

DIN EN 60268-4

ICS 33.160.50

Ersatz für
DIN EN 60268-4:2004-07
Siehe Anwendungsbeginn

**Elektroakustische Geräte –
Teil 4: Mikrofone (IEC 60268-4:2010);
Deutsche Fassung EN 60268-4:2010**

Sound system equipment –
Part 4: Microphones (IEC 60268-4:2010);
German version EN 60268-4:2010

Equipements pour systèmes électroacoustiques –
Partie 4: Microphones (CEI 60268-4:2010);
Version allemande EN 60268-4:2010

Gesamtumfang 51 Seiten

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

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2010-07-01 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2011-01-01.

Daneben darf DIN EN 60268-4:2004-07 noch bis 2013-07-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 60268-4:2009-04.

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

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 auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ mit den Daten zu dieser Publikation angegebenen Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll. 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 eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnitsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

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

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60268-4:2004-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) An einigen Stellen im Dokument Formulierungen zum besseren Verständnis präzisiert.
- b) Anhang C neu aufgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN 45590: 1960-02, 1974-03

DIN 45591: 1963-12, 1974-02

DIN 45593: 1960-02, 1976-08

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

Deutsche Fassung

Elektroakustische Geräte –
Teil 4: Mikrofone
(IEC 60268-4:2010)

Sound system equipment –
Part 4: Microphones
(IEC 60268-4:2010)

Equipements pour systèmes
électroacoustiques –
Partie 4: Microphones
(CEI 60268-4:2010)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2010-07-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

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

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, 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, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2010 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60268-4:2010 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 100/1678/FDIS, zukünftige 4. Ausgabe von IEC 60268-4, ausgearbeitet von dem IEC/TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2010-07-01 als EN 60268-4 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 60268-4:2004.

Die wesentlichen Änderungen in Bezug auf EN 60268-4:2004 sind folgende:

- Korrektur der Störsignal-Messung;
- hinzugefügter Anhang für digitale Mikrofone;
- hinzugefügte Anforderung für Toleranzen in zu spezifizierenden Daten.

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

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2011-04-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2013-07-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60268-4:2010 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:

IEC 61606 (alle Teile) ANMERKUNG Harmonisiert in der Reihe EN 61606 (nicht modifiziert).

IEC 61672-1:2002 ANMERKUNG Harmonisiert als EN 61672-1:2003 (nicht modifiziert).

Inhalt

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

	Seite
9.1.1 Anzugebende Größe	16
9.1.2 Messverfahren	16
9.2 Nennimpedanz	16
9.3 Mindest-Lastimpedanz	17
10 Übertragungskoeffizient	17
10.1 Allgemeines	17
10.2 Übertragungskoeffizienten in Bezug auf die akustische Umgebung	18
10.2.1 Freifeldübertragungskoeffizient	18
10.2.2 Diffusfeldübertragungskoeffizient	18
10.2.3 Nahbesprechungs-Übertragungskoeffizient	19
10.2.4 Druckübertragungskoeffizient	19
10.3 Übertragungskoeffizient in Bezug auf die Art des Signals	20
10.3.1 Nennübertragungskoeffizient	20
10.3.2 Kennübertragungskoeffizient für Sprache	20
11 Übertragungsfunktion	21
11.1 Frequenzgang	21
11.1.1 Anzugebende Größe	21
11.1.2 Messverfahren	21
11.2 Übertragungsbereich	22
11.2.1 Anzugebende Größe	22
11.2.2 Messverfahren	22
12 Richtungseigenschaften	22
12.1 Richtcharakteristik	22
12.1.1 Anzugebende Größe	22
12.1.2 Messverfahren	22
12.2 Bündelungsmaß	23
12.2.1 Anzugebende Größe	23
12.2.2 Messverfahren	23
12.3 Vor-Rück-Übertragungsmaß (0° bis 180°)	24
12.3.1 Anzugebende Größe	24
12.3.2 Messverfahren	24
12.4 Störschallunterdrückung	24
12.4.1 Anzugebende Größe	24
12.4.2 Messverfahren	24
12.5 Spezielle Eigenschaften von Stereo-Mikrofonen	24
12.5.1 Allgemeines	24
12.5.2 Hauptachsenwinkel eines XY-Mikrofons (links-rechts-Mikrofon)	25
12.5.3 Akzeptanzwinkel	25
12.5.4 Aufnahmewinkel	25

	Seite
13	Amplituden-Nichtlinearität 25
13.1	Allgemeines 25
13.2	Klirrfaktor 26
13.2.1	Anzugebende Größe 26
13.2.2	Messverfahren 26
13.3	Klirrfaktor n -ter Ordnung ($n = 2, 3, \dots$) 26
13.3.1	Anzugebende Größe 26
13.3.2	Messverfahren 27
13.4	Differenzton-Verzerrung 2. Ordnung 27
13.4.1	Anzugebende Größe 27
13.4.2	Messverfahren 27
14	Begrenzungsverhalten 28
14.1	Höchst-Spitzennennschalldruck 28
14.2	Grenzschalldruck 28
14.2.1	Anzugebende Größe 28
14.2.2	Messverfahren 28
15	Symmetrie 28
15.1	Symmetrie des Mikrofon-Ausganges 28
15.2	Symmetrie im Betriebszustand 29
16	Äquivalenter Nennschalldruckpegel der Eigenstörspannung 29
16.1	Anzugebende Größe 29
16.2	Messverfahren 29
17	Umgebungsbedingungen 30
17.1	Allgemeines 30
17.2	Druckbereich 30
17.3	Temperaturbereich 30
17.4	Bereich relativer Luftfeuchte 30
18	Äußere Einflussgrößen 30
18.1	Allgemeines 30
18.1.1	Angaben und Messverfahren 30
18.1.2	Andere äußere Einflüsse 31
18.2	Äquivalenter Schalldruck für äußere Magnetfelder 31
18.2.1	Anzugebende Größe 31
18.2.2	Messverfahren 31
18.3	Äquivalenter Schalldruck für mechanische Schwingungen 32
18.3.1	Anzugebende Größe 32
18.3.2	Messverfahren 32
18.4	Äquivalenter Schalldruckpegel für Wind 32
18.4.1	Anzugebende Größe 32

	Seite
18.4.2 Messverfahren.....	32
18.5 Äquivalenter Schalldruckpegel für den „Pop“-Effekt	35
18.5.1 Anzugebende Größe	35
18.5.2 Messverfahren.....	36
18.6 Äquivalenter Schalldruckpegel für elektromagnetische Störungen.....	37
18.6.1 Allgemeines	37
18.6.2 Anzugebende Größe	37
18.6.3 Messverfahren.....	37
18.7 Elektrostatische Entladung	37
19 Magnetisches Streufeld	37
19.1 Anzugebende Größe	37
19.2 Messverfahren.....	38
20 Physikalische Kenngrößen	38
20.1 Maße.....	38
20.2 Masse	38
20.3 Kabel und Anschlüsse	38
21 Klassifizierung der anzugebenden Kenngrößen	38
21.1 Allgemeines	38
Anhang A (normativ) Aufbau eines schallgedämmten Behälters	41
Anhang B (informativ) Vereinfachtes Verfahren für „Pop“-Messungen	42
Anhang C (informativ) Ergänzungen für digitale Mikrofone.....	45
Literaturhinweise.....	47
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	48
Bilder	
Bild 1 – Symmetrie des Ausgangs.....	28
Bild 2 – Symmetrie unter Betriebsbedingungen	29
Bild 3 – Aufbau zur Messung der Windempfindlichkeit	33
Bild 4 – Windmaschine, Typ 1 (oben) und Typ 2 (unten)	34
Bild 5 – Elektrischer und mechanischer Aufbau zur Messung des „Pop“-Effektes	36
Bild A.1 – Aufbau eines schallgedämmten Behälters.....	41
Bild B.1 – Messaufbau	43
Bild B.2 – Prüfanordnung für den Übertragungskoeffizienten im Schallfeld	44
Tabellen	
Tabelle 1 – Nachhallzeit des leeren Raumes	12
Tabelle 2 – Sprachleistungs-Bewertungskoeffizient für Oktavband-Mittenfrequenzen	21
Tabelle 3 – Bezugssignal und Eigenschaften.....	36
Tabelle 4 – Klassifizierung der Kenngrößen.....	39
Tabelle C.1 – Klassifikation festzulegender Eigenschaften.....	45
Tabelle C.2 – Zusätzliche zu spezifizierende digitale Eigenschaften.....	46

1 Anwendungsbereich

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

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

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

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

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60065:2001, *Audio, video and similar electronic apparatus – Safety requirements*
Amendment 1 (2005)

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 60268-3:2000, *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 61000-4-2:1995, *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)

IEC 61265:1995, *Electroacoustics – Instruments for measurement of aircraft noise – Performance requirements for systems to measure one-third-octave-band sound pressure levels in noise certification of transport-category aeroplanes*

IEC 61938:1996, *Audio, video and audiovisual systems – Interconnections and matching values – Preferred matching values of analogue signals*

ISO 354:2003, *Acoustics – Measurement of sound absorption coefficients in a reverberation room*

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

3 Allgemeine Bedingungen

3.1 Allgemeines

Es wird auf IEC 60268-1 Bezug genommen, speziell

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

auf IEC 61938 bezüglich der Speisung von Mikrofonen.

3.2 Messbedingungen

3.2.1 Allgemeines

Zur Erleichterung der Spezifikation, nach der Mikrofone für die Messung eingerichtet werden, sind in dieser Empfehlung eine Reihe von Bedingungen als „Nennbedingungen“ festgelegt worden.

Drei Nenngrößen gelten grundsätzlich für die Ausgestaltung dieses Konzeptes:

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

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

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

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

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

3.2.2 Nennbedingungen

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

- Das Mikrofon muss im Leerlauf betrieben werden (siehe 9.2).
- Benötigt das Mikrofon eine Stromversorgung, muss diese der Nenn-Stromversorgung entsprechen.
- Das Mikrofon (ausgenommen Nahbesprechungsmikrofone) muss sich im ebenen freien Schallfeld, das den Freifeld-Bedingungen nach 4.5.2 gehorcht, befinden, dabei erfolgt die Wellenausbreitung unter null Grad bezogen auf die Bezugsrichtung.
- Der ungestörte Schalldruck (bei Abwesenheit des Mikrofons) im Schallfeld am Bezugspunkt muss sinusförmig sein und auf einen Effektivwert von 1 Pa (Schalldruckpegel 94 dB) eingestellt werden.
- Bei Nahbesprechungsmikrofonen muss das Mikrofon im festgelegten Abstand nicht mehr als 25 mm vom künstlichen Mund entfernt sein entsprechend dem Standard ITU-T P.51, und der ungestörte Schalldruck im Schallfeld am Bezugspunkt muss sinusförmig sein und auf einen Effektivwert von 3 Pa (Schalldruckpegel 104 dB) eingestellt werden.
- Erfordert ein bestimmtes Mikrofon einen anderen Messpegel, muss dies in den technischen Daten zusammen mit der Ursache dafür angegeben werden. Pegel, die sich auf den Nenn-Bezugspegel von 94 dB oder auf das Mehrfache von 10 dB beziehen, sind zu bevorzugen.
- Regler, so vorhanden, sind nach den vom Hersteller empfohlenen Angaben zu positionieren.
- Ohne triftigen Grund für eine Abweichung muss die Frequenz auf 1 000 Hz eingestellt werden (siehe IEC 60268-1).
- Der Umgebungsdruck, die relative Luftfeuchte und die Umgebungstemperatur müssen in den Grenzen von IEC 60268-1 liegen und angegeben werden.
- Messungen können bei einem Schalldruck von 0,3 Pa durchgeführt werden, falls dies auf Grund der Einschränkungen der Lautsprecherleistung notwendig ist.

ANMERKUNG 1 Um sicherzustellen, dass bei der Messung von Nahbesprechungsmikrofonen auch Nasallaute situationsgerecht wiedergegeben werden, sollte eine synthetische „Stimme“ dieses Geräusch erzeugen. Ohne diese Schallanteile bei der Wiedergabe können sich unnatürliche Sprachgüten ergeben.

ANMERKUNG 2 Durch Einschränkungen am Messort oder der Messgeräte kann es notwendig sein, andere als die angegebenen Schalldruckpegel zu verwenden. Dies ist nur akzeptabel, wenn alle Leistungsdatenänderungen der relevanten Kenngrößen zwischen verwendetem Pegel und Bezugspegel mit der erforderlichen Genauigkeit bekannt sind.

4 Einzelbedingungen

4.1 Anfangsbedingungen

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

4.2 Schallquelle

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

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

4.3 Messung des Schalldruckes

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

4.4 System für Spannungsmessungen

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

4.5 Akustische Umgebung

4.5.1 Allgemeines

Das Mikrofon kann bei unterschiedlichen akustischen Bedingungen gemessen werden:

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

4.5.2 Freifeldbedingungen

4.5.2.1 Allgemeines

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

Freifeldbedingungen können erzielt werden:

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

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

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

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

Dabei ist

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

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

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

- innerhalb einer Entfernung von 200 mm vor, hinter, rechts, links, oberhalb und unterhalb des Ortes des Mikrofons wird der Schalldruckpegel bei jeder Messfrequenz mit einem Druckwandler gemessen;
- die Achse des Wandlers muss immer zur Mitte des Lautsprechers zeigen (siehe IEC 60268-5);
- die zugehörigen Schalldruckpegel dürfen auf der Achse bei unterschiedlichen Abständen vom Lautsprecher um nicht mehr als 0,5 dB vom berechneten Pegel im idealen Schallfeld abweichen;
- die Werte bei annähernd konstantem Abstand (d. h. rechts, links, oberhalb und unterhalb) dürfen sich nicht um mehr als 1 dB vom Pegel am Bezugspunkt unterscheiden.

4.5.2.2 Kugelwellen

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

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

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

$$r \geq d$$

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

Dabei ist

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

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

4.5.2.3 Ebene fortschreitende Wellen

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

a) Im Rohr

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

b) Im Freifeld

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

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

4.5.2.4 Verwendung eines künstlichen Mundes

Um die Prüfbedingungen den Betriebsbedingungen anzunähern, ist es bei der Messung von Nahbesprechungsmikrofonen mit einem künstlichen Mund (siehe 3.2.2, Anmerkung 1) notwendig, einen Störkörper in Form eines menschlichen Kopfes einzusetzen.

4.5.3 Bedingungen für das Diffusfeld

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

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

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

Tabelle 1 – Nachhallzeit des leeren Raumes

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

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

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

Dabei ist

V Volumen des Raumes in Kubikmetern;

f Frequenz in Hertz.

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

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

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

Dabei ist

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

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

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

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

4.6 Verfahren zur Aufnahme von Frequenzkurven

4.6.1 Punktweises oder stetiges Frequenzänderungs-Verfahren

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

a) Punktweises Verfahren

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

ANMERKUNG Die Darstellung sollte die Messpunkte klar ausweisen.

b) Verfahren mit stetiger Frequenzänderung

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

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

ANMERKUNG 2 Nachstehende Messeinrichtungen können zusätzlich verwendet werden:

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

c) Besondere computerbasierte Signale und Verfahren

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

4.6.2 Kalibrierverfahren

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

a) Substitutionsverfahren

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

Dieses Verfahren führt zur größten Genauigkeit.

b) Verfahren des Simultanvergleichs

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

Der Simultanvergleich sollte nur nach Prüfung der Gültigkeit dieser Bedingungen verwendet werden. Die Übereinstimmung mit den Bedingungen kann wie folgt geprüft werden:

- Die Schalldruckwerte, die an den beiden verschiedenen Stellen im freien Schallfeld mit einem kalibrierten Mikrofon gemessen werden, müssen mit einer Genauigkeit von ± 1 dB übereinstimmen;
- der Abstand zwischen den Mikrofonen muss so gewählt werden, dass der Schalldruck am zweiten Messort unabhängig von der Anwesenheit des ersten Mikrofons innerhalb ± 1 dB bleibt.

4.7 Gesamtunsicherheit

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

4.8 Grafische Darstellung der Ergebnisse

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

5 Typbeschreibung (akustisches Verhalten)

5.1 Wandlerprinzip

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

5.2 Art des Mikrofons

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

5.3 Art der Richtcharakteristik

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

6 Anschlüsse und Einstellmöglichkeiten

6.1 Kennzeichnung

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