

DIN EN 60268-4

ICS 33.160.50

EntwurfEinsprüche bis 2018-03-19
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60268-4:2016-07**Elektroakustische Geräte –
Teil 4: Mikrofone
(IEC 100/2992/CDV:2017);
Deutsche Fassung prEN 60268-4:2017**Sound system equipment –
Part 4: Microphones
(IEC 100/2992/CDV:2017);
German version prEN 60268-4:2017Equipments pour systèmes électroacoustiques –
Partie 4: Microphones
(IEC 100/2992/CDV:2017);
Version allemande prEN 60268-4:2017**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-01-19 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, 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 109 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE
DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS)

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN 60268-4:2017 „Elektroakustische Geräte – Teil 4: Mikrofone“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (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. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 100/2992/CDV:2017 „Sound system equipment – Part 4: Microphones“ unverändert in den Entwurf prEN 60268-4:2017 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV 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.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 742.6 „Mikrofone und Kopfhörer“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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

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

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten 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.

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

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60268-4:2016-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Vorgänger-Ausgabe wurde grundlegend technisch überarbeitet,
- b) diese Ausgabe enthält folgende technisch signifikante Änderungen:
 - die Pop Messung wurde durch vorherigen Anhang ersetzt,
 - ein neuer Anhang für Geräuschmessungen im digitalen Bereich wurde hinzugefügt.

**Elektroakustische Geräte –
Teil 4: Mikrofone**

Inhalt		Seite
Nationales Vorwort		2
1	Anwendungsbereich	6
2	Normative Verweisungen	6
3	Begriffe	7
4	Allgemeine Bedingungen	8
4.1	Allgemeines	8
4.2	Messbedingungen	8
4.2.1	Allgemeines	8
4.2.2	Nennbedingungen	9
5	Einzelbedingungen	9
5.1	Anfangsbedingungen	9
5.2	Schallquelle	10
5.3	Messung des Schalldruckes	10
5.4	System für Spannungsmessungen	10
5.5	Akustische Umgebung	10
5.5.1	Allgemeines	10
5.5.2	Freifeldbedingungen	10
5.5.3	Bedingungen für das Diffusfeld	12
5.5.4	Mikrofon, das über einen kleinen Hohlraumkuppel an die Schallquelle gekoppelt ist	13
5.6	Verfahren zur Messung des Frequenzgangs	13
5.6.1	Punkt-zu-Punkt-Verfahren und stetiges Frequenzänderungsverfahren	13
5.6.2	Kalibrierungsverfahren	14
5.7	Gesamtgenauigkeit	14
5.8	Grafische Darstellung der Ergebnisse	14
6	Typbeschreibung (akustisches Verhalten)	14
6.1	Wandlerprinzip	14
6.2	Art des Mikrofons	15
6.3	Art der Richtcharakteristik	15
6.4	Anwendung	15
7	Anschlüsse und Einstellmöglichkeiten	15
7.1	Kennzeichnung	15
7.2	Steckverbinder und elektrische Anpasswerte	15
8	Bezugspunkt und Bezugsachse	15
8.1	Bezugspunkt	15
8.2	Bezugsachse	16

	Seite
9 Nenn-Stromversorgung	16
9.1 Anzugebende Kenngrößen	16
9.2 Messverfahren	16
10 Elektrische Impedanz	16
10.1 Interne Impedanz	16
10.1.1 Anzugebende Kenngröße	16
10.1.2 Messverfahren	16
10.2 Nennimpedanz	17
10.3 Nenn-Mindest-Lastimpedanz	17
11 Übertragungskoeffizient	17
11.1 Allgemeines	17
11.2 Übertragungskoeffizienten in Bezug auf die akustische Umgebung	18
11.2.1 Freifeldübertragungskoeffizient	18
11.2.2 Diffusfeldübertragungskoeffizient	19
11.2.3 Nahbesprechungsübertragungskoeffizient und Nahfeldübertragungskoeffizient	19
11.2.4 Druckübertragungskoeffizient	20
11.3 Nennübertragungskoeffizient	20
12 Übertragungsfunktion	21
12.1 Frequenzgang	21
12.1.1 Anzugebende Kenngröße	21
12.1.2 Messverfahren	21
12.1.3 Grafische Darstellung der Ergebnisse	21
12.2 Effektiver Frequenzbereich	21
12.2.1 Anzugebende Kenngröße	21
12.2.2 Messverfahren	21
13 Richtungseigenschaften	22
13.1 Richtcharakteristik	22
13.1.1 Anzugebende Kenngröße	22
13.1.2 Messverfahren	22
13.1.3 Grafische Darstellung der Ergebnisse	23
13.2 Bündelungsmaß	23
13.2.1 Anzugebende Kenngröße	23
13.2.2 Messverfahren	23
14 Amplituden-Nichtlinearität	24
14.1 Allgemeines	24
14.2 Klirrfaktor	24
14.2.1 Anzugebende Kenngröße	24
14.2.2 Messverfahren	24

	Seite
14.3 Klirrfaktor n -ter Ordnung ($n = 2, 3, \dots$)	25
14.3.1 Anzugebende Kenngröße	25
14.3.2 Messverfahren	25
14.4 Differenzton-Verzerrung zweiter Ordnung	25
14.4.1 Anzugebende Kenngröße	25
14.4.2 Messverfahren	25
15 Begrenzungsverhalten	26
15.1 Höchst-Spitzennennschalldruck	26
15.2 Grenzschalldruck	26
15.2.1 Anzugebende Kenngröße	26
15.2.2 Messverfahren	26
16 Symmetrie	27
16.1 Symmetrie des Mikrofonausganges	27
16.2 Symmetrie im Betriebszustand	27
17 Äquivalenter Schalldruckpegel der Eigenstörspannung	28
17.1 Anzugebende Kenngröße	28
17.2 Messverfahren	28
18 Umgebungsbedingungen	28
18.1 Allgemeines	28
18.2 Druckbereich	29
18.3 Temperaturbereich	29
18.4 Bereich relativer Luftfeuchte	29
19 Äußere Einflussgrößen	29
19.1 Allgemeines	29
19.1.1 Angabe und Messverfahren	29
19.1.2 Andere äußere Einflüsse	29
19.2 Äquivalenter Schalldruck bei mechanischen Schwingungen	29
19.2.1 Anzugebende Kenngröße	29
19.2.2 Messverfahren	30
19.3 Äquivalenter Schalldruckpegel für Wind	30
19.3.1 Anzugebende Kenngröße	30
19.3.2 Messverfahren	30
19.4 Transienter äquivalenter Schalldruck für den „Pop“-Effekt	33
19.4.1 Anzugebende Kenngröße	33
19.4.2 Messverfahren	34
20 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	35
20.1 Regulatorische Anforderungen	35
20.2 Anforderungen zur Sicherstellung der Programmqualität	35

	Seite
20.3 Leistungskriterien	36
20.3.1 Kriterium A.....	36
20.3.2 Kriterium B.....	37
20.4 Prüfung auf Störfestigkeit während akustischer Störsignale.....	37
20.5 Störfestigkeit gegenüber frequenzmodulierter Störstrahlung.....	37
20.6 Störfestigkeit gegenüber magnetischen Feldern.....	37
20.7 Störfestigkeit gegenüber Welligkeit auf Gleichstromversorgungen	38
20.8 Permanentes Magnetfeld	38
20.9 Auswertung und Darstellung der Prüfergebnisse.....	38
21 Physikalische Kenngrößen	38
21.1 Maße.....	38
21.2 Gewicht.....	38
21.3 Kabel und Anschlüsse	38
22 Klassifizierung der anzugebenden Kenngrößen	39
Anhang A (normativ) Zusätzliche Kenngrößen.....	42
A.1 Kenn-Übertragungskoeffizient für Sprache	42
A.1.1 Anzugebende Kenngröße	42
A.1.2 Messverfahren.....	42
A.2 Vor-Rück-Empfindlichkeitsindex (0° bis 180°).....	43
A.2.1 Anzugebende Kenngröße	43
A.2.2 Messverfahren.....	43
A.3 Störschall-Unterdrückungsindex	43
A.3.1 Anzugebende Kenngröße	43
A.3.2 Messverfahren.....	43
A.4 Besondere Kenngrößen für Stereomikrofone.....	44
A.4.1 Allgemeines	44
A.4.2 Hauptachsenwinkel eines XY-(links-rechts-)Mikrofons	44
A.4.2.1 Anzugebende Kenngröße	44
A.4.2.2 Messverfahren.....	44
A.4.3 Akzeptanzwinkel.....	44
A.4.3.1 Anzugebende Kenngröße	44
A.4.3.2 Messverfahren.....	44
Anhang B (informativ) Aufbau eines schallgedämmten Messvolumens	45
Anhang C (informativ) Empfehlungen für professionelle digitale Mikrofone.....	47
C.1 Allgemeines	47
C.2 Datenblätter für digitale Mikrofone	47
Anhang D (informativ) Empfohlenes Verfahren zur Messung von Geräuschpegeln nach ITU-R BS.468-4 im digitalen Bereich	50
D.1 Anwendungsbereich	50

	Seite
D.2 Empfohlenes Verfahren	50
D.3 Matlab-Code	51
Literaturhinweise	54
Bilder	
Bild 1 – Symmetrie des Ausgangs	27
Bild 2 – Symmetrie unter Betriebsbedingungen	27
Bild 3 – Aufbau zur Messung der Windempfindlichkeit	31
Bild 4 – Windmaschinen, Typ 1 (Bild 4a) und Typ 2 (Bild 4b)	33
Bild 5 – Elektrischer und mechanischer Aufbau zur Messung des „Pop“-Effektes	34
Bild B.1 – Aufbau eines schallgedämmten Messvolumens	46
Bild D.1 – ITU-Bewertungsfilter für bewertete und unbewertete Messungen. Die Grafik links stellt die CCIR-1k-Kurve dar	50
Bild D.2 – Spitzenwertgleichrichterschema	51
Tabellen	
Tabelle 1 – Nachhallzeit des leeren Raumes	12
Tabelle 2 – Beispiele für EMV-Verordnungen und Normen	35
Tabelle 3 – Grundlegende EMV-Normen und ihre Anwendung auf Mikrofone	36
Tabelle 4 – Klassifizierung der Kenngrößen	39
Tabelle A.1 – Bewertungsfaktor der Sprachleistung bei Mittenfrequenzen von Oktavbändern	42
Tabelle C.1 – Klassifikation empfohlener Eigenschaften	47
Tabelle C.2 – Zusätzliche anzugebende digitale Eigenschaften	49
Tabelle D.1 – Zeitkonstanten für die beiden Spitzenwertgleichrichter	51

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60268 gibt Messverfahren für elektrische Impedanz, Übertragungskoeffizienten, Richtungseigenschaften, Dynamikbereich und externe Einflüsse von Mikrofonen elektroakustischer Anlagen und die durch den Hersteller anzugebenden Eigenschaften an.

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

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

Die wesentlichen Kenngrößen eines Mikrofons werden in den Abschnitten 6 bis 21 betrachtet. Zusätzliche Kenngrößen werden in Anhang A und Anhang C berücksichtigt.

ANMERKUNG Die in dieser Norm angegebenen Kenngrößen beschreiben nicht das subjektive Verhalten eines Mikrofons. Zur Beschreibung von Mikrofon-Leistungsdaten sind weitere Arbeiten notwendig, um neue Festlegungen und Messverfahren für eine spätere Einführung von objektiven Kenngrößen anstelle zumindest einiger der subjektiven Festlegungen 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).

CISPR 35:2016, *Electromagnetic compatibility of multimedia equipment – Immunity requirements*

IEC 60268-1:1985, *Sound system equipment – Part 1: General*
Amendment 1:1988
Amendment 2:1988

IEC 60268-2:1987, *Sound system equipment – Part 2: Explanation of general terms and calculation methods*
Amendment 1:1991

IEC 60268-3:2013, *Sound system equipment – Part 3: Amplifiers*

IEC 60268-5:2003, *Sound system equipment – Part 5: Loudspeakers*
Amendment 1:2007

IEC 60268-11:1987, *Sound system equipment – Part 11: Application of connectors for the interconnection of sound system components*
Amendment 1:1989
Amendment 2:1991

IEC 60268-12:1987, *Sound system equipment – Part 12: Application of connectors for broadcast and similar use*
Amendment 1:1991
Amendment 2:1994

IEC 61000-4-2:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*
Amendment 1:2007
Amendment 2:2010

IEC 61000-4-4:2012, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-6:2013, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-8:2009, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-16:2015, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-16: Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz*

IEC 61000-4-17:1999, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-17: Testing and measurement techniques – Ripple on d.c. input power port immunity test*
Amendment 1:2001
Amendment 2:2008

IEC 61260-1:2014, *Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters – Part 1: Specifications*

IEC 61938:2013, *Multimedia systems – Guide to the recommended characteristics of analogue interfaces to achieve interoperability*

ITU-T Recommendation P.51:1996, *Artificial mouth*

EN 55103-2:2009, *Electromagnetic compatibility – Product family standard for audio, video, audio-visual and entertainment lighting control apparatus for professional use – Part 2: Immunity*

EN 300 422-2 V1.3.1:2011, *Electromagnetic compatibility and radio spectrum matters (ERM) – Wireless microphones in the 25 MHz to 3 GHz frequency range – Part 2: Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60268-1 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC unterhalten Terminologie-Datenbanken zur Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Fernfeldmikrofon

Mikrofon zur Benutzung in einer Entfernung von hauptsächlich 1 m oder mehr von der Schallquelle

3.2

Nahfeldmikrofon

Mikrofon zur Verwendung in einem Abstand von etwa 30 cm

3.3

Nahbesprechungsmikrofon

Mikrofon zur Benutzung in einer Entfernung von etwa 25 mm von der Schallquelle

ANMERKUNG 1 zu 3.1 – 3.3: Die drei Begriffe „Fernfeldmikrofon“, „Nahfeldmikrofon“ und „Nahbesprechungsmikrofon“ beschreiben keine Mikrofontypen sondern Mikrofonanwendungen (siehe 6.4). Ein bestimmtes Mikrofon darf auch mehrere Anwendungen haben; die Begriffe helfen jedoch bei der Festlegung der Messverfahren.

4 Allgemeine Bedingungen

4.1 Allgemeines

Besonders verwiesen wird auf IEC 60268-1 betreffend:

- Einheiten und Maßsysteme;
- Messfrequenzen;
- anzugebende Größen und ihre Unsicherheit (siehe auch 5.7);
- Kennzeichnung (siehe auch 7.1);
- Umgebungsbedingungen;
- Filter, Netzwerke und Messgeräte zur Geräuschkennzeichnung und Geräuschmessung;
- Einzelangaben und Modellangaben;
- grafische Darstellung der Eigenschaften;
- Maßstäbe für die grafische Darstellung;
- Sicherheit von Personen und Brandschutz;
- Verfahren zur Erzeugung eines homogenen magnetischen Wechselfeldes;
- Spulen zur Messung der magnetischen Feldstärke;

und auf IEC 61938 betreffend Speisung von Mikrofonen.

4.2 Messbedingungen

4.2.1 Allgemeines

Zur Erleichterung der Angaben, nach denen Mikrofone für die Messung eingerichtet werden müssen, wurden in dieser Norm 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 angegeben: Freifeld, Nahfeld und Nahbesprechung. Die Unterschiede dieser Bedingungen liegen im Abstand zur Schallquelle und dem Schalldruckpegel 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 angegeben sind.

Drei Nenngrößen sind Grundbestandteil für diese Konzepte:

- Nenn-Stromversorgung (siehe 9.1);
- Nennimpedanz (siehe 10.2);
- Nennübertragungskoeffizient (siehe 11.3).

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

Der Wortbestandteil „Nenn-“ in der Anwendung auf andere Größen bezieht sich auf die Angabe oder Messung der jeweiligen Größe unter Nennbedingungen oder unter Bedingungen, die eindeutig mit ihnen zusammenhängen. Dies gilt für die folgenden zwei Größen:

- Nenn-Ausgangsspannung;
- äquivalenter Nennschalldruckpegel der Eigenstörspannung.

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

4.2.2 Nennbedingungen

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

Das Mikrofon ist mit der Wirklast nach 5.4 angeschlossen oder wie vom Hersteller angegeben.

Falls das Mikrofon eine Stromversorgung benötigt, ist dies die Nenn-Stromversorgung.

Das Mikrofon (ausgenommen ein Nahbesprechungsmikrofon oder Nahfeldmikrofon) wird in ein Schallfeld eingebracht, das den Freifeldbedingungen nach 5.5.2 entspricht, dabei erfolgt die Wellenausbreitung unter null Grad bezogen auf die Bezugsrichtung.

Fernfeldmikrofone müssen unter Freifeldbedingungen gemessen werden.

Der unbeeinträchtigte Schalldruck (bei Abwesenheit des Mikrofons) im Schallfeld am Bezugspunkt des Mikrofons 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, entsprechend der ITU-T-Empfehlung P.51 angebracht und der unbeeinträchtigte Schalldruck im Schallfeld am Bezugspunkt ist sinusförmig und muss auf einen Effektivwert von 3 Pa (Schalldruckpegel 104 dB) eingestellt werden.

Bei Nahfeldmikrofonen wird das Mikrofon im Abstand von 30 cm vom künstlichen Mund, entsprechend der ITU-T-Empfehlung P.51 angebracht und der unbeeinträchtigte Schalldruck im Schallfeld am Bezugspunkt ist sinusförmig und muss auf einen Effektivwert von 1 Pa (Schalldruckpegel 94 dB) eingestellt werden.

Erfordert ein bestimmtes Mikrofon einen anderen Messpegel oder ein anderes Verfahren (z. B. Lavalier- oder Grenzflächenmikrofone), 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 Messfrequenz 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, aber nur, wenn für die entsprechenden Kenngrößen jeder Unterschied bei den Eigenschaften zwischen dem verwendeten Pegel und dem Referenzpegel mit der erforderlichen Genauigkeit bekannt ist.

5 Einzelbedingungen

5.1 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.

5.2 Schallquelle

Die Schallquelle muss in der Lage sein, am Ort des Mikrofons den Schalldruckpegel zu erzeugen, der in den Nennbedingungen festgelegt 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 Nahfeldmikrofonen muss die Schallquelle in einem Gehäuse betrieben werden, das den Schall durch eine geeignete Öffnung abstrahlt. Vorzugsweise ist diese Öffnung radialsymmetrisch zur Achse der Bezugsrichtung des Mikrofons.

5.3 Messung des Schalldruckes

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

5.4 System für Spannungsmessungen

Die Spannung, die das Mikrofon im Schallfeld erzeugt, muss durch die Verwendung eines Spannungsmessgeräts bestimmt werden, dessen Eingangswiderstand gegenüber der festgelegten Last des Mikrofons vernachlässigbar ist. Diese Last beträgt das 5-Fache der Nennimpedanz des Mikrofons, falls vom Hersteller nicht anders angegeben. Wenn externe Geräte, wie z. B. eine Stromversorgung, als eine Impedanz parallel zum Mikrofon anliegen, muss ihre Impedanz berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Mikrofone mit einer Nennimpedanz von 200 Ω haben oft eine tatsächliche interne Impedanz in der Größenordnung von 50 Ω , und viele von ihnen arbeiten am besten mit einer minimalen Lastimpedanz um 1 000 Ω .

5.5 Akustische Umgebung

5.5.1 Allgemeines

Das Mikrofon kann bei unterschiedlichen akustischen Bedingungen gemessen werden:

- a) im Freifeld oder ähnlich mit vernachlässigbaren Grenzeffekten, z. B. unter Verwendung von computer-generierten Schallquellensignalen 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.

5.5.2 Freifeldbedingungen

5.5.2.1 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 Niederfrequenzbereich 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:

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

Dabei ist

$1 - B$ der Beitrag des Druckanteils;

B der Beitrag des Druckgradientenanteils;

$k = 2\pi/\lambda$ oder $2\pi f/c$ (λ - Wellenlänge, c - Schallgeschwindigkeit);

$B = 0$ für den richtungsunabhängigen Typ (Kugelcharakteristik);

$B = 0,5$ für die Niere;

$B = 1$ für den bidirektionalen Druckgradiententyp (Acht).

Bei niedrigen Frequenzen wird es schwer, die Bedingungen für ebene Wellen in einem reflexionsarmen Raum zu erfüllen. Bei niedrigen 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 zum Bezugspunkt 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 zur Schallquelle (d. h. rechts, links, oberhalb und unterhalb des Mikrofons) dürfen sich nicht um mehr als 1 dB vom Pegel am Bezugspunkt des Mikrofons unterscheiden.

5.5.2.2 Kugelwellen

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

Die Ausgangsspannung 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 Haupt-Schalleintrittsöffnung des Mikrofons größer als die Wellenlänge, ist die Berechnung nur anwendbar, wenn der Messabstand übereinstimmt mit:

$$r \geq d$$

$$r \geq d^2/\lambda$$

Dabei ist

- r der Abstand von der Quelle zum Messpunkt;
 d der effektive Durchmesser der Schallquelle;
 λ die Schallwellenlänge.

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

5.5.2.3 Ebene fortschreitende Wellen

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

a) In einem Rohr

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

b) In einem 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.

Bei der Messung von Richtrohrmikrofonen und oberflächenbündig eingelassenen Mikrofonen können keine exakten Regeln angegeben werden und es ist schwierig, die geringste zulässige Entfernung festzulegen. Daher muss in diesen Fällen die verwendete Messentfernung angegeben werden.

5.5.2.4 Verwendung eines künstlichen Mundes

Um die Prüfbedingungen den tatsächlichen Betriebsbedingungen anzunähern, kann es notwendig sein, Erweiterungen der Messanordnung einzufügen, wie z. B. einen Kopf- und Rumpfsimulator bei Messungen an Nahbesprechungs- und Nahfeldmikrofonen mit einem künstlichen Mund (siehe 4.2.2). Falls Messungen bei derartigen Bedingungen durchgeführt werden, d. h. anders als mit künstlichem Mund unter annähernd reflexionsfreien Bedingungen, müssen Details zu der Messung bereitgestellt werden.

5.5.3 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 Quellen und Wänden hat, wobei die durch das Raumvolumen bedingte obere Grenzfrequenz zu beachten ist (siehe auch ISO 354).

Die Nachhallzeit T des leeren Raumes ist 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 das Volumen des Raumes in Kubikmetern;
 f die 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, ergibt sich der Mindestabstand r (in Metern) von der Quelle zum Messpunkt aus:

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

Dabei ist

- V das Volumen des Raumes in Kubikmetern;
 T die Nachhallzeit nach Sabine bei der Frequenz f .

ANMERKUNG Zur Erzeugung stationärer diffuser Schallfelder ohne Hallbedingungen haben sich verschiedene unkorrelierte Schallquellen erfolgreich bewährt.

5.5.4 Mikrofon, das über einen kleinen Hohlraumkuppler an die Schallquelle gekoppelt ist

Zur Bestimmung des Druckübertragungsmaßes eines Mikrofons wird ein starrer Hohlraum verwendet, um die Schallquelle an das Mikrofon zu koppeln. Dieses Verfahren ist nützlich, um das Druckübertragungsmaß eines Mikrofons durch Vergleich mit dem Übertragungsmaß eines kalibrierten Bezugsmikrofons zu bestimmen. Um einen genügend gleichmäßigen Schalldruck innerhalb des Hohlraums zu bekommen, darf dieses Verfahren nur innerhalb des Frequenzbereichs verwendet werden, in dem die Längenabmessungen des Hohlraums kleiner als ein Zehntel der Wellenlänge sind. Bei niedrigen Frequenzen muss auf die Vermeidung von Luftundichtigkeiten geachtet werden.

5.6 Verfahren zur Messung des Frequenzgangs

5.6.1 Punkt-zu-Punkt-Verfahren und stetiges Frequenzänderungsverfahren

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

a) Punkt-zu-Punkt-Verfahren

Große Sorgfalt ist erforderlich, damit alle Spitzen und Einbrüche der Frequenzgangkurve ermittelt werden. 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. Wird die Aufnahme an einer beliebigen Stelle angehalten, darf sich die Anzeige nicht um mehr als ± 1 dB ändern.

Nachstehende Messeinrichtungen dürfen 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 Prüfsignalarten und Systemantworten. Berücksichtigt der Anwender die inhärenten Grenzen und Randbedingungen, können die meisten angewendet werden. Werden die vorhandenen angegebenen Verfahren zur Bestimmung von Eigenschaften durch neue ersetzt, muss der Anwender sicherstellen, dass das Ergebnis mindestens so genau ist wie beim alten Verfahren. Jede Methode zur Messung des Frequenzgangs kann verwendet werden, solange es die gleichen Ergebnisse wie das Punkt-zu-Punkt-Verfahren oder das Verfahren mit stetiger Frequenzänderung liefert. Dabei sind neue Methoden und Verfahren für die Normung im Zusammenhang mit grundsätzlichen Erkenntnissen zu bekannten Eigenschaften zu berücksichtigen.

5.6.2 Kalibrierungsverfahren

Unabhängig von der Wahl des Punkt-zu-Punkt-Verfahrens 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 den gleichen Messpunkten 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 benötigten 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 innerhalb ± 1 dB decken und
- der Abstand zwischen den Mikrofonen so gewählt ist, dass der Schalldruck an jedem der beiden Messorte, unabhängig von der Anwesenheit des zweiten Mikrofons am anderen Ort, innerhalb ± 1 dB bleibt.

5.7 Gesamtgenauigkeit

Eine Gesamtgenauigkeit von ± 2 dB oder besser muss für die Messung aller Arten von Mikrofonen erzielt werden.

5.8 Grafische Darstellung der Ergebnisse

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

6 Typbeschreibung (akustisches Verhalten)

6.1 Wandlerprinzip

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

6.2 Art des Mikrofons

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

6.3 Art der Richtcharakteristik

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

6.4 Anwendung

Der Hersteller muss die beabsichtigte(n) Anwendung(en) des Mikrofons angeben, um den Einsatzschwerpunkt anzuzeigen, wie z. B. Fernfeld, Nahfeld oder Nahbesprechung.

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

Andere Anwendungen (z. B. für Grenzflächen- oder Ansteckmikrofone / Lavalier-Mikrofone) dürfen verwendet werden, falls Einzelheiten für die Messung und Festlegung zur Verfügung gestellt werden.

7 Anschlüsse und Einstellmöglichkeiten

7.1 Kennzeichnung

Empfehlungen zur Kennzeichnung der Anschlüsse und Einstellmöglichkeiten sind in IEC 60268-1:1985, Abschnitt 5, und IEC 61938:2013, 9.4.6 und 9.5.5 angegeben, unter Hinzufügen der folgenden Anforderung, falls das Mikrofon den Anforderungen nach IEC 61938, Abschnitt 9 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.

7.2 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.

8 Bezugspunkt und Bezugsachse

8.1 Bezugspunkt

Ohne klare Begründung für das Gegenteil muss der Bezugspunkt der Mittelpunkt der Haupt-Schalleintrittsöffnung sein. Abweichendes muss angegeben werden.

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

8.2 Bezugsachse

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

Die Bezugsachse sollte vorzugsweise senkrecht auf der Ebene der Haupt-Schalleintrittsöffnung des Mikrofons stehen und durch die Mitte der Öffnung verlaufen.

9 Nenn-Stromversorgung

9.1 Anzugebende 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-Spannung-Charakteristik.

9.2 Messverfahren

Für Messungen ist wie folgt vorzugehen:

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

10 Elektrische Impedanz

10.1 Interne Impedanz

10.1.1 Anzugebende Kenngröße

Der Betrag der internen Impedanz des Mikrofons, gemessen an den Ausgangsanschlüssen.

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

10.1.2 Messverfahren

Die interne Impedanz kann mit einem Vergleichsverfahren oder durch Beschallung und Messung der Ausgangsspannung unter verschiedenen Lastbedingungen 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 Während die interne Impedanz von Mikrofonen oft als ein ohmscher Widerstand angenommen wird und die Lastimpedanz als ohmsch angenommen wird, ist in vielen Fällen die interne Impedanz komplex, wie zum Beispiel bei einem ausgangsseitigen Kopplungskondensator, und die Eingangsimpedanz ist ebenso komplex, wie zum Beispiel bei einem Übertrager. Die Kombination dieser Impedanzen kann zu einer Resonanz innerhalb des Audio-Bandes und einer Steigerung negativer Effekte wie zum Beispiel Windgeräuschen führen.

b) Verfahren 2

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

Stellt die interne Impedanz näherungsweise einen Wirkwiderstand dar, darf das nachstehende einfache 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:

$$Z = \frac{U'_2 - U_2}{U_2} R_2$$

10.2 Nennimpedanz

Die Nennimpedanz muss vom Hersteller angegeben werden. Mikrofone sind generell dafür ausgelegt mit einer Lastimpedanz verbunden zu werden, die sehr viel höher ist als ihre Nennimpedanz (siehe 5.4 dieser Norm und IEC 61938:2013, 9.1) und sollten nicht mit Lasten unterhalb der niedrigsten zulässigen Lastimpedanz verwendet werden.

ANMERKUNG Die Empfehlungen nach IEC 61938 gehen von der Annahme aus, dass der fünffache Wert der Nennimpedanz in den meisten Fällen genügt. Diese Last bewirkt, dass der Ausgangsspannungspegel um 1,6 dB unterhalb der Leerlaufspannung liegt.

10.3 Nenn-Mindest-Lastimpedanz

Die Nenn-Mindest-Lastimpedanz ist die vom Hersteller angegebene geringste Impedanz, mit der das Mikrofon abgeschlossen werden darf.

ANMERKUNG Die Mindest-Lastimpedanz ist ein Kompromiss, der zu vernachlässigbaren Auswirkungen auf die Leistung führt.

11 Übertragungskoeffizient

11.1 Allgemeines

Der Übertragungskoeffizient ist das Verhältnis der Ausgangsspannung des Mikrofons zum Schalldruck, dem es ausgesetzt ist.

Der Übertragungskoeffizient M wird in Volt je Pascal ausgedrückt. Wenn das Mikrofon nicht mit einem Widerstand gleich dem Fünffachen der Nennimpedanz abgeschlossen ist, muss dies mit den Ergebnissen angegeben werden.

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_r .

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

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

- Freifeldübertragungskoeffizient (siehe 11.2.1) bezogen auf den Schalldruck im ungestörten Freifeld (in Abwesenheit des Mikrofons);
- Diffusfeldübertragungskoeffizient (siehe 11.2.2) bezogen auf den Schalldruck im ungestörten diffusen Schallfeld;
- Nahbesprechungsübertragungskoeffizient und Nahfeldübertragungskoeffizient (siehe 11.2.3) bezogen auf den Schalldruck im ungestörten Schallfeld in einer angegebenen kurzen Entfernung vom menschlichen oder künstlichen Mund;
- Druckübertragungskoeffizient (siehe 11.2.4) bezogen auf den tatsächlichen Schalldruck an der Hauptschalleintrittsöffnung des Mikrofons.

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

11.2 Übertragungskoeffizienten in Bezug auf die akustische Umgebung

11.2.1 Freifeldübertragungskoeffizient

11.2.1.1 Anzugebende Kenngröße

Das Verhältnis der Ausgangsspannung zum Schalldruck im ungestörten Freifeld für eine angegebene Frequenz oder innerhalb eines angegebenen Frequenzbandes und bei einer angegebenen Schalleinfallrichtung bezogen auf die Bezugsachse.

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

11.2.1.2 Messverfahren

Die Messbedingungen sind in den Abschnitten 4 und 5 angegeben. Für die Schalldruckmessung ist eine Freifeldkalibrierung des für die Messung eingesetzten Bezugsmikrofons erforderlich. Es ist wichtig sicherzustellen, dass die Richtung des Bezugsmikrofons während der Messung mit der Richtung während seiner Kalibrierung übereinstimmt.

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 niedrigen Frequenzen ist daher eine Kugelwelle zur Messung des Übertragungskoeffizienten eines ungerichteten Mikrofons für ebene Wellen (nur

Drucktyp) geeignet. Bei sehr niedrigen 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.

11.2.2 Diffusfeldübertragungskoeffizient

11.2.2.1 Anzugebende Kenngröße

Das Verhältnis der Ausgangsspannung zum Schalldruck im ungestörten Diffusfeld für eine angegebene Frequenz oder innerhalb eines angegebenen Frequenzbandes. Der Diffusfeldübertragungskoeffizient ist gleich dem Effektivwert der Freifeldübertragungskoeffizienten für alle Schalleinfallrichtungen. Das Diffusfeldübertragungsmaß ist gleich dem Freifeldübertragungsmaß für ebene Wellen (siehe 11.2.1) abzüglich des Bündelungsmaßes (siehe 13.2).

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

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.

11.2.2.2 Messverfahren

Der Diffusfeldübertragungskoeffizient kann auf zwei Arten bestimmt werden:

- Der Diffusfeldübertragungskoeffizient für eine gegebene Frequenz kann aus dem Freifeldübertragungskoeffizienten (siehe 11.2.1) und dem Richtdiagramm (siehe 13.1) 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 4 und 5 erfüllt sind. Vorzugsweise sollte eine rundstrahlende Schallquelle verwendet werden. Eine Diffusfeldkalibrierung des zur Messung des Schalldrucks verwendeten Bezugsmikrofons ist erforderlich.

11.2.3 Nahbesprechungsübertragungskoeffizient und Nahfeldübertragungskoeffizient

11.2.3.1 Anzugebende Kenngröße

Bei einer angegebenen Frequenz oder innerhalb eines angegebenen Frequenzbandes das Verhältnis der Ausgangsspannung 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 Bezugspunkt der Quelle liegen, wobei sich die Bezugsachse des Mikrofons zur Bezugsachse der Quelle in einer angegebenen Richtung befindet.

11.2.3.2 Messverfahren

Ein künstlicher Mund wird als Schallquelle verwendet (siehe 4.2.2). 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 Nahfeldmikrofone betragen. Die Bezugsachse des Mikrofons muss mit der Bezugsachse der Schallquelle übereinstimmen. Falls ein anderer Abstand und/oder eine andere Ausrichtung verwendet werden, müssen diese zusammen mit der Messung angegeben werden.

Das zur Messung des Schalldrucks verwendete Bezugsmikrofon muss für denselben Abstand wie in der Messung kalibriert werden. Es ist wichtig, dass die Ausrichtung des Bezugsmikrofons mit der im Kalibrierlabor angewendeten Ausrichtung übereinstimmt. Falls nicht anders angegeben, muss der Durchmesser der Mundöffnung 20 mm betragen.

11.2.4 Druckübertragungskoeffizient

11.2.4.1 Anzugebende Kenngröße

Bei einer angegebenen Frequenz oder innerhalb eines angegebenen Frequenzbandes das Verhältnis der Ausgangsspannung zum Schalldruck am akustischen Eingang des Mikrofons. Diese Festlegung gilt nur für Mikrofone mit einem einzigen akustischen Eingang.

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

11.2.4.2 Messverfahren

Der Druckübertragungskoeffizient kann in einer kleinen Kammer (Kuppler, Schallkalibrator) gemessen werden. Der Kalibrator erzeugt den Schalldruck zum Beispiel mit Hilfe eines schwingenden Kolbens. Zur genauen Berechnung des Schalldrucks muss das äquivalente Mikrophonvolumen 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 eine Gleichspannung an, der die tonfrequente Mess-Wechselspannung überlagert ist. Ohne die Gleichspannung zeigt das Mikrofon-Ausgangssignal eine Verdopplung der Frequenz gegenüber der angelegten Prüfspannung. Das elektrostatische Aktuator-Verfahren darf nur verwendet werden, wenn die Ergebnisse von Koppler- oder Freifeldbedingungen weniger als ± 1 dB abweichen. Dies erfordert üblicherweise den Einsatz einer Korrekturkurve.

11.3 Nennübertragungskoeffizient

Der Nennübertragungskoeffizient ist der vom Hersteller angegebene Freifeld-, Diffusfeld-, Nahbesprechungs- oder Druckübertragungskoeffizient. Dieser 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 Bezugsfrequenz 1 000 Hz ist.

Falls nicht anders angegeben, wird der Nennübertragungskoeffizient auf das Mikrofon unter Nennbedingungen bezogen. Der Hersteller kann den Nennübertragungskoeffizienten für eine angegebene Lastimpedanz angeben (siehe 5.4 und 11.1).

12 Übertragungsfunktion

12.1 Frequenzgang

12.1.1 Anzugebende Kenngröße

Unter angegebenen Bedingungen das Verhältnis der Ausgangsspannung als Funktion der Frequenz eines sinusförmigen Signals zur Ausgangsspannung bei einer festgelegten Frequenz (oder zur mittleren Ausgangsspannung 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. Die Angabe der Freifeld-Antwort wird dringend empfohlen, um die Antwort auf entfernte Schallquellen ermitteln zu können, selbst wenn der beabsichtigte Einsatz in größerer Nähe vorgesehen ist als daraus zu schließen ist. Wenn Freifeldbedingungen vorliegen, jedoch das Schallfeld keine ebene fortschreitende Welle ist, müssen ausreichende Einzelheiten angegeben werden.

Falls das Mikrofon für die Anwendungen Nahfeld oder Nahbesprechung ausgelegt ist (siehe 6.4), muss der Nahbesprechungs- oder Nahfeld-Frequenzgang angegeben werden. Er muss sich auf dieselbe Quelle und dieselbe geometrische Anordnung von Quelle und Mikrofon wie für die Angabe des Nahbesprechungs- oder Nahfeldübertragungskoeffizienten beziehen (siehe 11.2.3).

Jede andere in dieser Norm angegebene Frequenzganggröße darf ebenfalls angegeben werden, wie z. B. Schalldruck-Frequenzgang oder Diffusfeld-Frequenzgang. Angegebene außerhalb dieser Norm beschriebene Frequenzgangkurven können angegeben werden, jedoch nur für die akustische Umgebung nach 5.5, wenn es dadurch nicht zu einer Verwechslung kommt.

In den vom Hersteller veröffentlichten Technischen Daten muss der Frequenzgang im effektiven Frequenzbereich (12.2) mit der vom Hersteller garantierten Toleranz entweder als numerischer Wert oder als der Frequenzgangkurve überlagerte Grafik angegeben werden.

12.1.2 Messverfahren

Die allgemeinen Bedingungen für die Bestimmung der Frequenzgangkurven sind in den Abschnitten 4 und 5 angegeben.

12.1.3 Grafische Darstellung der Ergebnisse

Die grafische Darstellung der Messergebnisse muss in Übereinstimmung mit IEC 60268-1:1985, Abschnitt 10, sein.

12.2 Effektiver Frequenzbereich

12.2.1 Anzugebende Kenngröße

Der Frequenzbereich, in dem die Antwort des Mikrofons um nicht mehr als einen vorgegebenen Wert von der „Idealantwort“ für den gegebenen Anwendungsfall abweicht.

ANMERKUNG Der vom Hersteller als „ideal“ erachtete Frequenzgang könnte nicht völlig flach verlaufen. Aus künstlerischen Gründen kann sich dies sogar auf Mikrofone höchster Qualität beziehen. Bei Mikrofonen für Sprache kann der „ideale“ Frequenzgang so gewählt werden, dass maximale Verständlichkeit erreicht wird.

12.2.2 Messverfahren

Für angegebene relative Abweichungen von der angegebenen erforderlichen Frequenzgangkurve wird der effektive Frequenzbereich über die Kurve nach 12.1.1 gewonnen.

13 Richtungseigenschaften

13.1 Richtcharakteristik

13.1.1 Anzugebende Kenngröße

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

Die typischen Richtcharakteristiken für ebene fortschreitende Wellen sind anzugeben. Andere Messbedingungen, wie z. B. kugelförmige Schallwellen, können zusätzlich verwendet werden, wenn genügend Einzelheiten angegeben werden. Richtdiagramme müssen für eine ausreichende Anzahl 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 61260-1 entsprechen.

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

13.1.2 Messverfahren

Die Messbedingungen sind in den Abschnitten 4 und 5 angegeben. Das Mikrofon muss sich in einer im Wesentlichen ebenen fortschreitenden Welle befinden (siehe 5.5.2). Bei der Messung von stark bündelnden Mikrofonen im reflexionsarmen Raum ist Sorgfalt geboten. Die unvermeidbaren Reflexionen von den Wänden des Raumes können die Messwerte für den Übertragungskoeffizienten beeinflussen, insbesondere wenn die Ausgangsspannung des Mikrofons für einen Winkel gemessen wird, für den der Übertragungskoeffizient klein ist.

ANMERKUNG Um für Mikrofone großer Abmessungen richtige Ergebnisse zu erhalten, kann es notwendig sein, im Freien zu messen (siehe 5.5.2).

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 einschließend des Winkels „0“ verändert; für das schrittweise Messverfahren wird der Schalleinfallswinkel schrittweise variiert. Dabei ist jeder Schritt so klein, dass der zwischen zwei Schritten gemessene Pegelunterschied stets kleiner ist als 3 dB;
- 6) für jeden Winkel θ wird die zugehörige Ausgangsspannung $U(\theta)$ gemessen oder festgehalten;
- 7) das Verhältnis $\Gamma(\theta)$ des Übertragungskoeffizienten des Mikrofons beim Winkel θ zum Übertragungskoeffizienten beim Winkel „0“ wird als 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 die bevorzugten Frequenzen die Oktavmittelfrequenzen 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz, 4 000 Hz, 8 000 Hz und 16 000 Hz sind;
 - 9) falls das Mikrofon nicht rotationssymmetrisch ist, können Messungen der Richtcharakteristika in unterschiedlichen Ebenen durch die Bezugsachse des Mikrofons 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, muss die Bezugsachse des Mikrofons in Richtung des Winkels „0“ im Polardiagramm liegen.
- 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 Frequenzgangkurven für die verschiedenen Einfallswinkel θ bezogen auf die Bezugsachse dargestellt werden;
 - 7) von diesen Kurven kann das Verhältnis des Übertragungskoeffizienten des Mikrofons für einen Winkel θ zum Übertragungskoeffizienten für den Winkel „0“ bei einer festen Frequenz abgeleitet werden (Polarkurve (siehe 13.1.2 a)).

13.1.3 Grafische Darstellung der Ergebnisse

Die grafische Darstellung der Messergebnisse muss IEC 60268-1:1985, Abschnitt 10, entsprechen.

13.2 Bündelungsmaß

13.2.1 Anzugebende Kenngröße

Das Verhältnis, ausgedrückt in Dezibel, zwischen der Ausgangsspannung für ebene Schallwellen in Richtung der Bezugsachse zur Ausgangsspannung im diffusen Schallfeld bei gleicher Frequenz oder im gleichen Frequenzband und bei gleichem Effektivwert des Schalldrucks. Die Frequenz oder das Frequenzband muss angegeben werden.

13.2.2 Messverfahren

Das Bündelungsmaß D ergibt sich aus

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

Dabei ist

M_0 der Freifeldübertragungskoeffizient nach 11.2.1;

M_{diff} der Diffusfeldübertragungskoeffizient nach 11.2.2.

14 Amplituden-Nichtlinearität

14.1 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 Mikrofone von Bedeutung sein können, sind in 14.2 bis 14.4 beschrieben. Die Nichtlinearität des Schallfeldes sollte vernachlässigbar sein. Zur Messung stark linearer Mikrofone können besondere Vorkehrungen notwendig sein, um unter Einhaltung des erforderlichen hohen Schalldruckpegels eine geringe Verzerrung zu erreichen. Die Verzerrung muss unter angegebenen Bedingungen für Bandbreite und Pegel gemessen werden, die sich auf unterschiedliche Anwendungen beziehen.

14.2 Klirrfaktor

14.2.1 Anzugebende Kenngröße

Das Verhältnis, ausgedrückt in Prozent oder Dezibel, der Effektivsumme der harmonischen Spannungskomponenten der Ausgangsspannung zu der Gesamteffektiv-Ausgangsspannung.

Der Klirrfaktor ist die Folge einer Nichtlinearität im Amplitudenverlauf. Falls die Verzerrungen des Schallfeldes nicht hinreichend klein im Vergleich zur Mikrofon-Nichtlinearität sind, müssen andere Kenngrößen, z. B. Differenzton-Verzerrung (siehe 14.4), verwendet werden.

14.2.2 Messverfahren

Die entsprechenden Bedingungen der Abschnitte 4 und 5 zur Bestimmung des Klirrfaktors müssen eingehalten werden.

Ein selektives Spannungsmessgerät, beispielsweise ein Frequenzanalysator, wird mit dem Ausgang des zu prüfenden Mikrofons verbunden, gegebenenfalls unter Zwischenschaltung eines Hochpassfilters, um die Grundschwingung 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 Grundfrequenz wird mit einem breitbandigen Effektivwert-Messgerät am zu prüfenden Mikrofon gemessen.

Der Klirrfaktor kann mit folgenden Gleichungen ermittelt werden

in Prozent

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

und in Dezibel

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

Dabei ist

d_t der Klirrfaktor;

U_{nf} die Spannung der n -ten Harmonischen;

U_t die Gesamtspannung;

L_{dt} der Klirrfaktor in Dezibel.

Die nichtlineare Verzerrung des Schallfeldes, in welches das zu prüfende Mikrofon gebracht wird, muss erheblich niedriger sein als die Verzerrung durch das Mikrofon selbst (siehe 14.2.1).

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

14.3.1 Anzugebende Kenngröße

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

14.3.2 Messverfahren

Die entsprechenden Bedingungen der Abschnitte 4 und 5 zur Bestimmung des Klirrfaktors müssen eingehalten werden. Ein selektives Spannungsmessgerät, beispielsweise ein Frequenzanalysator, wird mit dem Ausgang des zu prüfenden Mikrofons verbunden, gegebenenfalls unter Zwischenschaltung eines Hochpassfilters, um die Grundfrequenz 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 Grundfrequenz 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 nichtlineare Verzerrung des Schallfeldes, in welches das zu prüfende Mikrofon gebracht wird, muss erheblich niedriger sein als die Verzerrung durch das Mikrofon selbst (siehe 14.2.1).

14.4 Differenzton-Verzerrung zweiter Ordnung

14.4.1 Anzugebende Kenngröße

Das Verhältnis des Ausgangssignals am Mikrofon bei einer Frequenz $f_d = 80$ Hz in einem Schallfeld zweier sinusförmiger Signale der 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 60268-2:1987, 7.2).

14.4.2 Messverfahren

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

Das Messverfahren muss dem Verfahren nach IEC 60268-3:2013, 14.12.8, entsprechen. Das Ergebnis wird angegeben

in Prozent

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

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 den Schalldruck der ersten 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.

Der Abstand zwischen den Bezugspunkten der Schallquellen und dem zu prüfenden Mikrofon wird so gewählt, dass die notwendigen Schalldruckpegel am Mikrofon erreicht werden.

15 Begrenzungsverhalten

15.1 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 den Wortbestandteil „Nenn-“, weil es vom Hersteller als Ergebnis einer Reihe von Untersuchungen angegeben wird und nicht zuverlässig durch einmalige Untersuchung gemessen werden kann (siehe IEC 60268-2).

15.2 Grenzschalldruck

15.2.1 Anzugebende Kenngröße

Der höchste Schalldruck einer ebenen Schallwelle, bei dem die Amplituden-Nichtlinearität des Mikrofons für jede Frequenz innerhalb des effektiven Frequenzbereichs und jede Schalleinfallrichtung einen angegebenen Wert nicht überschreitet. Grenzschalldruck muss unter Nennbedingungen gemessen werden (siehe 4.2.2), auch bei Betrieb mit der minimalen zulässigen Lastimpedanz.

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

15.2.2 Messverfahren

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

ANMERKUNG Nichtlinearitäten der Schallquellen und der Luft können das Verfahren begrenzen. Messungen zu Differenzfrequenzen nach 14.4.2 minimieren wenigstens den Einfluss der Nichtlinearitäten durch den Lautsprecher.

16 Symmetrie

16.1 Symmetrie des Mikrofonausganges

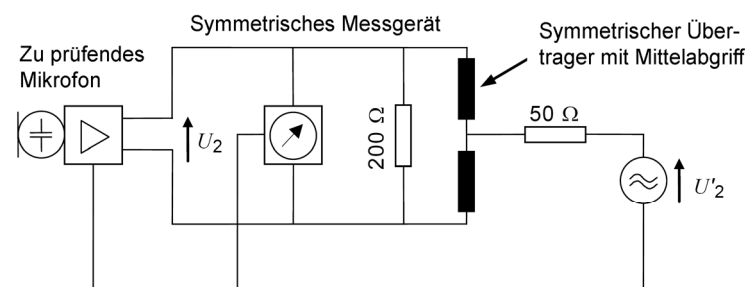


Bild 1 – Symmetrie des Ausgangs

Bild 1 zeigt die Messanordnung nach IEC 60268-2. Es wird des Weiteren auf IEC 60268-3:2013, 14.15, verwiesen. Alle Bedingungen für die Symmetrie von Quelle und Messeinrichtung sind auch für Mikrofonmessungen gültig. Der Lastwiderstand muss 200 Ω betragen. Die Quellimpedanz für das Prüfsignal U'_2 muss 50 Ω betragen. Die Symmetrie der Messanordnung muss ohne das Mikrofon geprüft werden, indem dieses durch einen Widerstand von 200 Ω ersetzt wird. Die „Symmetrie“ b in Dezibel wird berechnet mit

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

Damit die Ergebnisse nicht beeinflusst werden, sollte der äußere Schallpegel so niedrig wie möglich gehalten werden.

16.2 Symmetrie im Betriebszustand

Das in 15.1 angegebene 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).

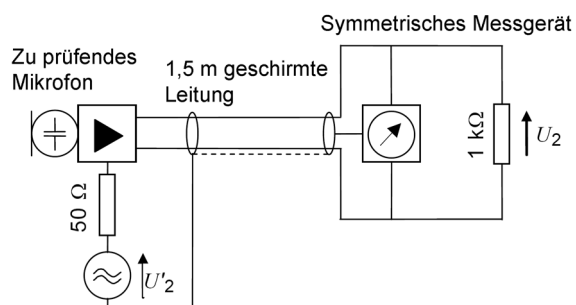


Bild 2 – Symmetrie unter Betriebsbedingungen

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 kΩ 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 16.1 berechnet.

17 Äquivalenter Schalldruckpegel der Eigenstörspannung

17.1 Anzugebende Kenngröße

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 Schalldruckpegel muss dieselbe sein wie für den Freifeld-Nennübertragungskoeffizienten.

Es muss angegeben werden, welcher Wert (Maximum, Mittelwert, typischer Wert) in den Daten festgehalten ist. Bevorzugt wird der Maximalwert.

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

17.2 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, jedoch sollte das Mikrofon sich 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“ elektrischen Bauteils als Ersatz für das Wandlerelement zu messen. Dieses misst jedoch auf Grund der vom Wandlerelement selbst beigetragenen Störspannung nicht genau den Störpegel des gesamten Mikrofons.

ANMERKUNG 3 Mit einem modernen Verstärker (40 dB bis 60 dB) ergibt sich ein ausreichender Abstand zum Mikrofonrauschen. Daher braucht das Verstärkerrauschen nicht berücksichtigt zu werden.

- b) Die vom Eigenrauschen herrührende bewertete Ausgangsspannung wird gemessen, indem die bewerteten Messungen nach IEC 60268-1:1985 verwendet werden. Psophometrische Quasi-Spitzenspannungsmessungen entsprechend IEC 60268-1:1985, 6.2.2, müssen einbezogen werden. Darüber hinaus wird empfohlen, A-bewertete Messungen nach IEC 60268-1:1985, 6.2.1, und unbewertete 1/3-Oktavmessungen nach IEC 60268-1:1985, 6.2.3, einzubeziehen.
- c) Mit dem durch einen Widerstand ersetzten Mikrofon bei Raumtemperatur identisch zur Nennimpedanz des Mikrofons muss die gemessene Ausgangsspannung weniger als ein Drittel des gemessenen Wertes unter b) sein, so dass das gewünschte Ergebnis um weniger als 10 % durch das interne Geräusch der Messeinrichtung und jegliches andere externe Geräusch erhöht wird.
- d) Der äquivalente Schalldruck bezogen auf die Eigenstörspannung ist das Verhältnis der Ausgangsspannung zum Freifeld-Nennübertragungskoeffizienten.
- e) Der äquivalente Schalldruckpegel in Dezibel ist das Verhältnis des äquivalenten Schalldrucks zum Bezugsschalldruck (20 μPa).

18 Umgebungsbedingungen

18.1 Allgemeines

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

18.2 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. eine Beschallungsanlage für die Luftfahrt), muss auch die maximal zulässige Änderungsgeschwindigkeit des Umgebungsdruckes angegeben werden.

18.3 Temperaturbereich

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

18.4 Bereich relativer Luftfeuchte

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

19 Äußere Einflussgrößen

19.1 Allgemeines

19.1.1 Angabe 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 komplizierter Störungen sein können, kann kein allgemeingültiges Messverfahren für ihre Ermittlung angegeben werden. Der spezielle Fall äußerer Einflüsse, bekannt als elektromagnetische Verträglichkeit, wird in Abschnitt 20 abgehandelt. Die Angaben werden immer Gegenstand von Gesprächen zwischen Lieferant und Anwender sein und gegebenenfalls zu Laborüberprüfungen und/oder Feldversuchen führen.

Die unten angegebenen Messverfahren (siehe 19.2 bis 19.4) beziehen sich nur auf äußere Einflüsse von:

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

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

19.1.2 Andere äußere Einflüsse

Für alle anderen als die angegebenen äußeren Einflüsse in dieser Norm müssen Angaben in Übereinstimmung zwischen Lieferant und Anwender vereinbart werden.

19.2 Äquivalenter Schalldruck bei mechanischen Schwingungen

19.2.1 Anzugebende Kenngröße

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

Der äquivalente Schalldruck kann für Schwingungen bei angegebenen Frequenzen oder innerhalb eines angegebenen Frequenzbandes mit einer Bezugsfrequenz als geometrische Mittenfrequenz angegeben werden. Falls lineare Zusammenhänge bestehen, kann der äquivalente Schalldruck als Übertragungsfaktor mit Bezug auf den äquivalenten Schalldruck und die Beschleunigung angegeben werden.

19.2.2 Messverfahren

Für Messungen ist wie folgt vorzugehen:

- a) Das Mikrofon wird unter Nennbedingungen und in einer Umgebung mit einem ausreichend niedrigen akustischen Hintergrundsignal angeschlossen.
- b) Eine mechanische Schwingung mit angegebenem Effektivwert der Beschleunigung und einer angegebenen Frequenz oder einem angegebenen Frequenzband wird angelegt. Die Richtung der Schwingung muss so gewählt werden, dass die maximale Ausgangsspannung erhalten wird.
- c) Die effektive Ausgangsspannung U'_2 und die effektive Beschleunigung werden gemessen.
- d) Der äquivalente Schalldruck wird aus U'_2 und dem Nennübertragungskoeffizienten berechnet. Die Beschleunigung und die Richtung der Schwingung muss angegeben werden.
- e) Eine Prüfung ist durchzuführen, um die Richtung des minimalen Einflusses der Schwingung zu ermitteln. Diese Richtung wird auch angegeben.
- f) Die Messung wird vorzugsweise mit einer aufsteigenden Frequenz bis 250 Hz durchgeführt.
- g) Falls lineare Zusammenhänge zwischen dem äquivalenten Schalldruck und der Beschleunigung bestehen, kann der Übertragungsfaktor angegeben werden. Bei starker Abhängigkeit von der Frequenz können mehr Werte oder die komplette Charakteristik angegeben werden.

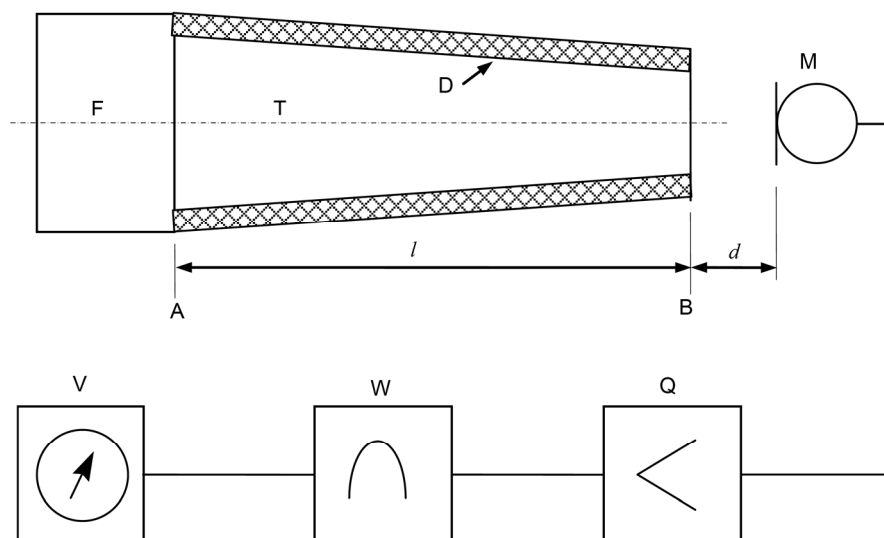
19.3 Äquivalenter Schalldruckpegel für Wind

19.3.1 Anzugebende Kenngröße

Für einen Wind, festgelegt durch Geschwindigkeit und Richtung, der äquivalente Schalldruck in Abwesenheit eines Schallfeldes. Der äquivalente Schalldruck muss für die Windrichtung mit größtem Einfluss angegeben werden. Die Richtungen sowohl für maximalen als auch für minimalen Einfluss müssen angegeben werden. Neben dem bewerteten Breitbandpegel kann der äquivalente Schalldruckpegel auch für Terz- oder Oktavbänder im effektiven Frequenzbereich des Mikrofons und für weitere Windgeschwindigkeiten neben dem Bezugswert von 10 m/s angegeben werden.

19.3.2 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 anzugeben.



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.

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 einem ähnlichen Material ausgekleidet werden. Trotz der notwendigen Geschwindigkeit müssen die akustischen Geräusche der Gebläse vernachlässigbar klein sein. Der Messab-