

## **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 auf Basis neuerer Erkenntnisse 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 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, 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 6). Liegen qualifizierte Informationen über detaillierte anlagenbezogene Oktavspektren vor, sind diese heranzuziehen. Bei älteren WKA-Typen wurden die Schalleistungspegel bei einer standardisierten Windgeschwindigkeit  $v_{Std} = 8$  m/s ermittelt. Eine Umrechnung auf die standardisierte Windgeschwindigkeit  $v_{Std} = 10$  m/s erfolgt durch Addition von 3 dB. Bei stall-geregelten WKA (i.d.R. nur bei vorhandenen älteren Anlagen) sind Aussagen zum Emissionsverhalten bis zur Abschaltgeschwindigkeit zu berücksichtigen.

#### 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. Die Angaben müssen die möglichen Auswirkungen der Serienstreuung und der Unsicherheit der noch ausstehenden Abnahmemessung (siehe Ziffer 5.2) enthalten.

#### 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:

- FGW TR1 in der jeweils gültigen Revision in Verbindung mit
- IEC 61400-11 Ed. 2<sup>1</sup> oder
- IEC 61400-11 Ed. 3<sup>2</sup>

(siehe Ziffer 5.1).

#### 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 TR1 (Anhang D) [1] 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 [2] durchzuführen. Die DIN ISO 9613-2 gilt für die Berechnung der Schallausbreitung bei bodennahen Quellen (bis 30 m mittlere Höhe zwischen Quelle und Empfänger; s. Kapitel 9, Tabelle 5). Zur Anpassung des Prognoseverfahrens auf hochliegende Quellen hat der Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) auf Basis neuerer Untersuchungsergebnisse [6] und auf Basis theoretischer Berechnungen ein „Interimsverfahren“ [3] veröffentlicht. Für WKA als hochliegende Schallquellen (> 30 m) sind diese neueren Erkenntnisse im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen. Die Immissionsprognose ist daher nach der „Dokumentation zur Schallausbreitung – Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1“ [3] - sowohl für Vorbelastungsanlagen als auch für neu beantragte Anlagen - durchzuführen. Hierbei sind zur Berechnung der Luftabsorption die Luftdämpfungskoeffizienten  $\alpha$  nach Tabelle 2 der DIN ISO 9613-2 [2] für die relative Luftfeuchte

---

<sup>1</sup> entsprechend DIN EN 61400-11(VDE 0127-11):2007-03 Windenergieanlagen – Teil 11: Schallmessverfahren

<sup>2</sup> entsprechend DIN EN 61400-11(VDE 0127-11):2013-09 Windenergieanlagen – Teil 11: Schallmessverfahren

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 gemacht. Diese Angaben haben nur Gültigkeit für den Nahbereich. WKA mit einer Tonhaltigkeit von mehr als 2 dB entsprechen nicht dem Stand der Technik und sind aus Vorsorgegründen nicht zuzulassen.

Für WKA-Typen, bei denen in Messberichten eine Tonhaltigkeit von 2 dB im Nahbereich ausgewiesen wird, ist am maßgeblichen Immissionsort eine Abnahmemessung zur Beurteilung der Tonhaltigkeit 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 Infraschallerzeugung moderner WKA liegt selbst im Nahbereich deutlich unterhalb der Wahrnehmungsschwelle des Menschen [4, 5]. Damit sind schädliche Umwelteinwirkungen nach derzeitigem Erkenntnisstand nicht zu erwarten.

Im Einzelfall ist bei Überschreitung eines Beurteilungspegels (außen) von 40 dB(A) allein durch die Zusatzbelastung (Einschließlich Sicherheitszuschlag für ein Vertrauensniveau von 90%), zu prüfen, ob von Geräuschen, die vorherrschende Energieanteile im Frequenzbereich unter 90 Hz (tieffrequente Geräusche) besitzen, schädliche Umwelteinwirkungen ausgehen. Dabei ist die Beurteilung gemäß Nummer 7.3 TA Lärm und dem Anhang A.1.5 TA Lärm vorzunehmen. Auf den Normentwurf DIN (E) 45680 aus dem Jahr 2013 kann als aktuelle Erkenntnisquelle zurückgegriffen werden.

Beurteilungspegel (einschließlich einer oberen Vertrauensbereichsgrenze von 90%) sind nach den Rundungsregeln der DIN 1333 [7] gemäß Ziffer 4.5.1 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  $\sigma_R$  und Unsicherheit der Serienstreuung  $\sigma_P$ ) sowie der Unsicherheit des Prognosemodells  $\sigma_{Prog}$  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 IRW nicht überschreitet. Im Rahmen der Regelungen unter Nr. 3.2.1 Abs. 3 - 5 der TA Lärm sind Überschreitungen des IRW weiterhin zulässig.

#### **a) Unsicherheit der Herstellerangabe**

Wird die Herstellerangabe für die Geräuschimmissionsprognose herangezogen, werden keine Unsicherheiten für Typvermessung und Serienstreuung ausgewiesen, da entsprechend Ziffer 4.2 eine Abnahmemessung erfolgen muss, um den Nachweis der Einhaltung der festgesetzten Herstellerangabe zu erbringen. Für Hersteller-/Garantieangaben, bei denen die o. g. Unsicherheiten fehlen, ist ein Zuschlag von 1,7 dB zu berücksichtigen und in der

Schallausbreitungsrechnung mit dem dazugehörigen Oktavspektrum anzuwenden (Eingangswerte). Der Zuschlag von 1,7 dB ergibt sich dabei aus:

$$k * \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2}$$

k: Standardnormalvariable k = 1,28 für 90-Perzentil

$\sigma_R$  Messunsicherheit = 0,5 dB

$\sigma_P$  Serienstreuung = 1,2 dB

und beinhaltet somit eine 90%ige Sicherheit. Im Genehmigungsbescheid ist der in der Prognose angesetzte Schallleistungspegel als  $L_{e,max}$  festzuschreiben.

#### b) Unsicherheit der Typvermessung

Bei einer normkonform nach FGW-Richtlinie durchgeführten Typvermessung kann von einer Unsicherheit  $\sigma_R = 0,5$  dB ausgegangen werden.

#### c) Unsicherheit durch Serienstreuung

Bei der Übertragung des an einer WKA vermessenen Schallleistungspegels auf eine andere WKA des gleichen Typs ergibt sich eine Unsicherheit durch die Streuung der in Serie hergestellten WKA. Bei einer Mehrfachvermessung aus mindestens drei Messungen (siehe Ziffer 1.2 c) kann für  $\sigma_P$  die Standardabweichung s der Messwerte aus dem zusammenfassenden Bericht angesetzt werden.

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.

Liegt keine Mehrfachvermessung vor, ist für  $\sigma_P$  ein Ersatzwert von 1,2 dB zu wählen.

#### d) Unsicherheit des Prognosemodells

Die Unsicherheit des Prognosemodells wird wie folgt berücksichtigt:

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

#### e) Gesamtunsicherheit

Die einzelnen Unsicherheiten können in der Standardabweichung für die Unsicherheit  $\sigma_{ges}$  der einzelnen WKA zusammengefasst werden:

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

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

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

f) Gesamtimmissionspegel  $L_{p,90}$

Die obere Vertrauensbereichsgrenze des Gesamtimmissionspegels ( $L_p$ ) 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. Festsetzung von Nebenbestimmungen im Genehmigungsbescheid

##### 4.1 Allgemeine Hinweise

Als maximal zulässiger Emissionswert ist der in der Prognose verwendete Schalleistungspegel  $L_{e,max}$  im Genehmigungsbescheid festzuschreiben. Dabei sind die in der Prognose angesetzten Unsicherheiten der Emissionsdaten gemäß Ziffer 3 b) und 3 c) als Toleranzbereich zu berücksichtigen, das heißt, es ist die obere Vertrauensbereichsgrenze des Schalleistungspegels für ein einseitiges Vertrauensniveau von 90 % festzuschreiben. Es gilt:

$$L_{e,max} = \bar{L}_W + k \cdot \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2}$$

- $L_{e,max}$ : maximal zulässiger Emissionspegel
- $\bar{L}_W$ : Deklarierter (mittlerer) Schalleistungspegel
- $k$ : Standardnormalvariable  $k = 1,28$  für 90-Perzentil
- $\sigma_R$ : Messunsicherheit (siehe 3 b))
- $\sigma_P$ : Serienstreuung (siehe 3 c))

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.

Im Fall, dass die Prognose gemäß Ziffer 3 a) auf einer Angabe des Herstellers (siehe Ziffer 1.2 a) beruht, ist der in der Prognose angesetzte Schalleistungspegel als maximal zulässiger Emissionswert festzusetzen.

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 TR1 [1] 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.

Wenn die erforderlichen Windgeschwindigkeiten für die Abnahmemessung nicht vorliegen, kann die Nachweisführung durch Extrapolation der Messwerte bei anderen Windgeschwindigkeiten mit Hilfe vorhandener Messberichte für diesen WKA-Typ und Betriebsmodus erfolgen.

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

Die Anlage muss mit einer kontinuierlichen Aufzeichnung geeigneter Betriebsparameter (z. B. Leistung, Drehzahl und meteorologische Parameter) 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.

#### 4.2 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 Messung 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.

Ersatzweise für die Messung 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 gezeigt wird, dass der in der Geräuschimmissionsprognose angenommene Emissionswert nicht überschritten wird. Sofern der zur Aufnahme des Nachtbetriebs eingereichte Nachweis auf Messungen an einer anderen als der genehmigten Anlage erfolgte, sind die möglichen Auswirkungen der Serienstreuung sowie der Messunsicherheit zu Lasten des Betreibers zu berücksichtigen.

#### 4.3 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 4.1 verzichtet werden, sofern der rechnerische Nachweis der Nicht-Überschreitung der Immissionsrichtwerte der TA Lärm auf Basis des messtechnisch durch die Mehrfachvermessung nachgewiesenen Schalleistungspegels und Spektrums unter Berücksichtigung der Unsicherheit der Emissionsdaten (Messunsicherheit, Serienstreuung) und der Unsicherheit des Prognosemodells sowie der oberen Vertrauensbereichsgrenze geführt wurde.

#### 4.4 Falls mindestens drei Emissionsmessungen vorliegen

Liegen mindestens drei Vermessungen vor, über die ein zusammenfassender Bericht gemäß FGW TR1 (Anhang D) [1] erstellt wurde, kann auf eine Abnahmemessung unter Berücksichtigung von Ziffer 4.1 verzichtet werden. Auf Anforderung sind die für den zusammenfassenden Bericht herangezogenen vollständigen Messberichte der Einzelmessungen durch den Betreiber der Überwachungsbehörde zu übergeben.

#### 4.5 Tonhaltigkeit

Falls die Anlage nach den Planungsunterlagen im Nahbereich eine Tonhaltigkeit ( $K_{TN} = 2$  dB) aufweist, ist am maßgeblichen Immissionsort eine Abnahme zur Überprüfung der dort von der Anlage verursachten Tonhaltigkeit zu fordern. Sofern im Rahmen einer emissionsseitigen Abnahmemessung eine Tonhaltigkeit von 2 dB festgestellt wird, ist ebenfalls im Rahmen einer immissionsseitigen Abnahmemessung deren Immissionsrelevanz zu untersuchen. Hierbei gelten die Anforderungen zu Immissionsmessungen gemäß Ziffer 5.3 des Erlasses. Der Tonzuschlag ist nach DIN 45681 zu ermitteln.

#### 4.6 Impulshaltigkeit

Emissionsmessberichte bei Nachweismessungen haben die Impulshaltigkeit nach TA Lärm auszuweisen. Dabei sind alle 10s- bzw. 1Minuten-Mittelungswerte je BIN zu dokumentieren. Festgestellte Impulshaltigkeit größer 2,0 dB sind in den Prognoseberechnungen zu berücksichtigen.

### **5. Messungen**

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

#### 5.1 Emissionsmessungen zur Typkennzeichnung

Die Anforderungen an die Schallemissionsmessung und an deren Auswertung sind in der Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen Teil 1: „Bestimmung der Schallemissionswerte“ [1] sowie in der DIN EN 61400-11:2013 beschrieben. Emissionsmessungen und Auswertungen sind nach den Vorschriften dieser Technischen Richtlinie sowie DIN-Norm durchzuführen.

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.

## 5.2 Emissionsseitige Abnahmemessungen

Für Abnahmemessungen sind bekanntgegebene Messstellen gemäß § 26 i.V.m. § 29 b BImSchG heranzuziehen. Als Auswertevorschrift ist die DIN EN 61400-11:2013 zu verwenden. Die Abnahmemessungen sind i.d.R. nachts (eine Stunde vor Sonnenuntergang bis eine Stunde nach Sonnenaufgang) durchzuführen.

Wird eine emissionsseitige Abnahmemessung gefordert, ist im Anschluss der Abnahmemessung mit den ermittelten Oktav-Schalleistungspegeln eine erneute Schallausbreitungsrechnung nach dem Interimsverfahren durchzuführen. Bei dieser Neuberechnung ist die Messunsicherheit, nicht jedoch die Unsicherheit des Prognosemodells zu berücksichtigen. Wird im Rahmen der Neuberechnung das Messergebnis auf weitere WKA gleichen Typs übertragen, so ist die Produktionsstandardabweichung (Serienstreuung) bei diesen WKA zu berücksichtigen. Dabei ist der Vergleich mit der Ausbreitungsrechnung unter Ansatz von  $L_{e,max}$  durchzuführen. Die auf Basis des gemessenen Emissionsspektrums berechneten A-bewerteten Immissionspegel dürfen die auf Basis des in der Prognose angesetzten Emissionsspektrums berechneten A-bewerteten Immissionspegel nicht überschreiten. Die Emission darf keine relevante Tonhaltigkeit aufweisen.

Falls die Emission eine Tonhaltigkeit ( $K_{TN} = 2$  dB) aufweist, ist immissionsseitig zu prüfen, ob die Tonhaltigkeit immissionsrelevant ist.

## 5.3 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.



## 6. Referenzspektrum

Zur Prognose der Vorbelastung ist in der Regel folgendes Referenzspektrum als Grundlage für die Eingangsdaten der Prognose heranzuziehen<sup>3</sup>:

f [Hz]	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
L <sub>WA,norm</sub> [dB]	-20,3	-11,9	-7,7	-5,5	-6,0	-8,0	-12,0

(Ergänzung: 8000 Hz mit -36 dB)

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

## Literatur

- [1] Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte (FGW-Richtlinie TR1, Revision 18), Hg.: Fördergesellschaft für Windenergie und andere Erneuerbare Energien e.V.
- [2] ISO 9613-2 (1999-10): Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien - Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren
- [3] Dokumentation zur Schallausbreitung: Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1 (<https://www.din.de/blob/187138/eb8abdf16f058490895cc3105f700533/interimsverfahren-data.pdf>)
- [4] 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
- [5] Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung: Faktenpapier Windenergie und Infraschall, Bürgerforum Energieland Hessen, Mai 2015
- [6] 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)
- [7] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (DIN): DIN 1333: Zahlenangaben. 1992-02. Berlin (D) : Beuth-Verlag GmbH, 1992

---

<sup>3</sup> 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.