

DIN EN 60268-4

ICS 33.160.50

Ersatz für
DIN EN 60268-4:2000-01
Siehe jedoch Beginn der
Gültigkeit

**Elektroakustische Geräte –
Teil 4: Mikrofone (IEC 60268-4:2004);
Deutsche Fassung EN 60268-4:2004**

Sound system equipment –
Part 4: Microphones (IEC 60268-4:2004);
German version EN 60268-4:2004

Equipements pour systèmes électroacoustiques –
Partie 4: Microphones (CEI 60268-4:2004);
Version allemande EN 60268-4:2004

Gesamtumfang 49 Seiten

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

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2004-03-01 angenommene EN 60268-4 gilt als DIN-Norm ab 2004-07-01.

Daneben darf DIN EN 60268-4:2000-01 noch bis 2007-03-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60268-4:2002-11.

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 742.6 „Mikrofone und Kopfhörer“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE 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 zum Jahr 2008 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 Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

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

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60268-4:2000-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen.

Neben redaktionellen Änderungen und technischen Aktualisierungen wurden die Abschnitte neu eingefügt:

- a) 4.8 Grafische Darstellung der Ergebnisse;
- b) 12.5 Spezielle Eigenschaften von Stereo-Mikrofonen;
- c) 15.2 Symmetrie im Betriebszustand.

Frühere Ausgaben

DIN EN 60268-4: 2000-01
DIN 45590: 1960-02, 1974-03
DIN 45591: 1963-12, 1974-02
DIN 45593: 1960-02, 1976-08

Deutsche Fassung

Elektroakustische Geräte
Teil 4: Mikrofone
(IEC 60268-4:2004)

Sound system equipment
Part 4: Microphones
(IEC 60268-4:2004)

Equipements pour systèmes
électroacoustiques
Partie 4: Microphones
(CEI 60268-4:2004)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2004-03-01 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, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Litauen, Lettland, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, 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: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 100/721/FDIS, zukünftige 3. 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 2004-03-01 als EN 60268-4 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 60268-4:1999.

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): 2004-12-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2007-03-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60268-4:2004 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:

ANMERKUNG	IEC 60574-1	Harmonisiert als HD 369.1 S1:1978 (nicht modifiziert).
ANMERKUNG	IEC 61672-1	Harmonisiert als EN 61672-1:2003 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Allgemeine Bedingungen.....	7
3.1 Allgemeines	7
3.2 Messbedingungen	7
4 Einzelbedingungen	8
4.1 Anfangsbedingungen.....	8
4.2 Schallquelle	8
4.3 Messung des Schalldruckes.....	8
4.4 System für Spannungsmessungen.....	9
4.5 Akustische Umgebung.....	9
4.6 Verfahren zur Aufnahme von Frequenzkurven	12
4.7 Gesamtunsicherheit.....	13
4.8 Grafische Darstellung der Ergebnisse.....	13
5 Typbeschreibung (akustisches Verhalten)	13
5.1 Wandlerprinzip.....	13
5.2 Art des Mikrofons.....	13
5.3 Art der Richtcharakteristik	13
6 Anschlüsse und Einstellmöglichkeiten	13
6.1 Kennzeichnung	13
6.2 Steckverbinder und elektrische Anpasswerte	13
7 Bezugspunkt und Bezugsachse	14
7.1 Bezugspunkt.....	14
7.2 Bezugsachse	14
8 Nenn-Stromversorgung	14
8.1 Anzugebende Größe	14
8.2 Messverfahren	14
9 Elektrische Impedanz	14
9.1 Quellimpedanz.....	14
9.2 Nennimpedanz.....	15
9.3 Mindest-Lastimpedanz	15
10 Übertragungskoeffizient.....	16
10.1 Allgemeines	16
10.2 Übertragungskoeffizienten in Bezug auf die akustische Umgebung.....	16
10.3 Übertragungskoeffizient in Bezug auf die Art des Signals	18
11 Übertragungsfunktion	20
11.1 Frequenzgang.....	20

	Seite
11.2 Übertragungsbereich	20
12 Richtungseigenschaften.....	20
12.1 Richtcharakteristik.....	20
12.2 Bündelungsmaß.....	22
12.3 Vor-Rück-Übertragungsmaß (0° bis 180°).....	22
12.4 Störschallunterdrückung	22
12.5 Spezielle Eigenschaften von Stereo-Mikrofonen	23
13 Amplituden-Nichtlinearität.....	24
13.1 Allgemeines	24
13.2 Klirrfaktor.....	24
13.3 Klirrfaktor n-ter Ordnung (n = 2, 3, ...).....	25
13.4 Differenzton-Verzerrung 2. Ordnung	26
14 Begrenzungsverhalten	26
14.1 Höchst-Spitzennennschalldruck	26
14.2 Grenzschalldruck	27
15 Symmetrie.....	27
15.1 Symmetrie des Mikrofon-Ausganges.....	27
15.2 Symmetrie im Betriebszustand	27
16 Äquivalenter Nennschalldruckpegel der Eigenstörspannung	28
16.1 Anzugebende Größe.....	28
16.2 Messverfahren	28
17 Umgebungsbedingungen.....	28
17.1 Allgemeines	28
17.2 Druckbereich.....	28
17.3 Temperaturbereich.....	28
17.4 Bereich relativer Luftfeuchte	28
18 Äußere Einflussgrößen	29
18.1 Allgemeines	29
18.2 Äquivalenter Schalldruck für äußere Magnetfelder	29
18.3 Äquivalenter Schalldruck für mechanische Schwingungen	30
18.4 Äquivalenter Schalldruckpegel für Wind	31
18.5 Äquivalenter Schalldruckpegel für den „Pop“-Effekt.....	32
18.6 Äquivalenter Schalldruckpegel für elektromagnetische Störungen	33
18.7 Elektrostatische Entladung	33
19 Magnetisches Streufeld	33
19.1 Anzugebende Größe.....	33
19.2 Messverfahren	34
20 Physikalische Kenngrößen	34
20.1 Maße	34

	Seite
20.2 Masse	34
20.3 Kabel und Anschlüsse	34
21 Klassifizierung der anzugebenden Kenngrößen	34
21.1 Allgemeines	34
21.2 Klassifizierung.....	35
Anhang A (normativ) Aufbau eines schallgedämmten Behälters	41
Anhang B (informativ) Vereinfachtes Verfahren für „Pop“-Messungen	42
Literaturhinweise.....	45
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	46
Bilder	
Bild 1a – Symmetrie des Ausgangs.....	36
Bild 1b – Symmetrie unter Betriebsbedingungen	36
Bild 2 – Aufbau zur Messung der Windempfindlichkeit	37
Bild 3 – Windmaschine, Typ 1 (oben) und Typ 2 (unten)	38
Bild 4 – Elektrischer und mechanischer Aufbau zur Messung des „Pop“-Effektes	39
Bild 5 – Bezugssignal und Eigenschaften.....	40
Bild A.1 – Anordnung zur Schallisolierung.....	41
Bild B.1 – Messaufbau	44
Bild B.2 – Prüfanordnung für den Übertragungskoeffizienten des Schallfeldes.....	44
Tabellen	
Tabelle 1 – Nachhallzeit des leeren Raumes	11
Tabelle 2 – Sprachleistungs-Bewertungskoeffizient für Oktavband – Mittenfrequenzen	19
Tabelle 3 – Klassifizierung der Kenngrößen.....	35

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60268 legt Messverfahren für elektrische Impedanz, Übertragungskoeffizient, Richtungseigenschaften, Dynamikbereich und externe Einflüsse von Mikrofonen für elektroakustische Geräte fest. Zusätzlich werden Empfehlungen für die anzugebenden Eigenschaften festgelegt.

Diese Norm gilt für Mikrofone elektroakustischer Anlagen zur Verwendung für Sprache und Musik. Sie gilt nicht für Messmikrofone, gilt aber für Mikrofone von Tonkanälen mit mehr als einem Kanal, z. B. für Stereo oder ähnliche Anwendung. Sie gilt auch für Mikrofone mit Unterputzinstallation 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.*

IEC 60268-1:1985, *Sound system equipment – Part 1: General.*

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

IEC 60268-3:2000, *Sound system equipment – Part 3: Amplifiers.*

IEC 60268-5:2003, *Sound system equipment – Part 5: Loudspeakers.*

IEC 60268-11:1987, *Sound system equipment – Part 11: Application of connectors for the interconnection of sound system components.*

IEC 60268-12:1987, *Sound system equipment – Part 12: Application of connectors for broadcast and similar use.*

IEC 60574-3:1983, *Audiovisual, video and television equipment and systems – Part 3: Connectors for the interconnection of equipment in audiovisual systems.*

IEC 60914:1988, *Conference systems – Electrical and audio requirements.*

IEC 61000-4-2:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test.*

IEC 61000-4-3:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test.*

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 reverberant room.*

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 Geräuschmessung,
- Einzelspezifikation und Typspezifikation,
- grafische Darstellung der Eigenschaften,
- Maßstäbe für die grafische Darstellung,
- Sicherheit von Personen und Brandschutz,
- Verfahren zur Erzeugung eines homogenen magnetischen Wechselfeldes,
- Spule zur Messung der magnetischen Feldstärke, und

bezüglich der Speisung von Mikrofonen auf IEC 61938.

3.2 Messbedingungen

3.2.1 Einleitung

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 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 Pegel von 0,3 Pa (Schalldruckpegel 84 dB) eingestellt werden;
- bei Nahbesprechungsmikrofonen muss das Mikrofon im festgelegten Abstand nicht mehr als 25 mm vom künstlichen Mund entfernt sein und der ungestörte Schalldruck im Schallfeld am Bezugspunkt muss sinusförmig sein und auf einen Pegel 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;
- Steller, 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.

ANMERKUNG 1 Das ITU/T hat die Empfehlung P.51 veröffentlicht, welche die Spezifikation des künstlichen Mundes enthält. Überall, wo möglich, sollte ein künstlicher Mund in Übereinstimmung mit dieser Empfehlung benutzt werden.

ANMERKUNG 2 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 3 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 Schallfeldkalibrierung 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.

ANMERKUNG 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 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

Eine Schallwelle im Freifeld ist von Natur aus immer divergierend. Unter gewissen Umständen kann sie eine ideale ebene 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 kann einer ebenen Welle angenähert werden, 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) besitzen, 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;
 - = 0 für richtungsunabhängigen Typ (Kugelcharakteristik);
 - = 0,5 für die Niere;
 - = 1 für den bidirektionalen Druckgradiententyp (Doppelkugel);
- k = $2\pi/\lambda$ oder $2\pi/fv$.

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.

4.5.2.1 Kugelwellen

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

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

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

$$r \geq d$$

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

Dabei ist

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

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

4.5.2.2 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.

4.5.2.3 Verwendung eines künstlichen Mundes

Um die Prüfbedingungen den Betriebsbedingungen anzunähern, ist es bei der Messung von Nahbesprechungsmikrofonen mit einem künstlichen Mund (siehe Anmerkung zu 3.2.2) 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 die 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 Die vorstehenden beiden Gleichungen ermöglichen eine größere Toleranz als jene der ersten Ausgabe dieser Norm. Obgleich es unwahrscheinlich ist, dass sich die Messergebnisse gravierend ändern, wird empfohlen, die unteren Grenzen soweit möglich zu meiden.

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

Um das Druckübertragungsmaß eines Mikrofons zu bestimmen, 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 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. Sind Hintergrundfakten und der Zusammenhang mit bekannten Eigenschaften ermittelt, kommen neue Techniken für die Normung in Frage.

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 auf ± 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 ± 2 dB oder besser 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:

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. Jedoch entspricht es auch dieser Norm, falls dies nicht der Fall ist.

6.2 Steckverbinder und elektrische Anpasswerte

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