



Zweckdienliche Unterlage

Thema Windenergienutzung
Schallimmissionsprognose

zum
**Integrierten Regionalplan der
Region Uckermark-Barnim**

Entwurf 2023

Stand: Beschluss der 40. Regionalversammlung
am 28. Juni 2023

**Regionale Planungsgemeinschaft
Uckermark-Barnim**

Am Markt 1
16225 Eberswalde
www.uckermark-barnim.de



Akustik Bureau Dresden GmbH Julius-Otto-Straße 13 01219 Dresden

**REGIONALE PLANUNGSGEMEINSCHAFT CKERMARK-BARNIM
PAUL-WUNDERLICH-HAUS
AM MARKT 1
16225 EBERSWALDE**

Ihr Zeichen

Ihre Nachricht vom

Unser Zeichen

Dresden

4. Mai 2021

ABD 43238-01.04 / 21-sei

21. Mai 2021

Schallimmissionsprognose

ABD 43238-01.04/21

für die

Modellhafte Ermittlung der Schallimmissionen einer Windenergieanlage

Tagzeitraum -

Zusammenfassung

Die Berechnungsergebnisse für die Aufgabenstellungen (Einzelanlage der Leistungsklasse 4 MW im Tagbetrieb / Einfach- oder Mehrfachmessung) zeigen, dass

- der Immissionsrichtwert tags für Industriegebiete, Gewerbegebiete und Mischgebiete bereits unmittelbar neben einer Windenergieanlage einzuhalten ist.
- die Tag-Immissionsrichtwerte (Sonntag) für die Gebietseinstufungen nach Baunutzungsarten durch Mindestabstände von einer **einzelnen Windenergieanlage** mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % an allen Immissionsorten sicher einzuhalten sind:
WA: 55 dB – 130 m WR: 50 dB – 300 m Kur: 45 dB – 530 m
- die Tag-Immissionsrichtwerte (Sonntag) für die Gebietseinstufungen nach Baunutzungsarten durch Mindestabstände von einer **einzelnen Windenergieanlage** bei **geringstem Unsicherheitszuschlag** (1,4 dB) mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % an allen Immissionsorten sicher einzuhalten sind:
WA: 55 dB – 108 m WR: 50 dB – 275 m Kur: 45 dB – 495 m

Die Einhaltung der Immissionsrichtwerte ist bei Schallemissionen von Windkraftanlagen in Abhängigkeit von Abstand und Lage zur Quelle möglich.

Nachstehende Schallimmissionsprognose wurde aufgrund der gültigen Normen und Vorschriften mit größter Sorgfalt angefertigt. Sie enthält 19 Seiten. In dieser Fassung wurden Literaturquellenangaben präzisiert.

Dresden, 21. Mai 2021

Dr.-Ing. Hans-Jörg Ederer
Fachlich verantwortlich

Akustik Bureau Dresden

Dr.-Ing. Hannes Seidler
Bearbeiter

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
1 Aufgabenstellung	4
2 Anforderungen	5
3 Ausgangsdaten	7
3.1 Immissionsorte.....	7
3.2 Vorbelastung.....	7
3.3 Zusatzbelastung	8
4 Prognoserechnung	10
4.1 Bildung der mittleren Emissionspegel.....	10
4.2 Berechnung der Schallimmissionspegel	11
4.3 Ergebnisse.....	13
4.4 Beurteilung	15
5 Literaturverzeichnis	16
6 Anlagen	17

1 Aufgabenstellung

Die Regionale Planungsgemeinschaft Uckermark-Barnim ist Träger der Regionalplanung im Land Brandenburg. Zu den Aufgaben gehört auch die Aufstellung, Fortschreibung und Änderung des Regionalplanes. Zur Vorbereitung von Steuerungs- und Entscheidungsprozessen bei der Weiterentwicklung der Windenergienutzung sollen für beispielhafte Anordnungen von Windenergieanlagen Schallausbreitungsrechnungen durchgeführt werden. Diese Berechnungen berücksichtigen die aktuellen Vorschriften zum Schallimmissionsschutz im Land Brandenburg.

Eine erste Untersuchung erfolgte mit der Schallimmissionsprognose ABD 43238-01.02/20 [1] vom 14.08.2020. Sie hatte zwei Konstellationen zum Gegenstand:

- a) einzelne Windenergieanlage der 4-MW-Klasse mit aktuell typischen Kenndaten,
- b) ein Windpark bestehend aus fünf Windenergieanlagen der 4-MW-Klasse mit aktuell typischen Kenndaten.

An dieser Stelle steht eine ergänzende Aufgabenstellung im Fokus: Für eine einzelne Windenergieanlage sollen die Mindestabstände im Tagbetrieb (Sonntag) bestimmt werden. Dabei soll der Schallleistungspegel der Anlage sowohl aus einer

- Einzelmessung (Aufgabenstellung 1) als auch aus einer
- Mehrfachmessung (Aufgabenstellung 2) resultieren.

Es wird davon ausgegangen, dass keine gewerblichen Vorbelastungen hinsichtlich der Schallemissionen existieren. Zusätzlich wird ebenes Gelände vorausgesetzt.

Bei den Berechnungen der Schallimmissionsprognose ist gemäß dem brandenburgischen WKA-Geräuschemissionserlass von 2019 [2] vom Schallleistungspegel der WEA nach DIN IEC 61400-11 [3] und FGW Richtlinie Teil 1 [4] auszugehen. Zusätzlich sind Aussagen über die Qualität der Prognose zu machen [5]. Als Qualitätsmaß des berechneten Beurteilungspegels ist die obere Vertrauensbereichsgrenze mit einer statistischen Sicherheit von 90 % zu verwenden.

Den Schallausbreitungsrechnungen sind die allgemeinen Algorithmen der DIN ISO 9613-2 [6] zugrunde zu legen. Die Berechnung wird modifiziert durch das "Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschemissionen von Windkraftanlagen" [7].

2 Anforderungen

Maßgeblich für die Beurteilung der schallimmissionsrechtlichen Situation ist der Beurteilungspegel L_r , der in Anlehnung an DIN 45645-1 [8] zu bilden ist. Die dafür maximal zulässigen Werte sind in der TA Lärm [9] festgelegt. Deren Höhe ist zum einen von der baulichen Nutzung in der Umgebung des Einwirkungsortes und zum anderen, neben der konkreten Schallemission des Objekts selbst, von der Einwirkungsdauer und der Tageszeit des Auftretens¹ der Schallemissionen sowie vom Vorhandensein besonderer Geräuschmerkmale² abhängig.

Hinsichtlich der baulichen Nutzung sollen unterschieden werden:

- Industriegebiete,
- Gewerbegebiete,
- Kern-, Dorf- und Mischgebiete,
- allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete,
- reine Wohngebiete,
- Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten.

Für die aus der baulichen Nutzung resultierenden Schutzansprüche gelten die Immissionsrichtwerte von Tabelle 1. Zusätzlich ist das Spitzenpegel-Kriterium (einmalig kurzzeitige Ereignisse) einzuhalten. Danach dürfen Pegelspitzen diese Immissionsrichtwerte am Tag um nicht mehr als $\Delta L = +30 \text{ dB}$ und in der Nacht um nicht mehr als $\Delta L = +20 \text{ dB}$ überschreiten. Bei einer Windenergieanlage kann weiterhin davon ausgegangen werden, dass deren Geräuschabstrahlung gleichmäßig (stationär) ist und die Einwirkzeit täglich 24 h beträgt. Deshalb kann die Beurteilung der einmalig kurzzeitigen Ereignisse entfallen.

An dieser Stelle sollen ausschließlich die Tagwerte betrachtet werden. Dabei ist zu beachten, dass der Zuschlag wegen der erhöhten Störwirkung in Ruhezeiten¹ sonntags einen besonders großen

¹ Für den Tag- und den Nachtzeitraum gelten getrennte Werte. Für die Zeiten von werktags 6.00 - 7.00 Uhr und 20.00 - 22.00 Uhr sowie sonn- und feiertags von 6.00 - 9.00 Uhr, 13.00 - 15.00 Uhr und 20.00 - 22.00 Uhr ist in „Allgemeinen Wohngebieten“ bei der Bildung des Beurteilungspegels die erhöhte Störwirkung von Geräuschen durch einen Zuschlag von 6 dB zu berücksichtigen. Zur Beurteilung der Nachtzeit ist die ungünstigste Stunde heranzuziehen.

² Für Störgeräusche, die aufgrund ausgeprägter Einzeltöne, deutlich hervortretender Impulsgeräusche bzw. kurzfristiger Pegeländerungen oder Informationshaltigkeit zu erhöhten Störwirkungen führen, sind Zuschläge zum Mittelungspegel des Teilzeitraumes von $\Delta L = +3$ oder $+6 \text{ dB}$ zu erheben.

Einfluss ausübt. Er wird jedoch nur in allgemeinen und reinen Wohngebieten sowie in Kurgebieten erhoben.

Beurteilungszeitraum	tags: 6:00 – 22:00	nachts: 22:00 – 6:00
Mittelungszeit	16 h	1h
Industriegebiet	70 dB(A)	70 dB(A)
Gewerbegebiet	65 dB(A)	50 dB(A)
Kern-, Dorf- und Mischgebiet	60 dB(A)	45 dB(A)
allgemeines Wohngebiet und Kleinsiedlungsgebiet	55 dB(A)	40 dB(A)
reines Wohngebiet	50 dB(A)	35 dB(A)
Kurgebiet, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45 dB(A)	35 dB(A)

Tabelle 1: Immissionsrichtwerte für den Beurteilungspegel im Tag- und Nachtzeitraum außerhalb von Gebäuden

3 Ausgangsdaten

3.1 Immissionsorte

Die maßgeblichen Immissionsorte liegen nach TA Lärm A.1.3.a [9] bei bebauten Flächen 0,5 m außerhalb vor der Mitte des geöffneten Fensters des vom Geräusch am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Raumes. Die IO-Höhe von 3 m berücksichtigt die wegen der fehlenden Bodendämpfung kritische Empfangshöhe im Erdgeschoss. Bei unbebauten Flächen oder bebauten Flächen, die keine Gebäude mit schutzbedürftigen Räumen enthalten, liegen die Immissionsorte an dem am stärksten betroffenen Rand der Fläche, wo nach Bau- und Planungsrecht Gebäude mit schutzbedürftigen Räumen erstellt werden dürfen.

Die Lage der Immissionsorte wurde bei beiden Prognosen so gewählt, dass sie sich genau in dem Abstand von den Windenergieanlagen befinden, an dem der Immissionsrichtwert gerade noch eingehalten wird. Die Ausnahmen sind der IO1, IO 2 und IO 3, die sich in 10 m Abstand vom Turmfuß der Windenergieanlage befinden.

Den Immissionsorten wird als bauliche Nutzung zugeordnet:

- IO 1 Industriegebiet
- IO 2 Gewerbegebiet
- IO 3 Kern-, Dorf- und Mischgebiet
- IO 4 allgemeines Wohngebiet und Kleinsiedlungsgebiet
- IO 5 reines Wohngebiet
- IO 6 Kurgebiet, Krankenhäuser und Pflegeanstalten.

3.2 Vorbelastung

Bei der Untersuchung wird davon ausgegangen, dass es keine Vorbelastung durch Schallemissionen von gewerblichen Anlagen gibt.

3.3 Zusatzbelastung

Die Zusatzbelastung wird durch die Windenergieanlage bestimmt. Die zu diesen Anlagen gehörenden Daten sind beispielhaft und typisch für eine Windenergieanlage der 4-MW-Klasse. Es wird ebenfalls davon ausgegangen, dass keine tonalen Anteile im Geräuschkpektrum wahrnehmbar sind.

Tabelle 2 zeigt die angenommene Anordnung der Einzelanlage.

Quelle	Analogentyp	UTM-Koordinaten		P in kW	RD in m	NH in m	K _T in dB	K _I in dB
		Rechtswert	Hochwert					
WEA	4-MW-Anlage	364000	5780000	4.000	145	150	0	0

Tabelle 2: Schallquelle Zusatzbelastung

Hierbei bedeuten:

<i>P</i>	Leistung in kW
<i>RD</i>	Rotordurchmesser in m
<i>NH</i>	Nabenhöhe in m
<i>K_T</i>	Tonzuschlag in dB
<i>K_I</i>	Impulszuschlag in dB

Aufgabenstellung 1 (Einfachmessung):

Die angegebene Schallleistung soll in der Aufgabenstellung 1 aus einer Einfachmessung resultieren. Dabei wird eine typische Serienstreuung angenommen. Der Schallleistungspegel beträgt

$$L_{WA} = 104 \text{ dB(A)}$$

gemäß [1]. Die geplante Windkraftanlage ist dann gekennzeichnet durch die Angaben aus Tabelle 3, die in Abschnitt 4.2 hergeleitet werden.

Anlogentyp	Quelle	L _{WA} in dB(A)	σ _P in dB	σ _R in dB	K in dB	L _{WD} in dB
4-MW-Anlage	Vorgabe Planungsgemeinschaft	104,0	1,2	0,5	2,1	106,1

Tabelle 3: Emissionswert bestimmende Größen der Zusatzbelastung bei Schallleistungspegel aus Einfachvermessung

Hierbei bedeuten:

<i>L_{WA}</i>	Schallleistungspegel
<i>σ_P</i>	Serienstreuung, bei Mehrfachvermessung aus mindestens 3 Anlagen identisch mit Standardabweichung, sonst $\sigma_P = 1,2$
<i>σ_R</i>	Unsicherheit für Typvermessung, $\sigma_R = 0,5$
<i>K</i>	Vertrauenszuschlag $K = 1,28 * \sigma_{ges}$
<i>L_{WD}</i>	obere 90 %ige Vertrauensbereichsgrenze

Aufgabenstellung 2 (Mehrfachmessung):

Die angegebene Schallleistung soll in der Aufgabenstellung 2 aus einer Mehrfachmessung resultieren. Dabei wird angenommen, dass drei unabhängig voneinander vermessene, typgleiche Anlagen jeweils einen Schallleistungspegel von

$$L_{WA} = 104 \text{ dB(A)}$$

gemäß [1] aufweisen. Damit ist der Unsicherheitszuschlag am geringsten. Die geplante Windkraftanlage ist dann gekennzeichnet durch die Angaben aus Tabelle 4, die in Abschnitt 4.2 hergeleitet werden.

Anlagentyp	Quelle	L _{WA} in dB(A)	σ _P in dB	σ _R in dB	K in dB	L _{WD} in dB
4-MW-Anlage	Vorgabe Planungsgemeinschaft	104,0	0	0,5	1,43	105,4

Tabelle 4: Emissionswert bestimmende Größen der Zusatzbelastung bei Schallleistungspegel aus Mehrfachvermessung

Hierbei bedeuten:

L_{WA} Schallleistungspegel

σ_P Serienstreuung, bei Mehrfachvermessung aus mindestens 3 Anlagen identisch mit Standardabweichung, sonst $\sigma_P = 1,2$

σ_R Unsicherheit für Typvermessung, $\sigma_R = 0,5$

K Vertrauenszuschlag $K = 1,28 * \sigma_{ges}$

L_{WD} obere 90 %ige Vertrauensbereichsgrenze

Für alle Berechnungen wird das Oktavbandspektrum der Windenergieanlage zugrunde gelegt. In diesem Fall wird auf das Referenzspektrum aus [2] zurückgegriffen.

f in Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L _{WD} in dB(A)	83,7	92,1	96,3	98,5	98,0	96,0	92,0
L _W in dB	109,9	108,2	104,9	101,7	98,0	94,8	91,0

Tabelle 5: 4-MW-Musteranlage mit Oktavbandspektrum aus [2]

4 Prognoserechnung

4.1 Bildung der mittleren Emissionspegel

Der Brandenburgische WKA-Geräuschemissionserlass [2] nimmt eine Modellierung als ungerichtete, frequenzabhängige Punktschallquelle vor. Daher sind Oktavband-Schalleistungspegel für jeden Anlagentyp als Eingangsdaten erforderlich. Die Tabellen in den Anlagen enthalten die unbewerteten Oktavband-Schalleistungspegel, d.h. ohne die Einbeziehung der A-Bewertung wie bei allen frequenzspezifischen Rechnungen.

Bei der Bildung der mittleren Emissionspegel der Windenergieanlagen ist wie folgt vorzugehen:

- Bildung des mittleren Schalleistungspegel $L_{WA,m}$

$$L_{WA,m} = \sum_{j=1}^n \frac{L_{WA,j}}{n}$$

$L_{WA,j}$: Schalleistungspegel der vermessenen Anlagen
 n : Anzahl der vermessenen WEA

- Berechnung der Standardabweichung s des Schalleistungspegels in dB

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (L_{WA,j} - L_{WA,m})^2}$$

- Unsicherheit der Typvermessung σ_R nach [2]

bei Typvermessung nach FGW-Richtlinie: $\sigma_R = 0,5 \text{ dB}$

- Unsicherheit der Serienstreuung σ_P nach [2]

bei Mehrfachmessungen nach FGW-Richtlinie (mind. 3 Messungen): $\sigma_P = s$,

bei Einfach- oder Zweifachmessungen bzw. Herstellerangabe im Datenblatt: $\sigma_P = 1,2 \text{ dB}$

- Unsicherheit des Prognosemodells σ_{Prog} nach [2]

Berücksichtigt durch: $\sigma_{Prog} = 1 \text{ dB}$

4.2 Berechnung der Schallimmissionspegel

Entsprechend den Anforderungen an eine frequenzselektive Prognose gemäß TA Lärm [9] wurden die Berechnungen mit Schallleistungspegeln in den Oktaven von 63 Hz bis 4000 Hz durchgeführt. Das Interimsverfahren für die Schallausbreitung von WEA [7] beschreibt die Abweichungen der Ausbreitungsrechnung von den Vorgaben der DIN ISO 9613 Teil 2 [6]. Meteorologische Bedingungen (Windeinflüsse im Jahresmittel) wurden durch die Verwendung des standortbezogenen Meteorologiefaktors $C_0 = 0$ dB (tags, nachts) konservativ vernachlässigt. Aufgrund der hohen Quellenlage wird eine vollständig in den Raum abstrahlende Schallquelle angenommen mit $D_C = 0$ dB. Zur Berechnung des Bodeneffektes wird eine vollständige Reflektion mit $A_{gr} = -3$ dB verwendet.

Die Berechnungen wurden mit dem Programm IMMI [10] an den im Pkt. 3.1 beschriebenen Nachweisorten und für die Gesamtbelastung zusätzlich flächendeckend als Raster durchgeführt. Alle Schallanteile wurden auf der Grundlage der DIN ISO 9613, Teil 2 [6] mit den o.g. Modifizierungen berechnet.

Die Prognosequalität wurde entsprechend des brandenburgischen WKA- Geräuschemissionserlasses [2] wie folgt berechnet:

- Berechnung der Standardabweichung für die Unsicherheit $\sigma_{ges,j}$ der Teilbeurteilungspegel $L_{p,j}$ in dB

$$\sigma_{ges} = \sqrt{\sigma_{R,j}^2 + \sigma_{P,j}^2 + \sigma_{Prog}^2}$$

σ_R : *Unsicherheit der Typvermessung*
 σ_P : *Unsicherheit der Serienstreuung*
 σ_{Prog} : *Unsicherheit der Prognosemodells*

- Berechnung des Zuschlags ΔL_j zur Immission mit einem Vertrauensniveau von 90 %

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

$\sigma_{j, ges}$ *Unsicherheit des Teilbeurteilungspegels am Immissionsort*

- Berechnung der oberen Vertrauensbereichsgrenze des Teilbeurteilungspegels $L_{rj, 90}$ mit einer statistischen Sicherheit von 90 % in dB(A)

$$L_{rj,90} = L_{pj} + \Delta L_j + K_{Tj} + K_{Ij} - C_{met}$$

L_p Gesamtimmissionspegel

ΔL_j Unsicherheitszuschlag (Vertrauensniveau 90%)

K_{Tj} Tonzuschlag am Immissionsort

K_{Ij} Impulzzuschlag am Immissionsort

C_{met} meteorologische Korrektur nach DIN ISO 9613, Teil 2 [6], hier $C_{met} = 0$

- Berechnung des Gesamtbeurteilungspegels am Immissionsort mit einem Vertrauensniveau von 90 %

$$L_{r,90} = 10 * \log \left\{ \sum_{j=1}^n 10^{L_{pj,90}/10} \right\}$$

n Anzahl der Quellen

- Rundung des Beurteilungspegels L_p nach DIN 1333
Auf die Rundung wird hier verzichtet, da Mindestabstände und Schallimmissionsdaten zur Abschätzung und nicht zur Bewertung berechnet werden.

4.3 Ergebnisse

Aufgabenstellung 1 (Einfachmessung)

Die kugelförmige Schallabstrahlung der Windenergieanlage bewirkt konzentrische Schallimmissionsbereiche um den Anlagenstandort. Die Immissionsorte wurden so gewählt, dass der Immissionsrichtwert gerade eingehalten werden kann. IO 1, IO 2 und IO 3 befinden sich in einem festen Abstand vom Turmfuß der Windenergieanlage. Somit ergeben folgende Abstände und Beurteilungspegel:

Nr.	Bezeichnung	Abstand in m	Immissionsrichtwert sonntags in dB(A)	Obere Vertrauensbereichsgrenze 90 % in dB(A)	Anforderungen erfüllt nach [2]
IO 1	Industriegebiet	10	70	54,0	Ja
IO 2	Gewerbegebiet	10	65	54,0	Ja
IO 3	Kern-, Dorf- und Mischgebiet	10	60	54,0	Ja
IO 4	allgemeines Wohngebiet und Kleinsiedlungsgebiet	130	55	55,0	Ja
IO 5	reines Wohngebiet	300	50	50,0	Ja
IO 6	Kurgebiet, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	530	45	45,0	Ja

Tabelle 6: Beurteilungspegel und Mindestabstände der Zusatz- und Gesamtbelastung sonntags in Aufgabenstellung 1

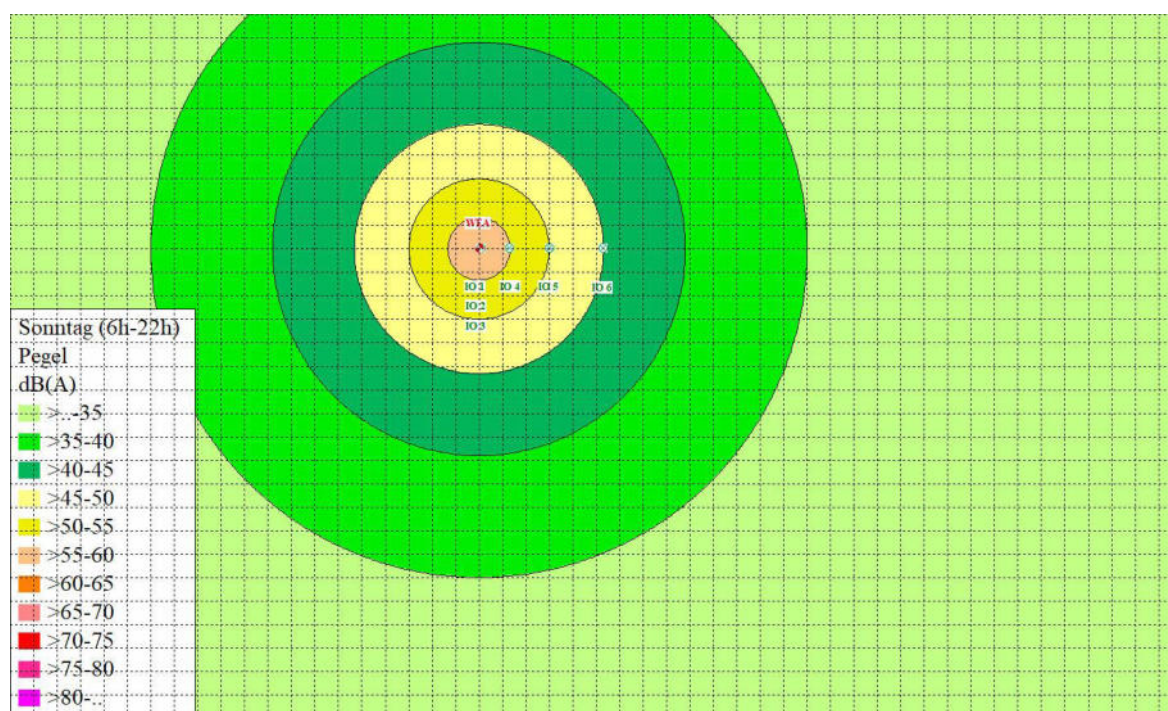


Abbildung 1: Schallimmissionsplan für eine Einzelanlage (Beurteilungszeitraum Tag / Sonntag)

Aufgabenstellung 2

Die Immissionsorte wurden so gewählt, dass in jedem Betriebsmode gesondert der Immissionsrichtwert gerade eingehalten werden kann. Nur IO 1 befindet sich wieder in einem festen Abstand vom Turmfuß der Windenergieanlage. Somit ergeben folgende Mindestabstände und Beurteilungspegel:

Nr.	Bezeichnung	Abstand in m	Immissions- richtwert sonn- tags in dB(A)	Obere Vertrauensbe- reichsgrenze 90 % in dB(A)	Anforderun- gen erfüllt nach [2]
IO 1	Industriegebiet	10	70	54,0	Ja
IO 2	Gewerbegebiet	10	65	54,0	Ja
IO 3	Kern-, Dorf- und Mischgebiet	10	60	54,0	Ja
IO 4	allgemeines Wohngebiet und Kleinsiedlungsgebiet	108	55	55,0	Ja
IO 5	reines Wohngebiet	275	50	50,0	Ja
IO 6	Kurgebiet, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	490	45	45,0	Ja

Tabelle 7: Beurteilungspegel der Zusatz- und Gesamtbelastung sonntags in Aufgabenstellung 2

Die Legende in Anlage 1 erläutert die verwendeten Abkürzungen und Indizes. Die detaillierten Berechnungsergebnisse sind in den Anlagen 2 und 3 getrennt für die beiden Aufgabenstellungen im Beurteilungszeitraum Tag (Sonntag) dargestellt.

4.4 Beurteilung

Die Berechnungsergebnisse für die Aufgabenstellungen (Einzelanlage der Leistungsklasse 4 MW im Tagbetrieb / Einfach- oder Mehrfachmessung) zeigen, dass

- der Immissionsrichtwert tags für Industriegebiete, Gewerbegebiete und Mischgebiete bereits unmittelbar neben einer Windenergieanlage einzuhalten ist.
- die Tag-Immissionsrichtwerte (Sonntag) für die Gebietseinstufungen nach Baunutzungsarten durch Mindestabstände von einer **einzelnen Windenergieanlage** mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % an allen Immissionsorten sicher einzuhalten sind:
WA: 55 dB – 130 m WR: 50 dB – 300 m Kur: 45 dB – 530 m
- die Tag-Immissionsrichtwerte (Sonntag) für die Gebietseinstufungen nach Baunutzungsarten durch Mindestabstände von einer **einzelnen Windenergieanlage** bei **geringstem Unsicherheitszuschlag** (1,4 dB) mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % an allen Immissionsorten sicher einzuhalten sind:
WA: 55 dB – 108 m WR: 50 dB – 275 m Kur: 45 dB – 495 m

Die Einhaltung der Immissionsrichtwerte ist bei Schallemissionen von Windkraftanlagen in Abhängigkeit von Abstand und Lage zur Quelle möglich.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Akustik Bureau Dresden Ingenieurgesellschaft mbH, „Schallimmissionsprognose ABD 43238-01.02/20 für die modellhafte Ermittlung der Schallimmissionen an Windenergieanlagen,“ 14.08.2020.
- [2] Land Brandenburg, Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft, „Anforderungen an die Geräuschimmissionsprognose und an die Nachweismessung von Windkraftanlagen (WKA) - (WKA-Geräuschimmissionserlass),“ 16.01.2019.
- [3] *DIN IEC 61400-11 - Windenergieanlagen Teil 11 Schallmessverfahren*, Deutsches Institut für Normung, 2009.
- [4] Fördergesellschaft Windenergie e.V., Kiel, „Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Teil 1, Rev. 15,“ Kiel, 2004.
- [5] LAI (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz), „Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA), Entwurf,“ 30.06.2017.
- [6] „DIN ISO 9613-2 Dämpfung des Schalls bei Ausbreitung im Freien, Teil 2: Allgemeine Berechnungsverfahren,“ Beuth, Berlin, 1999.
- [7] DIN-Unterausschuss NA 001-02-03-19 UA “Schallausbreitung im Freien”, „Dokumentation zur Schallausbreitung - Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windenergieanlagen,“ Fassung 2015-05.1.
- [8] „DIN 45645-1 Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen,“ Beuth, Berlin, 1996.
- [9] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes- Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA-Lärm), 1998.
- [10] *Rechenprogramm IMMI*, Höchberg: Wölfel Messsysteme und Software, 2018.

6 Anlagen

Anlage 1 Legende

Legende zur Ergebnisliste		
$L_r = L_w + D_c - A_{div} - A_{atm} - A_{gr} - A_{fol} - A_{hous} - A_{bar} - C_{met}$		
Bezeichnung	Bedeutung	Einheit
Lw:	Schallleistungspegel	dB(A)
$D_c = D_0 + D_I + D_{\omega}$:	Raumwinkelmaß+Richtwirkungsmaß+Bodenreflexion (freq.-unabh. Berechnung)	dB
KI	Impulszuschlag	dB
KT	Tonzuschlag	dB
Abstand:	Abstand d des Immissionsortes von der Schallquelle	m
Adiv:	Abstandsmaß	dB
Aatm:	Luftabsorptionsmaß	dB
Agr:	Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß	dB
Afol:	Bewuchsdämpfungsmaß	dB
Ahous:	Bebauungsdämpfungsmaß	dB
Abar:	Einfügungsdämpfungsmaß eines Schallschirms	dB
Lp, j	Teilimmissionspegel	dB(A)
Lp	Gesamtimmissionspegel	dB(A)
Cmet:	Meteorologische Korrektur	dB
Lr	Gesamtbeurteilungspegel nach DIN ISO 9613, Teil 2	dB(A)
σ_{Prog}	Unsicherheit der Ausbreitungsrechnung	dB
σ_P	Produktionsstandardabweichung	dB
σ_R	Wiederholstandardabweichung	dB
$\sigma_{ges, j}$	Gesamtunsicherheit des Teilbeurteilungspegels	dB
σ_{ges}	Gesamtunsicherheit des Gesamtbeurteilungspegels	dB
Lr,90	obere Vertrauensbereichsgrenze des Gesamtimmissionspegels mit einer statistischen Sicherheit von 90 %	dB(A)

