

# SCHALLTECHNISCHER BERICHT

## NE-2022-07-005

Schalltechnisches Gutachten für den Windpark "WP Sirnitz Dreispitz" mit insgesamt fünf Windenergieanlagen am Standort Sirnitz/Dreispitz auf dem Gemeindegebiet der Städte 79410 Müllheim und 79295 Sulzburg.

**Datum:**

14. Dezember 2022

**Auftraggeber:**

Das Grüne Emissionshaus GmbH  
Goethestraße 4  
79100 Freiburg

**Bearbeiter:**

Dipl.-Ing. (FH) Timm Schaer, M.Sc.

**noxt! engineering GmbH**

Malberger Straße 13 · 49082 Osnabrück · Germany

Tel.: +49 (0) 160-40 24 579

[engineering.noxt.de](http://engineering.noxt.de) · [engineering@noxt.de](mailto:engineering@noxt.de)

HRB-Nr.: 216557 · Amtsgericht Osnabrück

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. (FH) Timm Schaer, M.Sc. & Dr. Phil Patock

# Ehrenwörtliche Erklärung

Der nachfolgende Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen mit größter Sorgfalt erstellt und beinhaltet den anerkannten Stand der Technik. Die Ergebnisse basieren auf Daten, welche die noxt! engineering GmbH von Dritten zur Verfügung gestellt bekommen hat. Dieses sind u.a. Hersteller von Windenergieanlagen, Landesvermessungsämter und Immissionsschutzbehörden. Die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität dieser Daten kann durch die noxt! engineering GmbH nicht geprüft werden. Eine Haftung für diese Daten kann die noxt! engineering GmbH dementsprechend nicht übernehmen. Wir weisen den Auftraggeber darauf hin und er erkennt an, dass alle seine Entscheidungen, sei es kommerziell, technisch, steuerlich oder rechtlich, auf dem dieses Dokument basiert, in seiner alleinigen Verantwortung liegen. Die noxt! engineering GmbH ist von jeglicher Haftung ausgenommen, die auf den Daten Dritter basiert. Der Auftraggeber wird noxt! engineering GmbH insoweit von jeder Haftung freistellen. Der Bericht enthält insgesamt 76 Seiten. Die Weitergabe von Daten oder Informationen ist dem Auftraggeber gestattet. Die hier aufgeführten Bedingungen gelten auch für die im Gutachten verlinkten Anhänge. Authentisch ist dieses Dokument nur mit Originalunterschriften. Bezüglich der Urheberrechte verweisen wir auf die jeweils gültigen noxt! engineering GmbH Beraterbedingungen. Diese finden Sie unter [engineering.noxt.de/agb](http://engineering.noxt.de/agb).

Osnabrück, 14. Dezember 2022  
noxt! engineering GmbH



Firmenstempel

Geschäftsführer und Bearbeiter  
(Dipl.-Ing. (FH) Timm Schaefer, M.Sc.)

Geschäftsführer  
(Dr. Phil Patock)

# 1 Kurzfassung

Am Standort Sirnitz/Dreisplitz auf dem Gemeindegebiet der Städte 79410 Müllheim und 79295 Sulzburg plant die Tochterfirma der badenova Das Grüne Emissionshaus GmbH fünf Windenergieanlagen. Die untersuchten Anlagen werden als Zusatzbelastung bezeichnet und die technischen Kenndaten in Tabelle 1.1 aufgelistet.

**Tabelle 1.1:** Technische Kenndaten der untersuchten Anlagen der Zusatzbelastung

ID	Anlagentyp	Nabenhöhe [m]	Nennleistung [kW]
D1	V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S)	175,0	7.200
D2	V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S)	175,0	7.200
S1	V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S)	175,0	7.200
S2	V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S)	175,0	7.200
S3	V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S)	175,0	7.200

Am Standort befinden sich keine Windenergieanlagen, die als Vorbelastung zu berücksichtigen sind.

Gewerbliche Vorbelastung ist am Standort vorhanden, die im Sinne der TA Lärm zu berücksichtigen ist. Details hierzu finden sich in Kapitel 4.1.

Um den Windpark werden 17 Immissionsorte untersucht.

Die Berechnungen nach dem Interimsverfahren [Int] haben ergeben, dass es unter den in der Tabelle 1.2 dargestellten Betriebsbedingungen im Tages- und Nachtzeitraum zu keinen unzulässigen Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der TA Lärm [TAL] kommt.

**Tabelle 1.2:** Auflistung der Betriebsmodi der Zusatzbelastung am Standort

<b>ID</b>	<b>Betriebsmodus tags</b>	<b>Betriebsmodus nachts</b>
S1	PO7200	PO7200
D1	PO7200	PO7200
S2	PO7200	SO1
S3	PO7200	PO7200
D2	PO7200	PO7200

Berücksichtigt wurden bei allen Berechnungen für die Windenergieanlagen die Regeln der Unsicherheiten der Prognose, die in den Hinweisen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI) [LAI] beschrieben sind. Zudem wurden die Vorgaben des Berechnungsverfahrens (hier das Interimsverfahren [Int]) und die entsprechenden Länderregeln (hier die des Bundeslandes Baden-Württemberg [WEA]) konsequent umgesetzt. Lediglich für die gewerbliche Vorbelastung sind die Vorgaben des alternativen Verfahrens der DIN ISO 9613-2 [DINd] angewandt worden. Die Betrachtungen bilden das Worst-Case Szenario ab und sind somit eine Maximalbetrachtung. Alle weiteren Grundlagen, die für die Berechnungen angesetzt wurden, werden in den folgenden Kapiteln näher beschrieben.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Planungsrechtliche Grundlagen</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Berechnungsgrundlagen</b>	<b>13</b>
4.1	Vorbelastung durch Gewerbe- und Industrieanlagen . . . . .	14
4.2	Vorbelastung durch vorhandene Windenergieanlagen . . . . .	15
4.3	Windenergieanlagen der Zusatzbelastung . . . . .	15
4.4	Abstände zwischen den Immissionsorten und den Windenergieanlagen . .	15
<b>5</b>	<b>Berechnungsergebnisse</b>	<b>18</b>
5.1	Berechnungsergebnisse für den Tageszeitraum . . . . .	18
5.2	Berechnungsergebnisse für den Nachtzeitraum . . . . .	19
5.3	Abschirmung und Reflexion . . . . .	20
<b>6</b>	<b>Beurteilung</b>	<b>25</b>
6.1	Beurteilung des Tageszeitraums . . . . .	25
6.2	Beurteilung des Nachtzeitraums . . . . .	26
6.3	Spitzenpegel . . . . .	29
6.4	Abschätzung der Genauigkeit der Prognose . . . . .	30
<b>7</b>	<b>Infraschall</b>	<b>32</b>
<b>8</b>	<b>Interaktive Karte</b>	<b>36</b>
<b>9</b>	<b>Ortstermin</b>	<b>38</b>
9.1	Besichtigungsbilder IO-01 . . . . .	38
9.2	Besichtigungsbilder IO-02 . . . . .	39
9.3	Besichtigungsbilder IO-03 . . . . .	39
9.4	Besichtigungsbilder IO-04 . . . . .	40
9.5	Besichtigungsbilder IO-05 . . . . .	40
9.6	Besichtigungsbilder IO-06 . . . . .	41
9.7	Besichtigungsbilder IO-07 . . . . .	41
9.8	Besichtigungsbilder IO-08 . . . . .	42
9.9	Besichtigungsbilder IO-09 . . . . .	42

9.10 Besichtigungsbilder IO-10 . . . . .	43
9.11 Besichtigungsbilder IO-11 . . . . .	43
9.12 Besichtigungsbilder IO-12 . . . . .	44
9.13 Besichtigungsbilder IO-13 . . . . .	44
9.14 Besichtigungsbilder IO-14 . . . . .	45
9.15 Besichtigungsbilder IO-15 . . . . .	45
9.16 Besichtigungsbilder IO-16 . . . . .	46
9.17 Besichtigungsbilder IO-17 . . . . .	46
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>47</b>
<b>A Lageplan</b>	<b>51</b>
<b>B Detaillierte Berechnungsergebnisse</b>	<b>53</b>
<b>C Immissionsorte</b>	<b>54</b>
<b>D Schallquellen</b>	<b>69</b>
<b>E Oktavbandspektren</b>	<b>73</b>
<b>F Datenblätter</b>	<b>75</b>
<b>G Revisionsübersicht</b>	<b>76</b>

# Abbildungsverzeichnis

7.1 Vergleich der Fahrgeräusche inner- und außerhalb von Kraftfahrzeugen mit dem Pegelbereich von WEA in etwa 300 m Abstand sowie der Wahrnehmungsschwelle hinsichtlich Infraschall und tiefrequenten Geräuschen. [RBB <sup>+</sup> 16] . . . . .	34
9.1 Nord-Westansicht IO-01 . . . . .	38
9.2 Nord-Westansicht IO-02 . . . . .	39
9.3 Süd-Ostansicht IO-03 . . . . .	39
9.4 Nord-Ostansicht IO-04 . . . . .	40
9.5 Westansicht IO-05 . . . . .	40
9.6 Süd-Westansicht IO-06 . . . . .	41
9.7 Süd-Ostansicht IO-07 . . . . .	41
9.8 Nordansicht IO-08 . . . . .	42
9.9 Westansicht IO-09 . . . . .	42
9.10 Nord-Westansicht IO-10 . . . . .	43
9.11 Nordansicht IO-11 . . . . .	43
9.12 Nord-Westansicht IO-12 . . . . .	44
9.13 Nordansicht IO-13 . . . . .	44
9.14 Westansicht IO-14 . . . . .	45
9.15 Südansicht IO-15 . . . . .	45
9.16 Westansicht IO-16 . . . . .	46
9.17 Westansicht IO-17 . . . . .	46
A.1 Lageplan . . . . .	52

# Tabellenverzeichnis

1.1	Technische Kenndaten der untersuchten Anlagen der Zusatzbelastung . . .	2
1.2	Auflistung der Betriebsmodi der Zusatzbelastung am Standort . . . . .	3
2.1	Technische Kenndaten der untersuchten Anlagen der Zusatzbelastung . . .	8
3.1	Liste der untersuchten Immissionsorte mit der jeweiligen Gebietseinstufung	10
4.1	Luftdämpfungskoeffizienten $\alpha$ für die Oktavbänder gemäß DIN ISO 9613-2 [DINd] . . . . .	13
4.2	Beschreibung der relevanten gewerblichen Schallquellen am Standort . . .	15
4.3	Horizontale Abstände zwischen den Immissionsorten und den geplanten Windenergieanlagen. . . . .	16
5.1	Berechnungsergebnisse im Tageszeitraum der Vor-, Zusatz- und Gesamt- belastung für die Fassadenseite (F) und das Geschoss (G). Der Schalldruck- pegel (W) und die mögliche Überschreitung (Ü) des Immissionsrichtwer- tes (IRW) sind in der Tabelle angegeben. . . . .	19
5.2	Berechnungsergebnisse im Nachtzeitraum der Vor-, Zusatz- und Gesamt- belastung für die Fassadenseite (F) und das Geschoss (G). Der Schalldruck- pegel (W) und die mögliche Überschreitung (Ü) des Immissionsrichtwer- tes (IRW) sind in der Tabelle angegeben. . . . .	20
5.3	Auftreten einer Abschirmung (A) und Reflexion (R) auf dem Schallweg zwischen der Windenergieanlage und dem Immissionsort für den Tages- zeitraum. . . . .	21
5.5	Auftreten einer Abschirmung (A) und Reflexion (R) auf dem Schallweg zwischen der Windenergieanlage und dem Immissionsort für den Nacht- zeitraum. . . . .	22
6.1	Beurteilungspegel im Tageszeitraum der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelas- tung für die Fassadenseite (F) und das Geschoss (G). Der Beurteilungspe- gel (B) und die Überschreitung (Ü) des Immissionsrichtwertes (IRW) sind in der Tabelle angegeben. Negative Überschreitungswerte signalisieren eine Unterschreitung des IRW. . . . .	25



6.2	Beurteilungspegel im Nachtzeitraum der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung für die Fassadenseite (F) und das Geschoss (G). Der Beurteilungspegel (B) und die Überschreitung (Ü) des Immissionsrichtwertes (IRW) sind in der Tabelle angegeben. Negative Überschreitungswerte signalisieren eine Unterschreitung des IRW. . . . .	27
6.3	Beurteilung der relevanten Immissionsorte gemäß TA Lärm [TAL] für die Fassade (F) und das Geschoss (G). . . . .	28
6.4	Auflistung der Betriebsmodi für die Zusatzbelastung . . . . .	29
C.1	Auflistung sämtlicher Immissionspunkte der Untersuchungen an den Immissionsorten . . . . .	55
D.1	Gewerbliche Punktschallquellen der Vorbelastung im Tages- und Nachtzeitraum . . . . .	70
D.2	Windenergieanlagen der Zusatzbelastung im Tageszeitraum . . . . .	71
D.3	Windenergieanlagen der Zusatzbelastung im Nachtzeitraum . . . . .	72
E.1	Oktavbandspektren der angesetzten Betriebsmodi der Zusatzbelastung. .	74
G.1	Revisionsübersicht . . . . .	76

## 2 Situation und Aufgabenstellung

Die Tochterfirma der badenova Das Grüne Emissionshaus GmbH plant am Standort Sirnitz/Dreisnitz auf dem Gemeindegebiet der Städte 79410 Müllheim und 79295 Sulzburg in Baden-Württemberg fünf Windenergieanlagen die in diesem Gutachten als Zusatzbelastung bezeichnet werden. Für die Genehmigung der Anlagen ist der Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald zuständig und es ist ein schalltechnisches Gutachten erforderlich, dass die gesamte Geräuschsituation erfasst und anschließend nach TA Lärm [TAL] bewertet. Die folgende Tabelle 2.1 listet die technischen Kenndaten der untersuchten Anlagen der Zusatzbelastung auf.

**Tabelle 2.1:** Technische Kenndaten der untersuchten Anlagen der Zusatzbelastung

ID	Anlagentyp	Nabenhöhe [m]	Nennleistung [kW]
D1	V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S)	175,0	7.200
D2	V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S)	175,0	7.200
S1	V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S)	175,0	7.200
S2	V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S)	175,0	7.200
S3	V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S)	175,0	7.200

Am Standort befindet sich keine Windenergieanlage, die als Vorbelastung zu berücksichtigen ist.

Eine gewerbliche Vorbelastung ist am Standort vorhanden, die im Sinne der TA Lärm [TAL] zu berücksichtigen ist. Details hierzu finden sich in Kapitel 4.1.

Insgesamt werden 17 Immissionsorte am Standort untersucht. Die exakte Lage ist dem Lageplan in der Anlage A zu entnehmen.

Im Sinne der TA Lärm [TAL] wird die Zusatzbelastung durch die untersuchten fünf Windenergieanlagen und die Vorbelastung durch die keine weiteren bestehenden Windenergieanlagen und die gewerblichen Anlagen berücksichtigt. Für die Gesamtbelastung

werden die berechneten Pegel der Vor- und Zusatzbelastung energetisch addiert.  
Die Dokumentation erfolgt schriftlich in Form eines schalltechnischen Gutachtens.

## 3 Planungsrechtliche Grundlagen

In der Umgebung der untersuchten Windenergieanlagen werden 17 Immissionsorte betrachtet.

Die örtliche Lage ist dem Lageplan in der Anlage A zu entnehmen. Detaillierte Angaben zu den Koordinaten im System ETRS89/UTM Zone 32N und zu den Höhen sind in der Anlage C dargestellt.

Die nachfolgende Tabelle listet die betrachteten Immissionsorte mit der jeweiligen Gebietseinstufung auf. Die Gebietseinstufungen wurden den rechtskräftigen Bebauungsplänen entnommen.

**Tabelle 3.1:** Liste der untersuchten Immissionsorte mit der jeweiligen Gebietseinstufung

ID	Straße	Ort	Gebiet	IRW	
				tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]
IO-01	Sirnitz 3	79410 Müllheim	MI	60	45
IO-02	Sirnitz	79410 Müllheim	MI	60	45
IO-03	Am Lindengraben 2	79410 Badenweiler	WA	55	40
IO-04	Klemmbachstraße 100	79410 Badenweiler	MI	60	45
IO-05	Kälbelescheuer	79244 Münstertal	MI	60	45
IO-06	Münsterhalden 15	79244 Münstertal	MI	60	45
IO-07	Badstraße 67	79295 Sulzburg	MI	60	45
IO-08	Altensteinweg 23	79410 Badenweiler	WR	50	35
IO-09	Münsterhalden 12	79244 Münstertal	MI	60	45
IO-10	Münsterhalden 22	79244 Münstertal	MI	60	45
IO-11	Birkenbuck 2 (Luisenheim)	79429 Malsburg-Marzell	KU	45	35
IO-12	Kandertal 25	79429 Malsburg-Marzell	KU	55	35
IO-13	Kandertal 9	79429 Malsburg-Marzell	MI	60	45
IO-14	Hinterheubronn 7	79692 Kleines Wiesental	MI	60	45

**Tabelle 3.1:** Fortsetzung: Liste der untersuchten Immissionsorte mit der jeweiligen Gebietseinstufung

ID	Straße	Ort	Gebiet	IRW	
				tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]
IO-15	Hinterheubronn 11	79692 Kleines Wiesental	MI	60	45
IO-16	Fischenberg 12	79692 Kleines Wiesental	MI	60	45
IO-17	Birkenbuck 1	79429 Malsburg-Marzell	WR	50	35

Die genannten Immissionsorte wurden bei einer Ortsbesichtigung am 18.08.2022 durch Kai Bekel (Das Grüne Emissionshaus GmbH) fotografisch festgehalten. Die relevanten Fassadenseiten wurden daraufhin bestimmt.

Für die Immissionsrichtwerte gelten nach TA Lärm [TAL] die folgenden Beurteilungszeiten für den Tages- und Nachtzeitraum:

tags 06:00 bis 22:00 Uhr  
nachts 22:00 bis 06:00 Uhr

Für die Berechnung des Beurteilungspegels im Tageszeitraum beträgt die Beurteilungszeit 16 Stunden. Für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit wird ein Zuschlag von 6 dB festgesetzt. Dieses gilt für die folgenden Tageszeiten:

werktags 06:00 bis 07:00 Uhr und 20:00 bis 22:00 Uhr  
sonn- und feiertags 06:00 bis 09:00 Uhr, 13:00 bis 15:00 Uhr und  
20:00 bis 22:00 Uhr

Die erhöhten Ruhezeiten gelten nur für Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten (KU), in reinen Wohngebieten (WR) sowie in allgemeinen Wohngebieten und Kleinsiedlungsgebieten (WA). Im Nachtzeitraum wird der Beurteilungspegel für die sog. lauteste volle Nachtstunde (beispielsweise von 02:00 Uhr bis 03:00 Uhr) berechnet. Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte am Tage um nicht mehr als 30 dB(A) und in der Nacht um nicht mehr als 20 dB(A) überschreiten.

Die akustische Schallausbreitungsberechnung erfolgt auch in diesem Gutachten selbstverständlich streng nach den geltenden gesetzlichen Vorgaben. Die Windenergieanlagen sind als Punktschallquelle definiert und die Ausbreitung erfolgt in Mitwindsituation. Somit wird stets das „Worst-Case“-Szenario untersucht.

## 4 Berechnungsgrundlagen

Die Berechnungen erfolgen auf Grundlage der TA Lärm [TAL]. Entscheidend ist jeweils der Betriebszustand, der die höchsten Immissionen an den Immissionsorten erzeugt. Bei Windenergieanlagen muss dementsprechend für den ausgewählten Betriebsmodus der höchste Schallleistungspegel inkl. des Oktavbandspektrums von allen Windklassen ausgewählt werden. In dem höchsten Pegel müssen auch sämtliche Zuschläge enthalten sein, die aus den Vermessungen oder den Datenblättern des jeweiligen Herstellers hervorgehen. Diese Zuschläge (Tonzuschlag  $K_T$  oder Impulzzuschlag  $K_I$ ) werden entsprechend der LAI-Hinweise [LAI] oder den Länderregeln (hier die des Bundeslandes Baden-Württemberg [WEA]) hinzuaddiert. Die Berechnung des oberen Vertrauensbereiches ist in Kapitel 6.4 detailliert beschrieben.

Alle Berechnungen erfolgen nach den Vorgaben einer detaillierten Prognose gemäß Anhang A.2.3 der TA Lärm [TAL]. Die Ausbreitungsberechnung erfolgt nach der DIN ISO 9613-2 [DINd] und der Ergänzung der Dokumentation zur Schallausbreitung – Interimsverfahren für Windenergieanlagen [Int]. Dieses Vorgehen ist durch die LAI-Hinweise [LAI] vorgegeben. Die Berechnung nach dem sog. Interimsverfahren gilt jedoch nur für Windenergieanlagen, die eine mittlere Quellhöhe von mehr als 30 m aufweisen. Die Bodendämpfung  $A_{gr}$  wird pauschal auf -3 dB gesetzt. Weiterhin geben die LAI-Hinweise vor, dass die Ausbreitungsberechnung bei einer Temperatur von +10°C und einer Luftfeuchtigkeit von 70% erfolgen muss. Dieses ist eine Worst-Case Betrachtung. Die meteorologische Korrektur  $C_{met}$  wird mit der Konstanten  $C_0 = 0$  dB berechnet.

Da die Ausbreitungsberechnung spektral erfolgt, müssen die Werte der Luftabsorption  $\alpha$  ebenfalls spektral angegeben werden. Diese werden aus der Tabelle 2 der DIN ISO 9613-2 [DINd] entnommen und sind in der folgenden Tabelle für eine Temperatur von +10°C und einer Luftfeuchtigkeit von 70% dargestellt.

**Tabelle 4.1:** Luftdämpfungskoeffizienten  $\alpha$  für die Oktavbänder gemäß DIN ISO 9613-2 [DINd]

Frequenz [Hz]	31,5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
$\alpha_{10^\circ\text{C}, 70\%}$ [dB/km]	-	0,1	0,4	1,0	1,9	3,7	9,7	32,8	117,0

Kleinere Windenergieanlagen und gewerbliche Betriebe werden streng nach den Vorga-

ben des alternativen Verfahrens der DIN ISO 9613-2 [DINd] berechnet.

Die Windenergieanlagen werden als Punktschallquellen angenommen und die Schallausbreitung erfolgt anschließend nach dem Strahlenmodell zwischen den Quellen und den jeweiligen Immissionsorten. Auftretende Reflexionen und Abschirmungen an Gebäuden und am Gelände werden entsprechend der Regeln in den Windenergieerlassen der Bundesländer berücksichtigt. Die Approximation der Windenergieanlage als Punktschallquelle ist durch die Norm vorgegeben, jedoch auch mathematisch belegt. Bei den üblichen Entfernungen zwischen der Quelle und dem Immissionsort ist der Fehler vernachlässigbar klein [Mak11].

An allen betrachteten Immissionsorten werden die Teilpegel aller vorhandenen Schallquellen berücksichtigt. Auf dem Schallausbreitungsweg gilt immer die Mitwindsituation, welches einer Worst-Case Betrachtung entspricht. Dämpfungen durch Bewuchs, Industriegelände und bebautes Gelände gemäß Anhang A der DIN ISO 9613-2 [DINd] werden nicht betrachtet. An den Immissionsorten kann es aufgrund der Worst-Case Annahmen zu einer Überschätzung des Beurteilungspegels auf bestimmten Schallausbreitungswegen kommen.

Die Entwicklung des akustischen 3D-Modells und die anschließende Ausbreitungsrechnung erfolgt mit dem Berechnungsprogramm CadnaA der Firma DataKustik GmbH in der Version 2021 MR2 (64 bit – build 187.5163). Das gesamte Berechnungsmodell (Karten: DGK5, Höhen: DGM1 und Gebäudeumrisse: LoD1) basiert auf den Daten von Igl-bw [LBS22] in dem Gebiet von X: 402.250,0 m, Y: 5.292.000,0 m bis X: 410.750,0 m, Y: 5.298.000,0 m. Das detaillierte Berechnungsprotokoll inkl. der Berechnungskonfiguration ist in Anhang B dargestellt.

## 4.1 Vorbelastung durch Gewerbe- und Industrieanlagen

In diesem Abschnitt werden die in der schalltechnischen Prognose berücksichtigten gewerblichen Anlagen beschrieben, die im Sinne der TA Lärm [TAL] als Vorbelastung berücksichtigt werden müssen. Nach Rücksprache mit den zuständigen Genehmigungsbehörden wird eine Gewerbequelle untersucht. Hierbei handelt es sich um einer allgemeinen Industrieanlage (IN). In der folgenden Tabelle wird die gewerbliche Schallquelle kurz beschrieben und die Anzahl an Einzelquellen aus der Modellierung angegeben. Die relevanten schalltechnischen Kenngrößen werden in der Anlage D dargestellt.



**Tabelle 4.2:** Beschreibung der relevanten gewerblichen Schallquellen am Standort

ID	Art	Anzahl	Adresse	Beschreibung
GE-01	IN	1	Kandertal	Kleines Wasserkraftwerk. Gemäß des Ortstermins ist die Anlage kaum wahrnehmbar. Angesetzt wurde ein Pegel von 90 dB(A).

## 4.2 Vorbelastung durch vorhandene Windenergieanlagen

Am Standort befinden sich keine Windenergieanlagen, die als Vorbelastung zu berücksichtigen sind.

## 4.3 Windenergieanlagen der Zusatzbelastung

Die Zusatzbelastung besteht aus fünf Windenergieanlagen. Die anlagenspezifischen und akustischen Betriebskenndaten der untersuchten Windenergieanlagen finden sich in den Anhängen D bis E.

Für mindestens eine der untersuchten Windenergieanlagen liegt noch kein Messbericht vor. Die LAI-Hinweise [LAI] empfehlen unter Punkt 4.2 für noch nicht schalltechnisch vermessene Windenergieanlagen den Nachtbetrieb erst aufzunehmen, sobald ein Messbericht in dem genehmigten Modus für den Nachtbetrieb vorliegt. Angesetzt werden hier demnach die Unsicherheiten wie bei einer Einfachvermessung.

## 4.4 Abstände zwischen den Immissionsorten und den Windenergieanlagen

Aus den Koordinaten der untersuchten Immissionsorte ergeben sich die folgenden horizontalen Abstände zu den untersuchten Windenergieanlagen. Das Geländeprofil und die Höhe der Windenergieanlage und der Immissionsorte bleibt hierbei unberücksichtigt.

**Tabelle 4.3:** Horizontale Abstände zwischen den Immissionsorten und den geplanten Windenergieanlagen.

ID	Horizontaler Abstand [m]			
	S1	D1	S2	S3
IO-01	1.208	2.529	571	792
IO-02	1.324	2.645	660	771
IO-03	2.641	1.522	3.450	4.131
IO-04	2.382	1.365	3.189	3.880
IO-05	1.916	3.026	1.176	517
IO-06	3.245	4.191	2.558	1.904
IO-07	1.965	1.859	2.129	2.311
IO-08	2.797	1.749	3.604	4.295
IO-09	2.962	3.922	2.274	1.627
IO-10	3.154	4.162	2.432	1.753
IO-11	2.588	2.926	2.999	3.599
IO-12	2.596	3.055	2.936	3.503
IO-13	2.451	3.055	2.712	3.244
IO-14	3.550	4.784	2.741	2.072
IO-15	3.553	4.769	2.745	2.063
IO-16	2.881	4.077	2.499	2.555
IO-17	2.438	2.783	2.860	3.467

**Tabelle 4.4:** Fortsetzung: Horizontale Abstände zwischen den Immissionsorten und den geplanten Windenergieanlagen.

ID	Horizontaler Abstand [m]
	D2
IO-01	1.909
IO-02	2.022
IO-03	2.137
IO-04	1.933
IO-05	2.371
IO-06	3.575
IO-07	1.591

**Tabelle 4.4:** Fortsetzung: Horizontale Abstände zwischen den Immissionsorten und der geplanten Windenergieanlage.

<b>ID</b>	<b>Horizontaler Abstand [m]</b>
IO-08	2.339
IO-09	3.301
IO-10	3.532
IO-11	2.885
IO-12	2.957
IO-13	2.884
IO-14	4.123
IO-15	4.108
IO-16	3.584
IO-17	2.734

Der geringste Abstand beträgt 517 m zwischen der untersuchten Windenergieanlage S3 und dem Immissionsort IO-05.

## 5 Berechnungsergebnisse

In den folgenden Abschnitten werden die Berechnungsergebnisse für den Windpark “WP Sirnitz Dreispitz” dargestellt. Die Ergebnisse sind aufgeteilt für den Tages- und Nachtzeitraum jeweils für die Vorbelastung (VB), die Zusatzbelastung (ZB) und die Gesamtbelastung (GB). Die Grundlagen der Berechnungen sind in den vorangestellten Kapiteln beschrieben.

Die hier dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die meistbelastete Fassade des jeweiligen Immissionsortes. Gezeigt werden die höchsten Belastungen der Gesamtbelastung und der Zusatzbelastung. Treten diese nicht an dem gleichen Immissionspunkt an der Fassade auf, werden beide Punkte angegeben.

Die TA Lärm wurde im Zuge der Einführung des urbanen Gebietes (MU) durch § 6a der BauNVO in Abschnitt 6.1 geändert. Die Nummerierung bei der Vergabe der Zuschläge für die Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit in Abschnitt 6.5 wurde jedoch nicht angepasst. Gemeint sind wohl weiterhin die Vergabe der Zuschläge nur für Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten (KU), für reine Wohngebiete (WR) sowie für allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete (WA). Dieses wird in den folgenden Berechnungen entsprechend berücksichtigt.

In der Vorbelastung sind die gewerblichen Betriebe gemäß TA Lärm enthalten.

Die Zusatzbelastung enthält die fünf untersuchten Windenergieanlagen entsprechend der ausgewiesenen Betriebskonfiguration. Die Beurteilung der schalltechnischen Situation erfolgt nach den Vorgaben der TA Lärm [TAL]. Dafür müssen die Berechnungsergebnisse in die Beurteilungspegel überführt werden. Dieses erfolgt durch eine Rundung auf den reinen ganzzahligen Wert gemäß der DIN 1333 [DINa].

### 5.1 Berechnungsergebnisse für den Tageszeitraum

Die TA Lärm wurde im Zuge der Einführung des urbanen Gebietes (MU) durch § 6a der BauNVO in Abschnitt 6.1 geändert. Die Nummerierung bei der Vergabe der Zuschläge für die Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit in Abschnitt 6.5 wurde jedoch nicht angepasst. Gemeint sind wohl weiterhin die Vergabe der Zuschläge nur für Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten (KU), für reine Wohngebiete (WR) sowie für allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete (WA). Dieses wird in den folgenden Berechnungen entsprechend berücksichtigt.

Die Berechnungsergebnisse für den Tageszeitraum sind in der folgenden Tabelle 5.1 dargestellt.

**Tabelle 5.1:** Berechnungsergebnisse im Tageszeitraum der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung für die Fassadenseite (F) und das Geschoss (G). Der Schalldruckpegel (W) und die mögliche Überschreitung (Ü) des Immissionsrichtwertes (IRW) sind in der Tabelle angegeben.

ID	F	G	IRW [dB(A)]	Vor- belastung		Zusatz- belastung		Gesamt- belastung	
				W [dB(A)]	Ü [dB]	W [dB(A)]	Ü [dB]	W [dB(A)]	Ü [dB]
IO-01	no1	1.OG	60	-	-	45,7	-	45,7	-
IO-02	nw1	1.OG	60	-	-	45,4	-	45,4	-
IO-03	no1	1.OG	55	-	-	31,8	-	31,8	-
IO-04	no3	2.OG	60	-	-	32,2	-	32,2	-
IO-05	s1	EG	60	-	-	45,6	-	45,6	-
IO-06	sw1	1.OG	60	-	-	32,7	-	32,7	-
IO-07	so7	2.OG	60	-	-	36,9	-	36,9	-
IO-08	n2	1.OG	50	-	-	33,9	-	33,9	-
IO-09	s5	1.OG	60	-	-	34,0	-	34,0	-
IO-10	sw3	1.OG	60	-	-	31,8	-	31,8	-
IO-11	n1	2.OG	45	2,9	-	23,1	-	23,2	-
IO-12	n1	4.OG	55	7,0	-	24,8	-	24,8	-
IO-13	o1	1.OG	60	34,6	-	25,6	-	35,1	-
IO-14	w3	2.OG	60	-	-	21,6	-	21,6	-
IO-15	s1	EG	60	-	-	16,6	-	16,6	-
IO-16	n1	1.OG	60	-	-	27,3	-	27,3	-
IO-17	n1	1.OG	50	0,9	-	22,2	-	22,2	-

## 5.2 Berechnungsergebnisse für den Nachtzeitraum

Die Berechnungsergebnisse für die lauteste volle Nachtstunde sind in der Tabelle 5.2 angegeben.

**Tabelle 5.2:** Berechnungsergebnisse im Nachtzeitraum der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung für die Fassadenseite (F) und das Geschoss (G). Der Schalldruckpegel (W) und die mögliche Überschreitung (Ü) des Immissionsrichtwertes (IRW) sind in der Tabelle angegeben.

ID	F	G	IRW [dB(A)]	Vor- belastung		Zusatz- belastung		Gesamt- belastung	
				W [dB(A)]	Ü [dB]	W [dB(A)]	Ü [dB]	W [dB(A)]	Ü [dB]
IO-01	no1	1.OG	45	-	-	44,6	-	44,6	-
IO-02	nw1	1.OG	45	-	-	44,5	-	44,5	-
IO-03	no1	1.OG	40	-	-	31,7	-	31,7	-
IO-04	no3	2.OG	45	-	-	32,1	-	32,1	-
IO-05	s3	1.OG	45	-	-	45,4	0,3	45,4	0,3
IO-06	sw1	1.OG	45	-	-	32,5	-	32,5	-
IO-07	so7	2.OG	45	-	-	36,8	-	36,8	-
IO-08	n1	1.OG	35	-	-	33,8	-	33,8	-
IO-09	s5	1.OG	45	-	-	33,8	-	33,8	-
IO-10	sw3	1.OG	45	-	-	31,4	-	31,4	-
IO-11	n3	2.OG	35	2,9	-	22,7	-	22,8	-
IO-12	n1	4.OG	35	7,0	-	23,8	-	23,9	-
IO-13	o3	1.OG	45	34,6	-	25,6	-	35,1	-
IO-14	w3	2.OG	45	-	-	21,3	-	21,3	-
IO-15	s1	EG	45	-	-	16,2	-	16,2	-
IO-16	n3	1.OG	45	-	-	26,6	-	26,6	-
IO-17	n1	1.OG	35	0,9	-	21,7	-	21,7	-

### 5.3 Abschirmung und Reflexion

Die Berechnung der Schallausbreitung erfolgt unter Berücksichtigung von Abschirmung und Reflexion auf dem Ausbreitungsweg zwischen der Quelle und dem jeweiligen Immissionsort.

Die auftretenden Reflexionen und Abschirmungen sind getrennt für den Tages- und Nachtzeitraum untersucht worden. Für die relevanten Immissionspunkte treten hierbei Unterschiede auf, sodass die Ergebnisse getrennt dargestellt werden. Die folgenden

Tabellen listen das Auftreten von Abschirmung (A) und Reflexion (R) von jeder Quelle zu jedem Immissionsort auf.

**Tabelle 5.3:** Auftreten einer Abschirmung (A) und Reflexion (R) auf dem Schallweg zwischen der Windenergieanlage und dem Immissionsort für den Tageszeitraum.

ID	F	G	S1		D1		S2		S3	
			A	R	A	R	A	R	A	R
IO-01	no1	1.OG	ja	-	ja	-	-	-	-	-
IO-02	nw1	1.OG	-	-	ja	-	-	-	-	-
IO-03	no1	1.OG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-
IO-04	no3	2.OG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-
IO-05	s1	EG	-	-	-	-	-	-	-	-
IO-06	sw1	1.OG	ja	-	ja	-	ja	-	-	-
IO-07	so7	2.OG	ja	-	-	-	ja	-	ja	-
IO-08	n2	1.OG	ja	-	-	-	ja	-	ja	-
IO-09	s5	1.OG	ja	-	ja	-	ja	-	-	-
IO-10	sw3	1.OG	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
IO-11	n1	2.OG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-
IO-12	n1	4.OG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-
IO-13	o1	1.OG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-
IO-14	w3	2.OG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-
IO-15	s1	EG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-
IO-16	n1	1.OG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-
IO-17	n1	1.OG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-

**Tabelle 5.4:** Fortsetzung: Auftreten einer Abschirmung (A) und Reflexion (R) auf dem Schallweg zwischen der Windenergieanlage und dem Immissionsort für den Tageszeitraum.

ID	F	G	D2	
			A	R
IO-01	no1	1.OG	ja	-
IO-02	nw1	1.OG	ja	-

**Tabelle 5.4:** Fortsetzung: Auftreten einer Abschirmung (A) und Reflexion (R) auf dem Schallweg zwischen der Windenergieanlage und dem Immissionsort für den Tageszeitraum.

ID	F	G	D2	
			A	R
IO-03	no1	1.OG	ja	-
IO-04	no3	2.OG	ja	-
IO-05	s1	EG	-	-
IO-06	sw1	1.OG	ja	-
IO-07	so7	2.OG	-	-
IO-08	n2	1.OG	ja	-
IO-09	s5	1.OG	ja	-
IO-10	sw3	1.OG	ja	ja
IO-11	n1	2.OG	ja	-
IO-12	n1	4.OG	ja	-
IO-13	o1	1.OG	ja	-
IO-14	w3	2.OG	ja	-
IO-15	s1	EG	ja	-
IO-16	n1	1.OG	ja	-
IO-17	n1	1.OG	ja	-

**Tabelle 5.5:** Auftreten einer Abschirmung (A) und Reflexion (R) auf dem Schallweg zwischen der Windenergieanlage und dem Immissionsort für den Nachtzeitraum.

ID	F	G	S1		D1		S2		S3	
			A	R	A	R	A	R	A	R
IO-01	no1	1.OG	ja	-	ja	-	-	-	-	-
IO-02	nw1	1.OG	-	-	ja	-	-	-	-	-
IO-03	no1	1.OG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-
IO-04	no3	2.OG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-
IO-05	s3	1.OG	-	-	-	-	-	-	-	-
IO-06	sw1	1.OG	ja	-	ja	-	ja	-	-	-
IO-07	so7	2.OG	ja	-	-	-	ja	-	ja	-



**Tabelle 5.5:** Fortsetzung: Auftreten einer Abschirmung (A) und Reflexion (R) auf dem Schallweg zwischen der Windenergieanlage und dem Immissionsort für den Nachtzeitraum.

ID	F	G	S1		D1		S2		S3	
			A	R	A	R	A	R	A	R
IO-08	n1	1.OG	ja	-	-	-	ja	-	ja	-
IO-09	s5	1.OG	ja	-	ja	-	ja	-	-	-
IO-10	sw3	1.OG	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
IO-11	n3	2.OG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-
IO-12	n1	4.OG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-
IO-13	o3	1.OG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-
IO-14	w3	2.OG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-
IO-15	s1	EG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-
IO-16	n3	1.OG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-
IO-17	n1	1.OG	ja	-	ja	-	ja	-	ja	-

**Tabelle 5.6:** Fortsetzung: Auftreten einer Abschirmung (A) und Reflexion (R) auf dem Schallweg zwischen der Windenergieanlage und dem Immissionsort für den Nachtzeitraum.

ID	F	G	D2	
			A	R
IO-01	no1	1.OG	ja	-
IO-02	nw1	1.OG	ja	-
IO-03	no1	1.OG	ja	-
IO-04	no3	2.OG	ja	-
IO-05	s3	1.OG	-	-
IO-06	sw1	1.OG	ja	-
IO-07	so7	2.OG	-	-
IO-08	n1	1.OG	ja	-
IO-09	s5	1.OG	ja	-
IO-10	sw3	1.OG	ja	ja
IO-11	n3	2.OG	ja	-
IO-12	n1	4.OG	ja	-

**Tabelle 5.6:** Fortsetzung: Auftreten einer Abschirmung (A) und Reflexion (R) auf dem Schallweg zwischen der Windenergieanlage und dem Immissionsort für den Nachtzeitraum.

ID	F	G	D2	
			A	R
IO-13	o3	1.OG	ja	ja
IO-14	w3	2.OG	ja	-
IO-15	s1	EG	ja	-
IO-16	n3	1.OG	ja	-
IO-17	n1	1.OG	ja	-

## 6 Beurteilung der schalltechnischen Situation

Die Beurteilung der schalltechnischen Situation erfolgt nach den Vorgaben der TA Lärm [TAL]. Dafür müssen die Berechnungsergebnisse aus Kapitel 5 in die Beurteilungspegel überführt werden. Dieses erfolgt durch eine Rundung auf den reinen ganzzahligen Wert gemäß der DIN 1333 [DINa]. Die Beurteilungspegel werden mit den Immissionsrichtwerten (IRW) der TA Lärm [TAL] verglichen.

### 6.1 Beurteilung des Tageszeitraums

Für den Tageszeitraum sind die Beurteilungspegel in Relation zu den Immissionsrichtwerten der TA Lärm [TAL] dargestellt.

**Tabelle 6.1:** Beurteilungspegel im Tageszeitraum der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung für die Fassadenseite (F) und das Geschoss (G). Der Beurteilungspegel (B) und die Überschreitung (Ü) des Immissionsrichtwertes (IRW) sind in der Tabelle angegeben. Negative Überschreitungswerte signalisieren eine Unterschreitung des IRW.

ID	F	G	IRW [dB(A)]	Vor- belastung		Zusatz- belastung		Gesamt- belastung	
				B [dB(A)]	Ü [dB]	B [dB(A)]	Ü [dB]	B [dB(A)]	Ü [dB]
IO-01	no1	1.OG	60	-	-	46	-14	46	-14
IO-02	nw1	1.OG	60	-	-	45	-15	45	-15
IO-03	no1	1.OG	55	-	-	32	-23	32	-23
IO-04	no3	2.OG	60	-	-	32	-28	32	-28
IO-05	s1	EG	60	-	-	46	-14	46	-14
IO-06	sw1	1.OG	60	-	-	33	-27	33	-27
IO-07	so7	2.OG	60	-	-	37	-23	37	-23
IO-08	n2	1.OG	50	-	-	34	-16	34	-16
IO-09	s5	1.OG	60	-	-	34	-26	34	-26
IO-10	sw3	1.OG	60	-	-	32	-28	32	-28
IO-11	n1	2.OG	45	3	-42	23	-22	23	-22

**Tabelle 6.1:** Fortsetzung: Beurteilungspegel im Tageszeitraum der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung für die Fassadenseite (F) und das Geschoss (G). Der Beurteilungspegel (B) und die Überschreitung (Ü) des Immissionsrichtwertes (IRW) sind in der Tabelle angegeben. Negative Überschreitungswerte signalisieren eine Unterschreitung des IRW.

ID	F	G	IRW [dB(A)]	Vor- belastung		Zusatz- belastung		Gesamt- belastung	
				B [dB(A)]	Ü [dB]	B [dB(A)]	Ü [dB]	B [dB(A)]	Ü [dB]
IO-12	n1	4.OG	55	7	-48	25	-30	25	-30
IO-13	o1	1.OG	60	35	-25	26	-34	35	-25
IO-14	w3	2.OG	60	-	-	22	-38	22	-38
IO-15	s1	EG	60	-	-	17	-43	17	-43
IO-16	n1	1.OG	60	-	-	27	-33	27	-33
IO-17	n1	1.OG	50	1	-49	22	-28	22	-28

Im Tageszeitraum liegt die Zusatzbelastung an den Immissionsorten IO-01 und IO-05 mindestens -14,0 dB unterhalb der Immissionsrichtwerte der TA Lärm [TAL]. Somit liegen alle betrachteten Immissionsorte außerhalb des Einwirkungsbereiches der Anlagen der Zusatzbelastung.

## 6.2 Beurteilung des Nachtzeitraums

Im Nachtzeitraum sind die Beurteilungspegel für die lauteste volle Nachtstunde in der folgenden Tabelle 6.2 den Immissionsrichtwerte der TA Lärm [TAL] gegenübergestellt.

**Tabelle 6.2:** Beurteilungspegel im Nachtzeitraum der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung für die Fassadenseite (F) und das Geschoss (G). Der Beurteilungspegel (B) und die Überschreitung (Ü) des Immissionsrichtwertes (IRW) sind in der Tabelle angegeben. Negative Überschreitungswerte signalisieren eine Unterschreitung des IRW.

ID	F	G	IRW [dB(A)]	Vor- belastung		Zusatz- belastung		Gesamt- belastung	
				B [dB(A)]	Ü [dB]	B [dB(A)]	Ü [dB]	B [dB(A)]	Ü [dB]
IO-01	no1	1.OG	45	-	-	45	0	45	0
IO-02	nw1	1.OG	45	-	-	45	0	45	0
IO-03	no1	1.OG	40	-	-	32	-8	32	-8
IO-04	no3	2.OG	45	-	-	32	-13	32	-13
IO-05	s3	1.OG	45	-	-	45	0	45	0
IO-06	sw1	1.OG	45	-	-	33	-12	33	-12
IO-07	so7	2.OG	45	-	-	37	-8	37	-8
IO-08	n1	1.OG	35	-	-	34	-1	34	-1
IO-09	s5	1.OG	45	-	-	34	-11	34	-11
IO-10	sw3	1.OG	45	-	-	31	-14	31	-14
IO-11	n3	2.OG	35	3	-32	23	-12	23	-12
IO-12	n1	4.OG	35	7	-28	24	-11	24	-11
IO-13	o3	1.OG	45	35	-10	26	-19	35	-10
IO-14	w3	2.OG	45	-	-	21	-24	21	-24
IO-15	s1	EG	45	-	-	16	-29	16	-29
IO-16	n3	1.OG	45	-	-	27	-18	27	-18
IO-17	n1	1.OG	35	1	-34	22	-13	22	-13

Die Beurteilung der relevanten Immissionsorte nach TA Lärm [TAL] ist in der Tabelle 6.3 für den Nachtzeitraum angegeben.

**Tabelle 6.3:** Beurteilung der relevanten Immissionsorte gemäß TA Lärm [TAL] für die Fassade (F) und das Geschoss (G).

ID	F	G	Beurteilung
IO-01	no1	1.OG	Der Immissionsrichtwert der TA Lärm ist eingehalten.
IO-02	nw1	1.OG	Der Immissionsrichtwert der TA Lärm ist eingehalten.
IO-03	no1	1.OG	Der Immissionsrichtwert der TA Lärm ist eingehalten.
IO-04	no3	2.OG	Die Zusatzbelastung liegt mindestens 10 dB unter dem Immissionsrichtwert und damit außerhalb des Einwirkbereiches nach TA Lärm.
IO-05	s3	1.OG	Der Immissionsrichtwert der TA Lärm ist eingehalten.
IO-06	sw1	1.OG	Die Zusatzbelastung liegt mindestens 10 dB unter dem Immissionsrichtwert und damit außerhalb des Einwirkbereiches nach TA Lärm.
IO-07	so7	2.OG	Der Immissionsrichtwert der TA Lärm ist eingehalten.
IO-08	n1	1.OG	Der Immissionsrichtwert der TA Lärm ist eingehalten.
IO-09	s5	1.OG	Die Zusatzbelastung liegt mindestens 10 dB unter dem Immissionsrichtwert und damit außerhalb des Einwirkbereiches nach TA Lärm.
IO-10	sw3	1.OG	Die Zusatzbelastung liegt mindestens 10 dB unter dem Immissionsrichtwert und damit außerhalb des Einwirkbereiches nach TA Lärm.
IO-11	n3	2.OG	Die Zusatzbelastung liegt mindestens 10 dB unter dem Immissionsrichtwert und damit außerhalb des Einwirkbereiches nach TA Lärm.
IO-12	n1	4.OG	Die Zusatzbelastung liegt mindestens 10 dB unter dem Immissionsrichtwert und damit außerhalb des Einwirkbereiches nach TA Lärm.
IO-13	o3	1.OG	Die Zusatzbelastung liegt mindestens 15 dB unter dem Immissionsrichtwert und damit außerhalb des erweiterten Einwirkbereiches nach TA Lärm.
IO-14	w3	2.OG	Die Zusatzbelastung liegt mindestens 15 dB unter dem Immissionsrichtwert und damit außerhalb des erweiterten Einwirkbereiches nach TA Lärm.

**Tabelle 6.3:** Fortsetzung: Beurteilung der relevanten Immissionsorte gemäß TA Lärm [TAL] für die Fassade (F) und das Geschoss (G).

ID	F	G	Beurteilung
IO-15	s1	EG	Die Zusatzbelastung liegt mindestens 15 dB unter dem Immissionsrichtwert und damit außerhalb des erweiterten Einwirkbereiches nach TA Lärm.
IO-16	n3	1.OG	Die Zusatzbelastung liegt mindestens 15 dB unter dem Immissionsrichtwert und damit außerhalb des erweiterten Einwirkbereiches nach TA Lärm.
IO-17	n1	1.OG	Die Zusatzbelastung liegt mindestens 10 dB unter dem Immissionsrichtwert und damit außerhalb des Einwirkbereiches nach TA Lärm.

Die Vorgaben der TA Lärm [TAL] werden eingehalten unter der Voraussetzung, dass die Windenergieanlagen in den folgenden Modi betrieben werden.

**Tabelle 6.4:** Auflistung der Betriebsmodi für die Zusatzbelastung

ID	Betriebsmodus tags	Betriebsmodus nachts
S1	PO7200	PO7200
D1	PO7200	PO7200
S2	PO7200	SO1
S3	PO7200	PO7200
D2	PO7200	PO7200

### 6.3 Spitzenpegel

Windenergieanlagen sind kontinuierlich laufende Maschinen. Spitzenpegelüberschreitungen von 30 dB im Tageszeitraum und von 20 dB im Nachtzeitraum sind im Regelbetrieb nicht zu erwarten. Dieses wird durch eine Vielzahl an Vermessungen unterschiedlicher Anlagentypen gezeigt. Die Betriebsgeräusche, wie die Azimutverstellung, Lüfter und Hydraulik, sind in der Regel unauffällig.

## 6.4 Abschätzung der Genauigkeit der Prognose

Prognosen sind immer mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Die TA Lärm [TAL] fordert daher in Anhang A2.6 entsprechende Aussagen zu der Genauigkeit, damit die Einhaltung der Immissionsrichtwerte der TA Lärm [TAL] sichergestellt werden kann.

- Die Ungenauigkeit einer normkonformen Vermessung des Schallleistungspegels einer Windenergieanlage nach FGW-Richtlinie wird mit  $\sigma_R=0,5$  dB angegeben.
- Nicht jedes Serienprodukt ist technisch identisch. Dies gilt auch für Windenergieanlagen. Der Pegel und das Oktavbandspektrum von einer vermessenen Anlage kann somit nicht einfach auf eine andere Anlage übertragen werden. Für eine nur einfach vermessene Anlage wird eine Serienstreuung von  $\sigma_P=1,2$  dB angenommen. Liegt jedoch eine Mehrfachvermessung mit mindestens drei Vermessungen des Anlagentyps im gleichen Betriebsmodus und gleicher technischer Ausstattung vor, kann für  $\sigma_P$  die Standardabweichung  $s$  der Messwerte angesetzt werden.

$$\sigma_P = s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N (L_n - \bar{L}_W)^2}$$

mit dem arithmetischen Mittelwert  $\bar{L}_W$  der einzelnen Pegel  $L_n$

$$\bar{L}_W = \sum_{n=1}^N \frac{L_n}{N}$$

- Für das Prognosemodell wird ein Unsicherheit von  $\sigma_{Prog}=1,0$  dB angenommen.

Die Gesamtunsicherheit  $\sigma_{ges}$  berechnet sich nach der folgenden Gleichung unter Einbeziehung der einzelnen Unsicherheiten, die bereits oben beschrieben wurden.

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

Aus der Gesamtunsicherheit wird der obere Vertrauensbereich SZ für die Prognose mit einem Vertrauensniveau von 90 % berechnet. Der Faktor 1,28 entspricht dem 90 %-igen Vertrauensniveau bei normalverteilten Zufallsgrößen.

$$SZ = \Delta L = 1,28 \sigma_{ges}$$

Der immissionsrelevante Schallleistungspegel  $\bar{L}_o$  für die Prognose berechnet sich dementsprechend wie folgt.



$$\bar{L}_o = \bar{L}_{WA} + 1,28\sigma_{ges}$$

Die Addition des Sicherheitszuschlages kann entweder auf die Teilpegel der einzelnen Windenergieanlagen am Immissionsort oder direkt auf den Schalleistungspegel  $L_{WA}$  der jeweiligen Windenergieanlage erfolgen. Das zugehörige Oktavbandspektrum wird entsprechend des immissionsrelevanten Pegels inkl. der oberen Vertrauensbereiches  $L_o$  normiert.

Für die Oktavbandpegel gilt der gleiche Zusammenhang. Auch hier kann der obere Vertrauensbereich auf die einzelnen Pegel der Oktaven  $\bar{L}_{W,OKT}$  addiert werden.

## 7 Infraschall und tieffrequente Geräusche

In der Literatur wird häufig angegeben, dass der Mensch Töne und Geräusche zwischen 20 Hz und 20 kHz über das Ohr hören kann [ZF99]. Gleichzeitig haben Hörversuche ergeben, dass das menschliche Gehör auch Töne unterhalb von 20 Hz wahrnehmen kann, allerdings mit stark steigendem Schalldruckpegel. Die Daten zeigen jedoch einen individuellen Verlauf der Wahrnehmungsschwelle bei den Probanden. Dadurch entstehen größere Unsicherheiten beim Festlegen einer allgemeingültigen Wahrnehmungsschwelle ([YE74] und [MP04]). Die aktuellste Messung der Hörschwelle zwischen 2,5 Hz und 125 Hz wurde mit einem speziellen Einsteckkopfhörer durchgeführt, der sehr hohe Schalldruckpegel ohne Verzerrungen direkt in dem Gehörgang erzeugen konnte. Gemessen wurde hier die Hörschwelle und nicht die Wahrnehmungsschwelle, da keine weiteren Körperregionen von dem Infraschall betroffen waren. Die gemessene Hörschwelle deckt sich mit den bereits in der Literatur beschriebenen Schwellen [KFH15]. Eine Studie von [HSH<sup>+</sup>07] zeigt, dass Infraschall vom menschlichen Innenohr aufgenommen und auch verarbeitet wird. Neuere Studien zeigen, dass Infraschalldarbietungen an der individuellen Hörschwelle zu Abbildungen im auditorischen Cortex und anderen Regionen des menschlichen Gehirns führen [WBK<sup>+</sup>17].

In der Natur tritt Infraschall durch eine Vielzahl von Quellen wie Wind, die Meeresbrandung und durch Wetterlagen auf. Hinzu kommen technische Quellen wie zum Beispiel Windenergieanlagen, Biogasanlagen und Umspannwerke. Die technischen Quellen zeigen im zeitlich-spektralen Verlauf (Spektrogramm) meist charakteristische Ausprägungen bei einzelnen Frequenzen, die der Drehzahl der Rotoren zugeordnet werden können [BKH<sup>+</sup>20], wohingegen die natürlichen Quellen in der Regel rein stochastisch sind [KADLM<sup>+</sup>20].

Infraschall entsteht, wenn entweder große Luftmassen oder Oberflächen in periodische Bewegungen versetzt werden. Somit kann er sich sowohl über die Luft, als auch über den Boden ausbreiten. Aufgrund der großen Wellenlänge bei Infraschall können sich in normalen Raumgrößen von Wohnungen in der Regel keine stehenden Wellen ausbilden, in sehr großen Räumen jedoch möglich. Infraschall wird daher eher als periodisches Auf- und Abklingen des Luftdrucks wahrgenommen und beschrieben [KADLM<sup>+</sup>20].

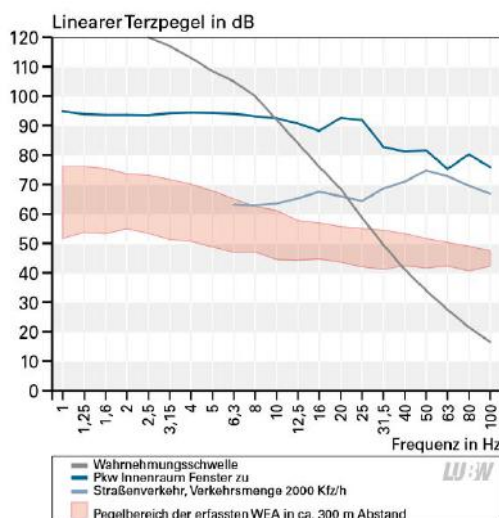
In der Studie [WKB<sup>+</sup>15] wurde untersucht, inwieweit die Darbietung von Infraschall bei Probanden die Gedächtnisleistung und Konzentrationsfähigkeit beeinflusst. Das Ergebnis zeigt, dass es keine signifikanten negativen Auswirkungen gibt. Gestützt wurden die

Ergebnisse durch eine parallele funktionale Magnetresonanztomographie (fMRT).

Eine erste Untersuchung zur Wahrnehmung von Infrasschall verursacht durch Windenergieanlagen wurde von [YST14] durchgeführt. Darin wurde festgestellt, dass sich die Wahrnehmungsschwellen von Geräuschen von Windenergieanlagen und reinen Sinustönen nicht unterscheiden und demnach entsprechend hohe Schalldruckpegel vorliegen müssen, ehe eine Wahrnehmung bei den Probanden eintritt.

Von Seiten der Bevölkerung liegen den örtlichen Immissionsschutzbehörden immer wieder Beschwerden vor. Die umfangreiche Studie des Umweltbundesamtes [KADLM<sup>+</sup>20] listet erstmals auf, in welchen Situationen es zu den Beschwerden kommt. Die häufigsten Beschwerden mit 33 % sind auf Anlagen zur Energieerzeugung und -transport zurückzuführen, gefolgt von raumluftechnischen Anlagen mit 23 %.

Eine Übersicht zum Thema des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes bezogen auf Infrasschall und tieffrequente Geräusche fasst die bis zum Erscheinungszeitpunkt erschienene Literatur zusammen und gibt einige Empfehlungen heraus [MHMN07]. Die Studie bezieht alle technischen Infrasschallquellen mit ein und ist nicht speziell auf Windenergieanlagen bezogen. Die Studie verweist darauf, dass es keine Hinweise gibt, dass Hörschäden ausschließlich durch Infrasschall verursacht werden können. Es wird allerdings empfohlen, dass der Infrasschall in Schlafräumen 10 dB unterhalb der Hörschwelle liegen sollte. Die große Messreihe der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) hat eine Vielzahl technischer Infrasschallquellen, u.a. auch Windenergieanlagen, in verschiedenen Abständen vermessen, und kommt zu dem Ergebnis, dass die Pegel immer mehr als 10 dB für Frequenzen kleiner als 20 Hz unterhalb der Hörschwelle liegen [RBB<sup>+</sup>16].



**Abbildung 7.1:** Vergleich der Fahrgeräusche inner- und außerhalb von Kraftfahrzeugen mit dem Pegelbereich von WEA in etwa 300 m Abstand sowie der Wahrnehmungsschwelle hinsichtlich Infraschall und tieffrequenten Geräuschen. [RBB<sup>+</sup>16]

Der Review-Artikel [KB18] fasst die verfügbare Literatur zu Gesundheitseffekten hervorgerufen durch Windenergieanlagen zusammen. Es wird beschrieben, dass Windenergieanlagen teilweise als störend empfunden werden können, jedoch werden keine gesundheitlichen Schäden beschrieben. Dieses betrifft auch auf den Infraschall zu.

Eine großangelegte Studie aus Finnland zeigt im ersten Teil eine umfangreiche Literaturrecherche, die jedoch keinerlei Hinweise darauf ergibt, dass es zu gesundheitlich negativen Effekten durch Windenergieanlagen bezogen auf Schall und Infraschall gekommen ist [MTK<sup>+</sup>20]. Allerdings gibt es eine kleine Anzahl an Veröffentlichungen, die weiteren Forschungsbedarf sehen. Der zweite Teil dieser Studie bezieht sich auf eigene in Finnland durchgeführte Messungen und Analysen. Er wurde gezeigt, dass der Infraschallpegel unterhalb von 2 Hz in Anwesenheit von Windenergieanlagen um ca. 20 dB höher liegt, als in ruhigen Umgebungen, aber immer noch deutlich unterhalb der menschlichen Wahrnehmungsschwelle. Vereinzelt wurden in Befragungen von Anwohnern verschiedene Symptome beschrieben, die jedoch alle Organe umfassten. Physiologische Messungen der Vitalparameter zeigen keine Effekte im Vergleich zu einer Kontrollgruppe.

Die DIN 45860 [DINb], mit welcher in Deutschland die tieffrequenten Geräusche bewertet und beurteilt werden, ist derzeit in der Überarbeitung mit dem neusten Entwurf aus Juni 2020 [DINc]. Gültig ist weiterhin die Norm aus dem Jahr 1997 [DINb]. Basis

der Bewertung ist in der aktuell noch gültigen Fassung noch die Hörschwelle zwischen 8 Hz und 100 Hz. Zwischenzeitlich wurde in den neuen Entwürfen zu der Norm die Wahrnehmungsschwelle diskutiert. Der aktuelle Entwurf sieht von einem Vergleich mit der Hör- oder Wahrnehmungsschwelle ab. Der Entwurf ist allerdings immer noch in der Diskussion.

Bislang existiert kein standardisiertes Berechnungsverfahren zur Entstehung und Ausbreitung von Infraschall im Freien.

## 8 Interaktive Karte



Die interaktive Karte dient der Darstellung aller bedeutenden Ergebnisse des Berichtes. Sowohl alle relevanten Windenergieanlagen der Vor- und Zusatzbelastung, die berücksichtigte gewerbliche Vorbelastung als auch die untersuchten Immissionsorte sind in der Karte berücksichtigt.

Durch die intuitive Bedienung und der Möglichkeit des individuellen Zooms lässt sich die Schallsituation im Detail analysieren. Durch einen Klick auf die Windenergieanlagen öffnet sich ein Fenster mit den technischen und schalltechnischen Daten der Anlage. Hierbei wird jeweils das verwendete Oktavbandspektrum visualisiert. Gleiches gilt für den Klick auf die untersuchten Immissionsorte. Hier werden die relevanten Ergebnisse für den Standort beschrieben und die schalltechnische Situation individuell begutachtet. Auch bei einem Klick auf die orange markierten gewerblichen Quellen öffnet ein Fenster in dem alle Eigenschaften der Schallquelle zusammengefasst werden.

Das Menü oben auf der rechten Seite dient zur Auswahl verschiedener weiterer Ansichten. Einzelne Windenergieanlagen lassen sich aus- oder einblenden.

Über die Auswahl können Rasterschallkarten dargestellt werden. Hiermit lassen sich die Bereiche analysieren bei denen eine Überschreitung der gesetzlich festgelegten Grenzwerte auftreten. Schalltechnisch herausfordernde Bereiche werden so einfach

deutlich. Es wird zwischen der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung am Tag bzw. in der Nacht unterschieden. Mit dieser Technologie ist eine noch detailliertere Analyse und Begutachtung der schalltechnischen Situation am Standort als je zuvor möglich.

Das Öffnen der interaktiven Karten funktioniert nur im Adobe Acrobat Reader.

## 9 Ortstermin

Der Ortstermin wurde am 18.08.2022 durch Kai Bekel (Das Grüne Emissionshaus GmbH) durchgeführt. Dieser Termin diente dazu, festzustellen, ob die Informationen vor Ort dem entsprechen, was aus dem Kartenmaterial und den Luftbildern im Vorfeld entnommen werden konnten. Neue Gebäude, Siedlungen oder Anlagen der Vorbelastung können so gefunden und entsprechend berücksichtigt werden.

### 9.1 Besichtigungsbilder IO-01



**Abbildung 9.1:** Nord-Westansicht IO-01



## 9.2 Besichtigungsbilder IO-02



Abbildung 9.2: Nord-Westansicht IO-02

## 9.3 Besichtigungsbilder IO-03



Abbildung 9.3: Süd-Ostansicht IO-03

## 9.4 Besichtigungsbilder IO-04



Abbildung 9.4: Nord-Ostansicht IO-04

## 9.5 Besichtigungsbilder IO-05



Abbildung 9.5: Westansicht IO-05

## 9.6 Besichtigungsbilder IO-06



Abbildung 9.6: Süd-Westansicht IO-06

## 9.7 Besichtigungsbilder IO-07



Abbildung 9.7: Süd-Ostansicht IO-07

## 9.8 Besichtigungsbilder IO-08



Abbildung 9.8: Nordansicht IO-08

## 9.9 Besichtigungsbilder IO-09



Abbildung 9.9: Westansicht IO-09

## 9.10 Besichtigungsbilder IO-10



Abbildung 9.10: Nord-Westansicht IO-10

## 9.11 Besichtigungsbilder IO-11



Abbildung 9.11: Nordansicht IO-11

## 9.12 Besichtigungsbilder IO-12



Abbildung 9.12: Nord-Westansicht IO-12

## 9.13 Besichtigungsbilder IO-13



Abbildung 9.13: Nordansicht IO-13

## 9.14 Besichtigungsbilder IO-14



Abbildung 9.14: Westansicht IO-14

## 9.15 Besichtigungsbilder IO-15



Abbildung 9.15: Südansicht IO-15

## 9.16 Besichtigungsbilder IO-16



Abbildung 9.16: Westansicht IO-16

## 9.17 Besichtigungsbilder IO-17



Abbildung 9.17: Westansicht IO-17



# Literaturverzeichnis

- [BKH<sup>+</sup>20] Blumendeller, Esther ; Kimmig, Ivo ; Huber, Gerhard ; Rettler, Philipp ; Cheng, Po W.: Investigations on Low Frequency Noises of On-Shore Wind Turbines. In: Acoustics 2 (2020), Nr. 2, 343-365. <http://dx.doi.org/10.3390/acoustics2020020>. - DOI 10.3390/acoustics2020020. - ISSN 2624-599X
- [DINa] DIN 1333:1992-02 - Zahlenangaben
- [DINb] DIN 45680:1997-03 - Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschmissionen in der Nachbarschaft
- [DINc] DIN 45680:2020-06 - Entwurf - Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschmissionen
- [DINd] DIN ISO 9613-2:1999-10 - Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien - Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren
- [HSH<sup>+</sup>07] Hensel, Johannes ; Scholz, Günther ; Hurttig, Ulrike ; Mrowinski, Dieter ; Janssen, Thomas: Impact of infrasound on the human cochlea. In: Hearing Research 233 (2007), Nr. 1, 67-76. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heares.2007.07.004>. - DOI <https://doi.org/10.1016/j.heares.2007.07.004>. - ISSN 0378-5955
- [Int] Dokumentation zur Schallausbreitung - Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschmissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1
- [KADLM<sup>+</sup>20] Krahé, Detlef ; Alaimo Di Loro, Alexander ; Müller, Uwe ; Elmenhorst, Eva-Maria ; De Gioannis, Riccardo ; Schmitt, Stefan ; Belke, Christin ; Benz, Sarah ; Großarth, Stephan ; Schreckenberger, Dirk ; Eulitz, Christian ; Wiercinski, Bianca ; Möhler, Ulrich: Lärmwirkungen von Infraschallmissionen. Umweltbundesamt, 2020 (TEXTE 163/2020)
- [KB18] Kamp, Irene van ; Berg, Frits van d.: Health Effects Related to Wind Turbine Sound, Including Low-Frequency Sound and Infrasound. In: Acoustics Australia 46 (2018), April, Nr. 1, 31-57. <http://dx.doi.org/10.1007/s40857-017-0115-6>. - DOI 10.1007/s40857-017-0115-6. - ISSN 1839-2571
- [KFH15] Kuehler, Robert ; Fedtke, Thomas ; Hensel, Johannes: Infrasonic and low-frequency insert earphone hearing threshold. In: The Journal of the

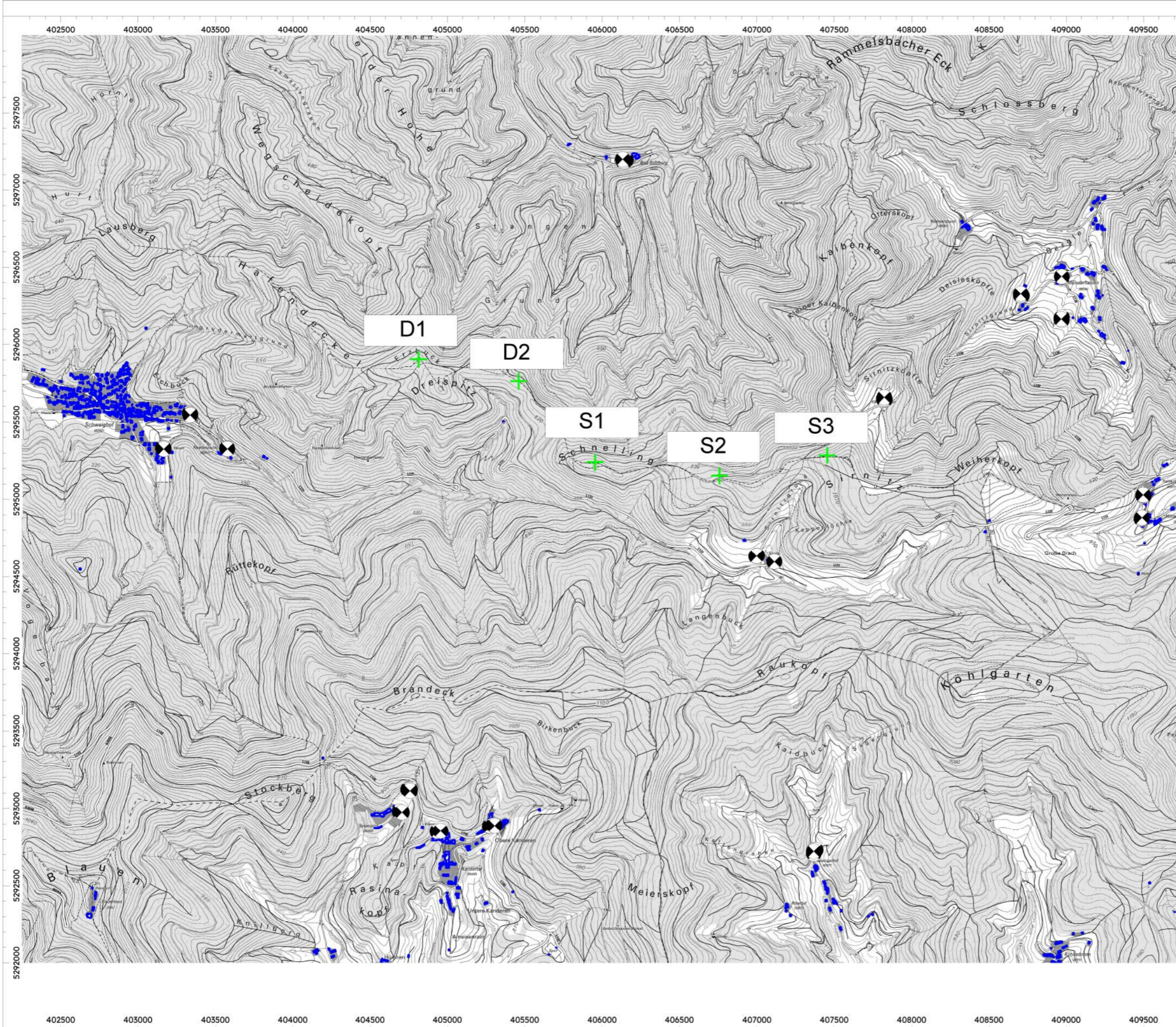
- Acoustical Society of America 137 (2015), Nr. 4, S. EL347-EL353. <http://dx.doi.org/10.1121/1.4916795>. – DOI 10.1121/1.4916795. – [\\_eprint: https://doi.org/10.1121/1.4916795](https://doi.org/10.1121/1.4916795)
- [LAI] Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA) - Überarbeiteter Entwurf vom 17.03.2016 mit Änderungen PhysE vom 23.06.2016 - Stand 30.06.2016
- [LBS22] Landentwicklung Büchsenstr. 54 70174 Stuttgart, Landesamt für Geoinformation u.: lgl-bw. [www.lgl-bw.de](http://www.lgl-bw.de). Version: 2022
- [Mak11] Makarewicz, Rufin: Is a wind turbine a point source? (L). In: The Journal of the Acoustical Society of America 129 (2011), Nr. 2, S. 579-581. <http://dx.doi.org/10.1121/1.3514426>. – DOI 10.1121/1.3514426
- [MHMN07] Malsch, Annette K. ; Hornberg, Claudia ; Maschke, Christian ; Niemann, Hildegard: Infraschall und tieffrequenter Schall – ein Thema für den umweltbezogenen Gesundheitsschutz in Deutschland? In: Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 50 (2007), Dezember, Nr. 12, 1582-1589. <http://dx.doi.org/10.1007/s00103-007-0407-3>. – DOI 10.1007/s00103-007-0407-3. – ISSN 1437-1588
- [MP04] Møller, H. ; Pedersen, C. S.: Hearing at low and infrasonic frequencies. In: Noise & health 6 (2004), Juni, Nr. 23, S. 37-57. – ISSN 1463-1741. – Place: India
- [MTK<sup>+</sup>20] Maijala, Panu ; Turunen, Anu ; Kurki, Ilmari ; Vainio, Lari ; Pakarinen, Satu ; Kaukinen, Crista ; Lukander, Kristian ; Tiittanen, Pekka ; Yli-Tuomi, Tarja ; Taimisto, Pekka ; Lanki, Timo ; Tiippana, Kaisa ; Virkkala, Jussi ; Stickler, Emma ; Sainio, Markku: Publications of the Government's analysis, assessment and research activities. Bd. 34: Infrasound Does Not Explain Symptoms Related to Wind Turbines. 2020
- [RBB<sup>+</sup>16] Ratzel, U. ; Bayer, O. ; Brachat, P. ; Hoffmann, M. ; Jänke, K. ; Kiesel, K.-J. ; Mehnert, C. ; Scheck, C.: Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen. 2. Auflage. Karlsruhe : Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), 2016
- [TAL] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen

- Lärm – TA Lärm), Geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAAnz AT 08.06.2017 B5)
- [WBK<sup>+</sup>17] Weichenberger, Markus ; Bauer, Martin ; Kühler, Robert ; Hensel, Johannes ; Forlim, Caroline G. ; Ihlenfeld, Albrecht ; Ittermann, Bernd ; Gallinat, Jürgen ; Koch, Christian ; Kühn, Simone: Altered cortical and subcortical connectivity due to infrasound administered near the hearing threshold – Evidence from fMRI. In: PLOS ONE 12 (2017), April, Nr. 4, 1-19. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0174420>. – DOI 10.1371/journal.pone.0174420. – Publisher: Public Library of Science
- [WEA] Kein eigener Erlass seit dem 9. Mai 2019. Seither Orientierung am Erlass von NRW: Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (Windenergie-Erlass), Gem. RdErl. d. Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie (Az. VI.A-3 – 77-33 - Windenergieerlass) und des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (Az. VII.2.2 – 2017/01 - Windenergieerlass) und des Ministeriums für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen (Az. 611 – 901.3/202), Glied-Nr. 2310, 08.05.2018, Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen Nr. 12, ausgegeben zu Düsseldorf am 22. Mai 2018
- [WKB<sup>+</sup>15] Weichenberger, Markus ; Kühler, Robert ; Bauer, Martin ; Hensel, Johannes ; Brühl, Rüdiger ; Ihlenfeld, Albrecht ; Ittermann, Bernd ; Gallinat, Jürgen ; Koch, Christian ; Sander, Tilmann ; Kühn, Simone: Brief bursts of infrasound may improve cognitive function – An fMRI study. In: Hearing Research 328 (2015), 87-93. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heares.2015.08.001>. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.heares.2015.08.001>. – ISSN 0378-5955
- [YE74] Yeowart, Norman S. ; Evans, Margaret J.: Thresholds of audibility for very low-frequency pure tones. In: The Journal of the Acoustical Society of America 55 (1974), Nr. 4, S. 814-818. <http://dx.doi.org/10.1121/1.1914605>. – DOI 10.1121/1.1914605
- [YST14] Yokoyama, Sakae ; Sakamoto, Shinichi ; Tachibana, Hideki: Perception of low frequency components in wind turbine noise. In: Noise Control Engineering Journal 62 (2014), September. <http://dx.doi.org/10.3397/1/376228>. – DOI 10.3397/1/376228

- [ZF99] Zwicker, Eberhard ; Fastl, Hugo: Psychoacoustics. second updated. Berlin, Heidelberg : Springer, 1999 (Springer Series in Information Sciences)

# A Lageplan des untersuchten Gebietes

Der nachfolgende Lageplan stellt die Lage der untersuchten Windenergieanlagen sowie die betrachteten Immissionsorte dar. Diese Karte ist enthalten, um auch im gedruckten Zustand eine Übersicht zu ermöglichen. Die interaktiven Karten ermöglichen diese Informationen ebenfalls und werden in der digitalen Form empfohlen.



noxt! engineering GmbH  
 Malberger Straße 13 \* 49082 Osnabrück  
 Tel. 0160 - 4024579  
 www.engineering.noxt.com

**Projekt-Nr.: NE-2022-07-005**  
**Lageplan**

Lageplan für den Standort  
 79410 Schweighof mit Darstellung  
 -der Schallquellen  
 -der benachbarten Wohnbebauung  
 -der Immissionsorte  
 -der gewerblichen Vorbelastung  
 TH: Tierhaltung  
 BG: Biogasanlage  
 IN: Industrieanlage

- + Punktquelle
- Haus
- Immissionspunkt
- Rechengebiet

Maßstab: 1 : 25000

**Auftraggeber:**  
 Das Grüne Emissionshaus GmbH  
 Goethestraße 4  
 79100 Freiburg

Cadna/A, Version 2021 MR 2 (64 Bit)  
 Cadna\_Modell\_Wea.cna

## B Detaillierte Berechnungsergebnisse

In den folgenden Dateieinbindungen werden die Rasterlärmkarten der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung, die weiterführenden Berechnungsergebnisse und die Protokolldateien zusammengefasst. Durch eine Auswahl der Dateisymbole lassen sich die Dokumente öffnen und einzeln analysieren. In dem Dokument mit dem Textsymbol werden die detaillierten Berechnungsergebnisse und Konfigurationen dargestellt. In dem Dokument des Bildsymbols werden die Rasterlärmkarten für die Konfiguration aufgeführt.



## C Eigenschaften der Immissionsorte

In der folgenden Tabelle C.1 sind die einzelnen Immissionspunkte an den ausgewählten Immissionsorten angegeben. Für jeden Immissionsort (z.B. IO-01) werden verschiedene Punkte an einer Fassade (F) in einem Geschoss (G) betrachtet. Das r in der Spalte Höhe steht für die relative Höhe über dem Gelände.



Tabelle C.1: Auflistung sämtlicher Immissionspunkte der Untersuchungen an den Immissionsorten

ID	F	G	Nutzungsart und IRW			Lärmart	Höhe [m]	Koordinaten		Höhe N.N. [m]	
			Gebiet	tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]			Ostwert [m]	Nordwert [m]		
IO-01	no1	1.OG	Sirnitz 3, 79410 Müllheim			Industrie	5,0	r	407.001,44	5.294.635,66	919,6
			MI	60	45						
IO-01	no1	EG	Sirnitz 3, 79410 Müllheim			Industrie	2,5	r	407.001,44	5.294.635,66	917,1
			MI	60	45						
IO-01	nw1	1.OG	Sirnitz 3, 79410 Müllheim			Industrie	5,0	r	406.994,98	5.294.631,20	919,7
			MI	60	45						
IO-01	nw2	1.OG	Sirnitz 3, 79410 Müllheim			Industrie	5,0	r	406.998,20	5.294.633,42	919,9
			MI	60	45						
IO-02	nw1	1.OG	Sirnitz , 79410 Müllheim			Industrie	5,0	r	407.111,33	5.294.594,32	922,2
			MI	60	45						
IO-02	nw1	EG	Sirnitz , 79410 Müllheim			Industrie	2,5	r	407.111,33	5.294.594,32	919,7
			MI	60	45						
IO-02	nw3	1.OG	Sirnitz , 79410 Müllheim			Industrie	5,0	r	407.113,53	5.294.595,43	922,9
			MI	60	45						
IO-02	nw3	EG	Sirnitz , 79410 Müllheim			Industrie	2,5	r	407.113,53	5.294.595,43	920,4
			MI	60	45						
IO-03	no1	1.OG	Am Lindengraben 2, 79410 Badenweiler			Industrie	5,0	r	403.332,90	5.295.555,75	469,8
			WA	55	40						
IO-03	no1	EG	Am Lindengraben 2, 79410 Badenweiler			Industrie	2,5	r	403.332,90	5.295.555,75	467,3
			WA	55	40						

Tabelle C.1: Fortsetzung: Auflistung sämtlicher Immissionspunkte der Untersuchungen an den Immissionsorten

ID	F	G	Nutzungsart und IRW			Lärmart	Höhe [m]	Koordinaten		Höhe N.N. [m]	
			Gebiet	tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]			Ostwert [m]	Nordwert [m]		
IO-03	no3	1.OG	Am Lindengraben 2, 79410 Badenweiler			Industrie	5,0	r	403.337,88	5.295.551,61	470,0
			WA	55	40						
IO-03	no3	EG	Am Lindengraben 2, 79410 Badenweiler			Industrie	2,5	r	403.337,88	5.295.551,61	467,5
			WA	55	40						
IO-03	so1	1.OG	Am Lindengraben 2, 79410 Badenweiler			Industrie	5,0	r	403.338,65	5.295.547,50	469,5
			WA	55	40						
IO-03	so1	EG	Am Lindengraben 2, 79410 Badenweiler			Industrie	2,5	r	403.338,65	5.295.547,50	467,0
			WA	55	40						
IO-03	so3	1.OG	Am Lindengraben 2, 79410 Badenweiler			Industrie	5,0	r	403.335,93	5.295.544,21	468,7
			WA	55	40						
IO-03	so3	EG	Am Lindengraben 2, 79410 Badenweiler			Industrie	2,5	r	403.335,93	5.295.544,21	466,2
			WA	55	40						
IO-04	no1	1.OG	Klemmbachstraße 100, 79410 Badenweiler			Industrie	5,0	r	403.574,99	5.295.332,53	488,1
			MI	60	45						
IO-04	no1	EG	Klemmbachstraße 100, 79410 Badenweiler			Industrie	2,5	r	403.574,99	5.295.332,53	485,6
			MI	60	45						
IO-04	no3	1.OG	Klemmbachstraße 100, 79410 Badenweiler			Industrie	5,0	r	403.576,28	5.295.330,01	488,3
			MI	60	45						
IO-04	no3	2.OG	Klemmbachstraße 100, 79410 Badenweiler			Industrie	7,8	r	403.576,28	5.295.330,01	491,1
			MI	60	45						

Tabelle C.1: Fortsetzung: Auflistung sämtlicher Immissionspunkte der Untersuchungen an den Immissionsorten

ID	F	G	Nutzungsart und IRW			Lärmart	Höhe [m]	Koordinaten		Höhe N.N. [m]	
			Gebiet	tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]			Ostwert [m]	Nordwert [m]		
IO-04	no3	EG	Klemmbachstraße 100, 79410 Badenweiler			Industrie	2,5	r	403.576,28	5.295.330,01	485,8
			MI	60	45						
IO-04	no5	1.OG	Klemmbachstraße 100, 79410 Badenweiler			Industrie	5,0	r	403.577,56	5.295.327,50	488,5
			MI	60	45						
IO-04	no5	2.OG	Klemmbachstraße 100, 79410 Badenweiler			Industrie	7,8	r	403.577,56	5.295.327,50	491,3
			MI	60	45						
IO-04	no5	EG	Klemmbachstraße 100, 79410 Badenweiler			Industrie	2,5	r	403.577,56	5.295.327,50	486,0
			MI	60	45						
IO-05	s1	EG	Kälbelescheuer, 79244 Münstertal			Industrie	2,5	r	407.828,45	5.295.642,09	979,3
			MI	60	45						
IO-05	s3	1.OG	Kälbelescheuer, 79244 Münstertal			Industrie	5,0	r	407.824,51	5.295.643,37	982,0
			MI	60	45						
IO-05	s3	EG	Kälbelescheuer, 79244 Münstertal			Industrie	2,5	r	407.824,51	5.295.643,37	979,5
			MI	60	45						
IO-05	s5	EG	Kälbelescheuer, 79244 Münstertal			Industrie	2,5	r	407.820,58	5.295.644,66	979,5
			MI	60	45						
IO-05	w1	EG	Kälbelescheuen, 79244 Münstertal			Industrie	2,5	r	407.820,49	5.295.650,79	979,4
			MI	60	45						
IO-05	w3	EG	Kälbelescheuen, 79244 Münstertal			Industrie	2,5	r	407.823,54	5.295.657,92	979,0
			MI	60	45						

Tabelle C.1: Fortsetzung: Auflistung sämtlicher Immissionspunkte der Untersuchungen an den Immissionsorten

ID	F	G	Nutzungsart und			Lärmart	Höhe [m]	Koordinaten		Höhe N.N. [m]	
			Gebiet	IRW tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]			Ostwert [m]	Nordwert [m]		
IO-06	sw1	1.OG	Münsterhalden 15, 79244 Münsterstal			Industrie	5,0	r	408.970,84	5.296.437,47	626,2
			MI	60	45						
IO-06	sw1	2.OG	Münsterhalden 15, 79244 Münsterstal			Industrie	7,8	r	408.970,84	5.296.437,47	629,0
			MI	60	45						
IO-06	sw1	EG	Münsterhalden 15, 79244 Münsterstal			Industrie	2,5	r	408.970,84	5.296.437,47	623,7
			MI	60	45						
IO-06	sw3	1.OG	Münsterhalden 15, 79244 Münsterstal			Industrie	5,0	r	408.969,69	5.296.440,89	626,1
			MI	60	45						
IO-06	sw3	2.OG	Münsterhalden 15, 79244 Münsterstal			Industrie	7,8	r	408.969,72	5.296.440,79	628,9
			MI	60	45						
IO-06	sw3	EG	Münsterhalden 15, 79244 Münsterstal			Industrie	2,5	r	408.969,66	5.296.440,96	623,6
			MI	60	45						
IO-07	so1	1.OG	Badstraße 67, 79295 Sulzburg			Industrie	5,0	r	406.153,28	5.297.193,92	465,6
			MI	60	45						
IO-07	so1	2.OG	Badstraße 67, 79295 Sulzburg			Industrie	7,8	r	406.153,28	5.297.193,92	468,4
			MI	60	45						
IO-07	so1	EG	Badstraße 67, 79295 Sulzburg			Industrie	2,5	r	406.153,28	5.297.193,92	463,1
			MI	60	45						
IO-07	so3	1.OG	Badstraße 67, 79295 Sulzburg			Industrie	5,0	r	406.148,13	5.297.190,78	465,4
			MI	60	45						

Tabelle C.1: Fortsetzung: Auflistung sämtlicher Immissionspunkte der Untersuchungen an den Immissionsorten

ID	F	G	Nutzungsart und IRW			Lärmart	Höhe		Koordinaten		Höhe N.N. [m]
			Gebiet	tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]		IRW	[m]	[m]	Ostwert [m]	
IO-07	so3	2.OG	Badstraße 67, 79295 Sulzburg			Industrie	7,8	r	406.148,13	5.297.190,78	468,2
			MI	60	45						
IO-07	so3	EG	Badstraße 67, 79295 Sulzburg			Industrie	2,5	r	406.148,13	5.297.190,78	462,9
			MI	60	45						
IO-07	so5	1.OG	Badstraße 67, 79295 Sulzburg			Industrie	5,0	r	406.145,26	5.297.189,63	465,3
			MI	60	45						
IO-07	so5	2.OG	Badstraße 67, 79295 Sulzburg			Industrie	7,8	r	406.145,26	5.297.189,63	468,1
			MI	60	45						
IO-07	so5	EG	Badstraße 67, 79295 Sulzburg			Industrie	2,5	r	406.145,26	5.297.189,63	462,8
			MI	60	45						
IO-07	so7	1.OG	Badstraße 67, 79295 Sulzburg			Industrie	5,0	r	406.141,18	5.297.186,86	465,1
			MI	60	45						
IO-07	so7	2.OG	Badstraße 67, 79295 Sulzburg			Industrie	7,8	r	406.141,18	5.297.186,86	467,9
			MI	60	45						
IO-07	so7	EG	Badstraße 67, 79295 Sulzburg			Industrie	2,5	r	406.141,18	5.297.186,86	462,6
			MI	60	45						
IO-07	sw1	EG	Badstraße 67, 79295 Sulzburg			Industrie	2,5	r	406.138,33	5.297.185,91	462,4
			MI	60	45						
IO-07	sw3	EG	Badstraße 67, 79295 Sulzburg			Industrie	2,5	r	406.135,32	5.297.192,87	462,5
			MI	60	45						

Tabelle C.1: Fortsetzung: Auflistung sämtlicher Immissionspunkte der Untersuchungen an den Immissionsorten

ID	F	G	Nutzungsart und IRW			Lärmart	Höhe		Koordinaten		Höhe N.N. [m]
			Gebiet	tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]		IRW	[m]	[m]	Ostwert [m]	
IO-07	sw5	EG	Badstraße 67, 79295 Sulzburg			Industrie	2,5	r	406.132,22	5.297.200,06	462,6
			MI	60	45						
IO-08	n1	1.OG	Altensteinweg 23, 79410 Badenweiler			Industrie	5,0	r	403.160,00	5.295.335,01	487,3
			WR	50	35						
IO-08	n2	1.OG	Altensteinweg 23, 79410 Badenweiler			Industrie	5,0	r	403.163,05	5.295.334,69	488,1
			WR	50	35						
IO-08	o1	1.OG	Altensteinweg 23, 79410 Badenweiler			Industrie	5,0	r	403.166,02	5.295.331,40	489,2
			WR	50	35						
IO-08	o1	2.OG	Altensteinweg 23, 79410 Badenweiler			Industrie	7,8	r	403.166,02	5.295.331,40	492,0
			WR	50	35						
IO-08	o3	1.OG	Altensteinweg 23, 79410 Badenweiler			Industrie	5,0	r	403.165,53	5.295.326,40	489,5
			WR	50	35						
IO-08	o3	2.OG	Altensteinweg 23, 79410 Badenweiler			Industrie	7,8	r	403.165,53	5.295.326,40	492,3
			WR	50	35						
IO-08	o3	EG	Altensteinweg 23, 79410 Badenweiler			Industrie	2,5	r	403.165,53	5.295.326,40	487,0
			WR	50	35						
IO-09	s1	1.OG	Münsterhalden 12, 79244 Münsterstal			Industrie	5,0	r	408.714,03	5.296.315,35	671,0
			MI	60	45						
IO-09	s1	EG	Münsterhalden 12, 79244 Münsterstal			Industrie	2,5	r	408.713,96	5.296.315,36	668,5
			MI	60	45						

Tabelle C.1: Fortsetzung: Auflistung sämtlicher Immissionspunkte der Untersuchungen an den Immissionsorten

ID	F	G	Nutzungsart und IRW			Lärmart	Höhe [m]	Koordinaten		Höhe N.N. [m]	
			Gebiet	tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]			Ostwert [m]	Nordwert [m]		
IO-09	s3	1.OG	Münsterhalden 12, 79244 Münster			Industrie	5,0	r	408.710,52	5.296.315,71	672,1
			MI	60	45						
IO-09	s3	EG	Münsterhalden 12, 79244 Münster			Industrie	2,5	r	408.710,52	5.296.315,71	669,6
			MI	60	45						
IO-09	s5	1.OG	Münsterhalden 12, 79244 Münster			Industrie	5,0	r	408.706,77	5.296.316,10	673,4
			MI	60	45						
IO-09	s5	EG	Münsterhalden 12, 79244 Münster			Industrie	2,5	r	408.706,77	5.296.316,10	670,9
			MI	60	45						
IO-09	w1	1.OG	Münsterhalden 12, 79244 Münster			Industrie	5,0	r	408.704,91	5.296.321,37	674,4
			MI	60	45						
IO-09	w1	EG	Münsterhalden 12, 79244 Münster			Industrie	2,5	r	408.704,91	5.296.321,37	671,9
			MI	60	45						
IO-09	w3	1.OG	Münsterhalden 12, 79244 Münster			Industrie	5,0	r	408.705,55	5.296.328,10	674,4
			MI	60	45						
IO-09	w3	EG	Münsterhalden 12, 79244 Münster			Industrie	2,5	r	408.705,55	5.296.328,10	671,9
			MI	60	45						
IO-10	nw1	1.OG	Münsterhalden 22, 79244 Münster			Industrie	5,0	r	408.968,01	5.296.170,50	679,2
			MI	60	45						
IO-10	nw1	EG	Münsterhalden 22, 79244 Münster			Industrie	2,5	r	408.968,01	5.296.170,50	676,7
			MI	60	45						

Tabelle C.1: Fortsetzung: Auflistung sämtlicher Immissionspunkte der Untersuchungen an den Immissionsorten

ID	F	G	Nutzungsart und			Lärmart	Höhe [m]	Koordinaten		Höhe N.N. [m]	
			Gebiet	IRW tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]			Ostwert [m]	Nordwert [m]		
IO-10	nw3	1.OG	Münsterhalden 22, 79244 Münsterstal			Industrie	5,0	r	408.972,35	5.296.175,85	678,0
			MI	60	45						
IO-10	nw3	EG	Münsterhalden 22, 79244 Münsterstal			Industrie	2,5	r	408.972,35	5.296.175,85	675,5
			MI	60	45						
IO-10	sw1	1.OG	Münsterhalden 22, 79244 Münsterstal			Industrie	5,0	r	408.972,05	5.296.159,24	681,5
			MI	60	45						
IO-10	sw1	2.OG	Münsterhalden 22, 79244 Münsterstal			Industrie	7,8	r	408.972,05	5.296.159,24	684,3
			MI	60	45						
IO-10	sw1	EG	Münsterhalden 22, 79244 Münsterstal			Industrie	2,5	r	408.972,05	5.296.159,24	679,0
			MI	60	45						
IO-10	sw3	1.OG	Münsterhalden 22, 79244 Münsterstal			Industrie	5,0	r	408.967,98	5.296.164,11	680,7
			MI	60	45						
IO-10	sw3	2.OG	Münsterhalden 22, 79244 Münsterstal			Industrie	7,8	r	408.967,98	5.296.164,11	683,5
			MI	60	45						
IO-10	sw3	EG	Münsterhalden 22, 79244 Münsterstal			Industrie	2,5	r	408.967,98	5.296.164,11	678,2
			MI	60	45						
IO-11	n1	1.OG	Birkenbuck 2 (Luisenheim), 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	5,0	r	404.690,11	5.292.981,23	858,6
			KU	45	35						
IO-11	n1	2.OG	Birkenbuck 2 (Luisenheim), 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	7,8	r	404.689,99	5.292.981,27	861,4
			KU	45	35						



Tabelle C.1: Fortsetzung: Auflistung sämtlicher Immissionspunkte der Untersuchungen an den Immissionsorten

ID	F	G	Nutzungsart und			Lärmart	Höhe [m]	Koordinaten			
			Gebiet	IRW tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]			Ostwert [m]	Nordwert [m]	Höhe N.N. [m]	
IO-11	n1	EG	Birkenbuck 2 (Luisenheim), 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	2,5	r	404.689,95	5.292.981,29	856,1
			KU	45	35						
IO-11	n3	1.OG	Birkenbuck 2 (Luisenheim), 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	5,0	r	404.706,00	5.292.975,92	859,0
			KU	45	35						
IO-11	n3	2.OG	Birkenbuck 2 (Luisenheim), 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	7,8	r	404.706,31	5.292.975,81	861,8
			KU	45	35						
IO-11	n3	EG	Birkenbuck 2 (Luisenheim), 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	2,5	r	404.706,27	5.292.975,83	856,5
			KU	45	35						
IO-12	n1	1.OG	Kandertal 25, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	5,0	r	404.934,30	5.292.852,33	855,0
			KU	55	35						
IO-12	n1	2.OG	Kandertal 25, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	7,8	r	404.934,30	5.292.852,33	857,8
			KU	55	35						
IO-12	n1	3.OG	Kandertal 25, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	10,6	r	404.934,30	5.292.852,33	860,6
			KU	55	35						
IO-12	n1	4.OG	Kandertal 25, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	13,4	r	404.934,30	5.292.852,33	863,4
			KU	55	35						
IO-12	n1	EG	Kandertal 25, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	2,5	r	404.934,30	5.292.852,33	852,5
			KU	55	35						
IO-12	n3	1.OG	Kandertal 25, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	5,0	r	404.955,38	5.292.854,87	855,0
			KU	55	35						

Tabelle C.1: Fortsetzung: Auflistung sämtlicher Immissionspunkte der Untersuchungen an den Immissionsorten

ID	F	G	Nutzungsart und IRW			Lärmart	Höhe [m]	Koordinaten		Höhe N.N. [m]	
			Gebiet	tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]			Ostwert [m]	Nordwert [m]		
IO-12	n3	2.OG	Kandertal 25, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	7,8	r	404.955,38	5.292.854,87	857,8
			KU	55	35						
IO-12	n3	3.OG	Kandertal 25, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	10,6	r	404.955,38	5.292.854,87	860,6
			KU	55	35						
IO-12	n3	4.OG	Kandertal 25, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	13,4	r	404.955,38	5.292.854,87	863,4
			KU	55	35						
IO-12	n3	EG	Kandertal 25, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	2,5	r	404.955,38	5.292.854,87	852,5
			KU	55	35						
IO-13	n1	1.OG	Kandertal 9, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	5,0	r	405.273,36	5.292.884,26	860,6
			MI	60	45						
IO-13	n1	EG	Kandertal 9, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	2,5	r	405.273,29	5.292.884,24	858,1
			MI	60	45						
IO-13	n3	1.OG	Kandertal 9, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	5,0	r	405.277,73	5.292.885,93	860,2
			MI	60	45						
IO-13	n3	EG	Kandertal 9, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	2,5	r	405.278,20	5.292.886,11	857,7
			MI	60	45						
IO-13	n5	1.OG	Kandertal 9, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	5,0	r	405.293,98	5.292.892,10	859,7
			MI	60	45						
IO-13	n5	EG	Kandertal 9, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	2,5	r	405.294,10	5.292.892,14	857,2
			MI	60	45						

Tabelle C.1: Fortsetzung: Auflistung sämtlicher Immissionspunkte der Untersuchungen an den Immissionsorten

ID	F	G	Nutzungsart und			Lärmart	Höhe [m]	Koordinaten			
			Gebiet	IRW tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]			Ostwert [m]	Nordwert [m]	Höhe N.N. [m]	
IO-13	o1	1.OG	Kandertal 9, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	5,0	r	405.303,53	5.292.892,00	859,0
			MI	60	45						
IO-13	o1	EG	Kandertal 9, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	2,5	r	405.303,32	5.292.892,55	856,6
			MI	60	45						
IO-13	o3	1.OG	Kandertal 9, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	5,0	r	405.304,85	5.292.888,51	858,9
			MI	60	45						
IO-13	o3	EG	Kandertal 9, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	2,5	r	405.304,87	5.292.888,45	856,4
			MI	60	45						
IO-14	w1	1.OG	Hinterheubronn 7, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	5,0	r	409.485,81	5.294.874,33	916,6
			MI	60	45						
IO-14	w1	2.OG	Hinterheubronn 7, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	7,8	r	409.485,81	5.294.874,33	919,4
			MI	60	45						
IO-14	w1	EG	Hinterheubronn 7, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	2,5	r	409.485,81	5.294.874,33	914,1
			MI	60	45						
IO-14	w3	1.OG	Hinterheubronn 7, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	5,0	r	409.487,69	5.294.878,01	916,4
			MI	60	45						
IO-14	w3	2.OG	Hinterheubronn 7, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	7,8	r	409.487,69	5.294.878,01	919,2
			MI	60	45						
IO-14	w3	EG	Hinterheubronn 7, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	2,5	r	409.487,69	5.294.878,01	913,9
			MI	60	45						

Tabelle C.1: Fortsetzung: Auflistung sämtlicher Immissionspunkte der Untersuchungen an den Immissionsorten

ID	F	G	Nutzungsart und IRW			Lärmart	Höhe [m]	Koordinaten		Höhe N.N. [m]	
			Gebiet	tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]			Ostwert [m]	Nordwert [m]		
IO-14	w5	1.OG	Hinterheubronn 7, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	5,0	r	409.489,56	5.294.881,69	916,3
			MI	60	45						
IO-14	w5	EG	Hinterheubronn 7, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	2,5	r	409.489,56	5.294.881,69	913,8
			MI	60	45						
IO-15	s1	EG	Hinterheubronn 11, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	2,5	r	409.501,05	5.295.022,12	928,4
			MI	60	45						
IO-15	s3	EG	Hinterheubronn 11, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	2,5	r	409.496,98	5.295.023,65	930,2
			MI	60	45						
IO-15	w1	EG	Hinterheubronn 11, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	2,5	r	409.496,08	5.295.027,26	930,9
			MI	60	45						
IO-15	w3	EG	Hinterheubronn 11, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	2,5	r	409.496,71	5.295.028,97	930,7
			MI	60	45						
IO-16	n1	1.OG	Fischenberg 12, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	5,0	r	407.372,74	5.292.730,90	801,3
			MI	60	45						
IO-16	n1	EG	Fischenberg 12, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	2,5	r	407.372,74	5.292.730,90	798,8
			MI	60	45						
IO-16	n3	1.OG	Fischenberg 12, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	5,0	r	407.379,86	5.292.731,03	801,9
			MI	60	45						
IO-16	n3	EG	Fischenberg 12, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	2,5	r	407.379,86	5.292.731,03	799,4
			MI	60	45						

Tabelle C.1: Fortsetzung: Auflistung sämtlicher Immissionspunkte der Untersuchungen an den Immissionsorten

ID	F	G	Nutzungsart und			Lärmart	Höhe [m]	Koordinaten		Höhe N.N. [m]	
			Gebiet	IRW tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]			Ostwert [m]	Nordwert [m]		
IO-16	w1	1.OG	Fischenberg 12, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	5,0	r	407.368,06	5.292.708,26	798,0
			MI	60	45						
IO-16	w1	EG	Fischenberg 12, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	2,5	r	407.368,06	5.292.708,26	795,5
			MI	60	45						
IO-16	w3	1.OG	Fischenberg 12, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	5,0	r	407.367,78	5.292.723,09	799,8
			MI	60	45						
IO-16	w3	EG	Fischenberg 12, 79692 Kleines Wiesental			Industrie	2,5	r	407.367,78	5.292.723,09	797,3
			MI	60	45						
IO-17	n1	1.OG	Birkenbuck 1, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	5,0	r	404.745,04	5.293.122,98	889,9
			WR	50	35						
IO-17	n1	EG	Birkenbuck 1, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	2,5	r	404.745,04	5.293.122,98	887,4
			WR	50	35						
IO-17	n3	1.OG	Birkenbuck 1, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	5,0	r	404.749,81	5.293.123,34	889,7
			WR	50	35						
IO-17	n3	EG	Birkenbuck 1, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	2,5	r	404.749,81	5.293.123,34	887,2
			WR	50	35						
IO-17	n5	1.OG	Birkenbuck 1, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	5,0	r	404.754,57	5.293.122,66	889,5
			WR	50	35						
IO-17	n5	EG	Birkenbuck 1, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	2,5	r	404.754,57	5.293.122,66	887,0
			WR	50	35						

Tabelle C.1: Fortsetzung: Auflistung sämtlicher Immissionspunkte der Untersuchungen an den Immissionsorten

ID	F	G	Nutzungsart und IRW			Lärmart	Höhe		Koordinaten		
			Gebiet	tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]		IRW	[m]	[m]	Ostwert [m]	Nordwert [m]
IO-17	o1	1.OG	Birkenbuck 1, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	5,0	r	404.758,16	5.293.121,13	889,4
			WR	50	35						
IO-17	o1	2.OG	Birkenbuck 1, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	7,8	r	404.758,16	5.293.121,13	892,2
			WR	50	35						
IO-17	o1	EG	Birkenbuck 1, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	2,5	r	404.758,16	5.293.121,13	886,9
			WR	50	35						
IO-17	o3	1.OG	Birkenbuck 1, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	5,0	r	404.757,66	5.293.113,60	888,4
			WR	50	35						
IO-17	o3	2.OG	Birkenbuck 1, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	7,8	r	404.757,66	5.293.113,60	891,2
			WR	50	35						
IO-17	o3	EG	Birkenbuck 1, 79429 Malsburg-Marzell			Industrie	2,5	r	404.757,66	5.293.113,60	885,9
			WR	50	35						

# D Eigenschaften der Windenergieanlagen sowie der weiteren gewerblichen Quellen

In den folgenden Tabellen sind die berücksichtigten Quellen der Vor- und Zusatzbelastung für den Tages- und Nachtzeitraum detailliert aufgelistet. Der Schallleistungspegel (SLP) der zweiten Spalte ist ohne Zuschläge versehen.

Tabelle D.1: Gewerbliche Punktschallquellen der Vorbelastung im Tages- und Nachtzeitraum

ID	SLP [dB(A)]	Sicherheitsszuschlag			Schalleistungspegel immissionsrelevant			Höhe ü.G. $h_r$ [m]	Koordinaten		
		tags [dB]	abends [dB]	nachts [dB]	tags [dB(A)]	abends [dB(A)]	nachts [dB(A)]		Ostwert [m]	Nordwert [m]	Höhe N.N. [m]
GE-01	90,0	0,0	0,0	0,0	90,0	90,0	90,0	2,00	405.279,83	5.292.946,96	874,94



Tabelle D.2: Windenergieanlagen der Zusatzbelastung im Tageszeitraum

ID	Modus	SLP [dB(A)]	Sicherheitszuschlag		Schallleistungspegel immissionsrelevant		Naben- höhe h <sub>N</sub> [m]	Koordinaten		Höhe N.N. [m]
			tags [dB]	abends [dB]	tags [dB(A)]	abends [dB(A)]		Ostwert [m]	Nordwert [m]	
S1	PO7200	106,9	Anlagentyp: V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S) – Spektrum: PO7200		109,0	109,0	175,0	405.955,00	5.295.239,00	-175,0
			2,1	2,1						
D1	PO7200	106,9	Anlagentyp: V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S) – Spektrum: PO7200		109,0	109,0	175,0	404.814,00	5.295.905,00	-175,0
			2,1	2,1						
S2	PO7200	106,9	Anlagentyp: V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S) – Spektrum: PO7200		109,0	109,0	175,0	406.759,00	5.295.153,00	-175,0
			2,1	2,1						
S3	PO7200	106,9	Anlagentyp: V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S) – Spektrum: PO7200		109,0	109,0	175,0	407.455,00	5.295.285,00	-175,0
			2,1	2,1						
D2	PO7200	106,9	Anlagentyp: V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S) – Spektrum: PO7200		109,0	109,0	175,0	405.460,00	5.295.762,00	-175,0
			2,1	2,1						

Tabelle D.3: Windenergieanlagen der Zusatzbelastung im Nachtzeitraum

ID	Modus	SLP [dB(A)]	Sicherheitszuschlag		Schallleistungspegel immissionsrelevant nachts [dB(A)]	Naben- höhe h <sub>N</sub> [m]	Koordinaten		
			nachts [dB]	nachts [dB(A)]			Ostwert [m]	Nordwert [m]	Höhe N.N. [m]
S1	PO7200	106,9	2,1	109,0	175,0	Anlagentyp: V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S) – Spektrum: PO7200			
						405.955,00	5.295.239,00	-175,0	
D1	PO7200	106,9	2,1	109,0	175,0	Anlagentyp: V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S) – Spektrum: PO7200			
						404.814,00	5.295.905,00	-175,0	
S2	SO1	105,0	2,1	107,1	175,0	Anlagentyp: V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S) – Spektrum: SO1			
						406.759,00	5.295.153,00	-175,0	
S3	PO7200	106,9	2,1	109,0	175,0	Anlagentyp: V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S) – Spektrum: PO7200			
						407.455,00	5.295.285,00	-175,0	
D2	PO7200	106,9	2,1	109,0	175,0	Anlagentyp: V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S) – Spektrum: PO7200			
						405.460,00	5.295.762,00	-175,0	

## E Oktavbandspektren der Windenergieanlagen

Für die Berechnungen wurden die folgenden Oktavbandspektren der untersuchten Windenergieanlagen eingesetzt. Dargestellt sind die Oktavbandspektren für den reinen Schalleistungspegel, für den Gesamt-Schalleistungspegel inkl. des Sicherheitszuschlags SZ und zusätzlich noch für den  $L_{e,max}$  gemäß der LAI-Hinweise. Der  $L_{e,max}$  beschreibt den Pegel, der bei einer schalltechnischen Vermessung nach FGW-Richtlinie eingehalten werden muss. Als Unsicherheiten gehen hier nur die Messunsicherheit  $\sigma_R$  und die Produktstandardabweichung  $\sigma_P$  ein. Daraus ergibt sich hier ein Wert von 1,8 dB. Die entsprechenden Datenblätter und Messberichte mit den Oktavbandspektren für alle Betriebsmodi sind im Anhang F beigefügt.

Tabelle E.1: Oktavbandspektren der angesetzten Betriebsmodi der Zusatzbelastung.

ID	Typ	Bew.	Oktavbandspektrum										Zuschläge [dB]				
			Schallleistungspegel [dB] bei den Oktavmittelfrequenzen [Hz]										Summenpegel [dB(A)] [dB(lin)]				
			31,5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	kt	ktn	ki	kin		
V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S) - Modus: PO7200, Quelle: 0124-6701.V01																	
Oktavbandspektrum inkl. SZ																	
PO7200	L <sub>w</sub>	A	k.A.	90,6	98,1	101,3	101,5	99,8	95,3	87,7	77,0	106,9	119,5	0	0	0	
	Oktavbandspektrum L <sub>e,max</sub> mit $\sigma_R = 1,2$ dB, $\sigma_p = 0,5$ dB, $\sigma_{prog} = 0,0$ dB, $\sigma_{ges} = 1,3$ dB zu SZ = 1,7 dB																
	L <sub>w</sub>	A	k.A.	92,3	99,8	103,0	103,2	101,5	97,0	89,4	78,7	108,5	121,1	0	0	0	0
Oktavbandspektrum inkl. SZ mit $\sigma_R = 1,2$ dB, $\sigma_p = 0,5$ dB, $\sigma_{prog} = 1,0$ dB, $\sigma_{ges} = 1,6$ dB zu SZ = 2,1 dB																	
L <sub>w</sub>	A	k.A.	92,7	100,2	103,4	103,6	101,9	97,4	89,8	79,1	109,0	121,6	0	0	0	0	
V172 7.2 MW (Vestas Wind Systems A/S) - Modus: SO1, Quelle: 0124-6701.V01																	
Oktavbandspektrum inkl. SZ																	
SO1	L <sub>w</sub>	A	k.A.	88,7	96,3	99,4	99,6	98,0	93,5	85,9	75,3	105,0	117,6	0	0	0	0
	Oktavbandspektrum L <sub>e,max</sub> mit $\sigma_R = 1,2$ dB, $\sigma_p = 0,5$ dB, $\sigma_{prog} = 0,0$ dB, $\sigma_{ges} = 1,3$ dB zu SZ = 1,7 dB																
	L <sub>w</sub>	A	k.A.	90,4	98,0	101,1	101,3	99,7	95,2	87,6	77,0	106,7	119,2	0	0	0	0
Oktavbandspektrum inkl. SZ mit $\sigma_R = 1,2$ dB, $\sigma_p = 0,5$ dB, $\sigma_{prog} = 1,0$ dB, $\sigma_{ges} = 1,6$ dB zu SZ = 2,1 dB																	
L <sub>w</sub>	A	k.A.	90,8	98,4	101,5	101,7	100,1	95,6	88,0	77,4	107,1	119,7	0	0	0	0	

## F Datenblätter

Im nachfolgend angefügten Dokument sind alle Datenblätter eingebunden, aus denen Informationen, wie z.B. Oktavbandspektren, Schalleistungspegel und mögliche Nabhöhen, für die Berechnung entnommen wurden. Das Dokument lässt sich durch Auswählen des Dokumentsymbols öffnen.



# G Revisionsübersicht

**Tabelle G.1:** Revisionsübersicht

<b>Revision</b>	<b>Änderungen</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Datum</b>
Rev. 0		Initiale Version	07.12.2022
Rev. 1		Redaktionelle Änderungen	14.12.2022