Schallimmissionsprognose für sieben Windenergieanlagen am Standort

Könau

(Niedersachsen)

Datum: 17.12.2019

Bericht Nr. 19-1-3040-000-NU

Auftraggeber:

JWE Bürgerwindpark Könau-Ostedt-Suhlendorf GmbH & Co KG

Kroetzer Allee 5 | 29559 Wrestedt

Auftragsnummer: 356002239

Bearbeiter:

Ramboll Deutschland GmbH

Kirsten Ulner

Breitscheidstraße 6

DE-34119 Kassel

Tel 0561 / 288 573-0

Fax 0561 / 288 573-19

DAkkS
Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-11038-01-00

Hinweis:

Zum 11.09.2019 hat sich die Firmenbezeichnung der Ramboll CUBE GmbH zu Ramboll Deutschland GmbH geändert. Die Änderung hat keinen Einfluss auf den akkreditierten Bereich des Unternehmens. Es ist lediglich eine formale Änderung der Firmenbezeichnung auf der Akkreditierungsurkunde nötig, die bereits bei der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) beantragt ist.

Die vorliegende Schallimmissionsprognose für den Standort Könau (Niedersachsen) wurde der Ramboll Deutschland GmbH im Juni 2019 von der JWE Bürgerwindpark Könau-Ostedt-Suhlendorf GmbH & Co KG in Auftrag gegeben und gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik nach bestem Wissen und Gewissen unparteiisch erstellt. 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 17025:2005 [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.

Für die physikalische Einhaltung der prognostizierten Ergebnisse des Schallgutachtens werden seitens des Gutachters keine Garantien übernommen. Sie 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 Niedersachsen sowie auf Basis der vom Auftraggeber und dem WEA-Hersteller zur Verfügung gestellten Standort- und Anlagendaten.

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

	Nr.	Datum	Bearbeiter	Beschreibung
Original	000	17.12.2019	K. Ulner	Planung von sieben WEA

Kassel, 17.12.2019

Kirsten Ulner
(Bearbeiter)

Dipl.-Geogr. Marc Brüning
(Prüfer)

Inhalt:

1 Zusammenfassung 5

2 Standortdaten 6

2.1 Aufgabenstellung 6

2.2 Immissionsorte 7

2.3 Potentielle Schallreflexionen 14

2.4 Vorbelastungen 15

2.4.1 Gewerbliche Vorbelastungen 15

2.4.2 Vorbelastungen durch Windenergieanlagen 15

3 Kenndaten Windenergieanlagen 16

3.1 Allgemeine Angaben 16

3.2 Schallleistungspegel 16

3.2.1 Zusatzbelastung 17

4 Ergebnisse der Immissionsberechnungen 20

4.1 Beurteilungspegel an den Immissionsorten 20

4.2 Bewertung der Ergebnisse 21

5 Literaturverzeichnis 22

6 Anhang 24

1 Zusammenfassung

Für die Planung von sieben Windenergieanlagen am Standort Könau wurde eine Schallimmissionsprognose entsprechend der TA-Lärm [3] nach der Berechnungsvorschrift DIN ISO 9613-2 [4] modifiziert nach dem Interimsverfahren [5] entsprechend den Hinweisen der LAI [6] unter Berücksichtigung spezifischer Landesvorgaben für Niedersachsen für die zu berücksichtigende Gesamtbelastung an den dem Projekt benachbarten Immissionsorten durchgeführt. Zur sicheren Einhaltung der nächtlichen Immissionsrichtwerte (IRW) sollen die geplanten WEA 01 bis 05 und 07 im Nachtzeitraum schallreduziert betrieben werden.

Der Berechnung zugrunde gelegt wurden die Herstellerangaben des geplanten Anlagentyps GE Wind Energy GE 5.5-158.

Die resultierenden Beurteilungspegel L_r im oberen Vertrauensbereich (OVB) an den nach TA Lärm [3] maßgeblichen Immissionsorten sind neben den nächtlichen Immissionsrichtwerten (IRW) in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse

IO	Bezeichnung	IRW [dB(A)]	L_r [dB(A)] *),
E1	Suhlendorf, Klein Ellenberg 3	45	39
K6	Suhlendorf, Kölau 11A	45	39
O09	Ostedt, Windmühlenweg 6	45	38
O15	Ostedt, Suhlendorfer Berg 8	45	40
O18	Ostedt, Am Katerberg 6	45	40
O23	Ostedt, Schulberg 3	45	39
S03	Suhlendorf, Kantweg 2	45	37
S09	Suhlendorf, Raiffeisenstraße 15	40	38
S12	Suhlendorf, Wilhelm-Beindorf-Weg	40	38
S15	Suhlendorf, Waldstraße 25	40**)	39
S29	Suhlendorf, Marderweg 3	40**)	40

*) Es wurden die Rundungsregeln gemäß Nr. 4.5.1 DIN 1333 [7] angewendet.

**) Gemengelage, siehe Kapitel 2.2

Die zulässigen Nacht-Immissionsrichtwerte werden an allen Immissionsorten eingehalten. Von einer schädlichen Umwelteinwirkung bzw. einer erheblichen Belästigung i. S. d. BImSchG [1] **ist demnach nicht auszugehen.**

2 Standortdaten

2.1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant am Standort Könau zwischen den Orten Suhlendorf im Norden, Kölau im Osten und Ostedt im Westen einen Windpark mit insgesamt sieben Windenergieanlagen (WEA) des Typs GE Wind Energy GE 5.5-158 mit 161 m bzw. 150 m Nabenhöhe zu errichten (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Kenndaten der geplanten WEA

WEA	WEA Hersteller / Typ	Nabenhöhe	Rechtswert	Hochwert
		[m]	[UTM 32 ETRS89]	
01	GE Wind Energy GE 5.5-158	150	616.618	5.864.419
02	GE Wind Energy GE 5.5-158	161	616.913	5.864.122
03	GE Wind Energy GE 5.5-158	150	617.850	5.864.238
04	GE Wind Energy GE 5.5-158	150	617.191	5.863.852
05	GE Wind Energy GE 5.5-158	161	618.134	5.863.765
06	GE Wind Energy GE 5.5-158	161	617.386	5.863.419
07	GE Wind Energy GE 5.5-158	150	617.686	5.863.812

Es soll der Beurteilungspegel L_r der durch die geplanten Windenergieanlagen hervorgerufenen Schallimmissionen an der umliegenden schutzwürdigen Bebauung berechnet und mit den immissionsschutzrechtlichen Vorgaben der TA Lärm [3] für diese Gebäude (Immissionsrichtwerte nach Abschnitt 6.1) verglichen und bewertet werden.

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

entnehmen. Das Höhenrelief wurde den Höhenlinien der Topographischen Karte 1:25.000 entnommen. Die Berechnung wurde mit der Software windPRO [8], Modul DECIBEL durchgeführt.

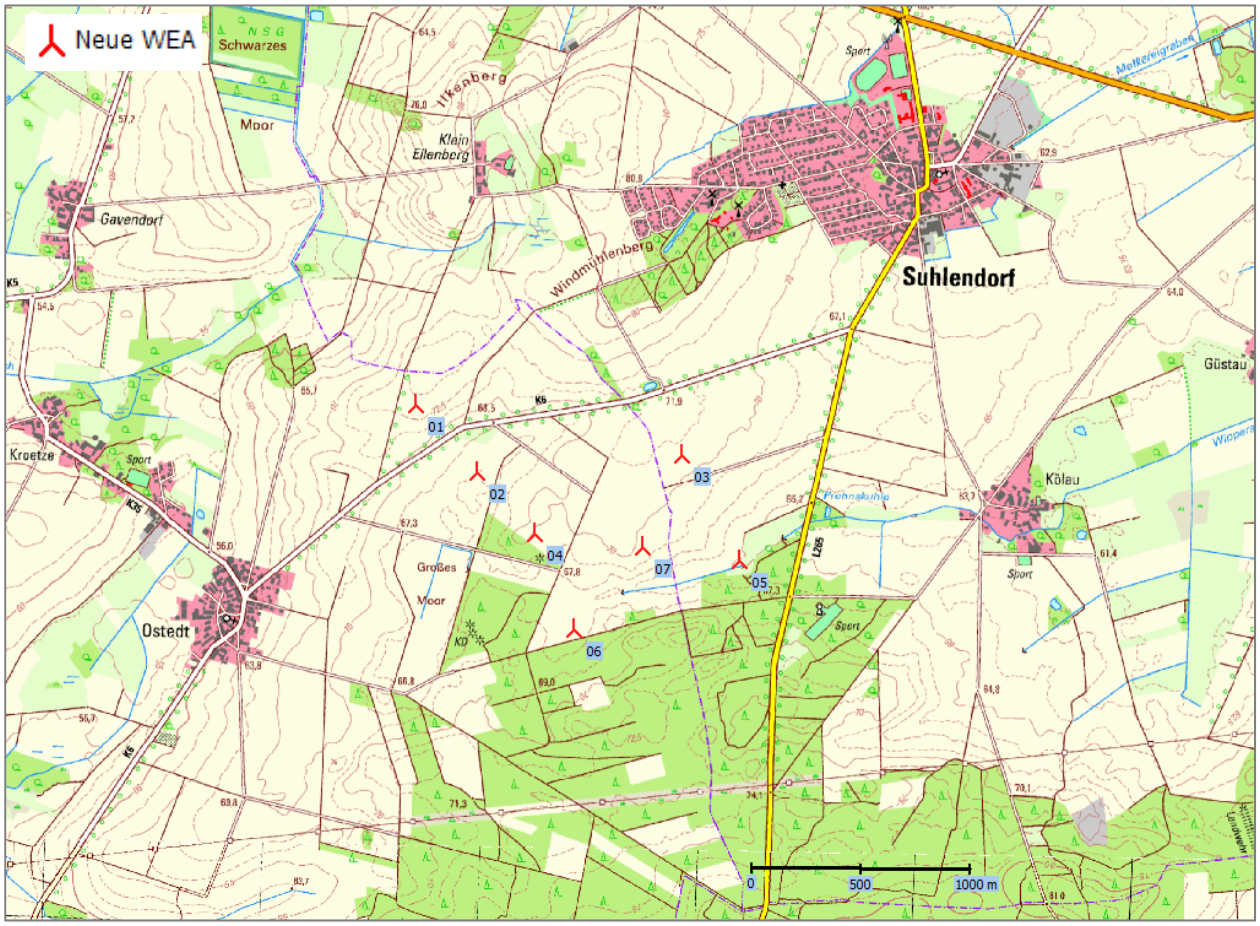


Abbildung 1: Übersichtskarte

2.2 Immissionsorte

Für die Berechnung der Lärmimmissionen am Standort Könau wurden die in der Umgebung des Standorts liegenden schutzbedürftigen maßgeblichen Immissionsorte auf Basis topographischer Karten, des ATKIS Basis-DLM [9] und anhand von Luftbildern ermittelt. Im Rahmen einer Standortbesichtigung am 15.10.2019 wurden diese überprüft und dokumentiert.

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

der Beurteilungspegel der Zusatzbelastung weniger als 10 dB(A) unter dem Immissionsrichtwert (IRW) liegt. Dazu sind auf der folgenden Karte die Iso-Schallinien (Isophonen) für 30 dB(A) und für 35 dB(A) eingezeichnet. In der vorliegenden Immissionsberechnung sind lediglich diejenigen Immissionsorte zu berücksichtigen, 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.

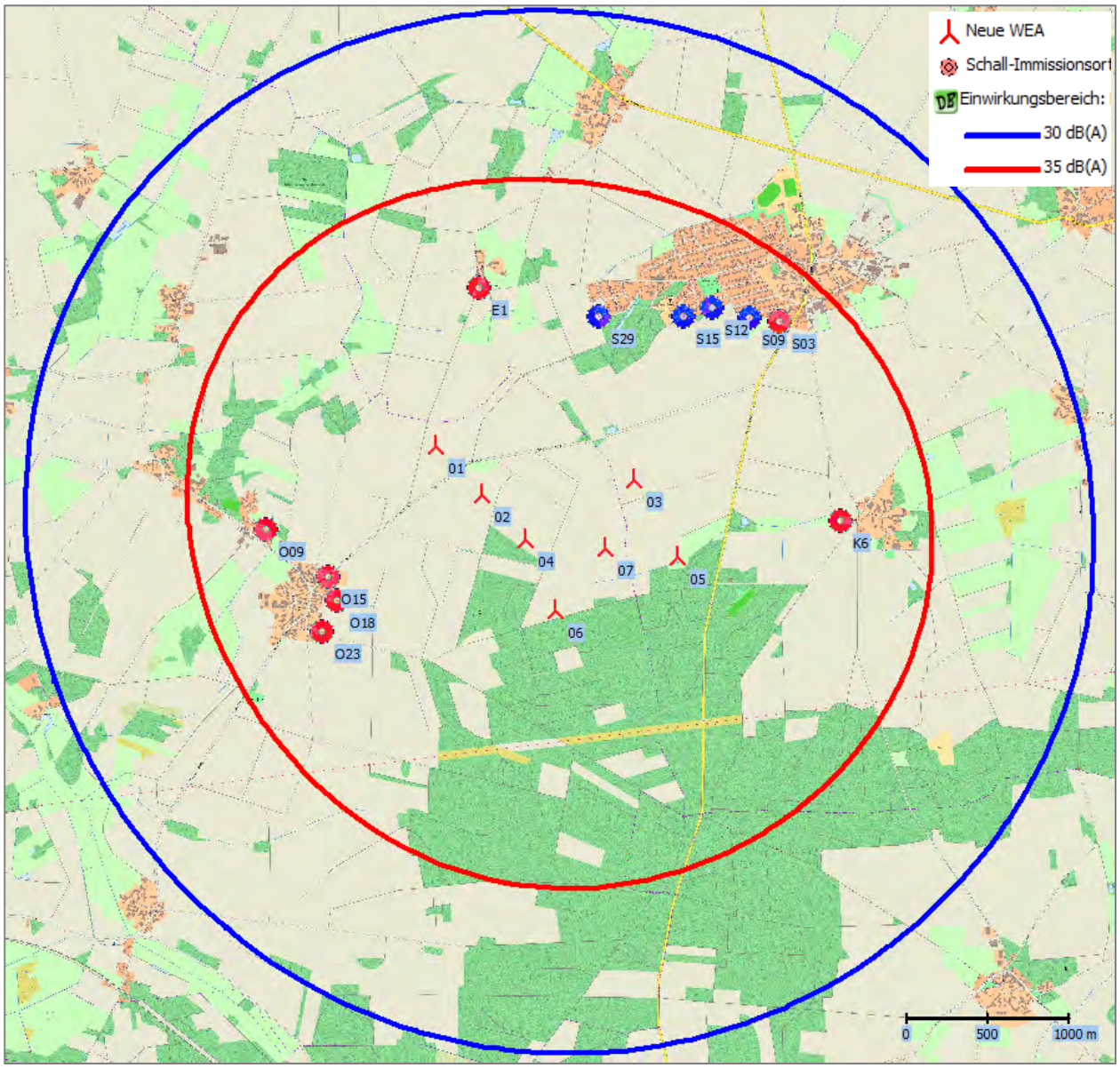


Abbildung 2: Isophonenkarte Zusatzbelastung Nachtzeitraum

Dabei sind nach Abschnitt 2.3 TA Lärm [3] die Immissionsorte zu wählen, an denen eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte am ehesten zu erwarten ist. In Tabelle 3 sind die maßgeblichen Immissionsorte mit ihren im Gutachten verwendeten Bezeichnungen und die dort jeweils

relevanten Immissionsrichtwerte aufgeführt. Die genaue Lage der Immissionsorte lässt sich den folgenden Abbildungen sowie der Isophonenkarte im Anhang entnehmen. Die Koordinaten sowie die Abstände zwischen Immissionsorten und Windenergieanlagen (in Metern) werden auf den DECIBEL-Hauptergebnisausdrucken im Anhang angegeben.

Für die Beurteilung der Schallimmissionen an den Immissionsorten wird der niedrigere Immissionsrichtwert für den Nachtzeitraum (22-6 Uhr) herangezogen.

Tabelle 3: Immissionsorte

IO	Bezeichnung	IRW 22-6 Uhr [dB(A)]		Grundlage der Einstufung
E1	Suhlendorf, Klein Ellenberg 3	45	AB	Außenbereich
K6	Suhlendorf, Kölau 11A	45	M	Mischgebiet
O09	Ostedt, Windmühlenweg 6	45	MD	WS gem. F-Plan Ostedt Kroetze , tatsächliche Nutzung MD (s.u.)
O15	Ostedt, Suhlendorfer Berg 8	45	MD	MD gem. F-Plan Ostedt Kroetze
O18	Ostedt, Am Katerberg 6	45	MD	W gem. F-Plan Ostedt Kroetze, tatsächliche Nutzung MD (s.u.)
O23	Ostedt, Schulberg 3	45	MD	MD gem. F-plan Ostedt Kroetze
S03	Suhlendorf, Kantweg 2	45	MD	MD gem. F-Plan, Teilplan 41
S09	Suhlendorf, Raiffeisenstraße 15	40	WA	WA gem. F-Plan, Teilplan 41
S12	Suhlendorf, Wilhelm-Beindorf-Weg	40	WA	WA gem. B-Plan „Hinter dem Friedhof“
S15	Suhlendorf, Waldstraße 25	40*)	WA	WA gem. B-Plan „Waldsiedlung“, WR gem F-Plan (Gemengelage)
S29	Suhlendorf, Marderweg 3	40*)	WA	WR gem. B-Plan „Wohnpark Mühlenberg“, Gemengelage (s.u.)

*) Gemengelage, siehe unten

Erläuterung für die von den vorliegenden Plänen abweichenden Einstufungen der Immissionsorte:

Immissionsort O09: Der Immissionsort O09 liegt gemäß Flächennutzungsplan Ostedt Kroetze in einer WS-Fläche. Ein Bebauungsplan besteht nicht. Aufgrund der angrenzenden Lage zum Außenbereich und der benachbarten Nutzung (z.B. Mischgebiet und Gewerbefläche südlich der Kroetzer Allee) wird ein nächtlicher Immissionsrichtwert von 45 dB(A) entsprechend einem Dorf-/Mischgebiet zugrunde gelegt.

Immissionsort O18: Der Immissionsort O18 liegt gem. Flächennutzungsplan in einer Wohnbau-Fläche. Innerhalb der W-Fläche gemäß F-Plan wurde bisher nur dieses eine Haus verwirklicht. Das Grundstück grenzt in drei Richtungen an den Außenbereich und im Westen an das MD-Gebiet. Entsprechend der Lagebeziehung wird ein nächtlicher Immissionsrichtwert von 45 dB(A) zugrunde gelegt.

Immissionsorte S15 und S29:

Der **Immissionsort S29** liegt laut Bebauungsplan „Wohnpark Mühlenberg“ in einem Reinen Wohngebiet. Das Wohngebiet grenzt nach Norden, Westen und Süden hin unmittelbar an den Außenbereich („unechte“ Gemengelage, vgl. Abb. 5 [10]). Im Osten grenzt das Wohngebiet an ein Allgemeines Wohngebiet gem. Flächennutzungsplan (Gemengelage). Ein Bebauungsplan besteht dort nicht. Der überwiegende Anteil der Wohnhäuser tangiert demnach Bereiche, für die ein nächtlicher Immissionsrichtwert von 45 dB(A) zugrunde zu legen wäre

Der **Immissionsort S15:** Das Wohngebiet besteht aus einer beidseitig bebauten Ringstraße und grenzt nach Süden hin an den Außenbereich („unechte“ Gemengelage). Nach Westen schließt sich das „Sondergebiet Museum“ an, nach Osten hin grenzt das Wohngebiet an einen Grünstreifen, an den sich ein Allgemeines Wohngebiet anschließt. Auf der nordöstlichen Seite befindet sich ein Friedhof und auf der nordwestlichen Seite eine Grünfläche. Für die Waldsiedlung existiert ein rechtswirksamer Bebauungsplan mit einer Ausweisung als Allgemeines Wohngebiet. Darüber hinaus gibt es für dieses Gebiet eine Darstellung als Reines Wohngebiet in einem Flächennutzungsplan. Ein Flächennutzungsplan besitzt jedoch keine rechtliche Verbindlichkeit, sondern stellt lediglich eine vorbereitende Planungsabsicht der Gemeinde dar.

Nach Ziffer 6.7 TA Lärm [3] können bei einer vorliegenden Gemengelage die für die zum Wohnen dienenden Gebiete geltenden Immissionsrichtwerte auf einen geeigneten Zwischenwert angehoben werden. Gleiches wurde in Gerichtsurteilen hierzu [11] [12] bestätigt. Die Immissionsrichtwerte für Kern-, Dorf- und Mischgebiete sollen dabei nicht überschritten werden. Die Ziffer 6.7 TA Lärm regelt zwar nicht direkt die Gemengelage zum Außenbereich („unechte“ Gemengelage), da es sich aber auch um unterschiedliche Grundstücksnutzungen im Nachbarschaftsverhältnis handelt, sind die Grundsätze entsprechend anzuwenden [13]. Der Außenbereich ist für sich genommen keine Gebietskategorie gem. TA Lärm und entsprechend ist kein Immissionsrichtwert festgelegt. In der Rechtsprechung wird jedoch i.d.R. ein nächtlicher Immissionsrichtwert von 45 dB(A) für eine Wohnnutzung im Außenbereich als angemessen betrachtet.

Die Anhebung des Immissionsrichtwertes für Grundstücke in Gemengelagen auf einen Zwischenwert resultiert aus der Pflicht der gegenseitigen Rücksichtnahme, welche nicht nur dem Verursacher der Geräuschbelastung aufzuerlegen ist, sondern auch zu einer angemessenen Duldungspflicht der auf den Grundstücken betroffenen Anwohner führt.

Für die Einstufung als Gemengelage ist ein unmittelbares Aneinandergrenzen der unterschiedlichen Gebiete nicht notwendig, sondern maßgeblich ist der prägende Einfluss der Gebiete aufeinander. Insofern ist die Festsetzung des Zwischenwertes nicht allein auf die jeweilige unmittelbar angrenzende Baureihe anzuwenden und es sind bei der Geräuschbeurteilung die Gesetzmäßigkeiten der Schallausbreitung zu berücksichtigen. In diesem Fall bedeutet die Einhaltung eines Zwischenwertes von 40 dB(A) für die Häuser in Randlage des Wohngebietes nicht, dass gleichzeitig ein Beurteilungspegel von 35 dB(A) innerhalb des Wohngebiets erreicht werden kann. Würde diese Anforderung bestehen, bedeutete dieses faktisch einen kaum erhöhten Zwischenwert in der Randlage aufgrund der geringen räumlichen Ausdehnung des Wohngebietes. Die Schallausbreitungsrechnung führt über die gesamte Fläche des in der räumlichen Ausbreitung eher kleinen Wohngebiets zu einem Absinken des Beurteilungspegels um max. ca. 1,5 dB(A).

Weiterhin ist anzumerken, dass bei der Ausweisung der Vorranggebiete für Windenergienutzung im Rahmen des Regionalen Raumordnungsprogramms 2019 des Landkreises Uelzen die Abstandsregelung von 1.000 m für geschlossene Siedlungen angewendet wurde. Eine Unterscheidung von Reinen und Allgemeinen Wohngebieten wurde dabei nicht getroffen. Im Zuge der Pflicht zur gegenseitigen Rücksichtnahme und dem Interessenausgleich zwischen konfligierenden Nutzungen halten wir einen Immissionsrichtwert von 40 dB(A) für das Wohngebiet für angemessen. Als privilegiertes Vorhaben im Außenbereich wird durch die Schallimmissionen des Windparks die Wohnverträglichkeit bei diesem zugrunde gelegten Immissionsrichtwert nicht beeinträchtigt. Eine Wohnverträglichkeit ist auch noch in Kleinsiedlungs-, Dorf- und Mischgebieten regelmäßig gegeben.

In Absprache mit dem Landkreis wird für den Immissionsort **S15** aufgrund des Bebauungsplans und der darüber hinaus bestehenden Gemengelage ein nächtlicher Immissionsrichtwert von 40 dB(A) entsprechend einem Allgemeinen Wohngebiet zugrunde gelegt.

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

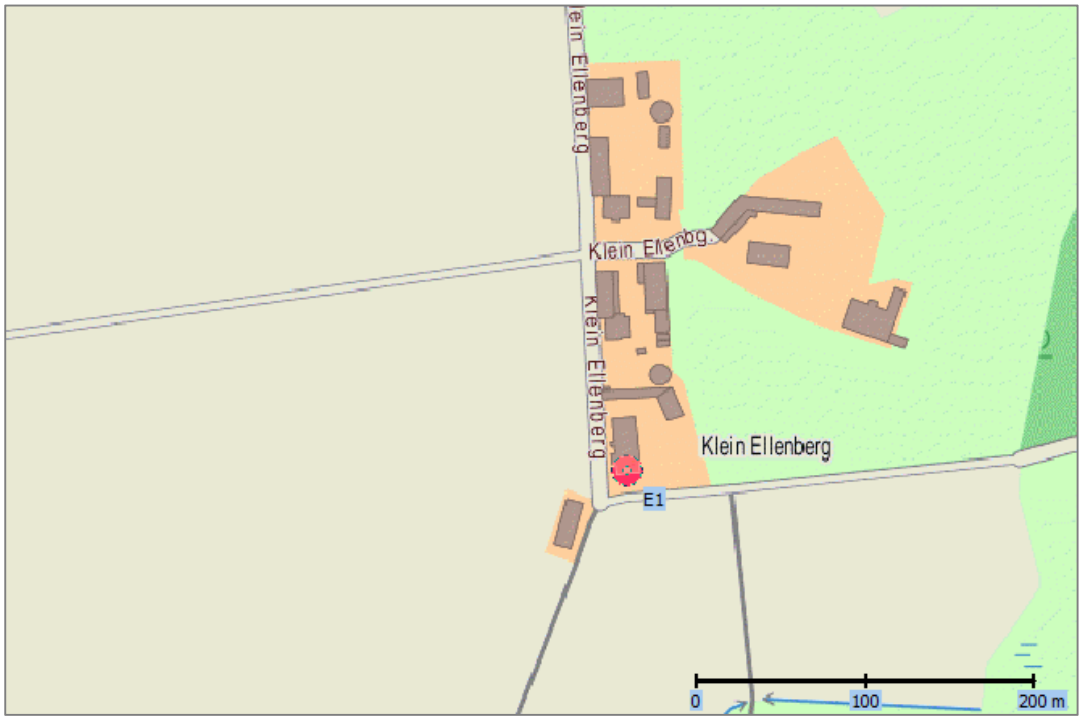


Abbildung 3: Lage des Immissionsortes E1

Abbildung 4: Lage der Immissionsorte S03, S09, S12 und S15 in Suhlendorf

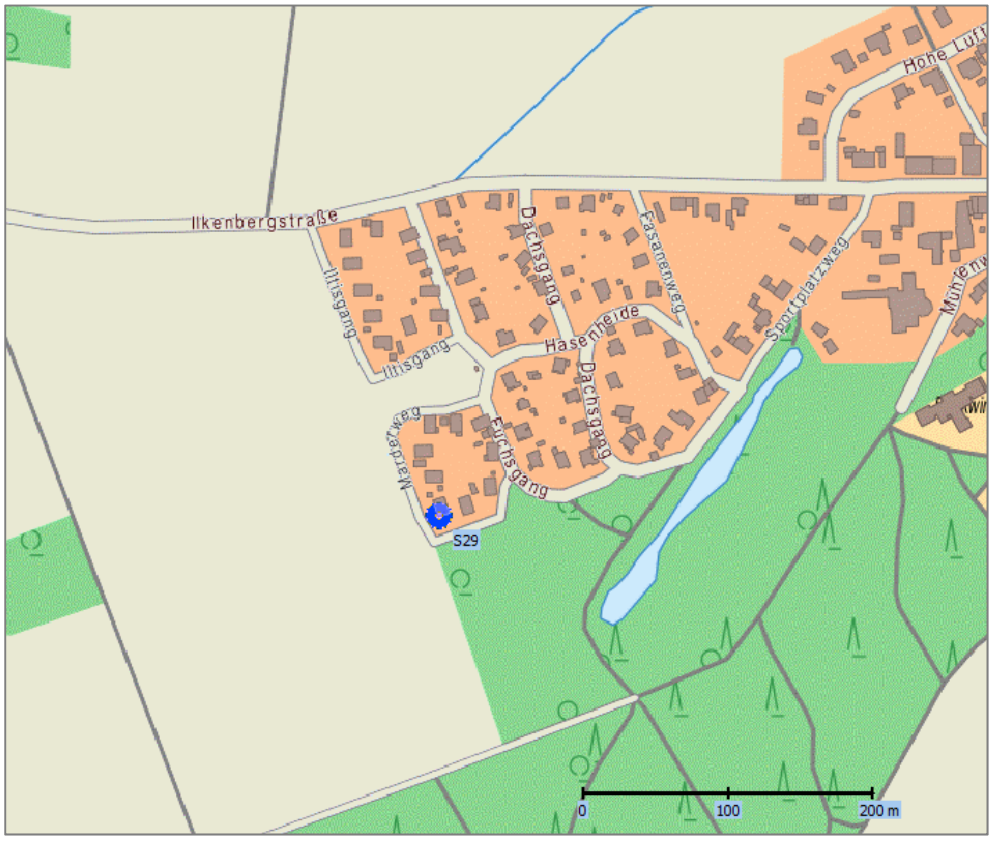


Abbildung 5: Lage des Immissionsortes S29 in Suhlendorf

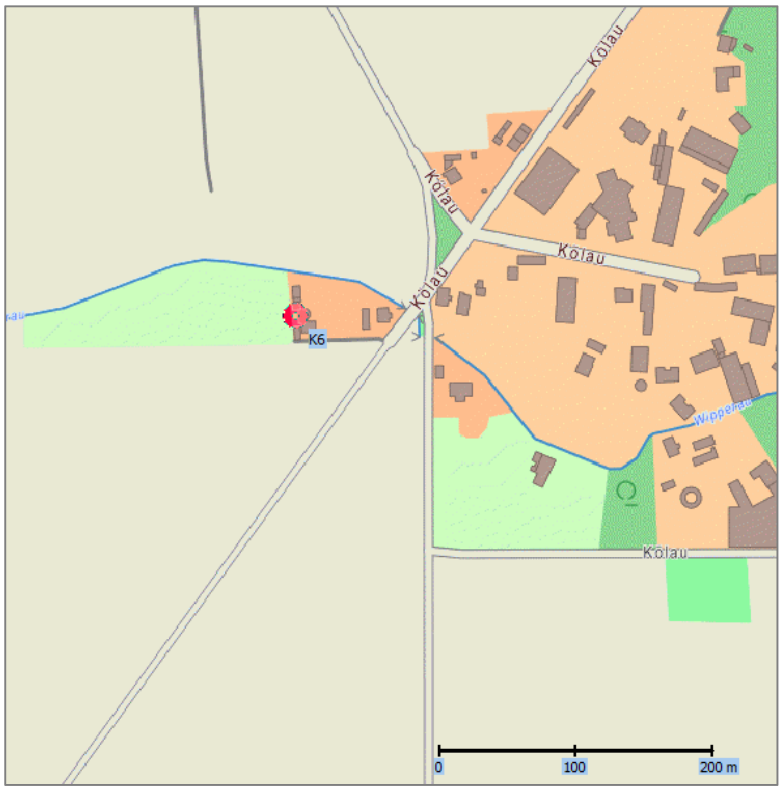


Abbildung 6: Lage des Immissionsortes K6 in Kölau

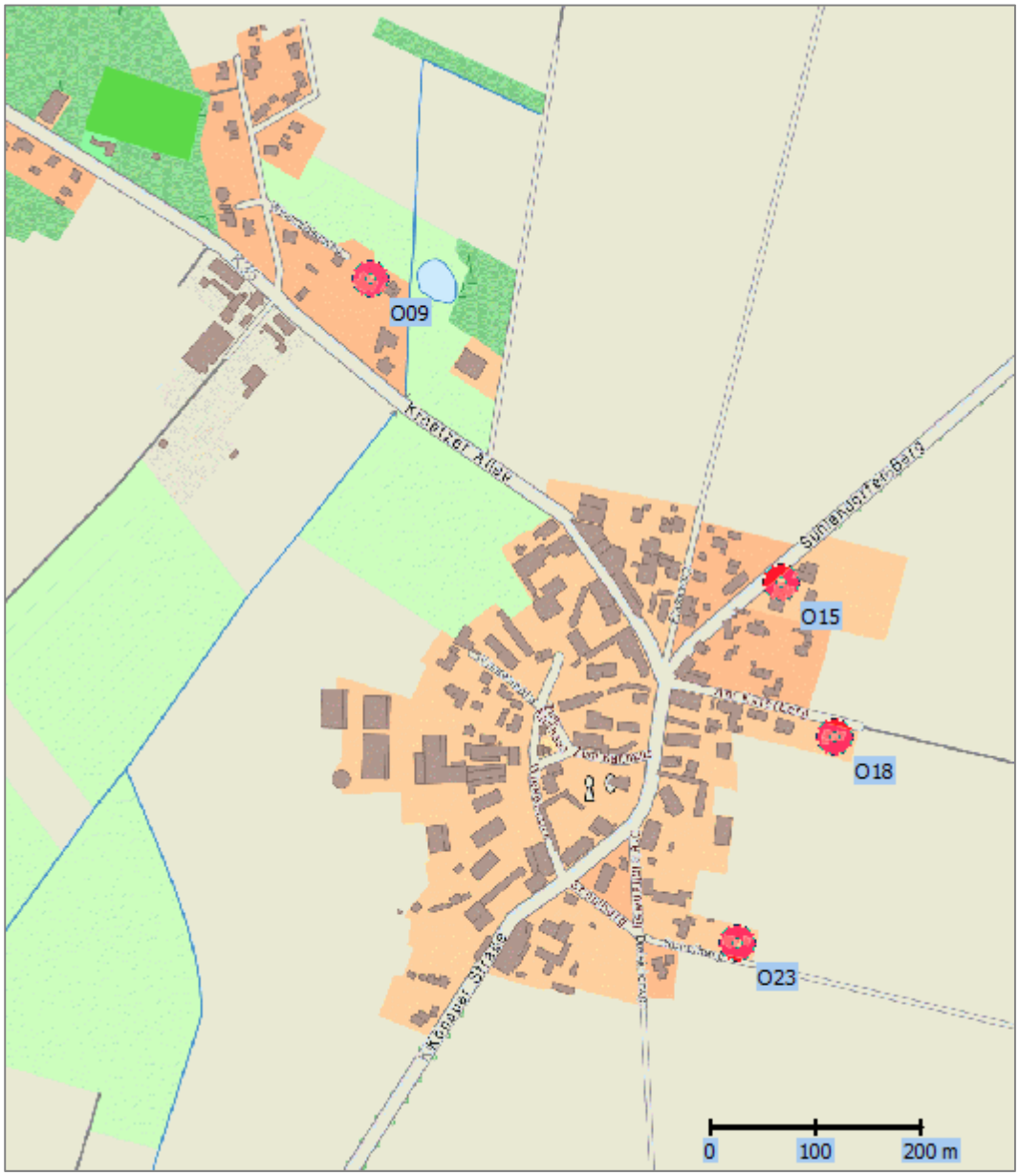


Abbildung 7: Lage der Immissionsorte O09, O15, O18 und O23 in Ostedt

2.3 Potentielle Schallreflexionen

Merkliche Reflexionen ergeben sich überwiegend an gegenüber den WEA abgeschirmten Gebäudeseiten oder (durch Reflexionen an den eher niedrigen Nebengebäuden, wie Schuppen, Garagen, Gewächshäuser) im Erdgeschossbereich der Wohngebäude. Hier führen aber auch besonders Abschirmungen wieder zu Pegelsenkungen, so dass im Regelfall die Berechnung bei freier Schallausbreitung (Addition aller Quellen ohne Abschirmungseffekte) höhere Pegel ergibt

als bei der Berücksichtigung der konkreten Bebauungsstruktur unter Beachtung von Abschirmungen und Reflexionen. Schallreflexionen, die den Beurteilungspegel relevant erhöhen, treten in der Regel bei Gebäude-WEA-Konstellationen auf, bei denen sich Fenster nahe an Gebäudewinkeln befinden, also bei L-förmigen direkt über Eck stehenden Gebäuden oder U-förmigen Gebäudekonstellationen und die WEA mehrheitlich in Richtung der reflektierenden über Eck stehenden Gebäudestrukturen stehen.

Weiterhin kann davon ausgegangen werden, dass sich der Schalldruckpegel an einem Aufpunkt durch eine vollständige Reflexion an einer Gebäudefläche maximal verdoppeln kann (+3 dB(A)) [14]. Ausgehend von einem üblichen Reflexionsverlust von 1 dB(A) an Gebäuden sind daher Reflexionen, wenn überhaupt, nur an Aufpunkten relevant, an denen ein Beurteilungspegel von weniger als 2,5 dB(A) unter dem Immissionsrichtwert berechnet wurde.

Die unter Berücksichtigung von Reflexions- und Abschirmungseffekten für eine relevante Pegelerhöhung notwendige Lagekonstellation von Gebäuden und WEA liegt bei den Immissionsorten oder benachbarten Gebäuden nicht vor, eine detaillierte Betrachtung ist daher nicht notwendig.

2.4 Vorbelastungen

2.4.1 Gewerbliche Vorbelastungen

Im Vorfeld der Ortsbesichtigung wurde anhand von Kartenmaterial versucht, potentielle Quellen für Vorbelastungen zu identifizieren. Bei der Ortsbesichtigung am 15.10.2019 wurde an den entsprechenden Strukturen ein subjektiver Eindruck der Geräuschemissionen gewonnen. Zudem wurde an den definierten Immissionsorten auf Geräusche einer potentiellen Vorbelastung geachtet.

Es wurden keine relevanten gewerblichen Vorbelastungen ermittelt.

2.4.2 Vorbelastungen durch Windenergieanlagen

Vorbelastungen durch weitere Windenergieanlagen bestehen nicht.

3 Kenndaten Windenergieanlagen

3.1 Allgemeine Angaben

Am Standort Könau sind sieben Windenergieanlagen des Typs GE Wind Energy GE 5.5-158 geplant.

Tabelle 4: Kenndaten Zusatz- und relevante Vorbelastungs-WEA

WEA	Hersteller	Typ	Leistung [kW]	Nabenhöhe [m]	Art*)
01	GE Wind Energy	**GE 5.5-158**	5.300	150	ZB
02	GE Wind Energy	**GE 5.5-158**	5.300	161	ZB
03	GE Wind Energy	**GE 5.5-158**	5.300	150	ZB
04	GE Wind Energy	**GE 5.5-158**	5.300	150	ZB
05	GE Wind Energy	**GE 5.5-158**	5.300	161	ZB
06	GE Wind Energy	**GE 5.5-158**	5.300	161	ZB
07	GE Wind Energy	**GE 5.5-158**	5.300	150	ZB

*) ZB = Zusatzbelastung

3.2 Schallleistungspegel

Für die Immissionsprognose wurden in der Berechnung die Schallleistungspegel unter Berücksichtigung der oberen Vertrauensbereichsgrenze L_O der verschiedenen WEA angesetzt. Die Angaben zum Schallleistungspegel L_{WA} beziehen sich auf den lautesten, mittleren Schallleistungspegel des WEA-Typs im jeweiligen Betriebsmodus. Der Zuschlag ΔL_O zum oberen Vertrauensbereich wurde nach den Hinweisen der LAI [6] berechnet (s.u.). Die Emissionen der einzelnen Schallquellen aller WEA überlagern sich an den Immissionsorten (vgl. Kapitel 2.2) zu einem resultierenden Schalldruckpegel bzw. Beurteilungspegel L_r der nach TA Lärm [3] zu bewerten ist.

Die Qualität der Prognose wird nach den Hinweisen der LAI [6] wahrscheinlichkeitsmathematisch aus den Unsicherheiten für die Serienstreuung σ_P, die Typvermessung σ_R und die Prognoseunsicherheit σ_{Prog} ermittelt.

Der emissionsseitige Zuschlag ΔL_O für das 90%-Vertrauensintervall wird in der Berechnung der Schallimmissionsprognose auf den Schallleistungspegel L_{WA} der WEA aufgeschlagen:

$$L_O = L_{WA} + \Delta L_O \qquad \text{mit } \Delta L_O = 1{,}28 * \sigma_{ges}$$

$$\text{und } \sigma_{ges} = \sqrt{\sigma^2{}_P + \sigma^2{}_R + \sigma^2{}_{Prog}}$$

Da bei einer Abnahmemessung die Unsicherheit des Prognosemodells keine Berücksichtigung findet empfehlen die LAI-Hinweise [6] die Festschreibung des Emissionspegels der WEA in der Genehmigung mit Beaufschlagung nur der WEA-seitigen Unsicherheiten für Serienstreuung und Messunsicherheit:

$$L_{e,max} = L_{WA} + \Delta L_{e,max} \qquad \text{mit } \Delta L_{e,max} = 1{,}28 \text{ x } \sqrt{\sigma^2{}_P + \sigma^2{}_R}$$

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

3.2.1 Zusatzbelastung

Für die geplanten Anlagen (Zusatzbelastung) des Typs GE Wind Energy GE 5.5-158 in den Modi NO und NRO 104 existieren noch keine schalltechnischen Vermessungen nach FGW-Richtlinie [15]. Es wurde jeweils das Oktavspektrum aus der Herstellerangabe verwendet und mit entsprechenden Zuschlägen für den oberen Vertrauensbereich (ΔL_O, siehe oben) versehen. Auszüge aus den Herstellerangaben sind in der Anlage dieses Gutachtens beigefügt. Schall-Messberichte werden nach Vermessung des WEA Typs veröffentlicht. Es wird davon ausgegangen, dass bis zur Inbetriebnahme mindestens eine Vermessung vorliegt, die die verwendeten Schallleistungspegel der Anlage bestätigt. Eine Ton- oder Impulshaltigkeit liegt laut den o.g. Angaben nicht vor.

Tabelle 5: WEA-Schallwerte Zusatzbelastung WEA 06

Zusatzbelastung	WEA Nr.			Typenbezeichnung			Betriebsmodus		
	06			GE 5.5-158			NO		
Quelle für Schallpegel und Oktavspektrum	Berichtsnummer			Datum			Typ		
	NO_5.5-158-50Hz_FGW_GE_r01			2019			Herstellerangabe		
Unsicherheiten nach LAI bzw. o.g. Quellen	σ_R [dB(A)]			σ_P [dB(A)]			σ_{Prog} [dB(A)]		
	0,5			1,2			1,0		
f [Hz]	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Gesamt**
$L_{WA,\,Okt}$* [dB(A)]	87,2	92,6	97,2	99,7	101,3	99,1	91,7	76,0	**106,0**
$L_{e,max,\,Okt}$ [dB(A)]	88,9	94,3	98,9	101,4	103,0	100,8	93,4	77,7	**107,7**
$L_{O,\,Okt}$ [dB(A)]	89,3	94,7	99,3	101,8	103,4	101,2	93,8	78,1	**108,1**

Tabelle 6: WEA-Schallwerte Zusatzbelastung WEA 01-05, 07

Zusatzbelastung	WEA Nr.			Typenbezeichnung			Betriebsmodus		
	1 bis 5 und 7			GE 5.5-158			NRO 104		
Quelle für Schallpegel und Oktavspektrum	Berichtsnummer			Datum			Typ		
	NO_5.3-5.5-158-50Hz_FGW_NRO100-105_GE_r04			05.04.2019			Herstellerangabe		
Unsicherheiten nach LAI bzw. o.g. Quellen	σ_R [dB(A)]			σ_P [dB(A)]			σ_{Prog} [dB(A)]		
	0,5			1,2			1,0		
f [Hz]	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Gesamt**
$L_{WA,\,Okt}$* [dB(A)]	85,3	91,3	96,0	98,2	98,9	96,2	89,3	74,5	**104,0**
$L_{e,max,\,Okt}$ [dB(A)]	87,0	93,0	97,7	99,9	100,6	97,9	91,0	76,2	**105,7**
$L_{O,\,Okt}$ [dB(A)]	87,4	93,4	98,1	100,3	101,0	98,3	91,4	76,6	**106,1**

Hinweis: Das Oktavspektrum einer möglichen Abnahmemessung kann von dem der Prognose zugrundeliegenden Spektrum im Allgemeinen abweichen. Entscheidend im Falle der Abweichung ist der Nachweis auf Nichtüberschreitung der Immissionsrichtwerte bzw. der Teilimmissionspegel durch eine der Abnahmemessung folgende Ausbreitungsrechnung entsprechend dem Interimsverfahren mit dem gemessenen Oktavspektrum bzw. des Schallleistungspegels auf Basis von $L_{e,max}$ (siehe oben).[1]

[1] Dabei ist bei der Abnahmemessung nach LAI-Hinweisen (5.2) die Messunsicherheit, nicht jedoch die Unsicherheit des Prognosemodells zu berücksichtigen [6]. In der Rechtsprechung [14] und laut LANUV NRW, zugestimmt durch den AK *LAI-Hinweise* des FGW, soll auch die Messunsicherheit nicht berücksichtigt werden, da sie bereits im genehmigten Pegel zu Lasten des Betreibers enthalten ist [15], [16].

4 Ergebnisse der Immissionsberechnungen

4.1 Beurteilungspegel an den Immissionsorten

Die basierend auf den in den vorigen Kapiteln genannten Kenn- und Eingangsdaten ermittelten Beurteilungspegel nach dem oberen Vertrauensbereich sind den folgenden Tabellen zu entnehmen.

Tabelle 7: Beurteilungspegel (L_r) Gesamtbelastung durch sieben WEA

IO	Bezeichnung	IRW nacht [dB(A)]	L_r [dB(A)]	L_r gerundet [dB(A)]	Differenz IRW-L_r [dB(A)] *)
E1	Suhlendorf, Klein Ellenberg 3	45	39,4	39	6
K6	Suhlendorf, Kölau 11A	45	38,9	39	6
O09	Ostedt, Windmühlenweg 6	45	38,1	38	7
O15	Ostedt, Suhlendorfer Berg 8	45	40,4	40	5
O18	Ostedt, Am Katerberg 6	45	40,3	40	5
O23	Ostedt, Schulberg 3	45	38,9	39	6
S03	Suhlendorf, Kantweg 2	45	37,0	37	8
S09	Suhlendorf, Raiffeisenstraße 15	40	37,7	38	2
S12	Suhlendorf, Wilhelm-Beindorf-Weg	40	38,2	38	2
S15	Suhlendorf, Waldstraße 25	40	39,2	39	1
S29	Suhlendorf, Marderweg 3	40	40,3	40	0

*) Es wurden die Rundungsregeln gemäß Nr. 4.5.1 DIN 1333 [7] angewendet.

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

4.2 Bewertung der Ergebnisse

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

Da die berechneten Beurteilungspegel auf noch nicht nach FGW-Richtlinie [15] vermessenen Schallleistungspegeln für die WEA GE Wind Energy GE 5.5-158 basieren, sollten diese Werte durch eine Vermessung des WEA-Typs bestätigt werden.

Im Tagbetrieb können die WEA mit dem maximalen Schallleistungspegel betrieben werden, da während des Tagzeitraums (6-22 Uhr) die Immissionsrichtwerte der in diesem Gutachten relevanten Immissionsorte entsprechend Ziffer 6.1 TA-Lärm [3] 15 dB(A) über den Immissionsrichtwerten für den Nachtzeitraum (22-6 Uhr) liegen. So werden auch bei einem höheren Emissionspegel für die WEA im Tagbetrieb die Immissionsrichtwerte weit unterschritten. Entsprechend liegt der Immissionspegel an den relevanten Immissionsorten um mehr als 10 dB(A) unter dem Immissionsrichtwert, womit diese nach Ziffer 2.2 a) TA Lärm [3] nicht mehr im Einwirkungsbereich der geplanten WEA liegen.

Die detaillierten, auf Grundlage der in Kapitel 1 beschriebenen Daten erzielten Ergebnisse für den Standort Könau sind in Kapitel 4 wiedergegeben. Änderungen an den Positionen der Anlagen, dem Anlagentyp, den im Schallvermessungsbericht des Anlagentyps genannten Anlagenspezifikationen oder sonstigen relevanten Einflussfaktoren für die Schallberechnung erfordern ein neues Gutachten.

Die vorliegenden 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.

5 Literaturverzeichnis

[1] 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.*

[2] Norm, „DIN EN ISO/IEC 17025:2005-08, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien," 2005.

[3] TA_Lärm, *Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm),* (GMBl S. 503), 1998.

[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] 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,.*

[7] Norm, *DIN 1333:1992-02, Zahlenangaben.*

[8] EMD, *EMD International A/S, windPRO 3.3 (jeweils aktuellste Version).*

[9] geoGLIS_oHG, *onmaps GEOBasis-DE / BKG / NRW,* 2018.

[10] *OVG NRW, 2 B 1336/12, 12.2.2013,* 2013.

[11] Urteil, *OVG Münster, 7 B 1339/99, 4.11.1999.*

[12] Urteil, *VGH Kassel 6 B 2668/09, 30.10.2009.*

[13] *Hess. VGH 30.10.2009, ES TA Lärm 1998, Nr.6.1-5,* 2009.

[14] Hoffmann/von_Lüpke, *0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel - Einführung in die Grundbegriffe und quantitative Erfassung des Lärms,,* Erich Schmidt Verlag, 1993.

[15] FGW_e.V., *Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien, Technische Richtlinien für Windenergieanlagen,* Revision 18 Hrsg.

[16] Urteil, BVerwG 4 C 2.07, 2007.

[17] Dipl.-Ing._Detlef_Piorr_(LANUV_NRW), Festlegung von Abnahmebedingungen für Windenergieanlagen, (Entwurf, Stand: Korrektur 1, 13.02.2018).

[18] 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.

6 Anhang

Teil I: Berechnungsergebnisse und Annahmen

- Isophonenkarte Zusatzbelastung
- Berechnungsausdrucke Zusatzbelastung: Hauptergebnis, Detaillierte Ergebnisse und Annahmen zur Schallberechnung

Teil II: Eingangsdaten - Datengrundlagen

- Herstellerangaben der Firma GE Wind Energy zu den Schallleistungspegeln mit zugehörigen Oktavspektren des WEA-Typs GE 5.5-158.

Anhang Teil I: Berechnungsergebnisse und Annahmen

Projekt:
19-1-3040-000-NS-Könau

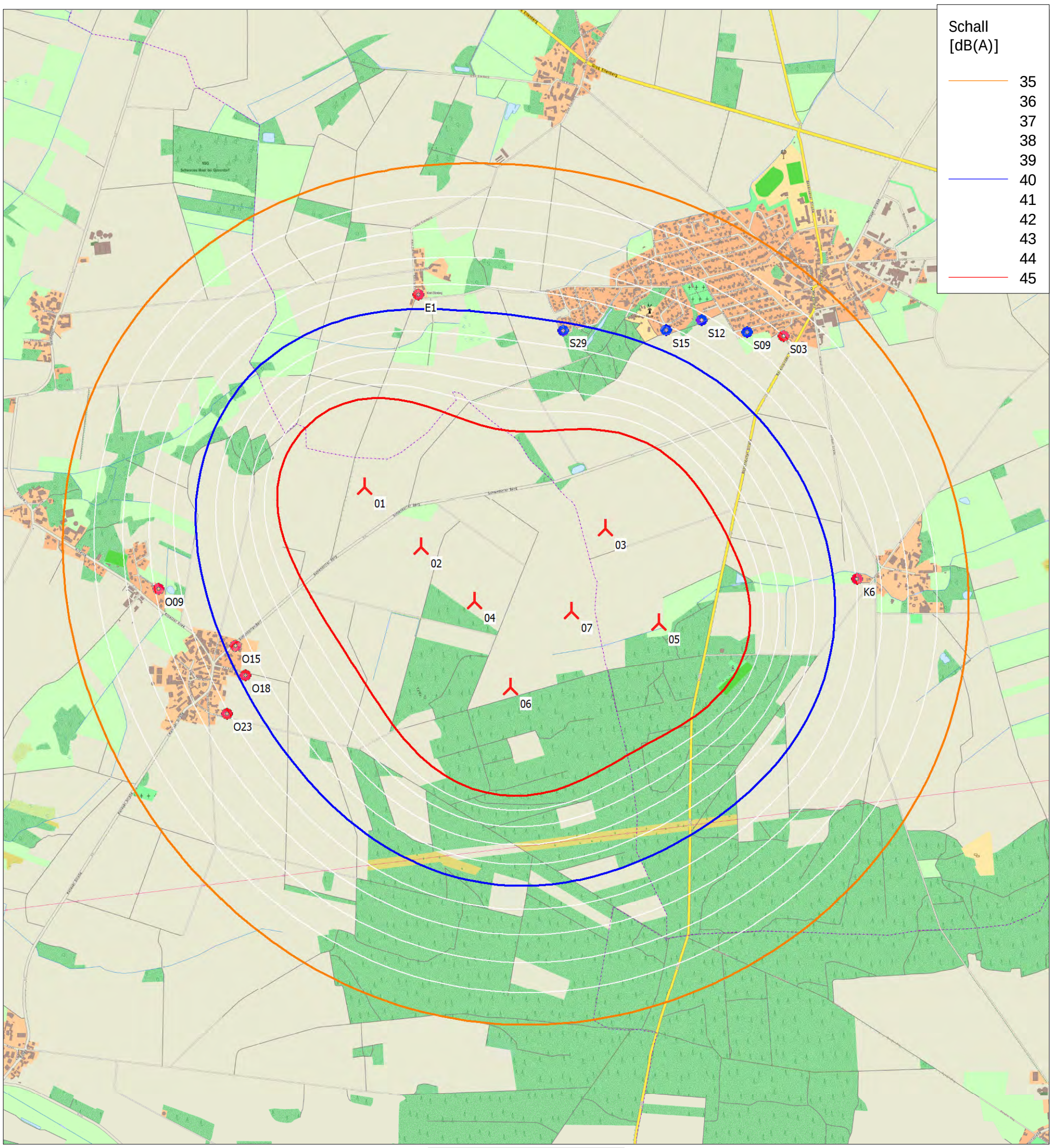
Beschreibung:
Windpark Könau, Gemeinde Wrestedt, Landkreis Uelzen, Bundesland Niedersachsen

Lizenzierter Anwender:
Ramboll GmbH
Stadtdeich 7
DE-20097 Hamburg
+49 40 302020-132
Kirsten Ulner / kirsten.ulner@ramboll.com / 04608-467 987 4

Berechnet:
12.12.2019 12:29/3.3.274

DECIBEL - Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Berechnung: Zusatzbelastung



0 250 500 750 1000m

Karte: WindPRO map , Maßstab 1:20.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 617.376 Nord: 5.863.919

Neue WEA Schall-Immissionsort

Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren). Windgeschwindigkeit: Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Höhe über Meeresspiegel von aktivem Höhenlinien-Objekt

Projekt:
19-1-3040-000-NS-Könau

Beschreibung:
Windpark Könau,
Gemeinde Wrestedt,
Landkreis Uelzen,
Bundesland
Niedersachsen

Lizenzierter Anwender:
Ramboll GmbH
Stadtdeich 7
DE-20097 Hamburg
+49 40 302020-132
Kirsten Ulner / kirsten.ulner@ramboll.com / 04608-467 987 4

Berechnet:
12.12.2019 12:29/3.3.274

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung

ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren)

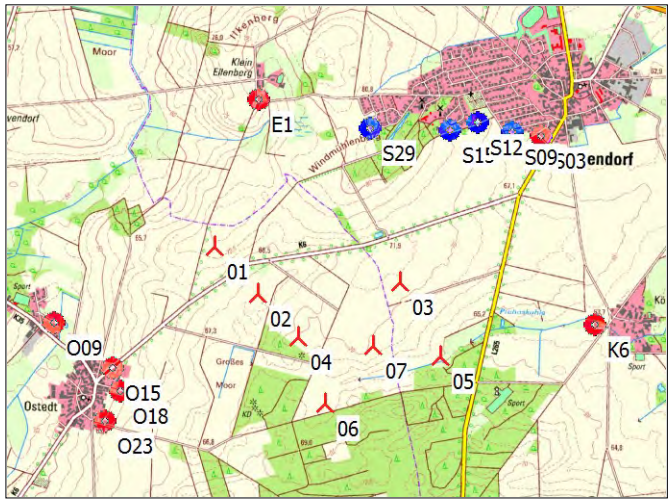
Die Berechnung basiert auf der internationalen Norm ISO 9613-2
"Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors"

Lautester Wert bis 95% Nennleistung
Faktor für Meteorologischen Dämpfungskoeffizient, C0: 0,0 dB

Die gültigen Nacht-Immissionsrichtwerte sind entsprechend TA-Lärm festgesetzt auf:

Industriegebiet: 70 dB(A)
Dorf- und Mischgebiet, Außenbereich: 45 dB(A)
Reines Wohngebiet / Kurgebiet u.ä. : 35 dB(A)
Gewerbegebiet: 50 dB(A)
Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)
Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in:
UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



Maßstab 1:50.000
Neue WEA
Schall-Immissionsort

WEA

	Ost	Nord	Z [m]	Beschreibung	WEA-Typ Aktuell	Hersteller	Typ	Nennleistung [kW]	Rotordurchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schallwerte Quelle	Name	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton
01	616.618	5.864.419	72,5	WEA 1	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	150,0	USER	NRO 104 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	106,1	Nein
02	616.913	5.864.122	66,3	WEA 2	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	USER	NRO 104 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	106,1	Nein
03	617.850	5.864.238	70,7	WEA 3	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	150,0	USER	NRO 104 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	106,1	Nein
04	617.191	5.863.852	70,0	WEA 4	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	150,0	USER	NRO 104 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	106,1	Nein
05	618.134	5.863.765	65,0	WEA 5	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	USER	NRO 104 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	106,1	Nein
06	617.386	5.863.419	67,5	WEA 6	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	USER	NO 106 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	108,1	Nein
07	617.686	5.863.812	69,6	WEA 7	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	150,0	USER	NRO 104 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB	(95%)	106,1	Nein

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort Nr.	Name	Ost	Nord	Z [m]	Aufpunkthöhe [m]	Anforderung Schall [dB(A)]	Beurteilungspegel Von WEA [dB(A)]
E1	Suhlendorf, Klein Ellenberg 3	616.868	5.865.403	75,0	5,0	45,0	39,4
K6	Suhlendorf, Kölau 11A	619.141	5.864.013	63,8	5,0	45,0	38,9
O09	Ostedt, Windmühlenweg 6	615.579	5.863.875	59,7	5,0	45,0	38,1
O15	Ostedt, Suhlendorfer Berg 8	615.979	5.863.595	63,9	5,0	45,0	40,4
O18	Ostedt, Am Katerberg 6	616.033	5.863.448	65,8	5,0	45,0	40,3
O23	Ostedt, Schulberg 3	615.944	5.863.249	65,9	5,0	45,0	38,9
S03	Suhlendorf, Kantweg 2	618.735	5.865.238	65,8	5,0	45,0	37,0
S09	Suhlendorf, Raiffeisenstraße 15	618.548	5.865.254	67,8	5,0	40,0	37,7
S12	Suhlendorf, Wilhelm-Beindorf-Weg	618.316	5.865.309	71,6	5,0	40,0	38,2
S15	Suhlendorf, Waldstraße 25	618.135	5.865.254	71,0	5,0	40,0	39,2
S29	Suhlendorf, Marderweg 3	617.612	5.865.240	82,1	5,0	40,0	40,3

Abstände (m)

Schall-Immissionsort	WEA 01	02	03	04	05	06	07
E1	1015	1282	1524	1584	2070	2051	1789
K6	2555	2231	1310	1957	1037	1853	1469
O09	1173	1357	2300	1612	2557	1864	2108
O15	1043	1073	1979	1239	2162	1418	1721
O18	1134	1109	1981	1227	2125	1353	1693
O23	1350	1304	2147	1385	2250	1452	1831
S03	2270	2137	1335	2075	1591	2265	1770
S09	2103	1989	1233	1951	1546	2172	1680
S12	1917	1837	1168	1840	1554	2106	1624
S15	1732	1666	1056	1691	1489	1982	1511
S29	1289	1319	1030	1451	1565	1835	1430

Projekt:
19-1-3040-000-NS-Könau

Beschreibung:
Windpark Könau,
Gemeinde Wrestedt,
Landkreis Uelzen,
Bundesland
Niedersachsen

Lizenzierter Anwender:
Ramboll GmbH
Stadtdeich 7
DE-20097 Hamburg
+49 40 302020-132
Kirsten Ulner / kirsten.ulner@ramboll.com / 04608-467 987 4

Berechnet:
12.12.2019 12:29/3.3.274

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

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

Annahmen

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

LWA,ref:	Schallleistungspegel der WEA
K:	Einzeltöne
Dc:	Richtwirkungskorrektur
Adiv:	Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung
Aatm:	Dämpfung aufgrund von Luftabsorption
Agr:	Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts
Abar:	Dämpfung aufgrund von Abschirmung
Amisc:	Dämpfung aufgrund verschiedener anderer Effekte
Cmet:	Meteorologische Korrektur

Berechnungsergebnisse

Schall-Immissionsort: E1 Suhlendorf, Klein Ellenberg 3

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	1.015	1.025	34,88	106,1	0,00	71,22	3,00	-3,00	0,00	0,00	71,21
02	1.282	1.290	32,32	106,1	0,00	73,21	3,56	-3,00	0,00	0,00	73,77
03	1.524	1.530	30,37	106,1	0,00	74,69	4,03	-3,00	0,00	0,00	75,72
04	1.584	1.590	29,92	106,1	0,00	75,03	4,14	-3,00	0,00	0,00	76,17
05	2.070	2.075	26,75	106,1	0,00	77,34	5,00	-3,00	0,00	0,00	79,34
06	2.051	2.056	28,45	108,1	0,00	77,26	5,42	-3,00	0,00	0,00	79,68
07	1.789	1.794	28,50	106,1	0,00	76,08	4,51	-3,00	0,00	0,00	77,59
Summe			39,41								

Schall-Immissionsort: K6 Suhlendorf, Kölau 11A

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	2.555	2.560	24,16	106,1	0,00	79,17	5,77	-3,00	0,00	0,00	81,94
02	2.231	2.236	25,84	106,1	0,00	77,99	5,26	-3,00	0,00	0,00	80,25
03	1.310	1.319	32,07	106,1	0,00	73,41	3,61	-3,00	0,00	0,00	74,02
04	1.957	1.962	27,43	106,1	0,00	76,86	4,81	-3,00	0,00	0,00	78,66
05	1.037	1.049	34,63	106,1	0,00	71,42	3,05	-3,00	0,00	0,00	71,46
06	1.853	1.860	29,68	108,1	0,00	76,39	5,06	-3,00	0,00	0,00	78,45
07	1.469	1.477	30,78	106,1	0,00	74,38	3,92	-3,00	0,00	0,00	75,31
Summe			38,94								

Schall-Immissionsort: O09 Ostedt, Windmühlenweg 6

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	1.173	1.183	33,30	106,1	0,00	72,46	3,34	-3,00	0,00	0,00	72,80
02	1.357	1.366	31,67	106,1	0,00	73,71	3,71	-3,00	0,00	0,00	74,42
03	2.300	2.305	25,47	106,1	0,00	78,25	5,37	-3,00	0,00	0,00	80,63
04	1.612	1.620	29,71	106,1	0,00	75,19	4,20	-3,00	0,00	0,00	76,38
05	2.557	2.562	24,14	106,1	0,00	79,17	5,78	-3,00	0,00	0,00	81,95
06	1.864	1.871	29,60	108,1	0,00	76,44	5,08	-3,00	0,00	0,00	78,52
07	2.108	2.114	26,53	106,1	0,00	77,50	5,06	-3,00	0,00	0,00	79,56
Summe			38,14								

Projekt:
19-1-3040-000-NS-Könau

Beschreibung:
Windpark Könau,
Gemeinde Wrestedt,
Landkreis Uelzen,
Bundesland
Niedersachsen

Lizenzierter Anwender:
Ramboll GmbH
Stadtdeich 7
DE-20097 Hamburg
+49 40 302020-132
Kirsten Ulner / kirsten.ulner@ramboll.com / 04608-467 987 4

Berechnet:
12.12.2019 12:29/3.3.274

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

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

Schall-Immissionsort: O15 Ostedt, Suhlendorfer Berg 8

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	1.043	1.054	34,58	106,1	0,00	71,46	3,06	-3,00	0,00	0,00	71,52
02	1.073	1.084	34,27	106,1	0,00	71,70	3,12	-3,00	0,00	0,00	71,83
03	1.979	1.984	27,30	106,1	0,00	76,95	4,84	-3,00	0,00	0,00	78,80
04	1.239	1.248	32,70	106,1	0,00	72,93	3,47	-3,00	0,00	0,00	73,40
05	2.162	2.168	26,22	106,1	0,00	77,72	5,15	-3,00	0,00	0,00	79,87
06	1.418	1.427	32,83	108,1	0,00	74,09	4,20	-3,00	0,00	0,00	75,29
07	1.721	1.727	28,95	106,1	0,00	75,75	4,39	-3,00	0,00	0,00	77,14
Summe			40,44								

Schall-Immissionsort: O18 Ostedt, Am Katerberg 6

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	1.134	1.144	33,67	106,1	0,00	72,17	3,25	-3,00	0,00	0,00	72,42
02	1.109	1.120	33,91	106,1	0,00	71,98	3,20	-3,00	0,00	0,00	72,18
03	1.981	1.987	27,28	106,1	0,00	76,96	4,85	-3,00	0,00	0,00	78,81
04	1.227	1.236	32,81	106,1	0,00	72,84	3,44	-3,00	0,00	0,00	73,28
05	2.125	2.131	26,43	106,1	0,00	77,57	5,09	-3,00	0,00	0,00	79,66
06	1.353	1.362	33,37	108,1	0,00	73,69	4,07	-3,00	0,00	0,00	74,75
07	1.693	1.699	29,15	106,1	0,00	75,61	4,34	-3,00	0,00	0,00	76,95
Summe			40,28								

Schall-Immissionsort: O23 Ostedt, Schulberg 3

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	1.350	1.359	31,74	106,1	0,00	73,66	3,69	-3,00	0,00	0,00	74,36
02	1.304	1.314	32,12	106,1	0,00	73,37	3,60	-3,00	0,00	0,00	73,97
03	2.147	2.153	26,31	106,1	0,00	77,66	5,13	-3,00	0,00	0,00	79,79
04	1.385	1.393	31,45	106,1	0,00	73,88	3,76	-3,00	0,00	0,00	74,64
05	2.250	2.255	25,74	106,1	0,00	78,06	5,29	-3,00	0,00	0,00	80,36
06	1.452	1.460	32,56	108,1	0,00	74,29	4,27	-3,00	0,00	0,00	75,56
07	1.831	1.837	28,23	106,1	0,00	76,28	4,59	-3,00	0,00	0,00	77,87
Summe			38,92								

Schall-Immissionsort: S03 Suhlendorf, Kantweg 2

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	2.270	2.275	25,63	106,1	0,00	78,14	5,33	-3,00	0,00	0,00	80,47
02	2.137	2.142	26,37	106,1	0,00	77,62	5,11	-3,00	0,00	0,00	79,73
03	1.335	1.344	31,86	106,1	0,00	73,57	3,66	-3,00	0,00	0,00	74,23
04	2.075	2.080	26,73	106,1	0,00	77,36	5,01	-3,00	0,00	0,00	79,37
05	1.591	1.598	29,86	106,1	0,00	75,07	4,16	-3,00	0,00	0,00	76,23
06	2.265	2.270	27,21	108,1	0,00	78,12	5,80	-3,00	0,00	0,00	80,92
07	1.770	1.777	28,62	106,1	0,00	75,99	4,48	-3,00	0,00	0,00	77,47
Summe			37,01								

Schall-Immissionsort: S09 Suhlendorf, Raiffeisenstraße 15

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	2.103	2.108	26,56	106,1	0,00	77,48	5,05	-3,00	0,00	0,00	79,53
02	1.989	1.995	27,23	106,1	0,00	77,00	4,86	-3,00	0,00	0,00	78,86
03	1.233	1.242	32,76	106,1	0,00	72,88	3,46	-3,00	0,00	0,00	73,34
04	1.951	1.957	27,46	106,1	0,00	76,83	4,80	-3,00	0,00	0,00	78,63
05	1.546	1.553	30,20	106,1	0,00	74,83	4,07	-3,00	0,00	0,00	75,90
06	2.172	2.178	27,73	108,1	0,00	77,76	5,64	-3,00	0,00	0,00	80,40

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:
19-1-3040-000-NS-Könau

Beschreibung:
Windpark Könau,
Gemeinde Wrestedt,
Landkreis Uelzen,
Bundesland
Niedersachsen

Lizenzierter Anwender:
Ramboll GmbH
Stadtdeich 7
DE-20097 Hamburg
+49 40 302020-132
Kirsten Ulner / kirsten.ulner@ramboll.com / 04608-467 987 4
Berechnet:
12.12.2019 12:29/3.3.274

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

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

...(Fortsetzung von letzter Seite)

Schall-Immissionsort: S12 Suhlendorf, Wilhelm-Beindorf-Weg

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
07	1.680	1.687	29,23	106,1	0,00	75,54	4,32	-3,00	0,00	0,00	76,86
Summe			37,71								

Schall-Immissionsort: S12 Suhlendorf, Wilhelm-Beindorf-Weg

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	1.917	1.922	27,68	106,1	0,00	76,68	4,74	-3,00	0,00	0,00	78,41
02	1.837	1.843	28,18	106,1	0,00	76,31	4,60	-3,00	0,00	0,00	77,91
03	1.168	1.176	33,36	106,1	0,00	72,41	3,32	-3,00	0,00	0,00	72,73
04	1.840	1.846	28,17	106,1	0,00	76,32	4,60	-3,00	0,00	0,00	77,93
05	1.554	1.562	30,14	106,1	0,00	74,87	4,09	-3,00	0,00	0,00	75,96
06	2.106	2.112	28,11	108,1	0,00	77,49	5,52	-3,00	0,00	0,00	80,01
07	1.624	1.630	29,64	106,1	0,00	75,24	4,21	-3,00	0,00	0,00	76,46
Summe			38,24								

Schall-Immissionsort: S15 Suhlendorf, Waldstraße 25

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	1.732	1.738	28,88	106,1	0,00	75,80	4,41	-3,00	0,00	0,00	77,21
02	1.666	1.673	29,33	106,1	0,00	75,47	4,29	-3,00	0,00	0,00	76,76
03	1.056	1.065	34,46	106,1	0,00	71,55	3,08	-3,00	0,00	0,00	71,63
04	1.691	1.697	29,17	106,1	0,00	75,59	4,34	-3,00	0,00	0,00	76,93
05	1.489	1.497	30,63	106,1	0,00	74,50	3,96	-3,00	0,00	0,00	75,47
06	1.982	1.988	28,86	108,1	0,00	76,97	5,30	-3,00	0,00	0,00	79,27
07	1.511	1.517	30,47	106,1	0,00	74,62	4,00	-3,00	0,00	0,00	75,63
Summe			39,18								

Schall-Immissionsort: S29 Suhlendorf, Marderweg 3

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
01	1.289	1.296	32,27	106,1	0,00	73,25	3,57	-3,00	0,00	0,00	73,82
02	1.319	1.326	32,01	106,1	0,00	73,45	3,63	-3,00	0,00	0,00	74,08
03	1.030	1.039	34,74	106,1	0,00	71,33	3,03	-3,00	0,00	0,00	71,36
04	1.451	1.457	30,94	106,1	0,00	74,27	3,89	-3,00	0,00	0,00	75,15
05	1.565	1.571	30,07	106,1	0,00	74,92	4,10	-3,00	0,00	0,00	76,03
06	1.835	1.841	29,80	108,1	0,00	76,30	5,03	-3,00	0,00	0,00	78,33
07	1.430	1.436	31,10	106,1	0,00	74,15	3,85	-3,00	0,00	0,00	74,99
Summe			40,32								

Projekt:
19-1-3040-000-NS-Könau

Beschreibung:
Windpark Könau,
Gemeinde Wrestedt,
Landkreis Uelzen,
Bundesland
Niedersachsen

Lizenzierter Anwender:
Ramboll GmbH
Stadtdeich 7
DE-20097 Hamburg
+49 40 302020-132
Kirsten Ulner / kirsten.ulner@ramboll.com / 04608-467 987 4
Berechnet:
12.12.2019 12:29/3.3.274

DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

Berechnung: Zusatzbelastung

Schallberechnungs-Modell:
ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren)
Windgeschwindigkeit (in 10 m Höhe):
Lautester Wert bis 95% Nennleistung
Bodeneffekt:
Feste Werte, Agr: -3,0, Dc: 0,0
Meteorologischer Koeffizient, C0:
0,0 dB
Art der Anforderung in der Berechnung:
1: WEA-Geräusch vs. Schallrichtwert (z.B. DK, DE, SE, NL)
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; Aufpunkthöhe in Immissionsort-Objekt hat Vorrang vor Angabe im Modell
Unsicherheitszuschlag:
0,0 dB; Unsicherheitszuschlag des IP hat Priorität
verlangte Unter- (negativ) oder zulässige Überschreitung (positiv) des Schallrichtwerts:
0,0 dB(A)
Oktavbanddaten verwendet
Frequenzabhängige Luftdämpfung

63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]
0,10	0,40	1,00	1,90	3,70	9,70	32,80	117,00

WEA: GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 !O!
Schall: NRO 104 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB

Datenquelle	Quelle/Datum	Quelle	Bearbeitet
Noise_Emission-NRO_5.3-5.5-158-50Hz_FGW_NRO100-105_GE_r04	01.10.2019	USER	03.12.2019 11:49

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton	Oktavbänder 63 [dB]	125 [dB]	250 [dB]	500 [dB]	1000 [dB]	2000 [dB]	4000 [dB]	8000 [dB]
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	106,1	Nein	87,4	93,4	98,1	100,3	101,0	98,3	91,4	76,6

WEA: GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 !O!
Schall: NO 106 dB(A) + 2,1 dB(A) OVB

Datenquelle	Quelle/Datum	Quelle	Bearbeitet
Noise_Emission-NO_5.5-158-50Hz_FGW_GE_r01	01.10.2019	USER	03.12.2019 11:50

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton	Oktavbänder 63 [dB]	125 [dB]	250 [dB]	500 [dB]	1000 [dB]	2000 [dB]	4000 [dB]	8000 [dB]
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	108,1	Nein	89,3	94,7	99,3	101,8	103,4	101,2	93,8	78,1

Schall-Immissionsort: E1 Suhlendorf, Klein Ellenberg 3

Vordefinierter Berechnungsstandard: Außenbereich
Höhe Aufpunkt (ü.Gr.): Standardwert des Berechnungsmodells
Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Schallrichtwert: 45,0 dB(A)
Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: K6 Suhlendorf, Kölau 11A

Vordefinierter Berechnungsstandard: Außenbereich
Höhe Aufpunkt (ü.Gr.): Standardwert des Berechnungsmodells
Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Schallrichtwert: 45,0 dB(A)
Keine Abstandsanforderung

Anhang Teil II: Eingangsdaten - Datengrundlagen

GE Renewable Energy

– Originaldokument –

Technische Dokumentation Windenergieanlagen 5.5-158 - 50 Hz

Schallleistung

Normalbetrieb gemäß FGW

Inkl. Terz- und Oktavbandspektren

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

imagination at work

© 2019 General Electric Company. Alle Rechte vorbehalten.

Visit us at
www.gerenewableenergy.com

Klassifizierung: öffentliches Dokument

Urheber- und Verwertungsrechte

Urheber- und Verwertungsrechte: Alle Unterlagen sind im Sinne des Urheberrechtgesetzes geschützt. Zuwiderhandlungen sind strafbar und verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte zur Ausübung von gewerblichen Schutzrechten behalten wir uns vor.

© 2019 General Electric Company. Alle Rechte vorbehalten.

GE und das GE Monogramm sind Warenzeichen und Dienstleistungsmarken der General Electric Company.

Andere, in diesem Dokument genannte Unternehmens- oder Produktnamen sind ggf. Warenzeichen bzw. eingetragene Warenzeichen ihrer jeweiligen Unternehmen.

imagination at work

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 5
1.1 Allgemeines 5
1.2 Wind Farm Noise Management (verfügbar als Option) 5
2 Schallleistungspegel im Normalbetrieb 5
3 Unsicherheitsangaben 6
4 Tonalität 7
5 Terminologie der IEC 61400-11 und IEC/TS 61400-14 7
6 Terzband-Spektren 7
7 Referenzdokumente 7
Anhang 1 – Terzband-Schallleistungspegel $L_{WA,k}$ 8

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. Ausgedruckte und/oder elektronisch verbreitete Dokumente unterliegen nicht der Änderungskontrolle
© 2019 General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Alle Rechte vorbehalten.

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

Dieses Dokument beschreibt die Schallleistung der Windenergieanlage 5.5-158 für den Normalbetrieb und fasst den berechneten Schallleistungspegel $L_{WA,k}$, die Unsicherheitsangaben im Zusammenhang mit dem immissionsrelevanten Schallleistungspegel, die Tonalität sowie die berechneten Terzband-Spektren zusammen.

Alle angegebenen Schallleistungspegel sind A-bewertet.

GE überprüft Spezifikationen kontinuierlich durch Messungen, einschließlich der von unabhängigen Instituten durchgeführten Messungen.

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 es bei herkömmlichen WEA-Steuerungen der Fall ist. Diese fortgeschrittene Methode ermöglicht eine kontinuierliche Anpassung des Windpark-Betriebs an umweltbedingte Variablen, die die Schallemmission 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 Schallleistungspegel im Normalbetrieb

Die immissionsrelevanten Schallleistungspegel $L_{WA,k}$ werden zunächst als Funktion der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_{HH} berechnet. Die entsprechenden Windgeschwindigkeiten v_{10m} in 10 m Höhe über dem Boden wurden unter Annahme eines logarithmischen Windprofils berechnet. In diesem Fall wurde als Referenzwert eine Oberflächenrauigkeit gemäß IEC 61400-11 von $z_{0,ref}$ = 0,05 m verwendet. Dies entspricht durchschnittlichen Geländebedingungen.[1]

$$v_{10m} = v_{HH} \frac{\ln\left(10m / z_{0ref}\right)}{\ln\left(Nabenhöhe / z_{0ref}\right)}$$ [2]

[1] Beachten Sie, dass unter standortspezifischen Bedingungen andere Werte der Rauigkeitslänge angebracht sein können.

[2] Vereinfacht nach IEC 61400-11, Ausgabe 2.1: 2006 Gleichung 7

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. Ausgedruckte und/oder elektronisch verbreitete Dokumente unterliegen nicht der Änderungskontrolle
© 2019 General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Alle Rechte vorbehalten.

Die immissionsrelevanten Schallleistungspegel $L_{WA,k}$ und die entsprechenden Oktavband-Spektren sind in Tabelle 1 für verschiedene Nabenhöhen aufgeführt. Die Werte werden für den Normalbetrieb (NO) der WEA angegeben.

Normalbetrieb – A-bewertete Oktavband-Spektren [dB]													
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]		**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabenhöhe von 101 m [m/s]		**2,8**	**3,5**	**4,2**	**4,9**	**5,6**	**6,3**	**7,0**	**7,7**	**8,4**	**9,0**	**9,7**	**10,4**
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabenhöhe von 121 m [m/s]		**2,7**	**3,4**	**4,1**	**4,8**	**5,4**	**6,1**	**6,8**	**7,5**	**8,2**	**8,8**	**9,5**	**10,2**
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabenhöhe von 150 m [m/s]		**2,6**	**3,3**	**4,0**	**4,6**	**5,3**	**6,0**	**6,6**	**7,3**	**7,9**	**8,6**	**9,3**	**9,9**
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabenhöhe von 161 m [m/s]		**2,6**	**3,3**	**3,9**	**4,6**	**5,2**	**5,9**	**6,6**	**7,2**	**7,9**	**8,5**	**9,2**	**9,8**
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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	76,0
Gesamtschallleistungspegel [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 1: Immissionsrelevante Schallleistungspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

3 Unsicherheitsangaben

Die o. g. immissionsrelevanten Schallleistungspegel sind Mittelwerte repräsentativer Gruppen von Windenergieanlagen. In den Angaben sind keine Aufschläge für Unsicherheiten enthalten. Hinweise zu Unsicherheiten in Zusammenhang mit Messungen und Mittelwerten sind in IEC 61400-11 und IEC/TS 61400-14 erläutert, weitere Hinweise zur Anwendung finden sich in Kapitel 5 dieses Dokuments.

Bei GE Windenergieanlagen kann für σ_P ein typischer Wert von 0,8 dB angenommen werden.

Die Unsicherheiten bei Oktav- und Terz-Schallleistungspegeln liegen in der Regel höher als bei Gesamtschallleistungspegeln. Hinweise hierzu finden Sie in IEC 61400-11.

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. Ausgedruckte und/oder elektronisch verbreitete Dokumente unterliegen nicht der Änderungskontrolle
© 2019 General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Alle Rechte vorbehalten.

4 Tonalität

Für den Referenzmesspunkt im Abstand r_0 gemäß IEC 61400-11 wird für die 5.5-158 Windenergieanlagen, ungeachtet der Windgeschwindigkeit, ein Wert für die Tonhaltigkeit im Nahbereich von $\Delta L_a < 2$ dB angegeben, bzw. $K_{TN} \leq 1$ dB gemäß FGW angegeben

5 Terminologie der IEC 61400-11 und IEC/TS 61400-14

- $L_{WA,K}$ ist der immissionsrelevante Schallleistungspegel der WEA (bezogen auf 10^{-12}W), der mit A-Bewertung als Funktion der Windgeschwindigkeit ermittelt wurde. Wird er von mehreren Messberichten nach IEC 61400-11 abgeleitet, wird er als Mittelwert angenommen.
- u_c ist die Messunsicherheit für Schallmessverfahren, wie in IEC 61400-11 definiert. Dies ist keine Eigenschaft des Produktes, sondern der Messung und kann daher nicht von GE spezifiziert werden. Bei durchschnittlichen Test- bzw. Messbedingungen beträgt der typische Wert für u_c 0,7 dB – 1,0 dB.
- σ_P ist die Produktstreuung, d. h. die Produktabweichung von einer 5.5-158 Einheit zur nächsten, gemäß IEC/TS 61400-14. Dies ist eine Eigenschaft des Produktes und kann daher von GE spezifiziert werden (siehe Kapitel 3).
- σ_R ist die gesamte Test-Reproduzierbarkeit, wie in IEC/TS 61400-14 definiert. Dies ist keine Eigenschaft des Produktes, sondern der Messung und kann daher nicht von GE spezifiziert werden. Für typische Tests bzw. Messungen gemäß IEC 61400-11 wird ein Wert von σ_R = 0,5 dB weitgehend akzeptiert.
- σ_T ist die Gesamtstandardabweichung und kombiniert sowohl σ_P als auch σ_R (siehe IEC/TS 61400-14).
- $\Delta L_{a,k}$ ist die tonale Hörbarkeit gemäß IEC 61400-11, auch bezeichnet als potenziell hörbares, schmalbandiges Geräusch.

6 Terzband-Spektren

Die Tabellen in Anhang 1 stellen die Terzband-Spektren für verschiedene Windgeschwindigkeiten dar.

7 Referenzdokumente

- IEC 61400-11, Windkraftanlagen Teil 11: Schallmessverfahren, Ausgabe 2.1 (2006-11) oder Ausgabe 3 (2012-11)
- IEC/TS 61400-14, Windenergieanlagen – Teil 14: Angabe der immissionsrelevanten Schallleistungspegel- und Tonalitätswerte, Ausgabe 1 (2005-03)
- MNPT – "Machine Noise Performance Test", Technische Dokumentation
- Technische Richtlinie für Windenergieanlagen, Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Rev. 18, 01.02.2008, Fördergesellschaft Windenergie (FGW)

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. Ausgedruckte und/oder elektronisch verbreitete Dokumente unterliegen nicht der Änderungskontrolle
© 2019 General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Alle Rechte vorbehalten.

Anhang 1 – Terzband-Schallleistungspegel $L_{WA,k}$

Normalbetrieb – Terzbandspektren [dB]													
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]		**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabenhöhe von 101 m [m/s]		**2,8**	**3,5**	**4,2**	**4,9**	**5,6**	**6,3**	**7,0**	**7,7**	**8,4**	**9,0**	**9,7**	**10,4**
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabenhöhe von 121 m [m/s]		**2,7**	**3,4**	**4,1**	**4,8**	**5,4**	**6,1**	**6,8**	**7,5**	**8,2**	**8,8**	**9,5**	**10,2**
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabenhöhe von 150 m [m/s]		**2,6**	**3,3**	**4,0**	**4,6**	**5,3**	**6,0**	**6,6**	**7,3**	**7,9**	**8,6**	**9,3**	**9,9**
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabenhöhe von 161 m [m/s]		**2,6**	**3,3**	**3,9**	**4,6**	**5,2**	**5,9**	**6,6**	**7,2**	**7,9**	**8,5**	**9,2**	**9,8**
Frequenz [Hz]	**12,5**	40,6	40,9	43,2	46,3	48,9	51,5	51,5	51,5	51,5	51,5	51,5	51,5
	16	47,3	47,4	49,7	52,8	55,4	57,9	57,9	57,9	57,9	57,9	57,9	57,9
	20	52,6	52,6	54,9	58,0	60,6	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1
	25	57,3	57,3	59,6	62,7	65,3	67,8	67,8	67,8	67,8	67,8	67,8	67,8
	32	61,5	61,6	63,9	67,0	69,6	72,2	72,2	72,2	72,2	72,2	72,2	72,2
	40	65,4	65,4	67,7	70,9	73,6	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1
	50	68,4	68,5	70,8	74,0	76,7	79,4	79,4	79,4	79,4	79,4	79,4	79,4
	63	71,2	71,8	73,9	76,9	79,6	82,2	82,2	82,2	82,2	82,2	82,2	82,2
	80	73,6	74,7	76,7	79,3	81,8	84,4	84,4	84,4	84,4	84,4	84,4	84,4
	100	75,8	77,4	79,3	81,6	83,8	86,1	86,1	86,1	86,1	86,1	86,1	86,1
	125	78,1	80,2	82,2	84,1	86,0	87,7	87,7	87,7	87,7	87,7	87,7	87,7
	160	79,8	82,0	84,3	86,0	87,9	89,2	89,2	89,2	89,2	89,2	89,2	89,2
	200	81,1	83,3	85,9	87,9	89,7	90,8	90,8	90,8	90,8	90,8	90,8	90,8
	250	82,1	84,0	87,1	89,4	91,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3
	315	82,7	84,2	87,8	90,5	92,6	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6
	400	82,4	83,3	87,3	90,6	92,9	94,1	94,1	94,1	94,1	94,1	94,1	94,1
	500	82,5	83,0	87,0	90,9	93,6	94,9	94,9	94,9	94,9	94,9	94,9	94,9
	630	82,4	82,6	86,5	90,8	93,9	95,5	95,5	95,5	95,5	95,5	95,5	95,5
	800	82,4	82,1	86,1	90,4	93,9	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
	1000	82,7	82,1	85,7	90,2	93,9	96,5	96,5	96,5	96,5	96,5	96,5	96,5
	1250	83,3	82,5	85,8	90,4	94,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0
	1600	82,4	82,0	84,6	88,9	92,5	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7
	2000	81,7	81,8	83,9	87,6	91,1	94,3	94,3	94,3	94,3	94,3	94,3	94,3
	2500	80,5	81,0	82,9	86,0	89,2	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3
	3150	78,6	79,7	81,5	84,1	86,9	89,7	89,7	89,7	89,7	89,7	89,7	89,7
	4000	75,6	77,0	78,9	81,5	83,7	85,9	85,9	85,9	85,9	85,9	85,9	85,9
	5000	71,5	73,2	75,3	77,9	80,0	81,8	81,8	81,8	81,8	81,8	81,8	81,8
	6300	64,8	66,8	69,2	71,9	74,1	75,5	75,5	75,5	75,5	75,5	75,5	75,5
	8000	54,2	56,6	59,3	62,2	64,6	65,9	65,9	65,9	65,9	65,9	65,9	65,9
	10000	40,1	42,5	45,7	49,1	51,8	53,3	53,3	53,3	53,3	53,3	53,3	53,3
Gesamtschallleistungspegel [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 2: Immissionsrelevante Terzband-Schallleistungspegel (A-bewertet) als Funktion der Windgeschwindigkeit

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. Ausgedruckte und/oder elektronisch verbreitete Dokumente unterliegen nicht der Änderungskontrolle
© 2019 General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Alle Rechte vorbehalten.

GE Renewable Energy

– Originaldokument –

Technische Dokumentation Windenergieanlagen 5.3/5.5-158

Schallleistung

Schallreduzierter Betrieb gemäß FGW

Inkl. Terz- und Oktavbandspektren

NRO 100 - 105

Rev. 04 - GE 2019-04-05

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

imagination at work

© 2019 General Electric Company. Alle Rechte vorbehalten.

Besuchen Sie uns unter
www.gerenewableenergy.com

Urheber- und Verwertungsrechte

Dieses Dokument ist vertraulich zu behandeln. Es darf nur befugten Personen zugänglich gemacht werden. Eine Überlassung an Dritte darf nur mit ausdrücklicher, schriftlicher Zustimmung der General Electric Company erfolgen.

Alle Unterlagen sind im Sinne des Urheberrechtgesetzes geschützt. Die Weitergabe sowie die Vervielfältigung von Unterlagen, auch auszugsweise, sowie eine Verwertung und Mitteilung ihres Inhaltes sind nicht gestattet, es sei denn, dass eine ausdrückliche, vorherige und schriftliche Zustimmung der General Electric Company erteilt wurde. Zuwiderhandlungen sind strafbar und verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte zur Ausübung von gewerblichen Schutzrechten behalten wir uns vor.

© 2019 General Electric Company. Alle Rechte vorbehalten.

GE und das GE Mongramm sind Warenzeichen und Dienstleistungsmarken der General Electric Company.

Andere, in diesem Dokument genannte Unternehmens- oder Produktnamen sind ggf. Warenzeichen bzw. eingetragene Warenzeichen ihrer jeweiligen Unternehmen.

imagination at work

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung 5
2 Wind Farm Noise Management (verfügbar als Option) 6
3 Schallleistungspegel 6
4 Schallleistungspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit 7
5 Unsicherheitsangaben 7
6 Tonalität 8
7 Terminologie nach IEC 61400-11 und IEC/TS 61400-14 8
8 Oktavband-Spektren und Terz-Spektren 8
9 Referenzdokumente 8
Anhang I - Oktavband-Spektren 9
Anhang II - Terzband-Spektren 15

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 ausgehändigt oder in sonstiger Weise zugänglich gemacht werden. Ausgedruckte und/oder elektronisch verbreitete Dokumente unterliegen nicht der Änderungskontrolle.
© 2019 General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Alle Rechte vorbehalten.

1 Einführung

Mit Hilfe der Anlagensteuerung kann die 5.3/5.5-158 ohne manuellen Eingriff in den schallreduzierten Betrieb „NRO“ (Noise-Reduced Operation) schalten. Dabei handelt es sich um keinen zwingend vorgeschriebenen Betriebspunkt, sondern um einen Bereich unter dem „normalen“ Nennbetrieb, der über Parameter definiert werden kann.

Die WEA kann über ihre Steuerung auf schallreduzierten Betrieb umgestellt werden, was normalerweise je nach Tageszeit erfolgt, d. h. die Anlage wird nachts schallreduziert und tagsüber im Normalbetrieb gefahren.

Das durch die 5.3/5.5-158 emittierte Geräusch wird überwiegend durch das aerodynamische Breitbandrauschen der Rotorblätter in direkter Abhängigkeit von der Umfangs- oder Rotorspitzengeschwindigkeit bestimmt.

Der Schalleistungspegel kann durch eine Reduzierung und Begrenzung der Rotordrehzahl, mit der auch eine Abnahme der Blattspitzengeschwindigkeit einher geht, gesenkt werden. Die Nennleistungsabgabe der WEA reduziert sich entsprechend. Hierzu werden ggf. auch Änderungen des bestehenden Blattregelungskonzepts erforderlich. Die NRO-Betriebsarten nutzen diese beiden Verfahren, um unter Einhaltung der Schallleistungsvorgaben eine optimale Energieausbeute zu erzielen.

Im oberen Windgeschwindigkeitsbereich ist aufgrund der Leistungsreduzierung von einer gewissen Minderung des Energieertrags der WEA auszugehen, die sich jedoch zugunsten ihres Schallleistungspegels auswirkt.

Die Parametereinstellungen der Steuerung bestimmen, welche maximale Geräuschemission die Anlage im Betrieb haben darf. Weiter unten finden Sie Sollwerte für verschiedene geräuschreduzierte Betriebsmodi.

Da die WEA-Steuerung die Betriebsdaten ständig auf dem Anlagenrechner überwacht, besteht zu jeder Zeit die Möglichkeit, die Übereinstimmug zwischen Ist- und Soll-Betriebsart zu belegen. Dies kann zum Nachweis der Einhaltung eventueller Auflagen von Überwachungsbehörden nützlich sein.

Der schallreduzierte Betrieb (NRO) wird über eine plombierte Schaltuhr zeitgesteuert aktiviert. Die wichtigsten Daten sind:

P_Act 10 Minuten Mittelwert der elektrischen Wirkleistung
N_Rot 10 Minuten Mittelwert der Rotordrehzahl

Diese beiden gespeicherten Parameter liefern somit einen eindeutigen und nachvollziehbaren Beleg für den schallreduzierten Betrieb. Eine rückwirkende Überprüfung des angewandten NRO-Betriebs kann durch die Auswertung aufgezeichneter Daten von bis zu drei Monaten durchgeführt werden.

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 ausgehändigt oder in sonstiger Weise zugänglich gemacht werden. Ausgedruckte und/oder elektronisch verbreitete Dokumente unterliegen nicht der Änderungskontrolle.
© 2019 General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Alle Rechte vorbehalten.

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 dass bei herkömmlichen WEA-Steuerungen der Fall ist. Diese fortgeschrittene Methode ermöglicht eine kontinuierliche Anpassung des Windpark-Betriebs an umweltbedingte Variablen, die die Schallemmission 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

3 Schallleistungspegel

Nachfolgend sind die Mittelwerte für Nennleistung und Rotordrehzahl der 5.3/5.5-158 bei unterschiedlichen Soll-Schallleistungspegeln (L_{WA}) für 10 Minuten aufgeführt.

NRO Bezeichnung	Nennleistung (kW)	Rotordrehzahlsollwert (rpm)	Soll-Schallleistungspegel L_{WA} (dB)
Normalbetrieb	5300*/5500**	9,70	106,0
NRO 105	5100	9,35	105,0
NRO 104	4800	9,00	104,0
NRO 103	4660	8,54	103,0
NRO 102	4470	8,20	102,0
NRO 101	4198	7,66	101,0
NRO 100	3948	7,22	100,0

Tabelle 1: Geräuscharme Betriebsarten

* Für GE 158 mit 5.3 MW Nennleistung
**Für GE 158 mit 5.5 MW Nennleistung

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 ausgehändigt oder in sonstiger Weise zugänglich gemacht werden. Ausgedruckte und/oder elektronisch verbreitete Dokumente unterliegen nicht der Änderungskontrolle.
© 2019 General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Alle Rechte vorbehalten.

4 Schallleistungspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

Die folgende Tabelle zeigt die berechneten Soll-Schallleistungspegel in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe.

Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe	Normalbetrieb 106 L_{WA} (dB)	NRO 105 L_{WA} (dB)	NRO 104 L_{WA} (dB)	NRO 103 L_{WA} (dB)	NRO 102 L_{WA} (dB)	NRO 101 L_{WA} (dB)	NRO 100 L_{WA} (dB)
4	93,8	93,8	93,8	93,8	93,8	93,8	93,8
5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5
6	97,6	97,4	97,2	97,4	97,3	97,9	98,0
7	101,0	100,8	100,6	100,8	100,7	101,0	100,0
8	103,9	103,7	103,5	103,0	102,0	101,0	100,0
9	106,0	105,0	104,0	103,0	102,0	101,0	100,0
10	106,0	105,0	104,0	103,0	102,0	101,0	100,0
11	106,0	105,0	104,0	103,0	102,0	101,0	100,0
12	106,0	105,0	104,0	103,0	102,0	101,0	100,0
13	106,0	105,0	104,0	103,0	102,0	101,0	100,0
14	106,0	105,0	104,0	103,0	102,0	101,0	100,0
15	106,0	105,0	104,0	103,0	102,0	101,0	100,0

Tabelle 2: Soll-Schallleistungspegel

Die entsprechende Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe ist von der Nabenhöhe abhängig. Sie kann für eine vorhandene Oberflächenrauheit mit einem logarithmischen Windprofil berechnet werden:

$$V_{10m\ height} = V_{hub} \frac{\ln\left(10m / z_0\right)}{\ln\left(hub\ height / z_0\right)} \quad *$$

Ein typischer Wert für Binnenland-Oberflächenrauheit (z_0) ist je nach Geländetyp 0,05 m.

5 Unsicherheitsangaben

Die o. g. immissionsrelevanten Schallleistungspegel sind Mittelwerte repräsentativer Gruppen von Windenergieanlagen. In den Angaben sind keine Aufschläge für Unsicherheiten enthalten. Hinweise zu Unsicherheiten in Zusammenhang mit Messungen und Mittelwerten sind in IEC 61400-11 und IEC/TS 61400-14 erläutert, weitere Hinweise zur Anwendung finden sich in Kapitel 7 dieses Dokuments.

Bei GE Windenergieanlagen kann für σ_P ein typischer Wert von 0,8 dB angenommen werden.

Die Unsicherheiten bei Oktav- und Terz-Schallleistungspegeln liegen in der Regel höher als bei Gesamtschallleistungspegeln. Hinweise hierzu finden Sie in IEC 61400-11.

* Vereinfacht nach IEC 61400-11

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 ausgehändigt oder in sonstiger Weise zugänglich gemacht werden. Ausgedruckte und/oder elektronisch verbreitete Dokumente unterliegen nicht der Änderungskontrolle.
© 2019 General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Alle Rechte vorbehalten.

6 Tonalität

Für den Referenzmesspunkt im Abstand r_0 gemäß IEC 61400-11 wird für die 5.3/5.5-158 Windenergieanlagen, ungeachtet der Windgeschwindigkeit, ein Wert für die Tonhaltigkeit im Nahbereich von ΔL_a< 2 dB angegeben, bzw. K_{TN} ≤ 1 dB gemäß FGW angegeben.

7 Terminologie nach IEC 61400-11 und IEC/TS 61400-14

- $L_{WA,K}$ ist der immissionsrelevante Schallleistungspegel der WEA (bezogen auf 10^{-12}W), der mit A-Bewertung als Funktion der Windgeschwindigkeit ermittelt wurde. Wird er von mehreren Messberichten nach IEC 61400-11 abgeleitet, wird er als Mittelwert angenommen.
- u_c ist die Messunsicherheit für Schallmessverfahren, wie in IEC 61400-11 definiert. Dies ist keine Eigenschaft des Produktes, sondern der Messung und kann daher nicht von GE spezifiziert werden. Bei durchschnittlichen Test- bzw. Messbedingungen beträgt der typische Wert für u_c 0,7 dB – 1,0 dB.
    - σ_P ist die Produktstreuung, d. h. die Produktabweichung von einer 5.3/5.5-158 Einheit zur nächsten, gemäß IEC/TS 61400-14. Dies ist eine Eigenschaft des Produktes und kann daher von GE spezifiziert werden (siehe Kapitel 5).
- σ_R ist die gesamte Test-Reproduzierbarkeit, wie in IEC/TS 61400-14 definiert. Dies ist keine Eigenschaft des Produktes, sondern der Messung und kann daher nicht von GE spezifiziert werden. Für typische Tests bzw. Messungen gemäß IEC 61400-11 wird ein Wert von σ_R = 0,5 dB weitgehend akzeptiert.
- σ_T ist die Gesamtstandardabweichung und kombiniert sowohl σ_P als auch σ_R (siehe IEC/TS 61400-14).
- $\Delta L_{a,k}$ ist die tonale Hörbarkeit gemäß IEC 61400-11, auch bezeichnet als potenziell hörbares, schmalbandiges Geräusch.

8 Oktavband-Spektren und Terz-Spektren

Die Tabelle in Anhang I zeigt Oktavband-Werte für verschiedene geräuschreduzierte Betriebsarten.

Die Tabelle in Anhang II zeigt Terzband-Werte für verschiedene schallreduzierte Betriebsarten.

9 Referenzdokumente

- IEC 61400-11, Windkraftanlagen Teil 11: Schallmessverfahren, Ausgabe 2.1 (2006-11) oder Ausgabe 3 (2012-11)
- IEC/TS 61400-14, Windenergieanlagen – Teil 14: Angabe der immissionsrelevanten Schallleistungspegel- und Tonalitätswerte, Ausgabe 1 (2005-03)
- MNPT – "Machine Noise Performance Test", Technische Dokumentation
- Technische Richtlinie für Windenergieanlagen, Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Rev. 18, 01.02.2008, Fördergesellschaft Windenergie (FGW)

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 ausgehändigt oder in sonstiger Weise zugänglich gemacht werden. Ausgedruckte und/oder elektronisch verbreitete Dokumente unterliegen nicht der Änderungskontrolle.
© 2019 General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Alle Rechte vorbehalten.

NRO 104 – A-bewertete Oktavband-Spektren [dB]													
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]		**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabenhöhe von 101 m [m/s]		**2,8**	**3,5**	**4,2**	**4,9**	**5,6**	**6,3**	**7,0**	**7,7**	**8,4**	**9,0**	**9,7**	**10,4**
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabenhöhe von 120,9m [m/s]		**2,7**	**3,4**	**4,1**	**4,8**	**5,4**	**6,1**	**6,8**	**7,5**	**8,2**	**8,8**	**9,5**	**10,2**
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabenhöhe von 150 m [m/s]		**2,6**	**3,3**	**4,0**	**4,6**	**5,3**	**6,0**	**6,6**	**7,3**	**7,9**	**8,6**	**9,3**	**9,9**
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei einer Nabenhöhe von 161m [m/s]		**2,6**	**3,3**	**3,9**	**4,6**	**5,2**	**5,9**	**6,6**	**7,2**	**7,9**	**8,5**	**9,2**	**9,8**
Frequenz [Hz]	**16**	53,9	54,0	55,9	59,0	61,5	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4
	32	67,4	67,3	69,3	72,4	75,1	75,9	75,9	75,9	75,9	75,9	75,9	75,9
	63	76,3	77,1	78,8	81,6	84,2	85,3	85,3	85,3	85,3	85,3	85,3	85,3
	125	83,0	85,0	86,7	88,7	90,6	91,3	91,3	91,3	91,3	91,3	91,3	91,3
	250	86,8	88,7	91,4	93,8	95,7	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
	500	87,2	87,7	91,3	95,2	97,8	98,2	98,2	98,2	98,2	98,2	98,2	98,2
	1000	87,6	87,0	90,2	94,7	98,3	98,9	98,9	98,9	98,9	98,9	98,9	98,9
	2000	86,4	86,4	88,3	92,0	95,4	96,2	96,2	96,2	96,2	96,2	96,2	96,2
	4000	80,9	82,2	83,6	86,2	88,7	89,3	89,3	89,3	89,3	89,3	89,3	89,3
	8000	65,1	67,2	69,2	72,0	74,2	74,5	74,5	74,5	74,5	74,5	74,5	74,5
Gesamtschallleistungspegel [dB]		**93,8**	**94,5**	**97,2**	**100,6**	**103,5**	**104,0**	**104,0**	**104,0**	**104,0**	**104,0**	**104,0**	**104,0**

Tabelle 4: NRO 104 Oktavspektren-Schallemissionspegel als Funktion der Windgeschwindigkeit

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 ausgehändigt oder in sonstiger Weise zugänglich gemacht werden. Ausgedruckte und/oder elektronisch verbreitete Dokumente unterliegen nicht der Änderungskontrolle.
© 2019 General Electric Company und/oder deren verbundene Unternehmen. Alle Rechte vorbehalten.

DAkkS
Deutsche
Akkreditierungsstelle

Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH

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

Akkreditierung

Die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH bestätigt hiermit, dass das Prüflaboratorium

Ramboll CUBE GmbH

mit den Standorten

Breitscheidstraße 6, 34119 Kassel
Andreaestraße 3, 30159 Hannover

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

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

Die Akkreditierungsurkunde gilt nur in Verbindung mit dem Bescheid vom 08.03.2018 mit der Akkreditierungsnummer D-PL-11038-01 und ist gültig bis 01.11.2020. Sie besteht aus diesem Deckblatt, der Rückseite des Deckblatts und der folgenden Anlage mit insgesamt 3 Seiten.

Registrierungsnummer der Urkunde: **D-PL-11038-01-00**

Berlin, 08.03.2018

Im Auftrag Dr. Heike Manke
Abteilungsleiterin

Siehe Hinweise auf der Rückseite

Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH

Standort Berlin
Spittelmarkt 10
10117 Berlin

Standort Frankfurt am Main
Europa-Allee 52
60327 Frankfurt am Main

Standort Braunschweig
Bundesallee 100
38116 Braunschweig

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

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

Die Akkreditierung erfolgte gemäß des Gesetzes über die Akkreditierungsstelle (AkkStelleG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2625) sowie der Verordnung (EG) Nr. 765/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. Juli 2008 über die Vorschriften für die Akkreditierung und Marktüberwachung im Zusammenhang mit der Vermarktung von Produkten (Abl. L 218 vom 9. Juli 2008, S. 30).
Die DAkkS ist Unterzeichnerin der Multilateralen Abkommen zur gegenseitigen Anerkennung der European co-operation for Accreditation (EA), des International Accreditation Forum (IAF) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). Die Unterzeichner dieser Abkommen erkennen ihre Akkreditierungen gegenseitig an.

Der aktuelle Stand der Mitgliedschaft kann folgenden Webseiten entnommen werden:
EA: www.european-accreditation.org
ILAC: www.ilac.org
IAF: www.iaf.nu

Anlage zur Schallimmissionsprognose der Ramboll Deutschland GmbH

Inhalt:

1 THEORETISCHE GRUNDLAGEN II

1.1 Allgemeines zur Schallproblematik II

1.1.1 Grundlagen II

1.1.2 Begriffsbestimmung, Normen, gesetzliche Grundlagen III

1.1.3 Schallleistungs-, Schalldruck-, Mittelungs- und Beurteilungspegel IV

1.1.4 Vorbelastung, Zusatz- und Gesamtbelastung V

1.1.5 Schallimmissionen von Windenergieanlagen V

1.2 Immissionsprognose VI

1.2.1 Grundlage VI

1.2.2 Zuschläge für Einzeltöne (Tonhaltigkeit) K_T X

1.2.3 Zuschläge für Impulse (Impulshaltigkeit) K_I X

1.2.1 Tieffrequente Geräusche und Infraschall XI

1 Theoretische Grundlagen

1.1 Allgemeines zur Schallproblematik

1.1.1 Grundlagen

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

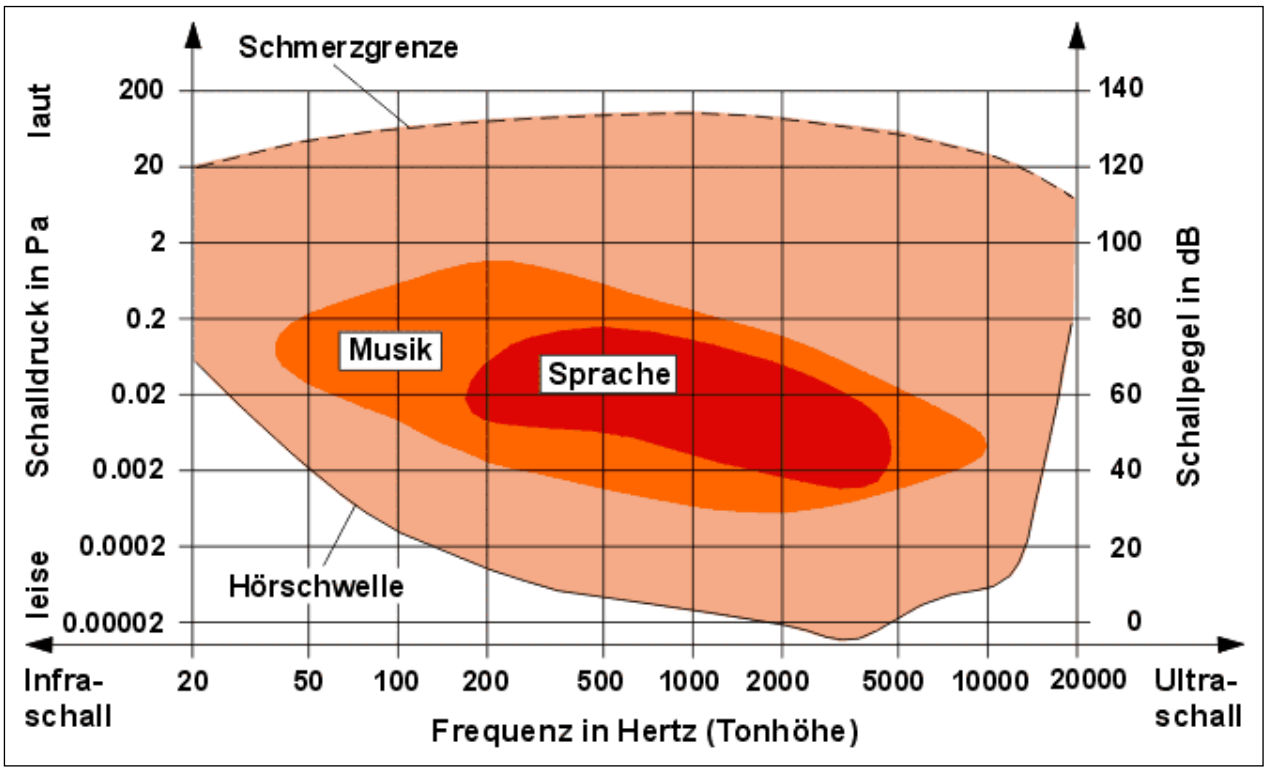


Abbildung 1: Hörbereich des Menschen [1]

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

1.1.2 Begriffsbestimmung, Normen, gesetzliche Grundlagen

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

- **Emissionen** sind im Allgemeinen die von einer Anlage (Quelle) ausgehenden Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Erscheinungen.

- **Transmission** ist die Ausbreitung der von einer Quelle emittierten Umweltbelastungen, z.B. die Schallausbreitung. Die Umgebung wirkt dabei dämpfend auf die von der Quelle ausgestrahlten Belastungen.

- **Immissionen** sind die auf Natur, Tiere, Pflanzen und den Menschen einwirkenden Belastungen (Luftverunreinigung, Lärm etc.) sowie lebenswichtige Strahlung (Sonne, Licht, Wärme), die sich aus sämtlichen Quellen überlagert.

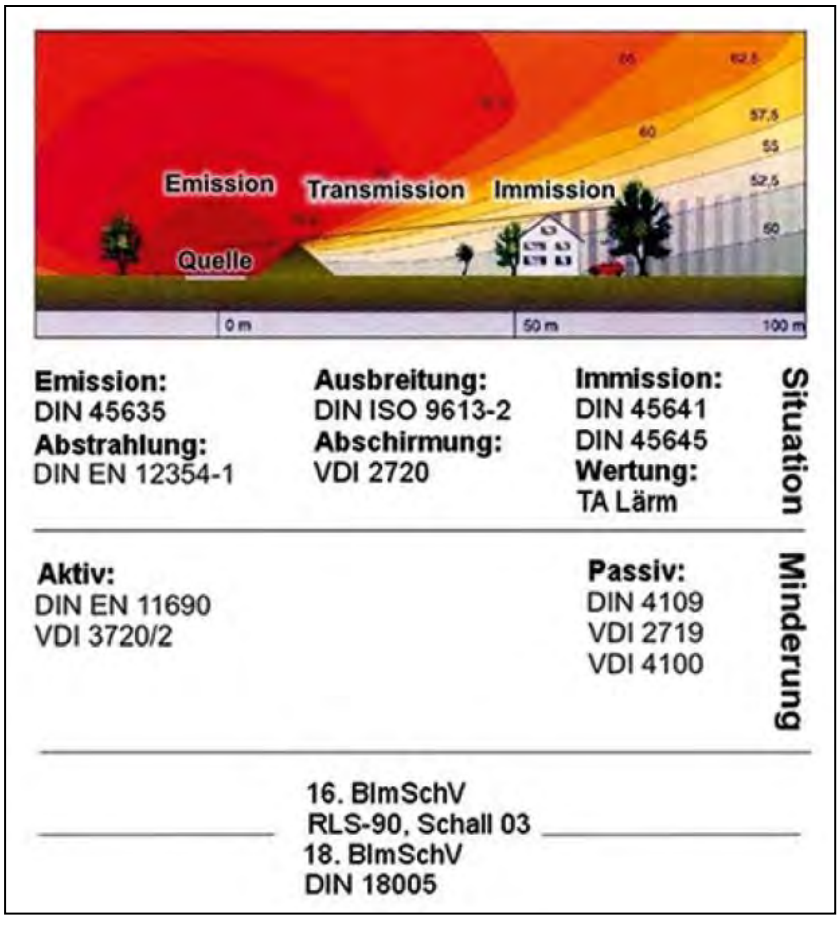


Abbildung 2: Normen und Grundlagen zum Schall [2]

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 immissionschutzrechtliche 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 (vorwiegend Wohnungen)
45 dB (A) für Kern-, Misch- und Dorfgebiete ohne Überwiegen einer Nutzungsart
50 dB (A) für Gewerbegebiete (vorwiegend gewerbliche Anlagen).

1.1.3 Schallleistungs-, Schalldruck-, Mittelungs- und Beurteilungspegel

Die kennzeichnende Größe für die Geräuschemission einer Windenergieanlage wird durch den Schallleistungspegel L_W beschrieben. Der Schallleistungspegel 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 Schallleistungspegel über einen Filter gemessen, der der Hörcharakteristik des Menschen angepasst ist. So können verschiedenartige Geräusche miteinander verglichen und bewertet werden. Dieser über einen Filter (mit der Charakteristik „A“ nach [6]) gemessene Schallleistungspegel 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.

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

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 die Schallprognose bei Windenergieanlagen wird vom ungünstigsten Fall ausgegangen, der sich aus der lautesten Nachtstunde bei Mitwindbedingungen, 10 °C Temperatur und 70 % Luftfeuchte ergibt. Der für die Prognose verwendete Mittelungspegel entspricht dem nach FGW-Richtlinie [9] aus 1-minütigen Messwerten ermittelten, maximalen Schallleistungspegel bei 95% der Nennleistung oder bei einer standardisierten Windgeschwindigkeit von 10 m/s in 10 m Höhe.

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

1.1.4 Vorbelastung, Zusatz- und Gesamtbelastung

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

1.1.5 Schallimmissionen von Windenergieanlagen

Die Schallquellen bei Windenergieanlagen sind im Wesentlichen die aerodynamischen Geräusche an den Blattspitzen, das Getriebe (sofern vorhanden) und der Generator. Je nach Betriebszustand und Leistung treten diese unterschiedlich auf, sind jedoch überwiegend durch das Blatt geprägt. Die Schallabstrahlung einer WEA ist nie konstant, sondern stark von der Leistung und somit von der Windgeschwindigkeit abhängig. 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. 2,5 dB(A) pro m/s Windgeschwindigkeitszunahme). Die Umgebungsgeräusche sind dann in der Regel lauter als die WEA, d.h. die Geräuschimmission der WEA wird überdeckt.

In Einzelfällen wurden jedoch geringere Geräuschabstände zwischen den Fremdgeräuschen und den Anlagengeräuschen gemessen. Dies tritt besonders an windgeschützten Orten auf, oder

dann, wenn die WEA bei höheren Windgeschwindigkeiten eine Ton- oder Impulshaltigkeit besitzt. Daher hat sich die Vorgehensweise durchgesetzt (federführend der Arbeitskreis "Geräusche von Windenergieanlagen"), dass bei einem Immissionsrichtwert von 45 dB(A) die Prognose mit dem Schallleistungspegel bei v_{10} = 10 m/s oder, da viele Anlagen schon bei einer geringeren Windgeschwindigkeit ihre Nennleistung erreichen, mit dem Wert bei Erreichen von 95 % der Nennleistung, erstellt werden soll.

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

1.2 Immissionsprognose

1.2.1 Grundlage

Die Prognosen sind nach der Technischen Anleitung Lärm (TA-Lärm [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, Lärmminderung 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.

In der Regel wurden bei der schalltechnischen Vermessung von Windenergieanlagen der A-bewertete mittlere Schallleistungspegel sowie nach der FGW-Richtlinie [9] auch oktavbandbezogene Werte ermittelt. Die Dämpfungswerte nach [7] werden frequenzselektiv bei den Oktavbandfrequenzen von 62,5 Hz bis 8000 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:

$$\mathbf{L_{fT}\ (DW) = L_W + D_C - A} \qquad (1)$$

- **L_W: Oktavband-Schallleistungspegel** der Punktschallquelle, in Dezibel, bezogen auf eine Bezugsschallleistung von einem Picowatt (1 pW), A-bewertet.
- **D_C: Richtwirkungskorrektur**, in Dezibel, 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, das 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: Dämpfung** zwischen der Punktquelle (WEA-Gondel) und dem Immissionsort, die bei der Schallausbreitung vorherrscht. Sie bestimmt sich aus den folgenden Dämpfungsarten:

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

A_{div}: Dämpfung aufgrund der geometrischen Ausbreitung:

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

d: Abstand zwischen Quelle und Immissionsort.

A_{atm}: Dämpfung durch die Luftabsorption

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

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 wieder als der pauschale Ansatz mittels eines Mittenpegels und führt so zu realistischeren Ergebnissen.

Tabelle 1: Parameter Luftabsorption

Tem-peratur	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 Agr = -3 dB(A). Dies entspricht einer negativen Dämpfung, also einer Zunahme des Pegels auf Empfängerseite und kann als Bodenreflexionseffekt interpretiert werden.

$$\mathbf{A_{gr} = -3\ dB} \qquad (5)$$

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.

Mitwindsituation

Die Dämpfungsterme der Schallimmissionsprognose nach DIN ISO 9613-2 gehen bei der Schallausbreitungsberechnung grundsätzlich von einer Mitwindsituation nach ISO 1996-2:1987, 5.4.3.3 [12] aus und haben damit konservative Ergebnisse zur Folge. Eine weitere Besonderheit bei der Schallberechnung für Windenergieanlagen besteht darin, dass wenn mehrere Anlagen geplant sind, diese von einem Immissionsort aus gesehen in der Regel in verschiedenen Richtungen stehen. So ist gewährleistet, dass, selbst wenn der Wind aus einer anderen als der Hauptwindrichtung kommt, jeweils nur eine der neu geplanten Anlagen direkt in Mitwindrichtung liegen kann.

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

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

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 → i.d.R = 0, s.u.

K_{Ii}: Zuschlag für Impulshaltigkeit einer Emissionsquelle i → 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 (cmet = 0) gesetzt.

1.2.2 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:

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

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 am maßgeblichen Immissionsort 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].

1.2.3 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 Rotorumlaufs 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.

1.2.4 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 gemessen Schallleistungspegeln. Infraschall bezeichnet Schall in einem Frequenzbereich unter 20 Hz.

Die derzeit bekannten Untersuchungen, Messungen und Studien [13] [14] [15] [16] 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.

2 Literaturverzeichnis

[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),* (GMBl 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] Norm, DIN EN 61400-11:2013-09;VDE 0127-11:2013-09, Bde. %1 von %2Windenergieanlagen - Teil 11: Schallmessverfahren (IEC 61400-11:2012); Deutsche Fassung EN 61400-11:2013, 2013.

[9] TR1, Technische Richtlinienfür Windenergieanlagen - FGW-Richtlinien - Teil 1 - TR 1 – Bestimmung der Schallemissionswerte, Bd. Revision 18.

[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] HMWVL, *Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung: Faktenpapier Windenergie und Infraschall, Bürgerforum Energieland Hessen, Mai 2015.*

[14] 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.*

[15] DNR, *Deutscher Naturschutzring, Dachverband des deutschen Natur- und Umweltverbände, Umwelt- und Naturverträgliche Windenergienutzung in Deutschland (Onshore), www.dnr.de/downloads/infraschall_04-2011.pdf.*

[16] L. LfU_Bayern, *Bayerisches Landesamt für Umwelt & Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, UmweltWissen, Windkraftanlagen – beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit?', 4. Auflage - November 2014.*