

Anforderungen an die Geräuschimmissionsprognose und die Nachweismessung von Windkraftanlagen (WKA)

Bei der Entscheidung über die Genehmigung von WKA ist auf der Grundlage der Sechsten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm vom 26.08.1998 (GMBI. S. 503)) von der zuständigen Immissionsschutzbehörde zu prüfen, ob die Anforderungen des Immissionsschutzrechts in Bezug auf Geräusche von den Anlagen eingehalten werden, ggf. ist die Genehmigung mit entsprechenden Nebenbestimmungen zu versehen. Nachfolgend werden die Anforderungen der TA Lärm an die Durchführung von Immissionsprognosen im Rahmen der Errichtung und des Betriebs von WKA durch eine Anpassung des Prognosemodells konkretisiert. Zur Ermittlung der Eingangsdaten für die Immissionsprognose werden Erkenntnisquellen benannt. Darüber hinaus werden Vorgaben zur messtechnischen Überprüfung der im Genehmigungsverfahren festgelegten Pegel gegeben.

1. Eingangskenngrößen für die Geräuschimmissionsprognose

Der für den WKA-Typ und den Betriebsmodus spezifische Schalleistungspegel bildet die Eingangsgröße der Geräuschimmissionsprognose für konkrete WKA-Projekte. Als Erkenntnisquelle stehen Schalleistungspegel, die auf einer Ergebniszusammenfassung aus mehreren Einzelmessungen (siehe Ziffer 1.2 c)) des WKA-Typs, einer Einfachvermessung (siehe Ziffer 1.2 b)) oder auf Angaben des Herstellers (siehe Ziffer 1.2 a)) beruhen, zur Verfügung.

1.1 Vorbelastung

Als Vorbelastung sind neben Windkraftanlagen alle Anlagen, für die die TA Lärm gilt, zu berücksichtigen.

Bei WKA, die als Vorbelastung zu berücksichtigen sind, ist der in ihrer Genehmigung festgelegte zulässige Schalleistungspegel zu verwenden. Gibt es keine derartige Festlegung im Genehmigungsbescheid bzw. in den der Genehmigung zu Grunde liegenden Antragsunterlagen, so kann der Schalleistungspegel sachlich begründet abgeschätzt werden. Liegt zu dem Anlagentyp in der genehmigten Betriebsweise ein Messbericht vor, kann der für die Vorbelastung anzusetzende Schalleistungspegel des bestimmungsgemäßen Betriebs, zum Beispiel auf Basis des im Messbericht dargestellten Geräuschverhaltens, abgeschätzt werden. Das unterschiedliche Geräuschverhalten von stall- und pitchgesteuerten WKA ist hierbei zu berücksichtigen. In der Regel ist das Referenzspektrum als Grundlage für die Eingangsdaten der Prognose heranzuziehen (siehe Ziffer 7). Liegen qualifizierte Informationen über detaillierte anlagenbezogene Oktavspektren vor, sind diese heranzuziehen.

Die Unsicherheit der Emissionsdaten von Vorbelastungsanlagen (Unsicherheit der Typvermessung σ_R und Unsicherheit der Serienstreuung σ_P), die den Genehmigungen zu Grunde lagen, sind für die Berechnung der Gesamtunsicherheit σ_{ges} heranzuziehen. Die Berechnung der oberen Vertrauensbereichsgrenze mit einer statistischen Sicherheit von 90% der einzelnen WKA erfolgt auf Grundlage der Ziffern 3.3 und 3.4 dieses Anhangs.

In der Vorbelastungsbetrachtung sind alle WKA eines Windparks zu berücksichtigen. Benachbarte Windparks müssen nicht berücksichtigt werden, wenn deren Gesamt-Immissionsbeitrag an dem jeweiligen Immissionsort 10 dB unterhalb des Richtwerts liegt. In Anlehnung an das UVPg, Anlage 1 Nr. 1.6.3, ist ab drei Anlagen von einer Windfarm bzw. einem Windpark auszugehen.

1.2 Zusatzbelastung

Für die Ermittlung der Zusatzbelastung können die folgenden Angaben alternativ für die Immissionsprognose herangezogen werden. Sie sind den Immissionsschutzbehörden zur Verfügung zu stellen, so dass die Eingangsdaten der Prognose überprüft werden können:

a) Angaben des Herstellers

Der Schalleistungspegel, den der Hersteller für den bestimmungsgemäßen Betrieb angibt. Die Herstellerangaben dürfen nur herangezogen werden, wenn bei den ersten Anlagen eines neuen Anlagentyps noch keine Messberichte vorliegen. Diese Angaben müssen nicht nur den Schalleistungspegel L_{WA} , sondern auch das zugehörige Oktavspektrum umfassen.

b) Einfachvermessung

Der Schalleistungspegel eines WKA-Typs in einem bestimmten Betriebsmodus und das zugehörige Oktavspektrum wurden durch eine Typvermessung entsprechend den folgenden Richtlinien und Normen ermittelt:

- Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte (FGW-Richtlinie TR1) Revision 18 [1]
mit der IEC 61400-11 Ed. 2.1 bzw. DIN EN 61400-11:2003 + A1:2006 vom März 2007 [3] und
- Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte (FGW-Richtlinie TR1) Revision 19 [2]
mit der IEC 61400-11 Ed. 3.1 bzw. DIN EN 61400-11:2012 + A1:2018 vom Mai 2019 [4]

(siehe Ziffer 6.1).

c) Mehrfachvermessung

Der Schalleistungspegel eines WKA-Typs in einem bestimmten Betriebsmodus und das zugehörige Oktavspektrum wurden durch Vermessung an mehreren WKA dieses Typs ermittelt. Es liegen mindestens drei Vermessungen vor, über die ein zusammenfassender Bericht gemäß FGW-Richtlinie TR1 [1], [2] erstellt wurde. Neben dem Schalleistungspegel des Anlagentyps kann diesem Bericht der Wert für die Serienstreuung entnommen werden. Auf Anforderung sind die für den zusammenfassenden Bericht herangezogenen vollständigen Messberichte der Einzelmessungen durch den Antragsteller der Genehmigungs-/Überwachungsbehörde zu übergeben.

2. Geräuschimmissionsprognose

Geräuschimmissionsprognosen sind gemäß Nr. A.2 der TA Lärm nach der DIN ISO 9613-2 [5] durchzuführen. Die DIN ISO 9613-2 gilt für die Berechnung der Schallausbreitung bei bodennahen Quellen (bis 30 m mittlere Höhe zwischen Quelle und Empfänger; siehe Kapitel 9, Tabelle 5). Zur Anpassung des Prognoseverfahrens auf hochliegende Quellen hat der Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) auf Basis von Untersuchungsergebnissen [9] und theoretischer Berechnungen ein „Interimsverfahren“ [6] veröffentlicht. Für WKA als hochliegende Schallquellen (> 30 m) sind diese Erkenntnisse im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen. Die Immissionsprognose ist daher nach der „Dokumentation zur Schallausbreitung – Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1“ [6] - sowohl für Vorbelastungsanlagen als auch für neu beantragte Anlagen - durchzuführen. Hierbei sind zur Berechnung der Luftabsorption die Luftdämpfungskoeffizienten α nach Tabelle 2 der DIN ISO 9613-2 [5] für die relative Luftfeuchte 70 % und die Lufttemperatur von 10° C anzusetzen.

Als Eingangsdaten für die Geräuschimmissionsprognose sind Schalleistungspegel und zugehörige Oktavspektren gemäß Ziffer 1 zu verwenden.

Bei der akustischen Vermessung werden auch Angaben zur Tonhaltigkeit nach FGW-Richtlinie [1], [2] gemacht. Diese Angaben haben nur Gültigkeit für den Nahbereich. WKA mit einer Tonhaltigkeit K_{TN} von mehr als 2 dB entsprechen nicht dem Stand der Technik und sind aus Vorsorgegründen nicht zuzulassen.

Abweichend davon gilt: Falls im Nahbereich im Frequenzbereich ab 3 kHz eine Tonhaltigkeit von $K_{TN} > 2$ dB festgestellt wird, und im Emissionsmessbericht plausibel und nachvollziehbar dargelegt wird, dass die festgestellte Tonhaltigkeit aufgrund der hohen Luftabsorption für Immissionsorte in Abständen größer als 500 m keine Immissionsrelevanz hat, kann in der Geräuschimmissionsprognose der Tonzuschlag in dem entsprechenden Entfernungsbereich zu $K_T = 0$ dB gesetzt werden.

Hinsichtlich eines zu berücksichtigenden Tonzuschlags soll wie folgt verfahren werden:

$0 \leq K_{TN} < 2$ Tonzuschlag K_T von 0 dB

K_{TN} : Tonhaltigkeit bei Emissionsmessungen im Nahbereich nach der FGW-Richtlinie TR1 [1], [2] gemessen

K_T : Tonzuschlag, der bei Entfernungen über 300 m für die Immissionsprognose zu verwenden ist

Für WKA-Typen, bei denen in Messberichten eine Tonhaltigkeit K_{TN} von 2 dB im Nahbereich ausgewiesen wird, ist am maßgeblichen Immissionsort eine Abnahmemessung zur Beurteilung der Tonhaltigkeit K_T erforderlich. Wird hierbei eine immissionsseitige Tonhaltigkeit festgestellt, müssen Maßnahmen zur Minderung der Tonhaltigkeit ergriffen werden (kurzfristig: z. B. Vermeiden des Dauerbetriebs mit der Drehzahl, bei welcher die Tonhaltigkeit auftritt; langfristig: technische Minderungsmaßnahmen).

Die durch die Drehbewegung der Rotorblätter erzeugte windkraftanlagentypische Geräuschcharakteristik ist nach dem Stand der Technik weder als ton- noch als impulshaltig einzustufen.

Die Infraschallerzeugung moderner WKA liegt selbst im Nahbereich bei Abständen zwischen 150 und 300 m deutlich unterhalb der Wahrnehmungsschwelle des Menschen [7], [8], [11]. Damit sind schädliche Umwelteinwirkungen nach derzeitigem Erkenntnisstand nicht zu erwarten.

Beurteilungspegel (einschließlich einer oberen Vertrauensbereichsgrenze von 90 %) sind nach den Rundungsregeln gemäß Ziffer 4.5.1 der DIN 1333 [10] als ganzzahlige Werte anzugeben.

3. Qualität der Prognose

Bei der Prognose ist auf die Sicherstellung der Nicht-Überschreitung der Immissionsrichtwerte der TA Lärm abzustellen. Die Geräuschimmissionsprognose für WKA ist mit der Unsicherheit der Emissionsdaten (Unsicherheit der Typvermessung σ_R und Unsicherheit der Serienstreuung σ_P) sowie der Unsicherheit des Prognosemodells σ_{Prog} behaftet.

Die Sicherstellung der Nicht-Überschreitung ist dann anzunehmen, wenn die unter Berücksichtigung der Unsicherheit der Emissionsdaten und der Unsicherheit des Prognosemodells bestimmte obere Vertrauensbereichsgrenze des prognostizierten Beurteilungspegels den maßgeblichen Immissionsrichtwert (IRW) nicht überschreitet. Im Rahmen der Regelungen unter Nr. 3.2.1 Abs. 3 - 5 der TA Lärm sind Überschreitungen des IRW weiterhin zulässig.

3.1 Unsicherheit der Emissionsdaten

a) Unsicherheit der Typvermessung σ_R

Bei einer normkonform nach FGW-Richtlinie [1], [2] durchgeführten Typvermessung ist eine Unsicherheit $\sigma_R = 0,5$ dB zu verwenden.

b) Unsicherheit durch Serienstreuung σ_P

Bei der Übertragung des an einer WKA vermessenen Schalleistungspegels auf eine andere WKA des gleichen Typs ergibt sich eine Unsicherheit durch die Streuung der in Serie hergestellten WKA.

Die Serienstreuung σ_P ergibt sich aus:

i.) Prognose anhand Herstellerangabe (siehe 1.2 a) oder Einfachvermessung (siehe 1.2 b):

$$\sigma_P = 1,2 \text{ dB(A)}$$

ii.) Prognose anhand Mehrfachvermessung (mindestens drei Messungen, siehe Ziffer 1.2 c):

$$\sigma_P = s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (L_{WA,i} - \bar{L}_{WA})^2} \text{ und}$$

$$\bar{L}_{WA} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_{WA,i}$$

mit

| | |
|------------------|--|
| s: | Standardabweichung |
| n: | Anzahl der Messungen |
| $L_{WA,i}$: | Schallleistungspegel der i-ten Messung |
| \bar{L}_{WA} : | mittlerer Schallleistungspegel |

Liegt eine Mehrfachvermessung des Anlagentyps in einer anderen als der beantragten Betriebsweise vor, kann die durch die Mehrfachvermessung dokumentierte Serienstreuung auch auf die beantragte Betriebsweise übertragen werden. In diesem Fall wird eine Abnahmemessung erforderlich.

3.2 Unsicherheit des Prognosemodells σ_{Prog}

Die Unsicherheit des Prognosemodells wird wie folgt berücksichtigt:

$$\sigma_{\text{Prog}} = 1 \text{ dB}$$

3.3 Gesamtunsicherheit

Die einzelnen Unsicherheiten sind in der Gesamtunsicherheit σ_{ges} der einzelnen WKA zusammenzufassen:

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

Mit Hilfe der Gesamtunsicherheit ist für die einzelne WKA die obere Vertrauensbereichsgrenze der prognostizierten Immission (mit einem Vertrauensniveau von 90 %) durch einen Zuschlag ΔL abzuschätzen, der folgendermaßen berechnet wird:

$$\Delta L = k \cdot \sigma_{\text{ges}} \quad (\text{mit Standardnormalvariable } k = 1,28 \text{ für } 90\text{-Perzentil})$$

3.4 Gesamtmissionspegel $L_{p,90}$

Die obere Vertrauensbereichsgrenze des Gesamtmissionspegels (L_p) mit einer statistischen Sicherheit von 90 % berechnet sich aus:

$$L_{p,90} = L_p + \Delta L$$

Die Unsicherheit der Emissionsdaten der Vorbelastungsanlagen ist in der gleichen Weise zu berücksichtigen, wie sie im Rahmen der Genehmigungen der Vorbelastungsanlagen angewandt wurde.

4. Genehmigungsvoraussetzung

Bei der Prüfung der Einhaltung der Schutzpflichten im Rahmen einer Regelfallprüfung nach Ziffer 3.2.1 TA Lärm im Genehmigungsverfahren nach § 4 BImSchG bzw. § 16 BImSchG ist für den Fall einer Überschreitung des zulässigen Immissionsrichtwertes um mehr als 1 dB allein durch die Vorbelastung in der Geräuschmissionsprognose der Nachweis zu erbringen, dass bei Neuanlagen die Zusatzbelastung der Einzelanlage den Immissionsrichtwert um 15 dB unterschreitet.

5. Festsetzung von Nebenbestimmungen im Genehmigungsbescheid

5.1 Allgemeine Hinweise

Als maximal zulässiger Emissionswert ist der in der Prognose verwendete Schallleistungspegel $L_{e,max}$ im Genehmigungsbescheid festzuschreiben. Dabei sind die in der Prognose angesetzten Unsicherheiten der Emissionsdaten gemäß Ziffer 3.1 a) und 3.1 b) als Toleranzbereich zu berücksichtigen, das heißt, es ist die obere Vertrauensbereichsgrenze des Schallleistungspegels für ein einseitiges Vertrauensniveau von 90 % festzuschreiben. Es gilt:

$$L_{e,max} = \bar{L}_{WA} + k \cdot \sqrt{\sigma_{\text{R}}^2 + \sigma_{\text{P}}^2}$$

$L_{e,max}$: maximal zulässiger Emissionspegel

\bar{L}_{WA} : deklarerter (mittlerer) Schallleistungspegel

- k: Standardnormalvariable $k = 1,28$ für 90-Perzentil
 σ_R : Messunsicherheit (siehe 3.1 a)
 σ_P : Serienstreuung (siehe 3.1 b)

Der Schalleistungspegel ist als Einzahlwert in der Genehmigung festzuschreiben. Das zum Schalleistungspegel zugehörige Oktavspektrum ist in den Hinweisen zum Genehmigungsbescheid aufzunehmen.

In den Hinweisen oder der Begründung zum Genehmigungsbescheid können Immissionsrichtwertanteile oder Teilbeurteilungspegel der Anlagen aufgeführt werden.

Bei „Windparks“ sind sachgerecht ausgewählte WKA ggf. für eine Abnahmemessung vorzusehen. Ein maßgebliches Kriterium ist dabei der Beitrag, den die jeweilige WKA an der Gesamtbelastung an den maßgeblichen Immissionsorten hat.

Sofern eine Abnahmemessung gefordert wird, soll vorgegeben werden, in welchem Betriebsbereich das Geräuschverhalten der Anlage untersucht werden soll. Der Betriebsbereich ist mindestens so zu wählen, dass die Windgeschwindigkeit erfasst wird, in der der maximale Schalleistungspegel erwartet wird. Dies ist in der Regel der Bereich, der durch die FGW-Richtlinie TR1 [1], [2] abgedeckt wird.

Für den Fall, dass eine Abnahmemessung gefordert wird, soll die Vorlage einer Bestätigung der Messstelle über die Annahme der Beauftragung der Messung innerhalb einer Frist von einem Monat nach Inbetriebnahme gefordert werden. Diese Bescheinigung ist bei der zuständigen Überwachungsbehörde einzureichen. Die Vorlage der Messergebnisse hat dann innerhalb einer Frist von 12 Monaten nach Inbetriebnahme zu erfolgen. Fristverlängerungen sind im begründeten Einzelfall möglich.

Erfolgt die Nachweisführung mittels Abnahmemessung, ist darauf zu achten, dass eine vollständige Datenbasis erreicht wird. Eine Extrapolation von Messwerten ist nicht legitim. Dennoch kann der Nachweis als erbracht angesehen werden, wenn der Betriebspunkt messtechnisch erfasst wurde, welcher bei anderen Messungen den maximalen Schalleistungspegel für den jeweiligen Betriebsmodus zeigte.

Liegt mindestens eine Einfachvermessung eines Betriebszustands vor, nicht jedoch ein Messbericht über das Geräuschverhalten in der zu genehmigenden Betriebsweise, und wird plausibel und nachvollziehbar dargelegt, dass die Anlage bis zur Vorlage eines Messberichts in der zu genehmigenden Betriebsweise mit einer schallreduzierten Betriebsweise so betrieben werden kann, dass die Schallemission der schallreduzierten Betriebsweise erheblich (d. h. mindestens um 3 dB bei Vorlage einer Mehrfachvermessung eines anderen Betriebszustands bzw. 4 dB bei Vorlage einer Einfachvermessung eines anderen Betriebszustands) unterhalb der Schallemission der zu genehmigenden Betriebsweise liegt, so kann diese schallreduzierte Betriebsweise bis zur Vorlage des Messberichts zur zu genehmigenden Betriebsweise zugelassen werden.

Die Anlage muss mit einer kontinuierlichen Aufzeichnung geeigneter Betriebsparameter (z. B. Leistung, Drehzahl, Windgeschwindigkeit und Windrichtung) versehen sein, die rückwirkend für einen Zeitraum von wenigstens 12 Monaten den Nachweis der tatsächlichen Betriebsweise der Anlage ermöglicht. In der Genehmigung müssen in diesem Fall Maximalwerte für die 10-Minuten-Mittelwerte der ausgewählten Betriebsparameter festgelegt werden, so dass eine Kontrolle insbesondere der nächtlichen Betriebsweise der Anlage in dieser Zeitspanne nachträglich möglich ist.

5.2 Falls die Planung auf Basis von Angaben des Herstellers beruht

Durch eine Nebenbestimmung im Genehmigungsbescheid ist sicher zu stellen, dass der Betreiber innerhalb eines Jahres nach Inbetriebnahme der WKA die Einhaltung des festgelegten Emissionswertes durch Abnahmemessung nachweist, sofern der Beurteilungspegel ($L_{r,90}$) dieser WKA an den maßgeblichen Immissionsorten den zulässigen Immissionsrichtwert um weniger als 15 dB(A) unterschreitet. Die Messunsicherheit ist dabei zu Lasten des Betreibers zu berücksichtigen. Eine Abnahmemessung kann in begründeten Einzelfällen auch dann angeordnet werden, wenn der zulässige Immissionsrichtwert um mehr als 15 dB(A) unterschritten wird.

Ersatzweise für die Abnahmemessung kann für diesen Anlagentyp und Betriebsmodus auch eine Mehrfachvermessung innerhalb der Jahresfrist nachgereicht werden.

Der Nachtbetrieb der Anlage ist erst aufzunehmen, wenn durch Vorlage eines Berichtes über eine Typvermessung und einer Ausbreitungsrechnung nach dem Interimsverfahren die Einhaltung des in der Genehmigung festgelegten Emissionswertes $L_{e,max}$ und des daraus folgenden zulässigen Immissionspegels gezeigt werden kann. Bei der Ausbreitungsrechnung ist der Zuschlag $\Delta L = k \cdot \sigma_{ges}$ nach Ziffer 3 zu berücksichtigen.

Wenn gezeigt werden kann, dass unter Berücksichtigung der Unsicherheit der Emissionsdaten (σ_R und σ_P) sowie der oberen Vertrauensbereichsgrenze keiner der gemessenen Oktavschallleistungspegel der j-ten Oktave ($L_{WA,mess,Okt,j}$) den genehmigten maximalen Emissionspegel der j-ten Oktave ($L_{e,max,Okt,j}$) überschreitet, kann auf eine Ausbreitungsrechnung verzichtet werden.

Abweichend von Ziffer 5.2 Abs. 3 Satz 1 kann der Nachtbetrieb in einer schallreduzierten Betriebsweise nach Herstellerangabe aufgenommen werden, wenn die Schallemission dieser schallreduzierten Betriebsweise mindestens 3 dB unterhalb der Schallemission der genehmigten Betriebsweise liegt. Diese schallreduzierte Betriebsweise kann bis zur Vorlage des Messberichts einer Typvermessung zur genehmigten Betriebsweise zugelassen werden.

5.3 Falls nur ein Emissionsmessbericht vorliegt

Falls zum beantragten Anlagentyp in der beantragten Betriebsweise nur ein unabhängiger Messbericht vorliegt, ist eine Abnahmemessung erforderlich.

Liegt vor der Durchführung der Abnahmemessung ein Bericht einer Mehrfachvermessung vor, kann auf eine Abnahmemessung unter Berücksichtigung von Ziffer 5.1 verzichtet werden, sofern der rechnerische Nachweis der Nicht-Überschreitung der Immissionsrichtwerte der TA Lärm auf Basis des messtechnisch durch die Mehrfachvermessung nachgewiesenen Schallleistungspegels und Spektrums unter Berücksichtigung der Unsicherheit der Emissionsdaten (Messunsicherheit σ_R , Serienstreuung σ_P) und der Unsicherheit des Prognosemodells sowie der oberen Vertrauensbereichsgrenze geführt wurde.

5.4 Falls mindestens drei Emissionsmessungen vorliegen

Liegen mindestens drei Vermessungen vor, über die ein zusammenfassender Bericht gemäß FGW-Richtlinie TR1 [1], [2] erstellt wurde, kann auf eine Abnahmemessung unter Berücksichtigung von Ziffer 5.1 verzichtet werden. Auf Anforderung sind die für den zusammenfassenden Bericht herangezogenen vollständigen Messberichte der Einzelmessungen durch den Betreiber der Überwachungsbehörde zu übergeben.

5.5 Tonhaltigkeit

Falls die Anlage nach den Planungsunterlagen im Nahbereich oder bei einer emissionsseitigen Abnahmemessung eine Tonhaltigkeit K_{TN} von 2 dB aufweist, ist am maßgeblichen Immissionsort eine Abnahme zur Überprüfung der dort von der Anlage verursachten Tonhaltigkeit zu fordern. Hierbei gelten die Anforderungen zu Immissionsmessungen gemäß Ziffer 6.3 des Erlasses.

5.6 Impulshaltigkeit

Im Rahmen der Nachweismessung ist, sofern durch die gemäß § 26 i. V. m. § 29b BImSchG bekanntgegebene Messstelle subjektiv eine impulsartige Auffälligkeit wahrgenommen wird, die Impulshaltigkeit K_{IN} im Nahbereich nach FGW-Richtlinie TR 1 [1], [2] zu ermitteln und im Emissionsmessbericht auszuweisen.

Wird eine Impulshaltigkeit K_{IN} im Nahbereich größer 2 dB für bestimmte Bins festgestellt, ist eine Prüfung der Übertragbarkeit an die Immissionsorte durch eine bekanntgegebene Messstelle § 26 i. V. m. § 29b BImSchG durchzuführen, indem bei eindeutiger Zuordnung des impulsartigen Geräusches am Immissionsort die Impulshaltigkeit K_I nach DIN 45645-1 i. V. m. der FGW-Richtlinie TR 1 [1], [2] für diese Bins am Immissionsort ermittelt und dokumentiert wird. Wird eine immissionsseitige Impulshaltigkeit K_I größer als 2 dB(A) festgestellt, ist bei der Bildung des Beurteilungspegels bzw. bei der Überprüfung des maximal zulässigen Emissionspegels $L_{e,max}$ der immissionsseitig ermittelte Impulzzuschlag zu berücksichtigen.

Bei Bedarf kann ein Ersatzmesspunkt gewählt werden, an dem die Übertragbarkeit des Impulzzuschlags sichergestellt ist.

Bezüglich der Impulshaltigkeit bei WKA wird auf die Ziffer 3.5 der FGW-Richtlinie TR1 Rev. 19 [2] verwiesen.

6. Messungen

Bei Abnahmemessungen ist der Messabschlag nach Ziffer 6.9 der TA Lärm nicht vorzunehmen.

6.1 Emissionsmessungen zur Typkennzeichnung

Die Anforderungen an die Schallemissionsmessung und an deren Auswertung sind in der Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen Teil 1: „Bestimmung der Schallemissionswerte“ (FGW-Richtlinie TR1) [1], [2] beschrieben. Diese Richtlinie weist – in der jeweiligen Revision – auf die gültigen nationalen und internationalen Normen hin, die entsprechend konkretisiert worden sind (siehe Ziffer 1.2 b). Emissionsmessungen sollen nach den Mess- und Auswertevorschriften dieser Technischen Richtlinie durchgeführt werden.

Typvermessungen, die nach dem Erscheinungsdatum dieses Erlasses durchgeführt werden, sind nach der jeweils aktuellen Fassung der FGW-Richtlinie TR1 durchzuführen. Die aktuelle Fassung ist momentan die FGW-Richtlinie TR1 Rev. 19 [2]. Abweichend vom statischen Verweis in der FGW-Richtlinie TR1 Rev. 19 [2] auf die IEC 61400-11 ed. 3.1 [4] kann eine ggf. neuere Version der IEC 61400-11 als Erkenntnisquelle herangezogen werden. Entsprechend den Vorgaben der Technischen Richtlinie werden akustische Vermessungen durch nach § 26 i. V. m. § 29 b BImSchG bekanntgegebene Messstellen anerkannt, die ihre Kompetenz z. B. durch Teilnahme an regelmäßigen Ringversuchen zur akustischen Vermessung von Windenergieanlagen nach FGW-Richtlinie, das Führen eines spezifischen Qualitätssiegels (z. B. FGW-Siegel) oder auf vergleichbare Weise nachweisen.

6.2 Emissionsseitige Abnahmemessungen

Die in Ziffer 6.1 genannten Anforderungen sind auch bei emissionsseitigen Abnahmemessungen zu erfüllen. Abnahmemessungen, die nach dem Erscheinungsdatum dieses Erlasses durchgeführt werden, sind nach der jeweils aktuellen Fassung der FGW-Richtlinie TR1 durchzuführen. Die aktuelle Fassung ist momentan die FGW-Richtlinie TR1 Rev. 19 [2]. Abweichend vom statischen Verweis in der FGW-Richtlinie TR1 Rev. 19 [2] auf die IEC 61400-11 ed. 3.1 [4] kann eine ggf. neuere Version der IEC 61400-11 als Erkenntnisquelle herangezogen werden.

Bei einer emissionsseitigen Abnahmemessung ist der Zuschlag ΔL_E zu Lasten des Betreibers zu berücksichtigen. Zur Überprüfung der Einhaltung des $L_{e,max}$ ist ein Vertrauensbereich von 90 % ($k = 1,28$) anzusetzen.

Es gilt:

$$L_{WA,Messung} + \Delta L_E \leq L_{e,max}$$
$$\text{mit } \Delta L_E = k \cdot \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2}$$

bei $k=1,28$ mit $\sigma_R = 0,5$ dB(A)

Bei der Bewertung wird zwischen direkter Vermessung einer Anlage und Vermessung einer Fremdanlage unterschieden:

- i.) Direktvermessung:
 $\sigma_P = 0$ dB(A)
- ii.) Fremdvermessung mit Einfachmessbericht:
 $\sigma_P = 1,2$ dB(A)
- iii.) Fremdvermessung mit zusammenfassendem Bericht aus mindestens drei Messungen:

$$\sigma_P = s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (L_{WA,i} - \bar{L}_{WA})^2} \text{ und}$$

$$\bar{L}_{WA} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_{WA,i}$$

mit

s: Standardabweichung
n: Anzahl der Messungen
 $L_{WA,i}$: Schalleistungspegel der i-ten Messung
 \bar{L}_{WA} : mittlerer Schalleistungspegel

Ist eine Abnahmemessung gefordert, so ist im Messbericht nachzuweisen, dass $L_{r,mess} \leq L_{r,max}$ ist. Dazu sind für alle abzunehmenden Anlagen zwei Ausbreitungsrechnungen für die im Genehmigungsverfahren bestimmten maßgeblichen Immissionsorte durchzuführen:

$$L_{r,mess} = 10 \cdot \log \sum_{j=63Hz}^{4000Hz} 10^{0,1(L_{WA,mess,Okt,j} + \Delta L_E - A_j)}$$

$$L_{r,max} = 10 \cdot \log \sum_{j=63Hz}^{4000Hz} 10^{0,1(L_{e,max,Okt,j} - A_j)}$$

mit

A_j : Ausbreitungsterm in der Oktave j nach dem Interimsverfahren
 $L_{WA,mess,Okt,j}$: gemessener Oktavschalleistungspegel der j-ten Oktave
 $L_{e,max,Okt,j}$: genehmigter maximaler Emissionspegel der j-ten Oktave

Wenn gezeigt werden kann, dass unter Berücksichtigung der Unsicherheiten der Emissionsdaten (σ_R und σ_P) keiner der gemessenen Oktavschalleistungspegel den genehmigten maximalen Emissionspegel im jeweiligen Oktavband überschreitet, kann auf eine anschließende Ausbreitungsrechnung verzichtet werden.

Nach Nr. A.2.3.1 der TA Lärm soll die Prognose in der Regel in Oktaven für die Mittenfrequenzen von 63 Hz bis 4000 Hz erfolgen. (Manche Schallausbreitungsprogramme erfordern jedoch die Eingabe des Schalleistungspegels in der 8 kHz-Oktave. Der Wert des Referenz-Spektrums bei 8 kHz beträgt -22,9 dB.)

Treten Emissionen mit einer Tonhaltigkeit $K_{TN} < 2$ dB auf, beträgt der Tonzuschlag 0 dB. Falls die Emission eine geringe Tonhaltigkeit ($K_{TN} = 2$ dB) aufweist, ist immissionsseitig zu prüfen, ob die Tonhaltigkeit immissionsrelevant ist. Die Emission darf keine relevante Tonhaltigkeit ($K_{TN} > 2$ dB) aufweisen (Ausnahme siehe Ziffer 2).

6.3 Immissionsmessungen

Immissionsmessungen sind bei WKA mit messtechnischen Schwierigkeiten verbunden, die insbesondere durch ein ungünstiges Verhältnis von Anlagen- und (windinduziertem) Hintergrundgeräusch sowie durch meteorologische Schwankungen der Schallausbreitungsbedingungen bedingt sind. Daher werden in der Regel Emissionsmessungen durchgeführt.

Bei Immissionsmessungen sind zur Reduzierung der windverursachten Störgeräusche an der Messeinrichtung gegebenenfalls geeignete Maßnahmen (z. B. Sekundärwindschirm, Grenzflächenmikrofon) einzusetzen. Die Mikrofonsignale sind sorgfältig abzuhören, damit vermeidbare windverursachte Störgeräusche (z. B. Pfeifen des Windes an Bohrungen des Stativs) erkannt und minimiert werden können.

Nachts (eine Stunde vor Sonnenuntergang bis eine Stunde nach Sonnenaufgang) sind die Schallausbreitungsbedingungen erfahrungsgemäß günstiger als tags. Außerdem bilden sich nachts häufig stabile thermische Schichtungen aus, die dazu führen, dass bodennah - bei gleicher Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe - geringere Windgeschwindigkeiten und damit geringere windverursachte Fremdgeräusche auftreten als tags. Gleichzeitig treten auch andere Hintergrundgeräusche nachts zurück. Daher sind Immissionsmessungen im Regelfall nachts durchzuführen.

Ist zu prüfen, ob eine emissionsseitig festgestellte Tonhaltigkeit ($K_{TN} = 2$ dB) immissionsrelevant ist, muss die Messung nur in dem Windgeschwindigkeits-/Leistungs-/Drehzahlbereich erfolgen, bei dem emissionsseitig die Tonhaltigkeit festgestellt wurde.

7. Referenzspektrum

Zur Prognose der Vorbelastung ist in der Regel folgendes Referenzspektrum als Grundlage für die Eingangsdaten der Prognose heranzuziehen*:

| | | | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| f [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| L _{WA,norm} [dB] | -20,3 | -11,9 | -7,7 | -5,5 | -6,0 | -8,0 | -12,0 |

(Ergänzung: 8000 Hz mit -22,9 dB)

Liegen qualifizierte Informationen über detaillierte anlagenbezogene Oktavspektren (die Summe der Spektren ergibt den Schalleistungspegel) vor, sind diese heranzuziehen.

Literatur

- [1] Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte (FGW-Richtlinie TR1, Revision 18), Stand 1.2.2008, Hg.: Fördergesellschaft für Windenergie und andere Erneuerbare Energien e.V.
- [2] Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte (FGW-Richtlinie TR1, Revision 19), Stand 1.3.2021, Hg.: Fördergesellschaft für Windenergie und andere Erneuerbare Energien e.V.
- [3] DIN EN 61400-11:2003 + A1:2006 (VDE 0127-11): 2007-03 Windenergieanlagen – Teil 11: Schallmessverfahren
- [4] DIN EN 61400-11:2012 + A1:2018 (VDE 0127-11): 2019-05 – Windenergieanlagen – Teil 11: Schallmessverfahren
- [5] ISO 9613-2 (1999-10): Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien - Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren
- [6] Dokumentation zur Schallausbreitung: Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschemissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1
- [7] Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen, Bericht über Ergebnisse des Messprojekts 2013-2015, Februar 2016
- [8] Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung: Faktenpapier Windenergie und Infraschall, Bürgerforum Energieland Hessen, Mai 2015
- [9] Uppenkamp und Partner: Schalltechnischer Bericht der erweiterten Hauptuntersuchung zur messtechnischen Ermittlung der Ausbreitungsbedingungen für die Geräusche von hohen Windenergieanlagen zur Nachtzeit und Vergleich der Messergebnisse mit Ausbreitungsberechnungen nach DIN ISO 9613-2 (2014)
- [10] Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN): DIN 1333: Zahlenangaben. 1992-02. Berlin (D): Beuth-Verlag GmbH, 1992
- [11] Umweltbundesamt: Lärmwirkungen von Infraschallimmissionen, Texte 163/2020, September 2020

*Das normierte Spektrum wurde als Mittelwert aus den A-bewerteten Spektren von 56 Windenergieanlagen mit Nennleistungen zwischen 250 kW und 2 MW berechnet, die im Anhang D folgender Veröffentlichung dokumentiert sind: van den Berg G, Pedersen E, Bouma J, Bakker R. Project WINDFARMperception. Visual and acoustic impact of wind turbine farms on residents. FP6–2005-Science-and-Society-20. Specific support action project no. 044628, 2008.