

DIN EN 63034

ICS 33.160.50

Einsprüche bis 2018-05-23

Entwurf**Mikrolautsprecher
(IEC 100/3006/CD:2017);
Text Deutsch und Englisch**

Microspeakers
(IEC 100/3006/CD:2017);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-03-23 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

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

Gesamtumfang 81 Seiten

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

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	7
1 Anwendungsbereich.....	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
3.1 Mikrolautsprecher	8
3.2 HOHD	9
4 Messbedingungen	9
4.1 Nennbedingungen der Messung	9
4.2 Klimatische Bedingungen	9
4.3 Norm-Messbedingungen	9
5 Akustische Umgebung.....	10
5.1 Allgemeines	10
5.2 Freifeldbedingungen.....	10
5.3 Halbraum-Freifeldbedingungen.....	10
5.4 Nachgebildete Freifeldbedingungen.....	10
5.5 Nachgebildete Halbraum-Freifeldbedingungen.....	10
6 Einbau des Mikrolautsprechers	11
6.1 Einbau und akustische Last von Mikrolautsprechereinheiten	11
6.2 Einbau und akustische Last von Mikrolautsprechersystemen	11
6.3 Norm-Mikroschallwand	11
6.4 Messung mit einem Kundtschen Rohr	13
7 Positionierung von Mikrolautsprecher und Messmikrofon.....	13
7.1 Geometrische Nennbedingungen.....	13
7.1.1 Bezugsebene.....	14
7.1.2 Bezugspunkt.....	14
7.1.3 Normalenvektor	14
7.1.4 Polarvektor	14
7.2 Messabstand unter Freifeld- und Halbraum-Freifeldbedingungen.....	15
7.2.1 Allgemeines	15
7.2.2 Einzel-Mikrolautsprechereinheit (Wandler)	15
7.2.3 Mikrolautsprecher-Kombinationen.....	15
7.3 Positionierung von Mikrolautsprecher und Mikrofon unter nachgebildeten Freifeld- und Halbraum-Freifeldbedingungen.....	15
8 Messgeräte	15
9 Genauigkeit der Messung.....	16
9.1 Allgemeines	16
9.2 Akustisches und elektrisches Störgeräusch.....	16
9.3 Genauigkeit hinsichtlich des Einbaus.....	16
9.4 Fehlergrenze der Messgeräte	16

	Seite
9.5 Genauigkeit hinsichtlich der akustischen Umgebung	16
10 Kennzeichnung der Anschlüsse und Steller	16
10.1 Allgemeines	16
10.2 Positiver Anschluss	16
10.2.1 Anzugebende Eigenschaft	16
10.2.2 Kennzeichnung	17
10.2.3 Prüfverfahren	17
11 Prüfsignale	17
11.1 Allgemeines	17
11.2 Stationäres sinusförmiges Signal	17
11.3 Sinusförmiges Chirp-Signal	17
11.4 Diskretes sinusförmiges Mehrtonsignal	18
11.5 Breitbandrauschen	19
11.6 Schmalbandrauschen	19
12 Vorbehandlung	19
12.1 Akklimatisation	19
12.2 Vorbelastung	19
13 Impedanz	20
13.1 Impedanzkurve	20
13.1.1 Anzugebende Eigenschaften	20
13.1.2 Messverfahren	20
13.2 Nennimpedanz	20
14 Kleinsignalparameter der Mikrolautsprecher	20
14.1 Allgemeines	20
14.2 Anzugebende Eigenschaften	21
14.2.1 Resonanzfrequenz f_s	21
14.2.2 Gleichstromwiderstand der Treiber-Schwingspule R_{dc}	21
14.2.3 Induktivität der Schwingspule L_e	21
14.2.4 Gesamtgüte Q_{ts}	21
14.2.5 Elektrischer Gütefaktor Q_{es}	21
14.2.6 Mechanischer Gütefaktor Q_{ms}	21
14.2.7 Mechanische Nachgiebigkeit C_{ms}	21
14.2.8 Bewegte Masse M_{ms}	22
14.2.9 Mechanischer Widerstand R_{ms}	22
14.2.10 Kraftfaktor Bl	22
14.2.11 Äquivalentes Luftvolumen der Nachgiebigkeit einer Mikrolautsprechereinheit V_{as}	22
14.2.12 Effektiver Strahlungsbereich S_D	22

	Seite
14.3 Messverfahren.....	22
14.3.1 Verfahren der Laserentfernungsmessung.....	22
14.3.2 Verfahren des zusätzlichen Volumens.....	24
14.3.3 Verfahren der zusätzlichen Masse.....	26
15 Auslenkung.....	26
15.1 Auslenkungskurve.....	26
15.1.1 Anzugebende Eigenschaften.....	26
15.1.2 Messverfahren.....	26
15.2 Gleichstromanteil X_{dc}	28
15.2.1 Anzugebende Eigenschaften.....	28
15.2.2 Messverfahren.....	28
15.3 Verzerrungsbegrenzte Spitzenauslenkung X_d	28
15.3.1 Anzugebende Eigenschaften.....	28
15.3.2 Messverfahren.....	28
15.4 Sinusförmige Spitzenauslenkung X_s	29
16 Amplitudenfrequenzgang.....	29
16.1 Nenn-Frequenzbereich.....	29
16.2 Frequenzgang.....	29
16.2.1 Anzugebende Eigenschaft.....	29
16.2.2 Messverfahren.....	29
16.3 Mittlerer Schalldruck in einem angegebenen Frequenzband.....	29
16.3.1 Anzugebende Eigenschaften.....	29
16.3.2 Messverfahren.....	29
16.4 Übertragungsbereich.....	30
16.4.1 Anzugebende Eigenschaften.....	30
16.4.2 Messverfahren.....	30
17 Amplituden-Nichtlinearität.....	30
17.1 Gesamtklirrfaktor (THD).....	30
17.1.1 Anzugebende Eigenschaft.....	30
17.1.2 Messverfahren für Eingangsspannungen bis zur Nenn-Sinusspannung.....	30
17.2 Klirrfaktor der n-ten Ordnung.....	31
17.2.1 Anzugebende Eigenschaft.....	31
17.2.2 Messverfahren für Eingangsspannungen bis zur Nenn-Sinusspannung.....	31
17.3 Komponenten des Gesamtklirrfaktors höherer Ordnung (HOHD).....	32
17.3.1 Anzugebende Eigenschaft.....	32
17.3.2 Messverfahren für Eingangsspannungen bis zur Nenn-Sinusspannung.....	32
17.4 Modulationsverzerrung der n-ten Ordnung (mit $n = 2$ oder $n = 3$).....	33
17.4.1 Anzugebende Eigenschaft.....	33
17.4.2 Messverfahren.....	33

	Seite
18 Hörtest.....	34
18.1 Hörtest für Normalbetrieb.....	34
18.2 Hörtest für unregelmäßige Verzerrung	34
19 Eingangsspannung/elektrische Leistung	34
19.1 Nenn-Rauschspannung/-leistung.....	34
19.1.1 Anzugebende Eigenschaft	34
19.1.2 Messverfahren	35
19.2 Maximale Kurzzeit-Eingangsspannung/-leistung	36
19.2.1 Anzugebende Eigenschaft	36
19.2.2 Messverfahren	36
19.2.3 Schutzeinrichtungen.....	36
19.3 Maximale Langzeit-Eingangsspannung/-leistung	36
19.3.1 Anzugebende Eigenschaft	36
19.3.2 Messverfahren	37
19.3.3 Schutzeinrichtungen.....	37
19.4 Nenn-Sinusspannung/-leistung	37
19.4.1 Anzugebende Eigenschaft	37
19.4.2 Messverfahren	37
20 Umgebungsprüfungen.....	38
20.1 Temperaturbereiche	38
20.1.1 Leistungsbegrenzter Temperaturbereich – Anzugebende Eigenschaft.....	38
20.1.2 Durch mögliche Beschädigung begrenzter Temperaturbereich – Anzugebende Eigenschaft	38
20.2 Feuchtebereiche.....	38
20.2.1 Bereich der relativen Luftfeuchte – Anzugebende Eigenschaft.....	38
20.2.2 Durch mögliche Beschädigung begrenzter Feuchtebereich – Anzugebende Eigenschaft.....	38
20.3 Lagerung bei geringer Temperatur	38
20.3.1 Anzugebende Eigenschaft	38
20.3.2 Messverfahren	38
20.4 Betrieb bei geringer Temperatur	38
20.4.1 Anzugebende Eigenschaft	38
20.4.2 Messverfahren	39
20.5 Lagerung bei trockener Hitze	39
20.5.1 Anzugebende Eigenschaft	39
20.5.2 Messverfahren	39
20.6 Betrieb bei trockener Hitze.....	39
20.6.1 Anzugebende Eigenschaft	39
20.6.2 Messverfahren	39
20.7 Thermoschock (schneller Temperaturwechsel mit vorgeschriebener Dauer des Wechsels).....	40

	Seite
20.7.1 Anzugebende Eigenschaft	40
20.7.2 Messverfahren.....	40
20.8 Anhaltende feuchte Hitze	40
20.8.1 Anzugebende Eigenschaft	40
20.8.2 Messverfahren.....	41
21 Magnetisches Streufeld	41
21.1 Statische Komponenten	41
21.1.1 Anzugebende Eigenschaft	41
21.1.2 Messverfahren.....	41
21.2 Dynamische Komponenten	42
21.2.1 Anzugebende Eigenschaft	42
21.2.2 Messverfahren.....	43
22 Physikalische Eigenschaften	43
22.1 Maße.....	43
22.2 Gewicht.....	43
23 Auslegungsdaten.....	43
Literaturhinweise.....	44
Bilder	
Bild 1 – Norm-Mikroschallwand	12
Bild 2 – Norm-Mikroschallwand mit Hilfsschallwand	12
Bild 3 – Kundtsches Rohr	13
Bild 4 – Geometrische Nennbedingungen, mit denen die Position des Strahlers im Koordinatensystem beschrieben wird	14
Bild 5 – Impedanzkurve des Mikrolautsprechers.....	24
Bild 6 – Höchst- und Tiefstwerte der Auslenkung.....	27
Bild 7 – Auslenkungskurve	27
Bild 8 – Gleichstromanteil der Auslenkung.....	28
Bild 9 – Blockschaltbild der Prüfanordnung.....	35
Bild 10 – Messgerät für magnetisches Streufeld	42

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 100/3006/CD:2017 „Microspeakers“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

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

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

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

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 742.5 „Lautsprecher“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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

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

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

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

Mikrolautsprecher

1 Anwendungsbereich

Diese internationale Norm legt die Eigenschaften des Mikrolautsprechers sowie die relevanten, auf stationären sinusförmigen Signalen, sinusförmigem Chirp, Mehrton oder Rauschen beruhenden Messverfahren für den Mikrolautsprecher fest. Zu den Haupteigenschaften gehören unter anderem die Impedanz, die Auslenkung, der Amplitudenfrequenzgang, die Verzerrung und die Belastbarkeit.

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).

IEC 60050-151:2001, *Electrotechnical terminology – Electrical and magnetic devices*

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

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

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

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

IEC 60268-14, *Sound system equipment – Part 14: Circular and elliptical Loudspeakers; outer frame diameters and mounting dimensions*

IEC 60268-21, *Sound system equipment – Acoustical (Output Based) Measurement*

IEC 60268-22, *Sound system equipment – Electrical and Mechanical Measurements on Transducers*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

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

3.1 Mikrolautsprecher

Lautsprecher, bei dem die Maße des Strahlerelements (Membran oder anderer Strahler) nicht mehr als 40 mm betragen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff „Mikrolautsprecher“ gilt für die Mikrolautsprechereinheit (Wandler), aber auch für passive Mikrolautsprechersysteme, die aus einem oder mehreren Wandler(n) mit den entsprechenden akustischen Strukturen (z. B. Kammer, Anschluss, Apertur) bestehen.

3.2 HOHD

Gesamtklirrfaktor höherer Ordnung (en: higher-order harmonic distortion)

4 Messbedingungen

4.1 Nennbedingungen der Messung

Im Sinne der praktischen Umsetzung legt diese Norm fest, wie das elektroakustische Gerät für die Messung aufzustellen ist. In der vorliegenden Norm werden Norm-Messbedingungen definiert. Um die tatsächlichen Messbedingungen herzustellen, müssen einige Werte (die als „Nennwerte“ bezeichnet werden) den Festlegungen des Herstellers entnommen werden.

Diese Nennwerte sind selbst nicht Gegenstand der Messung, sondern bilden die Grundlage für die Durchführung der Messungen zur Bestimmung der anderen Kennwerte.

Hierzu gehören die folgenden Nennwerte; diese sind vom Hersteller anzugeben:

- Nennimpedanz;
- Nenn-Sinusspannung oder -Sinusleistung;
- Nenn-Rauschspannung oder -Rauschleistung;
- Nenn-Frequenzbereich;
- geometrische Nennbedingungen;
- klimatische Nennbedingungen.

ANMERKUNG Eine ausführliche Erklärung der Benennung „Nennwert/Bemessungswert“ wird in IEC 60268-2 gegeben. Siehe auch Begriff 151-04-03 in IEC 60050 (151).

4.2 Klimatische Bedingungen

IEC 60268-1 besagt, dass die Prüfungen in der folgenden Umgebung durchgeführt werden sollten, um solche Einflüsse von Temperatur und Feuchte, welche die Eigenschaften des Mikrolautsprechers beeinträchtigen können, zu vermeiden.

- Umgebungstemperatur: 15 °C ~ 35 °C;
- relative Luftfeuchte: 25 % ~ 75 %;
- Luftdruck: 86 kPa ~ 106 kPa

Die klimatischen Normbedingungen für Entscheidungsprüfungen sind wie folgt definiert:

- Umgebungstemperatur: (23 ± 1) °C;
- relative Luftfeuchte: 48 % ~ 52 %;
- Luftdruck: 86 kPa ~ 106 kPa

4.3 Norm-Messbedingungen

Ein Mikrolautsprecher wird dann unter Norm-Messbedingungen betrieben, wenn alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- a) Die akustische Umgebung wurde festgelegt und aus den in Abschnitt 5 angegebenen Bedingungen ausgewählt.
- b) Der zu messende Mikrolautsprecher wurde nach Abschnitt 6 montiert.
- c) Die Positionierung des Mikrolautsprechers im Verhältnis zum Messmikrofon und den Wänden erfolgt nach Abschnitt 7.

- d) Es wird ein Messgerät, das zur Ermittlung der betrachteten Kennwerte geeignet ist, nach Abschnitt 8 angeschlossen.
- e) Der Mikrolautsprecher wird mit einem festgelegten Prüfsignal nach Abschnitt 11 einer angegebenen Spannung U innerhalb des Nenn-Frequenzbereichs nach 16.1 gespeist. Falls erforderlich, kann die Eingangsleistung P nach folgender Gleichung berechnet werden: $P = U^2/R$. Dabei ist R die Nennimpedanz nach 13.2.

5 Akustische Umgebung

5.1 Allgemeines

Die akustischen Messungen werden unter einer der in 5.2 bis 5.5 festgelegten Bedingungen des akustischen Feldes durchgeführt, wobei die gewählte Umgebung mit den Messergebnissen angegeben werden muss.

5.2 Freifeldbedingungen

Es kommen akustische Bedingungen zum Einsatz, die annäherungsweise denen eines freien Feldes entsprechen. Die Umgebung wird als zufriedenstellend angesehen, wenn der Schalldruck nach dem $1/r$ -Gesetz mit dem Abstand (r) von einer Punktquelle abnimmt und für die Schalldruckamplitude in dem Bereich zwischen dem Mikrolautsprecher und dem Mikrofon, auf den sich das Schallfeld während der Messung erstreckt, eine Messunsicherheit von $\pm 0,5$ dB gilt.

Die Freifeldbedingungen bestehen über den gesamten Frequenzbereich der Messung. Wenn die Umgebung (z. B. reflexionsfreier Raum bei niedrigen Frequenzen) diese Freifeldbedingungen nicht über den gesamten Frequenzbereich der Messung erfüllt, muss der Hersteller den gültigen Frequenzbereich angeben.

5.3 Halbraum-Freifeldbedingungen

Es kommen akustische Bedingungen zum Einsatz, bei denen ein Freifeld (siehe 5.2) in einem Halbraum vorliegt. Zur Erfüllung dieser Bedingung wird eine reflektierende Ebene ausreichender Abmessung verwendet, bei der der Schalldruck von einer auf der Oberfläche dieser Ebene angebrachten Punktquelle auf die in 5.2 beschriebene Art abnimmt.

5.4 Nachgebildete Freifeldbedingungen

Es kommen akustische Bedingungen zum Einsatz, bei denen die nachgebildeten Freifeldbedingungen für die für eine Messung erforderliche Zeit den Bedingungen eines freien Raums entsprechen.

Die Bedingungen sind in einer Umgebung (z. B. einem großen Raum ohne Hindernisse) erfüllt, in der der von dem Mikrolautsprecher abgestrahlte und von einer Oberfläche oder einem Objekt in der Umgebung reflektierte Schall das Messmikrofon erst erreicht, wenn die Messung des direkten Schalls abgeschlossen ist.

Jedwede derartige Reflexion, die das Mikrofon erreicht, wird durch Fensterung oder andere Mittel von der Messung ausgeschlossen.

ANMERKUNG Unter solchen Bedingungen werden aufeinanderfolgende Messungen durch Pausen getrennt, die so lang sind, dass der vom Nachhall im Raum erzeugte Schalldruckpegel auf einen vernachlässigbaren Wert abfällt.

5.5 Nachgebildete Halbraum-Freifeldbedingungen

Es kommen akustische Bedingungen zum Einsatz, bei denen das nachgebildete Freifeld (siehe 5.4) in einem Halbraum vorliegt. Diese Bedingungen sind zu verwenden, wenn eine reflektierende Ebene, die eine Begrenzung der nachgebildeten Freifeldumgebung bildet, so groß ist, dass keine Reflexionen von ihren Kanten das Mikrofon innerhalb der Messzeit erreichen.

ANMERKUNG Unter solchen Bedingungen werden aufeinanderfolgende Messungen durch Pausen getrennt, die so lang sind, dass der vom Nachhall im Raum erzeugte Schalldruckpegel auf einen vernachlässigbaren Wert abfällt.

6 Einbau des Mikrolautsprechers

6.1 Einbau und akustische Last von Mikrolautsprechereinheiten

Die Leistung der Antriebseinheit (Wandler) wird von den Eigenschaften der Einheit selbst und von ihrer akustischen Last bestimmt. Die akustische Last hängt von der Art des Einbaus ab, welche bei der Darstellung der Ergebnisse eindeutig beschrieben werden muss.

Es muss eine der drei folgenden Einbauarten verwendet werden:

- a) im Freifeld, Norm-Mikroschallwand, Antriebseinheit mit/ohne festgelegtes Messgehäuse;
- b) im Freifeld, „free air“, Antriebseinheit mit/ohne festgelegtes Messgehäuse;
- c) im Freifeld, Kundtsches Rohr, Antriebseinheit mit/ohne festgelegtes Messgehäuse;
- d) im Halbraum-Freifeld, Antriebseinheit bündig mit reflektierender Ebene, Antriebseinheit mit/ohne festgelegtes Messgehäuse.

ANMERKUNG 1 Die Einbaubedingung a) kommt bis zu einer unteren Grenzfrequenz, deren Wert von dem gewählten Messabstand abhängt, dem Halbraum-Freifeld nahe. Messungen, die bei Frequenzen unterhalb dieses Grenzwertes durchgeführt werden, dürfen nur für Vergleiche benutzt werden.

ANMERKUNG 2 Die Struktur und der Werkstoff eines festgelegten Messgehäuses („Box“), dessen Nettovolumen üblicherweise nicht mehr als 1 cm^3 beträgt, müssen vom Hersteller festgelegt und bei den Ergebnissen angegeben werden.

6.2 Einbau und akustische Last von Mikrolautsprechersystemen

Mikrolautsprechersysteme werden üblicherweise ohne zusätzliche Schallwand gemessen. Wenn der Hersteller eine besondere Einbauart für das Mikrolautsprechersystem festlegt, so muss diese für die Messung verwendet werden. Die verwendete Einbauart muss bei den Ergebnissen angegeben werden.

6.3 Norm-Mikroschallwand

Die Norm-Mikroschallwand muss eine akustisch reflektierende, ebene Vorderseite haben. Die Maße der Mikroschallwand müssen Bild 1 entsprechen.

ANMERKUNG Der Werkstoff, aus dem die Norm-Mikroschallwand besteht, sollte so dick sein, dass etwaige Schwingungen vernachlässigbar sind. Die Kante des Strahlerelements sollte mit der Vorderseite der Mikroschallwand weitgehend bündig abschließen. Dies kann durch die Verwendung einer in Bild 2 dargestellten dünnen, starren Hilfsschallwand, mit oder ohne abgeschrägte Kante, erreicht werden.

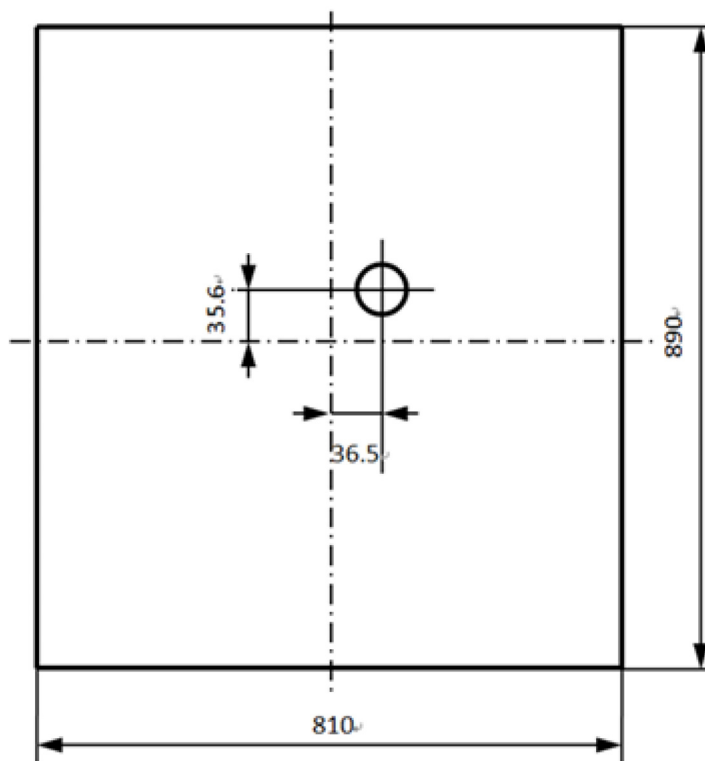


Bild 1 – Norm-Mikroschallwand

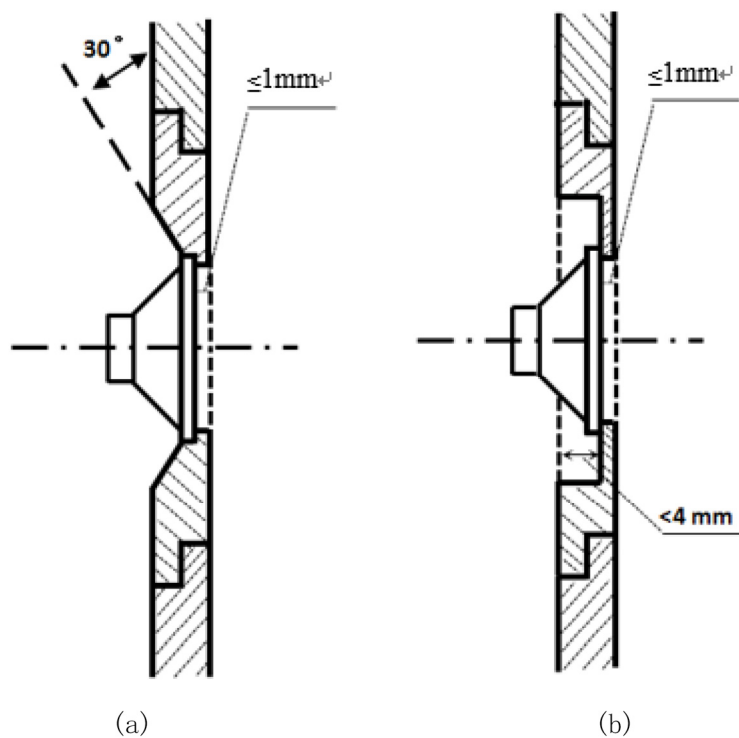


Bild 2 – Norm-Mikroschallwand mit Hilfsschallwand

6.4 Messung mit einem Kundtschen Rohr

Es muss ein Rohr verwendet werden, das Bild 3 entspricht. Das Rohr muss aus einem akustisch reflektierenden Werkstoff bestehen.

ANMERKUNG 1 Der in Bild 3 dargestellte Durchmesser des Rohrs d_{tube} muss das 1,5- bis 2,5-Fache des Durchmessers des zu messenden Strahlerelements betragen. Die Länge des Rohrs l muss 600 mm bis 1 000 mm betragen.

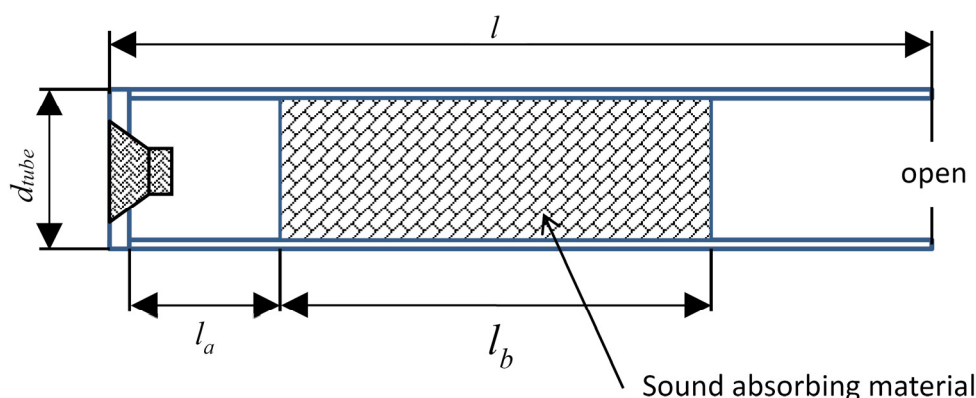
ANMERKUNG 2 Der Werkstoff, aus dem das Rohr besteht, muss so steif sein, dass etwaige Schwingungen vernachlässigbar sind.

ANMERKUNG 3 Die Kante des Strahlerelements muss mit der Vorderseite des Rohrendes weitgehend bündig abschließen.

ANMERKUNG 4 Zur Beseitigung etwaiger in dem Rohr auftretender stehender Wellen muss ein geeignetes Schallabsorptionsmaterial verwendet werden. Es wird ein Abstand l_a von 150 mm – 200 mm und eine Länge l_b von 200 mm – 500 mm empfohlen.

ANMERKUNG 5 Als Werkstoff des Rohrs wird PVC (Vinylchlorid) empfohlen. Als Schallabsorptionsmaterial wird Polyesterfaser empfohlen (Dichte: etwa 20 kg/m³ – 25 kg/m³, Gesamtgewicht: 14 g – 30 g).

ANMERKUNG 6 Nach dem Einbau mit dem Kundtschen Rohr darf die Frequenz der Grundresonanz der Antriebseinheit nicht um 5 % geändert werden und in der elektrischen Impedanz darf keine zusätzliche Resonanzspitze erzeugt werden.



Text im Bild:

englisch

open

Sound absorbing material

deutsch

offen

Schallabsorptionsmaterial

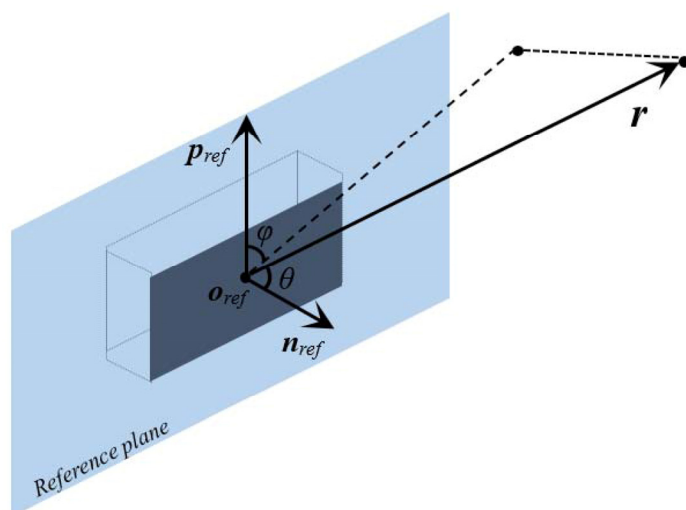
Bild 3 – Kundtsches Rohr

7 Positionierung von Mikrolautsprecher und Messmikrofon

7.1 Geometrische Nennbedingungen

ANMERKUNG Dies ist eine Nennbedingung nach 4.1.

Die Position und die Ausrichtung der Membran bzw. des sonstigen Strahlers müssen unter Verwendung des Bezugspunktes $\mathbf{o}_{ref}$ des Strahlers, des Normalenvektors $\mathbf{n}_{ref}$ und des Polarvektors $\mathbf{p}_{ref}$ nach der Darstellung in Bild 4 angegeben werden.



Text im Bild:

englisch

Reference plane

deutsch

Bezugsebene

Bild 4 – Geometrische Nennbedingungen, mit denen die Position des Strahlers im Koordinatensystem beschrieben wird

7.1.1 Bezugsebene

Der Hersteller muss eine Bezugsebene in Bezug auf ein physikalisches Merkmal des Mikrolautsprechers festlegen.

Die Bezugsebene muss zur Definition der Position des Bezugspunktes $\mathbf{o}_{ref}$ und der Richtung des Normalenvektors $\mathbf{n}_{ref}$ benutzt werden.

ANMERKUNG Bei symmetrischen Strukturen verläuft die Bezugsebene üblicherweise parallel zur Abstrahlfläche bei Ruhestellung des Strahlers. Bei asymmetrischen Strukturen lässt sich die Bezugsebene besser mithilfe einer Zeichnung darstellen.

7.1.2 Bezugspunkt

Der Hersteller muss einen Bezugspunkt auf der Bezugsebene festlegen.

ANMERKUNG Bei symmetrischen Strukturen ist der Bezugspunkt $\mathbf{o}_{ref}$ üblicherweise der Punkt der Achsensymmetrie des Strahlers innerhalb der Bezugsebene; bei asymmetrischen Strukturen lässt sich der Bezugspunkt besser anhand einer Zeichnung darstellen.

7.1.3 Normalenvektor

Der Hersteller muss die am Bezugspunkt senkrecht zu der Bezugsebene verlaufende Linie sowie deren Richtung festlegen. Der Normalenvektor $\mathbf{n}_{ref}$ definiert auch den Polarwinkel $\theta = 0$ in Kugelkoordinaten.

7.1.4 Polarvektor

Der Hersteller muss den Strahl vom Bezugspunkt $\mathbf{o}_{ref}$ auf der Bezugsebene festlegen. Der Polarvektor $\mathbf{p}_{ref}$ definiert auch den Azimutwinkel $\varphi = 0$ in Kugelkoordinaten.

7.2 Messabstand unter Freifeld- und Halbraum-Freifeldbedingungen

7.2.1 Allgemeines

Um gleichmäßige Ergebnisse zu erhalten, sollten Messungen unter Freifeld- und Halbraum-Freifeldbedingungen idealerweise im Fernfeld des Mikrolautsprechers durchgeführt werden. Der Standort im Fernfeld wird ermittelt, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- 1) $r \geq d$;
- 2) $r \geq d^2/\lambda$.

Dabei ist

r der Messabstand;

d die effektiven Maße der Abstrahlelemente;

λ die Länge der Schallwelle; sie hängt von dem oberen Grenzwert des Soll-Frequenzbereichs ab.

In der Praxis wird der nutzbare Abstand jedoch durch Unvollkommenheiten der Messumgebung (Raum) und die Auswirkungen des Hintergrundgeräuschs nach oben hin begrenzt. Deshalb sollte der Messabstand mindestens 0,05 m sein oder ein Inkrement von 0,1 m sein.

7.2.2 Einzel-Mikrolautsprechereinheit (Wandler)

Für Mikrolautsprecher dieses Typs muss ein Messabstand von 0,1 m vom Bezugspunkt benutzt werden, außer spezielle Bedingungen schreiben einen anderen Wert vor; dieser muss dann angegeben werden.

7.2.3 Mikrolautsprecher-Kombinationen

Mikrolautsprecher-Kombinationen bestehen aus zwei oder mehr Abstrahlelementen, die das gleiche Frequenzband wiedergeben. Der Messabstand muss die Fernfeldbedingung erfüllen (siehe 7.2.1), außer spezielle Bedingungen schreiben einen anderen Wert vor; dieser muss dann angegeben werden.

7.3 Positionierung von Mikrolautsprecher und Mikrofon unter nachgebildeten Freifeld- und Halbraum-Freifeldbedingungen

Der Messabstand muss unter Berücksichtigung von 7.2 für Freifeld- und Halbraum-Freifeldbedingungen ausgewählt werden.

Die Position von Mikrolautsprecher und Mikrofon in der Messumgebung muss innerhalb des Freifeldbereichs liegen, damit keine unerwünschten Reflexionen das Mikrofon erreichen.

Ist der Messraum ein reflexionsfreier Raum, müssen die Reflexionen von den Keilspitzen, dem Boden zum Begehen und von den Halterungen für Mikrolautsprecher und Mikrofon beachtet werden. Einflüsse dieser Quellen dürfen im gesamten Frequenzbereich der Messung 0,5 dB nicht übersteigen.

Der Messabstand und die längste Signalaufnahmezeit der Umgebung müssen angegeben werden.

8 Messgeräte

Messungen unter Freifeld- und Halbraum-Freifeldbedingungen müssen mit einem Freifeldmikrofon durchgeführt werden. Die Maße des Mikrofons sollten die Fernfeldeigenschaften des Schallfeldes nicht beeinflussen. Diese beiden Anforderungen müssen über den gesamten betroffenen Frequenzbereich erfüllt sein.

Der Signalgenerator, der Verstärker, der den Mikrolautsprecher mit dem Signal speist, und das Messgerät am Mikrofonverstärker müssen einen bekannten Amplitudenfrequenzgang haben, der in dem betroffenen Frequenzbereich innerhalb von $\pm 0,5$ dB konstant ist, bei einer vernachlässigbaren Amplitudennichtlinearität

unter den geprüften Bedingungen. Diese Messgeräte müssen eine Effektivwertanzeige haben, deren Zeitkonstante so groß ist, dass die Fehlergrenze von 1 dB nicht überschritten wird.

9 Genauigkeit der Messung

9.1 Allgemeines

Es muss ein Frequenzbereich festgelegt werden, über den die Gesamtmessabweichung ± 2 dB nicht überschreitet.

ANMERKUNG Die wahrscheinlichen Fehlerquellen der Messgeräte und der Messumgebung sollten identifiziert und quantifiziert und ihr Anteil angegeben werden. Diese Information sollte dem Prüfbericht beigelegt werden.

9.2 Akustisches und elektrisches Störgeräusch

Akustische und elektrische Störgeräusche müssen einen möglichst niedrigen Pegel haben, weil deren Gegenwart Signale mit niedrigem Pegel verdecken kann. Messwerte solcher Signale, die in dem bei der Messung berücksichtigten Frequenzband weniger als 20 dB über dem Geräuschpegel liegen, müssen deshalb verworfen werden.

9.3 Genauigkeit hinsichtlich des Einbaus

Die Reflexionen von der Stütze und den Befestigungselementen des Mikrolautsprechers sollten die Messergebnisse nicht beeinträchtigen. Einflüsse dieser Quellen dürfen im gesamten Frequenzbereich der Messung 0,5 dB nicht übersteigen.

ANMERKUNG Der Mikrolautsprecher sollte fest an der Stütze und den Befestigungselementen befestigt und nicht verformt oder beschädigt sein.

9.4 Fehlergrenze der Messgeräte

Die Fehlergrenze der Messgeräte muss unter Bezug auf Abschnitt 8 bestimmt werden.

9.5 Genauigkeit hinsichtlich der akustischen Umgebung

Unter Freifeld- und Halbraum-Freifeldbedingungen muss hinsichtlich der Amplitude des gemessenen Schalldrucks eine Messabweichung von $\pm 0,5$ dB eingehalten werden.

Unter nachgebildeten Freifeld- und Halbraum-Freifeldbedingungen sind die Anforderungen an die Genauigkeit unter Bezug auf 7.3 festzulegen.

10 Kennzeichnung der Anschlüsse und Steller

10.1 Allgemeines

Die Anschlüsse und Steller müssen nach IEC 60268-1 und IEC 60268-2 wie folgt gekennzeichnet werden.

10.2 Positiver Anschluss

10.2.1 Anzugebende Eigenschaft

Der Anschluss einer Mikrolautsprechereinheit, bei dem das Anlegen einer positiven Spannung in Bezug auf den anderen Anschluss zu einer Annäherung der Membran der Antriebseinheit an das Mikrofon (Spule bewegt sich nach draußen) führt, muss als positiver Anschluss angegeben werden.

10.2.2 Kennzeichnung

Der positive Anschluss muss mit dem Symbol „+“ oder in Rot oder auf eine vom Hersteller festgelegte Art gekennzeichnet werden.

10.2.3 Prüfverfahren

Kurzzeitiges Anlegen einer positiven Gleichspannung an den als positiv gekennzeichneten Anschluss. Untersuchung der Schwingrichtung der Membran der Antriebseinheit. Die Kennzeichnung ist korrekt, wenn sich die Membran der Antriebseinheit in Richtung des Mikrofons (Spule bewegt sich nach draußen) bewegt.

11 Prüfsignale

11.1 Allgemeines

Die akustischen Messungen müssen unter einer der folgenden Bedingungen für das Messsignal oder anderen vom Hersteller festgelegten Signalbedingungen durchgeführt werden und das gewählte Signal muss mit den Ergebnissen angegeben werden.

11.2 Stationäres sinusförmiges Signal

Die Anregungszeit mit dem stationären sinusförmigen Signal muss ausreichend lang sein, um den stationären Zustand des Mikrolautsprechers herbeizuführen und eine zeitliche Mittelung und zeitdiskrete Verarbeitung für die Messung durchzuführen. Das sinusförmige Prüfsignal darf bei keiner Frequenz die Nenn-Sinusspannung (nach Definition in 19.4) übersteigen. Die Spannung an den Eingangsanschlüssen des geprüften Mikrolautsprechers ist, wenn nicht anders angegeben, für alle Frequenzen konstant zu halten.

Die Anregung des elektroakustischen Systems erfolgt mit einem einzelnen Ton

$$x_s(t) = \sqrt{2}A \cos(2\pi ft) \quad (1)$$

Dabei ist

A die Amplitude, der Effektivwert der Funktion ausgehend von Null;

f die Frequenz, die Anzahl der Schwingungen (Zyklen) je Sekunde. Die Auswahl muss mit den Ergebnissen angegeben werden.

11.3 Sinusförmiges Chirp-Signal

Das häufig verwendete Chirp-Signal wird wie folgt definiert:

$$x_c(t) = \sqrt{2}A(f(t)) \cos(2\pi f(t)t) \quad (2)$$

Dabei ist

$f(t)$ die Frequenz des Signals, die in Abhängigkeit von der Zeit variiert;

$A(f(t))$ der Effektivwert der Amplitude, der in Abhängigkeit von der Frequenz variiert.

a) Linearer Chirp

Beim linearen Chirp variiert die Momentanfrequenz $f(t)$ linear mit der Zeit:

$$f(t) = f_{start} + kt \quad (3)$$

Dabei ist

f_{start} die Startfrequenz (zum Zeitpunkt $t = 0$);

$k = (f_{end} - f_{start})/T_s$ die Anstiegsgeschwindigkeit der Frequenz, wobei T_s die Zeit ist, welche für den Übergang von der Startfrequenz f_{start} zur Endfrequenz f_{end} benötigt wird.

b) Exponentieller Chirp

Beim exponentiellen Chirp variiert die Momentanfrequenz $f(t)$ exponentiell mit der Zeit:

$$f(t) = f_{start} 2^{\beta t} \quad (4)$$

Dabei ist

f_{start} die Startfrequenz (zum Zeitpunkt $t = 0$);

$\beta = \frac{1}{T_s} \log_2 \left(\frac{f_{end}}{f_{start}} \right)$ die Geschwindigkeit des exponentiellen Anstiegs der Frequenz, wobei T_s die Zeit ist, welche für den Übergang von der Startfrequenz f_{start} zur Endfrequenz f_{end} benötigt wird.

11.4 Diskretes sinusförmiges Mehrtonsignal

Das diskrete sinusförmige Mehrtonsignal ist definiert durch

$$x_m(t) = \sqrt{\frac{2}{\sum_{i=0}^N A(f_i)^2}} \sum_{i=0}^N A(f_i) \cos(2\pi f_i t + \phi_i) \quad (5)$$

Dabei ist

$A(f_i)$ der Effektivwert der Amplitude, der in Abhängigkeit von der Frequenz variiert;

f_i die Frequenz des Signals zwischen dem niedrigsten Ton f_0 und dem höchsten Ton f_N bei Vielfachen der Grundfrequenz f_b , definiert als Gleichung (6).

$$f_i = f_b \text{int}(T \cdot f_0 \cdot 2^{i/R}) \text{ mit } i = 0, \dots, N \quad (6)$$

Die Grundfrequenz f_b , die definiert wird durch

$$f_b = \frac{1}{T} = \frac{f_s}{N_{FT}} \quad (7)$$

entspricht der kleinsten Länge T des Mehrtonkomplexes, der Abtastfrequenz f_s und der Größe N_{FT} der Fourier-Transformierten (DFT oder FFT) zur Vermeidung des Nachziehens („Smearing“) der Grundtöne über mehrere Frequenz-Bins.

Der Parameter der Auflösung R beschreibt die Anzahl der Töne je Oktave.

Die Töne haben eine pseudozufällige Phase

$$\varphi_i = \frac{2\pi}{m} n_i \quad \text{für } i = 0, \dots, N$$

mit

(8)

$$n_i = (an_{i-1} + c) \bmod_m \quad \text{für } i = 1, \dots, N$$

die einen niedrigen Crest-Faktor des Stimulus und eine deterministische Wellenform des Stimulus erzeugt.

ANMERKUNG Die Phasen der niederfrequenten Töne bestimmen die Wellenform der Schwingspulenauslenkung, welche einen starken Einfluss auf die nichtlineare Verzerrung durch Nichtlinearitäten von Motor und Aufhängung hat.

Der Moduloparameter m wird üblicherweise durch die verwendete digitale Wortgröße (en: digital word size) definiert. Die anderen freien Parameter a , c und der Startwert n_0 (Ausgangswert) müssen positiv und kleiner als m sein. Eine Veränderung dieser Parameter beeinträchtigt die Zufälligkeit der erzeugten Phasen und damit den Crest-Faktor des resultierenden Zeitsignals. Der Crest-Faktor darf für einen bestimmten Frequenzbereich, eine bestimmte Signallänge und eine bestimmte Auflösung optimiert werden. Angemessene Standardwerte sind $a = 843\,314\,861$, $c = 453\,816\,693$, $m = 2^{31}$ und $n_0 = 0$. Wenn andere Parameter verwendet werden, müssen diese angegeben werden.

11.5 Breitbandrauschen

ANMERKUNG Dieser Begriff wird in IEC 60268-2 erläutert.

Um den Verstärker nicht zu übersteuern, sollte der Crest-Faktor einer Rauschquelle zwischen 3 und 4 liegen.

Zur Messung der Amplitude des Signals muss ein den wahren Effektivwert anzeigendes Spannungsmessgerät mit einer Zeitkonstanten benutzt werden, die mindestens so lang ist wie die Zeitkonstante in der Betriebsart „slow“ des in IEC 60651 festgelegten Schallpegel-Messgeräts.

11.6 Schmalbandrauschen

ANMERKUNG Dieser Begriff wird in IEC 60268-2 erläutert.

Bei Messungen mit Schmalbandrauschen müssen ein Generator für rosa Rauschen und Filter konstanter relativer Bandbreite nach IEC 61260-1, üblicherweise mit Terzbandbreite, benutzt werden.

12 Vorbehandlung

12.1 Akklimatisation

Der Mikrolautsprecher sollte mindestens 10 min vor der Vorbelastung entsprechend 12.2 den klimatischen Bedingungen entsprechend 4.2 ausgesetzt werden.

12.2 Vorbelastung

In dem Mikrolautsprecher können, z. B. als Folge der Membranbewegung, bleibende Änderungen auftreten. Deshalb sollte der Mikrolautsprecher vor den Messungen mindestens 0,5 h durch Anlegen eines simulierten Programmsignals nach IEC 60268-1 mit Nenn-Rauschspannung vorbehandelt werden.

Bevor die Messungen begonnen werden, muss der Vorbehandlung eine Erholungszeit von mindestens 0,5 h folgen, während der der Mikrolautsprecher abgeklemmt sein muss.

13 Impedanz

13.1 Impedanzkurve

13.1.1 Anzugebende Eigenschaften

Die Impedanzkurve muss als Darstellung des Betrags der Impedanz als Funktion der Frequenz angegeben werden.

13.1.2 Messverfahren

- a) Der Mikrolautsprecher muss unter Norm-Messbedingungen nach 4.3, Bedingungen a), b) und d), betrieben werden.
- b) Eine konstante Spannung muss angelegt oder ein konstanter Strom eingespeist werden; eine konstante Spannung wird üblicherweise bevorzugt. Der für die Messung gewählte Wert der Spannung oder des Stroms muss klein genug sein, um sicherzustellen, dass der Mikrolautsprecher in einem linearen Bereich arbeitet, in dem die von einem einzelnen Ton oder einem Zweiton gemessenen nichtlinearen Verzerrungskomponenten 40 dB unterhalb des Grundschwingungsanteils des Signals liegen.
- c) Der Betrag der Impedanz muss mindestens in einem Frequenzbereich von 100 Hz bis 16 000 Hz gemessen werden.
- d) Die Ergebnisse müssen grafisch als Funktion der Frequenz dargestellt werden. Der Wert der Spannung oder des Stroms muss mit den Ergebnissen angegeben werden.

13.2 Nennimpedanz

ANMERKUNG Dies ist eine Nennbedingung nach 4.1.

Der Hersteller muss den Wert eines Wirkwiderstandes angeben, der anstelle des Mikrolautsprechers angeschlossen wird, wenn die verfügbare elektrische Leistung der Quelle gemessen wird.

Der kleinste Wert des Betrags der Impedanz darf im Nenn-Frequenzbereich 80 % der Nennimpedanz nicht unterschreiten. Ist der Betrag der Impedanz bei irgendeiner Frequenz außerhalb dieses Bereichs (einschließlich Gleichstrom) kleiner als dieser Wert, muss dies in den Spezifikationen festgehalten werden.

14 Kleinsignalparameter der Mikrolautsprecher

14.1 Allgemeines

Die Kleinsignalparameter beschreiben das Schwing- und Übertragungsverhalten des Mikrolautsprechers im linearen Zustand. Der lineare Zustand sollte die folgenden Bedingungen erfüllen: (1) Eingabe eines Kleinsignals; (2) der äußere Umfang der Membran des Wandlers sollte im Vergleich zu der Wellenlänge bei Arbeitsfrequenzen klein sein.

Zu den Kleinsignalparametern der Mikrolautsprechereinheit gehören in erster Linie die folgenden:

- a) Resonanzfrequenz, f_s
- b) Gleichstromwiderstand der Treiber-Schwingspule, R_{dc}
- c) Induktivität der Schwingspule, L_e
- d) Gesamtgüte, Q_{ts}
- e) Elektrischer Gütefaktor, Q_{es}
- f) Mechanischer Gütefaktor, Q_{ms}
- g) Mechanische Nachgiebigkeit, C_{ms}

- h) Bewegte Masse, M_{ms}
- i) Mechanischer Widerstand der gesamten Treiberverluste, R_{ms}
- j) Äquivalentes Luftvolumen der Nachgiebigkeit eines Mikrolautsprechers, V_{as}
- k) Kraftfaktor, Bl
- l) Effektiver Strahlungsbereich, S_D

ANMERKUNG Die Messungen der Kleinsignalparameter erfolgen an der Luft, deshalb werden die Auswirkungen der Luftlast bei den Parametern berücksichtigt. Informationen zu Messungen im Vakuum können IEC 60268-22 entnommen werden.

14.2 Anzugebende Eigenschaften

14.2.1 Resonanzfrequenz f_s

Es muss die Frequenz angegeben werden, bei der der Betrag der elektrischen Impedanz des Mikrolautsprechers bei ansteigendem Frequenzmaßstab sein erstes Hauptmaximum hat. Die akustische Umgebung (entweder Freifeld oder Halbraum-Freifeld), die Einbaubedingungen, einschließlich der Eigenschaften eines gegebenenfalls benutzten Messgehäuses, müssen zusammen mit dem Wert dieser Frequenz angegeben werden.

14.2.2 Gleichstromwiderstand der Treiber-Schwingspule R_{dc}

Es muss der elektrische Widerstand der Schwingspule des Mikrolautsprechers bei einem Gleichstromsignal angegeben werden.

14.2.3 Induktivität der Schwingspule L_e

Es muss der Koeffizient der Selbstinduktivität der Schwingspule angegeben werden.

14.2.4 Gesamtgüte Q_{ts}

Es muss das Verhältnis des Massen- (oder Feder-)Anteils der akustischen oder mechanischen Impedanz bei der Resonanzfrequenz (nach 14.2.1) zu dem Wirkanteil dieser Impedanz angegeben werden.

14.2.5 Elektrischer Gütefaktor Q_{es}

Es muss der elektrische Gütefaktor des Mikrolautsprechers bei der Resonanzfrequenz (nach 14.2.1) unter ausschließlicher Berücksichtigung des Gleichstromwiderstands der Schwingspule angegeben werden.

14.2.6 Mechanischer Gütefaktor Q_{ms}

Es muss der mechanische Gütefaktor des Mikrolautsprechers bei der Resonanzfrequenz (nach 14.2.1) unter ausschließlicher Berücksichtigung von nichtelektrischen Widerständen des Mikrolautsprechers angegeben werden.

14.2.7 Mechanische Nachgiebigkeit C_{ms}

Es muss die mechanische Nachgiebigkeit des Mikrolautsprechers angegeben werden. Deren Kehrwert ist der Steifigkeitskoeffizient K_{ms} .

ANMERKUNG Einige Mikrolautsprecher weisen bedeutsame viskoelastische Eigenschaften auf, wodurch die Nachgiebigkeit und die mechanischen Verluste bei niedrigeren Frequenzen verstärkt werden. Die frequenzabhängige Nachgiebigkeit $C_{ms}(f)$ verstärkt die Schwingspulenauslenkung bei niedrigeren Frequenzen und beeinflusst die

dynamische Erzeugung der Gleichstromauslenkung und die Stabilität des Wandlers. Die in IEC 60268-22, 20.5, beschriebene frequenzabhängige Nachgiebigkeit $C_{ms}(f)$ muss bei der Angabe der mechanischen Parameter (z. B. M_{ms}) berücksichtigt werden.

14.2.8 Bewegte Masse M_{ms}

Es muss die bewegte Masse, d. h. die mechanische Masse der Treiber-Membran-Baugruppe unter Berücksichtigung von Luftlast und Schwingspule, angegeben werden.

14.2.9 Mechanischer Widerstand R_{ms}

Der mechanische Widerstand R_{ms} beschreibt die Verluste des Mikrolautsprechers.

ANMERKUNG Einige Mikrolautsprecher weisen bedeutsame viskoelastische Eigenschaften auf, wodurch die Nachgiebigkeit und die mechanischen Verluste bei niedrigeren Frequenzen verstärkt werden. Unterhalb und oberhalb der Resonanzfrequenz f_s hat die Frequenzabhängigkeit des mechanischen Widerstands $R_{ms}(f)$ jedoch keine großen Auswirkungen auf das Übertragungsverhalten des Wandlers.

14.2.10 Kraftfaktor Bl

Der Kraftfaktor Bl ist der Koeffizient der Kopplung zwischen dem elektrischen System und dem mechanischen System des Mikrolautsprechers.

14.2.11 Äquivalentes Luftvolumen der Nachgiebigkeit einer Mikrolautsprechereinheit V_{as}

Es muss das Luftvolumen angegeben werden, dessen akustische Nachgiebigkeit gleich der der Mikrolautsprechereinheit ist.

ANMERKUNG Das äquivalente Volumen V_{as} bildet zusammen mit der Gesamtgüte Q_{ts} (nach 14.2.4) und der Resonanzfrequenz f_s (nach 14.2.1) eine geeignete Definition des Frequenzgangs bei tiefen Frequenzen des Mikrolautsprechers und ist bei der Auslegung der tiefen Frequenzen von Mikrolautsprechersystemen von Nutzen.

14.2.12 Effektiver Strahlungsbereich S_D

Der effektive Strahlungsbereich S_D beschreibt die Kupplung zwischen dem mechanischen und dem akustischen Bereich durch Ersetzen des Konus, der Membran, der Verkleidung und anderer Abstrahlteile durch einen starren Kolben, der sich mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Schwingspule bewegt und über eine äquivalente Oberfläche verfügt und im Fernfeld den gleichen Schalldruck erzeugt wie der echte Strahler.

Zu den entsprechenden Messungen siehe IEC 60268-22, 20.7.2.

14.3 Messverfahren

Die Kleinsignalparameter können mithilfe des Verfahrens der Laserentfernungsmessung, des Verfahrens des zusätzlichen Volumens oder des Verfahrens der zusätzlichen Masse gemessen werden.

14.3.1 Verfahren der Laserentfernungsmessung

- Die elektrische Impedanz $Z(s)$ kann nach 13.1 gemessen werden. Die Resonanzfrequenz f_s ist die Frequenz, bei der der Betrag der elektrischen Frequenz bei ansteigendem Frequenzmaßstab sein erstes Hauptmaximum hat. Zur Bestimmung der elektrischen Parameter können die Algorithmen der kleinsten Quadrate angewendet werden, indem die rechte Seite der folgenden Gleichung an die Funktion der gemessenen Impedanz angepasst wird:

$$Z(s) = \frac{U(s)}{I(s)} = R_{dc} + sL_e + \frac{sL_{ces}}{s^2 L_{ces} C_{mes} + s \frac{L_{ces}}{R_{es}} + 1} \quad (5)$$

Dabei ist

$C_{mes} = M_{ms} / (Bl)^2$ die elektrische Kapazität aufgrund der mechanischen Masse;

$L_{ces} = C_{ms} \cdot (Bl)^2$ die elektrische Induktivität aufgrund der mechanischen Nachgiebigkeit;

$R_{es} = (Bl)^2 / R_{ms}$ der Widerstand aufgrund der mechanischen Verluste.

ANMERKUNG 1 Wenn das viskoelastische Verhalten der mechanischen Aufhängung vernachlässigbar ist, kann die elektrische Impedanz mithilfe der Gleichung (5) berechnet werden. Andernfalls muss ein viskoelastisches Modell verwendet werden, um die Genauigkeit der Anpassung sicherzustellen.

b) Der elektrische Gütefaktor kann mithilfe der folgenden Gleichung abgeleitet werden:

$$Q_{es} = \omega_s C_{mes} R_{dc} = R_{dc} / (\omega_s L_{ces}) \quad (6)$$

Dabei ist

$\omega_s = 2\pi f_s$ die Resonanzkreisfrequenz.

c) Der mechanische Gütefaktor kann mithilfe der folgenden Gleichung abgeleitet werden:

$$Q_{ms} = \omega_s C_{mes} R_{es} = R_{es} / (\omega_s L_{ces}) \quad (7)$$

d) Die Gesamtgüte Q_{ts} kann mithilfe der folgenden Gleichung abgeleitet werden:

$$\frac{1}{Q_{ts}} = \frac{1}{Q_{es}} + \frac{1}{Q_{ms}} \quad (8)$$

e) Die Übertragungsfunktion der Anschlussspannung auf die Auslenkung des Mikrolautsprechers $H_x(s) = X(s)/U(s)$ kann mit Lasern mit einem geeigneten Messbereich und einer geeigneten Fehlergrenze für die Erregung des Mikrolautsprechers bei kleinen Amplituden gemessen werden. Der Kraftfaktor Bl kann berechnet werden, indem die Formel wie folgt an die gemessene Übertragungsfunktion angepasst wird:

$$H_x(s) = \frac{X(s)}{U(s)} = \frac{X(s)Bl}{U(s)} \cdot \frac{1}{Bl} = \frac{Z_R(s)}{Z(s)} \cdot \frac{1}{Bl} \quad (9)$$

Dabei ist

$Z_R(s) = \frac{sL_{ces}}{s^2 L_{ces} C_{mes} + s \frac{L_{ces}}{R_{es}} + 1}$ die Bewegungsimpedanz aufgrund der Bewegung der Schwingspule;

$Z(s) = Z_R(s) + sL_e + R_{dc}$ ist die elektrische Impedanz.

f) Die bewegte Masse M_{ms} kann mithilfe der folgenden Gleichung abgeleitet werden:

$$M_{ms} = C_{mes} (Bl)^2 \quad (10)$$

g) Die mechanische Nachgiebigkeit C_{ms} kann mithilfe der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$C_{ms} = \frac{L_{ces}}{(Bl)^2} \quad (11)$$

h) Der mechanische Widerstand R_{ms} kann mithilfe der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$R_{ms} = \frac{(Bl)^2}{R_{es}} \quad (12)$$

i) Das äquivalente Luftvolumen V_{as} kann mithilfe der folgenden Gleichung abgeleitet werden:

$$V_{as} = \rho_0 c_0^2 S_D^2 C_{ms} \quad (13)$$

Dabei ist

ρ_0 die Dichte der Luft;

c_0 die Geschwindigkeit von Schall in der Luft;

S_D der effektive Strahlungsbereich des Mikrolautsprechers.

14.3.2 Verfahren des zusätzlichen Volumens

- Die Kurve der elektrischen Impedanz muss nach 13.1 gemessen werden. Die Resonanzfrequenz f_s ist die Frequenz, bei der der Betrag der elektrischen Frequenz bei ansteigendem Frequenzmaßstab sein erstes Hauptmaximum hat.
- Die Gesamtgüte Q_{ts} kann mithilfe der folgenden Gleichung aus der Kurve der elektrischen Impedanz des Mikrolautsprechers abgeleitet werden:

$$Q_{ts} = \frac{1}{r_0} \frac{f_s}{f_2 - f_1} \sqrt{\frac{r_0^2 - r_1^2}{r_1^2 - 1}} \quad (14)$$

Dabei ist (sind)

f_s die Resonanzfrequenz des Mikrolautsprechers nach 14.2.1;

r_0 das Verhältnis des maximalen Betrags der Impedanz $|Z(f)|_{\max}$ bei f_s zu dem Gleichstromwiderstand des Mikrolautsprechers R_{dc} (nach 14.2.2);

f_1 und f_2 die Frequenzen, die mit angenäherter Symmetrie zu f_s so liegen, dass $f_1 < f_s < f_2$, und bei denen die Beträge der Impedanzen $Z_1 = |Z(f_1)|$ und $Z_2 = |Z(f_2)|$ identisch sind und den Wert $r_1 \cdot R_{dc}$ haben;

r_1 das Verhältnis des Betrags $|Z(f_1)|$ bei f_1, f_2 zu R_{dc} .

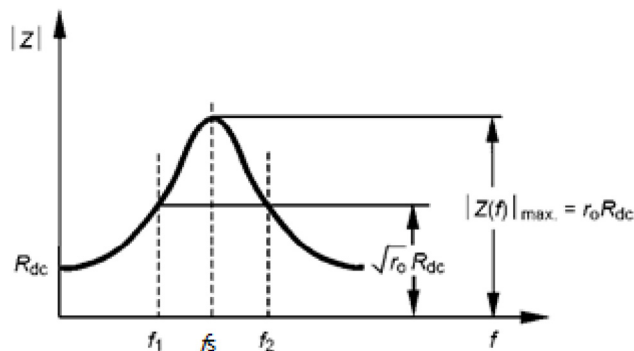


Bild 5 – Impedanzkurve des Mikrolautsprechers

Es kann gezeigt werden, dass, wenn $r_1 = \sqrt{r_0}$ und f_s durch $\sqrt{f_1 f_2}$ ersetzt wird, der Fehler bei der Berechnung von Q_{ts} aufgrund der Asymmetrie der Impedanzkurve minimiert wird (siehe Anmerkung 2). Die Gleichung für Q_{ts} darf dann wie folgt vereinfacht werden:

$$Q_{ts} = \frac{\sqrt{f_1 f_2}}{\sqrt{r_0} (f_2 - f_1)} \quad (15)$$

ANMERKUNG 2 Q_{ts} in vorstehender Gleichung wurde mit einer einfachen Theorie abgeleitet, in der die Induktivität der Schwingspule, welche die Ursache für die Asymmetrie in der Impedanzkurve ist, ignoriert wurde und das viskoelastische Verhalten der mechanischen Aufhängung vernachlässigbar ist.

c) Der elektrische Gütefaktor kann mithilfe der folgenden Gleichung abgeleitet werden:

$$Q_{es} = \frac{r_0}{r_0 - 1} Q_{ts} \quad (16)$$

Dabei ist

Q_{ts} die Gesamtgüte des Mikrolautsprechers nach 14.3.1 b);

r_0 das Verhältnis des maximalen Betrags der Impedanz $|Z(f)|_{\max}$ bei f_s zu dem Gleichstromwiderstand des Mikrolautsprechers R_{dc} ;

d) Der mechanische Gütefaktor kann mithilfe der folgenden Gleichung abgeleitet werden:

$$Q_{ms} = r_0 Q_{ts} \quad (17)$$

Dabei ist

Q_{ts} die Gesamtgüte des Mikrolautsprechers nach 14.3.1 b);

r_0 das Verhältnis des maximalen Betrags der Impedanz $|Z(f)|_{\max}$ bei f_s zu dem Gleichstromwiderstand des Mikrolautsprechers R_{dc} ;

e) Die Resonanzfrequenz f_{sv} des auf einem Gehäuse aufgestellten Mikrolautsprechers mit dem effektiven Volumen V kann nach 14.3.1 a) ermittelt werden, sodass die bewegte Masse des Mikrolautsprechers mithilfe der folgenden Gleichung berechnet werden kann:

$$M_{ms} = \frac{\rho_0 c_0^2 S_D^2}{4\pi^2 V} \frac{f_s^2 - f_{sv}^2}{f_s^2 f_{sv}^2} \quad (18)$$

f) Die mechanische Nachgiebigkeit C_{ms} kann mithilfe der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$C_{ms} = \frac{1}{4\pi^2 f_s^2 M_{ms}} \quad (19)$$

g) Der mechanische Widerstand R_{ms} kann mithilfe der folgenden Gleichung abgeleitet werden:

$$R_{ms} = \frac{2\pi f_s M_{ms}}{Q_{ms}} \quad (20)$$

h) Der Kraftfaktor Bl ist mithilfe der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$Bl = \sqrt{R_{ms} (|Z(f)|_{\max} - R_{dc})} \quad (21)$$

Dabei ist

$|Z(f)|_{\max}$ der maximale Betrag der Impedanz bei f_s ;

R_{dc} der Gleichstromwiderstand des Mikrolautsprechers.

i) Das äquivalente Luftvolumen V_{as} kann mithilfe der Gleichung von Punkt i) aus 14.3.1 abgeleitet werden.

j) Nach dem Messen der oben stehenden Parameter nach den Punkten e) bis h) dieses Abschnitts kann die Induktivität L_e der Schwingspule gemessen werden, indem die wie folgt dargestellte Impedanzkurve des Mikrolautsprechers angepasst wird: