

DIN EN 60268-4

ICS 33.160.50

Ersatz für
DIN EN 60268-4:2011-01
Siehe Anwendungsbeginn

**Elektroakustische Geräte –
Teil 4: Mikrofone
(IEC 60268-4:2014);
Deutsche Fassung EN 60268-4:2014**

Sound system equipment –
Part 4: Microphones
(IEC 60268-4:2014);
German version EN 60268-4:2014

Equipements pour systèmes électroacoustiques –
Partie 4: Microphones
(CEI 60268-4:2014);
Version allemande EN 60268-4:2014

Gesamtumfang 58 Seiten

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

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2014-07-24 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2016-07-01.

Für DIN EN 60268-4:2011-01 besteht eine Übergangsfrist bis 2017-07-24.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60268-4:2012-12.

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.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“ erarbeitet.

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

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

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.

Änderungen

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

- a) Verdeutlichung der Klassifizierung der Kenngrößen (Tabelle 5);
- b) Verdeutlichung der grafischen Darstellung;
- c) Verdeutlichung von Umgebungseinflüssen;
- d) Abschnitt 20 bezüglich EMV wurde umgeschrieben;
- e) Toleranzen und spezifischere Werte für Geräuschemessungen;
- f) Aufnahme von Nahfeld-Frequenzgang für Abstände in der Größenordnung von 30 cm der Schallquelle zum Mikrofon.

Frühere Ausgaben

DIN 45590: 1960-02, 1974-03

DIN 45593: 1960-02, 1976-08

DIN 45591: 1963-12, 1974-02

DIN EN 60268-4: 2000-01, 2004-07, 2011-01

Deutsche Fassung

Elektroakustische Geräte –
Teil 4: Mikrofone
(IEC 60268-4:2014)

Sound system equipment –
Part 4: Microphones
(IEC 60268-4:2014)

Equipements pour systèmes électroacoustiques –
Partie 4: Microphones
(CEI 60268-4:2014)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2014-07-24 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

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

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

CENELEC

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

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2014 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60268-4:2014 D

Vorwort

Der Text des Dokuments 100/2116/CDV, zukünftige 5. Ausgabe von IEC 60268-4, erarbeitet vom IEC/TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 60268-4:2014 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2015-04-24
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2017-07-24

Dieses Dokument ersetzt EN 60268-4:2010.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60268-4:2014 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

CISPR 22	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 55022.
IEC 60065:2001	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60065:2002.
IEC 60065/A1:2005	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60065/A1:2006.
IEC 60065/A2:2010	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60065/A2:2010.
IEC 60958-4	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60958-4.
IEC 61000-3-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-3-2.
IEC 61000-3-3	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-3-3.
IEC 61606 (alle Teile)	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61606 (alle Teile).
IEC 61672-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61672-1.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Allgemeine Bedingungen	10
4.1 Allgemeines	10
4.2 Messbedingungen	10
4.2.1 Allgemeines	10
4.2.2 Nennbedingungen	11
5 Einzelbedingungen	11
5.1 Anfangsbedingungen	11
5.2 Schallquelle	12
5.3 Messung des Schalldruckes	12
5.4 System für Spannungsmessungen	12
5.5 Akustische Umgebung	12
5.5.1 Allgemeines	12
5.5.2 Freifeldbedingungen	12
5.5.3 Bedingungen für das Diffusfeld	14
5.5.4 Mikrofon, das über einen kleinen Hohlraumkuppler an die Schallquelle gekoppelt ist	15
5.6 Verfahren zur Messung von Frequenzkurven	15
5.6.1 Punkt-zu-Punkt-Verfahren und stetiges Frequenzänderungsverfahren	15
5.6.2 Kalibrierungsverfahren	16
5.7 Gesamtgenauigkeit	16
5.8 Grafische Darstellung der Ergebnisse	17
6 Typbeschreibung (akustisches Verhalten)	17
6.1 Wandlerprinzip	17
6.2 Art des Mikrofons	17
6.3 Art der Richtcharakteristik	17
6.4 Anwendungsprofil	17
7 Anschlüsse und Einstellmöglichkeiten	17
7.1 Kennzeichnung	17
7.2 Steckverbinder und elektrische Anpasswerte	18
8 Bezugspunkt und Bezugsachse	18
8.1 Bezugspunkt	18
8.2 Bezugsachse	18
9 Nenn-Stromversorgung	18
9.1 Anzugebende Kenngrößen	18

	Seite
9.2 Messverfahren.....	18
10 Elektrische Impedanz.....	18
10.1 Quellimpedanz.....	18
10.1.1 Anzugebende Kenngröße	18
10.1.2 Messverfahren.....	19
10.2 Nennimpedanz	19
10.3 Nenn-Mindest-Lastimpedanz	20
11 Übertragungskoeffizient.....	20
11.1 Allgemeines	20
11.2 Übertragungskoeffizienten in Bezug auf die akustische Umgebung.....	20
11.2.1 Freifeldübertragungskoeffizient	20
11.2.2 Diffusfeldübertragungskoeffizient	21
11.2.3 Nahbesprechungs- oder Nahfeldübertragungskoeffizient.....	22
11.2.4 Druckübertragungskoeffizient.....	22
11.3 Nennübertragungskoeffizient	23
12 Übertragungsfunktion	23
12.1 Frequenzgang	23
12.1.1 Anzugebende Kenngröße	23
12.1.2 Messverfahren.....	23
12.1.3 Grafische Darstellung der Ergebnisse	23
12.2 Effektiver Frequenzbereich	24
12.2.1 Anzugebende Kenngröße	24
12.2.2 Messverfahren.....	24
13 Richtungseigenschaften	24
13.1 Richtcharakteristik	24
13.1.1 Anzugebende Kenngröße	24
13.1.2 Messverfahren.....	24
13.1.3 Grafische Darstellung der Ergebnisse	25
13.2 Bündelungsmaß	26
13.2.1 Anzugebende Kenngröße	26
13.2.2 Messverfahren.....	26
14 Amplituden-Nichtlinearität.....	26
14.1 Allgemeines	26
14.2 Klirrfaktor	26
14.2.1 Anzugebende Kenngröße	26
14.2.2 Messverfahren.....	26
14.3 Klirrfaktor n -ter Ordnung ($n = 2, 3, \dots$).....	27
14.3.1 Anzugebende Kenngröße	27
14.3.2 Messverfahren.....	27

	Seite
14.4 Differenzton-Verzerrung zweiter Ordnung	28
14.4.1 Anzugebende Kenngröße	28
14.4.2 Messverfahren	28
15 Begrenzungsverhalten	28
15.1 Höchst-Spitzennennschalldruck.....	28
15.2 Grenzschalldruck	29
15.2.1 Anzugebende Kenngröße	29
15.2.2 Messverfahren	29
16 Symmetrie	29
16.1 Symmetrie des Mikrofonausganges.....	29
16.2 Symmetrie im Betriebszustand	30
17 Äquivalenter Schalldruckpegel der Eigenstörspannung	30
17.1 Anzugebende Kenngröße	30
17.2 Messverfahren.....	30
18 Umgebungsbedingungen	31
18.1 Allgemeines.....	31
18.2 Druckbereich	31
18.3 Temperaturbereich.....	31
18.4 Bereich relativer Luftfeuchte	31
19 Äußere Einflussgrößen	31
19.1 Allgemeines.....	31
19.1.1 Angabe und Messverfahren.....	31
19.1.2 Andere äußere Einflüsse.....	32
19.2 Äquivalenter Schalldruck bei mechanischen Schwingungen.....	32
19.2.1 Anzugebende Kenngröße	32
19.2.2 Messverfahren	32
19.3 Äquivalenter Schalldruckpegel für Wind	32
19.3.1 Anzugebende Kenngröße	32
19.3.2 Messverfahren	33
19.4 Transienter äquivalenter Schalldruck für den „Pop“-Effekt.....	36
19.4.1 Anzugebende Kenngröße	36
19.4.2 Messverfahren	37
20 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	38
20.1 Regulatorische Anforderungen	38
20.2 Anforderungen zur Sicherstellung der Programmqualität.....	38
20.3 Leistungskriterien	39
20.3.1 Kriterium A	39
20.3.2 Kriterium B	40
20.4 Prüfung auf Störfestigkeit während akustischer Störsignale	40

	Seite
20.5 Störfestigkeit gegenüber frequenzmodulierter Störstrahlung.....	40
20.6 Störfestigkeit gegenüber magnetischen Feldern.....	40
20.7 Störfestigkeit gegenüber Welligkeit auf Gleichstromversorgungen	41
20.8 Permanentes Magnetfeld	41
20.9 Auswertung und Darstellung der Prüfergebnisse.....	41
21 Physikalische Kenngrößen.....	41
21.1 Maße.....	41
21.2 Gewicht.....	41
21.3 Kabel und Anschlüsse	42
22 Klassifizierung der anzugebenden Kenngrößen	42
Anhang A (normativ) Zusätzliche Kenngrößen.....	44
A.1 Kenn-Übertragungskoeffizient für Sprache	44
A.1.1 Anzugebende Kenngröße	44
A.1.2 Messverfahren.....	44
A.2 Vor-Rück-Empfindlichkeitsindex (0° bis 180°).....	45
A.2.1 Anzugebende Kenngröße	45
A.2.2 Messverfahren.....	45
A.3 Störschall-Unterdrückungsindex	45
A.3.1 Anzugebende Kenngröße	45
A.3.2 Messverfahren.....	45
A.4 Besondere Kenngrößen für Stereomikrofone.....	46
A.4.1 Allgemeines	46
A.4.2 Hauptachsenwinkel eines XY-(links-rechts-)Mikrofons	46
A.4.3 Akzeptanzwinkel.....	46
Anhang B (informativ) Aufbau eines schallgedämmten Messvolumens	47
Anhang C (informativ) Vereinfachtes Verfahren für „Pop“-Messungen.....	48
C.1 Allgemeines	48
C.2 Messaufbau	48
C.3 Messverfahren.....	48
C.4 Näherungsweise Berücksichtigung von unterschiedlichen Frequenzgängen.....	49
Anhang D (informativ) Empfehlungen für professionelle digitale Mikrofone.....	51
D.1 Allgemeines	51
D.2 Datenblätter für digitale Mikrofone	51
Literaturhinweise.....	54
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	55

Bilder

Bild 1 – Symmetrie des Ausgangs	29
Bild 2 – Symmetrie unter Betriebsbedingungen	30
Bild 3 – Aufbau zur Messung der Windempfindlichkeit	33
Bild 4 – Windmaschinen, Typ 1 (Bild 4a) und Typ 2 (Bild 4b).....	35
Bild 5 – Elektrischer und mechanischer Aufbau zur Messung des „Pop“-Effektes	36
Bild B.1 – Aufbau eines schallgedämmten Messvolumens.....	47
Bild C.1 – Messaufbau	49
Bild C.2 – Prüfanordnung für den Übertragungskoeffizienten im Schallfeld	50

Tabellen

Tabelle 1 – Nachhallzeit des leeren Raumes	15
Tabelle 2 – Bezugssignal und Eigenschaften	37
Tabelle 3 – Beispiele für EMV-Verordnungen und Normen	38
Tabelle 4 – Grundlegende EMV-Normen und ihre Anwendung auf Mikrofone.....	39
Tabelle 5 – Klassifizierung der Kenngrößen	42
Tabelle A.1 – Bewertungsfaktor der Sprachleistung bei Mittenfrequenzen von Oktavbändern.....	44
Tabelle D.1 – Klassifikation empfohlener Eigenschaften	51
Tabelle D.2 – Zusätzliche anzugebende digitale Eigenschaften.....	53

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, Anhang C und Anhang D berücksichtigt.

ANMERKUNG Die in dieser Norm angegebenen Kenngrößen 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 Kenngrößen 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, *Electromagnetic compatibility of multimedia equipment – Immunity requirements*¹⁾

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^{N1)}

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

¹⁾ In Vorbereitung.

^{N1)} Nationale Fußnote: Die konsolidierte Fassung IEC 60268-5:2007 (Ed. 3.1) enthält IEC 60268-5:2003 + A1:2007.

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 61000-4-6:2008^{N2)}, *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, *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, *Elektromagnetische Verträglichkeit – Produktfamilienorm für Audio-, Video- und audiovisuelle Einrichtungen sowie für Studio-Lichtsteuereinrichtungen für professionellen Einsatz – Teil 2: Störfestigkeit*

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.

3.1

Fernfeldmikrofon

(en: far-field microphone)

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

3.2

Nahfeldmikrofon

(en: near-field microphone)

Mikrofon zur Verwendung in einem Abstand von etwa 30 cm

^{N2)} Nationale Fußnote: IEC 61000-4-6:2008 wurde ersetzt durch IEC 61000-4-6:2013.

3.3

Nahbesprechungsmikrofon

(en: close-talking microphone)

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

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 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.
- Der unbeeinträchtigte 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, 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, 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 (Lautsprecher) in einem Gehäuse betrieben werden, das den Schall ausschließlich durch eine geeignete Öffnung abstrahlt. Bezogen auf die Bezugsachse des Mikrofons muss diese Öffnung radialsymmetrisch sein.

5.3 Messung des Schalldruckes

Ein kalibriertes Bezugsmikrofon muss für die Messung des Schalldrucks verwendet werden. Das Bezugsmikrofon muss auf ± 1 dB 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 dem 5-Fachen der Nennimpedanz des Mikrofons entspricht, 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 einen tatsächlichen Innenwiderstand in der Größenordnung von 50 Ω und 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 freien Feld oder ähnlich ohne Begrenzungsflächen, z. B. unter Verwendung von Computer-gestützten Messsystemen, 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:

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

Dabei ist

- $1 - B$ der Beitrag des Druckanteils;
- B der Beitrag des Druckgradientenanteils;
- $k = 2\pi/\lambda$ oder $2\pi f/v$;
- $B = 0$ 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 Quellen.

Der 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 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 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 aktuellen Betriebsbedingungen anzunähern, kann es notwendig sein, einen Störkörper in Form eines menschlichen Kopfes einzufügen, wie z. B. einen Oberkörper-Simulator 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/-armen 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^{N3)}).

^{N3)} Nationale Fußnote: ISO 354, *Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room*.

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 Kubikmeter;

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, ist der Mindestabstand r (in Meter) von der Quelle gegeben mit:

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

Dabei ist

V das Volumen des Raumes in Kubikmeter;

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 kann ein starrer Hohlraum verwendet werden, 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 dort verwendet werden, bei denen 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 von Frequenzkurven

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 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 Prüfsignalarten und Systemantworten. Berücksichtigt der Anwender die inhärenten Grenzen und Randbedingungen, können die meisten angewendet werden. Werden die vorhandenen angegeben 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 sie die gleichen Ergebnisse wie das Punkt-zu-Punkt-Verfahren oder das Verfahren mit stetiger Frequenzänderung liefern. 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 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 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.