

Schallimmissionsprognose für
drei Windenergieanlagen
am Standort
Rommershausen
(Hessen)

Datum: 16.07.2018

Bericht Nr. 16-1-3077-002-NRM

Auftraggeber:

EAM Natur GmbH

Maibachstraße 7 | 35683 Dillenburg

Auftragsnummer: 356001367

Bearbeiter:

Ramboll CUBE GmbH

Robbin Meisel M.Sc.

Breitscheidstraße 6

DE-34119 Kassel

Tel 0561 / 288 573-0

Fax 0561 / 288 573-19

Hinweis:

Zum 01.01.2018 hat sich die Firmenbezeichnung der CUBE Engineering GmbH zu Ramboll CUBE GmbH geändert. Die Änderung hat keinen Einfluss auf den akkreditierten Bereich des Unternehmens. Es handelt sich lediglich um eine formale Änderung der Firmenbezeichnung auf der Akkreditierungsurkunde, die bereits von der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) beschieden wurde (vgl. Akkreditierungsurkunde im Anhang).

Die vorliegende Schallimmissionsprognose für den Standort Rommershausen (Hessen) wurde der Ramboll CUBE GmbH im Juni 2018 von der EAM Natur GmbH 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 CUBE 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 CUBE-Qualitätsmanagement Prozessbeschreibung „Schall“ festgelegt und dokumentiert.

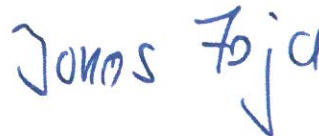
Für die physikalische Einhaltung der prognostizierten Ergebnisse des Schallgutachtens werden seitens des Gutachters keine Garantien übernommen. Sie basieren auf den Berechnungen nach Vorgaben der TA-Lärm [3], der DIN ISO 9613-2 [4] modifiziert durch das Interimsverfahren [5] gemäß den aktuellen Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) [6] und unter Berücksichtigung spezifischer Landesvorgaben für Hessen sowie auf Basis der vom Auftraggeber und dem WEA-Hersteller zur Verfügung gestellten Standort- und Anlagen-daten.

Alle Rechte an diesem Bericht sind der Ramboll CUBE 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 CUBE GmbH reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Kassel, 16.07.2018



Robbin Meisel M.Sc.
(Bearbeiter)



Jonas Feja, MLE
(Prüfer)

Inhalt:

1	Standortdaten	5
1.1	Aufgabenstellung	5
1.2	Immissionsorte	6
1.3	Vorbelastung	10
1.4	Potentielle Schallreflexionen	11
1.5	Schalleistungspegel Windenergieanlagen	12
2	Ergebnis der Immissionsberechnung	14
3	Qualität der Prognose	16
3.1	Berechnung des oberen Vertrauensbereichs	16
3.2	Maximal zulässiger Emissionspegel	17
3.3	Prognosemodell	17
4	Tieffrequente Geräusche und Infraschall	19
5	Literaturverzeichnis	20
6	Anhang	22

1 Standortdaten

1.1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant am Standort Rommershausen nordwestlich von Treysa/Schwalmstadt einen Windpark mit insgesamt drei Windenergieanlagen (WEA) des Typs Nordex N149 mit 164 m Nabenhöhe zu errichten (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Kenndaten der geplanten WEA

WEA	Typ	Nabenhöhe [m]	X-Ost [GK Bessel/ Zone 3]	Y-Nord [GK Bessel/ Zone 3]
01	Nordex N149	164	3.510.802,8	5.644.798,8
02	Nordex N149	164	3.510.277,2	5.644.893,7
03	Nordex N149	164	3.509.771,8	5.645.045,2

In der Nähe des Standorts existieren bereits weitere WEA, welche jedoch nicht als Vorbelastungen berücksichtigt werden müssen (siehe Kapitel 1.3).

Es soll der Beurteilungspegel der Schallimmissionen der Windenergieanlagen an der umliegenden Bebauung berechnet 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 (Hessen) durchgeführt. Dabei werden günstige Schallausbreitungsbedingungen angenommen (Mitwindbedingungen, 10°C Lufttemperatur, 70 % Luftfeuchte) (vgl. DIN ISO 9613-2, Kap. 7.2, Tab. 2).

Das Höhenrelief wurde den Höhenlinien der Topographischen Karte 1:25.000 entnommen.

Die Berechnung wurde mit der Software WindPRO [7], Modul DECIBEL, durchgeführt.

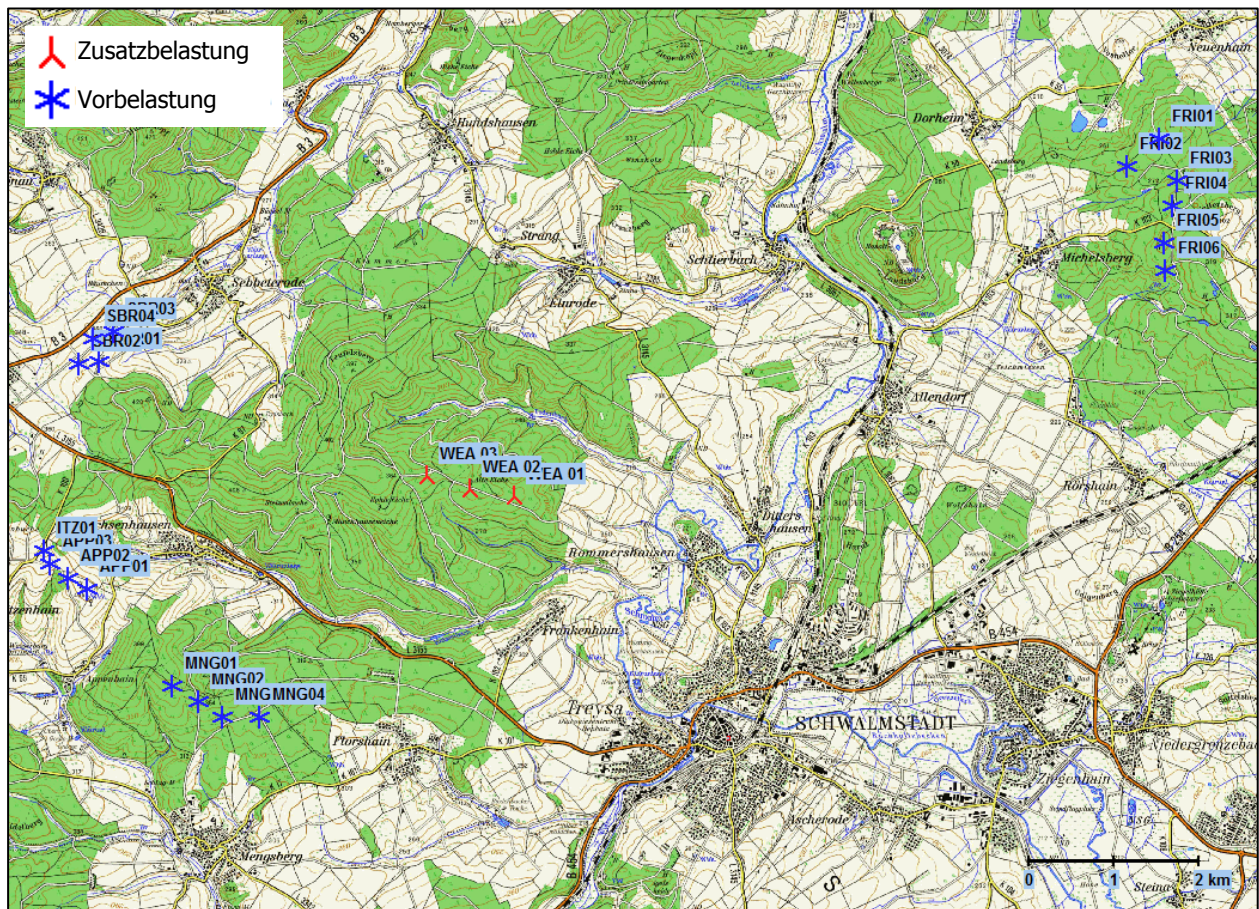


Abbildung 1: Übersichtskarte

1.2 Immissionsorte

Für die Berechnung der Lärmimmissionen am Standort Rommershausen wurden die in der Umgebung des Standorts liegenden Immissionsorte auf Basis topographischer Karten, des ATKIS Basis-DLM [8], anhand von Luftbildern sowie im Rahmen einer Standortbesichtigung bei klarem Himmel und sehr guten Sichtverhältnissen am 16.06.2016 untersucht.

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 liegt. Dazu sind auf der folgenden Karte die Iso-Schalllinien (Isophonen) für 25 dB(A), 30 dB(A) und für 35 dB(A) eingezeichnet. In der vorliegenden Immissionsberechnung sind lediglich diejenigen Immissionsorte zu berücksichtigen, die innerhalb der 25 dB(A)-Isophone liegen, wenn der

zulässige Immissionsrichtwert am Immissionsort 35 dB(A) beträgt, die innerhalb der 30 dB(A)-Isophone liegen, wenn der zulässige Immissionsrichtwert am Immissionsort 40 dB(A) beträgt bzw. die innerhalb der 35 dB(A)-Isophone liegen, wenn der zulässige Immissionsrichtwert 45 dB(A) beträgt.

In Tabelle 2 sind die 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 des Lärmpegels an den Immissionsorten wird der niedrigere Immissionsrichtwert (Grenzwert) für den Nachtzeitraum (22:00-06:00 Uhr) herangezogen.

Tabelle 2: Immissionsorte

IO	Bezeichnung	Nacht- Immissions- richtwert [dB(A)]	Einstufung gemäß TA Lärm Ziffer 6.1 ¹	Grundlage
Fr01	Frankenhain, Am Wassergraben 5	40	WA	B-Plan Frankenhain Nr. 2:
Ro01	Rommershs, Am Schloßpark 14	40	WA	B-Plan Rommershsn. Nr. 1: „ <i>Hinter dem Steinmahl</i> “
Tr01	Treysa, Allendorfer Straße 4	35	WR	B-Plan Treysa Nr. 5: <i>Auf der Windmühle</i>

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

¹ WR = Reines Wohngebiet
WA = Allgemeines Wohngebiet

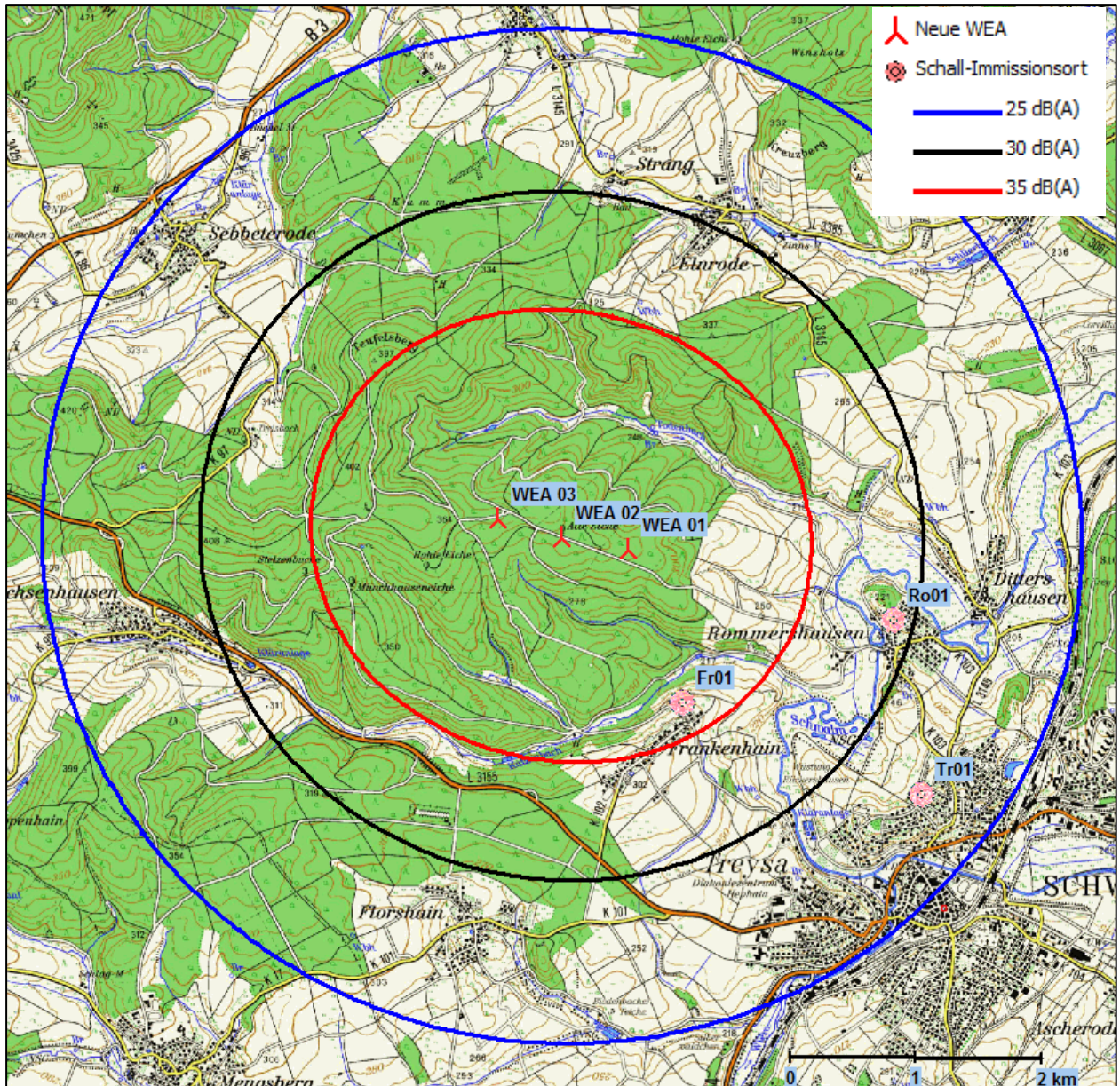


Abbildung 2: Isophonenkarte Zusatzbelastung Nachtzeitraum, L_{WA} 108,2 dB(A) inkl. Sicherheitszuschlag²

² Mittlerer WEA-Schalleistungspegel aus dem Oktavspektrum berechnet.

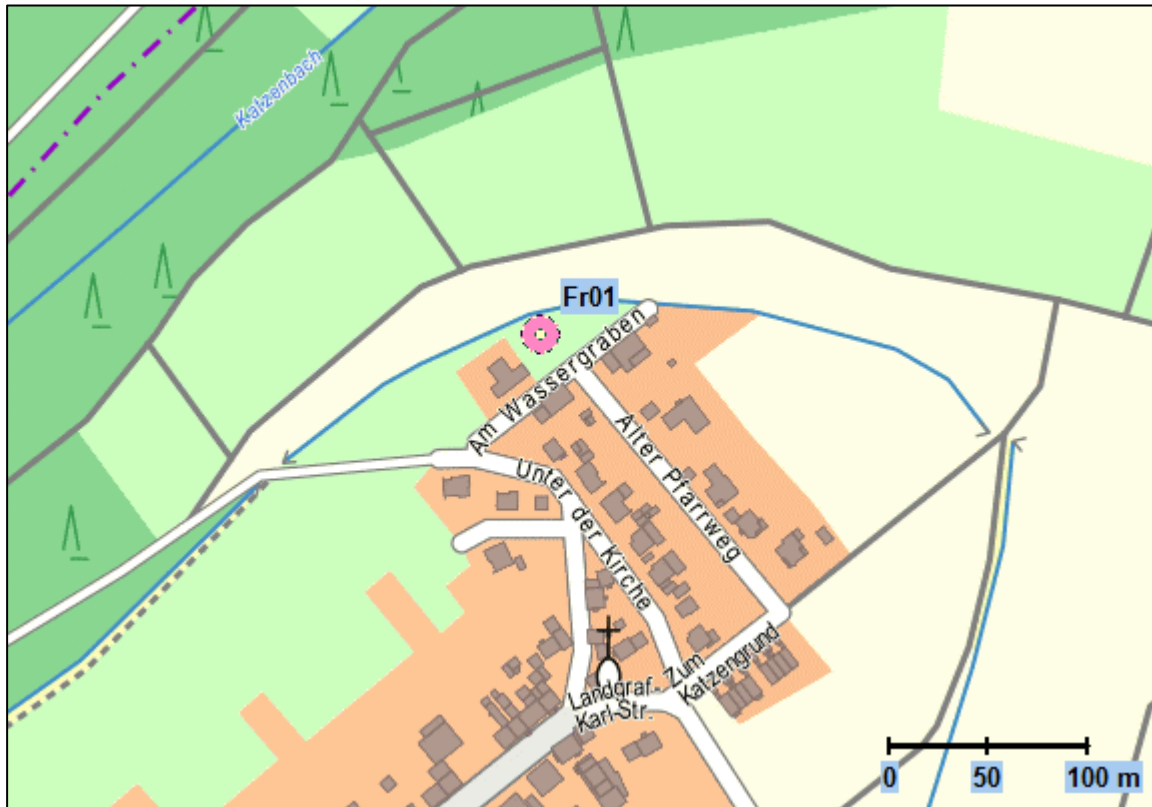


Abbildung 3: Lage des Immissionsorts Fr01 in Frankenhain

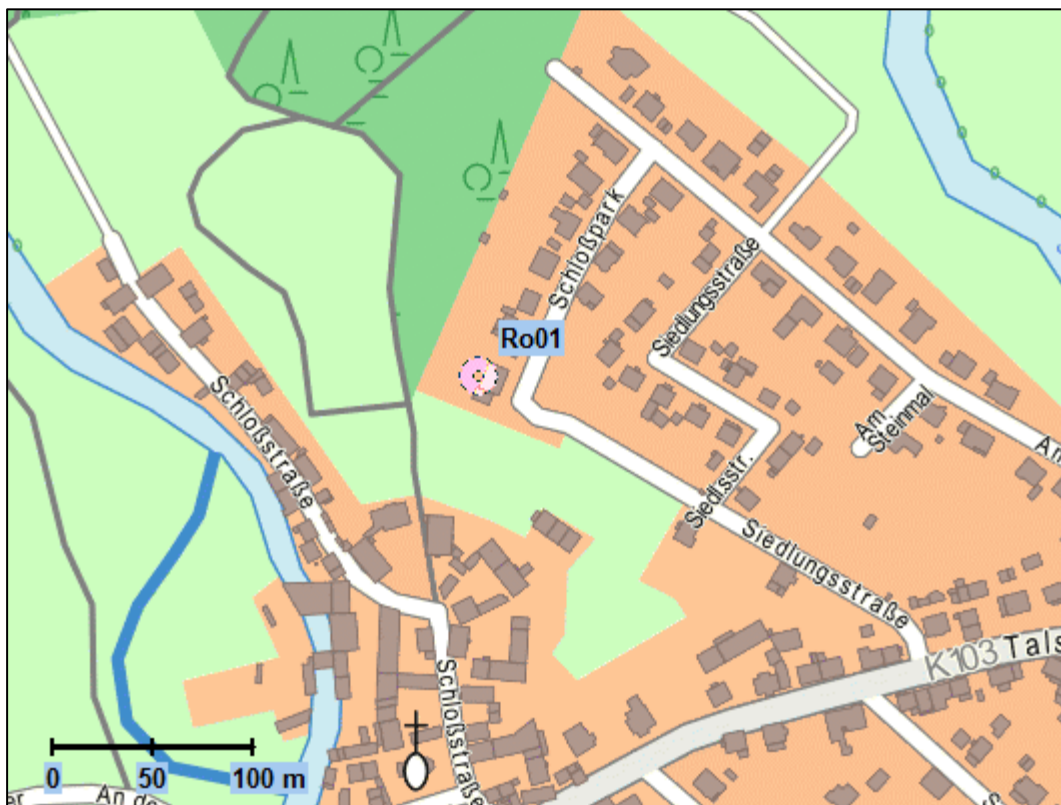


Abbildung 4: Lage des Immissionsorts Ro01 in Rommershausen

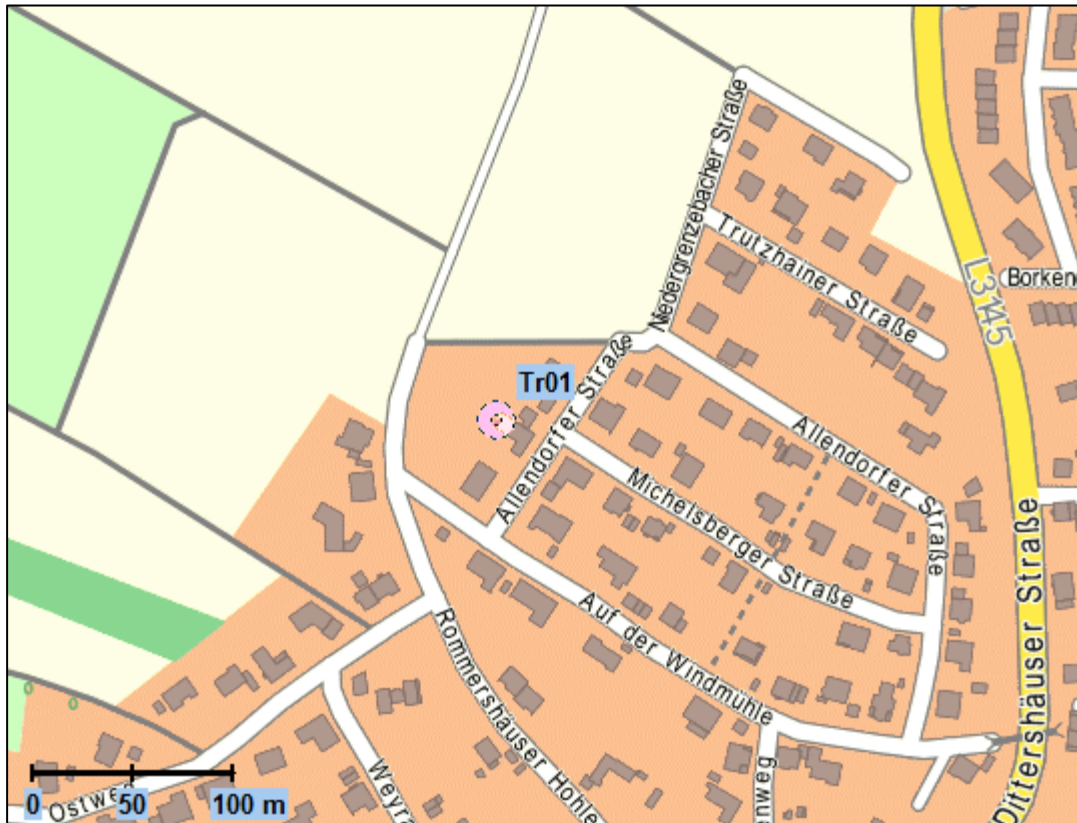


Abbildung 5: Lage des Immissionsorts Tr01 in Treysa

1.3 Vorbelastung

Im Vorfeld der Ortsbesichtigung wurde anhand von Kartenmaterial versucht, potentielle Quellen für Vorbelastungen zu identifizieren. Bei der Ortsbesichtigung am 16.06.2016 wurde an den entsprechenden Strukturen ein subjektiver Eindruck der Geräuschemissionen gewonnen. Zudem wurde an den definierten Immissionsorten auf Geräusche einer potentiellen Vorbelastung geachtet.

Für die im Umfeld bestehenden WEA wurden die Schalleistungspegel teils aus dreifach Vermessungen abgeschätzt und mit den damals üblichen Zuschlägen versehen. Die Vorbelastung durch die bestehenden WEA unterschreitet an allen relevanten Immissionsorten die jeweiligen Immissionsrichtwerte um mindestens 10 dB(A). Somit befindet sich kein hier im Gutachten berücksichtigter Immissionsort im Einwirkungsbereich dieser Vorbelastung nach Ziffer 2.2 a) TA Lärm [3]. Folglich bleibt diese im Weiteren unberücksichtigt.

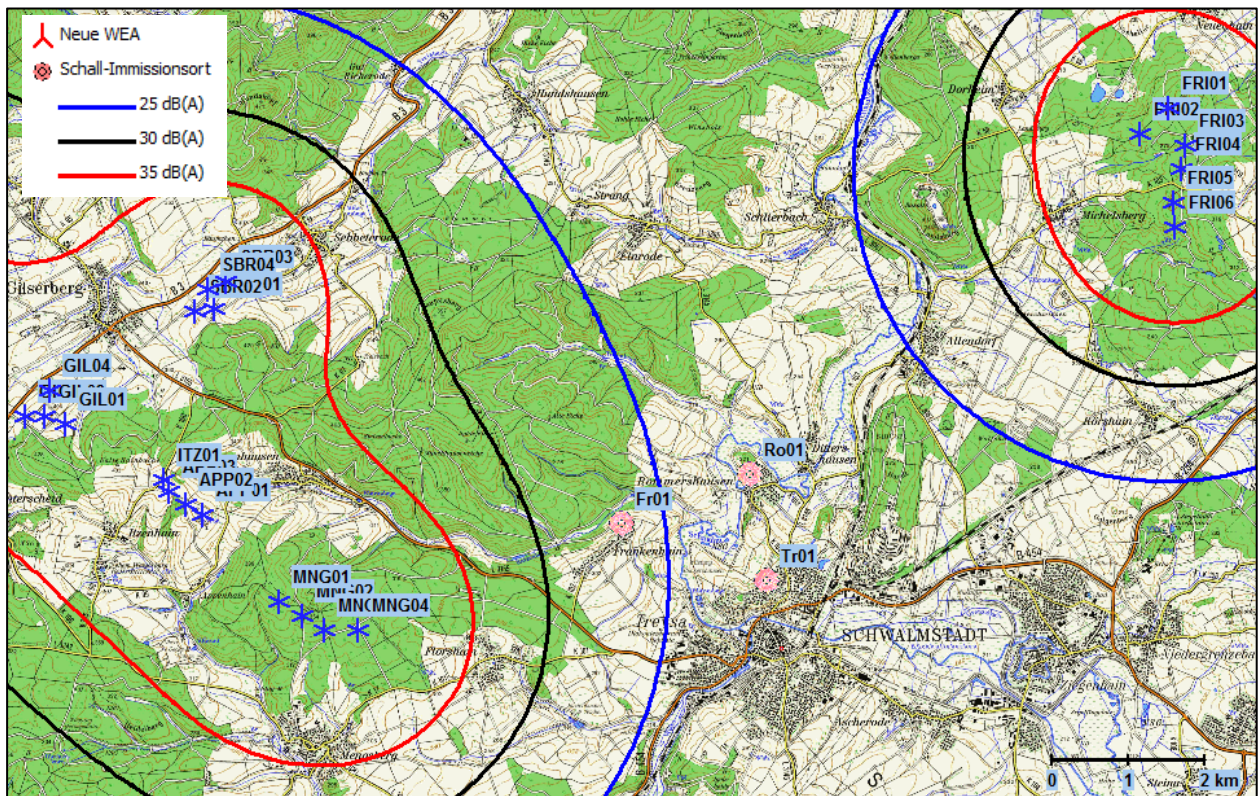


Abbildung 6: Isophonen der Vorbelastungs-WEA (Einwirkungsbereich)

Es wurden keine weiteren relevanten Vorbelastungen ermittelt.

1.4 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 höhere Pegel ergibt als bei der Berücksichtigung der konkreten Bebauungsstruktur unter Beachtung von Abschirmungen und Reflexionen.

Vereinfachend kann davon ausgegangen werden, dass sich die Lautstärke an einem Aufpunkt durch eine Reflexion an einer Gebäudefläche maximal verdoppelt (+ 3 dB(A)) [9]. Daher sind Reflexionen, wenn überhaupt nur an Aufpunkten relevant, an denen ein Beurteilungspegel von weniger als 3 dB(A) unter dem Immissionsrichtwert berechnet wurde.

Diese Bedingung trifft an keinem der untersuchten Immissionsorte zu.

1.5 Schalleistungspegel Windenergieanlagen

Am Standort sind drei Windenergieanlagen des Typs Nordex N149 geplant. Diese sind mit schallpegelmindernden Flügelhinterkanten versehen („Serrations“). Für die Anlagen wurden die Oktavbandpegel aus Herstellerangaben verwendet und mit entsprechenden Zuschlägen für den oberen Vertrauensbereich (ΔL_o , siehe Kap. 3.1) versehen. Die Kenndaten des neu geplanten WEA-Typs ist der Tabellen 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: WEA-Kenndaten Zusatzbelastung

	Zusatzbelastung	
Bezeichnung(en) auf Ausdrucken	WEA 01, WEA 02, WEA 03	
Anzahl	3	
Hersteller	Nordex	
Typenbezeichnung	N149	
Rotordurchmesser [m]	149	
Nabenhöhe [m]	164	
Nennleistung [kW]	4.500	
Betriebsmodus, 22-6 Uhr	Standard	
Quelle Schallpegel	Hersteller Dokument <i>E0004269930</i>	
Quelle Oktavbanddaten		
L_{WA} [dB(A)], 22-6 Uhr	106,1	
Zuschlag ΔL_o *) [dB(A)]	2,1	
Frequenz [Hz]	L_{WA} [dB(A)]	L_o [dB(A)]
63	87,8	89,9
125	93,9	96,0
250	97,7	99,8
500	100,3	102,4
1000	101,0	103,1
2000	98,5	100,6
4000	91,0	93,1
8000	82,9	85,0
L_{WA} / L_o [dB(A)], 22-6 Uhr	106,1	108,2

*) Vgl. Kapitel ‚Qualität der Prognose‘

Die Angaben zum Schalleistungspegel L_{WA} beziehen sich auf den maximalen Schalleistungspegel des WEA-Typs im jeweiligen Betriebsmodus. Der Zuschlag ΔL_O zum oberen Vertrauensbereich wurden nach den Hinweisen der LAI berechnet. Die Emissionen der einzelnen Schallquellen aller WEA überlagern sich an den Immissionsorten (vgl. Kapitel 1.2) zu einem resultierenden Schalldruckpegel bzw. Beurteilungspegel L_r , der TA Lärm [3] zu bewerten ist.

Für den WEA-Typ Nordex N149 existiert noch keine schalltechnische Vermessung nach der *Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen, Teil 1 Bestimmung der Schallemissionswerte (FGW-Richtlinie [10])*. Die Schallimmissionsprognose beruht auf den Herstellerangaben zum Normal/ schallreduzierten Betrieb. Eine Vermessung steht jedoch bevor und soll Ende 2018 vorliegen. Es wird davon ausgegangen, dass bis zu Inbetriebnahme mindestens eine Vermessung vorliegt, die den verwendeten Schalleistungspegel zu der Anlage bestätigt.

2 Ergebnis der Immissionsberechnung

Für die Windparkplanung am Standort Rommershausen 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] für die zu berücksichtigende Zusatzbelastung an den dem Projekt benachbarten Immissionsorten durchgeführt.

Für die Nordex N149 liegt noch kein nach FGW-Richtlinie [10] vermessener Schallleistungspegel vor. Es wurde der vom Hersteller angegebene Schallleistungspegel von 106,1 dB(A) für den Normalbetrieb unter Berücksichtigung des zugehörigen Oktavspektrums zzgl. eines Zuschlages im Sinne der oberen Vertrauensbereichsgrenze in Höhe von 2,1 dB(A) verwendet. Eine Vermessung des WEA-Typs steht jedoch bevor.

Die resultieren Beurteilungspegel L_r nach der oberen 90 %-Vertrauensgrenze an den maßgeblichen Immissionsorten sind in den folgenden Tabellen aufgeführt.

Tabelle 4: Beurteilungspegel (L_r) Zusatzbelastung durch drei WEA

IO	Bezeichnung	L_r [dB(A)]
Fr01	Frankenhain, Am Wassergraben 5	36,9
Ro01	Rommershs, Am Schloßpark 14	30,7
Tr01	Treysa, Allendorfer Straße 4	27,2

Tabelle 5: Zusammenfassung der Ergebnisse

IO	Bezeichnung	Zul. Nacht-Immissionsrichtwert [dB(A)]	Beurteilungspegel Ob. Vertrauensbereichsgrenze (90%) [dB(A)] ^{*)}
Fr01	Frankenhain, Am Wassergraben 5	40	37
Ro01	Rommershs, Am Schloßpark 14	40	31
Tr01	Treysa, Allendorfer Straße 4	35	27

^{*)} Es wurden die Rundungsregeln gemäß Nr. 4.5.1 DIN 1333 [11] angewendet.

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

Die zulässigen Nacht-Immissionsrichtwerte werden an allen Immissionsorten eingehalten.

Da die berechneten Beurteilungspegel auf einem noch nicht nach FGW-Richtlinie [10] vermessenen Schallleistungspegel für die WEA Nordex N149 von 106,1 dB(A) basieren, sollte dieser Wert durch eine Vermessung des WEA-Typs bestätigt werden. Jedoch sind auch bei stark abweichenden Vermessungsergebnissen keine Einschränkungen zu erwarten.

Im Tagbetrieb können die WEA ebenfalls 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 Rommershausen sind in Kapitel 2 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.

Das Oktavbandspektrum 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 durch eine der Abnahmemessung folgende Ausbreitungsrechnung entsprechend dem Interimsverfahren mit dem gemessenen Oktavspektrum.³

³ Dabei ist nach LAI-Hinweisen (5.2) die Messunsicherheit, nicht jedoch die Unsicherheit des Prognosemodells zu berücksichtigen [6]. In der Rechtsprechung [28] und laut LANUV NRW, zugestimmt durch den AK *LAI-Hinweise* des FGW, soll auch die Messunsicherheit nicht berücksichtigt werden, da er bereits im genehmigten Pegel zu Lasten des Betreibers enthalten ist [29], [30].

3 Qualität der Prognose

3.1 Berechnung des oberen Vertrauensbereichs

Die Qualität der Prognose wird nach den Hinweisen der LAI [6] wahrscheinlichkeitstheoretisch aus den Unsicherheits-Parametern σ_P , σ_R und σ_{Prog} ermittelt. Die Gesamtunsicherheit ergibt sich demnach zu:

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

Der emissionsseitige Zuschlag ΔL_O für die obere Vertrauensbereichsgrenze (OVG) im 90 %-Vertrauensintervall ergibt sich zu:

$$\Delta L_O = 1,28 * \sigma_{ges}$$

Der Gesamt-Schallleistungspegel als obere Vertrauensbereichsgrenze L_O inklusive des emissionsseitigen Sicherheitszuschlags errechnet sich wie folgt:

$$L_O = L_{WA} + \Delta L_O$$

Tabelle 6: Unsicherheitsparameter

WEA	WEA Typ	Modus	Messunsicherheit σ_R [dB(A)]	Serienstreuung σ_P [dB(A)]	Prognosemodell σ_{Prog} [dB(A)]	Zuschlag OVG ΔL_O [dB(A)]
01, 02, 03	N149	Standard	0,5	1,2	1,0	2,1

Der Zuschlag ΔL_O wurde hier 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. Da bei den Berechnungen auf eine Berücksichtigung von Abschirmwirkungen verzichtet wird, findet die Ungenauigkeit der Bestimmung des Abschirmmaßes σ_{Schirm} bei der Berechnung der Qualität der Prognose keine Berücksichtigung.

3.2 Maximal zulässiger Emissionspegel

Der in der Genehmigung festzuschreibende maximal zulässige Emissionspegel nach LAI Ziffer 4.1 [6] in der Nachtzeit von 22-06 h errechnet sich aus Mess- und Serienstreuung, ohne die Unsicherheit des Prognosemodells, wie folgt:

$$L_{e,max} = L_{WA} + 1,28 * \sqrt{\sigma_P^2 + \sigma_R^2} = L_{WA} + 1,7 \text{ dB(A)}$$

Für die WEA 01, 02 und 03 im Betriebsmodus „Standard“ ergibt sich für den Nachtzeitraum von 22-6 Uhr ein festzuschreibender maximal zulässiger Emissionspegel $L_{e,max}$ von 107,8 dB(A).

3.3 Prognosemodell

Die Berechnungen für die Schallausbreitung basieren auf der Anwendung der DIN ISO 9613-2 [4]. Das Verfahren ist für Ausbreitungen bis etwa 30 m Höhe mittlerer Schallweg anwendbar. Nabenhöhen moderner WEA überschreiten diese Vorgabe bei weitem, weshalb der NALS das „Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen“ [5] entwickelt hat. Im Folgenden werden einzelne Aspekte der Berechnungsalgorithmen näher erläutert.

Luftabsorption (A_{Atm})

Nach den Hinweisen der LAI [6] sollen Oktavbandschallpegel als Eingangsdaten für die Berechnungen verwendet werden. Nach DIN ISO 9613-2 [4] kann die Luftdämpfung in jedem Oktavband mit den jeweiligen Luftdämpfungskoeffizienten berechnet werden (statt wie bei 500 Hz-Mittenpegeln mit einem einzelnen Wert von 1,9 dB(A)/km). Die Dämpfungskoeffizienten für jedes Oktavband werden aus Tab. 2 DIN ISO 9513-2 [4] 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.

Bodendämpfung (A_{gr})

Die Bodendämpfung ergibt sich in der Hauptsache aus dem Reflexionsgrad von Schall an einer Bodenoberfläche zwischen Quelle und Empfänger [4]. Die DIN ISO 9613-2 erlaubt zwei verschie-

dene Verfahren zur Ermittlung der Bodendämpfung, nämlich das Standardverfahren und das Alternative Verfahren. Das Interimsverfahren modifiziert die Berechnung der Bodendämpfung durch eine pauschale Annahme von $A_{gr} = -3 \text{ dB(A)}$. Dies entspricht einer negativen Dämpfung, also einer Zunahme des Pegels auf Empfängerseite und kann als Bodenreflexionseffekt interpretiert werden.

Richtwirkungskorrektur D_C

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.

Meteorologische Korrektur C_{met}

Die meteorologische Korrektur wird nach [4] 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 nun standardmäßig null ($C_{met} = 0$) gesetzt.

Zusätzliche Dämpfung durch Bewuchs um die WEA

Die Ausbreitungsrechnung berücksichtigt nicht die Dämpfung durch die umliegende Bebauung und den Bewuchs. Der um die WEA befindliche Bewuchs von Bäumen mit bis zu 30 m Höhe dämpfen den Schall jedoch zusätzlich, so dass die realen Immissionspegel unter den berechneten liegen werden.

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.

Alle hier genannten Faktoren führen dazu, dass die Prognose konservativ angesetzt wurde und die berechneten Ergebnisse auf der „Sicheren Seite“ liegen.

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 [3]). Infraschall bezeichnet Schall in einem Frequenzbereich unter 20 Hz.

Tieffrequente Geräusche werden bei Windenergieanlagen ab 50 Hz schalltechnisch vermessen und bei der Bildung der Oktav- oder Terzbanddaten berücksichtigt. Die vermessenen, A-bewerteten Schalleistungspegel im Frequenzbereich unter 100 Hz liegen regelmäßig deutlich unter den im Frequenzbereich von 100 – 4000 Hz gemessenen Schalleistungspegeln.

Alle 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. Auch die aktuellen LAI Hinweise [6] stellen fest: „Die Infraschallerzeugung moderner WKA liegt selbst im Nahbereich bei Abständen zwischen 150 und 300 m deutlich unterhalb der Wahrnehmungsschwelle des Menschen. Damit sind Gesundheitsschaden und erhebliche Belästigungen nach derzeitigem Erkenntnisstand nicht zu erwarten.“ Auswirkungen durch tieffrequente Geräusche an den Immissionsorten sind am Standort Rommershausen für den geplanten Typ Nordex N149 daher nicht zu erwarten.

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)*, (GMBI 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] EMD, *EMD International A/S, WindPRO 3.2 (jeweils aktuellste Version).*
- [8] geoGLIS_oHG, *onmaps GEOBasis-DE / BKG / NRW*, 2018.
- [9] Hoffmann/von_Lüpke, *0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel - Einführung in die Grundbegriffe und quantitative Erfassung des Lärms,.*, Erich Schmidt Verlag, 1993.
- [10] FGW_e.V., *Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien, Technische Richtlinien für Windenergieanlagen*, Revision 18 Hrsg.
- [11] Norm, *DIN 1333:1992-02, Zahlenangaben.*
- [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.
- [17] N. U. LP DAAC, *STS-99 Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Global 1 arc second Data (SRTMGL1)*, 2000/2015.
- [18] P. E. B. J. B. R. van den Berg G, *Project WINDFARMperception. Visual and acoustic impact of wind turbine farms on residents.*, Specific support action project no. 044628, 2008 Hrsg., Bde. %1 von %2FP6–2005-Science-and-Society-20.
- [19] LANUV_NRW_et_al, *Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (Windenergie-Erlass) vom 04.11.2015*.
- [20] Urteil, OVG Münster 8 A 1710/10, 17.01.2012.
- [21] Urteil, OVG Münster 8 A 2016/11, 29.01.2013.
- [22] Urteil, OVG Weimar 1 EO 346/08, 29.01.2009.
- [23] Urteil, VGH Kassel 6 B 2668/09, 30.10.2009.
- [24] Urteil, VGH Kassel 9 A 1482/12.Z, 27.02.2013.
- [25] Urteil, OVG Münster, 7 B 1339/99, 4.11.1999.
- [26] Urteil, OVG Münster 8 A 2358/08, 30. Juli 2009.
- [27] Urteil, OVG Lüneburg 12 LA 157/08, 31. März 2010.
- [28] Urteil, BVerwG 4 C 2.07, 2007.
- [29] Dipl.-Ing._Detlef_Piorr_(LANUV_NRW), Festlegung von Abnahmebedingungen für Windenergieanlagen, (Entwurf, Stand: Korrektur 1, 13.02.2018).
- [30] FGW_Fördergesellschaft_Windenergie, Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA) Überarbeitet 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.
- [31] Probst_und_Donner, *ie Unsicherheit des Beurteilungspegels bei der Immissionsprognose.*, Bde. %1 von %2S.86-90, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 49, 2002.
- [32] DIN, Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen: Deutsche Übersetzung des "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", Beuth Verlag GmbH, 2012.

6 Anhang

- Isophonenkarte Zusatzbelastung
- Berechnungsausdrucke Vorbelastung: Hauptergebnis
- Berechnungsausdrucke Zusatzbelastung: Hauptergebnis, Detaillierte Ergebnisse und Annahmen zur Schallberechnung
- Herstellerangabe der Firma Nordex zum Schalleistungspegel mit zugehörigem Oktavspektrum des WEA-Typs N149.

Projekt:
16-1-3077-002 DE-ROM-NS

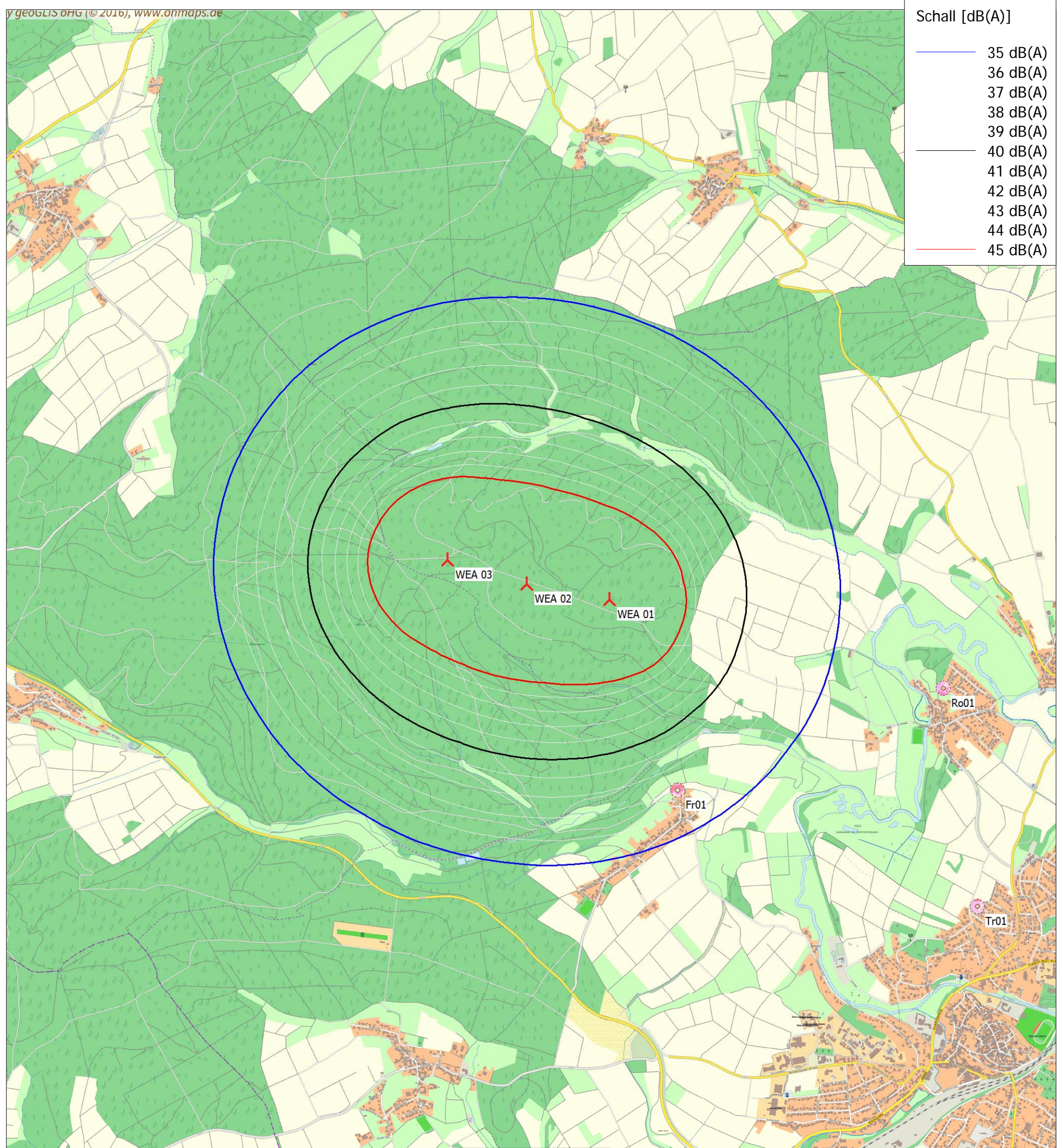
Beschreibung:
Windpark Rommershausen im Schwalm-Eder-Kreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:
Ramboll IMS Ingenieurgesellschaft mbH
Stadtdeich 7
DE-20097 Hamburg
+49 40 302020-132
Robbin Meisel / rbm@ramboll.com
Berechnet:
11.07.2018 15:11/3.2.701

EAM Natur GmbH
Maibachstr. 7
35683 Dillenburg

DECIBEL - Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Berechnung: Zusatzbelastung -002 LAI



0 250 500 750 1000m

Karte: WindPRO map , Maßstab 1:25.000, Mitte: GK (3 deg)-DHDN/PD/Bessel (DE 1995 $\pm 5m$) Zone: 3 Ost: 3.510.287,3 Nord: 5.644.922,0
 ⚡ 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:
16-1-3077-002 DE-ROM-NS

Beschreibung:
Windpark Rommershausen im Schwalm-Eder-Kreis,
Hessen

Lizenzierter Anwender:
Ramboll IMS Ingenieurgesellschaft mbH
Stadtdeich 7
DE-20097 Hamburg
+49 40 302020-132
Robbin Meisel / rbm@ramboll.com
Berechnet:
11.07.2018 14:01/3.2.701

EAM Natur GmbH
Maibachstr. 7
35683 Dillenburg

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: Vorbelastung -002 LAI
ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren)

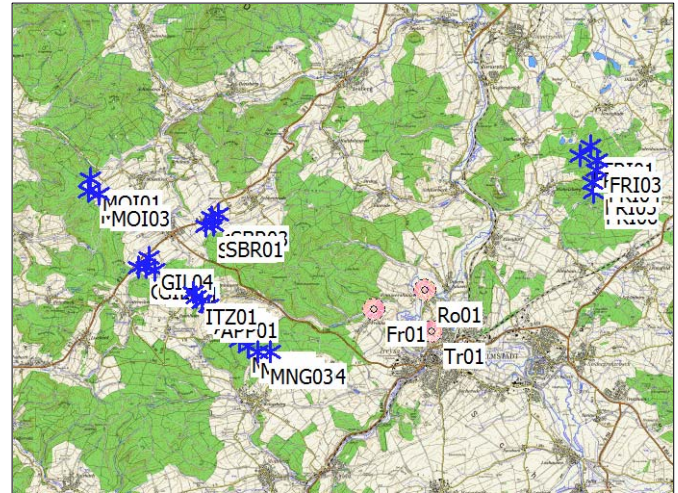
Die Berechnung basiert auf der internationalen Norm ISO 9613-2
"Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors"

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:
GK (3 deg)-DHDN/PD/Bessel (DE 1995 ±5m) Zone: 3



Maßstab 1:250.000

* Existierende WEA ■ Schall-Immissionsort

WEA

Rechts	Hoch	Z	Beschreibung	WEA-Typ	Ak-tu-ell	Hersteller	Typ	Nenn-leistung	Rotor-durch-messer	Naben-höhe	Schallwerte	Quelle	Name	Windge-schwin-digkeit	LWA	Einzel-ton
			[m]					[kW]	[m]	[m]				[m/s]	[dB(A)]	
APP01	3.505.767,2	5.643.715,8	403,7	ENERCON E-101 3...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	135,4	USER	Level 0 - man.spec - Mode I - 06/2012	(95%)	106,0	Nein	h
APP02	3.505.535,1	5.643.839,8	400,3	ENERCON E-101 3...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	135,4	USER	Level 0 - man.spec - Mode I - 06/2012	(95%)	106,0	Nein	h
APP03	3.505.324,0	5.644.017,9	408,6	ENERCON E-101 3...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	135,4	USER	Level 0 - man.spec - Mode I - 06/2012	(95%)	106,0	Nein	h
FRI01	3.518.391,6	5.649.021,5	295,1	NORDEX N117/240...	Ja	NORDEX	N117/2400-2.400	2.400	116,8	140,6	USER	Mode 0 - 104,0 dB(A) + 2,0 dB(A) OVB	(95%)	106,0	Nein	h
FRI02	3.518.015,5	5.648.691,3	277,4	NORDEX N117/240...	Ja	NORDEX	N117/2400-2.400	2.400	116,8	140,6	USER	Mode 0 - 104,0 dB(A) + 2,0 dB(A) OVB	(95%)	106,0	Nein	h
FRI03	3.518.604,7	5.648.532,3	289,0	NORDEX N117/240...	Ja	NORDEX	N117/2400-2.400	2.400	116,8	140,6	USER	Mode 0 - 104,0 dB(A) + 2,0 dB(A) OVB	(95%)	106,0	Nein	h
FRI04	3.518.558,7	5.648.226,2	290,9	NORDEX N117/240...	Ja	NORDEX	N117/2400-2.400	2.400	116,8	140,6	USER	Mode 0 - 104,0 dB(A) + 2,0 dB(A) OVB	(95%)	106,0	Nein	h
FRI05	3.518.458,6	5.647.788,0	301,9	NORDEX N117/240...	Ja	NORDEX	N117/2400-2.400	2.400	116,8	140,6	USER	Mode 0 - 104,0 dB(A) + 2,0 dB(A) OVB	(95%)	106,0	Nein	h
FRI06	3.518.463,6	5.647.471,9	292,3	NORDEX N117/240...	Ja	NORDEX	N117/2400-2.400	2.400	116,8	140,6	USER	Mode 0 - 104,0 dB(A) + 2,0 dB(A) OVB	(95%)	106,0	Nein	h
GIL01	3.503.965,4	5.644.895,2	387,9	ENERCON E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4	USER	104,0 dB(A) Genehmigungspegel	(95%)	104,0	Nein	h
GIL02	3.503.440,2	5.645.001,3	391,1	ENERCON E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4	USER	104,0 dB(A) Genehmigungspegel	(95%)	104,0	Nein	h
GIL03	3.503.692,3	5.644.989,3	403,0	ENERCON E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4	USER	104,0 dB(A) Genehmigungspegel	(95%)	104,0	Nein	h
GIL04	3.503.766,4	5.645.329,4	385,1	ENERCON E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4	USER	104,0 dB(A) Genehmigungspegel	(95%)	104,0	Nein	h
ITZ01	3.505.248,0	5.644.171,0	419,1	ENERCON E-40/5.4...	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0	USER	10m/s oct. data Hub65m Koetter 03/98	10,0	100,8	Nein	h
MNG01	3.506.763,6	5.642.569,3	373,7	ENERCON E-115 T...	Ja	ENERCON	E-115 TES-3.000	3.000	115,7	149,0	USER	Mode 0s - 105,0 dB(A) + 2,5 dB(A) OVB	(95%)	107,5	Nein	h
MNG02	3.507.067,7	5.642.396,3	355,5	ENERCON E-115 T...	Ja	ENERCON	E-115 TES-3.000	3.000	115,7	149,0	USER	Mode 0s - 105,0 dB(A) + 2,5 dB(A) OVB	(95%)	107,5	Nein	h
MNG03	3.507.359,8	5.642.204,2	336,1	ENERCON E-115 T...	Ja	ENERCON	E-115 TES-3.000	3.000	115,7	149,0	USER	Mode 0s - 105,0 dB(A) + 2,5 dB(A) OVB	(95%)	107,5	Nein	h
MNG04	3.507.788,0	5.642.207,2	338,4	ENERCON E-115 T...	Ja	ENERCON	E-115 TES-3.000	3.000	115,7	149,0	USER	Mode 0s - 105,0 dB(A) + 2,5 dB(A) OVB	(95%)	107,5	Nein	h
MOI01	3.501.829,0	5.647.927,9	382,9	NORDEX N117/240...	Ja	NORDEX	N117/2400-2.400	2.400	116,8	140,6	USER	Mode 0 - 104,0 dB(A) + 2,0 dB(A) OVB	(95%)	106,0	Nein	h
MOI02	3.501.765,0	5.647.522,7	394,2	NORDEX N117/240...	Ja	NORDEX	N117/2400-2.400	2.400	116,8	140,6	USER	Mode 0 - 104,0 dB(A) + 2,0 dB(A) OVB	(95%)	106,0	Nein	h
MOI03	3.502.111,1	5.647.407,7	390,1	NORDEX N117/240...	Ja	NORDEX	N117/2400-2.400	2.400	116,8	140,6	USER	Mode 0 - 104,0 dB(A) + 2,0 dB(A) OVB	(95%)	106,0	Nein	h
SBR01	3.505.909,2	5.646.401,9	368,4	NORDEX N-43/600...	Nein	NORDEX	N-43/600-600/125	600	43,0	60,0	USER	Busch Calculated 05/99 60m 10m/s	10,0	102,0	Nein	h
SBR02	3.505.662,1	5.646.374,9	361,5	NORDEX N-43/600...	Nein	NORDEX	N-43/600-600/125	600	43,0	60,0	USER	Busch Calculated 05/99 60m 10m/s	10,0	102,0	Nein	h
SBR03	3.506.073,3	5.646.752,0	358,3	ENERCON E-70 E4 ...	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	113,5	USER	103,9 dB(A) 3x Vermessung inkl. 2,6 dB(A) SZ	(95%)	103,9	Nein	h
SBR04	3.505.833,2	5.646.662,0	354,9	ENERCON E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4	USER	Level 0 - man.spec. - Op.Mode I - 04/2010	(95%)	104,0	Nein	h

h) Generisches Oktavband verwendet

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort		Rechts	Hoch	Z	Auf-punkt-höhe	Anforderung	Beurteilungspegel	Anforderung erfüllt?
Nr.	Name				[m]	Schall	Von WEA	Schall
				[m]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	
Fr01	Frankenhain, Am Wassergraben 5	3.511.237,5	5.643.592,0	269,3	5,0	40,0	26,4	Ja
Ro01	Rommershausen, Am Schloßpark 14	3.512.925,4	5.644.239,1	212,8	5,0	40,0	23,1	Ja
Tr01	Treysa, Allendorfer Straße 4	3.513.147,4	5.642.856,3	247,7	5,0	35,0	22,6	Ja

Abstände (m)

WEA	Fr01	Ro01	Tr01
APP01	5470	7174	7427
APP02	5706	7398	7673
APP03	5926	7602	7906
FRI01	8978	7260	8091
FRI02	8479	6760	7596
FRI03	8867	7117	7871

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

16-1-3077-002 DE-ROM-NS

Beschreibung:

Windpark Rommershausen im Schwalm-Eder-Kreis,
Hessen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll IMS Ingenieurgesellschaft mbH

Stadtdeich 7

DE-20097 Hamburg

+49 40 302020-132

Robbin Meisel / rbm@ramboll.com

Berechnet:

11.07.2018 14:01/3.2.701

EAM Natur GmbH
Maibachstr. 7
35683 Dillenburg

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: Vorbelastung -002 LAI

...(Fortsetzung von letzter Seite)

WEA	Fr01	Ro01	Tr01
FRI04	8661	6899	7620
FRI05	8348	6571	7245
FRI06	8199	6410	7037
GIL01	7385	8980	9402
GIL02	7920	9512	9937
GIL03	7670	9260	9689
GIL04	7667	9220	9698
ITZ01	6015	7675	8005
MNG01	4587	6381	6388
MNG02	4336	6138	6095
MNG03	4117	5924	5822
MNG04	3716	5522	5396
MOI01	10355	11689	12398
MOI02	10252	11629	12297
MOI03	9888	11264	11933
SBR01	6021	7339	8057
SBR02	6229	7568	8268
SBR03	6052	7295	8073
SBR04	6213	7492	8242

Projekt:
16-1-3077-002 DE-ROM-NS

Beschreibung:
Windpark Rommershausen im Schwalm-Eder-Kreis,
Hessen

Lizenzierter Anwender:
Ramboll IMS Ingenieurgesellschaft mbH
Stadtdeich 7
DE-20097 Hamburg
+49 40 302020-132
Robbin Meisel / rbm@ramboll.com
Berechnet:
11.07.2018 15:11/3.2.701

EAM Natur GmbH
Maibachstr. 7
35683 Dillenburg

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung -002 LAI
ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren)

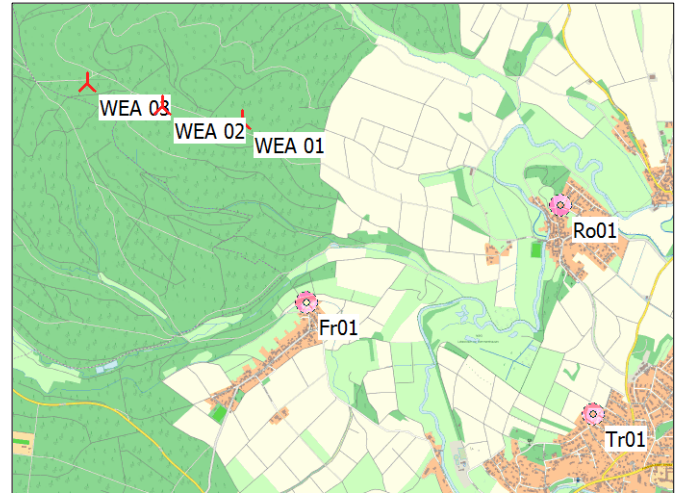
Die Berechnung basiert auf der internationalen Norm ISO 9613-2
"Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors"

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:
GK (3 deg)-DHDN/PD/Bessel (DE 1995 $\pm 5m$) Zone: 3



Maßstab 1:50.000

Neue WEA Schall-Immissionsort

WEA

	Rechts	Hoch	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schallwerte		Windgeschwindigkeit	LWA	Einzelton
					Aktuell	Hersteller	Typ				Quelle	Name			
WEA 01	3.510.802,8	5.644.798,8	326,0	NORDEX N149/4.0...	Ja	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	164,0	USER	Standard STE Mode 0 - 106,1 dB + 2,1 dB OVB	(95%)	108,2	Nein
WEA 02	3.510.277,2	5.644.893,7	342,1	NORDEX N149/4.0...	Ja	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	164,0	USER	Standard STE Mode 0 - 106,1 dB + 2,1 dB OVB	(95%)	108,2	Nein
WEA 03	3.509.771,8	5.645.045,2	354,1	NORDEX N149/4.0...	Ja	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	164,0	USER	Standard STE Mode 0 - 106,1 dB + 2,1 dB OVB	(95%)	108,2	Nein

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort	Nr.	Name	Rechts	Hoch	Z	Aufpunkt-höhe	Anforderung Beurteilungspegel Anforderung erfüllt?		
							Schall	Von WEA	Schall
Fr01	Frankenhain, Am Wassergraben 5	3.511.237,5	5.643.592,0	269,3	5,0	40,0	36,9	Ja	
Ro01	Rommershausen, Am Schloßpark 14	3.512.925,4	5.644.239,1	212,8	5,0	40,0	30,7	Ja	
Tr01	Treysa, Allendorfer Straße 4	3.513.147,4	5.642.856,3	247,7	5,0	35,0	27,2	Ja	

Abstände (m)

Schall-Immissionsort	WEA		
	WEA 01	WEA 02	WEA 03
Fr01	1282	1617	2063
Ro01	2194	2727	3254
Tr01	3043	3518	4022

Projekt:

16-1-3077-002 DE-ROM-NS

Beschreibung:

Windpark Rommershausen im Schwalm-Eder-Kreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:

Ramboll IMS Ingenieurgesellschaft mbH
 Stadtdeich 7
 DE-20097 Hamburg
 +49 40 302020-132
 Robbin Meisel / rbm@ramboll.com
 Berechnet:
 11.07.2018 15:11/3.2.701

EAM Natur GmbH
 Maibachstr. 7
 35683 Dillenburg

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: Zusatzbelastung -002 LAI **Schallberechnungs-Modell:** ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren) 10,0 m/s
Annahmen

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

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

Berechnungsergebnisse

Schall-Immissionsort: Fr01 Frankenhain, Am Wassergraben 5

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Lautester Wert bis 95% Nennleistung								A [dB]
			Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	
WEA 01	1.282	1.300	34,31	108,2	0,00	73,28	3,62	-3,00	0,00	0,00	73,90
WEA 02	1.617	1.633	31,68	108,2	0,00	75,26	4,26	-3,00	0,00	0,00	76,52
WEA 03	2.063	2.078	28,82	108,2	0,00	77,35	5,04	-3,00	0,00	0,00	79,39
Summe	36,93										

Schall-Immissionsort: Ro01 Rommershausen, Am Schloßpark 14

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Lautester Wert bis 95% Nennleistung								A [dB]
			Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	
WEA 01	2.194	2.211	28,05	108,2	0,00	77,89	5,26	-3,00	0,00	0,00	80,15
WEA 02	2.727	2.742	25,37	108,2	0,00	79,76	6,08	-3,00	0,00	0,00	82,84
WEA 03	3.254	3.267	23,11	108,2	0,00	81,28	6,81	-3,00	0,00	0,00	85,10
Summe	30,75										

Schall-Immissionsort: Tr01 Treysa, Allendorfer Straße 4

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Lautester Wert bis 95% Nennleistung								A [dB]
			Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	
WEA 01	3.043	3.053	23,99	108,2	0,00	80,69	6,52	-3,00	0,00	0,00	84,21
WEA 02	3.518	3.527	22,10	108,2	0,00	81,95	7,15	-3,00	0,00	0,00	86,10
WEA 03	4.022	4.030	20,33	108,2	0,00	83,11	7,77	-3,00	0,00	0,00	87,88
Summe	27,17										

Projekt:
16-1-3077-002 DE-ROM-NS

Beschreibung:
 Windpark Rommershausen im Schwalm-Eder-Kreis,
 Hessen

Lizenzierter Anwender:
Ramboll IMS Ingenieurgesellschaft mbH
 Stadtdeich 7
 DE-20097 Hamburg
 +49 40 302020-132
 Robbin Meisel / rbm@ramboll.com
 Berechnet:
 11.07.2018 15:11/3.2.701

EAM Natur GmbH
 Maibachstr. 7
 35683 Dillenburg

DECIBEL - Annahmen für Schallberechnung

Berechnung: Zusatzbelastung -002 LAI

Schallberechnungs-Modell:

ISO 9613-2 Deutschland (Interimsverfahren)

Windgeschwindigkeit (in 10 m Höhe):

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Bodeneffekt:

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

Meteorologischer Koeffizient, CO:

0,0 dB

Art der Anforderung in der Berechnung:

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

Schalleistungspegel in der Berechnung:

Schallwerte sind Lwa-Werte (Mittlere Schalleistungspegel; Standard)

Einzelöne:

Fester Zuschlag wird zu Schallemission von WEA mit Einzelönen 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]
0,1	0,4	1,0	1,9	3,7	9,7	32,8	117,0

WEA: NORDEX N149/4.0-4.5 4500 149.0 !O!

Schall: Standard STE Mode 0 - 106,1 dB + 2,1 dB OVB

Datenquelle	Quelle/Datum	Quelle	Bearbeitet
Hersteller Dokument E0004269930	11.07.2018	USER	11.07.2018 11:50

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton Nein	Oktavbänder							
				63 [dB]	125 [dB]	250 [dB]	500 [dB]	1000 [dB]	2000 [dB]	4000 [dB]	8000 [dB]
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	108,2	Nein	89,9	96,0	99,8	102,4	103,1	100,6	93,1	85,0

Schall-Immissionsort: Frankenhain, Am Wassergraben 5-Fr01

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells verwenden

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Rommershausen, Am Schloßpark 14-Ro01

Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells verwenden

Schallrichtwert: 40,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

Schall-Immissionsort: Treysa, Allendorfer Straße 4-Tr01


Vordefinierter Berechnungsstandard: Reines Wohngebiet / Kurgebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells verwenden

Schallrichtwert: 35,0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

	Octave sound power levels - Nordex N149/4.0-4.5 STE - Operational Modes	E0004269930 Rev. 1 / 2017-11-20
---	---	------------------------------------


DD04-Implementation report

Octave sound power levels N149/4.0-4.5 STE Operational Modes

F008_271_A14_EN

Rev. 1 / 2017-11-20

Document no.: E0004269930
Status: Released
Language: EN - English
Classification
(Confidentiality): Nordex confidential

E0004269930 Rev. 1 / 2017-11-20	Octave sound power levels - Nordex N149/4.0- 4.5 STE - Operational Modes	
------------------------------------	---	---

This document, including any presentation of its contents in whole or in parts, is the intellectual property of Nordex Energy GmbH. The information contained in this document is intended exclusively for Nordex employees and employees of trusted partners and subcontractors of Nordex Energy GmbH, Nordex SE and their affiliated companies as defined in Section 15ff. of the German Stock Corporation Act (AktG) and must never (not even in extracts) be disclosed to third parties.

All rights reserved.

Any disclosure, duplication, translation or other use of this document or parts thereof, regardless if in printed, handwritten, electronic or other form, without the explicit approval of Nordex Energy GmbH is prohibited.

© 2017 Nordex Energy GmbH
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg
Germany


Phone: +49 (0)40 300 30 -1000

Fax: +49 (0)40 300 30 -1101

info@nordex-online.com

<http://www.nordex-online.com>

Please refer to the last page for document information!

	Octave sound power levels - Nordex N149/4.0-4.5 STE - Operational Modes	E0004269930 Rev. 1 / 2017-11-20
---	---	------------------------------------

Revision index

Rev.	Date	Author	Reason for modification / chapter	AST
0	2017-08-28	F. Dally	First issue	11731
1	2017-10-27	F. Dally	Added hub height	11731

Validity

Product Series / Turbine class	Product
Delta4000	N149/4.0-4.5 DIBt S/ IEC S, 50/60Hz NCV/ CCV




E0004269930 Rev. 1 / 2017-11-20	Octave sound power levels - Nordex N149/4.0- 4.5 STE - Operational Modes	
------------------------------------	---	---

Table of contents


1	General	7
1.1	Subject of this report	7
1.2	Abbreviations	7
2	Determination of the octave sound power levels	8
2.1	Standard Mode	8
	2.1.1 Hub Height 105 m	8
	2.1.2 Hub Height 125 m	8
	2.1.3 Hub Height 145 m	9
	2.1.4 Hub Height 164 m	9
2.2	Sound optimized mode - Mode 1	10
	2.2.1 Hub Height 105 m	10
	2.2.2 Hub Height 125 m	10
	2.2.3 Hub Height 145 m	10
	2.2.4 Hub Height 164 m	11
2.3	Sound optimized mode - Mode 2	11
	2.3.1 Hub Height 105 m	11
	2.3.2 Hub Height 125 m	11
	2.3.3 Hub Height 145 m	12
	2.3.4 Hub Height 164 m	12
2.4	Sound optimized mode - Mode 3	13
	2.4.1 Hub Height 105 m	13
	2.4.2 Hub Height 125 m	13
	2.4.3 Hub Height 145 m	13
	2.4.4 Hub Height 164 m	14
2.5	Sound optimized mode - Mode 4	14
	2.5.1 Hub Height 105 m	14
	2.5.2 Hub Height 125 m	14
	2.5.3 Hub Height 145 m	15
	2.5.4 Hub Height 164 m	15
2.6	Sound optimized mode - Mode 5	16
	2.6.1 Hub Height 105 m	16
	2.6.2 Hub Height 125 m	16
	2.6.3 Hub Height 145 m	16
	2.6.4 Hub Height 164 m	17
2.7	Sound optimized mode - Mode 6	17
	2.7.1 Hub Height 105 m	17
	2.7.2 <i>Hub Height 125 m</i>	17
	2.7.3 <i>Hub Height 145 m</i>	17
	2.7.4 Hub Height 164 m	18
2.8	Sound optimized mode - Mode 7	18
	2.8.1 Hub Height 105 m	18
	2.8.2 <i>Hub Height 125 m</i>	18
	2.8.3 <i>Hub Height 145 m</i>	18

	Octave sound power levels - Nordex N149/4.0- 4.5 STE - Operational Modes	E0004269930 Rev. 1 / 2017-11-20
---	---	------------------------------------

	2.8.4	Hub Height 164 m	19
2.9		Sound optimized mode - Mode 8	19
	2.9.1	Hub Height 105 m	19
	2.9.2	<i>Hub Height 125 m</i>	19
	2.9.3	<i>Hub Height 145 m</i>	19
	2.9.4	Hub Height 164 m	20
2.10		Sound optimized mode - Mode 9	20
	2.10.1	Hub Height 105 m	20
	2.10.2	Hub Height 125 m	21
	2.10.3	Hub Height 145 m	21
	2.10.4	Hub Height 164 m	21
2.11		Sound optimized mode - Mode 10	22
	2.11.1	Hub Height 105 m	22
	2.11.2	Hub Height 125 m	22
	2.11.3	Hub Height 145 m	23
	2.11.4	Hub Height 164 m	23
2.12		Sound optimized mode - Mode 11	24
	2.12.1	Hub Height 105 m	24
	2.12.2	Hub Height 125 m	24
	2.12.3	Hub Height 145 m	24
	2.12.4	Hub Height 164 m	25
2.13		Sound optimized mode - Mode 12	25
	2.13.1	Hub Height 105 m	25
	2.13.2	Hub Height 125 m	25
	2.13.3	Hub Height 145 m	26
	2.13.4	Hub Height 164 m	26
2.14		Sound optimized mode - Mode 13	27
	2.14.1	Hub Height 105 m	27
	2.14.2	Hub Height 125 m	27
	2.14.3	Hub Height 145 m	27
	2.14.4	Hub Height 164 m	28
2.15		Sound optimized mode - Mode 14	28
	2.15.1	Hub Height 105 m	28
	2.15.2	Hub Height 125 m	28
	2.15.3	Hub Height 145 m	29
	2.15.4	Hub Height 164 m	29
2.16		Sound optimized mode - Mode 15	30
	2.16.1	Hub Height 105 m	30
	2.16.2	Hub Height 125 m	30
	2.16.3	Hub Height 145 m	30
	2.16.4	Hub Height 164 m	31
2.17		Sound optimized mode - Mode 16	31
	2.17.1	Hub Height 105 m	31
	2.17.2	Hub Height 125 m	31
	2.17.3	Hub Height 145 m	32

E0004269930 Rev. 1 / 2017-11-20	Octave sound power levels - Nordex N149/4.0- 4.5 STE - Operational Modes	
------------------------------------	---	---

2.17.4	Hub Height 164 m	32
2.18	Sound optimized mode - Mode 17	33
2.18.1	Hub Height 105 m	33
2.18.2	Hub Height 125 m	33
2.18.3	Hub Height 145 m	33
2.18.4	Hub Height 164 m	34
3	Protection notice	35

	Octave sound power levels - Nordex N149/4.0-4.5 STE - Operational Modes	E0004269930 Rev. 1 / 2017-11-20
---	---	------------------------------------

1 General


1.1 Subject of this report

The expected octave sound power levels of the Nordex Delta4000 Serrated Trailing Edge (STE) are to be determined on basis of aerodynamical calculations and expected sound power levels. These values are valid for hub height 105 m, 125 m, 145 m and 164 m.

The expected octave sound power levels are only for information and will not be warranted.

1.2 Abbreviations

- L_{WA}** - A-weighted sound power level
- v_S** - wind speed converted to reference conditions (hub height 10 m, roughness length 0.05 m) using a logarithmic profile
- STE** - Serrated Trailing Edge

E0004269930 Rev. 1 / 2017-11-20	Octave sound power levels - Nordex N149/4.0- 4.5 STE - Operational Modes	
------------------------------------	---	---

2 Determination of the octave sound power levels


2.1 Standard Mode

2.1.1 Hub Height 105 m

	Octave sound power levels at standardized wind speeds v_s in dB(A)									
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.2	68.2	71.7	75.7	77.5	77.8	77.8	77.8	77.8	77.8
63 Hz	77.1	78.1	81.6	85.6	87.4	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8
125 Hz	83.8	84.8	88.2	92.2	94.0	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9
250 Hz	86.6	87.6	91.9	95.9	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7
500 Hz	87.7	88.7	94.0	98.0	99.8	100.3	100.3	100.3	100.3	100.3
1000 Hz	88.1	89.1	95.3	99.3	101.1	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0
2000 Hz	86.2	87.2	93.5	97.5	99.3	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5
4000 Hz	80.6	81.6	83.9	87.9	89.7	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0
8000 Hz	71.4	72.4	75.9	79.9	81.7	82.9	82.9	82.9	82.9	82.9
Total sound power level	94.0	95.0	100.3	104.3	106.1	106.1	106.1	106.1	106.1	106.1

2.1.2 Hub Height 125 m

	Octave sound power levels at standardized wind speeds v_s in dB(A)									
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.2	68.6	72.2	76.2	77.5	77.8	77.8	77.8	77.8	77.8
63 Hz	77.1	78.5	82.1	86.1	87.4	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8
125 Hz	83.8	85.2	88.7	92.7	94.0	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9
250 Hz	86.6	88.0	92.4	96.4	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7
500 Hz	87.7	89.1	94.5	98.5	99.8	100.3	100.3	100.3	100.3	100.3
1000 Hz	88.1	89.5	95.8	99.8	101.1	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0
2000 Hz	86.2	87.6	94.0	98.0	99.3	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5
4000 Hz	80.6	82.0	84.4	88.4	89.7	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0
8000 Hz	71.4	72.8	76.4	80.4	81.7	82.9	82.9	82.9	82.9	82.9
Total sound power level	94.0	95.4	100.8	104.8	106.1	106.1	106.1	106.1	106.1	106.1

	Octave sound power levels - Nordex N149/4.0-4.5 STE - Operational Modes	E0004269930 Rev. 1 / 2017-11-20
---	---	------------------------------------

2.1.3 Hub Height 145 m

Frequency	Octave sound power levels at standardized wind speeds v_s in dB(A)									
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.2	69.0	72.6	76.6	77.5	77.8	77.8	77.8	77.8	77.8
63 Hz	77.1	78.9	82.5	86.5	87.4	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8
125 Hz	83.8	85.6	89.1	93.1	94.0	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9
250 Hz	86.6	88.4	92.8	96.8	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7
500 Hz	87.7	89.5	94.9	98.9	99.8	100.3	100.3	100.3	100.3	100.3
1000 Hz	88.1	89.9	96.2	100.2	101.1	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0
2000 Hz	86.2	88.0	94.4	98.4	99.3	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5
4000 Hz	80.6	82.4	84.8	88.8	89.7	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0
8000 Hz	71.4	73.2	76.8	80.8	81.7	82.9	82.9	82.9	82.9	82.9
Total sound power level	94.0	95.8	101.2	105.2	106.1	106.1	106.1	106.1	106.1	106.1

2.1.4 Hub Height 164 m

Frequency	Octave sound power levels at standardized wind speeds v_s in dB(A)									
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.2	69.3	72.9	76.9	77.5	77.8	77.8	77.8	77.8	77.8
63 Hz	77.1	79.2	82.8	86.8	87.4	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8
125 Hz	83.8	85.9	89.4	93.4	94.0	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9
250 Hz	86.6	88.7	93.1	97.1	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7
500 Hz	87.7	89.8	95.2	99.2	99.8	100.3	100.3	100.3	100.3	100.3
1000 Hz	88.1	90.2	96.5	100.5	101.1	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0
2000 Hz	86.2	88.3	94.7	98.7	99.3	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5
4000 Hz	80.6	82.7	85.1	89.1	89.7	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0
8000 Hz	71.4	73.5	77.1	81.1	81.7	82.9	82.9	82.9	82.9	82.9
Total sound power level	94.0	96.1	101.5	105.5	106.1	106.1	106.1	106.1	106.1	106.1

Anlage zur Schallimmissionsprognose der Ramboll CUBE GmbH

Inhalt:

1	THEORETISCHE GRUNDLAGEN	II
1.1	Allgemeines zur Schallproblematik	II
1.1.1	Grundlagen	II
1.1.2	Begriffsbestimmung, Normen, gesetzliche Grundlagen	II
1.1.3	Schalleistungs-, 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	IX
1.2.3	Zuschläge für Impulse (Impulshaltigkeit) K_I	IX
1.2.1	Tieffrequente Geräusche und Infraschall	IX

1 Theoretische Grundlagen

1.1 Allgemeines zur Schallproblematik

1.1.1 Grundlagen

Der Schall besteht aus Luftdruckschwankungen, die das menschliche Ohr wahrnimmt. Abbildung 1 zeigt den Hörbereich des menschlichen Ohrs in einem logarithmischen Maßstab.

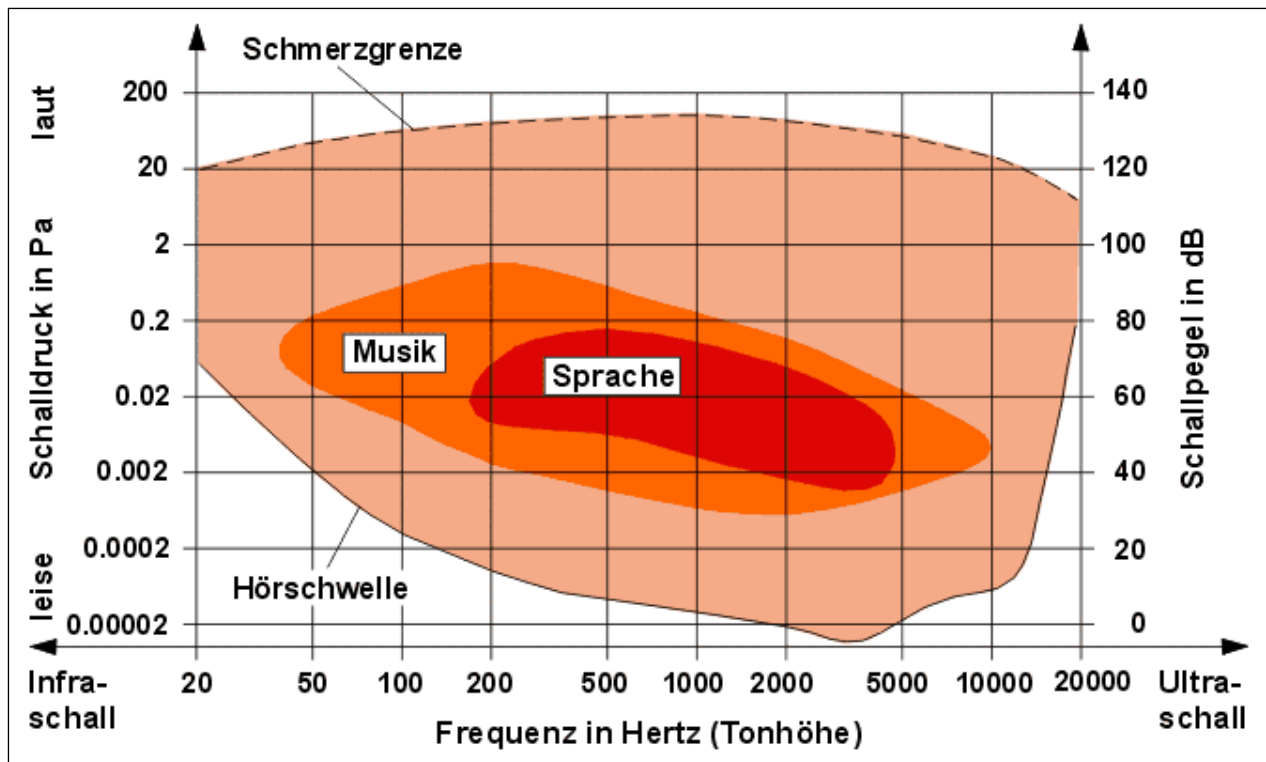


Abbildung 1: Hörbereich des Menschen

Quelle: Amt für Umweltschutz, Stuttgart

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.

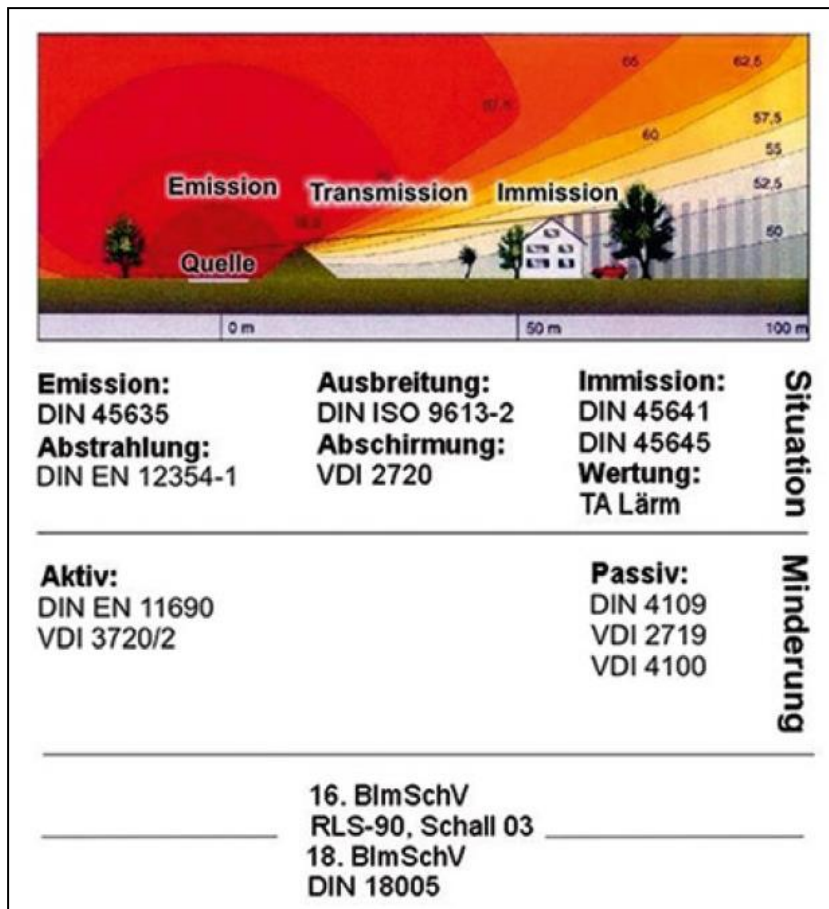


Abbildung 2: Normen und Grundlagen zum Schall (aus Städtebaulicher Lärmfibel 2013 Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden Württemberg)

Die gesetzliche Grundlage für die Problematik 'Emission – Transmission – Immission' bildet das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG, 1974, 1990; /3/). Bauliche Anlagen müssen von den Gewerbeaufsichts- bzw. Umweltämtern auf Basis der 'Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm' (kurz: TA-Lärm, 1998; /1/) 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, 1990; /4/) sind die Baugebietsarten festgelegt, denen nach der TA Lärm /1/ eine Immissionsschutz-Rangfolge zugeordnet ist. So gelten nachts folgende Immissionsrichtwerte außerhalb von Gebäuden:

- 35 dB (A) für reine Wohn-, Erholungs- bzw. Kurgelände
- 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 Schalleistungs-, Schalldruck-, Mittelungs- und Beurteilungspegel

Die kennzeichnende Größe für die Geräuschemission einer Windenergieanlage wird durch den Schalleistungspegel L_W beschrieben. Der Schalleistungspegel L_{WA} ist der maximale Wert in Dezibel dB (A-bewertet), der von einer Geräusch- oder Schallquelle (Emissionsort, WEA) abgestrahlt wird. Eine Windenergieanlage verursacht im Bereich des hörbaren Frequenzbandes unterschiedlich laute Geräusche. Da das menschliche Gehör Schall mit unterschiedlicher Frequenz, bei gleichem Leistungspegel unterschiedlich stark wahrnimmt (siehe Abb. 2), wird in der Praxis der Schalleistungspegel über einen Filter gemessen, der der Hörcharakteristik des Menschen angepasst ist. So können verschiedenartige Geräusche miteinander verglichen und bewertet werden. Dieser über einen Filter (mit der Charakteristik „A“ nach DIN IEC 651, Index A) gemessene Schalleistungspegel wird „A-bewerteter Schallpegel“ genannt und ist der Wert der Schallquelle, der für die Berechnung der Schallausbreitung nach der DIN ISO 9613-2 /2/ verwendet wird.

Die genaue Verfahrensweise zur Durchführung einer Schallemissionsmessung zur Ermittlung des Schalleistungspegels von WEA kann der Schrift der Fördergesellschaft Windenergie e. V. (FGW) ‚Technische Richtlinien zur Bestimmung der Leistungskurve, der Schallemissionswerte und der elektrischen Eigenschaften von Windenergieanlagen‘ /5/ 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 Lärm verstärkend. 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 Mikrophon, 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 bei der lautesten Nachtstunde bei Mitwindbedingungen, 10 °C Temperatur und 70 % Luftfeuchte ergibt. Der für die Prognose verwendete Mittelungspegel entspricht dem nach FGW-Richtlinie Teil 1 „Bestimmung der Schallemissionsrichtwerte“ aus 1-minütigen Messwerten ermittelte, maximale Schalleistungspegel 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 den Geräuschen 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 Schalleistungspegel 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) als detaillierte Prognose anhand der DIN ISO 9613-2 /2/ zu erstellen, wobei evtl. bestehende Vorbelastungen durch gewerbliche Geräusche an den Immissionsorten berücksichtigt werden müssen. Die DIN ISO 9613-2 gilt für die Berechnung bei bodennahen Quellen (bis 30 m mittlere Höhe zwischen Quelle und Empfänger; s. Kapitel 9, Tabelle 5). Zur Anpassung des Prognoseverfahrens auf hochliegende Quellen hat der Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) auf Basis neuerer Untersuchungsergebnisse und auf Basis theoretischer Berechnungen ein „Interimsverfahren“ veröffentlicht. Für WKA als hochliegende Schallquellen (> 30 m) sind diese neueren Erkenntnisse im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen. Die Immissionsprognose ist daher nach der „Dokumentation zur Schallausbreitung – Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1“ – 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 /5/ auch oktavbandbezogene Werte ermittelt. Die Dämpfungswerte 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 der ISO 9613-2 /2/ modifiziert nach dem Interimsverfahren

dann wie folgt:

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

- L_W : der Oktavband-Schalleitungspegel der Punktschallquelle, in Dezibel, bezogen auf eine Bezugsschalleistung von einem Picowatt (1 pW), A-bewertet.
- D_C : die Richtwirkungskorrektur, in Dezibel, die beschreibt, um wieviel der von der Punktquelle erzeugte äquivalente Dauerschalldruckpegel in der festgelegten Richtung von dem Pegel einer angerichteten Punktschallquelle mit einem Schalleistungspegel L_W abweicht. D_C ist gleich dem Richtwirkungsmaß D_I der Punktschallquelle zuzüglich eines Richtwirkungsmaßes D_Ω das eine Schallausbreitung in Raumwinkel von weniger als 4π Sterad berücksichtigt; für eine ungerichtete, ins Freie abstrahlende Punktschallquelle in $D_C = 0$ dB.
- A : Dämpfung zwischen der Punktquelle (WEA-Gondel) und dem Immissionsort, die bei der Schallausbreitung vorherrscht. Sie bestimmt sich aus den folgenden Dämpfungsarten:

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

A_{div} : Dämpfung aufgrund der geometrischen Ausbreitung:

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

d : Abstand zwischen Quelle und Immissionsort.

A_{atm} : Dämpfung durch die Luftabsorption

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

Für die Prognose werden günstige Schallausbreitungsbedingungen zugrunde gelegt (Temperatur 10°C und relative Luftfeuchte von 70%).

Tabelle 1: Parameter Luftabsorption

Temperatur	Rel. Feuchte	Luftdämpfungskoeffizient α , dB/km (gem. DIN ISO 9613-2)							
		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:

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

nach dem Interimsverfahren.

A_{bar} : Dämpfung aufgrund von Abschirmung.

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 weiterer Softwarelösungen 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.

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:

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

L_{AT} : Beurteilungspegel am Immissionsort

L_{ATi} : Schallimmissionspegel am Immissionsort einer Emissionsquelle i

i : Index für alle Geräuschquellen von 1-n

K_{Ti} : Zuschlag für Tonhaltigkeit einer Emissionsquelle i

K_{Ii} : Zuschlag für Impulshaltigkeit einer Emissionsquelle i

C_{met} : Meteorologische Korrektur. Es gilt $c_{met} = 0$ nach dem Interimsverfahren.

1.2.2 Zuschläge für Einzeltöne (Tonhaltigkeit) K_T

Als Quellen für tonhaltige Geräusche sind in erster Linie Getriebe, Generatoren, Azimutgetriebe und eventuelle Hydraulikanlagen zu nennen. Tonhaltigkeiten im Anlagengeräusch sollten konstruktiv vermieden bzw. auf ein Minimum reduziert werden. Heben sich aus dem Anlagengeräusch einer oder mehrere Einzeltöne deutlich hörbar hervor, ist nach der TA Lärm für den Zuschlag K_T , je nach Auffälligkeit des Tons, ein Wert von 3 oder 6 dB(A) anzusetzen. Orientiert an der Tonhaltigkeit im Nahbereich K_{TN} (gemessen bei der Emissionsmessung) gilt für Entfernungen über 300 m folgender Zuschlag:

$K_T = 0$	für $0 \leq K_{TN} \leq 2$
$K_T = 3$	für $2 < K_{TN} \leq 4$
$K_T = 6$	für $K_{TN} > 4$

Die Zuschläge für Impuls- und Tonhaltigkeit der Anlagen werden für die entsprechenden Anlagentypen in der Regel bei Schalldruckpegelmessungen durch autorisierte Institute (in Deutschland u. a. DEWI, DNV GL) bewertet (s. z.B. Datenblätter zur Landesförderung) und werden in den Berichten zur schalltechnischen Vermessung dokumentiert. Sie werden ebenfalls in den technischen Unterlagen der WEA-Hersteller angegeben.

1.2.3 Zuschläge für Impulse (Impulshaltigkeit) K_I

Impulshaltige Geräusche können z.B. durch den Turmdurchgang des Rotorblatts entstehen und 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 ähnlich wie bei der Tonhaltigkeit, 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.

1.2.1 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 Schalleistungspegeln. Infraschall bezeichnet Schall in einem Frequenzbereich unter 20 Hz.

Alle derzeit bekannten Untersuchungen, Messungen und Studien¹ 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.

¹

- 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
- Umwelt- und Naturverträgliche Windenergienutzung in Deutschland (Onshore), Deutscher Naturschutzring, Dachverband des deutschen Natur- und Umweltverbände, www.dnr.de/downloads/infraschall_04-2011.pdf
- Bayerisches Landesamt für Umwelt & Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, ‚UmweltWissen, Windkraftanlagen – beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit?‘, 4. Auflage - November 2014

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

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