

Dokumentation zur Schallausbreitung

Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen

Fassung 2015-05.1

Inhalt

Seite

Vorwort.....	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen.....	4
3 Definitionen.....	4
4 Ausbreitungsmodell für Windkraftanlagen	5
4.1 Quellbeschreibung.....	5
4.2 Schallausbreitung	6
4.3 Meteorologische Korrektur.....	6
Literaturverzeichnis	8

Vorwort

Diese Dokumentation wurde vom Unterausschuss NA 001-02-03-19 UA "Schallausbreitung im Freien" erstellt. Diese Dokumentation wird in Ergänzung zu [DIN ISO 9613-2](#) und [DIN EN 61400-11](#) veröffentlicht.

Die Anwender dieser Dokumentation sind hiermit aufgerufen, die Festlegungen anhand von praktischen Problemstellungen zu prüfen und Erfahrungen, eventuelle Ergänzungen und/oder Spezifikationen zu senden an: NALS im DIN und VDI, 10772 Berlin, nals@din.de.

Einleitung

Windkraftanlagen sind Anlagen im Sinne des [BImSchG](#) [1] und werden nach [TA Lärm](#) [2] beurteilt.

Für die Prognose von Immissionspegeln von Windkraftanlagen gibt es kein nationales Regelwerk, das ohne Einschränkungen bzw. Modifizierungen oder Sonderregelungen auf die Schallausbreitung dieser hochliegenden Quellen anwendbar ist. Im Rahmen der Beurteilung der Geräuschbelastung dieser Anlagen wird in Genehmigungsverfahren im Regelfall die Anwendung der [DIN ISO 9613-2](#) vorgeschrieben. Diese Norm schließt aber explizit ihre Anwendung auf hochliegenden Quellen aus.

[VDI 4101 Blatt 2](#) [3], die zurzeit vom zuständigen Unterausschuss des NALS, dem NA 001-02-03-19 UA, entwickelt wird, wird ein Verfahren zur Schallausbreitungsrechnung zur Verfügung stellen, welches den Anwendungsbereich der [DIN ISO 9613-2:1999-10](#) auf Windkraftanlagen als hochliegende Quellen erweitert.

1 Anwendungsbereich

[VDI 4101 Blatt 2](#) [3] wird ein Verfahren für die Ausbreitungsrechnung der Geräusche von Windkraftanlagen zur Verfügung stellen. Die mit diesen Interimsverfahren gewonnenen Ergebnisse können im Rahmen von Beurteilungen der Anlagengeräusche von Windkraftanlage im Rahmen der Anwendung der [TA Lärm](#) verwendet werden.

2 Normative Verweisungen

DIN EN 61260:2003-03, *Elektroakustik - Bandfilter für Oktaven und Bruchteile von Oktaven (IEC 61260:1995 + A1:2001); Deutsche Fassung EN 61260:1995 + A1:2001*

DIN EN 61400-11, VDE 0127-11:2013-09, *Windenergieanlagen - Teil 11: Schallmessverfahren (IEC 61400-11:2012); Deutsche Fassung EN 61400-11:2013*

DIN EN 61672-1:2014-07, *Elektroakustik - Schallpegelmesser - Teil 1: Anforderungen (IEC 61672-1:2013); Deutsche Fassung EN 61672-1:2013*

DIN ISO 9613-2:1999-10, *Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien - Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren (ISO 9613-2:1996)*

3 Definitionen

3.1

äquivalenter A-bewerteter Dauerschalldruckpegel

L_{AT}

Schalldruckpegel, in Dezibel, definiert nach Gleichung (1)

$$L_{AT} = 10 \lg \left\{ \left[\frac{1}{T} \int_0^T p_A^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\} \text{ dB} \quad (1)$$

Dabei ist:

$p_A(t)$ der Momentanwert des A-bewerteten Schalldrucks in Pascal;

p_0 der Bezugs-Schalldruck (= 20×10^{-6} Pa);

T ein festgelegtes Zeitintervall, in Sekunden.

Die Frequenzbewertung A ist in [DIN EN 61672-1](#) für Schallpegelmesser festgelegt.

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Zeitintervall T sollte lang genug sein, um eine Mittelung der Effekte von sich verändernden meteorologischen Parametern zu bewirken. In [DIN ISO 9613-2:1999-10](#) werden zwei verschiedene Situationen berücksichtigt: Kurzzeitmittelung unter Mitwindbedingungen und Langzeitmittelung unter allen Bedingungen.

[QUELLE: [DIN ISO 9613-2:1999-10](#), Begriff 3.1, modifiziert, [IEC 651](#) [4] wurde durch [DIN EN 61672-1:2014-07](#) ersetzt]

3.2

äquivalenter Oktavband-Dauerschalldruckpegel bei Mitwind

$L_{fT}(DW)$

Schalldruckpegel, in Dezibel, definiert nach Gleichung (2)

$$L_{fT}(DW) = 10 \lg \left\{ \left[\frac{1}{T} \int_0^T p_f^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\} \text{ dB} \quad (2)$$

Dabei ist:

$p_f(t)$ der Momentanwert des Oktavbandschalldrucks bei Mitwind, in Pascal, und Index f die Bandmittenfrequenz eines Oktavfilters;

T ein festgelegtes Zeitintervall, in Sekunden, siehe 3.1.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die elektrischen Eigenschaften der Oktavbandfilter sollen mindestens den Anforderungen der Klasse 2 nach [DIN EN 61260:2003-03](#) entsprechen.

[QUELLE: [DIN ISO 9613-2:1999-10](#), Begriff 3.2, modifiziert, Erläuterung von T ergänzt und der Verweis auf [IEC 1260](#) [5] wurde durch [DIN EN 61260:2003-03](#) ersetzt.]

3.3

Windkraftanlage

Anlage zur Gewinnung elektrischer Energie aus der natürlichen Energie der Strömung des Windes mithilfe von Rotoren, Turbinen, Windrädern

3.4

Ersatzquelle

in einem akustischen Modell auftretende Quelle, die die akustische Emission einer Windkraftanlage hinsichtlich Ort, Quellstärke und Richtwirkung einer Windkraftanlage beschreibt

3.5

hoch liegende Quelle

eine Quelle, deren Ersatzquelle außerhalb der zulässigen Quellhöhe im Anwendungsbereich [DIN ISO 9613-2:1999-10](#) liegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die [DIN ISO 9613-2:1999-10](#) begrenzt die Quellhöhe auf kleiner 30 m.

4 Ausbreitungsmodell für Windkraftanlagen

4.1 Quellbeschreibung

Der Übergangslösung liegt ein einfaches akustisches Ersatzmodell zugrunde: Die Geräusche einer Windkraftanlage werden insgesamt durch eine einzige Ersatzquelle beschrieben. Diese Ersatzquelle ist eine ungerichtete, frequenzabhängige Punktschallquelle. Ihre Quellstärke wird durch den immissionswirksamen Schalleistungspegel bestimmt. Im Rahmen dieses Verfahren wird der Immissionswirksame Schalleistungspegel durch das Messverfahren der [DIN EN 61400-11](#) ermittelt. Dabei sind die von diesem Messverfahren bereit gestellten A-bewertete Terzband-Schalleistungspegel $L_{WA,i}$ in die zugehörigen unbewerteten Oktavband-Schalleistung L_W im Bereich der Oktaven 63 Hz bis 8000 Hz zu überführen.

ANMERKUNG 1: $L_{WA,i}$ ist ein Begriff aus der [DIN EN 61400-11:2013-09](#) (i ist die Nummer des Terzbandes)

ANMERKUNG 2: L_W ist ein Begriff aus [DIN ISO 9613-2:1999-10](#) für die Punktschallquelle (Gleichung (3) der Norm)

Die Oktavband-Schalleistungspegel L_W geht als Eingangsgröße in das hier festgelegte modifizierte Verfahren der [DIN ISO 9613-2:1999-10](#) ein.

Der Ort der Ersatzquelle ist im Rotormittelpunkt der Windkraftanlage (siehe [DIN EN 61400-11](#)).

4.2 Schallausbreitung

Der Immissionspegel in einem Aufpunkt IO ergibt sich aus

$$L_{fT}(DW) = L_W + D_c - A \quad (3)$$

Dabei ist:

- L_W der Oktavband-Schalleistungspegel der Punktschallquelle, in Dezibel, bezogen auf eine Bezugsschalleistung von einem Picowatt (1 pW);
- D_c die Richtwirkungskorrektur, in Dezibel, die beschreibt, um wieviel der von der Punktquelle erzeugte äquivalente Dauerschalldruckpegel in der festgelegten Richtung von dem Pegel einer angerichteten Punktschallquelle mit einem Schalleistungspegel L_W abweicht; D_c ist gleich dem Richtwirkungsmaß D_l der Punktschallquelle zuzüglich eines Richtwirkungsmaßes D_Ω das eine Schallausbreitung in Raumwinkel von weniger als 4π Sterad berücksichtigt; für eine ungerichtet, ins Freie abstrahlende Punktschallquelle in $D_c = 0$ dB;
- A die Oktavbanddämpfung, in Dezibel, die während der Schallausbreitung von der Punktquelle zum Empfänger vorliegt.

Der Dämpfungsterm A in Gleichung (3) ist durch Gleichung (4) gegeben.

$$A = A_{\text{div}} + A_{\text{atm}} + A_{\text{gr}} + A_{\text{bar}} + A_{\text{misc}} \quad (4)$$

Dabei ist:

- A_{div} die Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung;
ANMERKUNG 1: Nähere Details siehe Abschnitt 7.1 in [DIN ISO 9613-2:1999-10](#).
- A_{atm} die Dämpfung aufgrund von Luftabsorption;
ANMERKUNG 2: Nähere Details siehe Abschnitt 7.2 in [DIN ISO 9613-2:1999-10](#).
- A_{gr} die Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts;
ANMERKUNG 3: Nähere Details siehe Abschnitt 7.3 in [DIN ISO 9613-2:1999-10](#).
- A_{bar} die Dämpfung aufgrund von Abschirmung;
ANMERKUNG 4: Nähere Details siehe Abschnitt 7.4 in [DIN ISO 9613-2:1999-10](#).
- A_{misc} die Dämpfung aufgrund verschiedener anderer Effekte;
ANMERKUNG 5: Nähere Details siehe Anhang A in [DIN ISO 9613-2:1999-10](#).

Die Berechnung der Dämpfungsterme erfolgt nach den Regelungen der [DIN ISO 9613-2:1999-10](#) mit folgender Modifizierung:

Es gilt:

$$A_{\text{gr}} = -3 \text{ dB}$$

ANMERKUNG 6: Die Setzung des A_{gr} zu -3 dB ist die wesentliche Modifizierung des Schemas der [DIN ISO 9613-2:1999-10](#). Sie berücksichtigt, dass es bei der Windkraftanlage als hochliegende Quelle zu lediglich einer Bodenreflexion kommt und deshalb die Ansätze der [DIN ISO 9613-2:1999-10](#) nicht greifen können.

4.3 Meteorologische Korrektur

Der A-bewertete Langzeitmittelungspegel $L_{AT}(LT)$ ist im langfristigen Mittel wie folgt zu berechnen:

$$L_{AT}(LT) = L_{AT}(DW) - C_{\text{met}} \quad (7)$$

Dabei ist:

C_{met} meteorologische Korrektur in Dezibel.

ANMERKUNG: Gleichung (7) ist die Gleichung (6) der [DIN ISO 9613-2:1999-10](#).

Es gilt

$C_{\text{met}} = 0 \text{ dB}$

Literaturverzeichnis

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1990. BGBl. I Nr. 23 vom 22.05.1990 S 880, zuletzt geändert am 29. Oktober 2001 durch Artikel 49 der Siebenten Zuständigkeitsanpassungs-Verordnung. BGBl. I Nr. 55 vom 06.11.2001, S 2785
- [2] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (TA Lärm) vom 26.08.1998. GMBL. Nr. 26 vom 28.08.1998, S 503
- [3] VDI 4101 Blatt 2, *Schallausbreitung im Freien unter Berücksichtigung meteorologischer und topographischer Bedingungen – Blatt 2: Windkraftanlagen / Sound propagation outdoors in consideration of meteorological and topographical conditions – Part 2: Wind turbines* (unter Bearbeitung)
- [4] IEC 651:1979, *Sound level meters* (zurückgezogen)
- [5] IEC 1260:1995, *Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters* (zurückgezogen)