

	Windenergieanlagen Teil 11: Schallmeßverfahren (IEC 61400-11:1998) Deutsche Fassung EN 61400-11:1998	DIN EN 61400-11
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.	Klassifikation VDE 0127 Teil 11
Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm IEC 61400-11 ICS 17.140.20; 27.180 Wind turbine generator systems – Part 11: Acoustic noise measurement techniques (IEC 61400-11:1998); German version EN 61400-11:1998 Aérogénérateurs – Partie 11: Techniques de mesure du bruit acoustique (CEI 61400-11:1998); Version allemande EN 61400-11:1998 Die Europäische Norm EN 61400-11:1998 hat den Status einer Deutschen Norm. Die EN 61400-11 wurde am 1998-10-01 angenommen. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 88/48/CDV (VDE 0127 Teil 10):1996-03. Fortsetzung Seite 2 und 34 Seiten EN Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält die Deutsche Fassung der Europäischen Norm EN 61400-11:1998-11 „Windenergieanlagen – Teil 11: Schallmeßverfahren“, in die die Internationale Norm IEC 61400-11:1998-09 „Wind turbine generator systems – Part 11: Acoustic noise measurement techniques“ unverändert übernommen worden ist.

Die Internationale Norm wurde vom TC 88 „Wind turbine systems“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 383 „Windenergieanlagen“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig.

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

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

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60386:1972 A1:1988	DIN IEC 60386:1995-04	–
EN 60651:1994 EN 60651/A1:1994	IEC 60651:1979 A1:1993	DIN EN 60651:1994-05	–
EN 60688:1992	IEC 60688:1992 A1:1997	DIN EN 60688:1993-12	–
EN 60804:1994 EN 60804/A2:1994	IEC 60804:1985 A1:1989 A2:1993	DIN EN 60804:1994-05	–
EN 60942:1998	IEC 60942:1997	DIN EN 60942:1998-08	–
EN 61260:1995	IEC 61260:1995	DIN EN 61260:1996-02	–
EN 61400-12:1998	IEC 61400-12:1998	DIN EN 61400-12 (VDE 0127 Teil 12):1999-07	VDE 0127 Teil 12

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60651	Schallpegelmesser (IEC 60651:1979 + A1:1993); Deutsche Fassung EN 60651:1994 + A1:1994
DIN EN 60688	Meßumformer für die Umwandlung von Wechselstromgrößen in analoge oder digitale Signale (IEC 60688:1992); Deutsche Fassung EN 60688:1992
DIN EN 60804	Integrierende mittelwertbildende Schallpegelmesser (IEC 60804:1985 + A1:1989 + A2:1993); Deutsche Fassung EN 60804:1994 + A2:1994
DIN EN 60942	Elektroakustik – Schallkalibratoren (IEC 60942:1997); Deutsche Fassung EN 60942:1998
DIN EN 61260	Elektroakustik – Bandfilter für Oktaven und Bruchteile von Oktaven (IEC 61260:1995); Deutsche Fassung EN 61260:1995
DIN EN 61400-12 (VDE 0127 Teil 12)	Windenergieanlagen – Teil 12: Meßverfahren zur Bestimmung des Leistungsverhaltens bei Windenergieanlagen (IEC 61400-12:1998); Deutsche Fassung EN 61400-12:1998
DIN IEC 60386	Meßverfahren für Geschwindigkeitsschwankungen bei Tonaufzeichnungs- und -wiedergabegeräten (IEC 60386:1972 + A1:1988)

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 61400-11

November 1998

ICS 27.180

Deutsche Fassung

Windenergieanlagen

Teil 11: Schallmeßverfahren
(IEC 61400-11:1998)

Wind turbine generator systems –
Part 11: Acoustic noise measurement
techniques
(IEC 61400-11:1998)

Aérogénérateurs –
Partie 11: Techniques de mesure
du bruit acoustique
(CEI 61400-11:1998)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1. Oktober 1999 angenommen.

Die 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 Zentralsekretariat 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 Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Seite 2
EN 61400-11:1998

Vorwort

Der Text des Schriftstücks IEC 88/96/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 61400-11, ausgearbeitet von dem IEC/TC 88 „Wind turbine systems“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 1998-10-01 als EN 61400-11 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muß (dop): 1999-07-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2001-07-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norm-Inhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm ist Anhang ZA normativ und sind die Anhänge A, B, C, D und E informativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61400-11:1998 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	5
1 Allgemeines	6
1.1 Anwendungsbereich und Gegenstand	6
1.2 Normative Verweisungen	6
1.3 Begriffe	6
1.4 Symbole und Einheiten	7
1.5 Abkürzungen	8
2 Verfahrensbeschreibung	8
3 Meßgeräte	8
3.1 Akustische Meßgeräte	8
3.2 Nicht-akustische Meßgeräte	9
3.3 Rückführbare Kalibrierung	9
4 Messungen und Durchführung der Messungen	10
4.1 Meßpunkte	10
4.2 Schallmessungen	11
4.3 Nicht-akustische Messungen	13
5 Datenauswertung	14
5.1 Windgeschwindigkeit	14
5.2 Korrekturen bezüglich des Fremdgeräusches	15
5.3 Immissionsrelevanter Schalleistungspegel	15
5.4 Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit	15
5.5 Richtcharakteristik	16
5.6 Oktav- oder Terzbandpegel	16
5.7 Tonhaltigkeit	16
6 Angaben im Bericht	17
6.1 Beschreibung der Windenergieanlage	17
6.2 Merkmale der Umgebung	18
6.3 Meßgeräte	18
6.4 Akustische Daten	18
6.5 Nicht-akustische Daten	19
6.6 Meßunsicherheiten	19
Tabelle 1: Effektive Bandbreite	12
Tabelle 2: Rauigkeitslänge	14
Tabelle 3: Werte der kritischen Bandbreite	16
Tabelle D.1: Beispiele möglicher Werte für Meßunsicherheitskomponenten des Typs B, welche relevant sind für den immissionsrelevanten Schalleistungspegel	31
Bild 1: Anordnung des Mikrofons auf der schallharten Platte – Draufsicht	20
Bild 2: Anordnung des Mikrofons auf der schallharten Platte – vertikaler Querschnitt	21
Bild 3: Anordnung der Mikrofon-Meßpunkte – Draufsicht	22
Bild 4: Darstellung zu den Definitionen von R_0 und des schrägen Abstandes R_1	23
Bild 5: Zulässiger Bereich für den Standort des Windmeßmastes als Funktion von β – Draufsicht (siehe 4.1.2)	24
Bild 6: Zulässiger Bereich für den Standort des Windmeßmastes – Seitenansicht (siehe 4.1.2) ...	25
Bild B.1: Toleranzen für den Frequenzgang, IEC 60651, Klasse 1	28

Anhang A (informativ)	Weitere Charakteristiken der Geräuschabstrahlung von WEA und ihre Quantifizierung	26
Anhang B (informativ)	Kriterien für die Aufnahme-/Wiedergabegeräte	28
Anhang C (informativ)	Einschätzung der Turbulenz	29
Anhang D (informativ)	Beurteilung der Meßunsicherheit	30
Anhang E (informativ)	Literaturhinweise	33
Anhang ZA (normativ)	Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	34

Einleitung

Dieser Teil der IEC 61400 beschreibt eine einheitliche Methode, die die Übereinstimmung und Genauigkeit bei der Messung und Auswertung der Schallemission einer Windenergieanlage (WEA) sicherstellt. Sie wurde mit der Erwartung erstellt, angewandt zu werden von:

- WEA-Herstellern, die bemüht sind, den konkreten Anforderungen bzw. Bestimmungen an Schallemissionsmessungen nachzukommen;
- WEA-Käufern, um die Anforderungen an die Schallemissionswerte zu spezifizieren;
- WEA-Betreibern, die die Einhaltung der vorgegebenen oder festgelegten Spezifikationen für neue oder modifizierte Anlagen nachweisen müssen;
- WEA-Planern und 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 komplexe Schallemission einer Windenergieanlage (WEA) dar. Die Norm dient allen Beteiligten, die mit der Planung, Herstellung, Installation, Genehmigung, Gesetzgebung bzw. dem Betrieb von WEA zu tun haben. Die in dieser Norm empfohlenen technisch genauen Meß- und Auswerteverfahren sollten von allen Parteien angewandt werden, um sicherzustellen, daß die kontinuierliche Entwicklung und der Betrieb von WEA, bezogen auf Umweltbelange, im Rahmen einer einheitlichen und genauen Übertragbarkeit durchgeführt wird. Die in dieser Norm beschriebenen Meß- und Berichterstattungsverfahren lassen genaue Ergebnisse erwarten, die von Dritten nachvollzogen werden können.

Hinsichtlich der Konsistenz der Ergebnisse bei Anwendung der Methode zur Tonhaltigkeitsmessung werden weitere Untersuchungen erfolgen, und zukünftige Revisionen werden auf die Identifizierung von Unzulänglichkeiten abzielen.

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich und Gegenstand

Dieser Teil der IEC 61400 beschreibt Schallmeßverfahren, die die Schallemission einer WEA charakterisieren. Dabei werden Meßmethoden für den Nahbereich der WEA angewandt, um Fehler, bedingt durch die Schallausbreitung, zu vermeiden, andererseits jedoch in ausreichender Entfernung, die die Betrachtung der WEA als Punktquelle erlaubt. 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 Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsbereich ermöglichen. Die Vereinheitlichung der Meßverfahren soll ebenfalls den Vergleich unterschiedlicher WEA erleichtern.

Die Verfahren verwenden Methoden, die in einheitlicher und genauer Weise die Schallemission einer einzelnen WEA charakterisieren. Die Verfahren beinhalten folgendes:

- Angabe der Meßpunkte der Schallmessung;
- Anforderungen an die Erfassung akustischer und meteorologischer Daten sowie relevanter Betriebsdaten der WEA;
- Auswertung der erfaßten Daten und Inhalt des Meßberichts und
- Definition und Beschreibung spezifischer akustischer Parameter, die zur schallschutztechnischen Bewertung notwendig sind.

Diese Norm ist nicht beschränkt auf WEA einer bestimmten Größe oder eines bestimmten Typs. Die in dieser Norm beschriebenen Meßverfahren erlauben eine vollständige Beschreibung der Schallemission einer WEA. Wenn in einzelnen Fällen weniger umfangreiche Messungen benötigt werden, müssen diese entsprechend den relevanten Abschnitten dieser Norm durchgeführt werden.

1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Bestimmungen, die durch Zitieren in diesem Text entsprechende Bestimmungen für diesen Teil der IEC 61400 festsetzen. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung waren die angeführten Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen einer ständigen Überarbeitung, und Übereinkünfte, die auf diesem Teil der IEC 61400 basieren, sollten von den Beteiligten auf die Möglichkeit der Anwendung der letzten Ausgabe der unten angeführten Normen hin überprüft werden. Mitglieder von IEC und ISO führen Listen der aktuell gültigen Internationalen Normen.

IEC 60386:1972	<i>Method of measurement of speed fluctuations in sound recording and reproducing equipment</i>
IEC 60651:1979	<i>Sound level meters</i>
IEC 60688:1997	<i>Electrical measuring transducers for converting a.c. electrical quantities to analogue or digital signals</i>
IEC 60804:1985	<i>Integrating-averaging sound level meters</i>
IEC 60942:1997	<i>Electroacoustics – Sound calibrators</i>
IEC 61260:1995	<i>Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters</i>
IEC 61400-12:1998	<i>Wind turbine generator systems – Part 12: Wind turbine power performance testing</i>

1.3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Begriffe:

1.3.1 Akustische Referenzwindgeschwindigkeit v_{ref} (in m/s)

eine Windgeschwindigkeit von 8 m/s unter Referenzbedingungen (10 m Höhe, 0,05 m Rauigkeitslänge) zur Bestimmung des Schalleistungspegels, um eine Vergleichbarkeit von Schalleistungspegeln unterschiedlicher WEA zu gewährleisten.

1.3.2 Immissionsrelevanter Schalleistungspegel L_{AW} (in dB)

A-bewerteter Schalleistungspegel re 1 pW einer Punktschallquelle im Zentrum der Rotorebene der WEA, von der die gleiche Schallemission ausgeht, wie in Mitwindrichtung von der bei der akustischen Referenzwindgeschwindigkeit vermessenen WEA.

1.3.3 A- oder C-bewertete Schalldruckpegel (in dB)

Schalldruckpegel, gemessen mit einer Frequenzbewertung A bzw. C entsprechend den Spezifikationen von IEC 60651, bezeichnet mit L_A bzw. L_C .

1.3.4 Richtcharakteristik Δ_i (in dB)

Differenz zwischen den A-bewerteten Schalldruckpegeln an den Meßpositionen 2, 3 und 4 und den an der Referenzposition 1 in Mitwindrichtung gemessenen Pegeln, bezüglich der Entfernung korrigiert auf den gleichen Abstand zum Zentrum der Rotorebene.

1.3.5 Einfallswinkel ϕ (in Grad)

Winkel zwischen der Ebene der Mikrofon-Platten und der Verbindungslinie zwischen Mikrofon und Rotormittelpunkt.

1.3.6 Referenzabstand R_0 (in m)

horizontale Entfernung von der Turmmittellinie der WEA zu den vorgeschriebenen Meßpositionen.

1.3.7 Referenzhöhe z_{ref} (in m)

eine Höhe von 10 m zur Umrechnung der Windgeschwindigkeit auf Referenzbedingungen.

1.3.8 Referenzrauhigkeitslänge $z_{0\text{ref}}$ (in m)

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

1.3.9 Schalldruckpegel L_p (in dB)

der zehnfache dekadische Logarithmus des Verhältnisses des mittleren, quadratischen Schalldruckes zum Quadrat des Bezugsschalldruckes von 20 μPa .

1.3.10 Standardisierte Windgeschwindigkeit v_s (in m/s)

die auf Referenzbedingungen (10 m Höhe und 0,05 m Rauigkeitslänge) umgerechnete Windgeschwindigkeit unter der Annahme eines logarithmischen Windprofils.

1.3.11 Tonhaltigkeit ΔL_{tn} (in dB)

die Differenz zwischen dem Pegel des Tones und dem Pegel des maskierenden Geräusches innerhalb der kritischen Bandbreite um den Ton.

1.4 Symbole und Einheiten

β	Winkel zur Definition des erlaubten Bereiches für den Windmeßmaststandort	(°)
ϕ	Einfallswinkel	(°)
D	Rotordurchmesser (Horizontalachsen-WEA) bzw. Äquatordurchmesser (Vertikalachsen-WEA)	(m)
Δ_i	Richtcharakteristik an der i-ten Position	(dB)
ΔL_{tn}	Tonhaltigkeit	(dB)
f	Tonfrequenz	(Hz)
f_c	Mittenfrequenz der kritischen Bandbreite	(Hz)
H	Höhe des Rotormittelpunktes (Horizontalachsen-WEA) bzw. Höhe der Rotor-Äquatorhöhe (Vertikalachsen-WEA) über dem Boden an der WEA	(m)
L_A oder L_C	A- oder C-bewerteter Schalldruckpegel	(dB)
L_{Aeq}	äquivalenter Dauerschalldruckpegel (A-bewertet)	(dB)
$L_{\text{Aeq,c}}$	äquivalenter Dauerschalldruckpegel (A-bewertet) bei Referenzbedingungen, fremdgeräuschkorrigiert, für die akustische Referenzwindgeschwindigkeit	(dB)
$L_{\text{Aeq,i}}$	äquivalenter, fremdgeräuschkorrigierter Dauerschalldruckpegel (A-bewertet) an der Position i	(dB)
L_n	äquivalenter Dauerschalldruckpegel des Fremdgeräusches	(dB)
L_p	Schalldruckpegel	(dB)
L_{pn}	Schalldruckpegel des maskierenden Geräusches innerhalb der kritischen Bandbreite	(dB)
$L_{\text{pn,avg}}$	mittlerer Schmalband-Schalldruckpegel der Stützstellen des maskierenden Geräusches	(dB)
L_{pt}	Schalldruckpegel des Tones bzw. der Töne	(dB)
L_s	äquivalenter Dauerschalldruckpegel des alleinigen WEA-Geräusches	(dB)
L_{s+n}	äquivalenter Dauerschalldruckpegel des kombinierten WEA- und Fremdgeräusches	(dB)
L_{WA}	immissionsrelevanter Schalleistungspegel	(dB)
p	atmosphärischer Druck	(kPa)
P_m	gemessene elektrische Leistung	(W)
P_n	normierte elektrische Leistung	(W)

R_1	schräger Abstand vom Referenzpunkt 1	(m)
R_i	schräger Abstand zwischen Rotormittelpunkt und Meßpunkt $i = 1, 2, 3$ oder 4	(m)
R_0	Referenzabstand	(m)
t	Lufttemperatur	(°C)
U_A, U_B, U_C	Meßunsicherheitskomponenten	(dB)
v_z	Windgeschwindigkeit in der Höhe z	(m/s)
v_{aref}	akustische Referenzwindgeschwindigkeit, 8 m/s	(m/s)
v_s	standardisierte Windgeschwindigkeit	(m/s)
z	Höhe des Anemometers	(m)
z_{ref}	Referenzhöhe für die Windgeschwindigkeit (= 10 m)	(m)
z_0	Rauhigkeitslänge	(m)
$z_{0\text{ref}}$	Referenzrauhigkeitslänge, 0,05 m	(m)

1.5 Abkürzungen

1.5.1 FFT schnelle Fouriertransformation

1.5.2 WEA Windenergieanlage(n)

2 Verfahrensbeschreibung

Dieser Teil der IEC 61400 legt das Verfahren zur Messung, Auswertung und Ergebnisdarstellung der Schallemission von WEA fest. Die Anforderungen an die (Meß-)Geräte und Kalibrierung sind näher festgelegt, um die Genauigkeit und Übertragbarkeit der akustischen und anderen Messungen sicherzustellen. Die nicht-akustischen Messungen, die notwendig sind, um die für die Ermittlung der Schallemission relevanten atmosphärischen Bedingungen zu ermitteln, 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 resultiert die Angabe des immissionsrelevanten Schalleistungspegels, dessen Anstieg mit der Windgeschwindigkeit und die Richtcharakteristik einer einzelnen WEA. Die Messungen beinhalten Oktav- bzw. Terzpegel und Schmalbandspektren.

Die Messungen werden in geringer Entfernung zur WEA durchgeführt, um den Einfluß der Geländeeigenschaften, der Umweltbedingungen und der windinduzierten Geräusche zu minimieren. Um den Dimensionen der WEA Rechnung zu tragen, wird in einer von der Größe der WEA abhängigen Referenzentfernung R_0 gemessen.

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

Messungen der Schalldruckpegel und der Windgeschwindigkeiten werden zeitgleich über kurze Zeiträume und über einen großen Windgeschwindigkeitsbereich durchgeführt. Die gemessene Windgeschwindigkeit wird auf die Referenzhöhe von 10 m bei einer Rauhigkeitslänge von 0,05 m umgerechnet. Der Schalldruckpegel bei der akustischen Referenzwindgeschwindigkeit von 8 m/s wird durch eine Regressionsgerade bei der Darstellung der Schalldruckpegel über der Windgeschwindigkeit bestimmt. Der immissionsrelevante Schalleistungspegel wird aus diesem Schalldruckpegel bestimmt.

Die Richtcharakteristik wird durch Vergleich des A-bewerteten Schalldruckpegels an drei zusätzlichen Meßpositionen um die WEA mit dem am Referenzpunkt gemessenen bestimmt.

Informative Anhänge enthalten:

- andere akustische Charakteristika von WEA-Geräuschemissionen, die auftreten können ([Anhang A](#));
- Kriterien für die Geräte zur Datenaufnahme und -wiedergabe ([Anhang B](#));
- Feststellung der Turbulenzintensität ([Anhang C](#));
- Meßunsicherheit ([Anhang D](#)).

3 Meßgeräte

3.1 Akustische Meßgeräte

Die im folgenden aufgeführten Meßgeräte sind notwendig, um die in dieser Norm dargestellten akustischen Messungen durchzuführen.

3.1.1 Geräte zur Bestimmung des A-bewerteten äquivalenten Dauerschalldruckpegels

Die Geräte müssen die Anforderungen nach IEC 60804 an einen Schalldruckpegelmessgerät der Klasse 1 erfüllen. Der Durchmesser des Mikrofons darf nicht größer als 13 mm sein.

3.1.2 Geräte zur Bestimmung der Oktav- und Terzspektren

Über die Anforderungen für Schalldruckpegelmesser der Klasse 1 hinaus müssen die Geräte mindestens über den Frequenzbereich von 45 Hz bis 5600 Hz einen geraden Frequenzgang haben. Die Filter müssen den Anforderungen nach IEC 61260, Klasse 1, entsprechen.

Der äquivalente Dauerschalldruckpegel der Oktav- bzw. Terzbänder muß gleichzeitig für die Mittenfrequenzen von 63 Hz bis 4 kHz (Terzen von 50 Hz bis 5 kHz) bestimmt werden. Unter bestimmten Umständen kann es erforderlich sein, die tieffrequente Schallemission einer WEA zu messen. In solchen Fällen ist ein größerer Frequenzbereich erforderlich, wie im informativen [Anhang A](#) erläutert.

3.1.3 Geräte zur Bestimmung der Schmalbandspektren

Die Geräte müssen den relevanten Anforderungen nach IEC 60651 für Meßgeräte der Klasse 1 im Frequenzbereich von 20 Hz bis 5600 Hz genügen.

3.1.4 Mikrofon mit reflektierender Oberfläche und Windschirm

Das Mikrofon muß auf einer ebenen, schallharten Platte mit der Membran senkrecht zur Platte und mit der Achse in Richtung WEA angebracht werden, siehe [Bilder 1](#) und [2](#). Durchmesser oder Länge bzw. Breite der Platte müssen mindestens 1 m betragen; das Material muß schallhart sein, z. B. eine mindestens 12 mm dicke Sperrholz- oder Spanplatte bzw. eine mindestens 2,5 mm dicke Metallplatte. Bei Benutzung einer rechteckigen Platte muß das Mikrofon 100 mm bis 150 mm von den Symmetrielinien entfernt befestigt werden.

Der in Verbindung mit dem Bodenmikrofon zu benutzende Windschutz muß aus einem ersten und gegebenenfalls einem zweiten Windschirm bestehen. Der erste Windschirm besteht aus einer Schaumstoffhalbkugel mit etwa 90 mm Durchmesser, angebracht um die Mikrofonmembran herum (siehe Bild 2).

Der zweite Windschirm ist zu benutzen, um bei hohen Windgeschwindigkeiten genügend Störabstand bei tiefen Frequenzen zu erhalten.

Er kann z. B. bestehen aus einem halbkugelförmigen Drahtrahmen mit mindestens 450 mm Durchmesser, überzogen mit einer 13 mm bis 25 mm dicken Lage aus Schaumstoff einer Porosität von 4 bis 8 Poren je 10 mm. Der zweite Windschirm wird symmetrisch um den ersten, kleineren Windschirm angeordnet.

Bei Benutzung eines zweiten Windschirms muß der Frequenzgang des Systems dokumentiert werden.

3.1.5 Akustischer Kalibrator

Das komplette Schallmeßsystem, Aufzeichnungs- oder Datenverarbeitungssystem eingeschlossen, muß unmittelbar vor und nach der Messung bei einer oder mehreren Frequenzen mit Hilfe eines akustischen Kalibrators am Mikrofon kalibriert werden. Der Kalibrator muß den Anforderungen nach IEC 60942, Klasse 1, entsprechen und darf nur im Rahmen der für ihn festgelegten Umgebungsbedingungen benutzt werden.

3.1.6 Datenaufnahme- und -wiedergabesysteme

Wenn ein Datenaufnahme-/wiedergabesystem ein Bestandteil des Meßsystems ist, muß die gesamte Meßkette den Anforderungen nach IEC 60651, Klasse 1, entsprechen. Beispiele sind im [Anhang B](#) gegeben.

3.2 Nicht-akustische Meßgeräte

Die im folgenden aufgeführten Meßgeräte sind notwendig, um die in dieser Norm dargestellten nicht-akustischen Messungen durchzuführen.

3.2.1 Anemometer

Die Anemometer, entsprechende Signalverarbeitung eingeschlossen, dürfen im Windgeschwindigkeitsbereich von 3 m/s bis 20 m/s maximal $\pm 0,5$ m/s von den Kalibrierungswerten abweichen. Die Windmessung muß geeignet sein, über Zeiträume zu mitteln, die synchron zu denjenigen der Schallmessung sind.

3.2.2 Elektrischer Wirkleistungsumformer

Der elektrische Wirkleistungsumformer, Spannungs- und Stromwandler eingeschlossen, muß den Anforderungen nach IEC 60688, Klasse 1, entsprechen.

3.2.3 Windrichtungsgeber

Der Windrichtungsgeber darf Grenzabweichungen von höchstens $\pm 6^\circ$ aufweisen.

3.2.4 Sonstige Meßgeräte

Es werden Entfernungsmesser benötigt sowie für bestimmte Meßverfahren Temperatur- und Luftdruckmeßgeräte.

3.3 Rückführbare Kalibrierung

Die folgenden Meßgeräte müssen regelmäßig überprüft und in einem Labor kalibriert werden, das die Rückführbarkeit auf entsprechende Normale sicherstellt. Der maximale Zeitraum, den die letzte Kalibrierung zurückliegen darf, beträgt für jedes Meßgerät: