

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>DIN EN 61400-11<br/>(VDE 0127-11)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>DIN</b> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Diese Norm ist zugleich eine <b>VDE-Bestimmung</b> im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden. | <b>VDE</b> |
| <p>ICS 17.140.20; 27.180</p> <p>Ersatz für<br/><b>DIN EN 61400-11<br/>(VDE 0127-11):2013-09</b><br/>Siehe Anwendungsbeginn</p> <p><b>Windenergieanlagen –<br/>Teil 11: Schallmessverfahren<br/>(IEC 61400-11:2012 + A1:2018);<br/>Deutsche Fassung EN 61400-11:2013 + A1:2018</b></p> <p>Wind turbines –<br/>Part 11: Acoustic noise measurement techniques<br/>(IEC 61400-11:2012 + A1:2018);<br/>German version EN 61400-11:2013 + A1:2018</p> <p>Eoliennes –<br/>Partie 11: Techniques de mesure du bruit acoustique<br/>(IEC 61400-11:2012 + A1:2018);<br/>Version allemande EN 61400-11:2013 + A1:2018</p> <p>Gesamtumfang 66 Seiten</p> <p>DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |

## **Anwendungsbeginn**

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2012-12-12 angenommene Europäische Norm und die am 2018-07-20 angenommene Änderung A1 als DIN-Norm ist 2019-05-01.

Für **DIN EN 61400-11 (VDE 0127-11):2013-09** besteht eine Übergangsfrist bis 2021-07-20.

## **Nationales Vorwort**

*Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 61400-11/A1 (VDE 0127-11/A1):2018-08.*

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 383 „Windenergieanlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE ([www.dke.de](http://www.dke.de)) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 88 „Wind energy generation systems“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieses Dokuments bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu diesem Dokument angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees das Dokument

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

**A1** | Das A1 wurde eingearbeitet und mit einem senkrechten Strich und „A1“ am linken Seitenrand gekennzeichnet.

## **Änderungen**

Gegenüber **DIN EN 61400-11 (VDE 0127-11):2013-09** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Diese Änderung der **IEC 61400-11:2012** betrifft die Situation, in der eine Messung aus Messreihen an verschiedenen Tagen oder mit wesentlich unterschiedlichen Bedingungen besteht;
- b) darüber hinaus wurden Klarstellungen zur Tonalitätsanalyse und zum Reporting vorgenommen;
- c) redaktionelle Änderungen wurden vorgenommen.

## **Frühere Ausgaben**

**DIN EN 61400-11 (VDE 0127-11): 2000-02, 2003-11, 2007-03, 2013-09**

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

**Tabelle NA.1**

| Europäisches Dokument                              | Internationales Dokument                            | Deutsches Dokument                               | Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|
| EN 60688:2013                                      | IEC 60688:2012                                      | DIN EN 60688:2013-08                             | –                                      |
| EN 60942:2003                                      | IEC 60942:2003                                      | DIN EN 60942:2004-05                             | –                                      |
| <i>Ersetzt durch:</i>                              | <i>Ersetzt durch:</i>                               | <i>Ersetzt durch:</i>                            |                                        |
| EN IEC 60942:2018                                  | IEC 60942:2017                                      | DIN EN IEC 60942:2018-07                         | –                                      |
| EN 61260:1995<br>+ A1:2001<br><i>zurückgezogen</i> | IEC 61260:1995<br>+ A1:2001<br><i>zurückgezogen</i> | DIN EN 61260:2003-03<br><br><i>zurückgezogen</i> | –                                      |
| EN 61400-12-1:2006                                 | IEC 61400-12-1:2005                                 | DIN EN 61400-12-1<br>(VDE 0127-12-1):2007-02     | VDE 0127-12-1                          |
| <i>Ersetzt durch:</i>                              | <i>Ersetzt durch:</i>                               | <i>Ersetzt durch:</i>                            |                                        |
| EN 61400-12-1:2017                                 | IEC 61400-12-1:2017                                 | DIN EN 61400-12-1<br>(VDE 0127-12-1):2017-12     | VDE 0127-12-1                          |
| EN 61400-12-2:2013                                 | IEC 61400-12-2:2013                                 | DIN EN 61400-12-2<br>(VDE 0127-12-2):2014-02     | VDE 0127-12-2                          |
| EN 61672 (alle Teile)                              | IEC 61672 (alle Teile)                              | DIN EN 61672 (alle Teile)                        | –                                      |
| CLC/TS 61400-14:2017                               | IEC/TS 61400-14:2005                                | DIN CLC/TS 61400-14<br>(VDE V 0127-14):2018-02   | VDE V 0127-14                          |
| –                                                  | ISO 7196                                            | DIN 45680                                        | –                                      |
| –                                                  | ISO 9613-1:1993                                     | –                                                | –                                      |
| –                                                  | ISO/IEC Guide 98-3                                  | –                                                | –                                      |

## Nationaler Anhang NB (informativ)

### Literaturhinweise

DIN 45680, *Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft*

**DIN CLC/TS 61400-14 (VDE V 0127-14):2018-02**, *Windenergieanlagen – Teil 14: Angabe von immissionsrelevanten Schallleistungspegel- und Tonhaltigkeitswerten (IEC/TS 61400-14:2005); Deutsche Fassung CLC/TS 61400-14:2017*

DIN EN 60688:2013-08, *Elektrische Messumformer zur Umwandlung von elektrischen Wechselstromgrößen und Gleichstromgrößen in analoge oder digitale Signale (IEC 60688:2012); Deutsche Fassung EN 60688:2013*

DIN EN IEC 60942:2018-07, *Elektroakustik – Schallkalibratoren (IEC 60942:2017); Deutsche Fassung EN IEC 60942:2018*

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

**DIN EN 61400-12-1 (VDE 0127-12-1):2017-12**, *Windenergieanlagen – Teil 12-1: Messung des Leistungsverhaltens von Windenergieanlagen (IEC 61400-12-1:2017); Deutsche Fassung EN 61400-12-1:2017*

**DIN EN 61400-12-2 (VDE 0127-12-2):2014-02**, *Windenergieanlagen – Teil 12-2: Leistungsverhalten von Elektrizität erzeugenden Windenergieanlagen mit Gondelanemometer (IEC 61400-12-2:2013); Deutsche Fassung EN 61400-12-2:2013*

DIN EN 61672 (alle Teile), *Elektroakustik – Schallpegelmesser*

**Windenergieanlagen –  
Teil 11: Schallmessverfahren**  
(IEC 61400-11:2012 + A1:2018)

Wind turbines –  
Part 11: Acoustic noise measurement techniques  
(IEC 61400-11:2012 + A1:2018)

Eoliennes –  
Partie 11: Techniques de mesure du bruit  
acoustique  
(IEC 61400-11:2012 + A1:2018)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2012-12-12 und die A1 am 2018-07-20 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung  
European Committee for Electrotechnical Standardization  
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

**CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel**

© 2018 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 61400-11:2013 + A1:2018 D

## **Vorwort**

Der Text des Dokuments 88/436/FDIS, zukünftige 3. Ausgabe der IEC 61400-11, erarbeitet vom IEC/TC 88 „Wind Turbines“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als **EN 61400-11:2013** angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2013-09-12
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2015-12-12

Dieses Dokument ersetzt EN 61400-11:2003 + A1:2006.

**EN 61400-11:2013** enthält die folgenden wesentlichen technischen Änderungen gegenüber EN 61400-11:2003 + A1:2006:

Sie stellt eine fachliche Überarbeitung dar, in der neue Grundsätze für die Datenverarbeitungsverfahren eingeführt werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC [und/oder CEN] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

## **Anerkennungsnotiz**

Der Text der Internationalen Norm **IEC 61400-11:2012** wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

## Europäisches Vorwort zur Änderung A1

Der Text des Dokuments 88/615/CDV, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 61400-11:2012/A1, erarbeitet vom IEC/TC 88 „Wind energy generation systems“ wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 61400-11:2013/A1:2018 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2019-04-20
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2021-07-20

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC [und/oder CEN] ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

## Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61400-11:2012/A1:2018 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

## Anhang ZA (normativ)

### Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ANMERKUNG 1 Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abänderungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN oder das HD.

ANMERKUNG 2 Aktualisierte Informationen über die in diesem Anhang aufgeführten aktuellen Fassungen der Europäischen Normen sind hier verfügbar: [www.cenelec.eu](http://www.cenelec.eu).

| <u>Publikation</u> | <u>Jahr</u>     | <u>Titel</u>                                                                                                       | <u>EN/HD</u>  | <u>Jahr</u> |
|--------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|
| IEC 60688          | –               | Electrical measuring transducers for converting A.C. and D.C. electrical quantities to analogue or digital signals | EN 60688      | –           |
| IEC 60942          | 2003            | Electroacoustics – Sound calibrators                                                                               | EN 60942      | 2003        |
| IEC 61260          | 1995            | Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters                                                  | EN 61260      | 1995        |
| IEC 61400-12-1     | 2005            | Wind turbines –<br>Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines                | EN 61400-12-1 | 2006        |
| IEC 61400-12-2     | – <sup>Z1</sup> | Wind turbines –<br>Part 12-2: Power performance of electricity producing wind turbines based on nacelle anemometry | EN 61400-12-2 | –           |
| IEC 61672          | Reihe           | Electroacoustics – Sound level meters                                                                              | EN 61672      | Reihe       |
| ISO/IEC Guide 98-3 | –               | Uncertainty of measurement –<br>Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)           | –             | –           |

---

<sup>Z1</sup> Zu veröffentlichen.

## Inhalt

Seite

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Vorwort .....                                                                                                                             | 2  |
| Europäisches Vorwort zur Änderung A1 .....                                                                                                | 3  |
| Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren<br>entsprechenden europäischen Publikationen ..... | 4  |
| Einleitung .....                                                                                                                          | 8  |
| Einleitung zur Änderung A1 .....                                                                                                          | 8  |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                                                                                 | 9  |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                                                                            | 9  |
| 3 Begriffe .....                                                                                                                          | 10 |
| 4 Symbole und Einheiten .....                                                                                                             | 13 |
| 5 Verfahrensbeschreibung .....                                                                                                            | 14 |
| 6 Messgeräte .....                                                                                                                        | 15 |
| 6.1 Akustische Messgeräte .....                                                                                                           | 15 |
| 6.1.1 Allgemeines .....                                                                                                                   | 15 |
| 6.1.2 Geräte zur Bestimmung des A-bewerteten äquivalenten Dauerschalldruckpegels .....                                                    | 15 |
| 6.1.3 Geräte zur Bestimmung der A-bewerteten Terzspektren .....                                                                           | 15 |
| 6.1.4 Geräte zur Bestimmung der Schmalbandspektren .....                                                                                  | 15 |
| 6.1.5 Mikrofon mit Messplatte und Windschirm .....                                                                                        | 15 |
| 6.1.6 Akustischer Kalibrator .....                                                                                                        | 17 |
| 6.1.7 Datenaufnahme- und -wiedergabesysteme .....                                                                                         | 17 |
| 6.2 Nicht-akustische Messgeräte .....                                                                                                     | 17 |
| 6.2.1 Allgemeines .....                                                                                                                   | 17 |
| 6.2.2 Anemometer .....                                                                                                                    | 17 |
| 6.2.3 Elektrischer Wirkleistungsumformer .....                                                                                            | 18 |
| 6.2.4 Sonstige Messgeräte .....                                                                                                           | 18 |
| 6.3 Rückführbare Kalibrierung .....                                                                                                       | 18 |
| 7 Akustische Messungen und Durchführung der Messungen .....                                                                               | 18 |
| 7.1 Messpunkte für akustische Messungen .....                                                                                             | 18 |
| 7.2 Akustische Messungen .....                                                                                                            | 21 |
| 7.2.1 Allgemeines .....                                                                                                                   | 21 |
| 7.2.2 Anforderungen an die akustischen Messungen .....                                                                                    | 21 |
| 7.2.3 A-bewerteter Schalldruckpegel .....                                                                                                 | 22 |
| 7.2.4 A-bewertete Terzbandmessungen .....                                                                                                 | 22 |
| 7.2.5 A-bewertete Schmalbandmessungen .....                                                                                               | 22 |
| 7.2.6 Wahlfreie akustische Messungen an den Messpunkten 2, 3 und 4 .....                                                                  | 22 |
| 7.2.7 Weitere wahlfreie Messungen .....                                                                                                   | 23 |
| 7.2.8 Kombinieren von Messreihen .....                                                                                                    | 23 |
| 8 Nicht-akustische Messungen .....                                                                                                        | 23 |

|                       |                                                                                                  |    |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 8.1                   | Allgemeines .....                                                                                | 23 |
| 8.2                   | Messungen der Windgeschwindigkeit .....                                                          | 23 |
| 8.2.1                 | Bestimmung der Windgeschwindigkeit während des Betriebs der WEA .....                            | 24 |
| 8.2.2                 | Windgeschwindigkeitsmessungen während Fremdgeräuschmessungen .....                               | 25 |
| 8.3                   | Mitwindrichtung .....                                                                            | 26 |
| 8.4                   | Andere atmosphärische Bedingungen .....                                                          | 26 |
| 8.5                   | Rotordrehzahl und Messung des Blatteinstellungswinkels .....                                     | 26 |
| 9                     | Datenverarbeitungsverfahren .....                                                                | 26 |
| 9.1                   | Allgemeine Verfahrensweise für Schallleistungspegel und Terzbandpegel .....                      | 26 |
| 9.2                   | Berechnung der Schalldruckpegel .....                                                            | 29 |
| 9.2.1                 | Allgemeines .....                                                                                | 29 |
| 9.2.2                 | Berechnung der mittleren Schallspektren und der Messunsicherheit je Bin .....                    | 29 |
| 9.2.3                 | Berechnung der mittleren Windgeschwindigkeit und der Messunsicherheit je Bin .....               | 30 |
| 9.2.4                 | Berechnung der Schallpegel bei den Mittenwerten der Bins einschließlich Messunsicherheit .....   | 32 |
| 9.3                   | Immissionsrelevante Schallleistungspegel .....                                                   | 33 |
| 9.4                   | Immissionsrelevante Schallleistungspegel bezogen auf die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe .....  | 34 |
| 9.5                   | Tonale Wahrnehmbarkeit .....                                                                     | 34 |
| 9.5.1                 | Allgemeine Vorgehensweise für die Tonhaltigkeit .....                                            | 34 |
| 9.5.2                 | Identifizierung möglicher Töne .....                                                             | 36 |
| 9.5.3                 | Klassifizierung der Spektrallinien innerhalb der kritischen Bandbreite .....                     | 36 |
| 9.5.4                 | Identifizierter Ton .....                                                                        | 39 |
| 9.5.5                 | Bestimmung des Tonpegels .....                                                                   | 39 |
| 9.5.6                 | Bestimmung des Pegels des maskierenden Geräusches .....                                          | 39 |
| 9.5.7                 | Bestimmung der Tonhaltigkeit .....                                                               | 39 |
| 9.5.8                 | Bestimmung der Wahrnehmbarkeit .....                                                             | 40 |
| 9.5.9                 | Fremdgeräusch .....                                                                              | 40 |
| 10                    | Angaben im Bericht .....                                                                         | 41 |
| 10.1                  | Allgemeines .....                                                                                | 41 |
| 10.2                  | Beschreibung der Windenergieanlage .....                                                         | 41 |
| 10.3                  | Merkmale der Umgebung .....                                                                      | 42 |
| 10.4                  | Messgeräte .....                                                                                 | 42 |
| 10.5                  | Akustische Daten .....                                                                           | 42 |
| 10.6                  | Nicht-akustische Daten .....                                                                     | 43 |
| 10.7                  | Messunsicherheit .....                                                                           | 43 |
| Anhang A (informativ) | Weitere mögliche Charakteristiken der Geräuschabstrahlung von WEA und ihre Quantifizierung ..... | 44 |
| Anhang B (informativ) | Bewertung der Turbulenzintensität .....                                                          | 46 |
| Anhang C (informativ) | Bewertung der Messunsicherheit .....                                                             | 47 |

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Anhang D (informativ) Effektive Rauigkeitslänge .....                                                                                       | 49 |
| Anhang E (informativ) Beschreibung eines zweiten Windschirmes .....                                                                         | 51 |
| Anhang F (normativ) Kleine Windenergieanlagen .....                                                                                         | 56 |
| Anhang G (informativ) Luftabsorption .....                                                                                                  | 60 |
| Anhang H (normativ) Datenbearbeitung für Messreihen an unterschiedlichen Tagen oder unter<br>wesentlich unterschiedlichen Bedingungen ..... | 61 |
| Literaturhinweise .....                                                                                                                     | 62 |

## Bilder

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bild 1 – Anordnung des Mikrofons .....                                                                            | 16 |
| Bild 2 – Foto des Mikrofons und der Messplatte .....                                                              | 17 |
| Bild 3 – Standardmuster für Mikrofonmesspunkte (Draufsicht) .....                                                 | 19 |
| Bild 4 – Darstellung zu den Definitionen von $R_0$ und des schrägen Abstandes $R_1$ .....                         | 21 |
| Bild 5 – Zulässige Position des Messmastes (schattierter Bereich) .....                                           | 24 |
| Bild 6 – Flussdiagramm für das Datenverarbeitungsverfahren .....                                                  | 28 |
| Bild 7 – Flussdiagramm für die Bestimmung der tonalen Wahrnehmbarkeit für jedes<br>Windgeschwindigkeits-Bin ..... | 35 |
| Bild 8 – Darstellung des Pegels $L_{70\%}$ im kritischen Frequenzband .....                                       | 37 |
| Bild 9 – Darstellung der Linien unterhalb des Kriteriums $L_{70\%}$ zuzüglich 6 dB .....                          | 38 |
| Bild 10 – Darstellung des Pegels $L_{pn,avg}$ und der als „maskierend“ klassifizierten Linien .....               | 38 |
| Bild 11 – Darstellung der Klassifizierung aller Spektrallinien .....                                              | 39 |
| Bild E.1 – Beispiel 1 für einen zweiten Windschirm .....                                                          | 52 |
| Bild E.2 – Beispiel 2 für einen zweiten Windschirm .....                                                          | 53 |
| Bild E.3 – Beispiel für die in Tabelle E.1 dargestellte Einfügungsdämpfung .....                                  | 55 |
| Bild F.1 – Zulässiger Bereich für den Standort des Windmessmastes als Funktion von $\beta$ - Draufsicht .....     | 57 |
| Bild F.2 – Beispiel für eine Schallimmissionskarte .....                                                          | 59 |
| Bild G.1 – Beispiel eines Terzspektrums .....                                                                     | 60 |

## Tabellen

|                                                                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle C.1 – Beispiele möglicher Werte für Unsicherheitskomponenten Typ B, welche relevant sind<br>für den immissionsrelevanten Schallleistungspegel .....                                               | 48 |
| Tabelle C.2 – Beispiele möglicher Werte für Unsicherheitskomponenten Typ B für die Bestimmung<br>der Windgeschwindigkeit, welche relevant sind für den immissionsrelevanten<br>Schallleistungspegel ..... | 48 |
| Tabelle D.1 – Rauigkeitslänge .....                                                                                                                                                                       | 49 |
| Tabelle E.1 – Beispiel für die Aufzeichnung der Einfügungsdämpfung .....                                                                                                                                  | 54 |

## Einleitung

Zweck dieses Teils der IEC 61400 ist es, eine einheitliche Methode zu bieten, welche die Übereinstimmung und Genauigkeit bei der Messung und Auswertung der Geräuschemission von Windenergieanlagen (WEA) sicherstellt. Diese Internationale Norm soll angewendet werden von:

- WEA-Herstellern, die bestrebt sind, den konkreten Anforderungen an die Geräuschabstrahlung und/oder an ein mögliches Deklarationsverfahren nachzukommen (z. B. IEC/TS 61400-14);
- WEA-Käufern, um derartige Anforderungen an die Geräuschemissionswerte festzulegen;
- WEA-Betreibern, die die Einhaltung der angegebenen oder geforderten akustischen Spezifikationen für neue oder modifizierte Anlagen nachweisen müssen;
- WEA-Planern oder Genehmigungsbehörden, die die genauen rechtmäßigen Anforderungen an die akustischen Spezifikationen neuer oder modifizierter Anlagen im Hinblick auf Schallschutzbestimmungen definieren müssen.

Diese Norm stellt eine Anleitung zur Messung, Auswertung und Ergebnisdarstellung im Hinblick auf die komplexen Geräuschemissionen von Windenergieanlagen dar. Die Norm dient allen Beteiligten, die mit der Planung, Herstellung, Installation, Genehmigung, Gesetzgebung, Nutzung bzw. dem Betrieb von WEA zu tun haben. Die in dieser Norm empfohlenen Mess- und Auswertungsverfahren sollten von allen Parteien angewendet werden, um sicherzustellen, dass die kontinuierliche Entwicklung sowie der Betrieb von WEA bezogen auf die Umweltbelange im Rahmen einer einheitlichen und eindeutigen Kommunikation stattfindet. Die in dieser Norm beschriebenen Verfahren der Messung und Berichterstellung lassen genaue Ergebnisse erwarten, die von Dritten wiederholt werden können.

## Einleitung zur Änderung A1

A1 In dieser Änderung zu IEC 61400-11:2012 wird auf die Situation eingegangen, wenn eine Messung aus Messreihen besteht, die an unterschiedlichen Tagen oder unter wesentlich unterschiedlichen Bedingungen durchgeführt werden. Weiterhin wurden Erläuterungen zur Auswertung der Tonalität und der Angabe der Ergebnisse eingefügt. Es wurden redaktionelle Änderungen durchgeführt.

## 1 Anwendungsbereich

Der vorliegende Teil der IEC 61400 beschreibt Messverfahren, die es ermöglichen, die Geräuschemission einer Windenergieanlage (WEA) zu charakterisieren. Dabei werden Messmethoden für den Nahbereich der WEA angewandt, um durch die Schallausbreitung bedingte Fehler zu vermeiden, jedoch wiederum in ausreichender Entfernung, um die WEA als Punktquelle betrachten zu können. Die beschriebenen Verfahren unterscheiden sich in mancher Hinsicht von denjenigen, die für behördliche Lärmuntersuchungen herangezogen würden. Sie sollen die Charakterisierung der WEA-Geräuschemissionen über einen Bereich von Windgeschwindigkeiten und -richtungen ermöglichen. Die Vereinheitlichung der Messverfahren erleichtert zudem den Vergleich unterschiedlicher WEA.

Die Verfahren beinhalten Methoden, die eine einheitliche und genaue Charakterisierung der Geräuschemission einer einzelnen WEA ermöglichen. Diese Verfahren beinhalten im Einzelnen:

- Angabe der Messpunkte bei der Geräuschemessung;
- Anforderungen an die Erfassung akustischer und meteorologischer Daten sowie relevanter Betriebsdaten der WEA;
- Auswertung der Messdaten und Inhalt des Messberichtes;
- Festlegung spezifischer akustischer Emissionsparameter und zugehöriger Größen, die zur schallschutztechnischen Bewertung erforderlich sind.

Diese Internationale Norm ist nicht beschränkt auf WEA einer bestimmten Größe oder eines bestimmten Typs. Die in dieser Norm beschriebenen Messverfahren erlauben eine vollständige Beschreibung der Geräuschemission einer WEA. Ein Verfahren für kleine WEA ist in [Anhang F](#) beschrieben.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60688, *Electrical measuring transducers for converting a.c. electrical quantities to analogue or digital signals*

IEC 60942:2003, *Electroacoustics – Sound calibrators*

IEC 61260:1995, *Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters*

**IEC 61400-12-1:2005**, *Wind turbines – Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines*

**IEC 61400-12-2**, *Wind turbines – Part 12-2: Power performance verification of electricity producing wind turbines*<sup>1N1</sup>

IEC 61672 (alle Teile), *Electroacoustics – Sound level meters*

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

---

<sup>1</sup> In Vorbereitung.

<sup>N1</sup> Nationale Fußnote: Ausgabe **IEC 61400-12-2** ist 2013 erschienen und wurde mit **DIN EN 61400-12-2 (VDE 0127-12-2):2014-02** national veröffentlicht.

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

#### 3.1

##### **immissionsrelevanter Schalleistungspegel**

$L_{WA}$

A-bewerteter Schalleistungspegel bezogen auf 1 pW einer Punktquelle im Rotormittelpunkt der WEA, von der die gleiche Geräuschemission in Mitwindrichtung ausgeht, wie von der vermessenen WEA;  $L_{WA}$  wird beim Mittenwert des Windgeschwindigkeits-Bins in Nabenhöhe bestimmt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der immissionsrelevante Schalleistungspegel wird in dB bezogen auf 1 pW angegeben.

#### 3.2

##### **immissionsrelevanter Schalleistungspegel bezogen auf die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe**

$L_{WA,10m}$

A-bewerteter Schalleistungspegel bezogen auf 1 pW einer Punktquelle im Rotormittelpunkt der WEA, von der die gleiche Geräuschemission in Mitwindrichtung ausgeht wie von der vermessenen WEA;  $L_{WA,10m}$  wird beim Mittenwert des Windgeschwindigkeits-Bins in 10 m Höhe innerhalb des gemessenen Windgeschwindigkeitsbereiches bestimmt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der immissionsrelevante Schalleistungspegel bezogen auf die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe wird in dB bezogen auf 1 pW angegeben.

#### 3.3

##### **Wahrnehmbarkeitsschwelle**

$L_a$

frequenzabhängige, durch Hörtests ermittelte Bemessungskurve, welche das subjektive Ansprechen eines „typischen“ Hörers auf Töne verschiedener Frequenzen widerspiegelt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Wahrnehmbarkeitsschwelle wird in dB bezogen auf 20 µPa angegeben.

#### 3.4 Schalldruckpegel

##### 3.4.1

##### **A-bewertete Schalldruckpegel**

$L_A$

Schalldruckpegel, gemessen mit einer Frequenzbewertung A entsprechend den Spezifikationen nach IEC 61672

Anmerkung 1 zum Begriff: A-bewertete Schalldruckpegel werden in dB bezogen auf 20 µPa angegeben.

##### 3.4.2

##### **C-bewertete Schalldruckpegel**

$L_C$

Schalldruckpegel, gemessen mit einer Frequenzbewertung C entsprechend den Spezifikationen nach IEC 61672

Anmerkung 1 zum Begriff: C-bewertete Schalldruckpegel werden in dB bezogen auf 20 µPa angegeben.

#### 3.5

##### **Mitte des Bins**

Mittenwert eines Windgeschwindigkeits-Bins

### 3.6

#### **Einfallswinkel**

$\phi$

Winkel zwischen der Ebene der Mikrofon-Platte und der Verbindungslinie zwischen Mikrofon und Mittelpunkt des Rotors

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Einfallswinkel wird in Grad (°) angegeben.

### 3.7

#### **maximale Leistung**

maximale Leistung der in Bins geordneten Leistungskurve für die leistungsoptimierte Betriebsart

Anmerkung 1 zum Begriff: Die maximale Leistung wird in kW angegeben.

### 3.8

#### **in der Höhe $Z$ gemessene Windgeschwindigkeit**

$V_{Z,m}$

Windgeschwindigkeit in der Höhe  $Z$ , gemessen mit einem am Messmast angebrachten Anemometer

Anmerkung 1 zum Begriff: Die gemessene Windgeschwindigkeit in der Höhe  $Z$  wird in m/s angegeben.

### 3.9

#### **in Nabenhöhe gemessene Gondel-Windgeschwindigkeit**

$V_{nac,m}$

Windgeschwindigkeit, gemessen mit einem Gondelanemometer in Nabenhöhe

Anmerkung 1 zum Begriff: Die in Nabenhöhe gemessene Gondel-Windgeschwindigkeit wird in m/s angegeben.

### 3.10

#### **normierte Gondel-Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe**

$V_{nac,n}$

normierte Windgeschwindigkeit, gemessen mit einem Gondelanemometer in Nabenhöhe und korrigiert entsprechend den Standard-Wetterbedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die normierte Gondel-Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe wird in m/s angegeben.

### 3.11

#### **von der Leistungskurve abgeleitete, normierte Windgeschwindigkeit**

$V_{P,n}$

normierte Windgeschwindigkeit, abgeleitet von der Leistungskurve unter Standard-Wetterbedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die von der Leistungskurve abgeleitete normierte Windgeschwindigkeit wird in m/s angegeben.

### 3.12

#### **normierte Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe während Fremdgeräuschmessungen**

$V_{B,n}$

normierte Windgeschwindigkeit, gemessen mit einem Anemometer in Nabenhöhe

Anmerkung 1 zum Begriff: Die normierte Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe während Fremdgeräuschmessungen wird in m/s angegeben.

### 3.13

#### **normierte Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe**

$V_{H,n}$

normierte Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe

Anmerkung 1 zum Begriff: Die normierte Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe wird in m/s angegeben.

### 3.14

#### normierte Windgeschwindigkeit in der Höhe $Z$

$V_{Z,m}$

normierte Windgeschwindigkeit in der Höhe  $Z$ , gemessen mit einem am Messmast angebrachten Anemometer

Anmerkung 1 zum Begriff: Die normierte Windgeschwindigkeit in der Höhe  $Z$  wird in m/s angegeben.

### 3.15

#### Referenzabstand

$R_0$

normierter horizontaler Abstand zwischen der Turmmittellinie der WEA und den vorgeschriebenen Mikrofonpositionen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Referenzabstand wird in m angegeben.

### 3.16

#### Referenzrauigkeitslänge

$\tau_{0ref}$

Rauigkeitslänge von 0,05 m zur Umrechnung der Windgeschwindigkeit auf meteorologische Referenzbedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Referenzrauigkeitslänge wird in m angegeben.

### 3.17

#### Schalldruckpegel

$L_p$

zehnfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses des mittleren quadratischen Schalldruckes zum Quadrat des Referenzschalldruckes von 20  $\mu\text{Pa}$

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Schalldruckpegel wird in dB bezogen auf 20  $\mu\text{Pa}$  angegeben.

### 3.18

#### tonale Wahrnehmbarkeit

$\Delta L_{a,k}$

Differenz zwischen der Tonhaltigkeit und der Wahrnehmbarkeitsschwelle in jedem Windgeschwindigkeits-Bin, wobei  $k$  der Mittenwert des Windgeschwindigkeits-Bins ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die tonale Wahrnehmbarkeit wird in dB angegeben.

### 3.19

#### Tonhaltigkeit

$\Delta L_k$

Differenz zwischen dem Pegel des Tones und dem Pegel des maskierenden Geräusches innerhalb der kritischen Bandbreite um den Ton in jedem Windgeschwindigkeits-Bin, wobei  $k$  der Mittenwert des Windgeschwindigkeits-Bins ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Tonhaltigkeit wird in dB angegeben.

### 3.20

#### Windgeschwindigkeits-Bin

0,5 m/s breites Windgeschwindigkeitsintervall um ganzzahlige und halbzahlige Windgeschwindigkeitswerte, das am unteren Ende offen und am oberen Ende geschlossen ist

### 3.21

#### Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe

$V_{10}$

Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe für die Angabe der immissionsrelevanten Schallleistungspegel und der Spektren bezogen auf 10 m Höhe

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe wird in m/s angegeben.

## 4 Symbole und Einheiten

|                  |                                                                                                                                                                          |                   |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| $D$              | Rotordurchmesser (Horizontalachs-Windenergieanlagen) oder Äquatordurchmesser (Vertikalachs-Windenergieanlagen)                                                           | (m)               |
| $H$              | Höhe des Rotormittelpunktes (Horizontalachs-Windenergieanlagen) oder Höhe der Äquatorebene des Rotors (Vertikalachs-Windenergieanlagen) über Bodenniveau am WEA-Standort | (m)               |
| $L_A$ oder $L_C$ | A- oder C-bewerteter Schalldruckpegel                                                                                                                                    | (dB)              |
| $L_{Aeq}$        | äquivalenter Dauerschalldruckpegel (A-bewertet)                                                                                                                          | (dB)              |
| $L_{pn,j,k}$     | Schalldruckpegel des maskierenden Geräusches innerhalb einer kritischen Bandbreite im $j$ -ten Spektrum beim $k$ -ten Windgeschwindigkeits-Bin                           | (dB)              |
| $L_{pn,avg,j,k}$ | Mittelwert der Schalldruckpegel der Analysebandbreite des maskierenden Geräusches im $j$ -ten Spektrum beim $k$ -ten Windgeschwindigkeits-Bin                            | (dB)              |
| $L_{pt,j,k}$     | Schalldruckpegel des Tones bzw. der Töne im $j$ -ten Spektrum beim $k$ -ten Windgeschwindigkeits-Bin                                                                     | (dB)              |
| $L_{WA,k}$       | immissionsrelevanter Schallleistungspegel, wobei $k$ der Mittenwert eines Windgeschwindigkeits-Bins ist                                                                  | (dB)              |
| $\log$           | Logarithmus zur Basis 10                                                                                                                                                 |                   |
| $P_m$            | gemessene elektrische Leistung                                                                                                                                           | (kW)              |
| $P_n$            | normierte elektrische Leistung                                                                                                                                           | (kW)              |
| $R_1$            | schräger Abstand zwischen Rotormittelpunkt und eigentlichem Messpunkt                                                                                                    | (m)               |
| $R_0$            | Referenzabstand                                                                                                                                                          | (m)               |
| $S_0$            | Referenzfläche, $S_0 = 1 \text{ m}^2$                                                                                                                                    | (m <sup>2</sup> ) |
| $T_C$            | Lufttemperatur                                                                                                                                                           | (°C)              |
| $T_K$            | absolute Lufttemperatur                                                                                                                                                  | (K)               |
| $U_A$            | Unsicherheit Typ A                                                                                                                                                       | (–)               |
| $U_B$            | Unsicherheit Typ B                                                                                                                                                       | (–)               |
| $V_H$            | Windgeschwindigkeit in der Nabenhöhe $H$                                                                                                                                 | (m/s)             |
| $V_P$            | Windgeschwindigkeit, abgeleitet von der Leistungskurve                                                                                                                   | (m/s)             |
| $V_z$            | Windgeschwindigkeit in der Höhe $z$                                                                                                                                      | (m/s)             |
| $V_{nac}$        | Windgeschwindigkeit, gemessen mit dem Gondelanemometer                                                                                                                   | (m/s)             |
| $f$              | Frequenz des Tones                                                                                                                                                       | (Hz)              |
| $f_c$            | Mittenfrequenz des kritischen Frequenzbandes                                                                                                                             | (Hz)              |
| $p$              | Luftdruck                                                                                                                                                                | (kPa)             |
| $z_0$            | Rauigkeitslänge                                                                                                                                                          | (m)               |
| $z_{0ref}$       | Referenzrauigkeitslänge, 0,05 m                                                                                                                                          | (m)               |

|                            |                                                                           |      |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------|
| $z$                        | Höhe des Anemometers                                                      | (m)  |
| $\kappa$                   | Verhältnis der normierten zur gemessenen Windgeschwindigkeit              | (–)  |
| $\Delta L_{\text{tn},j,k}$ | Tonhaltigkeit des $j$ -ten Spektrums bei der $k$ -ten Windgeschwindigkeit | (dB) |
| $\phi$                     | Einfallswinkel                                                            | (°)  |

## 5 Verfahrensbeschreibung

Dieser Teil der IEC 61400 legt die Verfahren zur Messung, Auswertung und Ergebnisdarstellung der Geräuschemission von WEA fest. Die Anforderungen an die Messgeräte und Kalibrierung sind näher festgelegt, um die Genauigkeit und Einheitlichkeit der akustischen und anderen Messungen sicherzustellen. Die nicht-akustischen Messungen, die notwendig sind, um die für die Ermittlung der Geräuschemission relevanten atmosphärischen Bedingungen zu bestimmen, sind ebenfalls näher erläutert. Angeführt sind alle zu messenden und darzustellenden Parameter sowie die zur Bestimmung dieser Parameter notwendige Datenverarbeitung.

Aus der Anwendung des in dieser Internationalen Norm beschriebenen Verfahrens resultieren die A-bewerteten immissionsrelevanten Schallleistungspegel, Spektren und tonale Wahrnehmbarkeit bei Mittenwerten der Windgeschwindigkeits-Bins in Nabenhöhe und in 10 m Höhe einer einzelnen WEA. Die tonale Wahrnehmbarkeit liefert Angaben zu vorhandenen Tönen im Geräusch. Die ermittelte Tonhaltigkeit liefert keine Angaben zur Tonhaltigkeit bei anderen Messabständen. Wahlweise können die Messungen an zusätzlichen Messpunkten durchgeführt werden, um Angaben zur Richtcharakteristik zu erzielen.

Das Verfahren gilt für alle Windgeschwindigkeiten. Der zu dokumentierende Bereich der Windgeschwindigkeiten bezieht sich auf die spezifische WEA. Als Mindestanforderung wird die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe angegeben, die der 0,8- bis 1,3-fachen Windgeschwindigkeit bei 85 % der maximalen Leistung, gerundet auf die Mittenwerte der Bins, entspricht. Als Anhaltspunkt ist das abhängig von der Art der Turbine ein Bereich der Windgeschwindigkeit von etwa 6 m/s bis 10 m/s in 10 m Höhe. Zur Einhaltung nationaler Anforderungen darf der Bereich der Windgeschwindigkeiten erweitert werden.

Die Messungen werden in geringer Entfernung zur WEA durchgeführt, um den Einfluss der Geländeeigenschaften, der atmosphärischen Bedingungen oder von windinduzierten Geräuschen zu minimieren. Um den Dimensionen der zu prüfenden WEA Rechnung zu tragen, wird in einem von der Größe der WEA abhängigen Referenzabstand  $R_0$  gemessen.

Die Messungen werden mit einem Mikrofon auf einer Messplatte am Boden durchgeführt, um das windinduzierte Geräusch am Mikrofon und den Einfluss unterschiedlicher Bodeneigenschaften zu minimieren.

Messungen von Schalldruckpegeln, Schalldruckspektren, Windgeschwindigkeiten, elektrischer Leistung, Rotordrehzahl und gegebenenfalls Blatteinstellwinkel werden zeitgleich über kurze Zeiträume und über einen großen Bereich von Windgeschwindigkeiten in Nabenhöhe durchgeführt. Die Schalldruckpegel und -spektren bei Mittenwerten der Windgeschwindigkeits-Bins werden ermittelt und für die Berechnung der A-bewerteten immissionsrelevanten Schallleistungspegel und -spektren verwendet.

Die Anhänge enthalten:

- weitere mögliche Charakteristiken der Geräuschemission von WEA und deren Quantifizierung ([Anhang A](#), informativ);
- eine Bewertung der Turbulenzintensität ([Anhang B](#), informativ);
- eine Bewertung der Messunsicherheit ([Anhang C](#), informativ);
- die effektive Rauiglängslänge ([Anhang D](#), informativ);
- die Beschreibung eines zweiten Windschirmes ([Anhang E](#), informativ);
- kleine WEA ([Anhang F](#), normativ);
- die Luftabsorption ([Anhang G](#), informativ).

## 6 Messgeräte

### 6.1 Akustische Messgeräte

#### 6.1.1 Allgemeines

Die nachfolgend aufgeführten Messgeräte sind notwendig, um die in dieser Norm dargestellten akustischen Messungen durchzuführen.

#### 6.1.2 Geräte zur Bestimmung des A-bewerteten äquivalenten Dauerschalldruckpegels

A1 Die Geräte müssen die für diese Norm relevanten Anforderungen an einen Schallpegelmesser der Klasse 1 nach IEC 61672 erfüllen. Der Durchmesser der Mikrofonmembran darf höchstens 13 mm betragen.

#### 6.1.3 Geräte zur Bestimmung der A-bewerteten Terzspektren

A1 Über die Anforderungen für Schallpegelmesser der Klasse 1 hinaus müssen die Geräte mindestens über den Frequenzbereich der Terzbänder mit Mittenfrequenzen von 20 Hz bis 10 kHz einen konstanten Frequenzgang haben. Die Filter müssen den für diese Norm relevanten Anforderungen nach IEC 61260, Klasse 1, entsprechen.

Die äquivalenten A-bewerteten Dauerschalldruckpegel in den Terzbändern müssen gleichzeitig für die Mittenfrequenzen von 20 Hz bis 10 kHz bestimmt werden.

#### 6.1.4 Geräte zur Bestimmung der Schmalbandspektren

Die Geräte müssen den entsprechenden Anforderungen nach IEC 61672 für Messgeräte der Klasse 1 im Frequenzbereich von 20 Hz bis 11 200 Hz genügen.

#### 6.1.5 Mikrofon mit Messplatte und Windschirm

Das Mikrofon muss mittig auf einer ebenen, schallharten Platte mit der Membran senkrecht zur Platte und mit der Achse in Richtung WEA angebracht werden, wie in den Bildern 1 und 2 dargestellt. Die runde Platte muss einen Durchmesser von mindestens 1,0 m haben und aus einem schallharten Material hergestellt sein, wie z. B. einer mindestens 12,0 mm dicken Sperrholz- oder harten Spanplatte oder einer mindestens 2,5 mm dicken Metallplatte. Für den Ausnahmefall einer geteilten Platte (d. h. nicht einteilig) ist zu berücksichtigen, dass die Teile in derselben Ebene auszurichten sind und der Spalt kleiner als 1 mm sein und außermittig sowie parallel zur Mikrofonachse liegen muss, wie in Bild 1a dargestellt.

Der zusammen mit dem am Boden positionierten Mikrofon zu verwendende Windschutz muss aus einem ersten und gegebenenfalls zusätzlich einem zweiten Windschirm bestehen. Der erste Windschirm besteht aus der Hälfte einer Kugel aus offenporigem Schaumstoff mit einem Durchmesser von etwa 90 mm und wird mittig um die Mikrofonmembran herum angebracht, wie in Bild 2 dargestellt.

Der zweite Windschirm darf benutzt werden, um bei starkem Wind genügend Störabstand bei tiefen Frequenzen zu erhalten.

Bei Verwendung eines zweiten Windschirmes muss dessen Einfluss auf den Frequenzgang dokumentiert werden, und die Messwerte sind entsprechend in Terzbändern zu korrigieren. Ein Kalibrierverfahren für den zweiten Windschirm kann gemeinsam mit Empfehlungen für die Auslegung und Anforderungen an die Einfügdämpfung Anhang E entnommen werden.

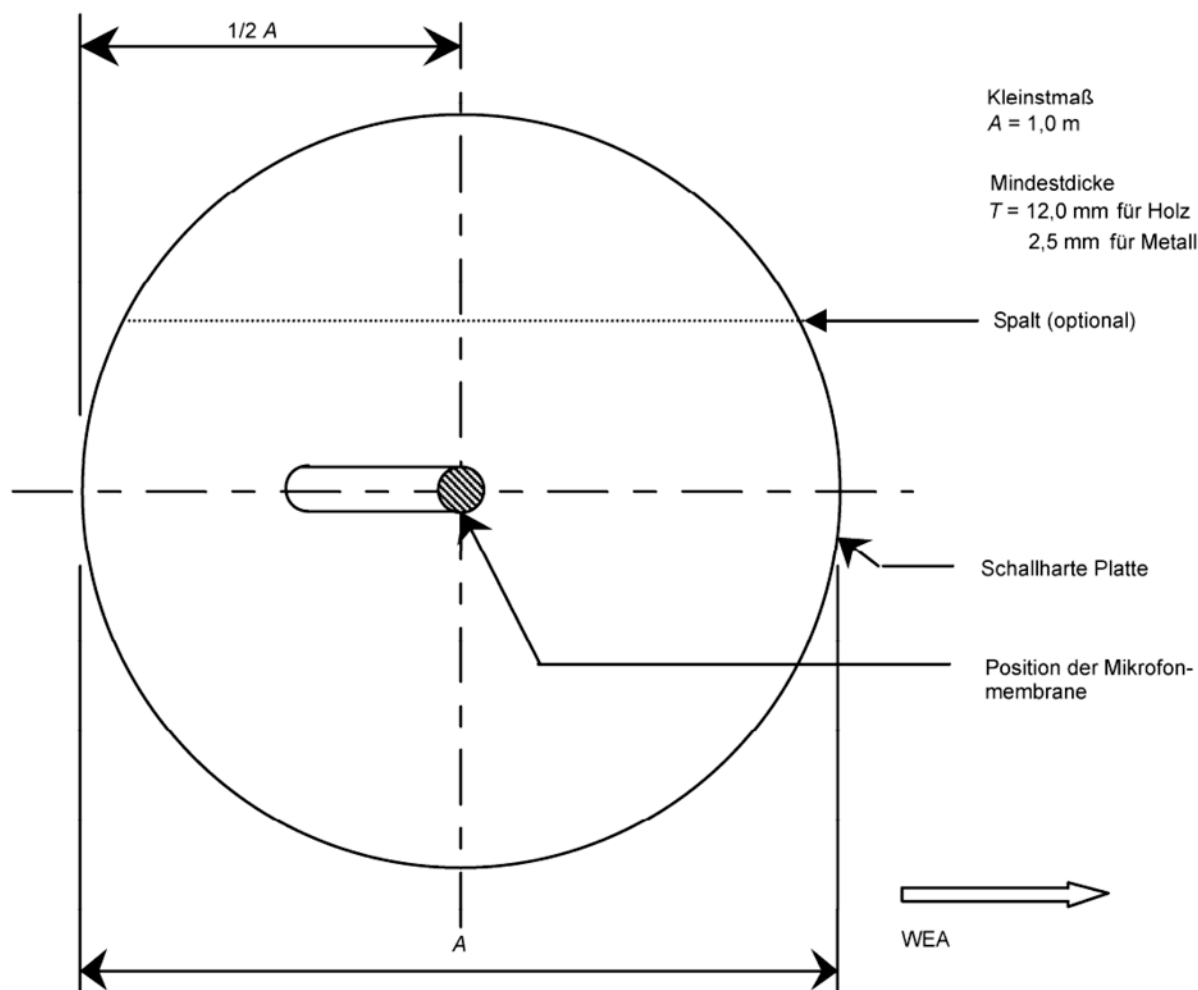


**Bild 1a – Anordnung des Mikrofons – Draufsicht**

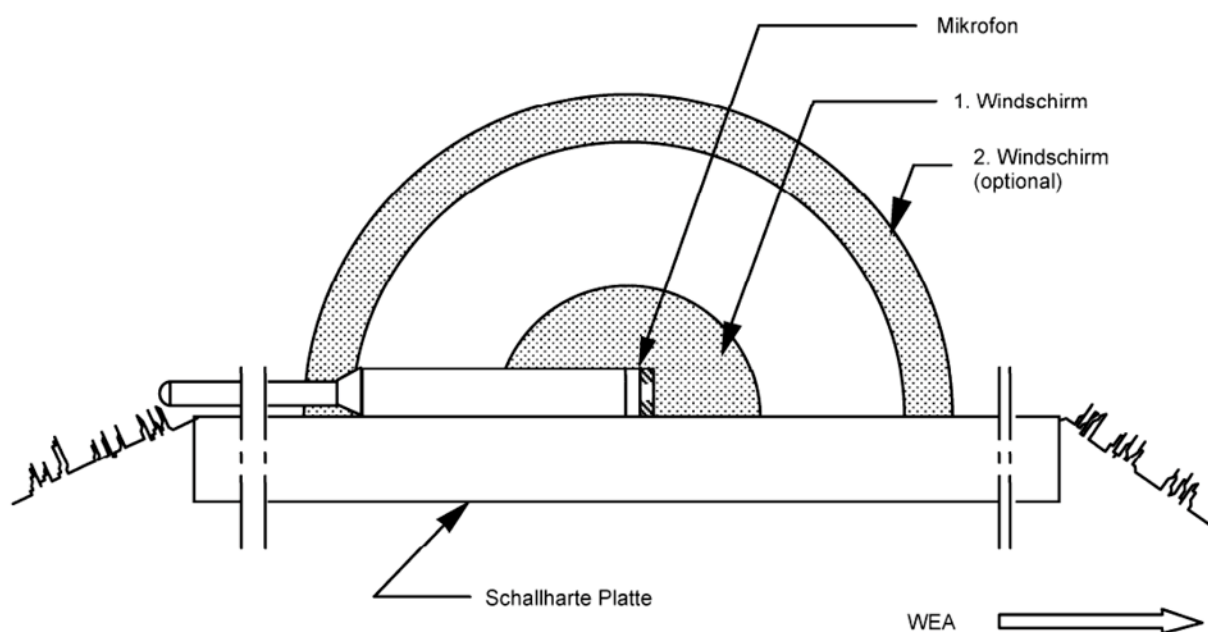


**Bild 1b – Anordnung des Mikrofons – Vertikaler Querschnitt**

**Bild 1 – Anordnung des Mikrofons**