	31,06	106,9	0,00	75,96	4,95	-3,00	0,00	0,00	77,91
Hild 2	1.346	1.384	31,83	2,10	33,93	106,9	0,00	73,82	4,21	-3,00	0,00	0,00	75,04
Hild 3	1.755	1.773	28,94	2,10	31,04	106,9	0,00	75,97	4,95	-3,00	0,00	0,00	77,92
Hild 4	1.366	1.396	31,73	2,10	33,83	106,9	0,00	73,90	4,24	-3,00	0,00	0,00	75,14
Summe					38,71								

Schall-Immissionsort: Hi03 Hildfeld, Zum Pölz 6

Höchster Schallwert

WEA

Nr.	Abstand	Schallweg	Von WEA	Unsicherheitszuschlag	WEA inkl. Unsicherheit	LWA	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A
	[m]	[m]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Hild 1	1.815	1.842	28,49	2,10	30,59	106,9	0,00	76,30	5,07	-3,00	0,00	0,00	78,38
Hild 2	1.400	1.432	31,44	2,10	33,54	106,9	0,00	74,12	4,31	-3,00	0,00	0,00	75,43
Hild 3	1.919	1.933	27,91	2,10	30,01	106,9	0,00	76,72	5,23	-3,00	0,00	0,00	78,95
Hild 4	1.501	1.525	30,71	2,10	32,81	106,9	0,00	74,67	4,49	-3,00	0,00	0,00	76,16
Summe					38,00								

Schall-Immissionsort: Hi04 Hildfeld, Hildfelder Str. 36

Höchster Schallwert

WEA

Nr.	Abstand	Schallweg	Von WEA	Unsicherheitszuschlag	WEA inkl. Unsicherheit	LWA	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A
	[m]	[m]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Hild 1	1.758	1.787	28,85	2,10	30,95	106,9	0,00	76,04	4,98	-3,00	0,00	0,00	78,02
Hild 2	1.347	1.382	31,84	2,10	33,94	106,9	0,00	73,81	4,21	-3,00	0,00	0,00	75,02
Hild 3	1.840	1.855	28,40	2,10	30,50	106,9	0,00	76,37	5,10	-3,00	0,00	0,00	78,47
Hild 4	1.428	1.454	31,26	2,10	33,36	106,9	0,00	74,25	4,35	-3,00	0,00	0,00	75,61
Summe					38,46								

Schall-Immissionsort: Hi05 Hildfeld, Zum Grund 23

Höchster Schallwert

WEA

Nr.	Abstand	Schallweg	Von WEA	Unsicherheitszuschlag	WEA inkl. Unsicherheit	LWA	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A
	[m]	[m]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Hild 1	1.667	1.692	29,49	2,10	31,59	106,9	0,00	75,57	4,81	-3,00	0,00	0,00	77,37
Hild 2	1.247	1.277	32,75	2,10	34,85	106,9	0,00	73,12	3,99	-3,00	0,00	0,00	74,12
Hild 3	1.858	1.869	28,31	2,10	30,41	106,9	0,00	76,43	5,12	-3,00	0,00	0,00	78,56
Hild 4	1.423	1.444	31,34	2,10	33,44	106,9	0,00	74,19	4,34	-3,00	0,00	0,00	75,53
Summe					38,92								

Projekt:

24-1-3219-002

Beschreibung:

Windpark Hillekopf-Winterberg, Stadt Winterberg,
Hochsauerlandkreis, NRW

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

H. Ristow / holger.ristow@ramboll.com

Berechnet:

15.12.2025 14:10/4.1.287

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: Zusatzbelastung Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2:2024 Deutschland (Interimsverfahren) 10,0 m/s

Schall-Immissionsort: Hi06 Hildfeld, Am Ufer 18

Höchster Schallwert

WEA

Nr.	Abstand	Schallweg	Von WEA	Unsicherheitszuschlag	WEA inkl. Unsicherheit	LWA	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A
	[m]	[m]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Hild 1	1.471	1.505	30,86	2,10	32,96	106,9	0,00	74,55	4,45	-3,00	0,00	0,00	76,01
Hild 2	1.073	1.117	34,26	2,10	36,36	106,9	0,00	71,96	3,65	-3,00	0,00	0,00	72,61
Hild 3	1.521	1.539	30,60	2,10	32,70	106,9	0,00	74,75	4,52	-3,00	0,00	0,00	76,27
Hild 4	1.115	1.150	33,93	2,10	36,03	106,9	0,00	72,21	3,72	-3,00	0,00	0,00	72,93
Summe					40,85								

Schall-Immissionsort: Kü01 Küstelberg, Zum Hillekopf 30

Höchster Schallwert

WEA

Nr.	Abstand	Schallweg	Von WEA	Unsicherheitszuschlag	WEA inkl. Unsicherheit	LWA	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A
	[m]	[m]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Hild 1	1.454	1.474	31,10	2,10	33,20	106,9	0,00	74,37	4,39	-3,00	0,00	0,00	75,76
Hild 2	1.863	1.878	28,26	2,10	30,36	106,9	0,00	76,47	5,14	-3,00	0,00	0,00	78,61
Hild 3	1.304	1.314	32,42	2,10	34,52	106,9	0,00	73,37	4,07	-3,00	0,00	0,00	74,44
Hild 4	1.701	1.712	29,35	2,10	31,45	106,9	0,00	75,67	4,84	-3,00	0,00	0,00	77,52
Summe					38,70								

Schall-Immissionsort: Kü02 Küstelberg, Zum Hufeisen 28

Höchster Schallwert

WEA

Nr.	Abstand	Schallweg	Von WEA	Unsicherheitszuschlag	WEA inkl. Unsicherheit	LWA	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A
	[m]	[m]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Hild 1	1.745	1.764	29,00	2,10	31,10	106,9	0,00	75,93	4,94	-3,00	0,00	0,00	77,86
Hild 2	2.103	2.117	26,81	2,10	28,91	106,9	0,00	77,52	5,54	-3,00	0,00	0,00	80,06
Hild 3	1.407	1.418	31,55	2,10	33,65	106,9	0,00	74,03	4,28	-3,00	0,00	0,00	75,31
Hild 4	1.844	1.856	28,39	2,10	30,49	106,9	0,00	76,37	5,10	-3,00	0,00	0,00	78,47
Summe					37,41								

Projekt:

24-1-3219-002

Beschreibung:

Windpark Hillekopf-Winterberg, Stadt Winterberg,
Hochsauerlandkreis, NRW

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

H. Ristow / holger.ristow@ramboll.com

Berechnet:

15.12.2025 14:10/4.1.287

DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

Berechnung: Zusatzbelastung

Schallberechnungs-Modell:

ISO 9613-2:2024 Deutschland (Interimsverfahren)

Windgeschwindigkeit (in Nabenhöhe):

Höchster Schallwert

Bodeneffekt:

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

Meteorologischer Koeffizient, C0:

Gewählte Option: Fester Wert: 0,0 dB

Art der Anforderung in der Berechnung:

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

Schallleistungspegel in der Berechnung:

Schallwerte sind Lwa-Werte (Mittlere Schallleistungspegel; Standard)

Einzeltöne:

Fester Zuschlag wird zu Schallemission von WEA mit Einzeltönen zugefügt

WEA-Katalog

Aufpunkthöhe ü.Gr.:

5,0 m; außer wenn andere Angabe in Immissionsort-Objekt

Unsicherheitszuschlag:

Unsicherheit wurde zu Schallpegel der WEA hinzugefügt

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]
0,1	0,4	1,0	1,9	3,7	9,7	32,8	117,0

Die Luftdämpfung entspricht einer Temperatur von 10,0 Grad C und 70,0 % rel. Feuchtigkeit.

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32

WEA: ENERCON E-175 EP5 E2 7000 175.0 !O!

Schall: Hersteller [Mode OM-0-0] - Lwa = 106,9 dB(A)

Datenquelle Quelle/Datum Quelle Bearbeitet

D03045924/0.1 07.08.2024 USER 07.03.2025 14:47

Status	Windgeschwindigkeit (Nh)	LWA	Unsicherheit	Einzeltön	Oktavbänder	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	[m/s]	[dB(A)]	[dB(A)]		[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Von WEA-Katalog		12,5	106,9	2,1	Nein	90,1	93,8	98,2	100,3	101,3	100,5	94,5	85,1

Schall-Immissionsort: EI01 Elkeringhausen, Steimeckeweg 9

Vordefinierter Berechnungsstandard: Reines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 35,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Gr01 Grönebach, Am Steinacker 32

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Gr02 Grönebach, Zur Egge 5

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Projekt:

24-1-3219-002

Beschreibung:

Windpark Hillekopf-Winterberg, Stadt Winterberg,
Hochsauerlandkreis, NRW

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

H. Ristow / holger.ristow@ramboll.com

Berechnet:

15.12.2025 14:10/4.1.287

DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

Berechnung: Zusatzbelastung

Schall-Immissionsort: Gr03 Grönebach, Mosenberg 31

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Hi01 Hildfeld, Zum Schweimecke 20

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Hi02 Hildfeld, Zum Schweimecke 24

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Hi03 Hildfeld, Zum Pölz 6

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Hi04 Hildfeld, Hildfelder Str. 36

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Hi05 Hildfeld, Zum Grund 23

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Hi06 Hildfeld, Am Ufer 18

Vordefinierter Berechnungsstandard: Dorf- und Mischgebiete

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 45,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Kü01 Küstelberg, Zum Hillekopf 30

Vordefinierter Berechnungsstandard: Außenbereich

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 45,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Kü02 Küstelberg, Zum Hufeisen 28

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Projekt:

24-1-3219-002

Beschreibung:

Windpark Hillekopf-Winterberg, Stadt Winterberg,
Hochsauerlandkreis, NRW

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

H. Ristow / holger.ristow@ramboll.com

Berechnet:

15.12.2025 14:10/4.1.287

DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

Berechnung: Zusatzbelastung

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Projekt:

24-1-3219-002

Beschreibung:

Windpark Hillekopf-Winterberg, Stadt Winterberg,
Hochsauerlandkreis, NRW

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

H. Ristow / holger.ristow@ramboll.com

Berechnet:

15.12.2025 14:50/4.1.287

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: ZB Le,max

ISO 9613-2:2024 Deutschland (Interimsverfahren)

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

Faktor für Meteorologischen Dämpfungskoeffizient, C0: 0,0 dB

Die Immissionsrichtwerte entsprechend TA Lärm sind (Nacht / Tag):

Industriegebiet: 70 / 70 dB(A)

Kerngebiet, Dorf- und Mischgebiet: 45 / 60 dB(A)

Reines Wohngebiet: 35 / 50 dB(A)

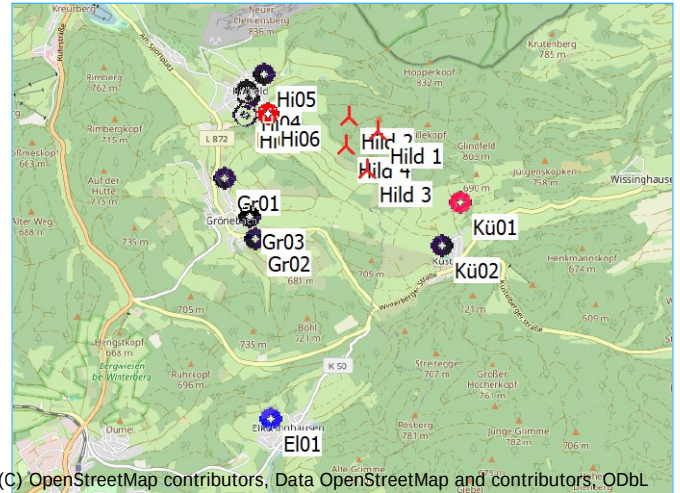
Gewerbegebiet: 50 / 65 dB(A)

Allgemeines Wohngebiet, Kleinsiedlungsgebiet: 40 / 55 dB(A)

Kurgebiet, Krankenhaus, Pflegeanstalt: 35 / 45 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



(C) OpenStreetMap contributors, Data OpenStreetMap and contributors, ODbL

Maßstab 1:100.000

Neue WEA

Schall-Immissionsort

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ Aktuell	Hersteller	Typ	Nennleistung	Rotor-durchmesser	NH	Schallwerte Quelle	Name	Windgeschwindigkeit	LWA	Unsicherheit
			[m]					[kW]	[m]	[m]			[m/s]	[dB(A)]	[dB(A)]
Hild 1	471.323,00	5.676.485,00	750,0	ENERCON E-175 EP...	Ja	ENERCON	E-175 EP5 E2-7.000	7.000	175,0	175,0	USER	Hersteller [Mode OM-0-0] - Lwa = 106,9 dB(A)	12,5	106,9	1,7
Hild 2	470.943,00	5.676.666,00	740,9	ENERCON E-175 EP...	Ja	ENERCON	E-175 EP5 E2-7.000	7.000	175,0	175,0	USER	Hersteller [Mode OM-0-0] - Lwa = 106,9 dB(A)	12,5	106,9	1,7
Hild 3	471.192,00	5.675.968,00	667,2	ENERCON E-175 EP...	Ja	ENERCON	E-175 EP5 E2-7.000	7.000	175,0	175,0	USER	Hersteller [Mode OM-0-0] - Lwa = 106,9 dB(A)	12,5	106,9	1,7
Hild 4	470.901,00	5.676.294,00	709,3	ENERCON E-175 EP...	Ja	ENERCON	E-175 EP5 E2-7.000	7.000	175,0	175,0	USER	Hersteller [Mode OM-0-0] - Lwa = 106,9 dB(A)	12,5	106,9	1,7

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe [m]	Anforderung		Beurteilungspegel	
						Schall	WEA inkl.	Unsicherheit	
				[m]		[dB(A)]		[dB(A)]	
EI01	Elkeringhausen, Steimeckeweg 9	469.888,49	5.672.675,60	521,8	5,0	35,0		26,9	
Gr01	Grönebach, Am Steinacker 32	469.293,94	5.675.862,94	612,1	5,0	40,0		36,0	
Gr02	Grönebach, Zur Egge 5	469.699,43	5.675.057,90	608,5	5,0	40,0		35,8	
Gr03	Grönebach, Mosenberg 31	469.632,62	5.675.364,59	602,1	5,0	40,0		36,7	
Hi01	Hildfeld, Zum Schweimecke 20	469.551,56	5.676.711,31	587,2	5,0	40,0		38,0	
Hi02	Hildfeld, Zum Schweimecke 24	469.597,57	5.676.701,03	587,3	5,0	40,0		38,3	
Hi03	Hildfeld, Zum Pölz 6	469.589,75	5.677.024,46	609,2	5,0	40,0		37,6	
Hi04	Hildfeld, Hildfelder Str. 36	469.621,47	5.676.927,56	602,3	5,0	40,0		38,1	
Hi05	Hildfeld, Zum Grund 23	469.834,92	5.677.237,16	633,3	5,0	40,0		38,5	
Hi06	Hildfeld, Am Ufer 18	469.871,70	5.676.723,17	600,0	5,0	45,0		40,5	
Kü01	Küstelberg, Zum Hillekopf 30	472.421,58	5.675.532,33	679,0	5,0	45,0		38,3	
Kü02	Küstelberg, Zum Hufeisen 28	472.177,24	5.674.963,34	663,7	5,0	40,0		37,0	

Abstände (m)

Schall-Immissionsort	WEA			
	Hild 1	Hild 2	Hild 3	Hild 4
EI01	4071	4127	3541	3757
Gr01	2122	1834	1901	1664
Gr02	2162	2033	1748	1724
Gr03	2028	1847	1672	1572
Hi01	1786	1392	1801	1412
Hi02	1739	1346	1755	1366
Hi03	1815	1400	1919	1501
Hi04	1758	1347	1840	1428
Hi05	1667	1247	1858	1423
Hi06	1471	1073	1521	1115
Kü01	1454	1863	1304	1701
Kü02	1745	2103	1407	1844

Projekt:

24-1-3219-002

Beschreibung:

Windpark Hillekopf-Winterberg, Stadt Winterberg,
Hochsauerlandkreis, NRW

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

H. Ristow / holger.ristow@ramboll.com

Berechnet:

15.12.2025 14:50/4.1.287

DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

Berechnung: ZB Le,max

Schallberechnungs-Modell:

ISO 9613-2:2024 Deutschland (Interimsverfahren)

Windgeschwindigkeit (in Nabenhöhe):

Höchster Schallwert

Bodeneffekt:

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

Meteorologischer Koeffizient, C0:

Gewählte Option: Fester Wert: 0,0 dB

Art der Anforderung in der Berechnung:

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

Schallleistungspegel in der Berechnung:

Schallwerte sind Lwa-Werte (Mittlere Schallleistungspegel; Standard)

Einzeltöne:

Fester Zuschlag wird zu Schallemission von WEA mit Einzeltönen zugefügt

WEA-Katalog

Aufpunkthöhe ü.Gr.:

5,0 m; außer wenn andere Angabe in Immissionsort-Objekt

Unsicherheitszuschlag:

Unsicherheit wurde zu Schallpegel der WEA hinzugefügt

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]
0,1	0,4	1,0	1,9	3,7	9,7	32,8	117,0

Die Luftdämpfung entspricht einer Temperatur von 10,0 Grad C und 70,0 % rel. Feuchtigkeit.

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32

WEA: ENERCON E-175 EP5 E2 7000 175.0 !O!

Schall: Hersteller [Mode OM-0-0] - Lwa = 106,9 dB(A)

Datenquelle Quelle/Datum Quelle Bearbeitet

D03045924/0.1 07.08.2024 USER 07.03.2025 14:47

Status	Windgeschwindigkeit (Nh)	LWA	Unsicherheit	Einzeltön	Oktavbänder	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	[m/s]	[dB(A)]	[dB(A)]		[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Von WEA-Katalog		12,5	106,9	1,7	Nein	90,1	93,8	98,2	100,3	101,3	100,5	94,5	85,1

Schall-Immissionsort: EI01 Elkeringhausen, Steimeckeweg 9

Vordefinierter Berechnungsstandard: Reines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 35,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Gr01 Grönebach, Am Steinacker 32

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Gr02 Grönebach, Zur Egge 5

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Projekt:

24-1-3219-002

Beschreibung:

Windpark Hillekopf-Winterberg, Stadt Winterberg,
Hochsauerlandkreis, NRW

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

H. Ristow / holger.ristow@ramboll.com

Berechnet:

15.12.2025 14:50/4.1.287

DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

Berechnung: ZB Le,max

Schall-Immissionsort: Gr03 Grönebach, Mosenberg 31

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Hi01 Hildfeld, Zum Schweimecke 20

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Hi02 Hildfeld, Zum Schweimecke 24

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Hi03 Hildfeld, Zum Pölz 6

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Hi04 Hildfeld, Hildfelder Str. 36

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Hi05 Hildfeld, Zum Grund 23

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Hi06 Hildfeld, Am Ufer 18

Vordefinierter Berechnungsstandard: Dorf- und Mischgebiete

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 45,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Kü01 Küstelberg, Zum Hillekopf 30

Vordefinierter Berechnungsstandard: Außenbereich

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Schallrichtwert: 45,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Kü02 Küstelberg, Zum Hufeisen 28

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Keine Zeit-Klassen

Projekt:

24-1-3219-002

Beschreibung:

Windpark Hillekopf-Winterberg, Stadt Winterberg,
Hochsauerlandkreis, NRW

Lizenzierter Anwender:

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

RAMBOLL

H. Ristow / holger.ristow@ramboll.com

Berechnet:

15.12.2025 14:50/4.1.287

DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

Berechnung: ZB Le,max

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Anhang Teil II: Eingangsdaten - Datengrundlagen

Technisches Datenblatt

Oktavbandpegel Betriebsmodus OM-0-0

ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5 E2 / 7000 kW

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	Allgemeines	6
2	Informationen zu Oktavbandpegeln	6
3	Oktavbandpegel des lautesten Zustands	7

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

EIO	Ersatzimmissionsort
IO	Immissionsort
NH	Nabenhöhe

Größen, Einheiten, Formeln

L_o	Oktaavbandpegel
L_T	Terzbandpegel
v_H	Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe

1 Allgemeines

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

2 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:

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

3 Oktavbandpegel des lautesten Zustands

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

Tab. 1: 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
12,5	90,1	93,8	98,2	100,3	101,3	100,5	94,5	85,1

Anhang Teil III: Akkreditierung und Theoretische Grundlagen

Akkreditierung



Die Deutsche Akkreditierungsstelle bestätigt mit dieser **Akkreditierungsurkunde**, dass das Prüflaboratorium

Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3, 34131 Kassel
Lister Straße 9, 30163 Hannover

die Anforderungen gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 für die in der Anlage zu dieser Urkunde aufgeführten Konformitätsbewertungstätigkeiten erfüllt. Dies schließt zusätzliche bestehende gesetzliche und normative Anforderungen an das Prüflaboratorium ein, einschließlich solcher in relevanten sektoralen Programmen, sofern diese in der Anlage zu dieser Urkunde ausdrücklich bestätigt werden.

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.

Diese Akkreditierung wurde gemäß Art. 5 Abs. 1 Satz 2 VO (EG) 765/2008, nach Durchführung eines Akkreditierungsverfahrens unter Beachtung der Mindestanforderungen der DIN EN ISO/IEC 17011 und auf Grundlage einer Bewertung und Entscheidung durch den eingesetzten Akkreditierungsausschuss ausgestellt.

im Auftrag

Diese Akkreditierungsurkunde gilt nur in Verbindung mit dem Bescheid vom 16.07.2024 mit der Akkreditierungsnummer D-PL-21488-01.
Sie besteht aus diesem Deckblatt, der Rückseite des Deckblatts und der folgenden Anlage mit insgesamt 04 Seiten.

Registrierungsnummer der Akkreditierungsurkunde: **D-PL-21488-01-00**

Berlin, 16.07.2024 Im Auftrag B. Sc. Maik Kadraha
Fachbereichsleitung

Diese Urkunde 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).

[Akkreditierungsurkunde](#)

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	IV
1.5	Schallimmissionen von Windenergieanlagen	V
2	Immissionsprognose	VI
2.1	Normative Grundlagen	VI
2.2	Berechnungsgrundlagen	VI
2.3	Tieffrequente Geräusche und Infraschall	X
3	Genehmigungsfestsetzungen und rechtskonformer Betrieb	XI
3.1	Kontrolle des genehmigungskonformen Betriebs	XI
3.2	Nachtbetrieb	XI
4	Quellenverzeichnis – Theoretischer Teil	XIII

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.

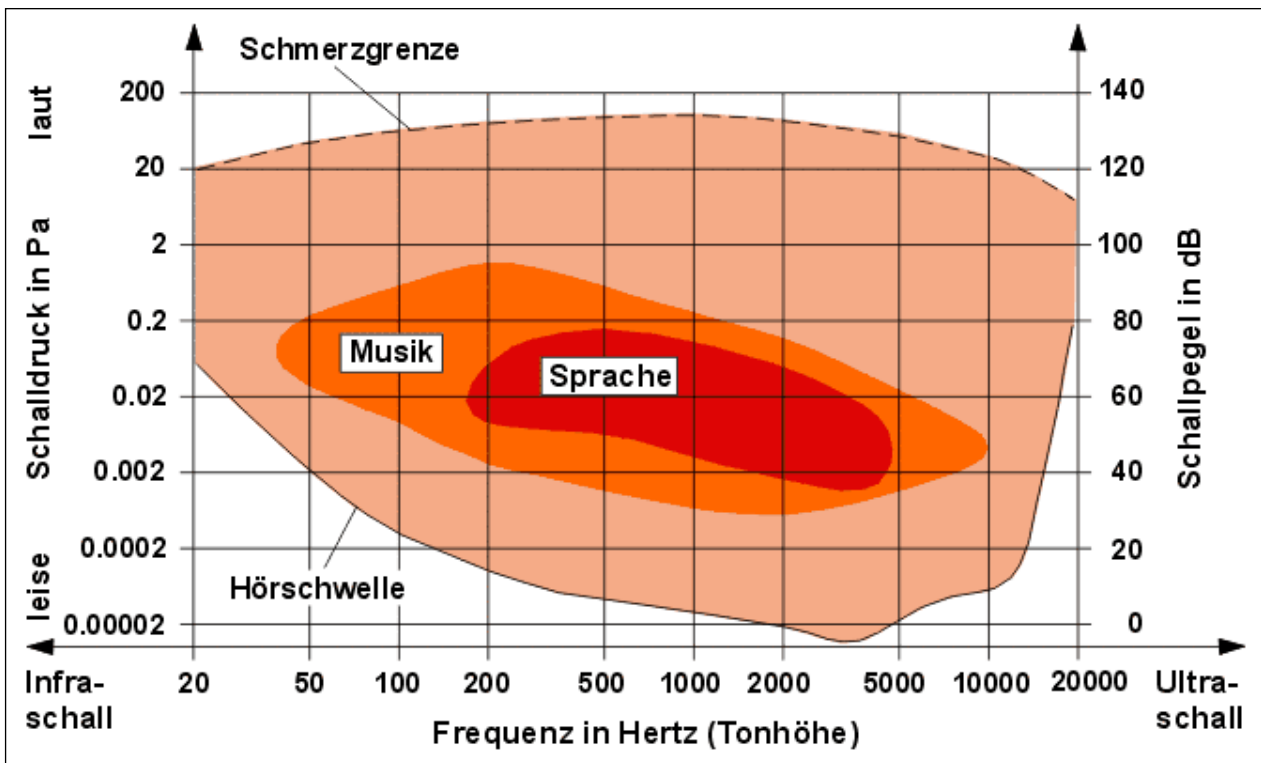


Abbildung 1: Hörbereich des Menschen [1]

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_{FA} 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

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 0). 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.

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] wahrscheinlichkeitstheoretisch aus den Unsicherheiten für die Serienstreuung σ_P , die Typvermessung σ_R und die Prognoseunsicherheit σ_{Prog} ermittelt. Sie können für jede WEA dem Kapitel 3.2 des Berichts entnommen werden.

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

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

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

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

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

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

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

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

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].

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.

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:

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

- **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:

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

A_{div} : Dämpfung aufgrund der geometrischen Ausbreitung:

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

d : Abstand zwischen Quelle und Immissionsort.

A_{atm} : Dämpfung durch die Luftabsorption

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

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 $A_{gr} = -3$ 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.

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).

3.2 Nachtbetrieb

Die LAI Hinweise [11] empfehlen in Ziffer 4.2 den Nachtbetrieb der WEA bei einer Schallimmissionsprognose, welche auf Herstellerdaten beruht, bis zum Vorliegen einer Vermessung und

¹ ausführlich z. B. in Agatz [28].

² In Schleswig-Holstein ist abweichend zu den LAI-Hinweisen der reine $L_{WA,Okt}$ festzulegen, ohne o.g. WEA-Unsicherheiten [29]: $L_{genehmigt,Okt} = L_{WA,Okt}$.

³ Immissionsmessungen zum Nachweis des genehmigungskonformen Betriebs werden nach LAI Hinweisen [11] sowie LANUV [26] 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 [26] [27] [29].

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

dem damit verbundenen Nachweis der angesetzten Emissionsdaten der WEA auszusetzen. Eine Ausnahme besteht, wenn ein anderer Modus mehrfach vermessen wurde (Punkt 4.1).

Eine solche Nebenbestimmung ist grundsätzlich entbehrlich, wenn die Genehmigungsbehörde eine Richtwertüberschreitung „sicher ausschließen“ kann (so z. Bsp. Windenergie-Erlass NRW [18]) bzw. der Betrieb „kein erhebliches Risiko der Überschreitung von Immissionsrichtwerten in sich trägt“ (so z. Bsp. OVG Lüneburg [19]). Eine einheitliche Beurteilung fehlt zwar (siehe auch OVG NRW [20]), jedoch wird die Möglichkeit eines übergangsweisen Nachtbetriebs bis zur Vorlage einer Vermessung beispielsweise durch einen (noch) weiter gedrosselten Nachtbetrieb (OVG NDS [21]) oder bei Irrelevanz der Zusatzbelastung (OVG BB [22], LAI-Hinweise 4.2) eröffnet. So kann der übergangsweise Nachtbetrieb beispielsweise in Bayern, Brandenburg und Nordrhein-Westfalen (StMUV BY [23], MLUK BB [24], MULNV NRW [25],) für Emissionspegel, welche mindestens 3 dB unter denen des prognostizierten Nachtbetriebs liegen, freigegeben werden. Ein solcher übergangsweiser Nachtbetrieb kann entsprechend in den Nebenbestimmungen aufgeführt werden.

Für den Fall, dass die Aufnahme des Nachtbetriebs abweichend zur o.g. Möglichkeit in Form einer aufschiebenden Bedingung als Nebenbestimmung erst bei Vorliegen einer Vermessung vorgesehen ist, ist der Nachweis durch die Vorlage einer Vermessung zu führen. Diese kann auch an einer anderen WEA gleichen Typs und Betriebsmodus erfolgen. Folgende Bedingung ist dann einzuhalten:

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

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:

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

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, Bde. %1 von %2Elektroakustik - 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, Bde. %1 von %2Windenergieanlagen - 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] MULNV NRW, *Erlasses für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (Windenergie-Erlass), 8. Mai 2018.*
- [19] OVG NDS, 12 ME 45/21, 24. September 2021.
- [20] OVG NRW, 8 D 173/23.AK, 27. März 2024.
- [21] OVG NDS, 12 MS 43-24, 13.08.2024.
- [22] OVB Berlin-Brandenburg, 7 A 19.24, 22.05.2024.
- [23] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, *Immissionsschutz; Anwednung der LAI- "Hinweise [...]" hier: Nachtbetrieb von Windkraftanlagen unter Verwendung von Herstellerangaben, 05.08.2024.*
- [24] MLUK Brandenburg, *WKA Geräuschimmissionserlass, 24.02.2023.*
- [25] MULNV, *Zulassung des Nachtbetriebs bei nicht typenvermessenen Windenergieanlagen (WEA), 08.08.2024.*
- [26] Dipl.-Ing. Detlef Piorr (LANUV NRW), *Festlegung von Abnahmebedingungen für Windenergieanlagen, Entwurf, Stand: Korrektur 1, 13.02.2018.*

- [27] 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.
- [28] Monika Agatz, Windenergiehandbuch - aktuelle Version.
- [29] 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.