



windtest
grevenbroich gmbh

Gutachten der zu erwartenden Schallimmissionen an relevanten Immissionspunkten durch Windenergieanlagen am Standort Alpen-Bönninghardt

2022-02-14

SP21024B1

Bankverbindung/Bankaccount Sparkasse Neuss · BLZ 305 500 00 · Kto.-Nr. 800 272 04 · IBAN DE: 74 305 500 00 00 800 272 04 · BIC: WELA DE 33

windtest grevenbroich gmbh
Frimmersdorfer Straße 73a
41517 Grevenbroich · Germany
Phone +49 (0) 2181-22 78-0
Fax +49 (0) 2181-22 78-11

www.windtest-nrw.de
info@windtest-nrw.de

Geschäftsführerin / Managing Director
Dipl.-Geol. Monika Krämer

Handelsregister / Commercial Register
Amtsgericht Mönchengladbach · HRB 7758
USt.-IdNr. / VAT No.: DE 183895079
Steuer-Nr. / Tax-ID: 114/5860/4068



Schallimmissionsprognose SP21024B1

Standort 46519 Alpen-Bönninghardt / Nordrhein-Westfalen

Auftraggeber Energiekontor AG
Mary-Sommerville Str. 5
28369 Bremen

Auftragnehmer windtest grevenbroich gmbh
Frimmersdorfer Str. 73a
41517 Grevenbroich

Auftragsdatum 2021-11-29

Auftragsnummer 21 0333 07

Prüfer

Bearbeiter

Dipl.-Ing. (FH) David Rode

Gruppenleiter (fachlich Verantwortlicher
der Stelle nach §29b BImSchG)

Dipl.-Ing. (FH) Florian Schmidt

Projektmanager

Grevenbroich, 2022-02-14



Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	4
2	Grundlagen	4
2.1	Standortbeschreibung	4
2.2	Beschreibung der Immissionspunkte	4
2.3	Beschreibung der Emissionsquellen	5
2.3.1	Vorbelastung.....	5
2.3.2	Zusatzbelastung	5
3	Berechnung der Schallimmissionen	7
3.1	Berechnungs- und Beurteilungsverfahren	7
3.2	Qualität der Ergebnisse	8
3.3	Beurteilungspegel	9
4	Zusammenfassung	11
5	Literaturverzeichnis	12
6	Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Abkürzungen	14
7	Bearbeitungsverlauf	15
8	Anhang	15
Anhang 1	Gesetze, Richtlinien, Empfehlungen	
Anhang 2	Geräuschemission einer WEA	
Anhang 3	Qualität der Berechnung	
Anhang 4	Immissionspunkte	
Anhang 5	Berechnungsergebnisse	
Anhang 6	Informationen und Dokumente	



1 Aufgabenstellung

Die windtest grevenbroich gmbh (wtg) wurde 2021-11-29 von der Energiekontor AG beauftragt, die Schallimmissionen an relevanten Immissionspunkten (IP) am Standort Alpen-Bönninghardt, verursacht durch zwei geplante General Electrics (GE) Windenergieanlagen (WEA) des Typs 5.5-158 zu berechnen.

Mit Hinblick auf den Schallimmissionsschutz entsprechend dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) [1], soll das vorliegende Gutachten unter Anwendung der technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) [2] aufzeigen, ob durch die Geräusche der geplanten WEA schädliche Umwelteinwirkungen zu erwarten sind.

Maßgebend für die Beurteilung ist die TA Lärm [2], gemäß der die Immissionsrichtwerte für den Beurteilungszeitraum „Tag/Nacht“ eingehalten werden müssen. Aufgrund der i.d.R. niedrigeren Immissionsrichtwerte für den Nachtzeitraum, stellen diese die höhere Anforderung an die geplanten Anlagen dar, weshalb im vorliegenden Gutachten nur Berechnungsergebnisse für den nach [2] definierten Beurteilungszeitraum „Nacht“ aufgezeigt werden.

2 Grundlagen

2.1 Standortbeschreibung

Der Standort Alpen-Bönninghardt befindet sich im Bundesland Nordrhein-Westfalen etwa 4,5 km westlich der Gemeinde Alpen.

Die Umgebung des Standortes besteht aus flachen, land-und forstwirtschaftlich genutzten Flächen. Sie ist im Umkreis von mehreren Kilometern mäßig besiedelt. Umrundet wird der Standort von den Ortschaften Veen, Menzelen-West, Bönninghardt, Issum, Hamb und Sonsbeck. Zwischen geplanten WEA und Ortschaften befinden sich mehrere vereinzelte Häusern und Gehöften.

Das Areal der geplanten WEA und der umliegenden Immissionspunkte ist auf einer geodätischen Höhe von etwa 30 m bis 47 m ü. NN gelegen.

2.2 Beschreibung der Immissionspunkte

Als Immissionspunkte wurden die maßgeblichen Wohnbebauungen in verschiedenen Himmelsrichtungen ausgewählt, an denen eine Richtwertüberschreitung durch den Betrieb der WEA am ehesten zu erwarten ist. Es wurden insgesamt 19 IP festgelegt. Weitere Informationen über die ausgewählten IP, deren Einstufung und Koordinaten, können dem Anhang entnommen werden.

Zur Beurteilung des Standortes fand 2022-01-06 eine Besichtigung durch einen Mitarbeiter der wtg statt. Alle bestimmten IP sind im Anhang in einer Fotodokumentation sowie auf einem Auszug der topographischen Karte der Umgebung dargestellt.

Reflexionen durch eine bestimmte Gebäudeanordnung sind bei unterschiedlichen IP zu erwarten und werden rechnerisch berücksichtigt. Diese Erkenntnis beruht auf folgenden Informationen:

- ray tracing Berechnung mit Hilfe des Berechnungsprogrammes CadnaA [10]
- Standortbesichtigung von 2022-01-06,
- weitergehende Luftbildaufnahmen <https://www.tim-online.nrw.de>; Bezirksregierung Köln 2021.

Anmerkung 1: Für die Berechnung der Reflexionen und Abschirmungen wird das LOD1 Modell, welches über das Geoportale des Landes NRW [11] zur Verfügung gestellt wird verwendet.



2.3 Beschreibung der Emissionsquellen

2.3.1 Vorbelastung

In der Umgebung der geplanten WEA gibt es derzeit keine weitere Anlagen, welche im Sinne der TA Lärm [2] als Vorbelastung berücksichtigt werden müssen. Die geplanten Anlagen werden als Zusatzbelastung bzw. Gesamtbelastung behandelt.

2.3.2 Zusatzbelastung

Die geplanten WEA sind im Sinne der 4. BImSchV [3] (Anhang 1.6), genehmigungspflichtig und besitzen die in Tabelle 1 aufgelisteten technischen Daten. Im vorliegenden Gutachten wird davon ausgegangen, dass die geplanten Anlagen im Dauerbetrieb betrieben werden.

Tabelle 1: Technische Daten der geplanten WEA

Hersteller	General Electrics (GE)
Anlagenbezeichnung	5.5-158
Nennleistung [kW]	5.500
Nabenhöhe [m]	120,9,
Rotordurchmesser [m]	158,0
Rotorblatt-Zusatzkomponenten	Geräuschreduzierende Blatthinterkanten (Serrations)
Betriebszustand (Beurteilungszeitraum¹⁾ Tag)	Mode 0 (5.500 kW)
Betriebszustand (Beurteilungszeitraum¹⁾ Nacht)	NRO102 (4,65 MW), NRO101 (4,34 MW)

1) Beurteilungszeitraum Tag/Nacht gemäß TA Lärm [2]

Es liegen der wtg Dokumente mit Angabe über Geräuschemission sowie weitergehende Informationen zum geplanten Anlagenbetrieb vor (s. Anhang). Auf Grundlage dessen wurde, unter Hinzuziehung der LAI-Hinweise [8], der max. zulässige Schalleistungspegel $L_{e,max}$ und das max. zulässige Spektrum $L_{e,max,Oktav}$ nach Gleichung (1) und (2) ermittelt. Diese Ausgangswerte beinhalten bereits einen Sicherheitszuschlag $\Delta L_{e,max}$ für die Geräuschemission der geplanten WEA (s. auch Kapitel 3.2).

$$L_{e,max} = L_{WA} + 1,28 \cdot \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2} \quad (1)$$

$$L_{e,max,Oktav} = L_{WA,Oktav} + 1,28 \cdot \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2} \quad (2)$$

L_{WA} bzw. $L_{WA,Oktav}$: der Schalleistungspegel bzw. das Oktavspektrum, welcher/welches aus einer oder mehreren Messungen gemäß der FGW TR 1 [6] ermittelt wurde.



Für die geplanten WEA ist ein Betriebszustandswechsel in Abhängigkeit der Beurteilungszeit vorgesehen. Es wird von folgender Geräuschemission im geplanten Anlagenbetrieb ausgegangen.

Tabelle 2: Zulässiger Schalleistungspegel $L_{e,max}$ und zulässiges Oktavspektrum $L_{e,max,Oktav}$

WEA Kennung	WEA-Typ	Betrieb	$L_{e,max,Oktav}$ [dB]								$L_{e,max}$ [dB]
			63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz	8.000 Hz	
A1, A2	5.5-158	NO 106	88,9	94,3	98,9	101,4	103,0	100,8	93,4	77,7	107,7
A1	5.5-158	NRO 102	84.9	91.3	96.2	98.0	98.3	95.7	89.3	74.8	103.7
A2	5.5-158	NRO 101	83.9	90.7	95.6	97.1	96.9	94.4	88.6	74.2	102.7

Weiterhin wird in den Berechnungen davon ausgegangen, dass das Anlagengeräusch an den betrachteten IP nicht informations- oder tonhaltig ist, sodass von einem Tonzuschlag $K_T = 0$ dB und Impulzzuschlag $K_I = 0$ dB ausgegangen wird. Die Koordinaten der geplanten WEA können den Berechnungen im Anhang entnommen werden.

Anmerkung 1: Die Darlegung des maximal zulässigen Oktavspektrums für die einzelne WEA im jeweiligen Betriebsmodus erfolgte gemäß den Empfehlungen des LAI [8]. Diese Werte können im Genehmigungsbescheid festgesetzt werden, um den Schallimmissionsschutz innerhalb der getroffenen Einhaltungswahrscheinlichkeit, unter Einbeziehung der gegenständlichen Schallprognose, sicherzustellen. Darüber hinaus dienen diese Werte als Vergleichswerte, falls die Einhaltung des Immissionsschutzes durch eine akustische Abnahmemessung gemäß FGW TR 1 [6] überprüft werden soll. Die Angaben dienen als Hinweis. Die Festsetzung des zulässigen Emissionswertes obliegt der zuständigen Genehmigungsbehörde.

Anmerkung 2: Das Oktavbandspektrum einer möglichen Abnahmemessung kann vom maximal zulässigen Oktavspektrum im Allgemeinen abweichen. Entscheidend im Falle der Abweichung ist der Nachweis auf Nichtüberschreitung der Immissionsrichtwerte durch eine der Abnahmemessung folgenden Ausbreitungsrechnung, entsprechend dem Interimsverfahren mit dem gemessenen Oktavspektrum. Dabei ist, entsprechend [8] die Messunsicherheit, nicht jedoch die Unsicherheit des Prognosemodells zu berücksichtigen.



3 Berechnung der Schallimmissionen

3.1 Berechnungs- und Beurteilungsverfahren

Die Berechnung der Schallausbreitung wird gemäß TA Lärm [2] nach DIN ISO 9613-2 [4] durchgeführt. Da das in [4] beschriebene Verfahren nur für „bodennahe“ Schallquellen mit einer mittleren Höhe von 30 m ausgelegt ist, wurden über ein Interimsverfahren [5] neue Vorgaben für „nicht-bodennahe“ Schallquellen ausgerufen. Hinsichtlich der in [4] genannten Verfahren, erfolgt die Berechnung in diesem Gutachten in Abhängigkeit von der Höhe der Schallquelle, entweder frequenzunabhängig (über einen A-bewerteten Schallleistungspegel nach Gleichung (3)) oder frequenzabhängig (über ein A-bewertetes Oktavschallleistungsspektrum Gleichung (4)), jeweils als detaillierte Berechnung für freie Schallausbreitung. Für die Berechnung wird auf die Berechnungssoftware windPRO [9] zurückgegriffen.

$$L_{AT}(LT) = L_{WA} + D_C - (A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}) - C_{met} \quad (3)$$

$$L_{AT}(LT) = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^{n=8} 10^{0,1(L_{WA,i} - (A_{div} + A_{atm,i} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}))} \right) - C_{met} \quad (4)$$

Die folgende Tabelle gibt die Randbedingungen der Berechnung in Abhängigkeit der Quellehöhe.

Tabelle 3: Randbedingungen der Berechnung

	„bodennahe“ Quelle	„nicht-bodennahe“ Quelle
Berechnungsvariante	frequenzunabhängig	frequenzabhängig
Richtwirkungskorrektur D_C	gemäß [4]	gemäß [5]
Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung A_{div}	gemäß [4]	gemäß [4]
Dämpfung aufgrund von Luftabsorption A_{atm}	gemäß [4]	gemäß [4]
Dämpfung aufgrund des Bodeneffektes A_{gr}	gemäß [4] nach Nr. 7.3.2 „Alternatives Verfahren“	Pauschalwert (-3 dB) gemäß [5]
Dämpfung aufgrund von Abschirmung A_{bar}	nicht berücksichtigt	berücksichtigt
Dämpfung aufgrund anderer Effekte A_{misc}	nicht berücksichtigt	nicht berücksichtigt
meteorologische Korrektur C_{met}	mit 0 dB angenommen	entfällt; gemäß [8]

Anmerkung 1: Aufgrund der folgenden Aspekte ist die Schallimmissionsberechnung im Allgemeinen als konservativ anzusehen. Die daraus resultierende Überschätzung der Verhältnisse, dient als zusätzliche Sicherheit.

- Die Berechnung erfolgt mit den höchsten Emissionen der Schallquelle(n) und diese werden als konstant angesehen.
- Eine schallquellenabhängige Richtwirkung bleibt unberücksichtigt.
- Wenn mehrere Schallquellen zu berücksichtigen sind, wird davon ausgegangen, dass alle Schallquellen zeitgleich die höchsten Geräuschpegel konstant emittieren.
- Die Schallausbreitung von der Quelle zur Senke erfolgt stets unter „Mitwindsituation“, unabhängig davon ob der Wind hierzu zeitgleich aus verschiedenen Richtungen wehen muss und dies der Realität entspricht.
- Es werden nur schallausbreitungsgünstige meteorologische Bedingungen (10°C / 70 % rel. Feuchte) angesetzt und als konstant angesehen.
- Schallabsorption durch standortbedingte Vegetation bleibt unberücksichtigt.
- Für die Berechnung der Dämpfung wird eine negative Bodendämpfung nicht abgezogen.

Anmerkung 2: Das in der vorliegenden Prognose genutzte Geländemodell basiert auf den im Geoportal des Landes-amts für Vermessung und Geobasisinformation des Landes Nordrhein-Westfalen (2021) hinterlegten topographischen Karten im Maßstab 1:25.000 (DTK25) sowie den unter selber Stelle abrufbaren digitalen Höhenlinien (Open Data) **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** In einem für die Prognose ausreichend großen Umkreis werden in windPRO [9] Höhenlinien und Karten am Standort eingeladen und anschließend für das ausgewählte



Areal angepasst.

3.2 Qualität der Ergebnisse

Entsprechend den vorliegenden Unterlagen und Informationen (s. Anhang), wurden die nachstehenden Standardabweichungen für die WEA angesetzt und ein Sicherheitszuschlag ΔL ermittelt. Der in Kapitel 2.3.2 ermittelte max. zulässige Schalleistungspegel $L_{e,max}$ bzw. das max. zulässige Oktavschalleistungsspektrum $L_{e,max,Oktav}$ beinhaltet bereits den entsprechenden Unsicherheitsanteil (σ_R und σ_P) für die geplante(n) WEA.

Tabelle 4: Sicherheitszuschlag ΔL

WEA Kennung	WEA-Typ	Betrieb	σ_R [dB]	σ_P [dB]	σ_{Progn} [dB]	σ_{ges} [dB]	$\Delta L_{e,max}$ [dB]	ΔL_{Prog} [dB]
A1, A2	5.5-158	NO 106 NRO 102 NRO 103	0,5	1,2	1,0	1,6	1,7	2,1

Anmerkung 1: Im vorliegenden Fall wird für diese WEA ein σ_R von 0,5 dB angenommen, welches dem σ_R eines vorliegenden Messberichts entspricht. Die beschriebene Vorgehensweise orientiert sich am Windenergie-Handbuch [12].

„[...] Um eine Bevorteilung (und auch eine Benachteiligung) nicht vermessener WEA zu vermeiden und eine Kompatibilität mit dem Gesamtsystem der Beurteilung der Schallimmissionen von WEA herzustellen, sollten auch für Herstellerangaben explizit und separat die üblichen Unsicherheiten für die Vermessung (bzw. in diesem Fall die Unsicherheit der Angabe des Schallemissionspegels) und der Serienstreuung ausgewiesen und angewendet werden. [...]“ [12]



3.3 Beurteilungspegel

In Tabelle 5 sind die Berechnungsergebnisse sowie die, für die Bewertung der Ergebnisse ausschlaggebenden Beurteilungspegel für die Zusatz- / Gesamtbelastung (ZB/GB) des Standortes Alpen-Bönninghardt dargestellt.

Tabelle 5: Berechnete Immissionspegel „Nacht-Betrieb“

Immissionspunkt		VB	ZB	GB	GB ¹⁾	IRW	$\Delta Lr^{2)}$
Nr.	Bezeichnung	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	(Nacht) [dB]	[dB]
IP01	Bönninghardter-Str 157, 46519 Alpen	-	27.4 ³⁾	27.4	27	45	-18
IP02	Bönninghardter-Str 153, 46519 Alpen	-	45.3	45.3	45	45	0
IP03	Bönninghardter-Str 148, 46519 Alpen	-	35.5	35.5	36	45	-9
IP04	Bönninghardter-Str 149, 46519 Alpen	-	33.1 ³⁾	33.1	33	45	-12
IP05	Bönninghardter-Str 145, 46519 Alpen	-	33.1 ³⁾	33.1	33	45	-12
IP06	Heideweg 2, 46519 Alpen	-	33.5 ³⁾	33.5	33	45	-12
IP07	Heideweg 7, 46519 Alpen	-	29.8 ³⁾	29.8	30	45	-15
IP08	Handelsstraße 46, 4 6519 Alpen	-	31.3 ³⁾	31.3	31	45	-14
IP09	Handelsstraße 52, 46519 Alpen	-	28.5 ³⁾	28.5	28	45	-17
IP10	Handelsstraße 60, 46519 Alpen	-	32.1 ³⁾	32.1	32	45	-13
IP11	Handelsstraße 66, 46519 Alpen	-	32.4 ³⁾	32.4	32	45	-13
IP12	Herstgener Weg 32, 46519 Alpen	-	23.8 ³⁾	23.8	24	40	-16
IP13	Talweg 14, 47661 Issum	-	33.7 ³⁾	33.7	34	45	-11
IP14	Talweg 16, 47661 Issum	-	33.7 ³⁾	33.7	34	45	-11
IP15	Talweg 20, 47661 Issum	-	36.6	36.6	37	45	-8
IP16	Metzkathweg 31, 47661 Issum	-	41.5	41.5	42	45	-3
IP17	Metzkathweg 33, 47661 Issum	-	41.1	41.1	41	45	-4
IP18	Metzkathweg 35, 47661 Issum	-	39.9	39.9	40	45	-5
IP19	Hamber Dyck 71, 47665 Sonsbeck	-	24.9 ³⁾	24.9	25	40	-15

1) Beurteilungspegel (gerundet, entsprechend [7])

2) Pegeldifferenz zwischen GB und IRW

3) IP liegt nicht im akustischen Einwirkungsbereich der bestehenden und geplanten WEA



Unter Berücksichtigung der oberen Vertrauensbereichsgrenze (Sicherheitszuschlag) wird, bei Betrachtung der Gesamtbelastung an keinem ausgewiesenen IP, der Immissionsrichtwert für den Beurteilungszeitraum „Nacht“ überschritten.

Anmerkung: Die IRW für den Zeitraum „Tag“ werden durch die Belastung der gegenständlichen Parkkonfiguration und unter Berücksichtigung der am Standort vorhandenen Vorbelastung im leistungsoptimierten Betriebsmodus (ohne Leistungsreduzierung) sicher eingehalten. Aus diesem Grund wird im Folgenden nur der Zeitraum „Nacht“ weiter betrachtet bzw. dargestellt.



4 Zusammenfassung

Die wtg wurde 2021-11-29 von der Energiekontor AG beauftragt, die Schallimmissionen an relevanten IP am Standort Alpen-Bönnighardt, verursacht durch zwei geplante General Electrics (GE) WEA des Typs 5.5-158 zu berechnen.

Die Berechnung der Schallimmissionen wurde gemäß TA Lärm [2] nach DIN ISO 9613-2 [4] unter Berücksichtigung des Interimsverfahren [5] durchgeführt.

Am Standort wurden die maßgeblichen Wohnbebauungen in verschiedenen Himmelsrichtungen ausgewählt, an denen eine Richtwertüberschreitung am ehesten zu erwarten ist. Zur Beurteilung des Standortes fand 2022-01-06 eine Besichtigung des Standortes durch die wtg statt. Aufgrund der Ortsbesichtigung wurden zunächst 19 IP festgelegt. Die Berechnungen ergaben jedoch, dass sich davon nur sechs IP im akustischen Einwirkungsbereich befinden.

Eine Vorbelastung durch weitere Anlagen die unter die Regelung der TA Lärm [2] fallen, liegt nicht vor.

Es lagen der wtg Dokumente mit Angabe über Geräuschemission sowie weitergehende Informationen [20] zum Anlagenbetrieb der geplanten WEA vor. Auf Grundlage dessen, wurde, unter Hinzuziehung der LAI-Hinweise [8], der max. zulässige Schallleistungspegel $L_{e,max}$ und das max. zulässige Oktavspektrum $L_{e,max,Oktav}$ (Kapitel 2.3.2) ermittelt. Im Sinne einer oberen Vertrauensbereichsgrenze wurde weiterhin ein Sicherheitszuschlag ermittelt welcher die Prognoseunsicherheit beinhaltet und in die Berechnungen einbezogen.

Im Gutachten wird davon ausgegangen, dass die geplanten WEA im Dauerbetrieb betrieben werden und dass das Anlagengeräusch an den IP nicht ton- und informationshaltig ist.

Sofern die aufgeführte Geräuschemission im entsprechenden Anlagenbetrieb der geplanten General Electrics (GE) WEA des Typs 5.5-158 nicht überschritten wird, werden die Immissionsrichtwerte an den berücksichtigten IP, aufgrund der in diesem Gutachten getroffenen Annahmen zur Schallausbreitung, nicht überschritten.

Für die geplanten WEA ist ein Betriebszustandswechsel in Abhängigkeit der Beurteilungszeit vorgesehen. Zur Einhaltung des Immissionsschutzes des Nachts ist die WEA A1 im Betriebsmodus NRO102 (4,65 MW) und die WEA A2 im Betriebsmodus NRO101 (4,34 MW) zu betreiben.

Einzelne Geräuschspitzen im Betriebsgeräusch der geplanten WEA, welche den Mittelungspegel um mehr als das nach TA Lärm [2] einzuhaltende Maß überschreiten, sind nicht zu erwarten.

Die zugehörigen Rasterkarten werden, aufgrund deren Größe nicht im Gutachten abgebildet, sondern als separater Anhang beigelegt [19].

Es wird versichert, dass das Gutachten gemäß dem Stand der Technik unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen erstellt wurde.



5 Literaturverzeichnis

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in der aktuellen Fassung der Bekanntmachung
- [2] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm), 1998-08
- [3] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV), 2021-01
- [4] DIN ISO 9613-2
Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Teil 2
Allgemeines Berechnungsverfahren, 1999-10
- [5] Dokumentation zur Schallausbreitung. Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen. Fassung 2015-05.
- [6] Technische Richtlinie für Windenergieanlagen, Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Rev. 19, Herausgeber: Fördergesellschaft Windenergie e.V., Stand 2021-03-01,
- [7] DIN 1333:1992-02, Zahlenangaben, 1992-02
- [8] Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen, Herausgegeben vom LAI, 2016-06-30
- [9] windPRO (Version der Software: s. Ausdruck der Berechnung im Anhang), EMD International A/S
- [10] CadnaA Version 2021 MR2 (185.5161), Datakustik GmbH
- [11] Geobasis NRW, dl-de/by-2-0, geobasis.nrw.de [Daten bearbeitet]
- [12] Einführung der LAI-Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WEA) von 30.06.2016 in Rheinland-Pfalz. Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten, 2018-07-23
- [13] Windenergie-Handbuch – 17. Ausgabe, Monika Agatz, 2020-12
- [14] Biogas-Handbuch – 1. Ausgabe, Monika Agatz, 2014-10
- [15] UmweltWissen 117, Windkraftanlagen – beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit? Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU); Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL), Augsburg 2012-02
- [16] Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen, Bericht über Ergebnisse des Messprojekts 2013-2015, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Karlsruhe, 2016-02
- [17] Mögliche gesundheitliche Effekte von Windenergieanlagen, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2016-11
- [18] Materialien zur Umwelt 2014, Heft 1
Stand der Technik zur Lärminderung bei Biogasanlagen; Schalltechnische Analysen, Recherchen, Untersuchungen
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg Vorpommern (LUNG), Güstrow, 2014-05
- [19] SP21024_Alpen-Bönninghardt_Rasterkarten.pdf
Darstellung der Berechnungsergebnisse anhand von unterschiedlichen Rasterkarten inkl. Isolinien Grevenbroich, 2021-02-15



- [20] Technische Dokumentation Windenergieanlagen 4.x/5.x-158-50 Hz, Schalleistung. Normalbetrieb und Schallreduzierter Betrieb gemäß FGW inkl. Terz und Oktavbandspektren NO 104/106 und NRO 100-105, Geräuschreduzierende Blatthinterkanten (Serrations): Enthalten
GE Renewable Energy, 2020-02-05



6 Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Abkürzungen

BlmSchG	- Bundes-Immissionsschutzgesetz	-
BBP	- Bebauungsplan	-
C_{met}	- Meteorologische Korrektur	dB
C_o	- Meteorologischer Faktor	dB
ΔL_r	- Pegeldifferenz	dB
DTK	- digitale topographische Karte	-
FGW	- Fördergesellschaft Windenergie e.V.	-
FNP	- Flächennutzungsplan	-
GB	- Gesamtbelastung	-
IP	- Immissionspunkt(e), bzw. Immissionsort(e)	-
IRW	- Immissionsrichtwert(e)	dB
K_I	- Impulshaltigkeitszuschlag	dB
K_{TN}	- Tonhaltigkeitszuschlag	dB
LAI	- Länderausschuss für Immissionsschutz	-
$L_{e,max}$	- maximal zulässiger Schallleistungspegel	dB
$L_{e,max,Oktav}$	- maximal zulässiges Oktavspektrum	dB
L_m	- Prognostizierter Beurteilungspegel	dB
L_o	- Obere Vertrauensbereichsgrenze des Beurteilungspegels	dB
$L_{r,Kont}$	- Schallimmissionskontingent	dB
LWA	- Immissionsrelevanter Schallleistungspegel (A-bewertet)	dB
MUEEF RLP	- Ministerium Umwelt, Energie Ernährung u. Forsten des Landes Rheinland-Pfalz	-
OVG	- Obere Vertrauensbereichsgrenze / Sicherheitszuschlag	dB
σ_{ges}	- Gesamtstandardabweichung der Prognose	dB
σ_R	- Standardabweichung der Messergebnisse	dB
σ_P	- Produktionsstandardabweichung, Produktstreuung	dB
σ_{Progn}	- Standardabweichung der Prognosegenauigkeit	dB
SP	- Schallprognose	-
STE	- Serrated Trailing Edge	-
TR	- Technische Richtlinie	-
VB	- Vorbelastung	-
WEA	- Windenergieanlage(n)	-
WKA	- Windkraftanlage(n)	-
wtg	- windtest grevenbroich gmbh	-
z	- Standardnormalvariable	-
ZB	- Zusatzbelastung	-



7 Bearbeitungsverlauf

Fassung	Datum	Inhalt	Status
SP21024B1	2022-02-14	Gutachten der zu erwartenden Schallimmissionen an relevanten Immissionspunkten durch Windenergieanlagen am Standort Alpen-Bönninghardt	gültig

8 Anhang

Anhang 1	Gesetze, Richtlinien, Empfehlungen
Anhang 2	Geräuschemission einer WEA
Anhang 3	Qualität der Berechnung
Anhang 4	Immissionspunkte
Anhang 5	Berechnungsergebnisse
Anhang 6	Informationen und Dokumente



- Gesetzliche Grundlage für die Schallimmissionsprognose ist das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) [1]
- Zur Konkretisierung der Pflichten aus § 5 BImSchG wird die „Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm“ (TA Lärm) [2] herangezogen.
- Die Ausbreitung des Schalls wird gemäß TA Lärm nach DIN ISO 9613-2 [4] unter Berücksichtigung des Interimsverfahrens [5] berechnet.
- Für die akustische Vermessung von WEA stellt die Technische Richtlinie Teil 1 Rev. 18 (TR 1) [6] den Stand der Technik dar.
- Die nach TA Lärm [2] geforderte Angabe zur Qualität des Prognosemodells orientiert sich an den Hinweisen des Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) [8].
- Für den Vergleich der berechneten Schallimmissionen zu den festgelegten Richtwerten wird, entsprechend [8], die Rundungsregel gemäß DIN 1333 [7] angewendet. Dies bedeutet, dass ein Vergleich zwischen ganzzahlig gerundeten Werten erfolgt.



Akustische Quellen einer Windenergieanlage

Akustisch betrachtet setzt sich eine WEA aus mehreren Einzelschallquellen zusammen. Aerodynamisch bedingte Geräusche, verursacht durch die Rotation der Rotorblätter, stellen die wesentliche Schallquelle dar. Diese Geräusche sind in der Regel breitbandig und in erster Linie von der Blattspitzengeschwindigkeit und den Blattprofilen bzw. dem Regelverhalten (Pitch oder Stall) abhängig. Komponenten wie Generator, Getriebe und Hydraulikpumpen (falls vorhanden), Lüfter, Transformatoren und Umrichter, stellen weitere Schallquellen dar, welche sowohl über Öffnungen im Maschinenhaus und im Turm direkt, als auch durch Körperschallübertragung über Maschinenhaus, Blätter und Turm Geräusche abstrahlen. Diese Geräusche können tonhaltig sein.

Akustische Kenngrößen einer Windenergieanlage

Im Rahmen einer akustischen Untersuchung an einer WEA nach Technischer Richtlinie FGW TR 1 [6] werden Geräuschemissionen über den A-bewerteten Schallleistungspegel (L_{WA}) oder ein A-bewertetes Oktavspektrum ($L_{WA, Oktav}$) dargelegt. Falls das Geräusch im Sinne von [6] informationshaltig ist, erfolgt eine Bewertung des Betriebsgeräusches über die Angabe eines Ton- und Impulzzuschlags. Die Geräuschentwicklung einer WEA ist abhängig von der Windgeschwindigkeit. Demzufolge werden die Geräuschemissionen in Messberichten in Windklassen unterteilt und angegeben.

Immissionsrelevanter A-bewerteter Schallleistungspegel (L_{WA}) und immissionsrelevantes A-bewertetes Oktavschallleistungsspektrum ($L_{WA, Oktav}$)

Für die Berechnung der Schallimmissionen wird je nach Anforderung, der immissionsrelevante Schallleistungspegel (L_{WA}) oder das immissionsrelevante Oktavschallleistungsspektrum ($L_{WA, Oktav}$) einer WEA verwendet, welches an den Immissionsorten zu den höchsten Beurteilungspegeln führt.

Zuschläge für Ton- und Informationshaltigkeit (K_T) sowie Impulshaltigkeit (K_I)

Der Impulshaltigkeitszuschlag (K_{IN}) und der Tonhaltigkeitszuschlag (K_{TN}) werden für den akustischen Nahbereich angegeben und sind nicht unmittelbar auf den Fernbereich übertragbar. Gemäß den LAI-Hinweisen [8] und des Windenergie-Handbuchs [12] ist bei einem Wert von $K_{IN} < 2$ dB, der Impulzzuschlag für die Immissionsprognose mit $K_I = 0$ dB anzusetzen. Bei einem Wert von $K_{TN} \leq 2$ dB ist der Tonzuschlag für die Immissionsprognose mit $K_T = 0$ dB zu berücksichtigen. Gemäß den Messberichten sind bei den zu berücksichtigenden WEA keine immissionsrelevanten Ton- und Impulshaltigkeiten festgestellt worden. Bei akustisch nicht untersuchten WEA wird davon ausgegangen, dass keine immissionsrelevanten Zuschläge für Ton- und Impulshaltigkeiten von mehr als 0 dB zu berücksichtigen sind, denn dies würde gegen die Anforderungen an eine genehmigungskonforme WEA, die dem Stand der Technik entspricht, widersprechen.



Tieffrequenter Schall

Obwohl das Betriebsgeräusch von WEA Schallanteile im tieffrequenten Bereich (< 90 Hz) aufweist, sind diese typischerweise nicht derart ausgeprägt, um in immissionsrelevanter Entfernung (≥ 300 m) zu schädlichen Umwelteinwirkungen oder zu einer erheblichen Belästigung der Nachbarschaft gemäß TA Lärm [2] zu führen.

Der Bereich von ca. 1 Hz bis ca. 20 Hz wird in der Literatur unter dem Begriff „Infraschall“ geführt. Obwohl Schall in diesem Frequenzbereich über das menschliche Gehör nicht mehr direkt wahrgenommen werden kann, kann der Mensch dennoch hierfür indirekt empfänglich sein.

In den Jahren 2002 bis 2011 wurden mehrere Untersuchungen an WEA durchgeführt. Im Informationsblatt UmweltWissen (UW) [15] 117 des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) und des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) werden diese Studien und Erkenntnisse aus den durchgeführten Messungen aufgeführt.

Weitere Veröffentlichungen, wie z. B. [16] bestätigen, dass Schallimmissionen von WEA im Infraschallbereich, deutlich unterhalb der menschlichen Wahrnehmungsschwelle liegen.

Auch das Bundesumweltamt kommt zu der Einschätzung, dass „[...] die derzeit vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse zum Infraschall einer Nutzung der Windenergie nicht entgegen [...]“ stehen. [17]



Gemäß TA Lärm [2], soll eine Schallprognose eine Aussage zur Qualität enthalten. Diese wird oft unter dem Begriff „obere Vertrauensbereichsgrenze“ (OVG) oder „Sicherheitszuschlag“ (ΔL) geführt.

Die Qualität der Berechnung wird im Allg. abgeschätzt, unabhängig davon, ob diese auf einer vorangegangenen rechnerischen Analyse oder auf Erfahrungswerten basiert. Die Unsicherheit liegt erfahrungsgemäß zwischen 1 - 3 dB.

Bei Schallimmissionsberechnungen von WEA, erfolgt eine detaillierte Berechnung gemäß LAI-Hinweisen [8]. Die Qualität der Berechnungsergebnisse beinhaltet eine Bewertung der Zuverlässigkeit und Validität der Eingabedaten sowie der Richtigkeit und Präzision des Prognosemodells einschließlich der programmtechnischen Umsetzung - diese spiegelt sich in der Gesamtstandardabweichung der Prognose σ_{ges} wieder.

Die Gesamtstandardabweichung der Immissionsberechnung setzt sich wie folgt zusammen:

$$\sigma_{ges} = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2 + \sigma_{Prog}^2} \text{ [dB]} \quad (5)$$

mit:

σ_{ges}	:	Gesamtstandardabweichung der Prognose
σ_R	:	Standardabweichung bei Messungen
σ_P	:	Produktionsstandardabweichung
σ_{Prog}	:	Standardabweichung des Prognosemodells

Die Standardabweichung bei Messungen σ_R kennzeichnet die Streuung von Messergebnissen die bei Wiederholungsmessungen zu erwarten ist. Sofern ein Messbericht vorliegt, der den Vorgaben nach [6] entspricht, wird gemäß [8], ein Wert von 0,5 dB angesetzt.

Die Produktionsstandardabweichung σ_P kennzeichnet die Streuung der Messwerte die aufgrund von Fertigungstoleranzen auftreten kann. Bei Vorlage eines Mehrfachvermessungsberichtes kann dieser Wert errechnet werden. Liegt kein Mehrfachvermessungsbericht vor, wird gemäß [8] ein σ_P von 1,2 dB angesetzt.

Die Standardabweichung des Prognosemodells σ_{Prog} enthält Unsicherheiten des Softwareprogramms, der Koordinatenermittlung und der Umgebungsbedingungen. In Abhängigkeit des gewählten Berechnungsverfahrens, kann σ_{Prog} gemäß [8], Werte von 1,0 dB oder 1,5 dB annehmen.

Mit Hilfe der Gesamtstandardabweichung und unter Verwendung einer Einhaltungswahrscheinlichkeit von 90 %, wird der Sicherheitszuschlag für die Prognose ΔL_{Prog} wie folgt ermittelt:

$$\Delta L_{Prog} = 1,28 \cdot \sigma_{ges} \text{ [dB]} \quad (6)$$

Über die Standardabweichungen σ_R und σ_P lässt sich unter Verwendung einer Einhaltungswahrscheinlichkeit von 90 %, ebenfalls ein Sicherheitszuschlag für die Emissionsdaten ermitteln. Daraus lassen sich max. zulässige Emissionswerte ausweisen.

$$\Delta L_{e,max} = 1,28 \cdot \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2} \text{ [dB]} \quad (7)$$

Entsprechend [8] ist die Unsicherheit der Emissionen von Vorbelastungsanlagen, in gleicher Weise zu berücksichtigen, wie sie im Rahmen der Genehmigungen der Vorbelastungsanlagen angewandt wurde. Lediglich die Unsicherheit des Prognosemodells ist an das jeweils gewählte Verfahren neu auszulegen.



IP01 - Bönninghardter-Str 157, 46519 Alpen



IP02 - Bönninghardter-Str 153, 46519 Alpen



IP03 - Bönninghardter-Str 148, 46519 Alpen



IP04 - Bönninghardter-Str 149, 46519 Alpen



IP05 - Bönninghardter-Str 145, 46519 Alpen



IP06 - Heideweg 2, 46519 Alpen



IP07 - Heideweg 7, 46519 Alpen



IP08 - Handelsstraße 46, 46519 Alpen



IP09 - Handelsstraße 52, 46519 Alpen



IP10 - Handelsstraße 60, 46519 Alpen



IP11 - Handelsstraße 66, 46519 Alpen



IP12 - Herstgener Werg 32, 46519 Alpen



IP13 - Talweg 14, 47661 Issum



IP14 - Talweg 16, 47661 Issum



IP15 - Talweg 20, 47661 Issum



IP16 - Metzkatweg 31, 47661 Issum



IP17 - Metzkatweg 33, 47661 Issum



IP18 - Metzkatweg 35, 47661 Issum



IP19 - Hamber Dyck 71, 47665 Sonsbeck



Berechnungspunkt	Rechtswert		Hochwert	Immissionspegel			Beurteilungs		Richtwert	GB-RW	
	[m]	[dB]		VB	ZB	GB	GB	Nacht		VB	[dB]
IP01 - Bönninghardtter-Str 157, 46519 AI	322152	-	5717770	27.4	27.4	-	27	45	45	-18	0
IP02 - Bönninghardtter-Str 153, 46519 AI	322453	-	5717641	45.3	45.3	-	36	45	45	-9	-12
IP03 - Bönninghardtter-Str 148, 46519 AI	323380	-	5717470	33.1	33.1	-	33	45	45	-12	-12
IP04 - Bönninghardtter-Str 149, 46519 AI	323686	-	5717237	33.1	33.1	-	33	45	45	-12	-12
IP05 - Bönninghardtter-Str 145, 46519 AI	323685	-	5717200	33.5	33.5	-	33	45	45	-12	-12
IP06 - Heideweg 2, 46519 Alpen	323644	-	5717088	29.8	29.8	-	30	45	45	-15	-14
IP07 - Heideweg 7, 46519 Alpen	323560	-	5716981	31.3	31.3	-	28	45	45	-17	-13
IP08 - Handelsstraße 46, 46519 Alpen	323830	-	5716697	28.5	28.5	-	32	45	45	-13	-13
IP09 - Handelsstraße 52, 46519 Alpen	323690	-	5716604	32.4	32.4	-	24	40	40	-16	-11
IP10 - Handelsstraße 60, 46519 Alpen	323624	-	5716547	33.7	33.7	-	34	45	45	-11	-11
IP11 - Handelsstraße 66, 46519 Alpen	323579	-	5716472	33.7	33.7	-	34	45	45	-11	-11
IP12 - Herstgener Weg 32, 46519 Alpen	325134	-	5716709	36.6	36.6	-	37	45	45	-8	-3
IP13 - Talweg 14, 47661 Issum	323099	-	5716199	41.5	41.5	-	41	45	45	-4	-4
IP14 - Talweg 16, 47661 Issum	323050	-	5716209	39.9	39.9	-	40	45	45	-5	-5
IP15 - Talweg 20, 47661 Issum	322812	-	5716353	24.9	24.9	-	25	40	40	-15	-15
IP16 - Metzkatweg 31, 47661 Issum	322291	-	5716657								
IP17 - Metzkatweg 33, 47661 Issum	321894	-	5716796								
IP18 - Metzkatweg 35, 47661 Issum	321726	-	5716846								
IP19 - Hamber Dyck 71, 47665 Sonsbeck	319775	-	5716934								

Berechnungsergebnisse



Bezeichnung	Richtwert		Höhe (m)	Koordinaten		
	Tag [dB]	Nacht [dB]		X (m)	Y (m)	Z (m)
IP01 - Bönninghardtter-Str 157, 46519 Alpen	60	45.0	4	322152	5717770	40.0
IP02 - Bönninghardtter-Str 153, 46519 Alpen	60	45.0	4	322453	5717641	40.0
IP03 - Bönninghardtter-Str 148, 46519 Alpen	60	45.0	4	323380	5717470	41.7
IP04 - Bönninghardtter-Str 149, 46519 Alpen	60	45.0	4	323686	5717237	40.0
IP05 - Bönninghardtter-Str 145, 46519 Alpen	60	45.0	4	323685	5717200	40.0
IP06 - Heideweg 2, 46519 Alpen	60	45.0	4	323644	5717088	40.0
IP07 - Heideweg 7, 46519 Alpen	60	45.0	4	323560	5716981	40.0
IP08 - Handelsstraße 46, 46519 Alpen	60	45.0	4	323830	5716697	40.0
IP09 - Handelsstraße 52, 46519 Alpen	60	45.0	4	323690	5716604	40.0
IP10 - Handelsstraße 60, 46519 Alpen	60	45.0	4	323624	5716547	40.0
IP11 - Handelsstraße 66, 46519 Alpen	60	45.0	4	323579	5716472	40.0
IP12 - Herstgener Weg 32, 46519 Alpen	55	40.0	4	325134	5716709	47.3
IP13 - Talweg 14, 47661 Issum	60	45.0	4	323099	5716199	40.0
IP14 - Talweg 16, 47661 Issum	60	45.0	4	323050	5716209	40.0
IP15 - Talweg 20, 47661 Issum	60	45.0	4	322812	5716353	38.0
IP16 - Metzkatweg 31, 47661 Issum	60	45.0	4	322291	5716657	39.0
IP17 - Metzkatweg 33, 47661 Issum	60	45.0	4	321894	5716796	38.6
IP18 - Metzkatweg 35, 47661 Issum	60	45.0	4	321726	5716846	38.8
IP19 - Hamber Dyck 71, 47665 Sonsbeck	55	40.0	4	319775	5716934	30.0

Immissionspunkte



SP21024 Alpen - Bönninghardt

Bezeichnung	Schallleistung Lw Nacht (dBA)	Lw / Li		Höhe (m)	Koordinaten		
		Typ	Wert		X (m)	Y (m)	Z (m)
WEA A1 GE 5.X-158	104.1	Lw	GE5X_NRO102	120.9	322155	5717230	40.0
WEA A2 GE 5.X-158	103.1	Lw	GE5X_NRO101	120.9	322589	5717114	40.0

Schallquellen



Bezeichnung	Betriebsmode	Typ	Bew.	Oktavspektrum										Lwa	Quelle
				63 Hz [dB]	125 Hz [dB]	250 Hz [dB]	500 Hz [dB]	1000 Hz [dB]	2000 Hz [dB]	4000 Hz [dB]	8000 Hz [dB]	[dB]			
GE 5.X-158 NRO106 (5,5 MW) - Garantiert - 106,0+2,1 dB	GE5X_NRO106	Lw	A	89.3	94.7	99.3	101.8	103.4	101.2	93.8	78.1	108.1	No_Em.NO-NRO_5.3_5.5-158-50Hz_FGW_DE		
GE 5.X-158 NRO102 (4,65 MW) - Garantiert - 102,0+2,1 dB	GE5X_NRO102	Lw	A	85.3	91.7	96.6	98.4	98.7	96.1	89.7	75.2	104.1	No_Em.NO-NRO_5.3_5.5-158-50Hz_FGW_DE		
GE 5.X-158 NRO101 (4,34 MW) - Garantiert - 101,0+2,1 dB	GE5X_NRO101	Lw	A	84.3	91.1	96.0	97.5	97.3	94.8	89.0	74.6	103.1	No_Em.NO-NRO_5.3_5.5-158-50Hz_FGW_DE		



Name: Doc-0080061 Rev: 2 Released: 9/14/2020 8:17:40 AM

GE Renewable Energy

- Originaldokument -

Technische Dokumentation Windenergieanlagen 4.x/5.x-158 - 50 Hz



Schalleistung Normalbetrieb und Schallreduzierter Betrieb gemäß FGW

Inkl. Terz- und Oktavbandspektren

NO 104/106 und NRO 100-105

Geräuschreduzierende Blatthinterkanten
(Serrations):

Enthalten

Rev. 02 - DE

2020-09-14

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



imagination at work

© 2020 General Electric Company. All rights reserved.



Name: Doc-0080061 Rev: 2 Released: 9/14/2020 8:17:40 AM

- Originaldokument -

GE Renewable Energy

Schalleistung

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung.....	5
1.1	Allgemein.....	5
1.2	Wind Farm Noise Management (verfügbar als Option).....	6
2	Konfigurationsübersicht.....	6
3	Schalleistungspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit.....	7
4	Oktav- und Terz-Spektren.....	7
4.1	5.x-158 – 106.0 dB immissionsrelevanter Schalleistungspegel.....	8
4.2	5.x-158 – 105.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel.....	10
4.3	4.x/5.x-158 – 104.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel.....	12
4.4	4.x/5.x-158 – 103.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel.....	14
4.5	4.x/5.x-158 – 102.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel.....	16
4.6	4.x/5.x-158 – 101.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel.....	18
4.7	4.x/5.x-158 – 100.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel.....	20
5	Unsicherheitsangaben.....	22
6	Tonalität.....	22
7	Terminologie nach IEC 61400-11 und IEC/TS 61400-14.....	22
8	Referenzdokumente.....	23
	Anhang I - Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe für alle Nabenhöhen.....	23

VERTRAULICH – Die auf dieser Seite in Textform wiedergegebenen sowie in Zeichnungen, Modellen, Tabellen etc. verkörperten Informationen bleiben ausschließliches Eigentum der General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Sie werden nur zu dem vereinbarten Zweck anvertraut und dürfen zu keinem anderen Zweck verwendet werden. Kopien oder sonstige Vervielfältigungen dürfen nur zu dem vereinbarten Zweck angefertigt werden. Weder Original noch Vervielfältigungen dürfen Dritten ausgeteilt, ausgehändigt oder in sonstiger Weise zugänglich gemacht werden. Ausgedruckte und/oder elektronisch verbreitete Dokumente unterliegen nicht der Änderungskontrolle.
© 2020 General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Alle Rechte vorbehalten.

Noise_Emission-NO_NRO_4.x_5.x-158-50Hz_FGW_DE_r02



1.2 Wind Farm Noise Management (verfügbar als Option)

In Gebieten mit Schallschutzbestimmungen ist es häufig erforderlich, den Betrieb der Windenergieanlage (WEA) an die Bestimmungen der Fernfeldbedingungen anzupassen. Daher bietet GE ein abgestimmtes Wind Farm Noise Management System an, welches größere Flexibilität und höhere Energieerträge bietet, als das bei herkömmlichen WEA-Steuerungen der Fall ist. Diese fortgeschrittene Methode ermöglicht eine kontinuierliche Anpassung des Windpark-Betriebs an umweltbedingte Variablen, die die Schallemission des Windparks beeinflussen. Diese Variablen sind im Wesentlichen Windgeschwindigkeit und Windrichtung.

Das Wind Farm Noise Management Paket enthält folgenden Service und folgende Hardware:

- Schallausbreitungsrechnungen und Optimierung des Windparkbetriebes
- Optimale WEA-Sollwerte für den gesamten Windpark als Funktion von Windgeschwindigkeit und Windsektor
- Installation und Inbetriebnahme der Wind Farm Noise Management Software.

2 Konfigurationsübersicht

Die folgende Tabelle bietet eine Übersicht der verfügbaren Kombinationen von immissionsrelevanten Schalleistungspegeln $L_{WA,k}$ und Anlagenennleistung.

Zu jeder Betriebsweise gehört ein immissionsrelevanter Schalleistungspegel, ein Rotordrehzahlsollwerte und in einigen Fällen mehrere verfügbare Nennleistungen. So wird beispielsweise der Normalbetrieb von 106 dB erreicht bei 9.7 Umdrehungen pro Minute und einer Nennleistung von 5300 kW oder 5500 kW. Für die Anlage mit 120.9 m Nabhöhe sind die Betriebsarten NRO 104 und 105 dB nicht verfügbar.

Betriebsbezeichnung [dB]	Rotordrehzahlsollwerte [rpm]	Nennleistung [kW]		
		120.9m Nabhöhe	150.0m Nabhöhe	161.0m Nabhöhe
NO 106.0	9.70	5300, 5500	5300, 5500	5300, 5500
NRO 105.0	9.35	N/A	5300	5300
NO/NRO 104.0	9.00	N/A	4500, 4800, 5100	4500, 4800, 5100
NRO 103.0	8.54	4500, 4800	4500, 4800	4500, 4800
NRO 102.0	8.20	4500, 4650	4500, 4650	4500, 4650
NRO 101.0	7.66	4340	4340	4340
NRO 100.0	7.22	4090	4090	4090

Tabelle 1: Übersicht der verfügbaren Kombinationen von immissionsrelevanten Schalleistungspegeln $L_{WA,k}$ und Anlagenennleistung.



4.1 5.x-158 - 106.0 dB immissionsrelevanter Schalleistungspegel

Die Oktav- und Terz-Spektren in diesem Abschnitt sind anwendbar für die angegebenen Nennleistungen, Rotordrehzahlsollwerte und Nabenhöhen.

Nabenhöhe [m]	Rotordrehzahlsollwerte [rpm]	Nennleistung [kW]
120.9	9.70	5300, 5500
150.0	9.70	5300, 5500
161.0	9.70	5300, 5500

A-bewertete Oktav-Spektren [dB]												
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Frequenz [Hz]	16	53.9	54.0	56.3	59.4	62.0	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5
	32	67.4	67.3	69.6	72.8	75.5	78.0	78.0	78.0	78.0	78.0	78.0
	63	76.3	77.1	79.2	82.0	84.6	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2
	125	83.0	85.0	87.1	89.0	91.0	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6
	250	86.8	88.7	91.8	94.1	96.1	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2
	500	87.2	87.7	91.7	95.5	98.3	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7
	1000	87.6	87.0	90.6	95.1	98.7	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3
	2000	86.4	86.4	88.7	92.4	95.9	99.1	99.1	99.1	99.1	99.1	99.1
	4000	80.9	82.2	84.0	86.6	89.1	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7
8000	65.1	67.2	69.6	72.4	74.6	76.0	76.0	76.0	76.0	76.0	76.0	
Gesamtschalleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	101.0	103.9	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0

Tabelle 3: 5.x-158 - 106.0 dB Oktav-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

Oktavband entsprechend 9-15 m/s



Name: Doc-0080061 Rev: 2 Released: 9/14/2020 8:17:40 AM

- Originaldokument -

GE Renewable Energy

Schalleistung

4.5 4.x/5.x-158 - 102.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel

Die Oktav- und Terz-Spektren in diesem Abschnitt sind anwendbar für die angegebenen Nennleistungen, Rotordrehzahlswerte und Nabenhöhen.

Nabenhöhe [m]	Rotordrehzahlswerte [rpm]	Nennleistung [kW]
120.9	8.20	4500, 4650
150.0	8.20	4500, 4650
161.0	8.20	4500, 4650

A-bewertete Oktav-Spektren [dB]												
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Frequenz [Hz]	16	53.9	54.0	56.3	59.4	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5
	32	67.4	67.3	69.6	72.8	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0
	63	76.3	77.1	79.2	82.0	83.2	83.2	83.2	83.2	83.2	83.2	83.2
	125	83.0	85.0	87.1	89.0	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6
	250	86.8	88.7	91.8	94.1	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5
	500	87.2	87.7	91.7	95.5	96.3	96.3	96.3	96.3	96.3	96.3	96.3
	1000	87.6	87.0	90.6	95.1	96.6	96.6	96.6	96.6	96.6	96.6	96.6
	2000	86.4	86.4	88.7	92.4	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0
	4000	80.9	82.2	84.0	86.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6
8000	65.1	67.2	69.6	72.4	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1	
Gesamtschalleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	101.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0

Tabelle 11: 4.x/5.x-158 - 102.0 dB Oktav-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

Oktavband entsprechend 8-15 m/s



Name: Doc-0080061 Rev: 2 Released: 9/14/2020 8:17:40 AM

- Originaldokument -

GE Renewable Energy

Schalleistung

4.6 4.x/5.x-158 - 101.0 dB Immissionsrelevanter Schalleistungspegel

Die Oktav- und Terz-Spektren in diesem Abschnitt sind anwendbar für die angegebenen Nennleistungen, Rotordrehzahlsollwerte und Nabenhöhen.

Nabenhöhe [m]	Rotordrehzahlsollwerte [rpm]	Nennleistung [kW]
120.9	7.66	4340
150.0	7.66	4340
161.0	7.66	4340

A-bewertete Oktav-Spektren [dB]												
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Frequenz [Hz]	16	53.9	54.0	56.3	59.6	59.6	59.6	59.6	59.6	59.6	59.6	59.6
	32	67.4	67.3	69.6	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1
	63	76.3	77.1	79.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2
	125	83.0	85.0	87.1	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0
	250	86.8	88.7	91.8	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9
	500	87.2	87.7	91.7	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4
	1000	87.6	87.0	90.6	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2
	2000	86.4	86.4	88.7	92.7	92.7	92.7	92.7	92.7	92.7	92.7	92.7
	4000	80.9	82.2	84.0	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9
8000	65.1	67.2	69.6	72.5	72.5	72.5	72.5	72.5	72.5	72.5	72.5	
Gesamtschalleistungspegel [dB]	93.8	94.5	97.6	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0

Tabelle 13: 4.x/5.x-158 - 101.0 dB Oktav-Spektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

Oktavband entsprechend 7-15 m/s