

DIN EN 60268-4

ICS 33.160.50

Einsprüche bis 2013-02-10
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60268-4:2011-01

Entwurf**Elektroakustische Geräte –
Teil 4: Mikrofone
(IEC 100/1966/CD:2012)**

Sound system equipment –
Part 4: Microphones
(IEC 100/1966/CD:2012)

Equipements pour systèmes électroacoustiques –
Partie 4: Microphones
(CEI 100/1966/CD:2012)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2012-12-03 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hausanschrift: Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 100 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Allgemeine Bedingungen.....	7
3.1 Allgemeines	7
3.2 Messbedingungen	8
3.2.1 Allgemeines	8
3.2.2 Nennbedingungen	8
4 Einzelbedingungen	9
4.1 Anfangsbedingungen.....	9
4.2 Schallquelle	9
4.3 Messung des Schalldruckes.....	9
4.4 System für Spannungsmessungen	9
4.5 Akustische Umgebung.....	9
4.5.1 Allgemeines	9
4.5.2 Freifeldbedingungen.....	10
4.5.3 Bedingungen für das Diffusfeld	12
4.5.4 Mikrofon, das über einen kleinen Hohlraumkuppel an die Schallquelle gekoppelt ist	12
4.6 Verfahren zur Aufnahme von Frequenzkurven	13
4.6.1 Punktweises oder stetiges Frequenzänderungs-Verfahren	13
4.6.2 Kalibrierverfahren	13
4.7 Gesamtunsicherheit.....	14
4.8 Grafische Darstellung der Ergebnisse.....	14
5 Typbeschreibung (akustisches Verhalten)	14
5.1 Wandlerprinzip.....	14
5.2 Art des Mikrofons.....	14
5.3 Art der Richtcharakteristik	14
5.4 Anwendungsprofil	14
6 Anschlüsse und Einstellmöglichkeiten	14
6.1 Kennzeichnung.....	14
6.2 Steckverbinder und elektrische Anpasswerte	15
7 Bezugspunkt und Bezugsachse	15
7.1 Bezugspunkt.....	15
7.2 Bezugsachse	15
8 Nenn-Stromversorgung	15
8.1 Festzulegende Kenngrößen	15
8.2 Messverfahren	15
9 Elektrische Impedanz	16
9.1 Quellimpedanz.....	16

	Seite
9.1.1 Anzugebende Größe	16
9.1.2 Messverfahren	16
9.2 Nennimpedanz	16
9.3 Mindest-Lastimpedanz	17
10 Übertragungskoeffizient	17
10.1 Allgemeines	17
10.2 Übertragungskoeffizienten in Bezug auf die akustische Umgebung	17
10.2.1 Freifeldübertragungskoeffizient	17
10.2.2 Diffusfeldübertragungskoeffizient	18
10.2.3 Nahbesprechungs- oder Leistungs-Empfindlichkeit	19
10.2.4 Druckübertragungskoeffizient	19
10.3 Übertragungskoeffizient in Bezug auf die Art des Signals	20
10.3.1 Nennübertragungskoeffizient	20
11 Übertragungsfunktion	20
11.1 Frequenzgang	20
11.1.1 Festzulegende Kenngrößen	20
11.1.2 Messverfahren	20
11.2 Übertragungsbereich	21
11.2.1 Festzulegende Kenngrößen	21
11.2.2 Messverfahren	21
12 Richtungsseigenschaften	21
12.1 Richtcharakteristik	21
12.1.1 Festzulegende Kenngrößen	21
12.1.2 Messverfahren	21
12.1.3 Grafische Darstellung der Ergebnisse	22
12.2 Bündelungsmaß	22
12.2.1 Festzulegende Kenngrößen	22
12.2.2 Messverfahren	22
13 Amplituden-Nichtlinearität	23
13.1 Allgemeines	23
13.2 Klirrfaktor	23
13.2.1 Festzulegende Kenngrößen	23
13.2.2 Messverfahren	23
13.3 Klirrfaktor n -ter Ordnung ($n = 2, 3, \dots$)	24
13.3.1 Festzulegende Kenngrößen	24
13.3.2 Messverfahren	24
13.4 Differenzton-Verzerrung 2. Ordnung	24
13.4.1 Festzulegende Kenngrößen	24
13.4.2 Messverfahren	24

	Seite
14 Begrenzungsverhalten.....	25
14.1 Höchst-Spitzenennschalldruck.....	25
14.2 Grenzschalldruck.....	25
14.2.1 Festzulegende Kenngrößen.....	25
14.2.2 Messverfahren.....	25
15 Symmetrie.....	26
15.1 Symmetrie des Mikrofon-Ausganges.....	26
15.2 Symmetrie im Betriebszustand.....	26
16 Äquivalenter Nennschalldruckpegel der Eigenstörspannung.....	27
16.1 Festzulegende Kenngrößen.....	27
16.2 Messverfahren.....	27
17 Umgebungsbedingungen.....	27
17.1 Allgemeines.....	27
17.2 Druckbereich.....	27
17.3 Temperaturbereich.....	27
17.4 Bereich relativer Luftfeuchte.....	28
18 Äußere Einflussgrößen.....	28
18.1 Allgemeines.....	28
18.1.1 Angaben und Messverfahren.....	28
18.1.2 Andere äußere Einflüsse.....	28
18.2 Äquivalenter Schalldruck bei mechanischen Schwingungen.....	28
18.2.1 Festzulegende Kenngrößen.....	28
18.2.2 Messverfahren.....	28
18.3 Äquivalenter Schalldruckpegel für Wind.....	29
18.3.1 Festzulegende Kenngrößen.....	29
18.3.2 Messverfahren.....	29
18.4 Äquivalenter Schalldruckpegel für den „Pop“-Effekt.....	32
18.4.1 Festzulegende Kenngrößen.....	32
18.4.2 Messverfahren.....	33
19 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMC).....	34
19.1 Regulatorische Anforderungen.....	34
19.2 Anforderungen zur Sicherstellung der Programmqualität.....	34
19.3 Leistungskriterien.....	35
19.3.1 Kriterium A.....	35
19.3.2 Kriterium B.....	35
19.4 Prüfung auf Störfestigkeit bei akustischem Rauschen.....	36
19.5 Störfestigkeit gegenüber frequenzmodulierten abgestrahlten Störungen.....	36
19.6 Störfestigkeit gegenüber magnetischen Feldern.....	36
19.7 Störfestigkeit gegenüber Welligkeit auf Gleichstrom-Versorgungen.....	36

	Seite
19.8 Permanentes Magnetfeld	37
19.9 Auswertung und Darstellung der Prüfergebnisse	37
20 Physikalische Kenngrößen.....	37
20.1 Maße	37
20.2 Masse.....	37
20.3 Kabel und Anschlüsse.....	37
21 Klassifizierung der anzugebenden Kenngrößen	38
21.1 Allgemeines	38
Anhang A (normativ) Zusätzliche Kenngrößen	40
Anhang B (informativ) Aufbau eines schallgedämmten Behälters	43
Anhang C (informativ) Vereinfachtes Verfahren für „Pop“-Messungen	44
Anhang D (informativ) Ergänzungen für digitale Mikrofone	47
Literaturhinweise	49
Bilder	
Bild 1 – Symmetrie des Ausgangs	26
Bild 2 – Symmetrie unter Betriebsbedingungen	26
Bild 3 – Aufbau zur Messung der Windempfindlichkeit	29
Bild 4 – Windmaschine, Typ 1 (Bild 4a) und Typ 2 (Bild 4b).....	31
Bild 5 – Elektrischer und mechanischer Aufbau zur Messung des „Pop“-Effektes	32
Bild B.1 – Aufbau eines schallgedämmten Behälters	43
Bild C.1 – Messaufbau	45
Bild C.2 – Prüfanordnung für den Übertragungskoeffizienten im Schallfeld	46
Tabellen	
Tabelle 1 – Nachhallzeit des leeren Raumes	12
Tabelle 2 – Bezugssignal und Eigenschaften	33
Tabelle 3 – Beispiele für EMC-Regulierungen und Normen	34
Tabelle 4 – Grundlegende EMC-Normen und ihre Anwendung auf Mikrofone.....	34
Tabelle 5 – Klassifizierung der Kenngrößen	38
Tabelle A.1 – Gewichtungsfaktor der Sprachleistung bei Mittelfrequenzen von Oktavbändern	40
Tabelle D.1 – Klassifikation festzulegender Eigenschaften	47
Tabelle D.2 – Zusätzliche zu spezifizierende digitale Eigenschaften	48

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 100/1966/CD:2012 „Sound system equipment – Part 4: Microphones“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 742.6 „Mikrofone und Kopfhörer“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) 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 ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60268-4:2011-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Unterabschnitte 5.4 und 12.1.3 wurden hinzugefügt.
- b) Anhang A wurde hinzugefügt.

Elektroakustische Geräte – Teil 4: Mikrofone

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60268 legt Messverfahren für elektrische Impedanz, Übertragungskoeffizienten, Richtungseigenschaften, Dynamikbereich und externe Einflüsse von Mikrofonen für elektroakustische Geräte und die durch den Hersteller zu definierenden Eigenschaften fest.

Diese Norm gilt für Mikrofone elektroakustischer Anlagen zur Verwendung für Sprache und Musik. Sie gilt nicht für Messmikrofone, gilt aber für Mikrofone mit mehr als einem Tonkanal, z. B. für Stereo oder ähnliche Anwendungen. Sie gilt auch für Mikrofone mit Grenzflächeninstallation und für die analogen Eigenschaften von Mikrofonen mit digitalem Ausgang.

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm schließt ein Mikrofon alle Teile mit ein, die Bestandteil des Mikrofons sind, wie Übertrager, Vorverstärker oder andere Elemente bis zu den vom Hersteller festgelegten Ausgangsanschlüssen.

Die wesentlichen Kenngrößen eines Mikrofons werden in den Paragraphen 5 bis 20 betrachtet. Zusätzliche Kenngrößen werden in den Anhängen A und C berücksichtigt.

ANMERKUNG Die in dieser Norm festgelegten Eigenschaften beschreiben das Verhalten eines Mikrofons nicht vollständig. Zur Beschreibung von Mikrofon-Leistungsdaten sind weitere Arbeiten notwendig, um neue Festlegungen und Messverfahren für einen späteren Ersatz von zumindest einigen subjektiven durch objektive Eigenschaften zu finden.

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).

[Ist vor dem CDV-Stadium hinzuzufügen, wenn weitere Änderungen unwahrscheinlich sind.]

3 Allgemeine Bedingungen

3.1 Allgemeines

Es wird auf IEC 60268-1 Bezug genommen, speziell

- Einheiten und Maßsysteme,
- Messfrequenzen,
- anzugebende Größen und ihre Unsicherheit (siehe auch 4.7),
- Kennzeichnung (siehe auch 6.1),
- Umgebungsbedingungen,
- Filter, Netzwerke und Messgeräte zur Geräuschspezifikation und Geräuschmessung,
- Einzelspezifikation und Typspezifikation,
- grafische Darstellung der Eigenschaften,
- Maßstäbe für die grafische Darstellung,
- Sicherheit von Personen und Brandschutz,
- Verfahren zur Erzeugung eines homogenen magnetischen Wechselfeldes,
- Spule zur Messung der magnetischen Feldstärke, und

auf IEC 61938 bezüglich der Speisung von Mikrofonen.

3.2 Messbedingungen

3.2.1 Allgemeines

Zur Erleichterung der Spezifikation, nach der Mikrofone für die Messung eingerichtet werden, wurden unter dem Titel „Nennbedingungen“ drei Arten von Bedingungen festgelegt.

Mikrofone sollten unter Bedingungen gemessen werden, die denen entsprechen, unter denen sie verwendet werden. Drei Arten von Messbedingungen werden in dieser Norm festgelegt: Freifeld, Leistung und Nahbesprechung. Die Unterschiede dieser Bedingungen liegen im Abstand zur Schallquelle und dem Schalldruck-Pegel der Messung. In den Messungen muss ausgewiesen werden, dass mindestens eine der vorgenannten Messbedingungen verwendet wurde. Zusätzliche Daten können enthalten sein, vorausgesetzt, dass die Messbedingungen festgelegt sind.

Drei Nenngrößen gelten grundsätzlich für die Ausgestaltung dieses Konzeptes:

- Nenn-Stromversorgung (siehe 8.1);
- Nennimpedanz (siehe 9.2);
- Nenn-Empfindlichkeit (siehe 10.3.1).

Um einwandfreie Messbedingungen zu erhalten, müssen die oben genannten Nenngrößen den Angaben des Herstellers entnommen werden.

Die Vorsilbe „Nenn-“ in der Anwendung auf andere Größen bezieht sich auf die Festlegung der Messung der jeweiligen Größe unter Nennbedingungen oder unter Bedingungen, die eindeutig mit ihnen zusammenhängen. Dieses gilt für die folgenden zwei Größen:

- Nenn-Ausgangsspannung;
- Nenn-Ersatzschalldruckpegel in Bezug auf Eigengeräusch.

In dieser Norm werden für elektrische Impedanz, Übertragungskoeffizient, Richtwirkung, Dynamikbereich und äußere Einflussgrößen Messverfahren angegeben. Bei alternativen Verfahren muss das gewählte Verfahren angegeben werden.

ANMERKUNG Außer in Abschnitt 19 bedeutet „performance“ eine Präsentation in einem Kino, Theater oder Musical. In Abschnitt 19 bedeutet es, „wie gut es etwa seinen Zweck erfüllt“.

3.2.2 Nennbedingungen

Das Mikrofon befindet sich unter Nennbedingungen, wenn die folgenden Voraussetzungen erfüllt sind:

- Das Mikrofon muss im Leerlauf betrieben werden (siehe 9.2).
- Falls das Mikrofon eine Stromversorgung benötigt, muss dies eine Nenn-Stromversorgung sein.
- Das Mikrofon (ausgenommen Nahbesprechungsmikrofone oder Leistungsmikrofone) wird in einem Schallfeld angeordnet, das den Freifeld-Bedingungen nach 4.5.2 entspricht, dabei erfolgt die Wellenausbreitung unter null Grad bezogen auf die Bezugsrichtung.
- Der ungestörte Schalldruck (bei Abwesenheit des Mikrofons) im Schallfeld am Bezugspunkt ist sinusförmig und muss auf einen Effektivwert von 1 Pa (Schalldruckpegel 94 dB) eingestellt werden.
- Bei Nahbesprechungsmikrofonen wird das Mikrofon im festgelegten Abstand nicht mehr als 25 mm vom künstlichen Mund angebracht entsprechend dem Standard ITU-T P.51, und der ungestörte Schalldruck im Schallfeld am Bezugspunkt ist sinusförmig und muss auf einen Effektivwert von 3 Pa (Schalldruckpegel = 104 dB SPL) eingestellt werden.
- Bei Leistungsmikrofonen wird das Mikrofon im Abstand von 30 cm vom künstlichen Mund angebracht, entsprechend dem Standard ITU-T P.51, und der ungestörte Schalldruck im Schallfeld am Bezugspunkt

ist sinusförmig und muss auf einen Effektivwert von 1 Pa (Schalldruckpegel = 94 dB SPL) eingestellt werden.

- Erfordert ein bestimmtes Mikrofon einen anderen Messpegel, ist dies in den technischen Daten zusammen mit der Begründung dafür anzugeben. Pegel, die sich auf den Nenn-Bezugspegel von 94 dB oder auf das Mehrfache von 10 dB beziehen, sind zu bevorzugen.
- Regler, so vorhanden, sind nach den vom Hersteller empfohlenen Angaben zu positionieren.
- Ohne triftigen Grund für eine Abweichung muss die Frequenz auf 1 000 Hz eingestellt werden (siehe IEC 60268-1).
- Der Umgebungsdruck, die relative Luftfeuchte und die Umgebungstemperatur müssen in den Grenzen von IEC 60268-1 liegen und angegeben werden.

Messungen können bei einem Schalldruck von 0,3 Pa durchgeführt werden, falls dies auf Grund der Einschränkungen der Lautsprecherleistung oder anderer Messgeräte notwendig ist, und nur, falls jede Änderung der Leistung zwischen dem verwendeten Pegel und dem Referenzpegel bekannt ist mit der erforderlichen Genauigkeit für die relevanten Charakteristika.

4 Einzelbedingungen

4.1 Anfangsbedingungen

Ein Mikrofon mit Vorverstärker muss vor der Messung für die vom Hersteller angegebene Dauer eingeschaltet sein, damit die Bauteile unter Nennbedingungen eine stationäre Temperatur annehmen. Wird keine Dauer angegeben, müssen zum Erreichen stabiler Verhältnisse 10 s vorgesehen werden. Enthält das Mikrofon eine Röhre oder andere Beheizungseinrichtungen, muss die Dauer 10 min betragen.

4.2 Schallquelle

Die Schallquelle muss in der Lage sein, am Ort des Mikrofons den Schalldruckpegel zu erzeugen, der in den Nennbedingungen angegeben ist. Die Amplitudenverzerrungen der Schallquelle müssen so gering gehalten werden, dass die Auswirkungen auf das Messergebnis kleiner als 0,5 dB bleiben. Bieten die Messbedingungen keine genügende Sicherheit für das Einhalten ausreichend niedriger Verzerrungen, kann ein Schmalbandfilter hinter den Mikrofonausgang geschaltet werden, um nur die Grundfrequenz zu messen.

Zur Kalibrierung im Freifeld und Kalibrierung von Hochleistungsmikrofonen muss die Schallquelle (Lautsprecher) in einem Gehäuse betrieben werden, das den Schall nur durch eine ausreichend definierte Öffnung abstrahlt. Bezogen auf die Bezugsachse des Mikrofons muss diese Öffnung radialsymmetrisch sein.

4.3 Messung des Schalldruckes

Ein kalibriertes Bezugsmikrofon muss für die Messung des Schalldrucks verwendet werden. Das Bezugsmikrofon sollte auf ± 1 dB oder besser kalibriert sein.

4.4 System für Spannungsmessungen

Die elektromagnetische Kraft (EMK), die das Mikrofon im Schallfeld erzeugt, muss durch die Messung der Leerlaufspannung des Mikrofons mit einem Spannungsmessgerät bestimmt werden, dessen Eingangsimpedanz mindestens dem 100fachen Wert der Nennimpedanz des Mikrofons entspricht. Stellen externe Geräte wie eine Stromversorgung eine Belastung für das Mikrofon dar, sollte die tatsächliche EMK um die Auswirkung dieser Last korrigiert ermittelt werden.

4.5 Akustische Umgebung

4.5.1 Allgemeines

Das Mikrofon kann bei unterschiedlichen akustischen Bedingungen gemessen werden:

- a) im freien Feld oder ähnlich ohne Begrenzungsflächen, z. B. unter Zuhilfenahme von speziellen durch Computer erzeugte Schallquellensignale, mit:
 - Kugelwellen oder
 - ebenen Wellen oder
 - Wellen, die durch eine besondere Schallquelle (künstlicher Mund oder künstlicher Kopf) erzeugt werden;
- b) im Diffusfeld;
- c) über einen kleinen Hohlraum (Kuppler) an eine Schallquelle gekoppelt.

4.5.2 Freifeldbedingungen

4.5.2.1 Allgemeines

Eine Schallwelle im Freifeld ist von Natur aus immer divergierend. Unter gewissen Umständen kann sie sich einer idealen ebenen Welle annähern. Freifeldbedingungen können erzielt werden:

- im Freien, soweit es Umgebungsgeräusch und Wind erlauben, oder
- im reflexionsarmen Raum oder
- in einem Messrohr.

Eine Schallquelle kleiner Abmessungen im Vergleich zur Wellenlänge erzeugt in dieser Umgebung eine Kugelwelle. Die Kugelwelle ist einer ebenen Welle angenähert, wenn sich der Messort in ausreichender Entfernung von der Quelle befindet. Kugelwellen können für die Messung von Druckmikrofonen eingesetzt werden, für die Messung von Druckgradientenmikrofonen ist es aber notwendig, im tieffrequenten Bereich nahezu ideale ebene Wellen zu verwenden.

Für Mikrofone, die sowohl auf den Druck als auch auf den Druckgradienten reagieren und einen ausreichend frequenzunabhängigen Frequenzgang in einem ebenen freien Schallfeld (d. h. bei genügendem Abstand von der Quelle) haben, kann die Erregungsantwort als Funktion der Frequenz f , des Abstandes r vom Zentrum divergierender Kugelwellen und des Einfallswinkels θ der Wellen auf das Mikrofon in komplexer Form angegeben werden:

$$(1 - B) + B \left(1 + \frac{1}{jkr} \right) \cos \theta$$

Dabei ist

- $1 - B$ Beitrag des Druckanteils;
- B Beitrag des Druckgradientenanteils;
- k $= 2\pi / \lambda$ oder ;
- B $= 0$ für richtungsunabhängigen Typ (Kugelcharakteristik);
- B $= 0,5$ für die Niere;
- B $= 1$ für den bidirektionalen Druckgradiententyp (Doppelkugel).

Bei tiefen Frequenzen wird es schwierig, die Bedingungen für ebene Wellen in einem reflexionsarmen Raum zu erfüllen. Bei tiefen Frequenzen unterhalb der Grenzfrequenz des reflexionsarmen Raumes kann daher eine ebene Welle besser mit anderen Methoden erzeugt werden.

Freifeldbedingungen gelten in der Umgebung eines Mikrofons als ausreichend erfüllt, wenn die folgenden Bedingungen eingehalten werden:

- innerhalb einer Entfernung von 200 mm vor, hinter, rechts, links, oberhalb und unterhalb des Ortes des Mikrofons wird der Schalldruckpegel bei jeder Messfrequenz mit einem Druckwandler gemessen;
- die Achse des Wandlers muss immer zur Mitte des Lautsprechers zeigen (siehe IEC 60268-5);

- die zugehörigen Schalldruckpegel dürfen auf der Achse bei unterschiedlichen Abständen vom Lautsprecher um nicht mehr als 0,5 dB vom berechneten Pegel im idealen Schallfeld abweichen;
- die Werte bei annähernd konstantem Abstand (d. h. rechts, links, oberhalb und unterhalb) dürfen sich nicht um mehr als 1 dB vom Pegel am Bezugspunkt unterscheiden.

4.5.2.2 Kugelwellen

Der Schalldruck im freien Feld einer Kugelschallquelle verändert sich umgekehrt proportional zum Abstand vom akustischen Mittelpunkt der Quellen.

Der Ausgangspegel des Mikrofons wird sich umgekehrt zum Abstand zwischen Quelle und Mikrofon ändern, wenn die zugehörigen Abmessungen klein gegenüber der Wellenlänge sind, so dass die Ergebnisse in einem gewissen Messabstand r auf den Bezugsabstand umgerechnet werden können.

Sind entweder der Umfang der abstrahlenden Oberfläche der Quelle oder der Umfang der Haupteintrittsöffnung des Mikrofons größer als die Wellenlänge, ist die Berechnung nur anwendbar, wenn der Messabstand übereinstimmt mit:

$$r \geq d$$

$$r \geq \frac{d^2}{\lambda}$$

Dabei ist

r Abstand von der Quelle zum Messpunkt;

d effektiver Durchmesser der Schallquelle;

λ Schallwellenlänge.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, den Abstand zwischen Quelle und Messpunkt größer als den dreifachen Wert der größten Abmessung der abstrahlenden Oberfläche der Quelle zu wählen.

4.5.2.3 Ebene fortschreitende Wellen

Eine ebene fortschreitende Welle kann in einem Rohr oder im Freien erzeugt werden.

a) Im Rohr

Bei der Konstruktion eines Rohrs, das brauchbare Ergebnisse liefern kann, sind viele Schwierigkeiten zu bewältigen, wie die Auslegung der Abschlussimpedanz, die Vermeidung von Quermoden, die Form der eigentlichen Wellenfront und die Größenverhältnisse von Rohr und Mikrofon.

b) Im Freifeld

Eine Kugelwelle im Abstand von mindestens einer halben Wellenlänge vom Krümmungsmittelpunkt bei der niedrigsten Messfrequenz ist eine praktische Näherung für eine ebene fortschreitende Welle.

ANMERKUNG Es sollte beachtet werden, dass bei der Messung von Rohrrichtmikrofonen und Grenzflächenmikrofonen keine exakten Regeln angegeben werden können und es schwierig ist, die geringste zulässige Entfernung festzulegen. Daher sollte in diesen Fällen die benutzte Messentfernung angegeben werden.

4.5.2.4 Verwendung eines künstlichen Mundes

Um die Prüfbedingungen den aktuellen Betriebsbedingungen anzunähern, kann es notwendig sein, einen Störkörper in Form eines menschlichen Kopfes einzufügen, wie z. B. einen Kopf- oder Körpersimulator bei Messungen an Nahbesprechungs- und Leistungsmikrofonen mit einem künstlichen Mund (siehe 3.2.2). Falls Messungen bei derartigen Bedingungen durchgeführt werden, d. h. anders als mit künstlichem Mund unter annähernd echofreien Bedingungen, müssen Details zu der Messung bereitgestellt werden.

4.5.3 Bedingungen für das Diffusfeld

Einige Messungen können im Diffusfeld, in dem sich die Schallwellen in beliebigen Einfallrichtungen ausbreiten, durchgeführt werden. In diesem Fall müssen Rauschbänder in Terzbreite oder Breitbandsignale zusammen mit geeigneten Filtern verwendet werden.

Ein diffuses Schallfeld kann annähernd in einem Hallraum realisiert werden, der eine genügend lange Nachhallzeit in einer genügend großen Entfernung von Quelle und Wänden und oberhalb einer Grenzfrequenz besitzt (vgl. auch ISO 354).

Die Nachhallzeit T des leeren Raumes muss größer sein, als in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 – Nachhallzeit des leeren Raumes

$T >$	5 s	5 s	5 s	4,5 s	3,5 s	2 s
Bei	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz

Zur Bestimmung der unteren Grenzfrequenz kann die folgende Gleichung verwendet werden:

$$f \geq \frac{500}{V^{1/3}}$$

Dabei ist

V Volumen des Raumes in Kubikmetern;

f Frequenz in Hertz.

Der Messort muss in einer geeigneten Entfernung von der Schallquelle gewählt werden, in der direkter Schall der Quelle vernachlässigt werden kann.

Wird eine Kugelschallquelle verwendet, ist der Mindestabstand r (in Metern) von der Quelle gegeben mit:

$$r \geq 0,06 \left(\frac{V}{T} \right)^{1/2}$$

Dabei ist

V das Volumen des Raumes in Kubikmetern;

T die Nachhallzeit nach Sabine bei der Frequenz f .

ANMERKUNG Zur Erzeugung stationärer diffuser Schallfelder unter nichthallenden Bedingungen haben sich verschiedene unkorrelierte Schallquellen erfolgreich bewährt.

4.5.4 Mikrofon, das über einen kleinen Hohlraumkuppel an die Schallquelle gekoppelt ist

Zur Bestimmung des Druckübertragungsmaßes eines Mikrofons kann ein steifer Hohlraum verwendet werden, um die Schallquelle mit dem Mikrofon zu koppeln. Dieses Verfahren ist nützlich, um das Druckübertragungsmaß eines Mikrofons im Vergleich mit dem Übertragungsmaß eines kalibrierten Bezugsmikrofons zu bestimmen. Um einen genügend gleichmäßigen Schalldruck innerhalb des Hohlraums zu bekommen, darf dieses Verfahren nur dort verwendet werden, wo die linearen Abmessungen des Hohlraums kleiner als ein Zehntel der Wellenlänge sind. Bei tiefen Frequenzen muss auf die Vermeidung von Luftundichtigkeiten geachtet werden.

4.6 Verfahren zur Aufnahme von Frequenzkurven

4.6.1 Punktweises oder stetiges Frequenzänderungs-Verfahren

Übertragungskurven können punktweise, durch ein Verfahren mit stetiger Frequenzänderung oder automatisch ermittelt werden.

a) Punktweises Verfahren

Große Sorgfalt ist erforderlich, damit alle Spitzen und Einbrüche der Übertragungskurve ermittelt werden.

ANMERKUNG Die Darstellung sollte die Messpunkte klar ausweisen.

b) Verfahren mit stetiger Frequenzänderung

Die Durchlaufgeschwindigkeit über den Frequenzbereich muss niedrig genug sein, damit die sich ergebende Kurve nicht von jener abweicht, die man unter stationären Bedingungen erhalten würde.

ANMERKUNG 1 Wird die Aufnahme an einer beliebigen Stelle angehalten, sollte sich die Anzeige um nicht mehr als ± 1 dB ändern.

ANMERKUNG 2 Nachstehende Messeinrichtungen können zusätzlich verwendet werden:

- Geräte, mit denen der geforderte Schalldruck automatisch für den betreffenden Frequenzbereich konstant gehalten wird;
- ein automatischer Pegelschreiber zur Aufzeichnung des Ergebnisses.

c) Besondere computerbasierte Signale und Verfahren

Zur Signalgenerierung und Bestimmung des Verhaltens im Zeit- und Frequenzbereich stehen Computeralgorithmen zur Verfügung. Einige davon sind digitale Verfahren, die ihre analogen Vorgänger ersetzen, wie die schnelle Fouriertransformation zur Spektralanalyse. Andere Algorithmen liefern neue Testsignalarten und Systemantworten. Andere Algorithmen liefern neue Arten von Prüfsignalen und Antworten. Beachtet der Anwender die inhärenten Grenzen und Randbedingungen, können die meisten angewendet werden. Werden die vorhandenen festgelegten Verfahren zur Bestimmung von Eigenschaften durch neue ersetzt, muss der Anwender sicherstellen, dass das Ergebnis mindestens so genau ist wie beim alten Verfahren. Werden neue Techniken für die Normung berücksichtigt wobei Hintergrundfakten und der Zusammenhang mit bekannten Eigenschaften ermittelt wurden, darf jede Technik zur Messung der Frequenzantwort verwendet werden, solange sie die gleichen Ergebnisse wie die Punkt-zu-Punkt-Verfahren oder Verfahren mit stetiger Frequenzänderung liefern.

4.6.2 Kalibrierverfahren

Unabhängig von der Wahl des punktweisen oder des automatischen Verfahrens gibt es zwei Verfahren für die Kalibrierung.

a) Substitutionsverfahren

Ein Messverfahren für das Ausgangssignal der Mikrofone, bei dem das zu kalibrierende Mikrofon und das Bezugsmikrofon für die Messung des benötigten Schalldrucks abwechselnd an demselben Messpunkt im Schallfeld betrieben werden. Dieses Verfahren führt zur größten Genauigkeit.

b) Verfahren des Simultanvergleichs

Ein alternatives Verfahren für die Messung des Ausgangssignals eines Mikrofons wird aus praktischen Gründen manchmal verwendet, wobei das zu kalibrierende Mikrofon und das Bezugsmikrofon zur Bestimmung des vorhandenen Schalldrucks gleichzeitig an zwei verschiedenen Stellen in der Nähe des Messortes eingesetzt werden. Es sollte darauf geachtet werden, dass keines der beiden Mikrofone an einem günstigeren Platz im Schallfeld steht als das andere. Die Punkte sind so zu wählen, dass das Ergebnis der Prüfung mit dem Vergleichsverfahren innerhalb ± 1 dB mit den entsprechenden Werten des Substitutionsverfahrens übereinstimmt. Der Simultanvergleich kann nur nach Prüfung der Gültigkeit dieser Bedingungen verwendet werden. Die Übereinstimmung mit dieser Anforderung kann angenommen werden, wenn:

- die Schalldruckwerte, die an den beiden verschiedenen Stellen im freien Schallfeld mit einem kalibrierten Mikrofon gemessen werden, sich mit ± 1 dB decken und
- der Abstand zwischen den Mikrofonen so gewählt ist, dass der Schalldruck am zweiten Messort unabhängig von der Anwesenheit des ersten Mikrofons innerhalb ± 1 dB bleibt.

4.7 Gesamtunsicherheit

Eine Grenzabweichung von maximal ± 2 dB muss für die Kalibrierung aller Arten von Mikrofonen erzielt werden.

4.8 Grafische Darstellung der Ergebnisse

Die grafische Darstellung der Messergebnisse sollte den Vorschriften nach IEC 60268-1 entsprechen.

5 Typbeschreibung (akustisches Verhalten)

5.1 Wandlerprinzip

Der Hersteller muss das Wandlerprinzip angeben, z. B. elektrostatisch (Kondensator), elektrodynamisch, elektromagnetisch oder piezoelektrisch.

5.2 Art des Mikrofons

Der Hersteller muss die Art des Mikrofons angeben, z. B. Druck-, Druckgradienten-Mikrofon (mit akustischem Phasendreh-Netzwerk, falls vorhanden) oder Kombination von Druck- und Druckgradienten-Mikrofon oder Schnelle-Mikrofon.

5.3 Art der Richtcharakteristik

Der Hersteller muss die Art der Richtcharakteristik angeben, z. B. ungerichtet, einseitig gerichtet, zweiseitig gerichtet (Kugel, Niere, Hyperniere, Halbkugel oder halbe Niere (räumlich gedreht)).

5.4 Anwendungsprofil

Der Hersteller muss das beabsichtigte Anwendungsprofil des Mikrofons festlegen, um den Einsatzschwerpunkt anzuzeigen, wie z. B. Freifeld, Leistung, oder Nahbesprechung.

- Freifeld-Mikrofone sollen verwendet und gemessen werden bei nahezu ebenen fortschreitenden Wellen.
- Leistungsmikrofone werden typischerweise vom Benutzer in der Hand gehalten und werden an einem künstlichen Mund als Signalquelle im Abstand von 30 cm gemessen.
- Nahbesprechungs-Mikrofone werden bei sehr kurzen Abständen verwendet und werden an einem künstlichen Mund als Signalquelle im Abstand von 25 mm gemessen.

Andere Anwendungsprofile können für die Messung und als Basis für Festlegungen angewendet werden, falls Einzelheiten zur Verfügung gestellt werden.

6 Anschlüsse und Einstellmöglichkeiten

6.1 Kennzeichnung

Empfehlungen zur Kennzeichnung der Anschlüsse und Einstellmöglichkeiten sind in IEC 60268-1, Abschnitt 5, und IEC 61938, 7.4.4 und 7.5.5 gegeben unter Hinzufügen der folgenden Bedingung, falls das Mikrofon den Anforderungen nach IEC 61938, Abschnitt 7 entspricht:

Die Polarität muss durch ein Zeichen angegeben werden, vorzugsweise durch einen Farbpunkt an dem Ausgangsanschluss, an dem eine positive Spannung erzeugt wird, wenn die Membran oder ein gleichwertiges Element sich einwärts bewegt, d. h. bei einem Schalldruckanstieg an der Haupt-Eintrittsöffnung. Die Sicherheitskennzeichnung muss IEC 60065 oder anderen passenden Sicherheitsnormen entsprechen.

Ist das Mikrofon konform mit den Anforderungen nach IEC 61938, wird die Kennzeichnung der Polarität empfohlen. Falls die Polarität nicht mit IEC 61938 übereinstimmt, muss die Polarität auf dem Mikrofon angegeben werden.

6.2 Steckverbinder und elektrische Anpasswerte

Die Steckverbinder und deren Kabel müssen mit IEC 60268-11 oder IEC 60268-12 übereinstimmen. Anpasswerte (Spannungen und Impedanzen) müssen mit IEC 61938 übereinstimmen.

7 Bezugspunkt und Bezugsachse

7.1 Bezugspunkt

Ohne klare Begründung für das Gegenteil muss der Bezugspunkt der Mittelpunkt der grundsätzlichen Schalleinfallsoffnung sein. Ansonsten ist dies anzugeben.

ANMERKUNG Damit eine eindeutige Angabe von Bezugspunkt, Bezugsachse und Polarität ermöglicht wird, sollte der Hersteller auch für zweiseitig gerichtete Mikrofone die Haupt-Schalleinfallsoffnung angeben.

7.2 Bezugsachse

Die Bezugsachse ist eine Gerade durch den Bezugspunkt, die eine vom Hersteller angegebene und empfohlene Schalleinfallsrichtung kennzeichnet. Das Mikrofon muss so gestaltet sein, dass die empfohlene Schalleinfallsrichtung für den Benutzer offensichtlich ist.

ANMERKUNG Die Bezugsachse sollte vorzugsweise senkrecht auf der Ebene des Hauptschalleinlasses stehen und durch die Mitte des Einlasses gehen.

8 Nenn-Stromversorgung

8.1 Festzulegende Kenngrößen

Die nachstehenden Informationen müssen vom Hersteller für jeden Mikrofon-Anschluss zur Verbindung mit einer Stromversorgung sowie für jede Einstellung des Adapters zur Stromversorgung, falls vorhanden, angegeben werden:

- Art der Stromversorgung (Phantom, A-B usw.; siehe IEC 61938);
- Versorgungsspannung mit oberem und unterem Grenzwert;
- Stromaufnahme aus der Stromversorgung in Ampere;
- für Mikrofone mit unterschiedlichen Betriebsspannungen die Strom-Spannungs-Charakteristik.

8.2 Messverfahren

Für Messungen ist wie folgt vorzugehen:

- a) Das Mikrofon arbeitet unter Nennbedingungen.
- b) Der Strom aus der Stromversorgung wird in Ampere gemessen.

9 Elektrische Impedanz

9.1 Quellimpedanz

9.1.1 Anzugebende Größe

Der Betrag der Quellimpedanz des Mikrofons, gemessen an den Ausgangsanschlüssen.

ANMERKUNG Kann die Impedanz hinreichend durch ein einfaches Netzwerk nachgebildet werden, dürfen die Werte der Netzwerkparameter angegeben werden. Kann dieses Verfahren nicht angewendet werden, sollte die Impedanz als Funktion der Frequenz angegeben werden.

9.1.2 Messverfahren

Die Quellimpedanz kann mit einem Vergleichsverfahren oder durch Beschallung und Messung der Ausgangsspannung unter verschiedener Last bestimmt werden. Beide Verfahren werden nachstehend angegeben.

a) Verfahren 1

Die Impedanz kann mit einer Messbrücke gemessen werden. Eine Alternative ist der Vergleich mit einer bekannten Impedanz. Im letzteren Fall wird ein konstanter Strom aus einer hochohmigen Stromquelle in das Mikrofon eingespeist und die Klemmenspannung gemessen.

Das Mikrofon wird dann durch einen Widerstand bekannter Größe ersetzt und die Messung wiederholt. Über einen Vergleich beider Werte erhält man die Impedanz direkt.

Die an das Mikrofon angelegte Spannung darf nicht höher sein als die vom Mikrofon beim Grenzschalldruck erzeugte Spannung.

ANMERKUNG 1 Wird nur ein Wert gemessen, sollte die Quellimpedanz bei 1 000 Hz angegeben werden.

b) Verfahren 2

Die Quellimpedanz kann auch über Ausgangsspannungen berechnet werden, die bei drei verschiedenen Belastungen gemessen werden. Im Allgemeinen erfordert dieses Verfahren sehr genaue Messgeräte.

Stellt die Quellimpedanz näherungsweise einen Wirkwiderstand dar, kann das nachstehende Verfahren angewendet werden, um näherungsweise Werte mit hinreichender Genauigkeit für die Praxis zu ermitteln.

- Das Mikrofon arbeitet unter Nennbedingungen.
- Das Mikrofon wird beschallt und die Impedanz aus der Ausgangsspannung bei verschiedenen Belastungen abgeleitet. Zum Beispiel kann die Impedanz Z aus der Leerlaufspannung U_2' und der Ausgangsspannung U_2 an einer Lastimpedanz R_2 ausgerechnet werden mit der Gleichung:

$$Z = \frac{U_2' - U_2}{U_2} R_2$$

9.2 Nennimpedanz

Die Nennimpedanz ist vom Hersteller festgelegt, um die minimale zulässige Lastimpedanz berechnen zu können. Mikrofone sind generell für Betrieb ohne Last ausgelegt und sollten nicht verwendet werden bei Lasten unterhalb der zulässigen Lastimpedanz. Nach IEC 61938, 7.1, werden in der Praxis höhere Werte als die aktuelle interne Impedanz als empfohlene Nennlastimpedanzen gewählt.

ANMERKUNG 1 Die Empfehlungen von IEC 61938 gehen von der Annahme aus, dass der fünffache Wert der Nennimpedanz in den meisten Fällen der Leerlaufbedingung genügt. Diese Last kann jedoch einen Spannungspegel bewirken, der 1,6 dB unterhalb der Quell-EMK liegt.

ANMERKUNG 2 Falls nicht anders angegeben, muss die Nennimpedanz im Sinne eines reinen Wirkwiderstandes verstanden werden.

9.3 Mindest-Lastimpedanz

Die Mindest-Lastimpedanz ist die vom Hersteller angegebene geringste Impedanz, mit der das Mikrofon verbunden werden darf (siehe 9.2).

ANMERKUNG Konstruktionsbedingt können die meisten Mikrofone die besten Leistungsdaten unter Leerlaufbedingungen erbringen. Die kleinste zulässige Mindest-Impedanz ist ein Kompromiss bezüglich zu vernachlässigender Leistungsdaten. Mikrofone mit einer Nennimpedanz von 200 Ohm haben meist eine interne Impedanz in der Größenordnung von 50 Ohm und arbeiten am besten mit einer minimalen Lastimpedanz von ungefähr 1 000 Ohm.

10 Übertragungskoeffizient

10.1 Allgemeines

Der Übertragungskoeffizient ist im Allgemeinen das Verhältnis der Ausgangsspannung des Mikrofons zum Schalldruck, dem es ausgesetzt ist. Unter Leerlaufbedingungen ist die Ausgangsspannung identisch mit der Ausgangs-EMK (siehe 9.2). Der Übertragungskoeffizient M wird in Volt je Pascal ausgedrückt.

ANMERKUNG Üblicherweise ergibt dieses Verhältnis einen komplexen Wert, aber gewöhnlich werden nur die Amplituden (bei sinusförmigen Signalen) betrachtet.

Das Übertragungsmaß L_M ist das Verhältnis in Dezibel des Übertragungskoeffizienten M zum Bezugsübertragungskoeffizienten M_T .

$$L_M = 20 \lg \frac{M}{M_T}$$

Der Bezugsübertragungskoeffizient ist $M_T = 1 \text{ V/Pa}$. Die nachstehenden Arten von Übertragungskoeffizienten können angegeben werden:

- Freifeldübertragungskoeffizient (siehe 10.2.1) bezogen auf den Schalldruck im ungestörten Schallfeld (in Abwesenheit des Mikrofons);
- Diffusfeldübertragungskoeffizient (siehe 10.2.2) bezogen auf den Schalldruck im ungestörten diffusen Schallfeld;
- Nahbesprechungs-Übertragungskoeffizient (siehe 10.2.3) bezogen auf den Schalldruck in einer festgelegten kurzen Entfernung vom menschlichen (künstlichen) Mund;
- Druckübertragungskoeffizient (siehe 10.2.4) bezogen auf den tatsächlichen Schalldruck an der Hauptschalleintrittsöffnung des Mikrofons.

Diese Arten von Übertragungskoeffizienten können, passend zum Anwendungszweck, entweder bei festgelegten Frequenzen innerhalb von festgelegten Frequenzbändern, für Oktav- oder Terzbänder oder für komplexe Eingangssignale angegeben werden. Im letzteren Fall müssen die Signaleigenschaften und die Eigenschaften des Messsystems festgelegt werden. Definitionen und Bilder zum Übertragungskoeffizienten von Mikrofonen sollten in Beziehung zu der Anwendung, in der das Mikrofon benutzt wird, stehen.

10.2 Übertragungskoeffizienten in Bezug auf die akustische Umgebung

10.2.1 Freifeldübertragungskoeffizient

10.2.1.1 Festzulegende Kenngrößen

Das Verhältnis der Ausgangs-EMK zum Schalldruck im ungestörten Schallfeld für eine festgelegte Frequenz oder ein festgelegtes Frequenzband und bei einer festgelegten Schalleinfallrichtung bezogen auf die Bezugsachse.

ANMERKUNG Falls nicht abweichend festgelegt, muss das ungestörte Schallfeld eine ebene fortschreitende Welle darstellen, deren Wellenfront senkrecht zur Bezugsachse des Mikrofons verläuft.

10.2.1.2 Messverfahren

Die Bedingungen für die Messung sind in den Abschnitten 3 und 4 angegeben. Für die Schalldruckmessung ist eine Freifeldkalibrierung des für die Messung eingesetzten Bezugsmikrofons erforderlich.

ANMERKUNG 1 Es ist wichtig, sicherzustellen, dass die Richtung des Bezugsmikrofons während der Messung mit der Richtung während seiner Kalibrierung übereinstimmt.

ANMERKUNG 2 Für ungerichtete Mikrofone (nur Drucktyp) unterscheidet sich der Freifeldübertragungskoeffizient in einer ebenen Welle nicht von dem in einer Kugelwelle und ist gleich dem Druckübertragungskoeffizienten, vorausgesetzt, dass Beugungseffekte im Feld vernachlässigt werden können. Dies ist der Fall, wenn die Abmessungen des Mikrofons klein gegenüber der Wellenlänge sind. Bei tiefen Frequenzen ist daher eine Kugelwelle zur Messung des Übertragungskoeffizienten eines ungerichteten Mikrofons für ebene Wellen (nur Drucktyp) geeignet. Bei sehr tiefen Frequenzen können Freifeldübertragungskoeffizient und Druckübertragungskoeffizient auf Grund von Druckausgleichsöffnungen verschieden sein. Für den oberen Frequenzbereich sollte das Mikrofon im zugeordneten Schallfeld gemessen werden. Wird ein Konus-Lautsprecher mit einem maximalen Durchmesser von 0,3 m verwendet, ist 1 m eine geeignete Mindestentfernung zur Freifeldkalibrierung von ungerichteten Mikrofonen (nur Drucktyp) innerhalb des Tonfrequenzbereichs.

10.2.2 Diffusfeldübertragungskoeffizient

10.2.2.1 Festzulegende Kenngrößen

Das Verhältnis der Ausgangs-EMK zum Schalldruck im ungestörten Diffusfeld für eine festgelegte Frequenz oder ein festgelegtes Frequenzband. Der Diffusfeldübertragungskoeffizient ist gleich dem Effektivwert der Freifeldübertragungskoeffizienten für alle Schalleinfallrichtungen. Das Diffusfeldübertragungsmaß ist gleich dem Freifeldübertragungsmaß für ebene Wellen (siehe 10.2.1) abzüglich des Bündelungsmaßes (siehe 12.2).

ANMERKUNG 1 Das Diffusfeld wird dadurch gekennzeichnet, dass Schallwellen mit Zufallsphasenlage über alle Richtungen zufällig verteilt sind (Zufallseinfallrichtung).

ANMERKUNG 2 An Stelle des Diffusfeldübertragungskoeffizienten darf der Hersteller auch den Übertragungskoeffizienten für ebene Schallwellen im Freifeld sowie das Bündelungsmaß bei der gleichen Frequenz oder in demselben Frequenzband angeben.

10.2.2.2 Messverfahren

Der Diffusfeldübertragungskoeffizient kann auf zwei Arten bestimmt werden:

- Der Diffusfeldübertragungskoeffizient für eine gegebene Frequenz kann aus dem Freifeldübertragungskoeffizienten (siehe 10.2.1) und dem Richtdiagramm (siehe 12.1) des Mikrofons für eine ebene fortschreitende Welle berechnet werden.

Ist das Richtdiagramm rotationssymmetrisch, lautet die Beziehung zwischen dem Diffusfeldübertragungskoeffizienten und dem Übertragungskoeffizienten bei anderen Einfallswinkeln θ :

$$M_{\text{diff}}^2 = \frac{1}{2} \int_0^\pi M^2(\theta) \sin \theta \, d\theta$$

ANMERKUNG Moderne Berechnungsverfahren ermöglichen eine einfache Berechnung des Integrals mit jeder gewünschten Genauigkeit. Dies ermöglicht den Ersatz früherer Berechnungsvorschläge mit festen Schritten zu 30°.

- Der Diffusfeldübertragungskoeffizient für ein Frequenzband kann im Hallraum gemessen werden, wenn die Bedingungen nach den Abschnitten 3 und 4 erfüllt sind. Eine rundstrahlende Schallquelle sollte vorzugsweise verwendet werden. Eine Diffusfeldkalibrierung des zur Messung verwendeten Referenzmikrofons ist erforderlich.

10.2.3 Nahbesprechungs- oder Leistungs-Empfindlichkeit

10.2.3.1 Festzulegende Kenngrößen

Bei einer festgelegten Frequenz oder in einem festgelegten Frequenzband das Verhältnis der Ausgangs-EMK zum Schalldruck im ungestörten Schallfeld einer besonderen Quelle. Diese Quelle muss den menschlichen Kopf und Mund (künstlichen Mund) nachbilden. Der Bezugspunkt des Mikrofons muss in einer festgelegten Entfernung vom Referenzpunkt der Quelle liegen, dabei bildet die Referenzachse des Mikrofons eine festgelegte Richtung zur Referenzachse der Quelle.

10.2.3.2 Messverfahren

Ein künstlicher Mund wird als Schallquelle verwendet (siehe 3.2.2). Der Abstand zwischen dem Bezugspunkt der Quelle und dem Bezugspunkt des Mikrofons muss – wenn nicht anders festgelegt – 25 mm für Nahbesprechungsmikrofone und 30 cm für Leistungsmikrofone betragen. Die Bezugsachse des Mikrofons muss mit der Bezugsachse der Schallquelle übereinstimmen. Falls andere Abstände und/oder Ausrichtungen verwendet werden, müssen diese zusammen mit der Messung beschrieben werden.

Das zur Messung des Schalldrucks verwendete Referenzmikrofon muss für denselben Abstand wie in der Messung kalibriert werden.

Es ist wichtig, dass die Richtung des Referenzmikrofons mit der im Kalibrierlabor angewendeten Richtung übereinstimmt.

Falls nicht anders angegeben, muss der Durchmesser der Mundöffnung 20 mm betragen.

10.2.4 Druckübertragungskoeffizient

10.2.4.1 Festzulegende Kenngrößen

Bei einer festgelegten Frequenz oder in einem festgelegten Frequenzband das Verhältnis der Ausgangs-EMK zum Schalldruck am akustischen Eingang des Mikrofons. Diese Definition gilt nur für Mikrofone mit einem einzigen akustischen Eingang.

ANMERKUNG Die Amplitude und Phase des Schalldrucks sollten über den gesamten akustischen Schalleintritt hinweg konstant sein.

10.2.4.2 Messverfahren

Der Druckübertragungskoeffizient kann in einer kleinen Kammer (Kuppler, Schallkalibrator) gemessen werden. Der Kalibrator erzeugt den Schalldruck mit Hilfe eines schwingenden Kolbens. Das äquivalente Mikrofonvolumen muss zum Volumen des Kupplers hinzugerechnet werden. Die obere Frequenzgrenze für diese Kalibrierung ist durch die Abmessungen der Druckkammer bestimmt. Der Druckübertragungskoeffizient kann bei bekanntem Schalldruck in der Kammer aus der Ausgangsspannung des Mikrofons bestimmt werden.

Ungerichtete Kondensator-Mikrofone können bei entsprechenden konstruktiven Maßnahmen elektrostatisch angeregt werden. An dem dafür verwendeten Gitter liegt sowohl eine Gleichspannung als auch die tonfrequente Mess-Wechselspannung. Ohne die Gleichspannung sollte das Mikrofon-Ausgangssignal eine Verdopplung der Frequenz gegenüber der angelegten Messspannung zeigen. Das elektrostatische Aktuator-Verfahren darf nur verwendet werden, wenn die Ergebnisse von Koppler- oder Freifeld-Bedingungen nicht mehr als ± 1 dB abweichen. Dies erfordert typischerweise den Einsatz einer Korrekturkurve.

10.3 Übertragungskoeffizient in Bezug auf die Art des Signals

10.3.1 Nennübertragungskoeffizient

10.3.1.1 Festzulegende Kenngrößen

Der vom Hersteller angegebene Freifeld-, Diffusfeld-, Nahbesprechungs- oder Druckübertragungskoeffizient. Der Nennübertragungskoeffizient entspricht der Erregungsantwort bei der Normbezugsfrequenz 1 000 Hz. Ist der Frequenzgang nicht flach, wird empfohlen, den Nennübertragungskoeffizienten dem arithmetischen Mittelwert über ein Oktavband des logarithmisch aufgetragenen Frequenzgangs zuzuordnen, dessen Mitte die Normbezugsfrequenz 1 000 Hz ist.

ANMERKUNG Falls nicht anders angegeben, wird der Nennübertragungskoeffizient auf das unbelastete Mikrofon bezogen. Der Hersteller kann den Nennübertragungskoeffizienten für eine festgelegte Lastimpedanz angeben (siehe 9.2).

11 Übertragungsfunktion

11.1 Frequenzgang

11.1.1 Festzulegende Kenngrößen

Unter angegebenen Bedingungen das Verhältnis der Ausgangs-EMK als Funktion der Frequenz eines sinusförmigen Signals zur Ausgangs-EMK bei einer festgelegten Frequenz (oder zur mittleren Ausgangs-EMK über ein schmales Frequenzband), ausgedrückt in Dezibel und bei konstantem Schalldruck und festgelegtem Einfallswinkel.

Falls nicht anders angegeben, müssen die Messungen unter Freifeldbedingungen erfolgen und der Frequenzgang bezieht sich auf eine ebene Welle, die sich senkrecht zur Bezugsachse des Mikrofons ausbreitet. Es wird dringend empfohlen, dass die Freifeld-Antwort verwendet wird, um die Antwort entfernter Schallquellen bewerten zu können, auch wenn die beabsichtigte Anwendung näher ist als dies impliziert. Gelten Freifeldbedingungen und ist das Schallfeld keine ebene fortschreitende Welle, müssen ausreichende Einzelheiten angegeben werden.

Falls das Mikrofon für die Profile Leistung oder Nahbesprechung ausgelegt ist (siehe 5.4), muss der Nahbesprechungs- oder Leistungs-Frequenzgang festgelegt werden. Er muss sich auf dieselbe Quelle und dieselbe geometrische Anordnung von Quelle und Mikrofon wie für die Festlegung der Leistungs- oder Nahbesprechungs-Empfindlichkeit beziehen (siehe 10.2.3).

Jede andere in dieser Norm angegebene Frequenzgangsgröße darf ebenfalls angegeben werden, wie z. B. Schalldruck-Frequenzgang oder Diffusfeld-Frequenzgang. Spezielle außerhalb dieser Norm beschriebene Frequenzgangkurven können angegeben werden, jedoch nur für die akustische Umgebung nach 4.5, wenn es dadurch nicht zu einer Verwechslung kommt.

Zur Veröffentlichung der technischen Daten muss der Frequenzgang als effektiver Frequenzbereich (11.2) mit der vom Hersteller garantierten Toleranz entweder als numerischer Wert oder als der Frequenzgangkurve überlagerte Grafik angegeben werden.

11.1.2 Messverfahren

Die allgemeinen Bedingungen für die Bestimmung des Frequenzganges sind in den Abschnitten 3 und 4 angegeben.

11.2 Übertragungsbereich

11.2.1 Festzulegende Kenngrößen

Der Frequenzbereich, in dem die Abweichungen des Frequenzganges vom angegebenen Sollwert nicht größer als festgelegte Grenzwerte sind.

ANMERKUNG Der vom Hersteller als ideal erachtete Soll-Frequenzgang kann nicht flach verlaufen. Aus künstlerischen Gründen kann sich dies sogar auf Mikrofone höchster Qualität beziehen. Bei Mikrofonen für Sprache wird der Soll-Frequenzgang im Allgemeinen so gewählt, dass eine maximale Verständlichkeit erreicht wird.

11.2.2 Messverfahren

Für festgelegte relative Abweichungen vom Soll-Frequenzgang wird der Übertragungsbereich über die Kurve nach 11.1.2 gewonnen.

12 Richtungseigenschaften

12.1 Richtcharakteristik

12.1.1 Festzulegende Kenngrößen

Die Kurve, die für feste Frequenzen oder für schmale Frequenzbänder das Freifeldübertragungsmaß des Mikrofons als Funktion des Schalleinfallswinkels darstellt.

Die Charakteristika gerichteter Muster für ebene fortschreitende Wellen müssen festgelegt werden. Andere Messbedingungen, wie z. B. kugelförmige Schallwellen, können zusätzlich verwendet werden, wenn genügend Einzelheiten festgelegt werden. Richtdiagramme müssen für eine ausreichende Zahl von Frequenzen oder Frequenzbändern angegeben werden, damit die Frequenzabhängigkeit der Richtcharakteristik hinreichend genau wiedergegeben wird. Die Frequenzbänder müssen den Vorzugswerten der Oktav- oder Terzbänder nach IEC 61265 entsprechen.

ANMERKUNG Häufig ist es von Nutzen, das Verhältnis der Übertragungsmaße bei bestimmten Winkeln bezogen auf die Hauptachse in Dezibel anzugeben (siehe beispielsweise 12.3).

12.1.2 Messverfahren

Die allgemeinen Messbedingungen sind in den Abschnitten 3 und 4 dargestellt. Das Mikrofon muss sich in einer im Wesentlichen ebenen fortschreitenden Welle befinden (siehe 4.5.2). Vorsicht ist bei der Messung von stark bündelnden Mikrofonen im reflexionsarmen Raum geboten. Die unvermeidbaren Reflexionen von den Wänden des Raumes können die Messwerte für den Übertragungskoeffizienten beeinflussen, insbesondere wenn die Ausgangs-EMK des Mikrofons für einen Winkel gemessen wird, für den der Übertragungskoeffizient klein ist. Um für Mikrofone großer Abmessungen richtige Ergebnisse zu erhalten, kann es notwendig sein, im Freien zu messen (siehe 4.5.2).

Die Messung kann auf zwei Wegen erfolgen:

a) Frequenzabhängige Richtcharakteristik:

- 1) Das Mikrofon arbeitet unter Nennbedingungen.
- 2) Der Abstand zwischen dem Bezugspunkt der Schallquelle und dem Bezugspunkt des Mikrofons wird während der Messung konstant gehalten.
- 3) Der Schalldruck wird während der Messung konstant gehalten.
- 4) Die Frequenz wird während der Messung konstant gehalten.
- 5) Der Winkel θ des Schalleinfalls gegenüber der Bezugsachse des Mikrofons wird stetig oder schrittweise einschließlich des Winkels „0“ verändert. Für die schrittweise Messung wird der Schalleinfallswinkel in Schritten zu 10° oder 15° variiert.

- 6) Für jeden Winkel θ wird die zugehörige Ausgangsspannung $U(\theta)$ gemessen und festgehalten.
- 7) Das Verhältnis des Übertragungsfaktorkoeffizienten des Mikrofons beim Winkel θ zum Übertragungsfaktorkoeffizienten beim Winkel „0“ wird als direktes Verhältnis:

$$\Gamma(\theta) = \frac{U(\theta)}{U(0)}$$

oder $G(\theta)$ in Dezibel angegeben:

$$G(\theta) = 20 \lg \frac{U(\theta)}{U(0)}$$

- 8) Die Messung wird für andere Frequenzen wiederholt, wobei bevorzugt die Oktavmittenfrequenzen 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz, 4 000 Hz, 8 000 Hz und 16 000 Hz verwendet werden sollen.
 - 9) Falls das Mikrofon nicht rotationssymmetrisch ist, können Messungen in unterschiedlichen Ebenen durch die Bezugsachse notwendig sein.
 - 10) Die Ergebnisse müssen in einer Schar von Polardiagrammen des Übertragungsmaßes für die Frequenzen nach Punkt 8) dargestellt werden. Die Polardiagramme müssen in Übereinstimmung mit IEC 60268-1 gezeichnet werden. Der Ursprung des Polardiagramms für die Richtcharakteristik muss der Bezugspunkt des Mikrofons sein. Falls nicht anders angegeben, liegt die Bezugsachse des Mikrofons in Richtung des Winkels „0“ im Polardiagramm.
- b) Richtungsabhängige Frequenzcharakteristik:
- 1) Das Mikrofon arbeitet unter Nennbedingungen.
 - 2) Der Winkel θ des Schalleinfalls gegenüber der Bezugsachse des Mikrofons wird während der Messung konstant gehalten.
 - 3) Der Abstand zwischen dem Bezugspunkt der Schallquelle und dem Bezugspunkt des Mikrofons wird während der Messung konstant gehalten.
 - 4) Der Schalldruck wird während der Messung konstant gehalten.
 - 5) Die Ausgangsspannung $U(\theta)$ des Mikrofons wird als Funktion der Frequenz für eine Anzahl fester Winkel θ des Schalleinfalls einschließlich des Winkels „0“ gemessen.
 - 6) Die Ergebnisse müssen als Schar von Frequenzgängen für die verschiedenen Einfallswinkel θ bezogen auf die Bezugsachse dargestellt werden.
 - 7) Von diesen Kurven kann das Verhältnis des Übertragungsmaßes des Mikrofons für einen Winkel θ zum Übertragungsmaß für den Winkel „0“ bei einer festen Frequenz abgeleitet werden (Polardiagramm (siehe 12.1.2 a)).

12.1.3 Grafische Darstellung der Ergebnisse

Die grafische Darstellung der Messergebnisse sollte ICE 60268-1, Abschnitt 10, entsprechen.

12.2 Bündelungsmaß

12.2.1 Festzulegende Kenngrößen

Das Verhältnis in Dezibel zwischen der Ausgangs-EMK für eine ebene Schallwelle in Richtung der Bezugsachse zur Ausgangs-EMK im diffusen Schallfeld bei gleicher Frequenz oder im gleichen Frequenzband und gleichem Effektivwert des Schalldrucks. Die Frequenz oder das Frequenzband muss angegeben werden.

12.2.2 Messverfahren

Das Bündelungsmaß D ergibt sich aus

$$D = 20 \lg \frac{M_0}{M_{\text{diff}}}$$

Dabei ist

M_0 Freifeldübertragungskoeffizient nach 10.2.1;

M_{diff} Diffusfeldübertragungskoeffizient nach 10.2.2.

13 Amplituden-Nichtlinearität

13.1 Allgemeines

Eine allgemeine Erklärung der Amplituden-Nichtlinearität findet man in IEC 60268-2. Die anzugebenden Größen und die Messverfahren verschiedener Arten der Amplituden-Nichtlinearität, die für ein Mikrofon von Wichtigkeit sein können, sind in 13.2 bis 13.4 beschrieben.

13.2 Klirrfaktor

13.2.1 Festzulegende Kenngrößen

Der Klirrfaktor ist die Folge einer Nichtlinearität im Amplitudenverlauf. In einfachen Fällen kann es möglich sein, Schallfelder mit geringeren Verzerrungen als jenen der Mikrofone bei mäßigen Schallpegeln zu erzeugen. Die Verzerrungen müssen unter festgelegten Bedingungen für Bandbreite und Pegel gemessen werden, die sich auf unterschiedliche Anwendungen beziehen können. Falls die Verzerrungen des Schallfeldes nicht hinreichend klein im Vergleich zur Mikrofon-Nichtlinearität sind, müssen andere Verfahren, z. B. Differenzfrequenz-Verzerrung (siehe 13.4), angewendet werden.

13.2.2 Messverfahren

Die allgemeinen Bedingungen der Abschnitte 3 und 4 zur Bestimmung des Klirrfaktors müssen eingehalten werden.

Ein selektives Voltmeter, beispielsweise ein Analysator, wird mit dem Ausgang des zu prüfenden Mikrofons verbunden, gegebenenfalls unter Zwischenschaltung eines Hochpasses, um die Grundschiwingung zu unterdrücken. Die Messanordnung muss den echten Effektivwert der verbleibenden Harmonischen anzeigen.

Die Spannung jeder einzelnen Harmonischen U_{nf} wird gemessen.

Die Gesamtspannung U_t einschließlich der Grundschiwingung wird mit einem breitbandigen Effektivwert-Messgerät am zu prüfenden Mikrofon gemessen.

Der Klirrfaktor kann mit folgenden Gleichungen ermittelt werden

in Prozent

$$d_t = \frac{\sqrt{U_{2f}^2 + U_{3f}^2 + \dots + U_{\text{nf}}^2}}{U_t} \times 100 \%$$

und in Dezibel

$$L_{\text{dt}} = 20 \lg \left(\frac{d_t}{100} \right)$$

Dabei ist

d_t Klirrfaktor;

U_{nf} Spannung der n -ten Harmonischen;

U_t Gesamtspannung;

L_{dt} Klirrfaktor in Dezibel.

ANMERKUNG Die nichtlinearen Verzerrungen des Schallfeldes, in welches das zu prüfende Mikrofon gebracht wird, sollten erheblich niedriger als die des Mikrofons selbst sein (siehe 13.2.1).

13.3 Klirrfaktor n -ter Ordnung ($n = 2, 3, \dots$)

13.3.1 Festzulegende Kenngrößen

Die harmonische Verzerrung n -ter Ordnung, ausgedrückt als Teil der Gesamtspannung.

13.3.2 Messverfahren

Die allgemeinen Bedingungen der Abschnitte 3 und 4 zur Bestimmung des Klirrfaktors müssen eingehalten werden. Ein selektives Spannungsmessgerät, beispielsweise ein Analysator, wird mit dem Ausgang des zu prüfenden Mikrofons verbunden, gegebenenfalls unter Zwischenschaltung eines Hochpasses, um die Grundschiwingung zu unterdrücken. Die Messanordnung muss den echten Effektivwert der verbleibenden Harmonischen anzeigen.

Die Spannung jeder einzelnen Harmonischen U_{nf} wird gemessen.

Die Gesamtspannung U_t einschließlich der Grundschiwingung wird mit einem breitbandigen Effektivwert-Messgerät am zu prüfenden Mikrofon gemessen.

Der Klirrfaktor n -ter Ordnung kann mit folgenden Gleichungen ermittelt werden

in Prozent
$$d_n = \frac{U_{nf}}{U_t} \times 100 \%$$

und in Dezibel
$$L_{dn} = 20 \lg \left(\frac{d_n}{100} \right)$$

Die nichtlinearen Verzerrungen des Schallfeldes, in welches das zu prüfende Mikrofon gebracht wird, müssen erheblich niedriger sein als die Verzerrungen durch das Mikrofon selbst (siehe 13.2.1).

13.4 Differenzton-Verzerrung 2. Ordnung

13.4.1 Festzulegende Kenngrößen

Das Verhältnis des Ausgangssignals am Mikrofon bei einer Frequenz $f_d = 80$ Hz in einem Schallfeld zweier sinusförmiger Frequenzen f_1 und f_2 mit $f_2 - f_1 = 80$ Hz, ermittelt mit einem geeigneten selektiven Filter, zur Signalspannung am Eingang des selektiven Filters (siehe IEC 60268-2, 7.2).

13.4.2 Messverfahren

Die Messungen werden mit zwei Schallquellen durchgeführt, wobei eine das Signal der Frequenz f_1 und die andere das Signal der Frequenz $f_2 = f_1 \pm 80$ Hz abstrahlt. Die Schalldruckpegel jeder der beiden Schallquellen am Standort des Mikrofons müssen gleich groß sein.

Das Messverfahren muss der Vorgehensweise nach IEC 60268-3, 14.12.8 entsprechen. Das Ergebnis wird angegeben

in Prozent

$$d_{fd} = \frac{U_{fd}}{2 U_{ref}} \times 100 \%$$

in Dezibel

$$L_{fd} = 20 \lg \frac{d_{fd}}{100}$$

mit U_{ref} als geometrischem Mittel von U_{f1} und U_{f2} .

Dabei ist

U_{f1} die Spannung der Frequenz f_1 am Ausgang des Mikrofons, erzeugt durch die erste Schallquelle;

U_{f2} wie U_{f1} , jedoch für die Frequenz f_2 ;

U_{fd} die Spannung am Ausgang des Mikrofons mit der Frequenz $f_d = f_2 - f_1 = 80$ Hz.

ANMERKUNG Der Abstand zwischen den Bezugspunkten der Schallquelle und dem zu prüfenden Mikrofon wird so gewählt, dass der notwendige Schalldruckpegel am Mikrofon erreicht wird.

14 Begrenzungsverhalten

14.1 Höchst-Spitzennennschalldruck

Der vom Hersteller angegebene maximale Augenblickswert des Schalldrucks einer ebenen Schallwelle aus jeder Schalleinfallrichtung, den das Mikrofon ohne bleibende Veränderung seiner Daten verträgt.

ANMERKUNG Diese Eigenschaft beinhaltet das Wort „Nenn“, weil es vom Hersteller als Ergebnis einer Reihe von Untersuchungen angegeben werden muss und nicht zuverlässig durch einmalige Untersuchung gemessen werden kann (siehe IEC 60268-2).

14.2 Grenzschalldruck

14.2.1 Festzulegende Kenngrößen

Der höchste Schalldruck einer ebenen Schallwelle, bei dem die Amplituden-Nichtlinearität des Mikrofons für jede Frequenz innerhalb des Übertragungsbereichs und jede Schalleinfallrichtung einen angegebenen Wert nicht überschreitet. Überlast-Schalldruck muss unter Leerlaufbedingungen gemessen werden, auch bei Betrieb mit der minimalen zulässigen Lastimpedanz.

ANMERKUNG Bislang wurden keine allgemeinen Grenzen festgelegt. Jedoch beziehen sich viele Datenblätter bei Differenzton-Verzerrungen (14.2.2) auf die Werte 0,5 % oder 1 %.

14.2.2 Messverfahren

Ausgehend von Nennbedingungen wird der Grenzschalldruck unter verschiedenen Schalleinfallswinkeln gemessen, indem der Schalldruck eines rein sinusförmigen Schalls so weit erhöht wird, bis die Verzerrungen am Mikrofonausgang einen vorgegebenen Wert erreichen. Der Schalldruck muss für den Einfallswinkel festgehalten werden, bei dem die größte Verzerrung erfolgt.

ANMERKUNG Nichtlinearitäten der Schallquellen und Luft können das Verfahren begrenzen. Messungen zu Differenzton-Verzerrungen nach 13.4.2 minimieren wenigstens den Einfluss der Nichtlinearitäten durch den Lautsprecher.

15 Symmetrie

15.1 Symmetrie des Mikrofon-Ausganges

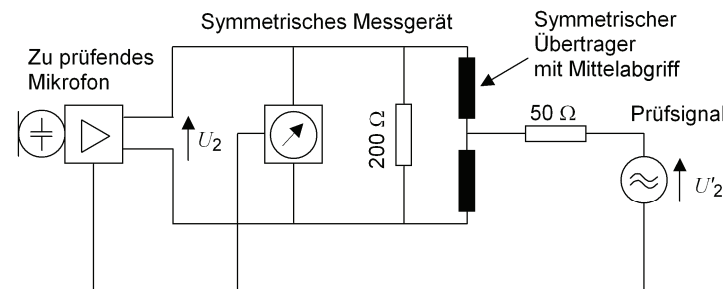


Bild 1 – Symmetrie des Ausgangs

Bild 1 zeigt die Messanordnung nach IEC 60268-2. Es wird weiter auf IEC 60268-3, 14.15 hingewiesen. Alle Bedingungen für die Symmetrie von Quelle und Messeinrichtung sind auch für Mikrofonmessungen gültig. Der Lastwiderstand muss $200\ \Omega$ betragen. Die Quellimpedanz für das Prüfsignal U'_2 muss $50\ \Omega$ betragen. Die Symmetrie der Messanordnung muss ohne das Mikrofon geprüft werden, indem dieses durch einen Widerstand von $200\ \Omega$ ersetzt wird. Das Verhältnis b in Dezibel wird berechnet nach

$$b = 20 \lg \frac{U_2}{U'_2} \quad (\text{siehe Bild 1})$$

ANMERKUNG Damit die Ergebnisse nicht verfälscht werden, sollte das Umgebungsgeräusch so niedrig wie möglich gehalten werden.

15.2 Symmetrie im Betriebszustand

Das in 15.1 festgelegte Verfahren erfasst keine über die Ausgangsanschlüsse aufgenommenen Störungen. Mit einer Änderung der Messanordnung entsprechend Bild 1 kann die zugehörige Spannung U_2 gemessen werden (siehe Bild 2).

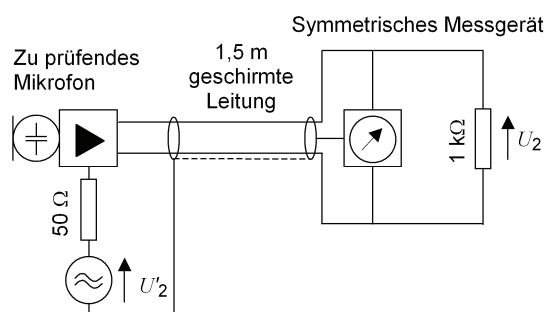


Bild 2 – Symmetrie unter Betriebsbedingungen

Um vergleichbare Bedingungen für unterschiedliche mechanische Ausführungen der Mikrofone zu erhalten, muss die Prüfung mit 1,5 m hochwertiger Leitung und mit einer Ausgangslast von $1\ \text{k}\Omega$ durchgeführt werden.

ANMERKUNG Eine getrennte Messung der Leitung stellt sicher, dass ihr Beitrag zum Ergebnis vernachlässigbar ist.

Bei der Messung ist der Schirm der Leitung am Mikrofonausgang nicht angeschlossen, und die Prüfspannung wird eingespeist. Das Verhältnis der sich ergebenden Spannung am Symmetrie-Messgerät zur Störquelle wird nach 15.1 berechnet.

16 Äquivalenter Nennschalldruckpegel der Eigenstörspannung

16.1 Festzulegende Kenngrößen

Der von außen einwirkende Schalldruckpegel, der dieselbe bewertete Ausgangsspannung ergibt, wie sie ohne äußeres Feld ausschließlich durch das Eigenrauschen des Mikrofons hervorgerufen wird. Die Bezugsfrequenz für den äußeren Schalldruck muss dieselbe sein wie für den Freifeld-Nennübertragungskoeffizienten.

Es muss angegeben werden, welcher Wert (unterer Grenzwert, Mittelwert, typischer Wert) in den Festlegungen vorgegeben ist. Ein unterer Grenzwert wird bevorzugt.

ANMERKUNG Falls nicht anders angegeben, wird ein Bezug auf Freifeldbedingungen und Schalleinfallswinkel „0°“ angenommen.

16.2 Messverfahren

Für Messungen ist wie folgt vorzugehen.

- a) Während der Messung der Eigenstörspannung muss das Mikrofon gegenüber Schall, Wind, Stoß, Vibration und gegen elektrische oder magnetische äußere Felder abgeschirmt sein. Das Mikrofon sollte sich jedoch in der akustischen Betriebsart befinden (siehe Anmerkung 2).

ANMERKUNG 1 Anhang B zeigt ein Beispiel für einen Aufbau mit einer effektiven Schallabschirmung.

ANMERKUNG 2 Es ist häufig gängige Praxis, den Störpegel nur von der Elektronik unter Verwendung eines „äquivalenten“ Kreises als Ersatz für das Wandlerelement zu messen. Dies misst jedoch auf Grund der vom Wandlerelement selbst beigetragenen Störung nicht genau den Störpegel des gesamten Mikrofons.

- b) Die vom Eigenrauschen herrührende bewertete Ausgangsspannung wird gemessen, indem die bewerteten Messungen nach IEC 60268-1 benutzt werden. Psophometrische Quasi-Spitzenspannungsmessungen entsprechend IEC 60268-1, 6.2.2, müssen einbezogen werden. Darüber hinaus wird empfohlen, A-bewertete Messungen nach IEC 60268-1, 6.2.1, und unbewertete 1/3-Oktavmessungen nach IEC 60268-1, 6.2.3 einzubeziehen.
- c) Der äquivalente Schalldruck bezogen auf die Eigenstörspannung ist das Verhältnis der Ausgangs-EMK zum Freifeld-Nennübertragungskoeffizienten.
- d) Der äquivalente Schalldruckpegel in Dezibel ist das Verhältnis des äquivalenten Schalldrucks zum Bezugsschalldruck (20 µPa).

17 Umgebungsbedingungen

17.1 Allgemeines

Die folgenden Eigenschaften müssen unabhängig voneinander bestimmt werden. In Fällen vorhandener Abhängigkeiten müssen die Bedingungen und Effekte vom Hersteller angegeben werden.

17.2 Druckbereich

Der Bereich des Umgebungsdruckes, in dem die Eigenschaften des Mikrofons um nicht mehr als ± 2 dB abweichen. Gibt der Hersteller an, dass das Mikrofon für Anwendungen mit großen Änderungen des Umgebungsdruckes geeignet ist (z. B. ein Schallsystem für die Luftfahrt), muss auch die maximal zulässige Änderungsgeschwindigkeit des Umgebungsdruckes angegeben werden.

17.3 Temperaturbereich

Der Temperaturbereich, in dem die Eigenschaften des Mikrofons um nicht mehr als ± 2 dB abweichen.

17.4 Bereich relativer Luftfeuchte

Der Bereich relativer Luftfeuchte, in dem die Eigenschaften des Mikrofons um nicht mehr als ± 2 dB abweichen.

18 Äußere Einflussgrößen

18.1 Allgemeines

18.1.1 Angaben und Messverfahren

Mikrofone unterliegen vielen äußeren Einflüssen, für die ein Ausschluss oder eine Begrenzung äußerst wichtig sein kann. Da jedoch äußere Einflüsse auf Grund von Nichtlinearitäten die Ursache sehr verwickelter Störungen sein können, kann kein allgemeingültiges Messverfahren für ihre Ermittlung angegeben werden. Der spezielle Fall externer Einflüsse – bekannt als elektromagnetische Kompatibilität – wird in Abschnitt 19 abgehandelt. Die Angaben werden immer Gegenstand von Gesprächen zwischen Lieferant und Anwender sein und gegebenenfalls zu Laborüberprüfungen und/oder Feldtests führen.

Die unten angegebenen Messverfahren (18.2 bis 18.4) beziehen sich nur auf den äußeren Einfluss von:

- mechanischen Schwingungen;
- Wind;
- „Pop“-Effekt.

Die angegebenen Verfahren sind weder vollständig noch endgültig, sie sollen aber nützliche Vorgaben sein.

18.1.2 Andere äußere Einflüsse

Für alle anderen als die angegebenen äußeren Einflüsse in den nachstehenden Abschnitten müssen Festlegungen in Übereinstimmung zwischen Lieferant und Anwender festgelegt werden.

18.2 Äquivalenter Schalldruck bei mechanischen Schwingungen

18.2.1 Festzulegende Kenngrößen

Für eine mechanische Schwingung, die durch den Effektivwert der Beschleunigung, die Frequenz und die Richtung festgelegt wird, entspricht bei Abwesenheit eines Schallfeldes der äquivalente Schalldruck dem der Schwingung. Der äquivalente Schalldruck muss für die Richtung der Schwingung festgelegt werden, in der der maximale Einfluss auftritt. Die Richtungen sowohl für maximalen als auch für minimalen Einfluss sind festzulegen.

ANMERKUNG 1 Der äquivalente Schalldruck kann für Schwingungen bei festgelegten Frequenzen oder innerhalb festgelegter Frequenzbänder mit einer Bezugsfrequenz als geometrische Mittenfrequenz festgelegt werden.

ANMERKUNG 2 Falls lineare Bezüge vorliegen, kann der äquivalente Schalldruck als Übertragungsfaktor festgelegt werden mit Bezug auf den äquivalenten Schalldruck und die Beschleunigung.

18.2.2 Messverfahren

Für Messungen ist wie folgt vorzugehen.

- a) Das Mikrofon wird unter Nennbedingungen ohne äußeres Schallfeld angeschlossen.
- b) Eine mechanische Schwingung mit festgelegtem Effektivwert der Beschleunigung und einer festgelegten Frequenz oder eines festgelegten Frequenzbandes wird angelegt.
- c) Die effektive Ausgangsspannung U_2 und die effektive Beschleunigung werden gemessen

- d) Der effektive Schalldruck wird aus U'_2 und der Nennempfindlichkeit berechnet. Die Beschleunigung und die Richtung der Schwingung muss festgelegt werden.
- e) Eine Prüfung ist durchzuführen, um die Richtung des minimalen Einflusses der Schwingung zu ermitteln. Diese Richtung wird auch festgelegt.
- f) Die Messung wird vorzugsweise durchgeführt mit einer gleitenden Frequenz bis hoch zu 250 Hz.
- g) Falls lineare Zusammenhänge zwischen dem äquivalenten Schalldruck und der Beschleunigung bestehen, kann der Übertragungsfaktor bestimmt werden. Bei starker Abhängigkeit von der Frequenz können mehr Werte oder die komplette Charakteristik angegeben werden.

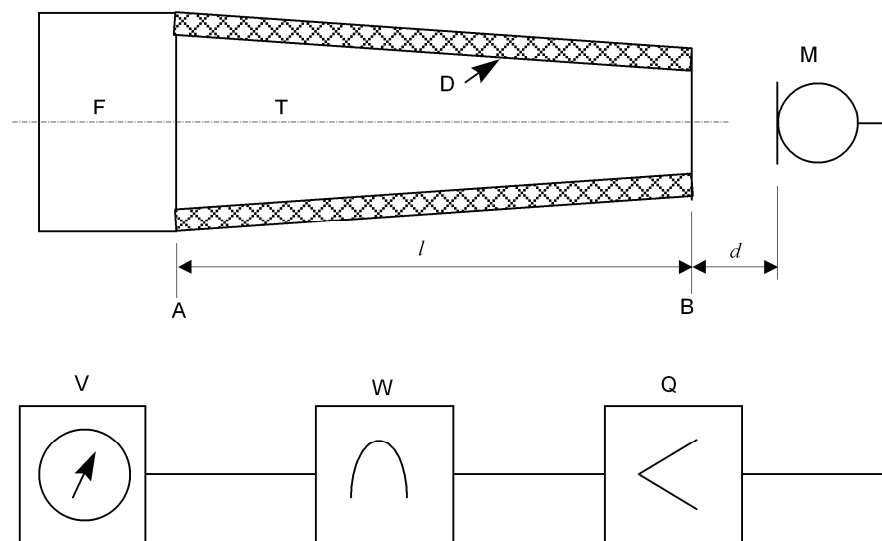
18.3 Äquivalenter Schalldruckpegel für Wind

18.3.1 Festzulegende Kenngrößen

Für Wind nach Geschwindigkeit und Richtung der äquivalente Schalldruck in Abwesenheit eines Schallfeldes. Der äquivalente Schalldruck muss für die Windrichtung mit größtem Einfluss angegeben werden. Die Richtungen für größten und geringsten Einfluss müssen angegeben werden. Neben dem bewerteten Breitbandpegel kann der äquivalente Schalldruck auch für Terz- oder Oktavbänder im Übertragungsbereich des Mikrofons und für weitere Windgeschwindigkeiten neben dem Bezugswert von 10 m/s angegeben werden.

18.3.2 Messverfahren

Alle Messungen des Windgeräusches unterliegen starken Änderungen, wenn der Luftstrom an der Quelle turbulent ist oder Turbulenzen zwischen Quelle und Mikrofon hervorruft. Nach der Erprobung mehrerer Verfahren hat sich das Windkanal-Verfahren als am geeignetsten erwiesen, die natürlichen Windbedingungen nachzubilden. Dennoch bleibt es immer noch schwierig, die Eigenschaften von erzeugtem Wind zu beschreiben und sie mit ausreichender Genauigkeit zu messen. Deshalb ist es derzeit besser, den Windgenerator durch mechanische Eigenschaften festzulegen.



Legende

F	geräuscharmes Gebläse
A	Einlassöffnung des Windkanals
T	Windkanal
D	Dämmmaterial
B	Auslassöffnung des Windkanals
l	Kanallänge
d	Messentfernung zwischen dem Mikrofon und dem Kanalauslass
M	zu prüfendes Mikrofon
Q	Verstärker
W	Bewertungsfilter/Bandfilter (wahlweise)
V	Spannungsmessgerät

Bild 3 – Aufbau zur Messung der Windempfindlichkeit

Zwei verschiedene Lösungen wurden untersucht, eine kürzere mit Radialventilator und eine längere mit Axialventilator (siehe Bild 4). Erstere wurde von mehreren Institutionen entwickelt und hat sich zur Ermittlung reproduzierbarer Ergebnisse als geeignet erwiesen. Ähnliche Erfahrungen bei der zweiten Lösung sind noch nicht bekannt. Vergleichende Messungen zwischen dem ersten Aufbau und anderen Windgeneratoren zeigten, dass größere Unterschiede zu erwarten sind. Deshalb muss bei den angegebenen Windübertragungskoeffizienten auch festgehalten werden, ob Maschine 1 oder Maschine 2 verwendet wurde.

Eine Blockdarstellung der Messanordnung gibt Bild 3 wieder. Das zu prüfende Mikrofon wird in einer Entfernung von 25 cm vor dem Auslassrohr des Windkanals aufgestellt. Der Windkanal wird in einem Raum betrieben, der keine Rückwirkung auf die Messergebnisse hat, z. B. in einem reflexionsarmen Raum. Die Ausgangsspannung des Mikrofons für Wind wird mit A-Bewertungsfilter nach IEC 60268-1 gemessen und wahlweise als Terz- oder Oktavbandwert dargestellt. Mikrofone mit abnehmbarem Windschutz müssen ohne und mit Windschutz gemessen werden.

ANMERKUNG 1 Bild 4 zeigt die zwei verschiedenen Maschinen zur Erzeugung eines Luftstromes. Die inneren Kanaloberflächen müssen so hergestellt sein, dass ein homogener Luftstrom zustande kommt. Die Abmessungen sind gegenüber denjenigen des zu prüfenden Mikrofons ausreichend groß zu wählen. Die höhere Windgeschwindigkeit am Auslass von Maschine 1 wird durch eine konische Querschnittsverringeringung erreicht. Um eine laminare Strömung aufzubauen, muss die Innenseite der Maschine 2 mit Mineralwolle von 2,5 cm Dicke und einer Dichte von 55 kg/m^3 oder ähnlichem Kunststoffschaum ausgekleidet werden. Trotz der notwendigen Geschwindigkeit müssen die akustischen Geräusche der Gebläse vernachlässigbar klein sein. Der Messabstand von 25 cm wurde gewählt, um einen Turbulenzgrad zu erreichen, der dem des natürlichen Windes möglichst entspricht.

ANMERKUNG 2 In der Natur des Windgeräusches liegt es, dass Druckschwankungen, deren Frequenz unterhalb des Übertragungsbereiches liegen (so dass sie nicht direkt übertragen werden), Mikrofon-Ausgangssignale erzeugen können, die so stark sind, dass Eingangsstufen von Verstärkern übersteuert werden können. Es ist darauf zu achten, dass solche Übersteuerungseffekte ausgeschlossen werden.