



Industrie Service

**Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.**

PRÜFBERICHT

Bewertung von Schallimmission

FUCHSTAL II (BAYERN)

Bericht Nr.: MS-1811-087-BY-SO-de

Revision 1

Datum: 21.05.2021

Unsere Zeichen:
IS-ESW-RGB

Das Dokument besteht aus
27 Seiten.
Seite 1 von 27

Bericht verfasst von:

Dipl.-Geogr. Jürgen Hahn
(Abteilung Wind Service Center)

Die auszugsweise Wiedergabe des Dokumentes und die Verwendung zu Werbezwecken bedürfen der schriftlichen Genehmigung der TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände.

Dipl.-Geogr. Florian Weber
(Abteilung Wind Service Center - Gruppenleiter)



Industrie Service

Auftraggeber

Gemeinde Fuchstal
Bahnhofstraße 1
D-86925 Fuchstal

Angaben zum Angebot

Angebots-Nr.	Datum	Dienstleistung
AN-WG-2101-022-BW	21.01.2021	Prüfbericht Bewertung der Schallimmission

Berechnete Konfigurationen

Lfd. Nr.	Konfig.-Nr.	Anzahl WEA	WEA-Typ	Leistung	Durchmesser	Nabenhöhe
05	I	3	Enercon E-160 EP5 E2	5.5 MW	160 m	166.6 m

Ausgehändigte Berichte und Änderungen

Revision	Datum	Titel des Berichtes und Kurzbeschreibung der Änderung
00	17.05.2019	- Prüfung Bewertung der Schallimmission - Erstbericht
01	21.05.2021	- Prüfung Bewertung der Schallimmission - Geänderte Konfiguration

Angaben zur Vertraulichkeit

Stufe	Klassifikation	Definition
A	streng vertraulich	Mit dem Auftraggeber existiert eine personenbezogene geprüfte Vertraulichkeitsvereinbarung
B	Betriebsgeheimnis	Mit dem Auftraggeber existiert eine geprüfte Vertraulichkeitsvereinbarung

Vereinbarte Vertraulichkeitsstufe: A

Angaben zur Akkreditierung

Prüflab-Nr.	Arbeitsanweisung
D-PL-14153-02-05	AAWSC-007

Hinweise

- Punkt anstatt Komma als Dezimaltrennzeichen
- Hochstrich als Zifferngruppierung
- Es existieren keinen wirtschaftlichen oder weiterführende geschäftlichen Verflechtungen mit dem Auftraggeber



Inhalt

0	Gesetzliche Vorgaben der Berechnung	4
0.1	Normen.....	4
0.2	Begriffserklärungen.....	4
0.3	Berechnungsmodell	5
0.4	Einwirkungsbereich, maßgebliche Immissionsorte und Schallrichtwerte	8
1	Eingangsdaten für die Immissionsberechnung.....	9
1.1	Karteninformationen	9
1.2	Windparkkoordinaten und anlagenspezifische Informationen.....	10
2	Schalltechnische Eingangsdaten	11
2.1	Angaben zu den verwendeten Schallleistungspegeln	11
2.2	Qualität der Prognose	12
2.3	Analyse der betrachteten Unsicherheiten.....	13
3	Einwirkungsbereich und maßgebliche Immissionsorte.....	14
3.1	Einwirkungsbereich Zusatzbelastung.....	14
3.2	Tabellarische Darstellung der Immissionsorte.....	15
4	Ergebnisse der Immissionsprognose	16
4.1	Ergebnisse für die Beurteilung in den Nachtstunden – Zusatzbelastung, Konfiguration I 16	
4.2	Ergebnisse für die Beurteilung in den Nachtstunden.....	16
5	Ergebnisbewertung	17
5.1	Angaben zu den Nebenbestimmungen	17
5.2	Hinweise zu den Ergebnissen.....	18
6	Literaturverzeichnis.....	19
7	Anhang	22
7.1	Abkürzungsverzeichnis	22
7.2	Standortbesichtigung und notwendige Begutachtungen.....	23
7.2.1	Begutachtung von Immissionsorten	23
7.2.2	Begutachtungen von vorhandenen nahe liegenden Windkraftanlagen	23
7.2.3	Panorama-Fotos am Standort des Windparks.....	24
7.3	Auszüge aus den verwendeten Schallleistungspegeldokumenten	25
7.4	Originalausdrucke der Berechnungen.....	27



0 Gesetzliche Vorgaben der Berechnung

0.1 Normen

Die Prognose der Schallausbreitung wird gemäß den Vorgaben der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA-Lärm, [1]) auf Basis der DIN ISO 9613-2 durchgeführt. Die hierzu notwendigen Eingangsdaten sowie Vorgehensweise innerhalb der Prognose der Schallausbreitung werden durch die Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA) [34] präzisiert. Dabei wird das Verfahren nach der DIN ISO 9613-2 [2] durch die Vorgaben des Interimsverfahrens modifiziert [35], um die Berechnung der Schallausbreitung auch für Quellen höher als 30 m durchführen zu können.

Die prognostizierten Beurteilungspegel für Emittenten über 30 m weisen gemäß mehrerer unabhängiger Feldversuche in einfach gegliedertem Gelände eine hohe Übereinstimmung mit den bei Schallmessungen ermittelten Schallpegeln auf.

Die Bewertung der prognostizierten Beurteilungspegel erfolgen anhand der TA Lärm [1]. Als Eingangsdaten kommen Schalleistungspegel in Frage, welche durch ein akkreditiertes Messinstitut gemäß den Vorgaben der FGW-Richtlinie [3] bzw. der IEC 61400-11 [5] ermittelt wurden. Liegen noch keine Messberichte vor, so kann auch ein Schalleistungspegel aus Herstellerangaben als Eingangsdatensatz verwendet werden.

0.2 Begriffserklärungen

Im Sinne von Schallausbreitungen sind zunächst Emissionen und Immissionen zu differenzieren. Emissionen sind hierbei im Allgemeinen die von einer Quelle oder Emittent ausgehenden Geräusche, Erschütterungen, etc. Im Gegensatz hierzu sind Immissionen Einwirkungen, die auf ein Ziel oder einen Immissionsort wirken.

Bei der Geräuschemission einer Quelle werden die folgenden Begriffe unterschieden:

- $L_{W,i}$: unbewertete Oktavband-Schallleistung, i Nummer des Terz- oder Oktavbands.
- $L_{WA,i}$: A-bewerteter Schalleistungspegel, i Nummer des Terz- oder Oktavbands.
- L_{AT} (LT): A-bewerteter Langzeitmittlungspegel, auch Beurteilungspegel.

Hierzu ist anzumerken, dass das menschliche Gehör Schall mit unterschiedlicher Frequenz bei gleichem Leistungspegel unterschiedlich stark wahrnimmt. Da eine WEA im Bereich des hörbaren Frequenzbandes unterschiedlich laute Geräusche emittiert, wird in der Praxis der Schalleistungspegel L_W über einen der Hörcharakteristik des Menschen angepassten Filter gemessen. Damit können unterschiedliche Geräusche miteinander verglichen und bewertet werden. Dieser über einen Filter (mit der Charakteristik „A“ nach DIN EN 61672-1:2014-07 [4]) gemessene Schalleistungspegel wird als „A-bewerteter Schallpegel“ (L_{WA}) bezeichnet. Dieser wird für die Berechnung der Schallausbreitung nach DIN ISO 9613-2 verwendet.

Im Fall von Windenergieanlagen ist gemäß den LAI-Hinweisen [34] bzw. dem Interimsverfahren [35] als Modifikation der DIN ISO 9613-2 [2] für Schallquellen höher als 30 m davon auszugehen, dass die Geräusche einer Windenergieanlage als Ersatzquelle eine ungerichtete, frequenzabhängige Punktschallquelle darstellen. Im Rahmen einer prognostischen Ausbreitungsberechnung wird davon ausgegangen, dass auf dem Schallweg zwischen Emittent und Immissionsort eine Oktavbanddämpfung vorliegt.

Im Allgemeinen ist auf Grund der Abstände zwischen Emittenten (hier: Windenergieanlagen) und Immissionsort davon auszugehen, dass eine Schallreflexion in der Mehrzahl der Fälle ausgeschlossen werden kann. Während der Standortbesichtigung wird die Möglichkeit einer Schallreflexion geprüft.



Als Eingangsdatensatz zur Schallausbreitung von Windkraftanlagen sind gemäß Vorgabe durch die LAI-Hinweise nachfolgende Schallleistungspegel inkl. anlagenbezogener Oktavspektren, ersatzweise das Referenzspektrum, als Eingangsdatensatz zur Schallausbreitung definiert.

- Schallleistungspegel aus Herstellerangaben
- Einfach vermessene Schallleistungspegel
- Mehrfach vermessene Schallleistungspegel

Schallleistungspegel werden bei einer Windgeschwindigkeit in 10 m Bezugshöhe angegeben, zudem werden die Schallleistungspegel in Windgeschwindigkeits-BINs über eine Windgeschwindigkeitsspanne in anlagenbezogenen Oktavspektren angegeben.

0.3 Berechnungsmodell

Innerhalb des Programms WindPRO (Modul DECIBEL) ist die Berechnungsmethode gemäß der DIN ISO 9613-2 implementiert. Das in dieser Prognose verwendete Verfahren mit Oktavbanddaten ermittelt die Schalldruckpegel an den jeweiligen Immissionsorten nach den im Weiteren aufgeführten Gleichungen und Berechnungsvorgängen.

Sind am oder in der Nähe des zu untersuchenden Standortes bereits bestehende WEA vorhanden, so sind diese im auszustellenden Bericht zu berücksichtigen. Hierbei sind getrennte Berechnungen von Vor- (Berechnung unter Berücksichtigung der Bestandsanlagen und anderer Emittenten), Zusatz- (Berechnung unter Berücksichtigung der neu hinzukommenden Anlagen) sowie der Gesamtbelastung (Berechnung unter Berücksichtigung aller Emittenten) durchzuführen.

Nach Vorgabe der LAI-Hinweise erfolgt die Berechnung der Schallausbreitung durch Erweiterung der ISO 9613-2 mittels Interimsverfahrens frequenzselektiv. Hierbei finden entweder qualifizierte Informationen über detaillierte anlagenbezogene Oktavspektren oder die Umrechnung mittels eines durch die LAI-Hinweise vorgegebenes Referenzspektrums statt. Der Dauerschalldruckpegel jeder einzelnen Quelle am Immissionspunkt berechnet sich nach der ISO 9613-2 bzw. Interimsverfahren dann wie folgt:

$$L_{fT}(DW) = L_{WA} + D_C - A \quad [1.1]$$

L_{WA} : Oktavband-Schallleistungspegel der Punktschallquelle (a-bewertet)

D_C : Richtwirkungskorrektur für eine ungerichtete, ins Freie abstrahlende Punktschallquelle

$$D_C = 0 \text{ dB}(A) \quad [1.2]$$

A : Dämpfung zwischen der Punktquelle (WEA-Gondel) und dem Immissionspunkt, die während der Schallausbreitung vorhanden ist. Sie bestimmt sich aus den folgenden Dämpfungsarten:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} \quad [1.3]$$

A_{div} : Dämpfung aufgrund der geometrischen Ausbreitung

$$A_{div} = [20 \lg \left(\frac{d}{1 \text{ m}} \right) + 11] \text{ dB} \quad [1.4]$$

d : Abstand zwischen Quelle und Immissionspunkt

A_{atm} : Dämpfung durch die Luftabsorption

$$A_{atm} = \alpha_f \frac{d}{1000} \quad [1.5]$$

α_f : Absorptionskoeffizient der Luft für jeden Oktavband bei der Bandmittenfrequenz

Dieser Wert für α_f bezieht sich auf die Schallausbreitungsbedingungen bei einer Temperatur von 10° und relative Luftfeuchtigkeit von 70%. Die Werte für die Luftdämpfung α für Oktavbänder sind in nachfolgender Tabelle angegeben.

Luftdämpfungskoeffizient α je Bandmittenfrequenz in [dB/km]									
T [°C]	F [%]	Bandmittenfrequenz [Hz]							
		63	125	250	500	1'000	2'000	4'000	8'000
10	70	0.1	0.4	1.0	1.9	3.7	9.7	32.8	117

Tabelle 1: Luftdämpfungskoeffizient α für Oktavbänder.

A_{gr} : Bodendämpfung

$$A_{gr} = -3 \text{ dB(A)} \quad [1.6]$$

A_{bar} : Dämpfung aufgrund der Abschirmung (Schallschutz); in der vorliegenden Berechnung wird ohne Schallschutz gerechnet $\rightarrow A_{bar} = 0$.

A_{misc} : Dämpfung aufgrund verschiedener weiterer Effekte (Bewuchs, Bebauung, etc.); in der vorliegenden Berechnung werden diese Effekte nicht berücksichtigt $\rightarrow A_{misc} = 0$.

Der resultierende Schallimmissionspegel berechnet sich nach

$$L_{AT} (DW) = 10 \lg[10^{0.1 L_{AfT(63)}} + 10^{0.1 L_{AfT(125)}} + 10^{0.1 L_{AfT(250)}} + 10^{0.1 L_{AfT(500)}} + 10^{0.1 L_{AfT(1000)}} + 10^{0.1 L_{AfT(2000)}} + 10^{0.1 L_{AfT(4000)}} + 10^{0.1 L_{AfT(8000)}}] \quad [1.7]$$

L_{AfT} : A-bewerteter Schalldruckpegel der einzelnen Schallquelle bei unterschiedlichen Mittenfrequenzen (63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz).

Liegen keine qualifizierten Informationen zu anlagenbezogenen Oktavspektren vor, erfolgt die Umrechnung über folgende Referenzspektren:

Referenzspektren								
Referenzspektrum in [dB(A)]								
f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L _{WA,Norm} (LAI-Hinweise)	-20.3	-11.9	-7.7	-5.5	-6.0	-8.0	-12.0	---
L _{WA,Norm} (WindPRO)	-20.3	-11.9	-7.7	-5.5	-6.0	-8.0	-12.0	-22.9

Tabelle 2: Referenzspektren.



Die LAI-Hinweise decken nur die Oktavbänder bis 4'000 Hz ab. Für den Frequenzbereich von 8'000 Hz wird entsprechend der Angaben von WindPRO [5] der Wert -22.9 dB(A) verwendet.

Soll ein Windpark berechnet werden, so liegen den Berechnungen mehrere n Schallquellen zugrunde. Damit überlagern sich die einzelnen Schalldruckpegel $L_{AT,i}$ entsprechend den Abständen zum betrachteten Immissionsort. In der Bewertung der Lärmimmission nach TA-Lärm ist der aus allen n Schallquellen resultierende Schalldruckpegel L_{AT} unter Berücksichtigung der Zuschläge nach der folgenden Gleichung zu ermitteln:

$$L_{AT} (LT) = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1 (L_{AT,i} + K_{T,i} + K_{I,i})} \quad [1.8]$$

L_{AT} : Beurteilungspegel am Immissionsort

$L_{AT,i}$: Schallimmissionspegel am Immissionsort einer Emissionsquelle i

i : Index für alle Geräuschquellen von 1 - n

$K_{T,i}$: Zuschlag für Tonhaltigkeit einer Emissionsquelle i

$K_{I,i}$: Zuschlag für Impulshaltigkeit einer Emissionsquelle i

Tonhaltigkeit K_T und Impulshaltigkeit K_I

Der Zuschlag in der Schallausbreitung orientiert sich an der Tonhaltigkeit im Nahbereich K_{TN} (gemessen bei der Emissionsmessung [3]) und richtet sich nach [34]:

- $K_T = 0$ für $0 \leq K_{TN} \leq 2$

Für WEA-Typen, bei denen in Messberichten nach der FGW-Richtlinie ein $K_{TN} = 2$ dB im Nahbereich ausgewiesen wird, ist am maßgeblichen Immissionsort eine Abnahmemessung zur Beurteilung der Tonhaltigkeit erforderlich. WEA, die im Nahbereich höhere Tonhaltigkeit aufweisen, sind nicht Stand der Technik. Wird hierbei eine immissionsseitige Tonhaltigkeit festgestellt, müssen Maßnahmen zur Minderung der Tonhaltigkeit ergriffen werden (kurzfristig z. B. Vermeiden des Dauerbetriebs mit der Drehzahl, bei welcher die Tonhaltigkeit auftritt; langfristig: technische Minderungsmaßnahmen). [34].

Die Geräuschcharakteristik, welche durch die Drehbewegung der Rotorblätter erzeugt wird, ist in der Regel weder als ton- oder impulshaltig einzustufen [34]. Ein Auftreten entspricht somit nicht dem Stand der Lärminderungstechnik und wird den hier berechneten modernen WEA-Typen nicht unterstellt.

Infraschall und tieffrequente Geräusche

Gemäß Hinweisen zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen [34] liegt die Infraschall-erzeugung selbst im Nahbereich (bei 150 m und 300 m) deutlich unterhalb der Wahrnehmungsschwelle, wodurch nach derzeitigem Erkenntnisstand keine Gesundheitsschäden oder erhebliche Belästigungen zu erwarten sind [22][28][31][32][33].



0.4 Einwirkungsbereich, maßgebliche Immissionsorte und Schallrichtwerte

Unter Berücksichtigung der Eingangsdaten (Schalleistungspegel inkl. Unsicherheit, technische Parameter der Anlage) wird anhand des Ausbreitungsmodells der Einwirkungsbereich gemäß TA Lärm zur ermittelt. Ausgehend vom Einwirkungsbereich werden die maßgeblichen Immissionsorte, an denen die höchste Belastung erwartet wird, bestimmt.

Um Nachbarn der geplanten WEA nicht erheblich zu benachteiligen oder zu belästigen, müssen Einhaltung von Mindestabständen oder anderen technischen Maßnahmen sichergestellt werden. Je nach Nutzungsart der benachbarten Flächen werden dazu in der TA Lärm [1] maximal zugelassene Immissionsrichtwerte für den Beurteilungspegel vorgegeben. Ergänzend hierzu finden sich auch Angaben in VDI, Blatt 1 [10]. Eine Übersicht erfolgt in der folgenden Tabelle.

Schallrichtwerte nach Schutzbedürftigkeit			
Nutzungsart	Kurzbezeichnung	Zeitraum	Immissionsrichtwert
[-]	[-]	[-]	[dB(A)]
Industriegebiete	GI		70
Gewerbegebiete	GE	Tag	65
		Nacht	50
Urbane Gebiete	MU	Tag	63
		Nacht	45
Kerngebiete, Dorfgebiete, Mischgebiete	MD / MI	Tag	60
		Nacht	45
Allg. Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete	WA / WS	Tag	55
		Nacht	40
Reine Wohngebiete	WR	Tag	50
		Nacht	35
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	SO	Tag	45
		Nacht	35

Tabelle 3: Übersicht über die möglichen Einstufungen der genutzten Nachbarflächen. Tag bezeichnet den Zeitraum von 06:00 – 22:00 Uhr, Nacht von 22:00 – 06:00 Uhr.

Sofern der Gebietstyp nicht in rechtskräftigen Bebauungsplänen festgesetzt ist, werden gemäß Nr. 6.6 der TA-Lärm (Zuordnung des Immissionsortes) diese Gebiete und Einrichtungen nach ihrer Schutzbedürftigkeit beurteilt. Handelt es sich bei der tatsächlichen Nutzung um sog. Außenbereiche, werden diese entsprechend dem Gebietstyp Kerngebiete, Dorfgebiete, Mischgebiete gleichgesetzt.



1 Eingangsdaten für die Immissionsberechnung

1.1 Karteninformationen

Das topographische Modell sowie das Höhenlinienmodell wird auf Basis des vorhandenen Materials angefertigt. In der nachfolgenden Tabelle finden sich die wesentlichen Informationen wieder.

Karteninformationen	
Topographische Karte	
Herkunft Datenbestand	Topographische Karte
Maßstab	1:10'000
Modellgröße	ca. 20 km x 21 km
Orographische Informationen	
Herkunft Datenbestand	DGM 25
Modellgröße	ca. 39 km x 48 km
Abstand der Höhenlinien zueinander	10 m

Tabelle 4: Karteninformationen.

Des Weiteren werden durch die TÜV SÜD Industrie Service GmbH die amtlichen Kartenwerke des Geoportals [23] genutzt, insbesondere die Katasterkarten und Luftbilder werden zur Festlegung der Immissionsorte verwendet.

Zusätzlich wurden durch den Markt Kaltenthal Bebauungspläne [25] sowie durch die Verwaltungsgemeinschaft Fuchstal Flächennutzungspläne und Informationen zu Gebietseinstufungen [24] übermittelt. Seitens des Ingenieurbüros Sing GmbH wurde bestätigt, dass derzeit auch keine Ortsweiterungen vorgesehen sind [27]. An dieser Feststellung hat sich nach Rücksprache mit dem Kunden und Sichtung der Kartenlage keine Aktualisierung ergeben.

Diese Informationen in der Umgebung des geplanten Standortes wurden betrachtet, um die Maßgeblichkeit von Wohnbebauungen als Immissionsorte im Einwirkungsbereich der geplanten WEA zu beurteilen.



1.2 Windparkkoordinaten und anlagenspezifische Informationen

Die Standortkoordinaten für die geplanten WEA am Standort Fuchstal II wurden über den Auftraggeber mitgeteilt [16]. Die Angabe der Fußpunkthöhe wurde durch den Auftraggeber vorgegeben, bezieht sich allerdings auf leicht andere Koordinaten [18]. Die Höhenangaben werden nach Sichtung der Kartenlage als anwendbar bewertet.

In den nachfolgenden Tabellen sind die Koordinaten der geplanten WEA sowie die anlagenspezifischen Informationen zum betrachteten WEA-Typ dargestellt.

Windparkkoordinaten - geplanter Standort

Windpark Fuchstal II	Anlagentyp	Nabenhöhe	Durchmesser	Leistung	Koordinatensystem		Höhe ü. NN (ca.)
					Gauß-Krüger Zone 4, DHDN		Fußpunkt
	[-]	[m]	[m]	[MW]	RW	HW	[m]
WEA01	Enercon E-160 EP5 E2	166.6	160	5.5	4'410'486	5'306'983	752
WEA02		166.6	160	5.5	4'410'397	5'306'534	755
WEA03		166.6	160	5.5	4'410'370	5'306'010	760

Tabelle 5: Koordinaten und technische Daten der geplanten WEA am Standort (Konfiguration I).

In der Nähe des geplanten Standortes Fuchstal II befinden sich die bereits bestehenden Anlagen des Windparks Fuchstal I sowie des Windparks Denklingen. Die Koordinaten und anlagenspezifischen Informationen wurden über den Auftraggeber [17] mitgeteilt und werden in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Windparkkoordinaten - zu berücksichtigende Anlagen am Standort

Windpark Fuchstal I	Anlagentyp	Nabenhöhe	Durchmesser	Leistung	Koordinatensystem		Höhe ü. NN (ca.)
					Gauß-Krüger Zone 4, DHDN		Fußpunkt
	[-]	[m]	[m]	[MW]	RW	HW	[m]
WEA01	Enercon E-115	149	115.7	3.0	4'409'068	5'307'199	753
WEA02		149	115.7	3.0	4'409'133	5'306'869	758
WEA03		149	115.7	3.0	4'409'152	5'306'478	761
WEA04		149	115.7	3.0	4'409'114	5'306'046	763
Windpark Denklingen	Anlagentyp	Nabenhöhe	Durchmesser	Leistung	Koordinatensystem		Höhe ü. NN (ca.)
					Gauß-Krüger Zone 4, DHDN		Fußpunkt
	[-]	[m]	[m]	[MW]	RW	HW	[m]
WEA01	Vestas V80	100	80	2.0	4'412'583	5'308'250	734
WEA02	Vestas V90	105	90	2.0	4'412'276	5'307'863	735

Tabelle 6: Koordinaten und anlagenspezifische Informationen zum bestehenden Windpark.

2 Schalltechnische Eingangsdaten

2.1 Angaben zu den verwendeten Schallleistungspegeln

Im Rahmen einer akustischen Vermessung einer Windenergieanlage nach FGW-Richtlinie [3] werden alle „normalen“ Geräusche im Wert des A-bewerteten Schallleistungspegels L_{WAeq} zusammengefasst. Danach können die Schallemissionswerte eines Anlagentyps gemäß der IEC 61400-14 TS ed. 1 [9] angegeben werden. Besondere Auffälligkeiten wie z. B. Ton- oder Impulshaltigkeit werden explizit genannt und numerisch angegeben. Die Geräuschentwicklung einer WEA und damit der Schallleistungspegel ist abhängig von der Windgeschwindigkeit. Daher ist zu den akustischen Kenngrößen einer Windenergieanlage immer die Angabe der zugehörigen Windgeschwindigkeit notwendig.

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten akustischen Daten des verwendeten WEA-Typs der Zusatzbelastung aufgeführt.

Schalltechnische Eingangsdaten - Zusatzbelastung					
WEA-Typ	Modus	Verwendeter L_{WA}	Standard-abweichung	Art des Schallleistungspegels	Oktavbanddaten
[-]	[-]	[dB(A)]	[dB(A)]	[-]	[-]
Enercon E-160 EP5 E2	Standard	106.8	---	Berechnet, aus Herstellerangaben	aus Herstellerangaben

Tabelle 7: Schalltechnische Eingangsdaten des geplanten WEA-Typs.

Für den Anlagentyp liegen Dokumente des Herstellers vor. Die Oktavbänder mit der lautesten Schallemission sind seitens des Herstellers (Dokument D0999004-0 / DA vom 28.08.2020 [28]) einem Schallleistungspegel von 106.8 dB(A) bei 5.5 m/s auf 10 m Bezugshöhe ausgewiesen.

Für die Berechnungen werden die obigen Oktavbanddaten der Zusatz- und Vorbelastung mit dem jeweiligen Aufschlag der Unsicherheiten im Sinne der oberen Vertrauensbereichsgrenze (OVBG) verwendet. Die eingeflossenen Unsicherheiten werden in Abschnitt 2.3 dargestellt.

2.2 Qualität der Prognose

Die TA-Lärm sieht unter Punkt A.2.6. vor, dass Geräuschimmissionsprognosen Aussagen über die Qualität der Prognose enthalten sollen. Die Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen präzisieren diese Angaben. Diese im Folgenden vorgenommene Prognose bezieht sich auf die geltenden Normen und Richtlinien.

Bei Windenergieanlagen bestimmen folgende Faktoren die Qualität der Prognose:

- Ungenauigkeit der Schallemissions-Vermessung der WEA bzw. des Schallleistungspegels (σ_R)
- Serienstreuung der WEA (σ_P)
- prinzipielle Unsicherheit des Prognosemodells der Ausbreitungsrechnung (σ_{Prog})

Dabei sind:

$$\sigma_{Prog} = 1.0 \text{ dB(A)}$$

$$\sigma_P = 1.2 \text{ dB(A)}, \text{ wenn keine Mehrfachmessung vorliegt,}$$

sonst

$$\sigma_P = s, \text{ Standardabweichung der Mehrfachvermessung}$$

$$\sigma_R = 0.5 \text{ dB(A)}, \text{ wenn die WEA gem. DIN 61400 – 11 bzw. FGW vermessen wurde,}$$

oder

Bei berechneten Schallleistungspegeln aus Herstellerangaben werden die vom Anlagenhersteller angegebenen Unsicherheiten der Emissionsdaten (Messunsicherheit und Serienstreuung) angewendet. Bei fehlenden Angaben wird die Serienstreuung mit dem Standardwert von 1.2 dB(A) angesetzt. Die Unsicherheit des Schallleistungspegels wird mit 0.5 dB(A) betrachtet, da bei Verwendung von berechneten Schallleistungspegeln gemäß LAI-Hinweise eine Abnahmemessung der WEA erforderlich ist und hierbei eine FGW-konforme Messung unterstellt wird.

Die Gesamtunsicherheit der Schallimmissionsprognose berechnet sich dann:

$$\sigma_{ges} = \sqrt{(\sigma_R^2 + \sigma_P^2 + \sigma_{Prog}^2)} \quad [3.1]$$

In einer statistischen Betrachtung ergibt sich der Zuschlag zur oberen Vertrauensbereichsgrenze ΔL :

$$\Delta L = 1.28 \sigma_{ges} \quad [3.2]$$

Der Zuschlag zur oberen Vertrauensbereichsgrenze wird auf den für den Anlagentypen im Abschnitt 5 angegebenen Schallleistungspegel im Berechnungsmodell aufgeschlagen:

$$L_{WA90\%} = L_{WA} + \Delta L \quad [3.3]$$

Wenn der resultierende Beurteilungspegel $L_{AT90\%}$ den Immissionsrichtwert unterschreitet, sind die Anforderungen der TA Lärm im Abschnitt 3.2 erfüllt.

$$L_{AT90\%} \leq \text{Immissionsrichtwert}$$



2.3 Analyse der betrachteten Unsicherheiten

In der nachfolgenden Tabelle werden die Unsicherheiten für die hier untersuchte Konfiguration der Zusatzbelastung angegeben.

Unsicherheitsbewertung		
Analysierter Teilbereich		Bewertung in [dB(A)] je Betriebsmodus
		Standardmodus
		bitte auswählen
Unsicherheit des Prognosemodells	σ_{Prog}	1.0
Unsicherheit des SLPs	σ_R	0.5
Serienstreuung der WEA	σ_P	1.2
Kombinierte Standardunsicherheit	σ_{ges}	1.6
Zuschlag zur oberen Vertrauensbereichsgrenze	ΔL	2.1
Schallleistungspegel im Sinne der oberen Vertrauensbereichsgrenze	$L_{\text{WA90\%}}$	108.9

Tabelle 8: Darstellung der kombinierten Unsicherheit und des Zuschlags zur oberen Vertrauensbereichsgrenze für die Konfiguration I der Zusatzbelastung.

Die Prognoseunsicherheit σ_{Prog} entspricht mit 1.0 dB(A) dem in den LAI-Hinweisen gesetzten Wert. Bzgl. der Unsicherheit des Schallleistungspegels und der Serienstreuung sind seitens des Herstellers entsprechende Vorgaben in den Dokumenten vorgegeben.

Somit ergibt sich eine kombinierte Standardunsicherheit von 1.6 dB(A) für die Zusatzbelastung bzw. ein Unsicherheitszuschlag im Sinne der oberen Vertrauensbereichsgrenze von 2.1 dB(A) für die Zusatzbelastung

Die Unsicherheit wird auf die Oktav-Schallleistungspegel aufgeschlagen und im Modell verwendet. Die entsprechenden Oktavbanddaten können den detaillierten Berechnungsergebnissen im Anhang entnommen werden.

3 Einwirkungsbereich und maßgebliche Immissionsorte

3.1 Einwirkungsbereich Zusatzbelastung

Auf Grundlage der im vorangegangenen Abschnitt ermittelten Oktav-Schallleistungspegel und den entsprechenden Unsicherheiten wird nachfolgend der Einwirkungsbereich der geplanten Anlagen ermittelt. Im Einwirkungsbereich werden anschließend die maßgeblichen Immissionsorte festgelegt.

Die Berechnung des Einwirkungsbereichs folgt den Vorgaben der TA Lärm mit 10 dB(A) Unterschied zum Richtwert des zu untersuchenden Immissionsortes.

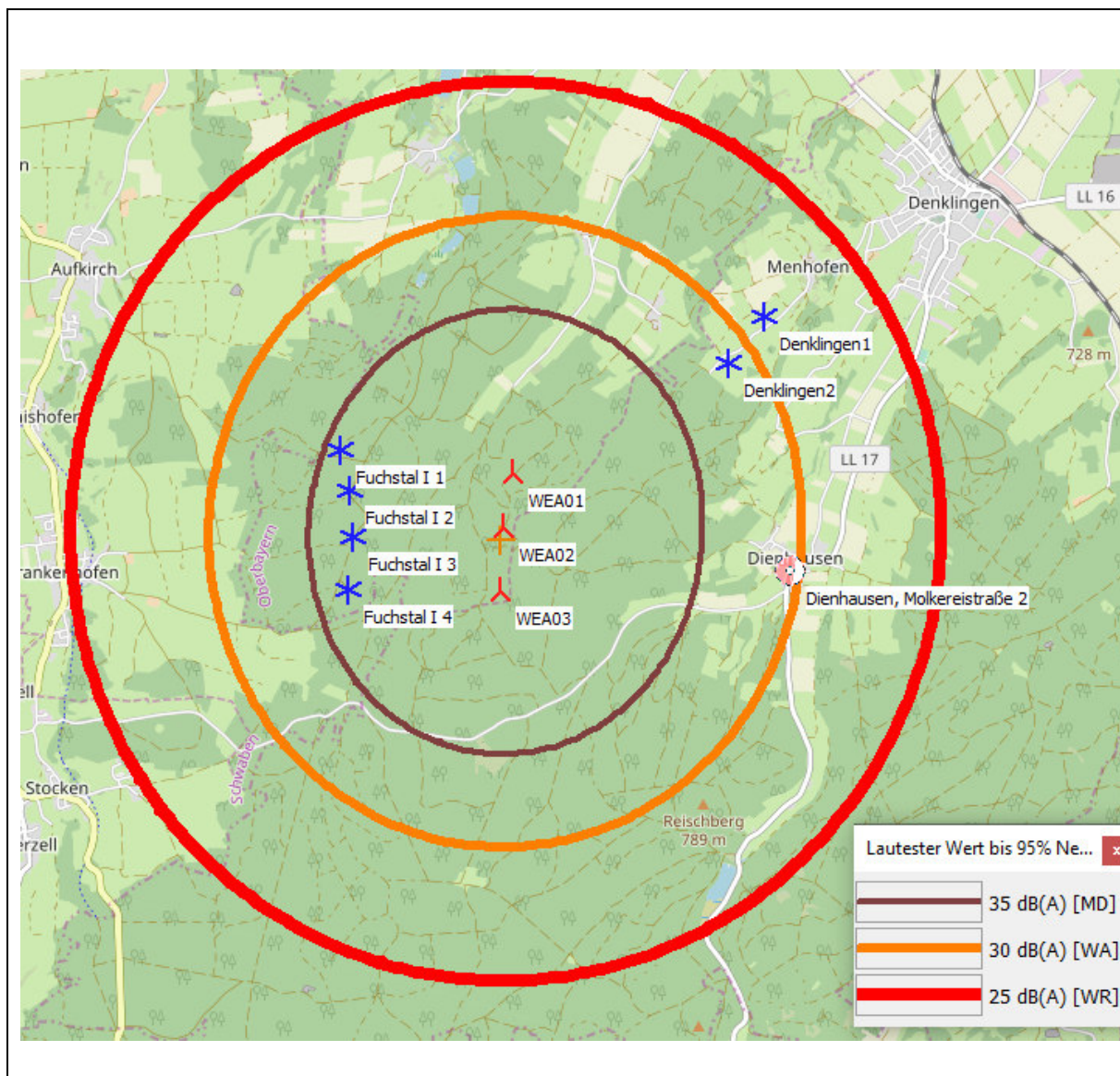


Abbildung 1: Topografische Karte [17] mit den Standorten der geplanten WEA (red wind turbine symbols) und bestehenden WEA (blue asterisk symbols). Maßgebliche Immissionsorte sind als Kreissignatur mit Beschreibung eingetragen.



3.2 Tabellarische Darstellung der Immissionsorte

Der Immissionsort wird durch die TÜV SÜD Industrie Service GmbH mittels der verfügbaren amtlichen Kartenwerke sowie Luftbildern ermittelt. Die Koordinaten werden anhand der für die jeweiligen Ortschaften verfügbaren Flurkarten [23] bestimmt. Der Immissionsort wird im Rahmen einer Standortbesichtigung überprüft und plausibilisiert.

Die jeweilige Gebietstypisierung der Immissionsorte wird anhand von verfügbaren Bauleitplänen [24][25] der umliegenden Gemeinden vom Gutachter ermittelt. Die Aktualität der vorliegenden Unterlagen wird über das Ingenieurbüro Sing bestätigt [27]. Der Sachstand wurde im Vorfeld der Erstellung dieser Revision als unverändert bestätigt.

Im Einwirkungsbereich der geplanten Anlagen sind hinsichtlich einem Immissionsrichtwert von 45 dB(A) bzw. einem Immissionsrichtwert von 35 dB(A) keine Immissionsorte als maßgeblich zu bewerten.

Im Einwirkungsbereich mit einem Immissionsrichtwert von 40 dB(A) befindet sich ein Wohngebiet im Südosten von Dienhausen. Hierbei wird als maßgeblicher Immissionsort das nächstgelegene Wohnhaus (Molkereistraße 2) gesetzt.

Die Koordinaten der Immissionsorte werden in die verwendete topographische Karte (Maßstab 1:10'000) übertragen.

In den nachfolgenden Tabellen sind die Koordinaten, postalische Adresse der zu berücksichtigenden Immissionsorte sowie deren Einstufung in die jeweilige Nutzungsart (vgl. Abschnitt 1.4) sowie weitere Einstellungsparameter dargestellt.

Koordinaten der Immissionsorte				
Immissionsort	Koordinatensystem		Höhe ü. NN ca.	
	Gauß-Krüger, Zone 4, DHDN		Höhe ü. NN	Aufpunkthöhe
	RW	HW	[m]	[m]
A	4'412'769	5'306'140	720	5

Tabelle 9: Koordinaten der Immissionsorte und weitere Einstellungsparameter.

Schutzbedürftigkeit der Immissionsorte				
Immissionsort	Bezeichnung	Einstufung	Immissionsrichtwert	
			Nachtstunden	Tagstunden
			[dB(A)]	[dB(A)]
A	Dienhausen, Molkereistraße 2	WA	40	55

Tabelle 10: Postalische Adresse und Einstufung der Immissionsorte.

Auf Grund des großen Abstandes und der Ausrichtung des Wohnhauses ist nicht von einer möglichen Reflexion auszugehen.

4 Ergebnisse der Immissionsprognose

Nachfolgend die zusammengefassten Ergebnisse der Schallimmissionsprognose nach TA Lärm. Die detaillierten Ergebnisse sind den Ausdrucken im Anhang zu entnehmen.

4.1 Ergebnisse für die Beurteilung in den Nachtstunden – Zusatzbelastung, Konfiguration I

Die anlagenspezifischen Betriebsmodi in Konfiguration I sind in nachfolgender Tabelle als Übersicht ausgegeben.

Konfiguration I		
Windpark Fuchstal II	Betriebsmodus	
	Tagstunden 06:00 - 22:00	Nachtstunden 22:00 - 06:00
WEA 01	0 s	
WEA 02	0 s	
WEA 03	0 s	

Tabelle 11: Übersicht der Betriebsmodi in Konfiguration I.

Nachfolgend die Ergebnisse der Zusatzbelastung an den einzelnen Immissionsorten im Sinne der oberen Vertrauensbereichsgrenze.

Ergebnisse der Zusatzbelastung (Nachtstunden)					
Immissionsort	Immissionsrichtwert (Nachtstunden)	Zusatzbelastung inkl. ΔL	Beurteilungspegel (ganzzahlig)	Differenz zum Richtwert	Irrelevanzkriterium nach TA Lärm [1] eingehalten?
[-]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	
A	40	30.4	30	-10	ja

Tabelle 12: Ergebnisse der Zusatzbelastung inkl. Unsicherheitsbetrachtung (Konfiguration I – Nachtstunden).

Wie aus der vorangegangenen Tabelle ersichtlich, wird an dem Immissionsort A (Molke-reistraße 2) der Immissionsrichtwert um 10 dB(A) unterschritten, womit der Immissionsort als nicht maßgeblich bewertet wird.

Entsprechend kann die Betrachtung von Vorbelastungen gemäß dem Irrelevanzkriterium in Abschnitt 3.2.1 der TA Lärm an diesem Immissionsort entfallen.

Somit bildet die Zusatzbelastung im Sinne der oberen Vertrauensbereichsgrenze die Bewertungsgrundlage. Die Analyse der Vor- und Gesamtbelastung wird damit nicht berechnet und ausgegeben.

4.2 Ergebnisse für die Beurteilung in den Nachtstunden

Durch die deutliche Unterschreitung der Nachtrichtwerte werden auch die um 15 dB(A) höhere Tagesrichtwerte deutlich, um mindestens 20 dB(A) unterschritten. Daher wird auf den tabellarischen Vergleich der Ergebnisse mit den Tagesrichtwerten verzichtet.

5 Ergebnisbewertung

Wie in Abschnitt 4 dargestellt, werden die jeweiligen Immissionsrichtwerte an den als maßgeblich bewerteten Immissionsorten sowohl in den Tag-, als auch in den Nachtstunden im Sinne der oberen Vertrauensbereichsgrenze eingehalten.

Somit sind die geplanten Anlagen am Standort in der betrachteten Konfiguration I aus gutachterlicher Sicht genehmigungsfähig. Die anlagenspezifischen Betriebsmodi in Konfiguration I sind in nachfolgender Tabelle als Übersicht ausgegeben.

Konfiguration I		
Windpark Fuchstal II	Betriebsmodus	
	Tagstunden 06:00 - 22.00	Nachtstunden 22:00 - 06:00
WEA 01	0 s	
WEA 02	0 s	
WEA 03	0 s	

Tabelle 13: Übersicht der Betriebsmodi in der schalloptimierten Konfiguration I.

5.1 Angaben zu den Nebenbestimmungen

Nach Abschnitt 4.1 der LAI-Hinweise [34] ist der in der Prognose verwendete Schallleistungspegel $L_{e,max}$ als maximal zulässiger Emissionswert festzuschreiben. Hierbei sind die in der Prognose angesetzten Unsicherheiten der Emissionsdaten (Messunsicherheit σ_R bzw. Serienstreuung σ_P) als Toleranzbereich zu berücksichtigen.

Die nachfolgende Tabelle zeigt den maximalen Emissionswert sowie das zugehörige Oktavspektrum.

Maximale Emissionswerte und Oktav-Schallleistungspegel inkl. Toleranzbereich								
Maximaler Emissionswert $L_{e,max}$ in [dB(A)]								
Betriebsmodus					Standard			
Mittlerer Schallleistungspegel				\bar{L}_W	106.8			
Messunsicherheit				σ_R	0.5			
Serienstreuung				σ_P	1.2			
Maximal zulässiger Schallleistungspegel				$L_{e,max}$	108.5			
Oktav-Schallleistungspegel [dB(A)]								
Modus	Frequenz [Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0s	88.9	94.4	96.9	100.3	103.2	104.1	97.3	77.4

Tabelle 14: Maximaler Emissionswert und Oktav-Schallleistungspegel inkl. Toleranzbereich.



Industrie Service

5.2 Hinweise zu den Ergebnissen

- Die hier abgebildeten Berechnungen wurden mit dem Programm WindPRO, Modul DECIBEL, durchgeführt. Die einzelnen Einstellungsparameter sind den Ergebnissen im Anhang zu entnehmen. Fehler, die durch das Programm verursacht wurden (z. B. falsch implementierte Formeln oder ähnliches) und vom Verfasser nicht zu überprüfen sind, können zu schwerwiegenden Fehlern bei den Ergebnissen führen. Hierfür wird keine Haftung übernommen.
- Die Höhenlinien wurden auf Basis des digitalen Geländemodells DGM25 [20] der Landesvermessung erzeugt. Für auftretende Fehler wird keine Haftung übernommen.
- Die Position der Immissionsorte wird anhand der verfügbaren Flurkarten [23] überprüft und angepasst. Die als maßgeblich bewerteten Immissionsorte werden außerdem im Rahmen einer Standortbesichtigung plausibilisiert. Weitere Überprüfungen und Abstimmungen finden nicht statt.



6 Literaturverzeichnis

- [1] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm); GMBI 1998, August 1998, Geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BANz AT 08.06.2017 B5)
- [2] DIN ISO 9613-2 „Ausbreitung des Schalls im Freien“; Teil 2: „Allgemeines Berechnungsverfahren“; Oktober 1999
- [3] Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Teil 1: „Bestimmung der Schallemissionswerte“; Rev. 18; Februar 2008; Fördergesellschaft Windenergie e.V., Stresemannplatz 4, 24103 Kiel
- [4] DIN EN 61672-1: „Elektroakustik – Schallpegelmesser – Teil 1: Anforderungen (DIN IEC 651)“; 2014-07
- [5] EMD International A/S; WindPro 3.3 in Verbindung mit WindPRO DECIBEL Handbuch, online unter http://help.emd.dk/mediawiki/index.php?title=Handbuch_DECIBEL
- [6] Sachinformationen zu Geräuschemissionen und –immissionen von Windenergieanlagen; Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
- [7] C. Hammerl, J. Fichtner: „Langzeit-Geräuschemissionsmessung an der 1 MW-Windenergieanlage Nordex N54 in Wiggensbach bei Kempten (Bayern)“, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Januar 2000
- [8] DIN EN 61400-11 „Windenergieanlagen, Teil 11: Schallmessverfahren“, Februar 2000
- [9] IEC/TS 61400-14: “Wind turbines - Part 14: Declaration of apparent sound power level and tonality values”; März 2005
- [10] VDI 2720 Blatt 1: “Schallschutz durch Abschirmung im Freien“; Verein Deutscher Ingenieure; Ausgabe: 1997
- [11] DIN EN 50376, “Angabe des Schalleistungspegels und der Tonhaltigkeitswerte bei Windenergieanlagen“ - Entwurf; November 2001
- [12] DIN 45645-1: Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen – Teil 1: Geräuschemissionen in der Nachbarschaft, Juli 1996
- [13] DIN 45861: Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung des Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschemissionen, März 2005
- [14] TÜV SÜD Industrie Service GmbH, AN-WG-2101-022-BW, 21.01.2021
- [15] Gemeinde Fuchstal, Herr Erwin Karg, Beauftragung der Schallprognose Fuchstal II, 05.02.2021
- [16] TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Michaela Stark: Checkliste Standortbesichtigung: Fuchstal vom 21.04.2015
- [17] Ingenieurbüro Sing GmbH, Frau Sarah Spengler, Eingangsdaten für die Schallprognose Fuchstal II: Koordinaten des geplanten Windparks Fuchstal II sowie Koordinaten des bestehenden Windparks Fuchstal I, per E-Mail am 20.11.2018
- [18] Ingenieurbüro Sing GmbH, Herr Simon Maier, Eingangsdaten für die Schallprognose Fuchstal II: Geländehöhe der nächstgelegenen Vermessungspunkte für die geplanten Anlagen, per E-Mail am 20.11.2018
- [19] Landesamt für Vermessung und Geoinformation Bayern, Amtliche topographische Karten – Digitale Ortskarte 1:10'000, Ausgabe 2013, 2013



Industrie Service

- [20] Landesamt für Vermessung und Geoinformation Bayern, Digitales Geländemodell DGM25, 2013
- [21] AAWCS-007: Berechnung der Schallimmission, QM-Anweisung der Abteilung Wind Service Center, Rev. 7
- [22] Monika Agatz, Windenergie-Handbuch, 14. Ausgabe, Dezember 20
- [23] <http://geoportal.bayern.de>, Stand 17.12.2021
- [24] Verwaltungsgemeinschaft Fuchstal, Frau Sonja Wiedemann, Flächennutzungsplan und Information zu Gebietseinstufungen, per E-Mail am 02.12.2014 – weitergeleitet von Ingenieurbüro Sing GmbH, Pia Zordick, per E-Mail am 05.03.2015.
- [25] Markt Kaltenthal, Frau Sivia Taufratshofer, Bebauungspläne Markt Kaltenthal, per E-Mail bzw. zum Download am 15.04.2015.
- [26] TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Herr Jürgen Hahn, Übermittlung des Einwirkbereichs zur Abstimmung der Immissionsorte, per E-Mail am 22.11.2018
- [27] Ingenieurbüro Sing GmbH, Herr Simon Maier, Abstimmung Immissionsorte, per E-Mail am 10.12.2018
- [28] WRD Management Support GmbH / technische Redaktion, Dokument D0999004-0, Technisches Datenblatt Oktavbandpegel Betriebsmodus 0 s, ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E2 / 5500 kW mit TES (Trailing Edge Serrations), 28.08.2020
- [29] WRD Management Support GmbH / technische Redaktion, Technisches Datenblatt Betriebsmodus 0 s, ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E2 / 5500 kW mit TES (Trailing Edge Serrations), 28.08.2020
- [30] Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Kompetenzzentrum Windenergie der LUBW Referat 34: Fragen und Antworten zu Windenergie und Schall, November 2015
- [31] Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Bericht „Tieffrequente Geräusche und Infraschall von Windenergieanlagen und anderen Quellen“, Stand Februar 2016
- [32] Bayerische Landesamt für Umweltschutz und das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Handreichung „Windkraftanlagen – Beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit?“ aus 2014
- [33] Windenergieerlass Baden-Württemberg, Az.: 64-4583/404, 2016
- [34] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA), Überarbeiteter Entwurf vom 17.03.2016 mit Änderungen PhysE vom 23.06.2016, Stand 30.06.2016
- [35] Dokumentation zur Schallausbreitung. Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windenergieanlagen, Fassung 2015-05.1
- [36] DIN 1333:1992-02 „Zahlenangaben“



Haftungsausschluss

Der vorliegende Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen und nach allgemeinen Regeln der Technik angefertigt. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass das durch den Auftraggeber bzw. Dritte zur Verfügung gestellte Material (Schriften, Aufzeichnungen, Daten, Diagramme, etc.) von der TÜV Süd IS nicht auf Richtigkeit geprüft werden konnte, daher hierfür keine Fehlerfreiheit garantiert und keine Haftung übernommen werden kann.

Die ermittelten Ergebnisse sind nur im Kontext mit dem gesamten Bericht und unter besonderer Berücksichtigung der Hinweise und ermittelten Unsicherheiten zu den Ergebnissen zu verstehen.

Es soll zudem darauf hingewiesen werden, dass alle prognostizierte Werte im Bereich der Windenergienutzung sehr hohen Unsicherheiten unterliegen, da modellarische Berechnungen und entsprechende Parametrisierungen unter Umständen erhebliche Abweichungen zu realen Werten oder weiteren Modellergebnissen aufzeigen können.

Des Weiteren kann nicht gewährleistet werden, dass die anlagenspezifischen Angaben und Daten des Herstellers (z.B. Leistungskennlinie, Schallpegel, Standsicherheitswerte, Schubbeiwerte) eingehalten werden. Hierzu sollte ein geeigneter und wirksamer Garantievertrag abgeschlossen werden.

Zukünftige Änderungen (z.B. Umgebungsbedingungen, Anlagenparametrisierung, Klimatologische Bedingungen), können sich auf das Ergebnis auswirken und konnten u.U. nicht berücksichtigt werden.

Der vorliegende Bericht entspricht dem Charakter einer Prognose mit den zusätzlichen, im Kontext stehenden Angaben zu den Unsicherheiten.

Für eine auszugsweise Vervielfältigung wird keine Haftung oder Gewähr für die Prognosewerte übernommen.



7 Anhang

7.1 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Einheit	Bedeutung
A	[m/s]	Skalenparameter der Weibullverteilung
b	[-]	Böe
BIN	[-]	Binäre Intervall-Schachtelung
cm	[-]	Zentimeter
c _p	[-]	Leistungsbeiwert
c _t	[-]	Schubbeiwert
D	[m]	Rotordurchmesser
E	[MWh]	Energie, Jahresenergie
E _f	[kWh/m ² /a]	Energiefluss, Mittlere Energiedichte
frei	[-]	freie Anströmungsbedingungen
h	[-]	hour, Stunde
HEP	[-]	Horizontale Extrapolation
hi	[%]	Häufigkeit im Intervall i
HW	[-]	Hochwert
i	[-]	Intervall
I	[-]	Turbulenz, Turbulenzintensität
IEC	[-]	International Electrotechnical Commission
J	[-]	Jahr
k	[-]	Formparameter der Weibullverteilung
LK	[-]	Leistungskennlinie
LZK	[-]	Langzeitklima
min	[-]	minute, Minute
Mode	[-]	Modus, Einstellung
N	[-]	Nord, nördlich
NH	[m]	Nabenhöhe
NN	[-]	Normal Null
O	[-]	Ost, östlich
P	[kW]	Leistung
P _f	[W/m ²]	Mittlere Leistungsdichte, Leistungsfluss
R	[m]	Rotorradius
RW	[-]	Rechtswert
s	[-]	second, Sekunde
S	[-]	Süd, südlich
Sek, sec	[deg]	Windrichtungssektor
SN	[-]	Seriennummer
U	[-]	Unsicherheit
v	[m/s]	Windgeschwindigkeit
VEP	[-]	Vertikale Extrapolation
W	[-]	West, westlich
wake	[-]	Nachlaufströmung
WEA	[-]	Windenergieanlage
x	[-]	Entfernung
ρ	[kg/m ³]	Luftdichte
s	[m/s]	Standardabweichung
h	[-]	Wirkungsgrad, Parkwirkungsgrad



7.2 Standortbesichtigung und notwendige Begutachtungen

Den Ausgangspunkt der Berechnungen bildet eine Standortbesichtigung des geplanten Windparkgeländes sowie der betreffenden Immissionsorte. Informationen über die zu berücksichtigenden Immissionsorte können z. B. durch den Auftraggeber oder die zuständige Genehmigungsbehörde erfolgen.

7.2.1 Begutachtung von Immissionsorten

Die Standortbesichtigung und Begutachtung eines Immissionsortes dient zur Lokalisierung des Standortes, der Aufnahme der Beschaffenheit des Ortes hinsichtlich Gebietseinstufung (tatsächliche Nutzung) und zur Prüfung der Aktualität der Kartenlage.

Der Standort des Immissionsortes wird zunächst lokalisiert und der Gebietstyp, sofern nicht bereits innerhalb einer Voruntersuchung festgestellt, bestimmt. Vom Objekt selbst werden, soweit möglich, sowohl Detailfotos als auch ein Panorama aufgenommen.

Die Besichtigung und Kartierung der Immissionspunkte auf dem Grundstück ist nur unter Freigabe durch einen Berechtigten möglich. Ist dies nicht möglich, wird die relevante Fassade des Objektes bzw. immissionsschutzrechtlich bedeutsame Flächen auf dem Grundstück indirekt aufgenommen.

Alle Daten werden in ein standardisiertes Protokoll zur späteren Verarbeitung eingetragen. Auf Grundlage der erhaltenen Informationen erfolgt eine gutachterliche Bewertung und Berücksichtigung innerhalb des Modells. Bei der Standortbesichtigung und Begutachtung werden folgende Methoden und Prüfungen angewendet:

- Feststellung bzw. Plausibilisierung der Koordinaten des Objektes mittels GNSS – GPS
- Aufnahme von geokodierten Panorama-Fotos zur Dokumentation der Umgebung
- Einstufung der Gebietskategorie des Immissionsortes



7.2.2 Begutachtungen von vorhandenen nahe liegenden Windkraftanlagen

Die Begutachtung und Standortbesichtigung von in der Nähe des Standortes gelegenen Windkraftanlagen dient zur Überprüfung und Bestätigung von vorliegenden Daten und Informationen über die Anlagen. Dabei werden die Standorte genau lokalisiert und der Typ der Windenergieanlage oder des Windparks sowie weitere anlagenspezifische Informationen festgestellt. In der näheren Umgebung wird die Landnutzung und Orographie aufgenommen. Alle Daten werden in ein standardisiertes Protokoll zur späteren Verarbeitung eingetragen.

Bei der Standortbesichtigung einer Windkraftanlage oder eines Windparks kommen folgende Methoden zum Einsatz:

- Feststellung der Koordinaten des Standortes bzw. der genauen Standorte durch GNSS – GPS
- Fotografische Aufnahme der Anlage bzw. der Anlagen sowie eines Panoramas

7.2.3 Panorama-Fotos am Standort des Windparks

Nord		Nordost	
			
Ost		Südost	
			
Süd		Südwest	
			
West		Nordwest	
			

7.3 Auszüge aus den verwendeten Schalleistungspegeldokumenten

Technisches Datenblatt Betriebsmodus E-160 EP5 E2 / 5500 kW mit TES



1 Allgemeines

Zu den in diesem Dokument angegebenen technischen Eigenschaften der Windenergieanlage ist zwingend das Beiblatt zu diesem Dokument zu beachten. Eine Übersicht über die Beiblätter steht dem Vertrieb zur Verfügung (D0950052 „Übersicht Beiblätter zu den Schall- und Leistungsdatenblättern“).

1.1 Leistungsverhalten

Die in diesem Dokument angegebenen Leistungswerte, Leistungsbeiwerte (c_p -Werte) und Schubbeiwerte (c_t -Werte) sind prognostizierte Werte, deren Erreichen ENERCON nach dem aktuellen Entwicklungsstand dieses Windenergieanlagentyps für hinreichend wahrscheinlich hält. Das Leistungsverhalten der Windenergieanlage wird ausschließlich unter den im Dokument „Garantie des Leistungsverhaltens für ENERCON Windenergieanlagen“ beschriebenen Bedingungen gewährleistet.

1.2 Informationen zu Schalleistungspegeln

Die Zuordnung der Schalleistungspegel (L_{WA}) zur standardisierten Windgeschwindigkeit (v_s) in 10 m Höhe gilt nur unter Voraussetzung eines logarithmischen Windprofils mit Rauigkeitslänge 0,05 m. Die Zuordnung der Schalleistungspegel zur Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (v_H) gilt für alle Nabenhöhen (NH). Die Windgeschwindigkeit wird bei Messungen aus der Leistungsabgabe und der Leistungskennlinie bestimmt.

Aufgrund der Messunsicherheiten (σ_R) bei Schallvermessungen und der Serienproduktstreuungen (σ_P) gelten die in diesem Dokument angegebenen Werte der Schalleistungspegel unter Berücksichtigung einer Unsicherheit von $\sigma_R = 0,5 \text{ dB(A)}$ und $\sigma_P = 1,2 \text{ dB(A)}$. Es gilt der 90-prozentige Vertrauensbereich:

$$L_{e,max} = L_W + 1,28 \cdot \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2}$$

Ist während einer Vermessung die Differenz zwischen Gesamtgeräusch und Fremdgeräusch kleiner als 6 dB(A), so muss von einer höheren Unsicherheit ausgegangen werden. Richtlinie ist die IEC 61400-11:2012.

Die Schalleistungspegel sind für die in Tab. 1, S. 7 angegebenen Bedingungen berechnet. Es wird eine vorherrschende Turbulenzintensitätsverteilung von 6 % bis 12 % angenommen.

Eine projekt- und/oder standortspezifische Garantie über die Einhaltung des Schalleistungspegels wird durch dieses Datenblatt nicht übernommen.

1.3 Betriebsparameter

Einstellungen der Blindleistungserzeugung der Windenergieanlage sowie Steuerungen und Regelungen von Windparks haben einen Einfluss auf das Leistungsverhalten. Die in diesem Dokument angegebenen berechneten Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien gelten unter der Voraussetzung eines uneingeschränkten Betriebs.



Technisches Datenblatt

Oktavbandpegel E-160 EP5 E2 / 5500 kW mit TES

3 Oktavbandpegel des lautesten Zustands

3.1 Betriebsmodus 0 s

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

Tab. 1: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
8,5	74,9	86,7	92,3	94,8	98,4	101,3	102,5	96,5	79,2

Tab. 2: Oktavbandpegel für NH 120 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
6	74,9	86,7	92,3	94,8	98,4	101,3	102,5	96,5	79,2

Tab. 3: Oktavbandpegel für NH 140 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
6	75,1	86,9	92,5	95,0	98,5	101,4	102,4	96,0	77,6

Tab. 4: Oktavbandpegel für NH 166 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	75,4	87,2	92,7	95,2	98,6	101,5	102,4	95,6	75,7



Industrie Service

7.4 Originalausdrucke der Berechnungen

Auf den folgenden Seiten ist ein Auszug der Ergebnisse der Modellberechnung angegeben.

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)

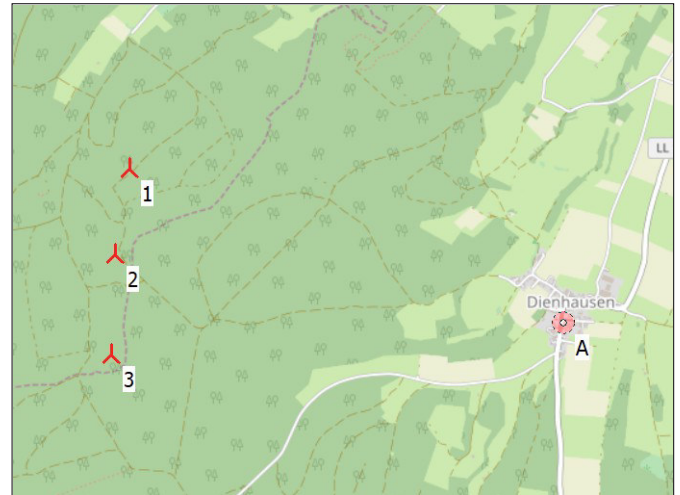
Gewerbegebiet: 50 dB(A)

Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)

Kur- und Ferengebiet: 35 dB(A)

Alle Koordinatenangaben in:

GK (3 deg)-DHDN/PD/Bessel (DE 1995 <±5m) Zone: 4



Neue WEA

Maßstab 1:40'000
Schall-Immissionsort

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schallwerte		Windgeschwindigkeit	LWA	Einzelton
					Aktuell	Hersteller	Typ				Quelle	Name			
1	4°41'0486	5°30'6'983	751.5	WEA01	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E2-5'500	5'500	160.0	166.6	USER	[106.8+2.1, ber.] E-160 EP5 E2 - OM 0 s	(95%)	108.9	Nein
2	4°41'0'397	5°30'6'534	755.0	WEA02	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E2-5'500	5'500	160.0	166.6	USER	[106.8+2.1, ber.] E-160 EP5 E2 - OM 0 s	(95%)	108.9	Nein
3	4°41'0'370	5°30'6'010	760.0	WEA03	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E2-5'500	5'500	160.0	166.6	USER	[106.8+2.1, ber.] E-160 EP5 E2 - OM 0 s	(95%)	108.9	Nein

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe	Anforderung Schall	Beurteilungspegel Von WEA	Anforderung erfüllt?
A	Dienhausen, Molkereistraße 2	4°41'2'769	5°30'6'140	720.0	5.0	[dB(A)] 40.0	[dB(A)] 30.4	Ja

Abstände (m)

WEA	A
1	2433
2	2404
3	2402

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: Zusatzbelastung **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 = Omega)

LWA,ref:	Schallleistungspegel der WEA
K:	Einzelöne
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: A Dienhausen, Molkereistraße 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]
1	2'433	2'441	25.49	108.9	0.00	78.75	7.68	-3.00	0.00	0.00	83.43
2	2'404	2'412	25.64	108.9	0.00	78.65	7.63	-3.00	0.00	0.00	83.28
3	2'402	2'410	25.65	108.9	0.00	78.64	7.63	-3.00	0.00	0.00	83.27
Summe			30.37								

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)

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]
0.10	0.40	1.00	1.90	3.70	9.70	32.80	117.00

WEA: ENERCON E-160 EP5 E2 5500 160.0 !O!

Schall: [106.8+2.1, ber.] E-160 EP5 E2 - OM 0 s

Datenquelle Quelle/Datum Quelle Bearbeitet
ENERCON GmbH 13.05.2020 USER 20.05.2021 12:13
Unsicherheiten gem. D0921349-3
SLP und Oktavbanddaten gem. D0999004-0

Status	Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton Nein	Oktavbänder							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Von WEA-Katalog	95% der Nennleistung	108.9	Nein	89.3	94.8	97.3	100.7	103.6	104.5	97.7	77.8

Schall-Immissionsort: A Dienhausen, Molkereistraße 2

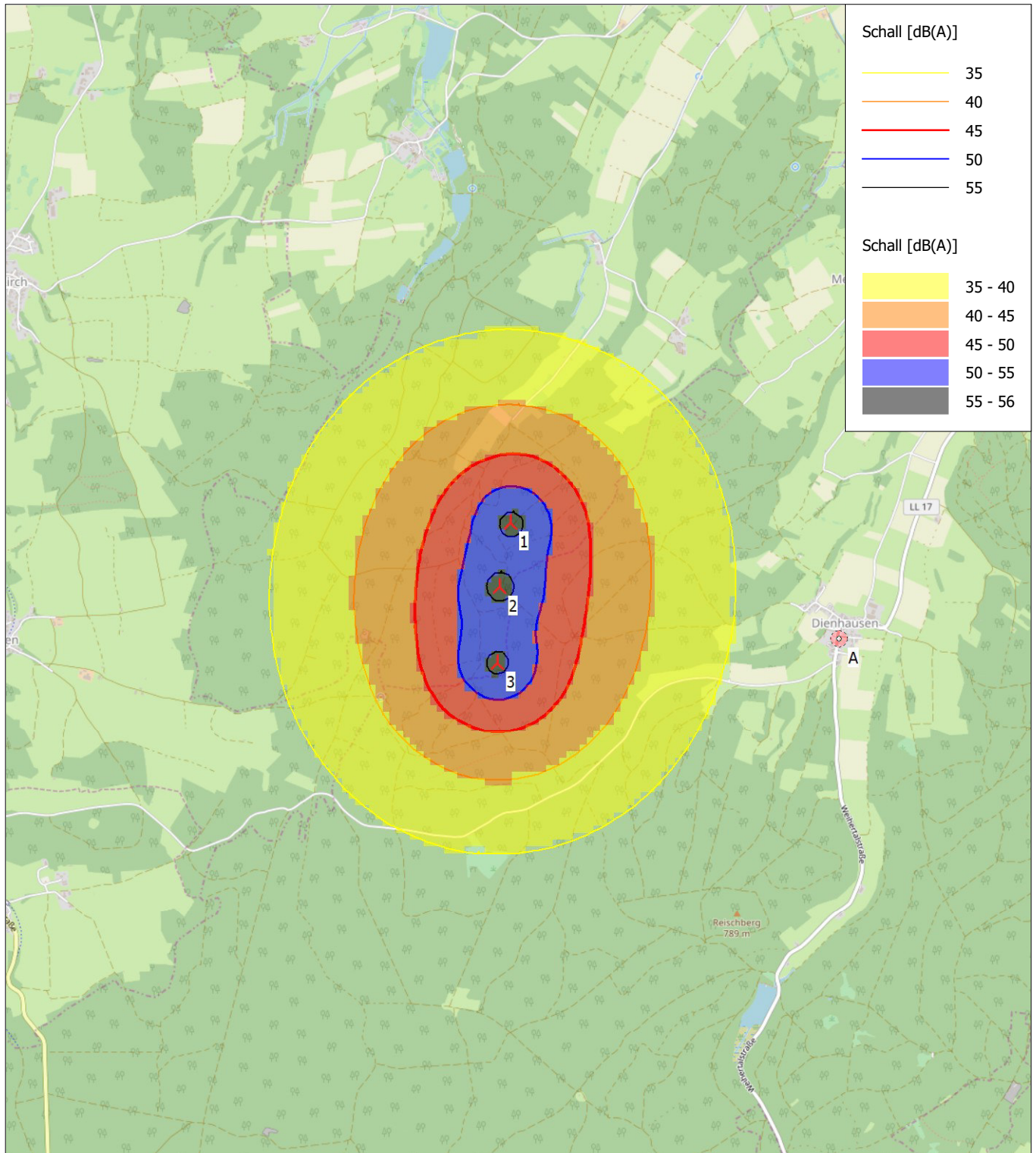
Vordefinierter Berechnungsstandard: Allgemeines Wohngebiet

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

Unsicherheitszuschlag: Standardwert des Berechnungsmodells

Schallrichtwert: 40.0 dB(A)

Keine Abstandsanforderung

DECIBEL - Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung**Berechnung:** Zusatzbelastung

0 500 1000 1500 2000 m

Karte: EMD OpenStreetMap, Maßstab 1:40'000, Mitte: GK (3 deg)-DHDN/PD/Bessel (DE 1995 ± 5 m) Zone: 4 Ost: 4'410'428 Nord: 5'306'497
 Neue WEA Schall-Immissionsort

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