

DIN EN IEC 60268-21

ICS 33.160.01

**Elektroakustische Geräte –
Teil 21: Akustische (ausgabebasierte) Messungen
(IEC 60268-21:2018);
Deutsche Fassung EN IEC 60268-21:2018**

Sound system equipment –
Part 21: Acoustical (output-based) measurements
(IEC 60268-21:2018);
German version EN IEC 60268-21:2018

Équipements pour systèmes électroacoustiques –
Partie 21: Mesures acoustiques (en sortie)
(IEC 60268-21:2018);
Version allemande EN IEC 60268-21:2018

Gesamtumfang 81 Seiten

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

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2018-12-12 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2019-11-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60268-21:2018-04.

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.

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

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

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

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

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

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

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

Elektroakustische Geräte –
Teil 21: Akustische (ausgabebasierte) Messungen
(IEC 60268-21:2018)

Sound system equipment –
Part 21: Acoustical (output-based) measurements
(IEC 60268-21:2018)

Équipements pour systèmes
électroacoustiques –
Partie 21 : Mesures acoustiques (en sortie)
(IEC 60268-21:2018)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2018-12-12 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

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

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



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

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 100/2957/CDV, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 60268-21, erarbeitet vom IEC/TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN IEC 60268-21:2018 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2019-09-12
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2021-12-12

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

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60268-21:2018 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 60268-7:2010	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60268-7:2011 (nicht modifiziert).
IEC 62777	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62777.

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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).

ANMERKUNG 1 Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abänderungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN oder das HD.

ANMERKUNG 2 Aktualisierte Informationen über die in diesem Anhang aufgeführten aktuellen Fassungen der Europäischen Normen sind hier verfügbar: www.cenelec.eu.

<u>Publikation</u>	<u>Jahr</u>	<u>Titel</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Jahr</u>
IEC 60263	–	Scales and sizes for plotting frequency characteristics and polar diagrams	–	–
IEC 60268-1	–	Sound system equipment – Part 1: General	HD 483.1 S2	–
IEC 60268-2	1987	Sound system equipment – Part 2: Explanation of general terms and calculation methods	HD 483.2 S2	1993
IEC 61094-4	–	Measurement microphones – Part 4: Specifications for working standard microphones	EN 61094-4	–
IEC 61260-1	–	Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters – Part 1: Specifications	EN 61260-1	–
ISO 3	–	Preferred numbers – Series of preferred numbers	–	–
ISO 3741	2010	Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for reverberation test rooms	EN ISO 3741	2010
ISO 3744	–	Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Engineering methods for an essentially free field over a reflecting plane	EN ISO 3744	–
ISO 3745	–	Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for anechoic rooms and hemi-anechoic rooms	EN ISO 3745	–
CTA 2034-A	–	Standard Method of Measurement for In-Home Loudspeakers, Consumer Technology Association	–	–
CTA 2010-B	–	Standard Method of Measurement for Powered Subwoofers, standard by Consumer Technology Association (Formerly CEA)	–	–

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	2
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	3
Einleitung	11
1 Anwendungsbereich	12
2 Normative Verweisungen	12
3 Begriffe und Abkürzungen	13
3.1 Begriffe	13
3.2 Abkürzungen	13
4 Typbeschreibung	13
5 Physikalische Eigenschaften	13
5.1 Kennzeichnung der Anschlüsse und Steuerungen	13
5.2 Maße.....	13
5.3 Gewicht.....	13
5.4 Steckverbinder und Kabelsätze.....	13
6 Auslegungsdaten.....	13
7 Bedingungen	14
7.1 Nennbedingungen	14
7.2 Klimatische Bedingungen	14
7.3 Normale Messbedingungen	14
8 Prüfsignale.....	15
8.1 Allgemeines	15
8.2 Sinusförmiger Chirp.....	15
8.3 Stationäres Eintonsignal.....	15
8.4 Stationäres Zweitonsignal	16
8.5 Dünnbesetzter Mehrtonkomplex	16
8.6 Breitband-Rauschsignal	17
8.7 Schmalband-Rauschsignal.....	17
8.8 Hann-Burstsignal	17
8.9 Impulsartiges Signal	17
9 Akustische Umgebung.....	18
9.1 Allgemeines	18
9.2 Freifeldbedingungen.....	18
9.3 Halbraum-Freifeldbedingungen.....	18
9.4 Simulierte Freifeldbedingungen.....	18
9.5 Simulierte Halbraum-Freifeldbedingungen.....	18
9.6 Bedingungen eines diffusen Schallfelds.....	18
9.7 Bedingungen der Zielanwendung.....	19

	Seite
10 Positionierung des DUT	19
10.1 Geometrische Nennbedingungen	19
10.1.1 Allgemeines	19
10.1.2 Bezugsebene und Normalenvektor	19
10.1.3 Bezugspunkt	19
10.1.4 Bezugsachse	20
10.1.5 Orientierungsvektor	20
10.1.6 Auswertungspunkt	20
10.1.7 Auswertungsabstand	20
10.2 Messabstand zwischen dem DUT und dem Mikrofon	21
10.2.1 Fernfeldbedingungen	21
10.2.2 Nahfeldbedingungen	21
10.2.3 Diffusfeldbedingungen	21
10.2.4 Bedingungen der Zielanwendung	22
11 Messeinrichtung und Prüfergebnisse	22
12 Genauigkeit der akustischen Messung	22
12.1 Allgemeines	22
12.2 Messunsicherheit	22
13 Aufstellung des DUT	23
13.1 Aufstellung und akustische Last der elektroakustischen Treiber	23
13.2 Aufstellung und akustische Last eines elektroakustischen Systems	23
14 Vorkonditionierung	24
15 Nennumgebungsbedingungen	24
15.1 Temperaturbereiche	24
15.1.1 Eigenschaftsbegrenzter Temperaturbereich	24
15.1.2 Schadensbegrenzter Temperaturbereich	24
15.2 Feuchtebereiche	24
15.2.1 Bereich der relativen Feuchte	24
15.2.2 Schadensbegrenzter Feuchtebereich	24
16 Nennfrequenzbereich	24
17 Eingangssignal	25
17.1 Höchster Nenneingangswert	25
17.1.1 Festzulegende Bedingung	25
17.1.2 Direkte Messung	25
17.1.3 Indirekte Messung auf Grundlage von SPL_{max}	26
17.2 Höchster Eingangspegel	27
18 Schalldruckausgabe	27
18.1 Höchster Nennschalldruck	27
18.1.1 Festzulegende Bedingungen	27

	Seite
18.1.2 Direkte Messung.....	27
18.1.3 Indirekte Messung auf Grundlage des höchsten Eingangswertes.....	29
18.2 Höchster Nenn-Schalldruckpegel.....	29
18.3 Höchster Kurzzeit-Schalldruckpegel	29
18.3.1 Festzulegende Bedingungen.....	29
18.3.2 Messverfahren.....	29
18.4 Höchster Langzeit-Schalldruckpegel.....	30
18.4.1 Festzulegende Bedingungen.....	30
18.4.2 Messverfahren.....	30
18.5 Schalldruck in einem angegebenen Frequenzband.....	31
18.5.1 Festzulegende Bedingung.....	31
18.5.2 Messverfahren.....	31
18.6 Schalldruckpegel in einem angegebenen Frequenzband.....	31
18.7 Mittlerer Schalldruck in einem angegebenen Frequenzbereich.....	31
18.7.1 Festzulegende Bedingung.....	31
18.7.2 Messverfahren.....	31
18.8 Mittlerer Schalldruckpegel in einem angegebenen Frequenzbereich.....	32
19 Frequenzgang der Grundschiwingung.....	32
19.1 Übertragungsfunktion	32
19.1.1 Festzulegende Bedingungen.....	32
19.1.2 Messverfahren.....	32
19.2 SPL-Frequenzgang	33
19.2.1 Festzulegende Bedingungen.....	33
19.2.2 Messverfahren.....	34
19.3 Zeitabhängige Amplitudenkompression der Grundschiwingung.....	34
19.3.1 Allgemeines	34
19.3.2 Messverfahren.....	35
19.4 Amplitudenkompression bei höchstem Eingangswert.....	35
19.4.1 Kurzzeit-Amplitudenkompression.....	35
19.4.2 Messverfahren.....	35
19.4.3 Langzeit-Amplitudenkompression	35
19.4.4 Messverfahren.....	35
19.5 Korrekturen auf Grundlage einer Freifeld-Bezugsmessung.....	36
19.5.1 Allgemeines	36
19.5.2 Korrektur des gemessenen Schalldrucksignals	36
19.5.3 Korrektur des Amplitudengangs	37
19.6 Wirksamer Frequenzbereich	38
19.6.1 Festzulegende Bedingungen.....	38
19.6.2 Messverfahren.....	38

	Seite
19.7 Interne Latenz	38
19.7.1 Festzulegende Bedingungen	38
19.7.2 Messverfahren	38
20 Richtcharakteristik	39
20.1 Allgemeines	39
20.2 Direktes Schallfeld im dreidimensionalen Raum	39
20.2.1 Richtungsabhängige Übertragungsfunktion	39
20.2.2 Extrapolierte Fernfelddaten	39
20.2.3 Parameter der holografischen Schallfeldausbreitung	40
20.2.4 Extrapolierte Nahfelddaten	41
20.3 Direktionale Fernfeld-Kenndaten	41
20.3.1 Richtungsfaktor	41
20.3.2 Richtungsmaß	43
20.3.3 Bündelungsgrad	43
20.3.4 Bündelungsmaß	43
20.4 Akustische Ausgangsleistung	44
20.4.1 Festzulegende Bedingungen	44
20.4.2 Messverfahren	44
20.5 Schallleistungspegel	46
20.6 Mittlere akustische Ausgangsleistung in einem Frequenzband	46
20.6.1 Festzulegende Bedingungen	46
20.6.2 Messverfahren	46
20.7 Strahlungswinkel	46
20.7.1 Festzulegende Bedingungen	46
20.7.2 Messverfahren	46
20.8 Abstrahlwinkel	47
20.8.1 Festzulegende Bedingungen	47
20.8.2 Messverfahren	47
20.9 Mittlerer Schalldruckpegel in einer akustischen Zone	47
20.9.1 Allgemeines	47
20.9.2 Messverfahren	47
21 Klirrfaktor	48
21.1 Allgemeines	48
21.2.1 Festzulegende Bedingungen	48
21.2.2 Messverfahren	48
21.3 Summe aller harmonischen Komponenten	49
21.3.1 Festzulegende Bedingungen	49
21.3.2 Messverfahren	49
21.4 Gesamtklirrfaktor	49

	Seite
21.4.1 Festzulegende Bedingungen.....	49
21.4.2 Messverfahren.....	49
21.5 Klirrfaktor höherer Ordnung.....	50
21.5.1 Festzulegende Bedingungen.....	50
21.5.2 Messverfahren.....	50
21.6 Höchster Schalldruckpegel, der durch den Gesamtklirrfaktor begrenzt wird.....	51
21.6.1 Festzulegende Bedingungen.....	51
21.6.2 Messverfahren.....	52
21.7 Äquivalenter Eingangs-Klirrfaktor <i>N</i> -ter Ordnung.....	52
21.7.1 Festzulegende Bedingungen.....	52
21.7.2 Messverfahren.....	52
21.8 Äquivalenter Eingangs-Gesamtklirrfaktor.....	53
21.8.1 Festzulegende Bedingungen.....	53
21.8.2 Messverfahren.....	53
22 Zweitonverzerrung.....	54
22.1 Änderung der Anregungsfrequenzen.....	54
22.2 Modulationsverzerrung.....	54
22.2.1 Festzulegende Bedingungen.....	54
22.2.2 Messverfahren.....	54
22.3 Amplitudenmodulationsverzerrung.....	55
22.3.1 Festzulegende Bedingungen.....	55
22.3.2 Messverfahren.....	56
23 Mehrtonverzerrung.....	56
23.1 Festzulegende Bedingungen.....	56
23.2 Messverfahren.....	57
24 Impulsive Verzerrungen.....	57
24.1 Pegel impulsiver Verzerrungen.....	57
24.1.1 Festzulegende Bedingungen.....	57
24.1.2 Messverfahren.....	58
24.2 Größtes Verhältnis impulsiver Verzerrungen.....	58
24.2.1 Festzulegende Bedingungen.....	58
24.2.2 Messverfahren.....	58
24.3 Mittlerer Pegel impulsiver Verzerrungen.....	59
24.3.1 Festzulegende Bedingungen.....	59
24.3.2 Messverfahren.....	59
24.4 Crest-Faktor der impulsiven Verzerrungen.....	59
24.4.1 Festzulegende Bedingungen.....	59
24.4.2 Messverfahren.....	60
25 Magnetische Streufelder.....	60

	Seite
25.1 Allgemeines	60
25.2 Statische Anteile	60
25.2.1 Festzulegender Kennwert	60
25.2.2 Messverfahren	60
25.3 Dynamische Anteile	61
25.3.1 Festzulegende Kennwerte	61
25.3.2 Messverfahren	61
Anhang A (informativ) Analyse der Unsicherheit	62
Anhang B (normativ) Aufstellung des Wandlers	64
B.1 Norm-Schallwand	64
B.2 Norm-Messgehäuse	66
B.2.1 Allgemeines	66
B.2.2 Typ A	66
B.2.3 Typ B	67
Anhang C (normativ) Simuliertes Programmsignal	68
Anhang D (informativ) Bemessung der Höchstwerte für Eingang und Ausgang	70
Anhang E (informativ) Kugelwellenausbreitung	72
E.1 Koeffizienten der Kugelwellenausbreitung	72
E.2 Richtungsfaktor	72
E.3 Bündelungsgrad	73
E.4 Akustische Ausgangsleistung	73
Anhang F (informativ) Nichtlinearität	74
F.1 Äquivalenter Eingangs-Klirrfaktor	74
F.2 Zweiton-Intermodulation	74
F.3 In Audiosystemen erzeugte Signalverzerrung	75
Anhang G (informativ) Magnetisches Streufeld	77
Literaturhinweise	78
Bilder	
Bild 1 – Verwendete Nennbedingungen zur Beschreibung der Position des DUT im Koordinatensystem	19
Bild 2 – Empfohlene Position und Ausrichtung des DUT	20
Bild 3 – Gültiger Bereich der Ausbreitung des Schalldrucks $p(r)$ am Beobachtungspunkt r in dem Abstand $r > a$	41
Bild 4 – Messung der von einem Mehrtonstimulus erzeugten Verzerrung	57
Bild 5 – Messung der impulsiven Verzerrungen	58
Bild A.1 – Beziehung zwischen der Toleranz, den entsprechenden Akzeptanzintervallen und dem Grenzwert der Messunsicherheit U_{MAX}	62
Bild B.1 – Norm-Schallwand, Maße	64
Bild B.2 – Norm-Schallwand mit Fase	65
Bild B.3 – Norm-Schallwand mit Sub-Schallwand	65

	Seite
Bild B.4 – Norm-Messgehäuse vom Typ A (Nettovolumen etwa 600 l)	66
Bild B.5 – Norm-Messgehäuse vom Typ B (Nettovolumen etwa 450 l)	67
Bild C.1 – Blockschaltbild der Prüfeinrichtung zum Erzeugen des simulierten Rauschsignals, das für das Prüfen passiver Lautsprechersysteme mit Netzfilter verwendet wird.....	68
Bild F.1 – Signalfussdiagramm des elektroakustischen Systems	74
Bild F.2 – Änderung der Frequenzen des Zweitonstimulus bei der Intermodulationsmessung	75
Bild F.3 – Erzeugung der Signalverzerrung in Audiosystemen	75
Bild G.1 – Messgerät für magnetisches Streufeld	77
Tabellen	
Tabelle A.1 – Beispielhaftes Unsicherheitsbudget – akustische Lautsprecherauswertung	63
Tabelle C.1 – Leistungsspektrum des simulierten Programmsignals in 1/3-Oktavbändern.....	69

Einleitung

Lautsprecher, Kopfhörer und andere Aktoren werden immer vielseitiger, was bedeutet, dass neue Messtechniken zur Bewertung dieser Systeme benötigt werden. Im Folgenden ist eine Reihe von Beispielen angegeben, für die neue Messtechniken erforderlich sind:

- **Eingeschränkter Zugang zu den elektrischen Anschlüssen des Wandlers**
Durch eine stärkere Integration der elektrischen, akustischen und mechanischen Elemente wird der Zugang zu den elektrischen Anschlüssen des Wandlers eingeschränkt.
- **Analoge oder digitale Audioeingangssignale**
Audioeingänge können analoge und digitale Signale unterschiedlicher Formate aufnehmen.
- **Latenz und andere Arten von Verzerrung, die mit der digitalen Signalverarbeitung zusammenhängen**
Mittels der digitalen Signalverarbeitung wird das Übertragungsverhalten des passiven Systems korrigiert und wird eine gewünschte Ton-Ausgabe erzeugt, und im Ergebnis können Latenz und andere Arten von Verzerrung, die bei analogen Geräten nicht auftreten, erzeugt werden.
- **Übermäßige Entzerrung**
Eine übermäßige Entzerrung kann dazu führen, dass der Wandler dazu gezwungen ist, im Großsignalbereich zu arbeiten, wodurch thermische und nichtlineare Effekte verursacht werden.
- **Aktiver Schutz**
Beim aktiven Schutz wird das Eingangssignal gedämpft, um eine mechanische und thermische Überlastung des Wandlers und anderer Bauteile zu verhindern.
- **Andere Wandlerprinzipien**
Wenngleich bei den meisten Lautsprechersystemen eine sich bewegende Spule in einem elektrodynamischen Wandler zum Einsatz kommt, so gibt es doch einen Bedarf dafür, die Anwendung auf elektrostatische, elektromagnetische und andere Wandlungsprinzipien auszuweiten.
- **Andere mechanische und akustische Elemente**
Um die Klangabstrahlung zu verbessern, werden ventilierte Gehäuse, geschlossene Gehäuse, Passivstrahler, Hörner, Wellenleiter, Flachbildschirme und andere mechanische und akustische Elemente eingebaut.
- **Impulsive Verzerrungen**
Herstellungsmängel (z. B. Reiben der Schwingspule) oder der Betrieb bei Übersteuerung können zu impulsiven Verzerrungen führen, die einen starken Einfluss auf die wahrgenommene Klangqualität haben, mittels herkömmlicher Messungen (z. B. Gesamtklirrfaktor) jedoch nicht erfasst werden können.
- **Richtcharakteristik und komplexe Nahfeldeigenschaften**
Indem zusätzlich zu den vorhandenen Fernfeldmessungen auch die komplexen Nahfeldeigenschaften berücksichtigt werden, können auch professionelle Geräte, einschließlich der Richtcharakteristik, umfassend bewertet werden. Darüber hinaus müssen Geräte, die für die Verwendung im Nahfeld vorgesehen sind, wie z. B. handgeführte Audiogeräte (z. B. Laptops, Tablets oder Smartphones) und andere tragbare Schallsysteme unter Berücksichtigung ihrer vorgesehenen Verwendung bewertet werden.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60268 legt ein akustisches Messverfahren für elektroakustische Wandler sowie passive und aktive Schallsysteme wie z. B. Lautsprecher, Fernsehempfänger, Multimediageräte, persönliche tragbare Audiogeräte, Schallsysteme für Fahrzeuge und professionelle Geräte fest. Das zu prüfende Gerät (DUT) (en: device under test) kann elektrische Bauteile umfassen, die eine analoge oder digitale Signalverarbeitung vornehmen, bevor die passiven Aktoren die elektrischen Eingaben in ein akustisches Ausgangssignal wandeln. Dieses Dokument beschreibt nur physikalische Messungen, mit denen das Übertragungsverhalten des DUT zwischen einem beliebigen analogen oder digitalen Eingangssignal und der akustischen Ausgabe an einem beliebigen Punkt im Nah- und Fernfeld des Systems bewertet wird. Dies betrifft den Betrieb des DUT im Klein- ebenso wie im Großsignalbereich. Der Einfluss der akustischen Grenzen auf die Zielanwendung (z. B. der Innenraum eines Autos) kann bei der physikalischen Bewertung des Schallsystems ebenso berücksichtigt werden. Dieses Dokument nimmt keine Bewertung der Wahrnehmung und kognitiven Auswertung des wiedergegebenen Klangs oder der Auswirkungen auf die wahrgenommene Klangqualität vor.

ANMERKUNG Einige der in diesem Dokument definierten Messverfahren können in Übereinstimmung mit [1]¹ auch auf Kopfhörer, Hör-Sprech-Garnituren, Ohrhörer und Ohrhörer-Sprech-Garnituren angewendet werden. Dieses Dokument gilt nicht für Mikrofone und andere Sensoren. Dieses Dokument erfordert keinen Zugang zu den Netzvariablen (Spannung, Strom) an den elektrischen Anschlüssen des Wandlers. Die Empfindlichkeit, die elektrische Eingangsleistung und andere auf der elektrischen Impedanz beruhende Kennwerte werden künftig in einem eigenen Normdokument, IEC 60268-22, beschrieben werden, das elektrische und mechanische Messungen behandeln wird.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 60263, *Scales and sizes for plotting frequency characteristics and polar diagrams*

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

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

IEC 61094-4, *Measurement microphones – Part 4: Specifications for working standard microphones*

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

ISO 3, *Preferred numbers – Series of preferred numbers*

ISO 3741:2010, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for reverberation test rooms*

ISO 3744, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Engineering methods for an essentially free field over a reflecting plane*

ISO 3745, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for anechoic rooms and hemi-anechoic rooms*

CTA 2034-A, *Standard Method of Measurement for In-Home Loudspeakers, Consumer Technology Association (Formerly CEA), 02/01/2015*

CTA 2010-B, *Standard Method of Measurement for Powered Subwoofers, standard by Consumer Technology Association (Formerly CEA), 11/28/2014*

¹ Nummern in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Es werden keine Begriffe in diesem Dokument angegeben.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

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

3.2 Abkürzungen

DUT zu prüfendes Gerät (en: device under test)

4 Typbeschreibung

Die Typbeschreibung muss vom Hersteller bereitgestellt werden und die folgenden Informationen umfassen:

- Typ, Prinzipien und Anzahl der in dem Lautsprechersystem verwendeten Wandler;
- akustische Last (z. B. Gehäuse, Horn, Bassreflex, Säule, Lautsprecherzeilen);
- Leistungsverstärkung;
- DSP-Verarbeitung (z. B. Entzerrer, aktiver Schutz).

5 Physikalische Eigenschaften

5.1 Kennzeichnung der Anschlüsse und Steuerungen

Die Anschlüsse und Steuerungen müssen nach IEC 60268-1 und IEC 60268-2 gekennzeichnet werden.

5.2 Maße

Die Außenmaße des DUT müssen festgelegt werden.

5.3 Gewicht

Das Gesamtgewicht des betriebsbereiten DUT muss festgelegt werden.

5.4 Steckverbinder und Kabelsätze

Die Kabelsätze und Steckverbinder müssen IEC 60268-11 und IEC 60268-12 entsprechen.

ANMERKUNG Unter bestimmten Bedingungen sind die derzeit genormten Steckverbinder nicht geeignet, so dass die Verwendung anderer Typen unvermeidbar ist.

6 Auslegungsdaten

Weitere Auslegungsdaten müssen als Zusatzinformationen festgelegt werden, wie z. B.:

- Typ des Wandlungsprinzips;
- Anzahl der Wandler (Antriebseinheiten);

- digitale Verarbeitung des Audiosignals (Entzerrung, Linearisierung, aktiver Schutz).

7 Bedingungen

7.1 Nennbedingungen

Im Sinne der praktischen Umsetzung legt dieses Dokument fest, wie das elektroakustische Gerät für die Messung aufgestellt werden muss. In dem vorliegenden Dokument werden die normalen Messbedingungen definiert. Um die tatsächlichen Messbedingungen herzustellen, müssen einige Werte (die als „Nennbedingungen“ bezeichnet werden) den Festlegungen des Herstellers entnommen werden.

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

Hierzu gehören die folgenden Nennbedingungen; diese müssen vom Hersteller angegeben werden:

- höchster Nenn-Schalldruck-Ausgangswert oder höchster Nenn-Eingangswert;
- Nennfrequenzbereich;
- geometrische Bedingungen nach 10.1;
- Umgebungsbedingungen nach Abschnitt 15.

7.2 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 der Aufhängung der Antriebseinheit beeinträchtigen können, zu vermeiden [2]:

- Umgebungstemperatur T_{norm} : 15 °C bis 35 °C;
- relative Luftfeuchte: 25 % bis 75 %;
- Luftdruck: 86 kPa bis 106 kPa.

7.3 Normale Messbedingungen

Die Bedingungen, unter denen die Messungen an dem DUT durchgeführt werden, gelten als normal, wenn alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- a) Das zu messende DUT wurde nach Abschnitt 13 montiert.
- b) Die akustische Umgebung wurde festgelegt und aus den in Abschnitt 9 angegebenen Bedingungen ausgewählt.
- c) Unerwünschte akustische Signale, elektrische Signale und von anderen Quellen erzeugtes Rauschen müssen auf den kleinstmöglichen Pegeln gehalten werden, da sie Kleinsignale verdecken können. Daten, die zu Signalen gehören, welche weniger als 20 dB oberhalb des Rauschpegels im betrachteten Frequenzband liegen, müssen verworfen oder als rauschbehaftet gekennzeichnet werden.
- d) Die Positionierung des DUT im Verhältnis zum Messmikrofon und den Wänden erfolgt nach Abschnitt 10.
- e) Das DUT wird nach IEC 60268-1 an die Umgebungsbedingung akklimatisiert oder das DUT verfügt über eine definierte Arbeitstemperatur, die typisch für die Zielanwendung ist und durch Messung der Kompression nach 19.4 ermittelt wird.

ANMERKUNG Der Einfluss der atmosphärischen Umgebungsbedingungen auf akustische Messungen wird in [3] ausführlicher behandelt.
- f) Wenn die Kompression $C > 0,5$ dB nach 19.4 ist, sind zwischen aufeinanderfolgenden Prüfungen zusätzliche Kühlphasen erforderlich.

- g) Dem DUT wird bei einem festgelegten effektiven Eingangswert $\tilde{u}$ für den Nennfrequenzbereich nach Abschnitt 8 ein Prüfsignal mit festgelegten Eigenschaften (Spektrum, Dauer usw.) nach Abschnitt 16 zugeführt.
- h) Abschwächer, Entzerrer und dynamische oder andere aktive Steuerelemente müssen auf ihre „Normalstellung“ entsprechend der Angabe des Herstellers gestellt werden. Wenn andere Stellungen gewählt werden, z. B. solche, die für einen maximal flachen Frequenzgang oder die kleinste Dämpfung sorgen, müssen diese festgelegt werden.
- i) Es wird eine Messeinrichtung, die zur Ermittlung der betrachteten Kennwerte geeignet ist, nach Abschnitt 11 angeschlossen.

8 Prüfsignale

8.1 Allgemeines

Bei einigen Messungen kann ein beliebiges Audiosignal $x(t)$ als Eingangssignal (Stimulus) an das zu prüfende elektroakustische Gerät (DUT) angelegt werden, wohingegen bei anderen Messtechniken die in 8.2 bis 8.9 aufgeführten Prüfsignale verwendet werden.

8.2 Sinusförmiger Chirp

Der transiente sinusförmige Chirp (gleitender Ton, Gleitsinus) wird definiert als

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

Dabei ist die Amplitude $A(f(t))$ abhängig von der Momentanfrequenz

$$f(t) = f_{\text{start}} 2^{\beta t} \quad 0 \leq t \leq T_s$$

welche logarithmisch schwankt mit der Zeit von der Startfrequenz f_{start} bis zur Endfrequenz f_{end} während der Länge des Gleitsinus, T_s , welche typischerweise $0,2 \text{ s} < T_s < 10 \text{ s}$ beträgt. Der Parameter der Geschwindigkeit der Veränderung der Momentanfrequenz

$$\beta = \frac{1}{T_s} \log_2 \left(\frac{f_{\text{end}}}{f_{\text{start}}} \right)$$

beschreibt die Zeit, die erforderlich ist, um die Momentanfrequenz zu verdoppeln.

Es kann ein konstanter Wert auf die Amplitude $A(f(t))$ angewendet werden, eine mit der Frequenz schwankende Amplitude kann in bestimmten Frequenzbändern jedoch dazu verwendet werden, das DUT zu schützen. Ultraschnelle Messungen, wie sie manchmal bei End-of-Line-Prüfungen erforderlich sind, erfordern andere Chirp-Signale, bei denen auch die Geschwindigkeit der Veränderung der Momentanfrequenz $\beta(f)$ des momentanen Sinussignals mit der Frequenz f schwankt. Das Profil mit schwankender Geschwindigkeit kann zur Realisierung eines gewünschten Leistungsdichtespektrums des Stimulus und zur Bereitstellung der notwendigen Genauigkeit für das betrachtete Frequenzband und eines gewünschten Scheitelwertes des Signals $x_c(t)$ genutzt werden.

8.3 Stationäres Eintonsignal

Das elektroakustische System wird von einem einzelnen Ton

$$x_s(t) = \sqrt{2}\cos(2\pi f_1 t) \quad 0 \leq t \leq T_P + T_M = \frac{N_P + N_M}{f_1}$$

der definierten Frequenz f_1 angeregt. Die Vor-Anregungszeit $T_P = N_P/f_1$, die einer Anzahl von Perioden $N_P > 5$ entspricht, wird benötigt, um für das DUT stationäre Bedingungen zu erzeugen. Die Messzeit

$$T_M = \frac{N_M}{f_1}$$

mit einer Anzahl von Perioden $N_M \geq 1$ wird für die zeitliche Mittelung und die zeitdiskrete Signalverarbeitung empfohlen.

8.4 Stationäres Zweitonsignal

Das elektroakustische System wird von zwei Tönen

$$x_t(t) = \sqrt{\frac{2}{A_1^2 + A_2^2}} (A_1 \cos(2\pi f_1 t) + A_2 \cos(2\pi f_2 t)) \quad 0 \leq t \leq (T_P + T_M)$$

mit den definierten Frequenzen $f_1 < f_2$ und der Amplitudenskalierung A_1 und A_2 angeregt. Die Vor-Anregungszeit $T_P = N_P/f_1$, die einer Mindestanzahl von Wiederholungen $N_P > 5$ entspricht, wird benötigt, um für das DUT stationäre Bedingungen zu erzeugen. Die Messzeit

$$T_M = \frac{N_M}{f_1 f_2} \text{ 1Hz}$$

die einer gegebenen Anzahl von Wiederholungen $N_M \geq 1$ entspricht, besteht aus einer ganzen Zahl an Perioden beider Töne. Dies wird für die zeitliche Mittelung und die zeitdiskrete Signalverarbeitung empfohlen.

8.5 Dünnbesetzter Mehrtonkomplex

Der Mehrtonkomplex, der definiert wird durch

$$x_m(t) = \frac{2}{\sqrt{\sum_{i=0}^N A(f_i)^2}} \sum_{i=0}^N A(f_i) \cos(2\pi f_i t + \varphi_i) \quad 0 < t \leq T_P + T_M$$

umfasst mehrere $(N + 1)$ Sinustöne mit einer Amplitude $A(f_i)$ bei logarithmisch verteilten Frequenzen

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

zwischen dem niedrigsten Ton f_0 und dem höchsten Ton f_N bei Vielfachen der Grundfrequenz f_b . Die Grundfrequenz f_b , die definiert wird durch

$$f_b = \frac{1}{T} = \frac{f_s}{N_{FT}}$$

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

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

mit

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

die eine deterministische Wellenform des Stimulus erzeugt [4].

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.

Die Moduloberechnung muss exakt und ohne Rundungsfehler erfolgen. Für die gegebenen Parameter lässt sich dies erreichen, indem als Datentyp ein vorzeichenloser 32-Bit-Integer verwendet wird.

Gefordert wird, dass die Vor-Anregungszeit T_P mit $0,5 T < T_P < T$ die stationäre Bedingung des geprüften elektroakustischen Systems sicherstellt. Die Messzeit $T_M = N_M T$ mit einer ganzzahligen Anzahl von Wiederholungen $N_M \geq 1$ wird für die zeitliche Mittelung und die Fourier-Analyse empfohlen.

8.6 Breitband-Rauschsignal

Nach Festlegung in IEC 60268-2:1987, 1.4.

8.7 Schmalband-Rauschsignal

Nach Definition in IEC 60268-2:1987, 1.4.

8.8 Hann-Burstsignal

Das Hann-Burstsignal

$$x_b(t) = \begin{cases} \left(1 - \cos\left(\frac{2\pi f_0 t}{6,5}\right) \frac{\sin(2\pi f_0 t)}{2}\right) & \text{für } 0 \leq t \leq 6,5 / f_0 \\ 0 & \text{, an anderer Stelle} \end{cases}$$

ist definiert als das Zeitprodukt aus einer kontinuierlichen Sinuswelle der Frequenz f_0 und einem Hann-Fenster mit einer Länge von 6,5 Zyklen, wodurch eine Bandbreite von einem Drittel einer Oktave erzeugt wird [5].

8.9 Impulsartiges Signal

Nach Definition in IEC 60268-2.

9 Akustische Umgebung

9.1 Allgemeines

Die akustischen Messungen müssen unter Bedingungen erfolgen, wie sie in einem der folgenden Unterabschnitte aufgeführt werden. Es muss angegeben werden, welche akustische Umgebung verwendet wird.

9.2 Freifeldbedingungen

Es dürfen akustische Bedingungen zum Einsatz kommen, die annäherungsweise denen eines freien Raums entsprechen. Eine Umgebung gilt dann als zufriedenstellend, wenn die reflektierten Schallanteile so hinreichend unterdrückt werden, dass eine Messunsicherheit von $\pm 0,5$ dB bzw. $\pm 10^\circ$ der gemessenen Schalldruckamplitude bzw. der Phasenwerte bei der festgelegten Frequenz sichergestellt ist. Wenn die Umgebung (z. B. reflexionsfreier Raum bei niedrigen Frequenzen) diese Freifeldbedingungen nicht über den gesamten Nennfrequenzbereich der Messung erfüllt, muss der Hersteller den gültigen Frequenzbereich angeben.

Der Amplitudengang darf nach 19.5 korrigiert werden, wenn die Freifeldbedingungen nicht erfüllt sind. Wenn eine Korrektur vorgenommen wird, so muss diese angegeben werden.

9.3 Halbraum-Freifeldbedingungen

Es dürfen akustische Bedingungen zum Einsatz kommen, bei denen das Freifeld nach 9.2 in einem Halbraum vorliegt [6]. Diese Bedingungen sind mit einer reflektierenden, ausreichend großen Ebene hinreichend erfüllt. Reflexionen des abgestrahlten Schalls an anderen Reflexionsflächen (z. B. Wänden) müssen so hinreichend unterdrückt werden, dass eine Messunsicherheit von $\pm 0,5$ dB bzw. $\pm 10^\circ$ der gemessenen Schalldruckamplitude bzw. der Phasenwerte bei der festgelegten Frequenz sichergestellt ist. Wenn die Umgebung (z. B. reflexionsfreier Raum bei niedrigen Frequenzen) diese Freifeldbedingungen nicht über den gesamten Nennfrequenzbereich der Messung erfüllt, muss der Hersteller den gültigen Frequenzbereich angeben.

9.4 Simulierte Freifeldbedingungen

Die akustischen Bedingungen einer Umgebung (z. B. nicht reflexionsfreier Raum) gelten als zufriedenstellend, wenn der direkte Schall, der vom DUT abgestrahlt wird, mittels Messtechniken wie z. B. der Fensterung der Impulsantwort [7], der Wellentrennung [8] oder der akustischen Holografie [9] von den Raumreflexionen getrennt wird. Diese Messtechniken müssen eine Messunsicherheit von $\pm 0,5$ dB bzw. $\pm 10^\circ$ der gemessenen Schalldruckamplitude bzw. der Phasenwerte bei der festgelegten Frequenz sicherstellen. Die Frequenzauflösung beträgt $\Delta f = 1/T$, wobei T die Länge der effektiven oder abgeschnittenen Impulsantwort ist, für die die simulierten Freifeldbedingungen erfüllt sind; jedwede anderen Einschränkungen, welche die Messergebnisse beeinträchtigen, müssen angegeben werden.

ANMERKUNG Bei der Fensterungstechnik werden störende Raumreflexionen in der Impulsantwort ausgeblendet, wobei die effektive Frequenzauflösung reduziert wird. Eine Verlängerung der abgeschnittenen Impulsantwort durch ein Auffüllen mit Nullen (en: zero padding) erhöht die Frequenzauflösung zwar virtuell, liefert jedoch keine zusätzlichen Informationen.

9.5 Simulierte Halbraum-Freifeldbedingungen

Akustische Bedingungen nach 9.4, bei denen das zu prüfende Gerät auf einer reflektierenden, ausreichend großen Ebene aufgestellt wird.

9.6 Bedingungen eines diffusen Schallfelds

Für Messungen, die rosa Rauschen und 1/3-Oktavband-Analysen wie definiert und festgelegt in ISO 3741 verwenden, dürfen Bedingungen eines diffusen Schallfelds verwendet werden. Die untere Grenzfrequenz muss nach ISO 3741:2010, Anhang A ermittelt werden.

9.7 Bedingungen der Ziellanwendung

Akustische Bedingungen, die der Ziellanwendung des zu prüfenden Geräts entsprechen (z. B. ein in einem Auto montiertes Schallsystem).

10 Positionierung des DUT

10.1 Geometrische Nennbedingungen

10.1.1 Allgemeines

Wie in Bild 1 dargestellt, müssen Position und Ausrichtung des DUT mithilfe der Bezugsebene mit dem Normalenvektor n_{ref} , dem Bezugspunkt r_{ref} , der Bezugsachse und dem Orientierungsvektor o_{ref} angegeben werden. Darüber hinaus müssen, wie in Bild 2 dargestellt, der Auswertungspunkt und der Auswertungsabstand angegeben werden.

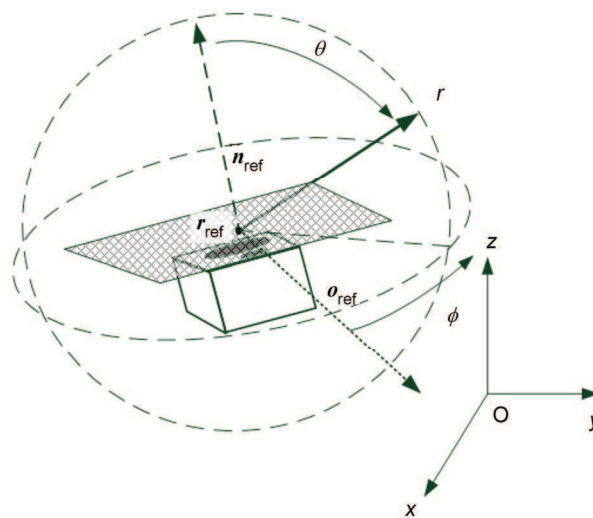


Bild 1 – Verwendete Nennbedingungen zur Beschreibung der Position des DUT im Koordinatensystem

10.1.2 Bezugsebene und Normalenvektor

Die Bezugsebene mit dem Normalenvektor n_{ref} muss zur Definition der Bezugsachse und des Bezugspunktes r_{ref} verwendet werden. Der Normalenvektor n_{ref} definiert auch den Polarwinkel $\theta = 0$ in Kugelkoordinaten.

ANMERKUNG Bei symmetrischen Strukturen verläuft die Bezugsebene üblicherweise parallel zur Abstrahlfläche oder zu einer Ebene, welche die Vorderseite des DUT definiert. Bei asymmetrischen Strukturen lässt sich die Bezugsebene besser mithilfe eines Diagramms darstellen.

10.1.3 Bezugspunkt

Ein Punkt auf der Bezugsebene. Die Position des Bezugspunktes r_{ref} muss vom Hersteller festgelegt werden.

ANMERKUNG Bei symmetrischen Strukturen ist der Bezugspunkt r_{ref} üblicherweise der Punkt der Achsensymmetrie des Strahlers innerhalb der Bezugsebene; bei asymmetrischen Strukturen lässt sich der Bezugspunkt besser anhand eines Diagramms darstellen.

Für Richtungsmessungen, bei denen eine Rotation des DUT durchgeführt wird, ist der Bezugspunkt identisch mit dem Rotationspunkt und wird üblicherweise nahe dem oder identisch mit dem Schwerpunkt des DUT gewählt.

10.1.4 Bezugsachse

Die Linie, welche die Bezugsebene am Bezugspunkt schneidet; ihre Richtung muss vom Hersteller festgelegt werden. Die Bezugsachse muss als die Null-Bezugsachse für Richtungs- und Frequenzgangmessungen verwendet werden.

10.1.5 Orientierungsvektor

Der Orientierungsvektor $\mathbf{o}_{\text{ref}}$ definiert die Ausrichtung des Schallsystems innerhalb der Bezugsebene und die Richtung des Azimutwinkels $\phi = 0$ in Kugelkoordinaten. Der bevorzugte Orientierungsvektor platziert den Bezugspunkt $\mathbf{r}_{\text{ref}}$ am Ursprung O des Koordinatensystems, wobei der Normalenvektor $\mathbf{n}_{\text{ref}}$ der Bezugsebene in die z -Richtung zeigt, in der der Polarwinkel $\theta = 0$ ist, und wobei das Audiosystem so gedreht wird, dass der Orientierungsvektor $\mathbf{o}_{\text{ref}}$ (z. B. oberer Teil des Gehäuses) wie in Bild 2 dargestellt in die x -Richtung zeigt. Dadurch lässt sich die Beziehung zwischen den sphärischen und den kartesischen Koordinaten ausdrücken als

$$\mathbf{r} = x\vec{e}_x + y\vec{e}_y + z\vec{e}_z = r \cos\phi \sin\theta \vec{e}_x + r \sin\phi \sin\theta \vec{e}_y + r \cos\theta \vec{e}_z$$

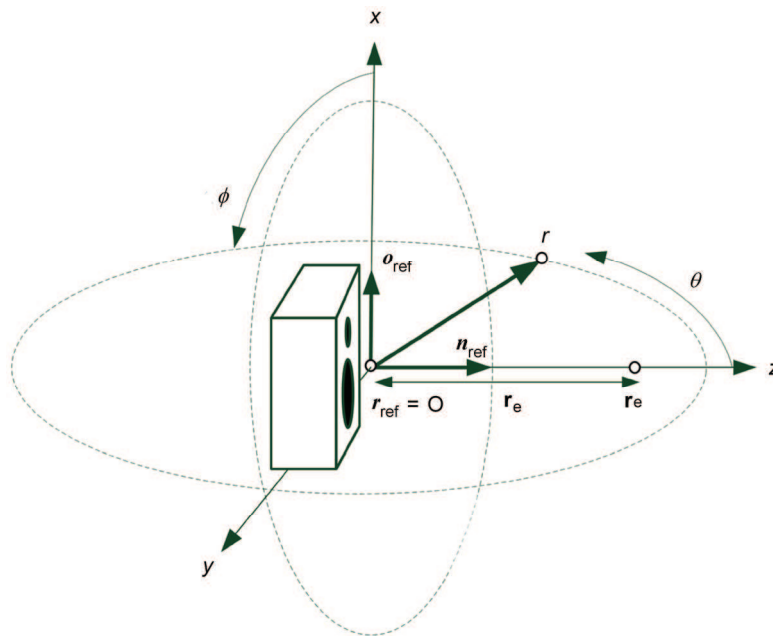


Bild 2 – Empfohlene Position und Ausrichtung des DUT

10.1.6 Auswertungspunkt

Der vom Hersteller festgelegte Auswertungspunkt $\mathbf{r}_e$ ist die Position, an der der höchste Nenn-Schall-druckpegel SPL_{max} ermittelt wird. Der Auswertungspunkt $\mathbf{r}_e$ muss auf der Bezugsachse liegen.

Der Auswertungspunkt ist ein bestimmter Messpunkt, der für die Kalibrierung des höchsten Eingangswertes u_{max} und des höchsten Ausgangspegels SPL_{max} nach Abschnitt 17 und Abschnitt 18 erforderlich ist.

10.1.7 Auswertungsabstand

Der Auswertungsabstand $r_e = |\mathbf{r}_e - \mathbf{r}_{\text{ref}}|$ ist der Abstand zwischen dem Auswertungspunkt $\mathbf{r}_e$ und dem Bezugspunkt $\mathbf{r}_{\text{ref}}$.

ANMERKUNG Der Auswertungsabstand r_e hängt von den Maßen des DUT ab; typischerweise beträgt er 1 m, bei Mikrolautsprechern ist er jedoch kleiner und bei Lautsprecherzeilen größer.

Idealerweise wird der Auswertungspunkt durch den Auswertungsabstand im Fernfeld des DUT platziert (siehe 10.2.1).

10.2 Messabstand zwischen dem DUT und dem Mikrofon

10.2.1 Fernfeldbedingungen

Messungen unter Freifeldbedingungen und Halbraumbedingungen müssen idealerweise im Fernfeld des DUT in einem Abstand von $r > r_{\text{far}}$ durchgeführt werden, wo der Schalldruck mit dem Abstand r entsprechend der $1/r$ -Gesetzmäßigkeit abnimmt. Der Standort im Fernfeld wird ermittelt, wenn die drei folgenden Bedingungen [10] erfüllt sind:

- 1) Der Abstand r ist deutlich größer als die geometrische Dimension d des DUT.
- 2) Der Abstand r ist deutlich größer als die Wellenlänge λ .
- 3) Das Verhältnis zwischen dem Abstand r und der Dimension d ist deutlich größer als das Verhältnis zwischen der Dimension d und der Wellenlänge λ ($r/d \gg d/\lambda$).

In der Praxis wird der nutzbare Abstand r jedoch durch Einschränkungen der Messumgebung (z. B. Maße des Raums [9]) und die Effekte des Umgebungsgeräuschs nach oben hin begrenzt.

Bei Messungen unter simulierten Freifeldbedingungen müssen das Mikrofon und das DUT innerhalb der Messeinrichtung so positioniert werden, dass die Zeit, die die erste unerwünschte Reflexion benötigt, um das Mikrofon zu erreichen, möglichst lang ist.

Wenn es sich bei dem Messraum um eine reflexionsfreie Kammer handelt, muss auf Reflexionen von Keilspitzen, Bodenbelägen, DUT-Stützen und Mikrofonstützen geachtet werden.

Von diesen Quellen hervorgerufene Abweichungen dürfen $\pm 0,5$ dB bzw. $\pm 10^\circ$ der gemessenen Schalldruckamplitude bzw. der Phase im gesamten Frequenzbereich der Messung nicht überschreiten.

10.2.2 Nahfeldbedingungen

10.2.2.1 Allgemeines

Außer unter besonderen Bedingungen nach 10.2.2.2 kann der Schalldruck im Nahfeld nur mittels holografischer Techniken gemessen werden [9]. Außerdem können gültige Fernfeldinformationen nur mittels holografischer Verfahren aus Nahfelddaten berechnet werden.

Messungen im Nahfeld [11] haben die folgenden Vorteile:

- mehr Zeit bis zu den ersten Reflexionen;
- höherer direkter Schalldruck.

Der Hauptvorteil holografischer Techniken liegt darin, dass große DUTs in kleinen Räumen gemessen werden können [4].

10.2.2.2 Extrapolationstechnik für Kugelstrahler

Die von Keele [12] entwickelte Extrapolationstechnik liefert zuverlässige Fernfeldinformationen bei niedrigen Frequenzen, die auf einer einzigen Nahfeldmessung beruhen, sofern die Tieftöner in einem geschlossenen Gehäuse aufgestellt werden und das Schallfeld omnidirektional ist.

10.2.3 Diffusfeldbedingungen

Die Position und die Ausrichtung des DUT und des Mikrofons im Verhältnis zu den Wänden müssen mittels eines an die Messergebnisse angehängten Diagramms beschrieben werden.

Für die Bewertung der von dem Lautsprecher gelieferten Leistung nach dem in 20.4 beschriebenen Verfahren ist eine Anordnung zur gleichzeitigen Bewegung des DUT und des Mikrofons zulässig. Das Mikrofonsystem und die Position des nächstgelegenen Mikrofons müssen die Anforderungen aus ISO 3741 erfüllen.

10.2.4 Bedingungen der Zielanwendung

Die Position und die Ausrichtung des DUT und des Mikrofons im Verhältnis zur Zielumgebung (z. B. Innenraum eines Autos, Ohrsimulator) müssen mittels eines an die Messergebnisse angehängten Diagramms beschrieben werden.

Die akustischen Eigenschaften der Raumbegrenzungsflächen müssen anhand von über die Fläche gemittelten Energieabsorptionskoeffizienten für diffusen Schalleinfall [13] beschrieben werden.

11 Messeinrichtung und Prüfergebnisse

Für Messungen unter Freifeldbedingungen muss ein WS2F- oder WS3F-Freifeldmikrofon nach IEC 61094-4 verwendet werden. Für Messungen unter Diffusfeldbedingungen muss ein WS3P- oder ein WS2P-Druckmikrofon mit Diffusfeldkorrektur verwendet werden.

Grafische Ergebnisse müssen einem der bevorzugten Seitenverhältnisse in IEC 60263 entsprechen.

Wenn zusätzlich zu den Graphen Frequenzdaten bereitgestellt werden, müssen diese, sofern nicht anders angegeben, bei den in ISO 3 festgelegten bevorzugten R40-Frequenzen liegen.

12 Genauigkeit der akustischen Messung

12.1 Allgemeines

Mögliche Fehlerquellen an den Geräten und der Messumgebung müssen identifiziert und quantifiziert und ihr Einfluss festgelegt werden. Unsicherheiten hinsichtlich Position und Kalibrierung des Mikrofons müssen angegeben werden (siehe 12.2). Diese Informationen müssen in den Prüfbericht aufgenommen werden.

ANMERKUNG Techniken zur Quantifizierung der Toleranzen bei akustischen Messungen werden in [14] behandelt. Um mögliche Fehler im Messaufbau zu überprüfen, kann mit zwei an unterschiedlichen Positionen (oder in unterschiedlichen Abständen) aufgestellten Mikrofonen gearbeitet werden.

12.2 Messunsicherheit

Die Messunsicherheit setzt sich aus verschiedenen Faktoren zusammen:

- der Unsicherheit der verwendeten Prüfeinrichtung, wie z. B. eines Schallgebers, von Pegelmessgeräten, Messmikrofonen usw.;
- den Toleranzen der mechanischen Verbindung oder Montage;
- dem Schallfeld oder der Prüfumgebung;
- der Positionierung des DUT im Prüfraum.

Wenn die vorstehend genannten Faktoren bekannt sind, kann die Messunsicherheit im Allgemeinen bestimmt werden [15]. Weitere Informationen können Anhang A entnommen werden.

ANMERKUNG Es gilt als gute Praxis, die Messunsicherheit durch einen Vergleich der Messergebnisse mit denen aus einem akkreditierten Prüflabor zu validieren. Hinsichtlich der Bewertung der von den Lautsprechern erzeugten Schalldruckausgabe enthält Anhang A ein Beispiel für die Berechnung des Unsicherheitsbudgets. Weitere Informationen können ISO/IEC Guide 98-3 [15] entnommen werden.

Theoretisch gesehen gelten Toleranzen der Messabweichung nur dann für die Bewertung der Betriebseigenschaften eines zu prüfenden Geräts, wenn die Messeinrichtung zu 100 % präzise arbeitet. Um sicherzustellen, dass die gemessenen Eigenschaften des DUT auch dann innerhalb einer festgelegten Toleranz liegen, wenn reale, nicht perfekte Messeinrichtungen verwendet werden, muss das Intervall mit akzeptierten Werten auf dem gemessenen Wert kleiner sein als die Toleranz, die durch den Höchstwert der zulässigen Unsicherheit für diese Messung festgelegt wird. Dies gilt gegebenenfalls auch für Anwendungen bei Ausgangsprüfungen. Um zu bestätigen, dass die Eigenschaften des DUT unter realen Bedingungen außerhalb der festgelegten Toleranz liegen, muss das Intervall mit nicht akzeptierten Werten auf dem gemessenen Wert größer sein als die Toleranz, die durch den Höchstwert der zulässigen Unsicherheit für diese Messung festgelegt wird. Dies betrifft gegebenenfalls Eingangs-QC/QA-Anwendungen. Der Höchstwert der zulässigen Unsicherheit wird auf jeden einzelnen Toleranzgrenzwert angewendet, um das Akzeptanzintervall zu ermitteln (siehe Bild A.1).

13 Aufstellung des DUT

13.1 Aufstellung und akustische Last der elektroakustischen Treiber

Das Betriebsverhalten der elektroakustischen Treiber (Wandler) wird von den Eigenschaften der Wandler selbst und von ihrer akustischen Last bestimmt. Die akustische Last hängt von der Aufstellung ab, die bei der Darstellung der Ergebnisse eindeutig beschrieben werden muss. In Anhang B werden verschiedene Aufstellungsarten des Wandlers beschrieben.

Es muss eine der folgenden Aufstellungsarten verwendet werden:

- a) Halbraum-Freifeldbedingung, die durch oberflächenangepasstes Einbauen des Wandlers in eine ebene Reflexionsfläche geschaffen wird, deren Durchmesser d zehnmal größer ist als die Wellenlänge λ der niedrigsten Arbeitsfrequenz oder der niedrigsten vom Hersteller festgelegten oder als Nennwert angegebenen Frequenz. Die Halbraum-Last für Wandler wird bevorzugt.
- b) Wenn diese Bedingung bei Niederfrequenzwandlern (z. B. Tieftöner) im verfügbaren reflexionsfreien Raum nicht erfüllt werden kann, muss der Hersteller den unteren Grenzwert für die Frequenz angeben, bei der die Bedingung erfüllt ist. Alternativ muss die Schallwandmessung oder eine Raumkorrekturkurve verwendet werden.
- c) Eine Norm-Schallwand mit einer ebenen Vorderfläche, die akustisch reflektierend ist nach den Festlegungen nach Abschnitt B.1.
- d) Ein standardmäßiges Messgehäuse nach Festlegung in Abschnitt B.2 (Typ A oder Typ B), das ein definiertes rückseitiges Luftvolumen und eine definierte Abstrahlungsbedingung an der Vorderseite des Wandlers erzeugt.
- e) Für End-of-Line-Prüfungen und Relativmessungen (siehe [16]) darf ein Prüfgehäuse, das Abschnitt B.2 nicht entspricht (Typ A oder Typ B) und eine definierte Luftlast und Abstrahlungsbedingung an der Vorderseite des Wandlers erzeugt, verwendet werden. Eine zusätzliche Kammer auf der Rückseite des Wandlers kann dazu verwendet werden, zusätzliche Geräuschtrennung zu erzielen oder den Einfluss des Luftvolumens einer geschlossenen Box in der Zielanwendung zu betrachten.
- f) Ein definiertes Horn, ein definierter Koppler oder eine andere Art von Wellenleiter, das der die Strahlerfläche des Wandlers an das umgebende Schallfeld ankoppelt.

ANMERKUNG Die Anwendung auf Kopfhörer, Hör-Sprech-Garnituren, Ohrhörer und Ohrhörer-Sprech-Garnituren ist in IEC 60268-7 festgelegt.

- g) Ein Kundtsches Rohr.
- h) Der Wandler darf „free air“ ohne Schallwand, Gehäuse usw. betrieben werden.

13.2 Aufstellung und akustische Last eines elektroakustischen Systems

Elektroakustische Systeme werden üblicherweise ohne zusätzliche Schallwände gemessen. Wenn der Hersteller eine besondere Aufstellungsart für das Lautsprechersystem festlegt, so muss diese für die Messung verwendet werden. Die verwendete Aufstellung muss mit den Ergebnissen angegeben werden.