

DIN EN IEC 60268-23

ICS 33.160.50

Einsprüche bis 2023-02-02

Entwurf

**Elektroakustische Geräte –
Teil 23: Fernsehgeräte und Monitore –
Lautsprecher Systeme
(IEC 100/3774/CDV:2022);
Deutsche und Englische Fassung prEN IEC 60268-23:2022**

Sound system equipment –
Part 23: TVs and monitors –
Loudspeaker systems
(IEC 100/3774/CDV:2022);
German and English version prEN IEC 60268-23:2022

Équipements pour systèmes électroacoustiques –
Partie 23: Téléviseurs et moniteurs –
Systèmes de haut-parleurs
(IEC 100/3774/CDV:2022);
Version allemande et anglaise prEN IEC 60268-23:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-12-02 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, Merianstraße 28, 63069 Offenbach 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 128 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN IEC 60268-23:2022-07 „Elektroakustische Geräte – Teil 23: Fernsehgeräte und Monitore – Lautsprecher Systeme“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (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. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 100/3774/CDV:2022-07 „Sound system equipment – Part 23: TVs and monitors – Loudspeaker systems“ unverändert in den Entwurf prEN IEC 60268-23:2022-07 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV 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 IEC/TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

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

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

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.

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 23: Fernsehgeräte und Monitore – Lautsprecher Systeme

Inhalt

	Seite
Einleitung.....	9
1 Anwendungsbereich.....	10
2 Normative Verweisungen.....	10
3 Begriffe.....	11
3.2 Abkürzungen.....	11
4 Typbeschreibung.....	12
5 Physikalische Eigenschaften.....	12
5.1 Maße.....	12
5.2 Gewicht.....	12
6 Bedingungen.....	13
6.1 Normale Messbedingungen.....	13
6.2 Bemessungsbedingungen.....	13
6.2.1 Bemessungsfrequenzbereich.....	13
6.3 Klimatische Bedingungen.....	13
7 Prüfsignale.....	14
7.1 Allgemeines.....	14
7.2 Sinusförmiges Chirp-Signal.....	14
7.3 Stationäres Eintonsignal.....	14
7.4 Stationäres Zweitonsignal.....	14
7.5 Dünnbesetzter Mehrtonkomplex.....	14
7.6 Breitband-Rauschsignal.....	14
7.7 Schmalband-Rauschsignal.....	14
7.8 Hann-Burstsignal.....	14
7.9 Impulsartiges Signal.....	14
8 Akustische Umgebung.....	14
8.1 Allgemeines.....	14
8.2 Freifeldbedingungen.....	14
8.3 Simulierte Freifeldbedingungen.....	15
8.4 In-situ-Umgebung.....	15
8.4.1 Hörraum.....	15
9 Messeinrichtungen.....	15
10 Anordnung des Prüflings.....	16
10.1 Bezugsebene und Normalenvektor.....	16
10.2 Bezugspunkt.....	16
10.3 Bezugsachse.....	16
10.4 Orientierungsvektor.....	16

10.5	Horizontale und vertikale Bahnen.....	18
11	Messabstand zwischen dem Prüfling und dem Mikrofon.....	19
11.1	Fernfeldbedingungen.....	19
11.2	Nahfeldbedingungen.....	19
12	Aufstellung des Prüflings.....	19
12.1	Allgemeines.....	19
12.1.1	Aufstellung auf einem Möbelstück.....	20
12.1.2	Wandmontage.....	20
12.2	Aufstellung für Freifeldbedingungen.....	21
12.2.1	Bedingung der Prüflingsrotation.....	21
12.2.2	Bedingung der Mikrofonrotation.....	21
13	Bemessungsumgebungsbedingungen.....	21
13.1	Temperaturbereiche.....	21
13.1.1	Eigenschaftsbegrenzter Temperaturbereich.....	21
13.1.2	Schadensbegrenzter Temperaturbereich.....	21
13.2	Luftfeuchtebereiche.....	21
13.2.1	Bereich der relativen Luftfeuchte.....	21
13.2.2	Schadensbegrenzter Luftfeuchtebereich.....	21
14	Auswertungspunkt und -abstand.....	21
14.1	Auswertungspunkt.....	21
14.2	Auswertungsabstand.....	22
15	Messungen im Freifeld.....	23
15.1	Allgemeines.....	23
15.2	Axialer SPL-Frequenzgang.....	23
15.2.1	Definition.....	23
15.2.2	Messverfahren.....	23
15.2.3	Angabe im Prüfbericht.....	23
15.3	Räumliche Übertragungsfunktion.....	24
15.3.1	Definition.....	24
15.3.2	Messverfahren.....	24
15.3.3	Angabe im Prüfbericht.....	25
15.4	Schallleistungsantwort.....	25
15.4.1	Definition.....	25
15.4.2	Messverfahren.....	26
15.4.3	Angabe im Prüfbericht.....	26
15.5	Richtungseigenschaften.....	27
15.5.1	Allgemeines.....	27
15.5.2	Messverfahren.....	27
15.5.3	Nachbearbeitung.....	28
15.5.4	Angabe im Prüfbericht.....	30

16	In-situ-Prüfungen.....	31
16.1	In-situ-Übertragungsfunktion.....	32
16.1.1	Definition.....	32
16.1.2	Messverfahren.....	32
16.1.3	Angabe im Prüfbericht.....	33
16.2	Raumübertragungsfunktion.....	33
16.2.1	Definition.....	33
16.2.2	Messverfahren.....	34
16.3	SPL-Antwort des reflektierten Schalls.....	34
16.3.1	Definition.....	34
16.3.2	Messverfahren.....	34
16.3.3	Angabe im Prüfbericht.....	35
16.4	In-situ-SPL-Frequenzgang.....	35
16.4.1	Definition.....	35
16.4.2	Messverfahren.....	35
16.4.3	Angabe im Prüfbericht.....	36
17	Mittlerer SPL und Varianz in einer akustischen Zone.....	37
17.1	Allgemeines.....	37
17.2	Definition.....	37
17.3	Messung.....	38
17.4	Numerische Vorhersage.....	38
17.5	Angabe im Prüfbericht.....	38
18	Kennwerte des Frequenzgangs.....	38
18.1	Allgemeines.....	38
18.2	Mittelwert des SPL in einem Bemessungsfrequenzbereich.....	39
18.2.1	Definition und Einheit.....	39
18.2.2	Aufbau.....	39
18.2.3	Verfahren.....	39
18.2.4	Analyse.....	39
18.2.5	Angabe im Prüfbericht.....	40
18.3	Wirksamer Frequenzbereich (EFR).....	40
18.3.1	Definition und Einheit.....	40
18.3.2	Aufbau.....	40
18.3.3	Verfahren.....	41
18.3.4	Analyse.....	41
18.3.5	Angabe im Prüfbericht.....	42
18.4	Spektrale Ausgewogenheit (SB).....	42
18.4.1	Definition und Einheit.....	42
18.4.2	Aufbau.....	42
18.4.3	Verfahren.....	42

18.4.4	Analyse.....	43
18.4.5	Angabe im Prüfbericht.....	43
18.5	Abweichung von der Regressionsgeraden (RLD).....	43
18.5.1	Definition und Einheit.....	43
18.5.2	Aufbau.....	43
18.5.3	Verfahren.....	44
18.5.4	Analyse.....	44
18.5.5	Angabe im Prüfbericht.....	45
18.6	Schmalbandschwankung (NBV).....	45
18.6.1	Definition und Einheit.....	45
18.6.2	Aufbau.....	45
18.6.3	Verfahren.....	45
18.6.4	Analyse.....	46
18.6.5	Angabe im Prüfbericht.....	46
19	Großsignal-Kennwerte.....	47
19.1	Modellierung bei hohen Amplituden.....	47
19.2	Geräuschspektrum.....	47
19.2.1	Definition und Messung.....	47
19.2.2	Angabe im Prüfbericht.....	47
19.3	Kurzzeit-Amplitudenkompression.....	48
19.3.1	Definition und Einheit.....	48
19.3.2	Aufbau.....	48
19.3.3	Verfahren.....	48
19.3.4	Analyse.....	48
19.3.5	Angabe im Prüfbericht.....	48
19.4	Mehrtonverzerrung.....	49
19.4.1	Mehrtonverzerrungs-Spektrum.....	49
19.4.2	Absolute Mehrtonverzerrung.....	50
19.4.3	Relative Mehrtonverzerrung.....	52
19.4.4	Gesamt-Mehrtonverzerrungsverhältnis.....	53
19.5	Klirrfaktor in der Schalldruckausgabe.....	54
19.5.1	Definition und Einheit.....	54
19.5.2	Aufbau.....	55
19.5.3	Verfahren und Analyse.....	55
19.5.4	Angabe im Prüfbericht.....	56
19.6	Äquivalenter Eingangs-Gesamtklirrfaktor.....	57
19.6.1	Definition und Einheit.....	57
19.6.2	Aufbau.....	58
19.6.3	Verfahren.....	58
19.6.4	Analyse.....	58

19.6.5	Angabe im Prüfbericht.....	59
19.7	Impulsive Verzerrungen.....	60
19.7.1	Definition und Einheit.....	60
19.7.2	Aufbau.....	60
19.7.3	Verfahren.....	60
19.7.4	Analyse.....	60
19.7.5	Angabe im Prüfbericht.....	61
19.8	Höchster Bemessungseingangswert.....	61
19.8.1	Definition und Einheit.....	61
19.8.2	Aufbau.....	61
19.8.3	Verfahren.....	61
19.8.4	Analyse.....	62
19.8.5	Angabe im Prüfbericht.....	63
19.9	Höchster Bemessungs-SPL.....	63
19.9.1	Definition und Einheit.....	63
19.9.2	Aufbau.....	63
19.9.3	Verfahren.....	63
19.9.4	Angabe im Prüfbericht.....	64
	Literaturhinweise.....	65
Bilder		
Bild 1	– Prüfsignalumfang.....	12
Bild 2	– Empfohlene Position und Ausrichtung des Prüflings.....	17
Bild 3	– Messung der horizontalen Richtcharakteristik in Kugelkoordination durch Rotation des Prüflings (z. B. OLED-Fernseher) in aufrechter Position im oder gegen den Uhrzeigersinn auf einem Drehtisch...	17
Bild 4	– Messung der vertikalen Richtcharakteristik in Kugelkoordination durch Rotation des geneigten Prüflings (z. B. OLED-Fernseher) im oder gegen den Uhrzeigersinn auf einem Drehtisch.....	18
Bild 5	– Beispiel für die Aufstellung auf einem Möbelstück.....	20
Bild 6	– Beispiel für die Wandmontage.....	20
Bild 7	– Auswertungspunkt und -abstand (Mittelpunkt).....	22
Bild 8	– SPL-Verteilung des Direktschalls, der von einem Prüfling bei einem sinusförmigen Eingangssignal und einer gegebenen Frequenz und Eingangsspannung erzeugt wird, als Farbdarstellung im 3D-Raum über den Koordinaten x, y und z.....	25
Bild 9	– Messpunkte an der vertikalen und horizontalen Bahn im Abstand r_D	27
Bild 10	– Messpunkte im Hörfenster.....	28
Bild 11	– Messpunkte für die äquivalente Schallleistung.....	29
Bild 12	– Beispiel für die Angabe der im Abstand r_D gemessenen Richtungskennwerte im Prüfbericht.....	31
Bild 13	– Modellierung der Tonwiedergabe unter In-situ-Bedingungen.....	32
Bild 14	– Beispiel für eine Zeit-Frequenz-Analyse (Spektrogramm), die angewendet wird auf die in einem Abstand $r = 1,5$ m zum Prüfling in einem Büro gemessene Impulsantwort des reflektierten Schalls $h_{REFL}(t,r)$	33

Bild 15 – SPL-Frequenzgänge des gesamten In-situ-Schalls, der Freifeld-Schallanteile und der reflektierten Schallanteile, gemessen an einer typischer Hörposition in einem Büro.....	36
Bild 16 – Mittelwert des SPL im Bemessungsfrequenzbereich.....	40
Bild 17 – Wirksamer Frequenzbereich des Frequenzgangs.....	41
Bild 18 – Abweichung von der Regressionsgeraden im Bemessungsfrequenzbereich.....	45
Bild 19 – Lautsprechermodell unter Berücksichtigung der dominanten Signalverzerrung bei hohen Amplituden.....	47
Bild 20 – SPL-Spektrum des wiedergegebenen Mehrtonstimulus (MDS) bei voller FFT-Auflösung, das die Grundschnwingungen bei den angeregten Tönen und die Verzerrungsanteile bei anderen Frequenzen umfasst. Das Geräusch-SPL-Spektrum wurde ohne Anregung des Prüflings mit dem Stimulus gemessen.	50
Bild 21 – SPL der Grundschnwingung, der Mehrtonverzerrung und des Grundrauschens, integriert in Frequenzbänder bei den Anregungsfrequenzen des Mehrtonstimulus.....	51
Bild 22 – Relative Mehrtonverzerrung $L_{RMD}(f_i)$ und relatives Grundrauschen $L_{RNF}(f_i)$ in Dezibel als Funktion der Anregungsfrequenzen f_i	52
Bild 23 – Auf die Grundschnwingung bezogener Gesamtklirrfaktor (THD), gemessen in drei Abständen auf der Bezugsachse.....	56
Bild 24 – SPL-Frequenzgänge der Grundschnwingung, des Gesamt-Oberschnwingungsgehalts ($L_{TH}(f, r_e)$) und des Grundrauschens $L_{NFTH}(f, r_e)$	56
Bild 25 – Signalfussdiagramm, das die Erzeugung der äquivalenten Eingangsverzerrung durch inverse Filterung des an drei unterschiedlichen Punkten in einer In-situ-Umgebung (Büro) gemessenen Schalldrucksignals illustriert.....	57
Bild 26 – Äquivalenter Eingangs-Gesamtklirrfaktor (EITHD) in Prozent in Abhängigkeit von der Anregungsfrequenz, gemessen in drei Abständen auf der Bezugsachse in einer In-situ-Umgebung.....	59
Tabellen	
Tabelle 1 – Empfohlene Koordinaten der Bahnen im Abstand r_D	18
Tabelle 2 – Bezugsnorm für den Auswertungsabstand.....	22
Tabelle 3 – Bewertungsfaktoren für den Polarwinkel θ in 10°-Schritten.....	29
Tabelle 4 – Beispiel für die Angabe des Mittelwerts des SPL.....	40
Tabelle 5 – Beispiel für die Angabe des wirksamen Frequenzbereichs.....	42
Tabelle 6 – Beispiel für die Angabe der spektralen Ausgewogenheit.....	43
Tabelle 7 – Beispiel für die Angabe der RLD.....	45
Tabelle 8 – Beispiel für die Angabe der NBV.....	46
Tabelle 9 – Beispiel für die Angabe des höchsten Bemessungseingangswertes.....	63
Tabelle 10 – Beispiel für die Angabe des höchsten Bemessungs-SPL.....	64

Einleitung

Das TC100 hat bereits genormte Messverfahren für Lautsprecher für die IEC erarbeitet. Allerdings gibt es unterschiedliche Anbringungsstellen für Lautsprecher an Fernsehgeräten und Monitoren (z. B. vorne, unten, hinten oder seitlich am Gerät) ebenso wie verschiedene Montagearten, d. h. auf einem Möbelstück stehende Geräte und wandmontierte Geräte, und es ist damit zu rechnen, dass in Zukunft noch weitere Varianten hinzukommen werden. Da sich die akustischen Eigenschaften je nach Montageart und Anordnung der Lautsprecher unterscheiden, werden neue Messverfahren für Lautsprecher von Fernsehgeräten und Monitoren benötigt. Dieses Dokument enthält Messverfahren für Audiosysteme von Fernsehgeräten und Monitoren, die sich nach der jeweiligen Hörumgebung richten.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt akustische Messverfahren für Fernsehempfänger, Monitore mit eingebauten Lautsprechern und andere Audiogeräte mit vergleichbaren akustischen Eigenschaften (z. B. Flatpanel-Lautsprecher) fest. Die akustischen Messungen werden unter Freifeldbedingungen sowie in einer In-situ-Umgebung durchgeführt.

Dieses Dokument nimmt keine Bewertung der Wahrnehmung und kognitiven Auswertung des wiedergegebenen Klangs oder der Auswirkungen auf die wahrgenommene Klangqualität vor.

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

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

IEC 60268-21, *Sound system equipment – Part 21 Acoustical (output-based) measurements*

IEC 60268-22, *Sound system equipment –Electrical and mechanical measurements*

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

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

IEC 61606-1:2009, *Audio and audiovisual equipment - Digital audio parts - Basic measurement methods of audio characteristics - Part 1: General*

IEC 62777, *Quality evaluation method for sound field of directional loudspeaker array systems*

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.*

ISO 3382-1, *Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 1: Performance spaces*

ISO 80000-2, *Quantities and units — Part 2: Mathematics*

ANSI/CTA 2034-A:2015, *Standard Method of Measurement for In-Home Loudspeakers*

AES17: 2017, *Standard method for digital audio engineering – Measurement of digital audio equipment*

SJT11157-2, *Methods of measurement on receivers for television broadcast transmissions-Part2: Methods of electrical and acoustical measurements on audio channels*

ITU-R BT.2246-4, *The present state of ultra-high definition television*

ANMERKUNG Nummern in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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>

3.1

Prüfling

EUT, en: equipment under test

Gerät, an dem Messungen entsprechend den in diesem Dokument beschriebenen Messverfahren vorzunehmen sind

3.2 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Abkürzungen.

COG	Schwerpunkt (en: centre of gravity)
dB	Dezibel
DEF	Direktenergieanteil (en: direct energy fraction)
DNR	Verzerrungs-Rausch-Verhältnis (en: distortion-to-noise ratio)
DSP	digitale Signalverarbeitung (en: digital signal processor)
EFR	wirksamer Frequenzbereich (en: effective frequency range)
EITHD	äquivalenter Eingangs-Gesamtklirrfaktor (en: equivalent input total harmonic distortion)
ESP	äquivalente Schallleistung (en: equivalent sound power)
ESPD	Bündelungsmaß der äquivalenten Schallleistung (en: equivalent sound power directivity index)
EUT	Prüfling (en: equipment under test)
Hz	Hertz
m	Meter
MD	absolute Mehrtonverzerrung (en: absolute multi-tone distortion)
MDS	Mehrtonspektrum (en: multi-tone spectrum)
NBV	Schmalbandschwankung (en: narrow-band variation)
NF	Grundrauschen (en: noise floor)
ON	axialer Frequenzgang, <i>On-axis</i> -Frequenzgang (en: on-axis frequency response)
Pa	Pascal
POR	Rotationspunkt (en: point of rotation)
RFR	Bemessungsfrequenzbereich (en: rated frequency range)
RLD	Abweichung von der Regressionsgeraden (en: regression line deviation)
RMS	Effektivwert (en: root mean square)
RMD	relative Mehrtonverzerrung (en: relative multi-tone distortion)
RNF	relatives Grundrauschen (en: relative noise floor)
SB	spektrale Ausgewogenheit (en: spectral balance)
SNR	Signal-Rausch-Verhältnis (en: signal-to-noise-ratio)
SP	Schallleistung (en: sound power)

SPL	Schalldruckpegel (en: sound pressure level)
TFA	Zeit-Frequenz-Analyse (en: time-frequency analysis)
TH	Gesamt-Oberschwingungsgehalt (en: total harmonic)
THD	Gesamtklirrfaktor (en: total harmonic distortion)
TMDR	Gesamt-Mehrtonverzerrungsverhältnis (en: total multi-tone distortion ratio)
W	Watt

4 Typbeschreibung

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

- Anzahl der Eingangskanäle. Typischerweise verfügt der Prüfling über zwei Eingangskanäle, über die mindestens ein Wandler auf der linken und der rechten Seite angeregt wird, wie in Bild 1 dargestellt. Bei Prüflingen mit mehr Eingangskanälen muss der Aufbau eindeutig beschrieben werden;
- Format der Eingangssignale, beispielsweise analog, digital oder drahtlos;
- Typ, Prinzipien und Anzahl der in den Audiosystemen des Fernsehgeräts bzw. Monitors verwendeten Wandler;
- Leistungsverstärkung;
- DSP (z. B. Entzerrer, aktiver Schutz).

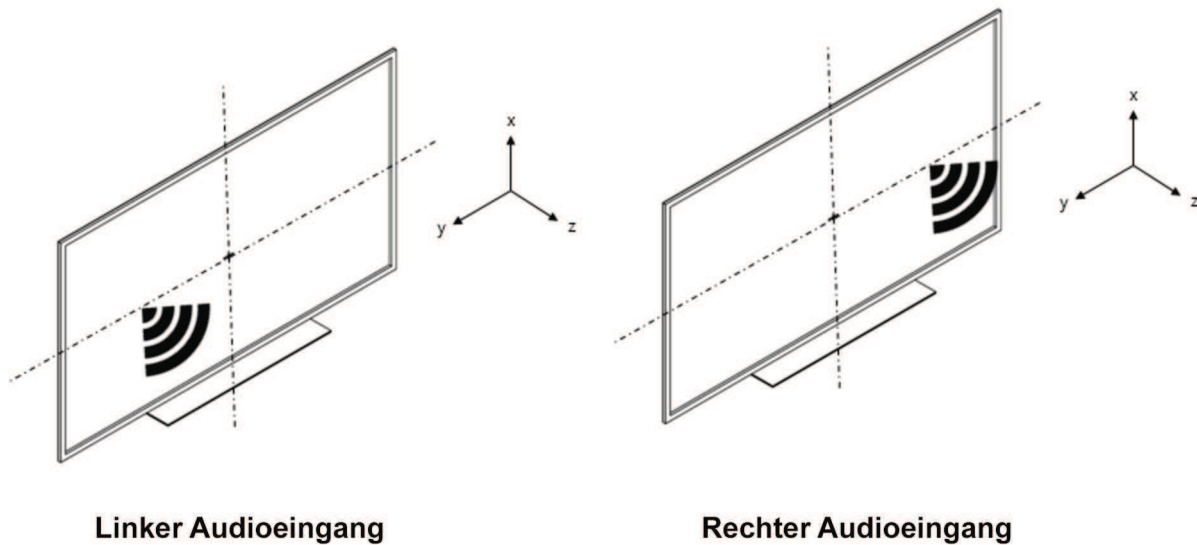


Bild 1 – Prüfsignalumfang

5 Physikalische Eigenschaften

5.1 Maße

Die Außenmaße des Prüflings sollten festgelegt werden.

5.2 Gewicht

Das Gesamtgewicht des Prüflings sollte festgelegt werden.

6 Bedingungen

6.1 Normale Messbedingungen

Die Bedingungen, unter denen die Messungen am Prüfling durchgeführt werden, gelten als normal, wenn alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- a) Die akustische Umgebung wird festgelegt und aus den in Abschnitt 8 angegebenen Bedingungen ausgewählt.
- b) 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.
- c) Der Prüfling wird in Übereinstimmung mit Abschnitt 10 angeordnet.
- d) Dem Prüfling wird bei einem festgelegten effektiven Eingangswert für den Bemessungsfrequenzbereich nach 6.2.1 ein Prüfsignal mit festgelegten Eigenschaften (Spektrum, Dauer usw.) nach Abschnitt 7 zugeführt.
- e) Abschwächer, Entzerrer und dynamische oder andere aktive Steuerelemente müssen auf ihre „Normalstellung“ entsprechend der Angabe des Herstellers gestellt werden. Wenn andere Stellungen gewählt werden, beispielsweise solche, die für einen maximal flachen Frequenzgang oder die kleinste Dämpfung sorgen, müssen diese angegeben werden.
- f) Es wird eine Messeinrichtung nach Abschnitt 9 angeschlossen, die zur Ermittlung der betrachteten Kennwerte geeignet ist.

6.2 Bemessungsbedingungen

Die Bemessungsbedingungen sind physikalische Eigenschaften, die die Grundlage für die Durchführung der Messungen bilden. Die folgenden Bemessungsbedingungen müssen den Herstellerangaben entnommen werden:

- der Bemessungsfrequenzbereich entsprechend der Definition in 6.2.1;
- der höchste Bemessungs-Schalldruckpegel entsprechend der Definition in 19.9;
- der höchste Bemessungseingangswert entsprechend der Definition in 19.8.

6.2.1 Bemessungsfrequenzbereich

Der Bemessungsfrequenzbereich (RFR) entspricht der vorgesehenen Verwendung des Prüflings in der Zielanwendung entsprechend der Definition in IEC 60268-21. Er wird durch die Frequenzen f_L und f_U des unteren und des oberen Grenzwerts des Audiobandes festgelegt, für das der höchste Schalldruck des Prüflings entsprechend 19.9 bemessen ist.

ANMERKUNG Der RFR kann von dem wirksamen Frequenzbereich (EFR) des Prüflings entsprechend der Definition in 18.3 abweichen.

6.3 Klimatische Bedingungen

IEC 60268-1 besagt, dass die Prüfungen in der folgenden Umgebung durchgeführt werden müssen, um solche Einflüsse von Temperatur und Luftfeuchte, welche die Eigenschaften der Aufhängung der Antriebseinheit beeinträchtigen können [1], zu vermeiden.

- a) Umgebungstemperatur: 15 °C bis 35 °C;
- b) relative Luftfeuchte: 25 % bis 75 %;
- c) Luftdruck: 86 kPa bis 106 kPa.

7 Prüfsignale

7.1 Allgemeines

Die akustischen Messungen müssen mit einem der folgenden Stimuli durchgeführt werden.

7.2 Sinusförmiges Chirp-Signal

Nach Definition in IEC 60268-21, 8.2.

7.3 Stationäres Eintonsignal

Nach Definition in IEC 60268-21, 8.3.

7.4 Stationäres Zweitonsignal

Nach Definition in IEC 60268-21, 8.4.

7.5 Dünnbesetzter Mehrtonkomplex

Nach Definition in IEC 60268-21, 8.5.

7.6 Breitband-Rauschsignal

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

7.7 Schmalband-Rauschsignal

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

7.8 Hann-Burstsignal

Nach Definition in IEC 60268-21, 8.8.

7.9 Impulsartiges Signal

Nach Definition in IEC 60268-2.

8 Akustische Umgebung

8.1 Allgemeines

Die akustischen Messungen müssen unter einer der in den folgenden Unterabschnitten aufgeführten Bedingungen erfolgen. Es muss angegeben werden, welche akustische Umgebung verwendet wird.

8.2 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 Bemessungsfrequenzbereich der Messung erfüllt, muss der Hersteller den gültigen Frequenzbereich angeben.

ANMERKUNG Halbraum-Freifeldbedingungen sind für die akustische Auswertung von Monitoren, Fernsehgeräten und anderen Prüflingen vergleichbarer Form in Anwendungen, bei denen der Prüfling nicht an einer hinreichend großen Wand betrieben wird, üblicherweise nicht geeignet.

8.3 Simulierte Freifeldbedingungen

Die akustischen Bedingungen einer Umgebung (z. B. Hallraum) gelten als zufriedenstellend, wenn der Direktschall, der vom Prüfling abgestrahlt wird, mittels Messtechniken wie der Fensterung der Impulsantwort [2], der Wellentrennung [3] oder der akustischen Holografie [4] 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 $\Delta f = 1/T$, wobei T die effektive oder abgeschnittene Länge der Impulsantwort bei erfüllten simulierten Freifeldbedingungen ist, sowie jedwede anderen Einschränkungen, welche die Messergebnisse beeinträchtigen, angegeben werden müssen.

Die Bedingung ist erfüllt in einer Umgebung (z. B. einem großen Raum ohne Hindernisse), in der der von dem TV- oder Monitorlautsprecher abgestrahlte und von einer Oberfläche oder einem Objekt in der Umgebung reflektierte Schall das Messmikrofon erst erreicht, wenn die Messung des Direktschalls abgeschlossen ist.

8.4 In-situ-Umgebung

In der Produktentwicklung, -herstellung, -installation, -instandhaltung und -instandsetzung besteht zudem die Notwendigkeit, zusätzliche Messungen in einer In-situ-Umgebung vorzunehmen, die den Freifeldbedingungen nicht entspricht. Eine In-situ-Umgebung kann beispielsweise mithilfe der in Abschnitt 12 festgelegten Aufstellungsarten (Wandmontage oder Aufstellung auf einem Möbelstück) geschaffen werden. Die Prüfergebnisse hängen von den Eigenschaften der jeweiligen In-situ-Umgebung ab und sind nicht mit Messungen unter anderen Bedingungen vergleichbar.

8.4.1 Hörraum

Ein Hörraum, der eine typische In-situ-Umgebung repräsentiert, wie sie in der letztendlichen Zielanwendung beim Kunden vorzufinden ist, ist mit Blick auf die Kombination von perzeptuellen und physikalischen Prüfungen sehr hilfreich. Für die Gestaltung eines geeigneten Hörraums müssen Angaben zu den folgenden Kriterien gemacht werden:

- das Raumvolumen;
- die Form des Raums;
- die Nachhallzeit $R_{60}(f)$ des Raums in Abhängigkeit von der Frequenz, gemessen in Oktaven;
- die Anordnung des Prüflings nach Abschnitt 10;
- die Hörposition und die akustische Zone nach Abschnitt 17;
- die Aufstellungsart nach Abschnitt 12.

ANMERKUNG Ein Hörraum für perzeptuelle und physikalische Prüfungen greift die wesentlichen Eigenschaften der Interaktion zwischen Lautsprecher und Raum auf und liefert wiederholbare und reproduzierbare Daten. Die Vergleichbarkeit von Daten, die in verschiedenen Hörräumen erhoben wurden, ist jedoch begrenzt.

9 Messeinrichtungen

Für Messungen unter Freifeldbedingungen muss ein WS2F- oder WS3F-Freifeldmikrofon nach IEC 61094-4 verwendet werden.

10 Anordnung des Prüflings

10.1 Bezugsebene und Normalenvektor

Zur Festlegung der Richtung der Bezugsebene sollte der Normalenvektor $\mathbf{n}_{\text{ref}}$ verwendet werden. Die Bezugsebene des Prüflings sollte parallel zum Bildschirm aufgespannt werden, wie in Bild 2 dargestellt. Bei anderen Prüflingen muss der Hersteller den Normalenvektor $\mathbf{n}_{\text{ref}}$ mit den zugehörigen Ergebnissen angeben.

Die Bezugsebene mit dem Normalenvektor $\mathbf{n}_{\text{ref}}$ sollte zur Definition der Bezugsachse und des Bezugspunktes $\mathbf{r}_{\text{ref}}$ verwendet werden. Der Pol des Kugelkoordinatensystems nach ISO 80000-2 muss sich auf der Bezugsachse befinden, die in Richtung des Normalenvektors $\mathbf{n}_{\text{ref}}$ zeigt. Der Azimutwinkel Φ sollte entsprechend der Dreifingerregel um den Normalenvektor $\mathbf{n}_{\text{ref}}$ rotieren.

10.2 Bezugspunkt

Der Hersteller muss den Bezugspunkt $\mathbf{r}_{\text{ref}}$ auf der Bezugsebene definieren und diese Information zusammen mit den Messergebnissen bereitstellen. Bei einem Prüfling mit symmetrischer Geometrie muss der Bezugspunkt $\mathbf{r}_{\text{ref}}$ auf der Spiegelsymmetrieachse oder auf dem Punkt der Rotationssymmetrie platziert werden. Die Richtungseigenschaften des Prüflings müssen mit einem Kugelkoordinatensystem beschrieben werden. Der Ursprung des kartesischen bzw. Kugelkoordinatensystems muss auf dem Bezugspunkt platziert werden, wie in Bild 2 dargestellt.

ANMERKUNG Für Richtungsmessungen, bei denen eine Rotation des Prüflings durchgeführt wird, ist der Bezugspunkt identisch mit dem Rotationspunkt (POR) und wird üblicherweise nahe dem oder identisch mit dem Schwerpunkt (COG) des Prüflings gewählt.

10.3 Bezugsachse

Die Bezugsachse ist die Gerade, die am Bezugspunkt $\mathbf{r}_{\text{ref}}$ in Richtung des Normalenvektors $\mathbf{n}_{\text{ref}}$ die Bezugsebene schneidet, wie in Bild 2 dargestellt. Der Pol des Kugelkoordinatensystems muss auf der Bezugsachse platziert werden und der Polarwinkel θ beschreibt die Deklination des Beobachtungspunktes $\mathbf{r}$ im Verhältnis zur Bezugsachse. Die in 15.2 festgelegten axialen Messungen (*On-axis*-Messungen) müssen auf der Bezugsachse mit einem Polarwinkel von $\theta = 0$ durchgeführt werden. Die Bezugsachse muss als Bezugsachse für Richtungsmessungen benutzt werden.

10.4 Orientierungsvektor

Der Orientierungsvektor $\mathbf{O}_{\text{ref}}$ definiert die Ausrichtung des Prüflings und des Azimutwinkels $\Phi = 0$ auf der Bezugsebene, wie in Bild 2 dargestellt. Der Orientierungsvektor $\mathbf{O}_{\text{ref}}$ sollte, sofern nicht anders angegeben, nach oben in Richtung Oberseite des Prüflings zeigen. Der Azimutwinkel sollte ein positives Vorzeichen haben, wenn er bezogen auf den Orientierungsvektor $\mathbf{O}_{\text{ref}}$ auf der Bezugsebene gegen den Uhrzeigersinn gemessen wird, bei Betrachtung von der Zenitseite der Ebene aus.

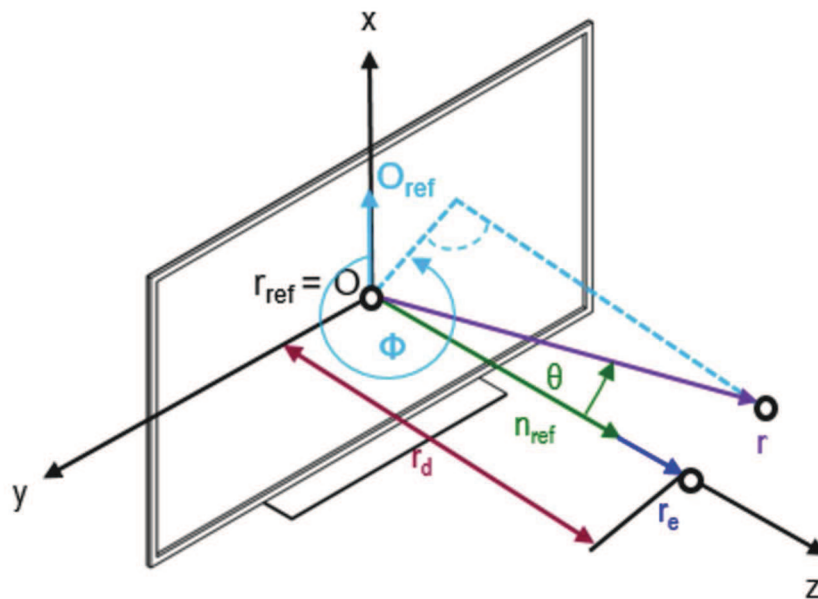
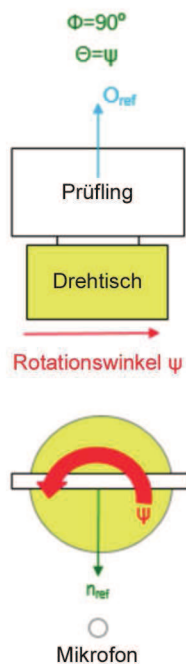


Bild 2 – Empfohlene Position und Ausrichtung des Prüflings

Rotation gegen den Uhrzeigersinn



Rotation im Uhrzeigersinn

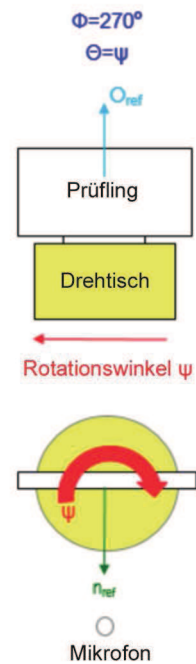
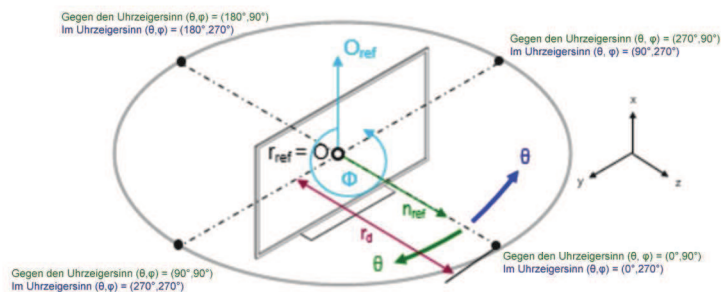


Bild 3 – Messung der horizontalen Richtcharakteristik in Kugelkoordination durch Rotation des Prüflings (z. B. OLED-Fernsehergerät) in aufrechter Position im oder gegen den Uhrzeigersinn auf einem Drehtisch

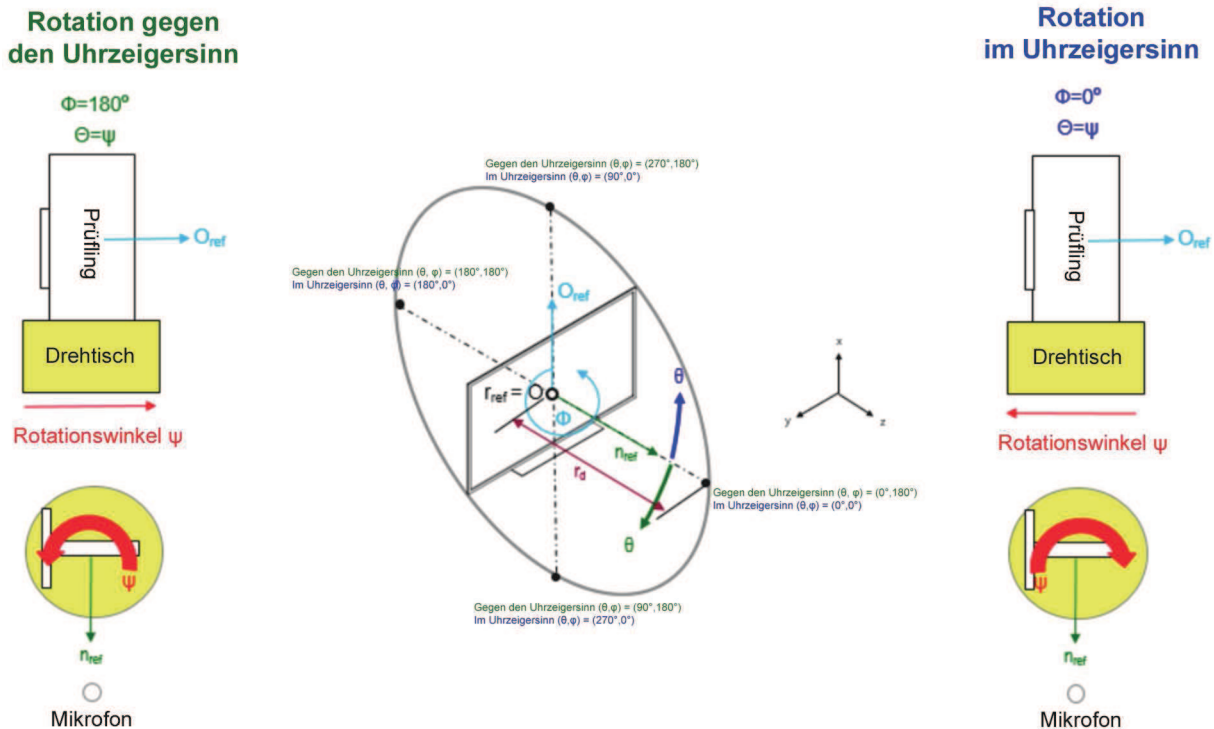


Bild 4 – Messung der vertikalen Richtcharakteristik in Kugelkoordinaten durch Rotation des geneigten Prüflings (z. B. OLED-Fernsehgerät) im oder gegen den Uhrzeigersinn auf einem Drehtisch

10.5 Horizontale und vertikale Bahnen

Die in Bild 3 und Bild 4 dargestellten horizontalen und vertikalen Bahnen müssen bezogen auf 360° in einem Abstand r_D gemessen und entsprechend Tabelle 1 in Kugelkoordinaten ausgedrückt werden.

Tabelle 1 – Empfohlene Koordinaten der Bahnen im Abstand r_D

Bahn	Polarwinkel θ	Azimutwinkel φ	Ausrichtung des EUT auf einem Drehtisch
horizontal	$-180^\circ \leq \theta < 180^\circ$	$\varphi = 270^\circ$	EUT aufrecht, Rotation im Uhrzeigersinn
horizontal	$-180^\circ \leq \theta < 180^\circ$	$\varphi = 90^\circ$	EUT aufrecht, Rotation gegen den Uhrzeigersinn
vertikal	$-180^\circ \leq \theta < 180^\circ$	$\varphi = 0^\circ$	EUT geneigt, Rotation im Uhrzeigersinn
vertikal	$-180^\circ \leq \theta < 180^\circ$	$\varphi = 180^\circ$	EUT geneigt, Rotation gegen den Uhrzeigersinn

ANMERKUNG Die Lautsprecher-Richtcharakteristik des Prüflings bezogen auf die horizontale Bahn kann gemessen werden, indem der Prüfling, der sich mit normaler Ausrichtung (Ausrichtungsvektor zeigt nach oben) auf einem Drehtisch befindet, einmal vollständig (um 360°) rotiert wird. Zur Messung der Richtcharakteristik bezogen auf die vertikale Bahn ist eine zweite vollständige Rotation (um 360°) des geneigten, links auf dem Drehtisch positionierten Prüflings erforderlich.

11 Messabstand zwischen dem Prüfling und dem Mikrofon

11.1 Fernfeldbedingungen

Messungen unter Freifeldbedingungen und Halbraumbedingungen müssen idealerweise im Fernfeld des Prüflings 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 [5] erfüllt sind:

- Der Abstand r ist deutlich größer als die geometrische Dimension d des Prüflings.
- Der Abstand r ist deutlich größer als die Wellenlänge λ .
- 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 [4]) und die Effekte des Umgebungsgeräuschs nach oben hin begrenzt.

Bei Messungen unter simulierten Freifeldbedingungen müssen das Mikrofon und der Prüfling innerhalb der Messumgebung 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 sowie Stützen für den Prüfling und das Mikrofon geachtet werden.

Von diesen Quellen hervorgerufene Abweichungen dürfen $\pm 0,5$ dB bzw. $\pm 10^\circ$ der gemessenen Schalldruckamplitude bzw. der Phase bei keiner Frequenz innerhalb des Frequenzbereichs der Messung überschreiten.

11.2 Nahfeldbedingungen

Der Schalldruck im Nahfeld kann nur mittels holografischer Techniken gemessen werden [4]. Außerdem können gültige Fernfeldinformationen nur mittels holografischer Verfahren aus Nahfelddaten berechnet werden.

Messungen im Nahfeld [6] haben die folgenden Vorteile:

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

Der Hauptvorteil holografischer Techniken liegt darin, dass große Prüflinge in kleinen Räumen gemessen werden können [7].

12 Aufstellung des Prüflings

12.1 Allgemeines

Messungen an Audiosystemen von Fernsehgeräten und Monitoren werden ohne irgendeine zusätzliche Schallführung durchgeführt.

Der Hersteller sollte den Prüfling entsprechend einer der Aufstellungsarten in 12.1.1 und 12.1.2 montieren. Es dürfen auch andere Aufstellungsarten angewendet werden, vorausgesetzt die Aufstellungsart wird zusammen mit den Ergebnissen angegeben.

12.1.1 Aufstellung auf einem Möbelstück

Der Prüfling wird wie in Bild 5 dargestellt auf einem Tisch, Gestell oder anderen Möbelstück aufgestellt. Der Hersteller sollte Breite, Länge und Höhe angeben. Bei der Aufstellung auf einem Möbelstück verursacht der Tisch bzw. das Gestell akustische Reflexionen und es sind In-situ-Prüfungen nach Abschnitt 16 erforderlich.

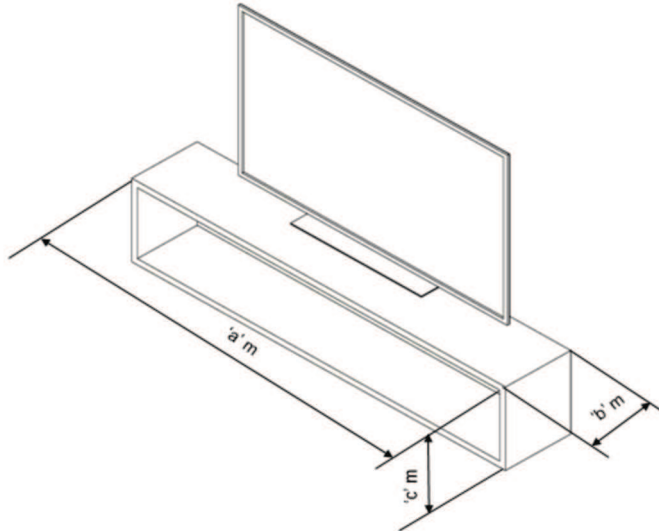


Bild 5 – Beispiel für die Aufstellung auf einem Möbelstück

12.1.2 Wandmontage

Der Prüfling wird nahe an einer Wand auf einem Möbelstück wie in Bild 6 aufgestellt oder mit Befestigungselementen direkt an der Wand aufgehängt. Der Hersteller sollte Breite, Länge und Höhe angeben. Bei der Wandmontage verursachen der Boden, die Wand und die Standfläche akustische Reflexionen und es sind In-situ-Prüfungen nach Abschnitt 16 erforderlich.

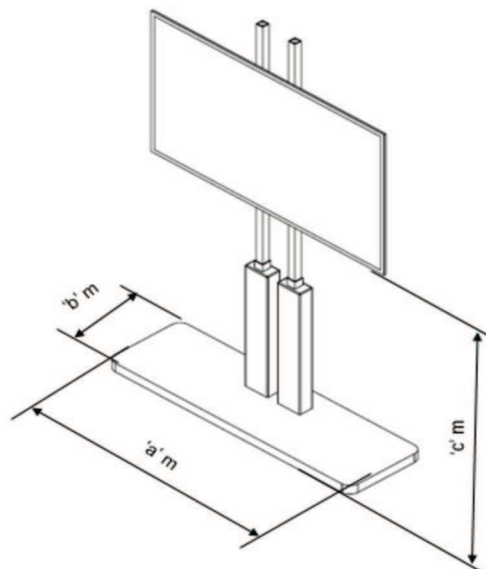


Bild 6 – Beispiel für die Wandmontage

ANMERKUNG Es kann sinnvoll sein, das Fernsehgerät bzw. den Monitor in Übereinstimmung mit der VESA-Norm (Flat Display Mounting Interface Standard:2006) [8] aufzustellen.

12.2 Aufstellung für Freifeldbedingungen

Für die Messung der räumlichen Übertragungsfunktion in 15.3 und der Richtungskennwerte in 15.5 können besondere Aufstellungsbedingungen erforderlich sein, um Schallreflexionen durch die Ausrüstung zu minimieren und die Freifeldbedingungen sicherzustellen.

12.2.1 Bedingung der Prüflingsrotation

Diese Bedingung ist wie folgt definiert: Der Prüfling rotiert, während sich das Mikrofon durchgängig an einer feststehenden Position befindet. Mit Blick auf die Bequemlichkeit und die Konsistenz der Messungen ist es hilfreich, wenn sich die Rotationsplattform in vertikaler Richtung verstellen lässt, so dass unterschiedlich hohe Prüflinge geprüft werden können.

ANMERKUNG Es kann sinnvoll sein, das Fernsehgerät bzw. den Monitor in Übereinstimmung mit der VESA-Norm (Flat Display Mounting Interface Standard:2006) [8] aufzustellen.

12.2.2 Bedingung der Mikrofonrotation

Diese Bedingung ist wie folgt definiert: Das Mikrofon rotiert, während sich der Prüfling durchgängig an einer feststehenden Position befindet. Mit Blick auf die Bequemlichkeit und die Konsistenz der Messungen ist es hilfreich, wenn sich die Rotationsplattform für das Abtasten des Nahfeldes und des Fernfeldes eignet.

13 Bemessungsumgebungsbedingungen

13.1 Temperaturbereiche

13.1.1 Eigenschaftsbegrenzter Temperaturbereich

Der Temperaturbereich, in dem die Schwankung der Kennwerte des Prüflings die festgelegten Toleranzen nicht überschreiten darf.

13.1.2 Schadensbegrenzter Temperaturbereich

Wenn dieser Temperaturbereich im Betrieb oder während der Lagerung überschritten wird, kann dies zu dauerhaften Veränderungen der Betriebseigenschaften des Prüflings führen.

13.2 Luftfeuchtebereiche

13.2.1 Bereich der relativen Luftfeuchte

Der Bereich der relativen Luftfeuchte, in dem die Schwankung der Kennwerte des Prüflings die festgelegten Toleranzen nicht überschreiten darf.

13.2.2 Schadensbegrenzter Luftfeuchtebereich

Wenn dieser Bereich der relativen Luftfeuchte im Betrieb oder während der Lagerung überschritten wird, kann dies zu dauerhaften Veränderungen der Betriebseigenschaften des Prüflings führen.

14 Auswertungspunkt und -abstand

14.1 Auswertungspunkt

Der vom Hersteller festgelegte Auswertungspunkt r_e ist die Position, an der der höchste Bemessungsschalldruckpegel L_{SPmax} ermittelt wird. In Übereinstimmung mit IEC 60268-21 sowie mit 19.9 wird der

Auswertungspunkt $\mathbf{r}_e$ typischerweise auf der Bezugsachse $\mathbf{n}_{\text{ref}}$ in einem Abstand r_d zum Bezugspunkt $\mathbf{r}_{\text{ref}}$ platziert, wie in Bild 7 dargestellt.

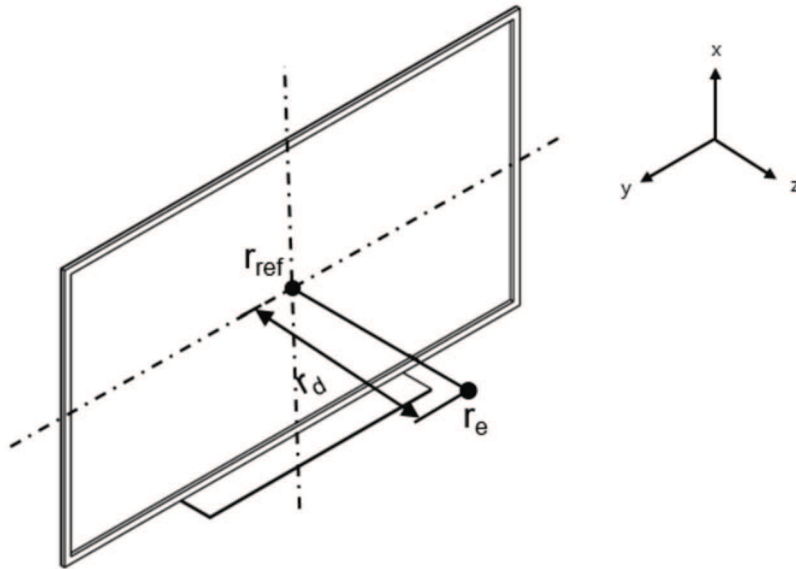


Bild 7 – Auswertungspunkt und -abstand (Mittelpunkt)

14.2 Auswertungsabstand

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

Diese Norm beschreibt Fernsehgeräte und Monitore aus einer Verbraucherperspektive. Aus diesem Grund wird der Auswertungsabstand r_d nach Tabelle 2 ausgewählt. Der Hersteller wählt eine dieser Normen und gibt an, welche er gewählt hat. Wenn der Hersteller einen bestimmten Auswertungsabstand verwendet, muss dieser zusammen mit den Ergebnissen angegeben werden.

Tabelle 2 – Bezugsnorm für den Auswertungsabstand

Produkt	Norm	Bedingung	Auswertungsabstand r_d
Monitore	SJT 11157-2	Bildschirmdiagonale kürzer als 66 cm:	1 Meter
Fernsehgeräte		Bildschirmdiagonale länger als 66 cm:	2 Meter
Beides (Fernsehgeräte und Monitore)	SMPTE	Betrachtungswinkel: $\theta = 30^\circ$ und $\theta = 40^\circ$	Abhängig von Bildschirmmaßen (z. B. 65-Zoll-TV = 2,7 Meter)
	ITU-R BT.2246-4	Videoauflösung: h (h = Höhe des Fernsehgeräts)	Abhängig von der Videoauflösung (z. B. 65-Zoll-2k-TV und -Monitor = 2,2 Meter)

15 Messungen im Freifeld

15.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt legt Messverfahren und Kennwerte fest, anhand derer der Freifeldschall bewertet werden kann, den der Prüfling bei geringen Amplituden abstrahlt, bei denen die nichtlineare Verzerrung und zeitabhängige Eigenschaften des Lautsprechers vernachlässigbar sind. Diese Messungen müssen unter Freifeldbedingungen oder simulierten Freifeldbedingungen nach IEC 60268-21 durchgeführt werden, um den Einfluss von Schallreflexionen durch die akustische Umgebung (Raum) zu unterdrücken.

15.2 Axialer SPL-Frequenzgang

15.2.1 Definition

Der SPL-Frequenzgang ist definiert als der Schalldruckpegel (SPL), der von einem sinusförmigen Eingangssignal bei einem festgelegten Effektivwert am Auswertungspunkt r_e nach Abschnitt 14 unter Freifeldbedingungen erzeugt wird. Diese Messung muss im Kleinsignalbereich über einen gegebenen Frequenzbereich mit einem sinusförmigen Chirp, der das beste SNR ergibt, durchgeführt werden.

15.2.2 Messverfahren

Der SPL-Frequenzgang $L_{ON}(f, r_e)$ muss mit den folgenden beiden Verfahren gemessen werden:

- Freifeldmessung, bei der das Mikrofon in Übereinstimmung mit IEC 60268-21 am Auswertungspunkt r_e platziert wird;
- holografisches Nahfeld-Abtastungsverfahren unter Verwendung einer Wellentrennungstechnik zum Erzeugen simulierter Freifelddaten am Auswertungspunkt r_e entsprechend der Definition in 15.3.3.

Bei Prüflingen mit großen Abstrahlflächen (z. B. Fernsehgeräten, bei denen der Bildschirm für die Tonwiedergabe genutzt wird), die eine komplexe Richtcharakteristik erzeugen, die die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse beeinträchtigen kann, ist eine präzise Positionierung des Mikrofons sehr wichtig.

ANMERKUNG Die holografische Messung liefert einen Anpassungsfehler, der die Genauigkeit der Messung anzeigt. Die Nahfeldmessungen liefern das maximale SNR und simulierte Nahfeldbedingungen, indem Raumreflexionen ausgeschlossen werden.

15.2.3 Angabe im Prüfbericht

Der axiale SPL-Frequenzgang muss über einer logarithmischen Frequenzachse aufgetragen werden. Die Messbedingung (Auswertungspunkt r_e und Effektivwert des Stimulus), zusätzliche Nachbearbeitungsschritte (z. B. spektrales Glätten der Kurve) sowie jedwede anderen Einflussfaktoren für die Genauigkeit der Messung müssen angegeben werden. Der $L_{ON}(f, r_e)$ darf nicht angewendet werden, um die spektrale Ausgewogenheit, die Abweichung von der Regressionsgeraden und die Schmalbandschwankung des Frequenzgangs eines Prüflings mit großer Abstrahlfläche zu bewerten.

ANMERKUNG Prüflinge mit großen Abstrahlflächen können eine komplexe Richtcharakteristik erzeugen, die von dem an einem Einzelpunkt gemessenen axialen SPL-Frequenzgang nicht abgebildet werden kann. Für die Bewertung der Spektraleigenschaften des von dem Prüfling abgestrahlten Direktschalls muss der SPL-Frequenzgang, der das Hörfenster repräsentiert, nach 15.5.3.2 oder der über den Hörbereich gemittelte SPL-Mittelwert nach Abschnitt 17 verwendet werden.

15.3 Räumliche Übertragungsfunktion

15.3.1 Definition

Der Direktschall, der von dem Prüfling an einem beliebigen Punkt $\mathbf{r}$ im Nah- oder Fernfeld des Prüflings erzeugt wird, kann in Übereinstimmung mit IEC 60268-21, 20.2, von einer räumlichen Übertragungsfunktion $H_{FF}(f, \mathbf{r})$ zwischen dem Eingangssignal $u(t)$ und dem Schalldruck $p(t, \mathbf{r})$ modelliert werden.

ANMERKUNG Die präzisen Amplituden- und Phasenwerte, die die Übertragungsfunktion $H_{FF}(f, \mathbf{r})$ liefert, bilden die Grundlage für eine optimale Auslegung von Weichen, der Schallbündelsteuerung, der Kontraststeuerung und anderen räumlichen Audioanwendungen mit DSP.

Die räumliche Übertragungsfunktion $H_{FF}(f, \mathbf{r})$, ausgedrückt als die Kugelkoordinaten Abstand r und Winkel ϕ und θ , muss wie folgt von einer Kugelwellenausbreitung repräsentiert werden:

$$\begin{aligned} H_{FF}(f, \mathbf{r}) &= \frac{P_{FF}(f, \mathbf{r})}{U(f)} = \mathbf{C}_{FF}(f) \mathbf{B}_{OUT}(f, \mathbf{r}) \\ &= \sum_{n=0}^N \sum_{m=-n}^n c_{n,m}^{FF}(f) h_n^{(2)}(kr) Y_n^m(\theta, \phi) \end{aligned}$$

unter Verwendung von allgemeinen Lösungen $\mathbf{B}_{out}(f, \mathbf{r})$ der Helmholtz-Gleichung, bewertet mittels komplexer Koeffizienten im Vektor $\mathbf{C}_{FF}(f)$ [4]. Diese Ausbreitung gilt nur für den Direktschall, der von einer beliebigen Quelle abgestrahlt wird und innerhalb einer den Prüfling umschließenden Fläche unter Freifeldbedingungen erzeugt wird. Die Kugelkoordinaten ermöglichen eine Trennung der Winkelabhängigkeit (Richtungseigenschaften) mit den Kugelflächenfunktionen $Y_n^m(\theta, \phi)$ von der radialen Abhängigkeit (Nahfeld-/Fernfeldeigenschaften) mit der Hankel-Funktion zweiter Art $h_n^{(2)}(kr)$ mit der Wellenzahl $k = 2\pi f/c_0$ und der Schallgeschwindigkeit c_0 . Diese Ausbreitung kann für die Modellierung des Direktschalls verwendet werden, der von dem Prüfling an einem beliebigen Punkt im Nah- oder Fernfeld für $r > a$ erzeugt wird, wobei a ein kritischer, üblicherweise durch die Abtastungsfläche begrenzter Abstand ist.

ANMERKUNG Das Schallfeld innerhalb der Kugel mit dem kritischen Abstand a kann nur näherungsweise mit den auf der Abtastungsfläche identifizierten Koeffizienten $\mathbf{C}_L(f)$ modelliert werden.

15.3.2 Messverfahren

Die Koeffizienten $\mathbf{C}_{FF}(f)$ beschreiben die Richtungseigenschaften des Prüflings und müssen ermittelt werden, indem der mittlere quadratische Fehler zwischen den in einem Abtastungsvorgang an mehreren Punkten $\mathbf{r}_k$ im Nahfeld des Prüflings erfassten Messdaten und dem Kugelwellenmodell nach IEC 60268-21 minimiert wird:

$$\mathbf{C}_{FF}(f) = \arg \min_{\mathbf{C}} \sum_{k=1}^{N_r} |H_{FF}(f, \mathbf{r}_k) - \mathbf{C}(f) \mathbf{B}_{OUT}(f, \mathbf{r}_k)|^2$$

Mittels einer doppelschichtigen Abtastung (en: double layer scan) muss der Direktschall von den in einer In-situ-Messumgebung auftretenden Raumreflexionen getrennt werden.

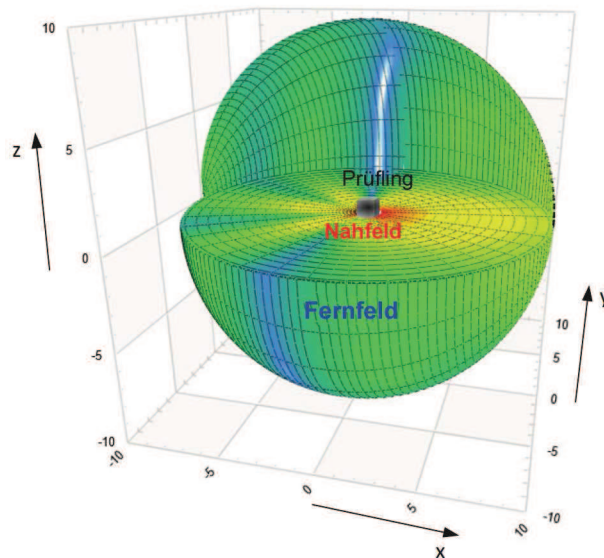


Bild 8 – SPL-Verteilung des Direktschalls, der von einem Prüfling bei einem sinusförmigen Eingangssignal und einer gegebenen Frequenz und Eingangsspannung erzeugt wird, als Farbdarstellung im 3D-Raum über den Koordinaten x, y und z

Die räumliche Übertragungsfunktion $H_{FF}(f, \mathbf{r})$ muss für jeden elektroakustischen Wandler (z. B. Tieftonlautsprecher, Hochtonlautsprecher, Erreger) des Prüflings gemessen werden.

15.3.3 Angabe im Prüfbericht

Die komplexen Koeffizienten $C_{FF}(f)$ des in 15.3 definierten Kugelwellenmodells bilden die Grundlage für die Berechnung der Richtungsfunktion $H_{FF}(f, \mathbf{r})$, die den SPL und die Phasengänge an einem beliebigen Punkt $\mathbf{r}$ außerhalb der Abtastungsfläche liefert. Bild 8 enthält ein Beispiel für die SPL-Verteilung im Nah- und Fernfeld, die von einem Prüfling bei einem sinusförmigen Eingangssignal erzeugt wird.

Mittels der $1/r$ -Gesetzmäßigkeit kann die unter Fernfeldbedingungen gemessene Übertragungsfunktion $H_{FF}(f, \mathbf{r})$ bei gleichen Winkeln ϕ und θ auf einen beliebigen anderen Auswertungsabstand im Fernfeld extrapoliert werden. Der SPL-Frequenzgang muss im Prüfbericht als Polar-, Balloon- oder Konturdiagramm nach IEC 60268-21 dargestellt werden.

Der SPL-Frequenzgang $L_{FF}(f, \mathbf{r})$ des von dem Prüfling abgestrahlten Freifeldschalls muss in Dezibel für jeden Punkt im Nah- und Fernfeld des Prüflings berechnet werden als

$$L_{FF}(f, \mathbf{r}) = 20 \log_{10} \left(\frac{\tilde{u}(f) |H_{FF}(f, \mathbf{r})|}{p_0} \right)$$

unter Verwendung des Effektivwertes $\tilde{u}(f)$ des sinusförmigen Eingangssignals und des Bezugsschalldrucks $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$.

15.4 Schalleistungsantwort

15.4.1 Definition

Die akustische Ausgangsleistung darf durch Integrieren des effektiven Schalldrucks $\tilde{p}(f, r)$ auf einer Kugelfläche im Fernfeld mittels der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$\Pi(f) = \frac{r^2}{\rho c} \int_{\Omega} \tilde{p}^2(f, r, \theta, \phi) d\Omega$$

Dabei ist

$\Pi(f)$	die akustische Leistung in W;
r	der Kugelradius in m;
ρ und c	die Dichte und die Schallgeschwindigkeit in Luft unter Normbedingungen.

15.4.2 Messverfahren

Die akustische Ausgangsleistung wird mittels eines der folgenden Verfahren in Übereinstimmung mit IEC 60268-21, 20.4, bestimmt.

15.4.2.1 Fernfeldmessungen

Der Schalldruck muss im Fernfeld des Prüflings an einer Kugel mit dem Radius r an mehreren gleichmäßig um den Prüfling verteilten Punkten gemessen werden. Wenn das System über axiale Rotationssymmetrie verfügt, sind Messungen in einer Ebene, welche diese Achse umfasst, möglicherweise ausreichend, sofern die Messungen bei der Mittelung entsprechend bewertet werden.

Im Falle von Vollraum-Freifeld-Bedingungen muss das Quadrat des Effektivschalldrucks $\overline{p^2(f, r)}$ über eine große Kugel mit dem Radius r gemittelt werden und im Falle von Halbraum-Freifeld-Bedingungen über eine große Halbkugeloberfläche nach ISO 3744 und ISO 3745.

Die akustische Leistung unter Vollraum-Freifeld-Bedingungen darf mit der folgenden Formel bestimmt werden:

$$\Pi(f) = \frac{4\pi r^2}{\rho c} \overline{p^2(f, r)} = 0,031r^2 \overline{p^2(f, r)}$$

Die akustische Leistung unter Halbraum-Freifeld-Bedingungen muss mit der folgenden Formel bestimmt werden:

$$\Pi(f) = \frac{2\pi r^2}{\rho c} \overline{p^2(f, r)} = 0,016r^2 \overline{p^2(f, r)}$$

15.4.2.2 Nahfeldmessungen

Die Koeffizienten $C_{FF}(f)$ der Kugelwellenausbreitung müssen auf Grundlage einer Nahfeldmessung entsprechend 15.3.2 gemessen werden. Die Schallleistung muss in einem festgelegten Frequenzband mit der Mittenfrequenz f berechnet werden mit

$$\Pi(f) = \frac{\bar{u}(f)^2}{k^2 \rho c} \sum_{n=0}^N \sum_{m=-n}^n |C_{n,m}^{FF}(f)|^2$$

unter Verwendung der Wellenzahl k , der Koeffizienten $C_{FF}(f)$ der Wellenausbreitung und des Effektivwertes $\bar{u}(f)$ des Eingangssignals $u(t)$ in diesem Band.

15.4.3 Angabe im Prüfbericht

In Dezibel ausgedrückt muss der Schallleistungspegel

$$L_{\Pi}(f) = 10 \log_{10} \left(\frac{\Pi(f)}{\Pi_0} \right)$$

als das Zehnfache des Logarithmus des Verhältnisses zwischen der nach 15.4.2 gemessenen akustischen Ausgangsleistung $\Gamma(f)$ und der Bezugsleistung $\Pi_0 = 10^{-12} \text{ W}$ festgelegt werden.

15.5 Richtungseigenschaften

15.5.1 Allgemeines

Die Richtungseigenschaften des Prüflings können mit einer Menge direktonaler SPL-Frequenzgänge $L_{FF}(f, \theta, \phi)$ beschrieben werden, die für gegebene Winkel ϕ und θ in einem konstanten Abstand r_d zum Bezugspunkt $\mathbf{r}_{\text{ref}}$ ermittelt wurden.

ANMERKUNG Die Richtungswerte in diesem Abschnitt beschreiben die Eigenschaften des Prüflings unter Freifeldbedingungen. Die Interaktion mit einem Raum in der Zielanwendung wird in Abschnitt 16 festgelegt.

Der Bezugspunkt $\mathbf{r}_{\text{ref}}$ wird üblicherweise im Mittelpunkt des Prüflings platziert, wie in Bild 9 dargestellt, um die Rotation des Prüflings entsprechend 10.2 zu erleichtern. Wenn der Hersteller einen bestimmten Bezugspunkt $\mathbf{r}_{\text{ref}}$ für jeden Wandlerkanal festlegt, muss dieser zusammen mit den Ergebnissen angegeben werden.

Der Abstand r_d entspricht dem typischen Abstand zwischen Prüfling und Hörer in der Zielanwendung. Wenn der Abstand r_d keine Freifeldbedingung entsprechend der Definition in IEC 60268-21 ergibt, darf der SPL-Frequenzgang nicht mittels der $1/r$ -Gesetzmäßigkeit auf einen größeren Abstand $r > r_d$ extrapoliert werden.

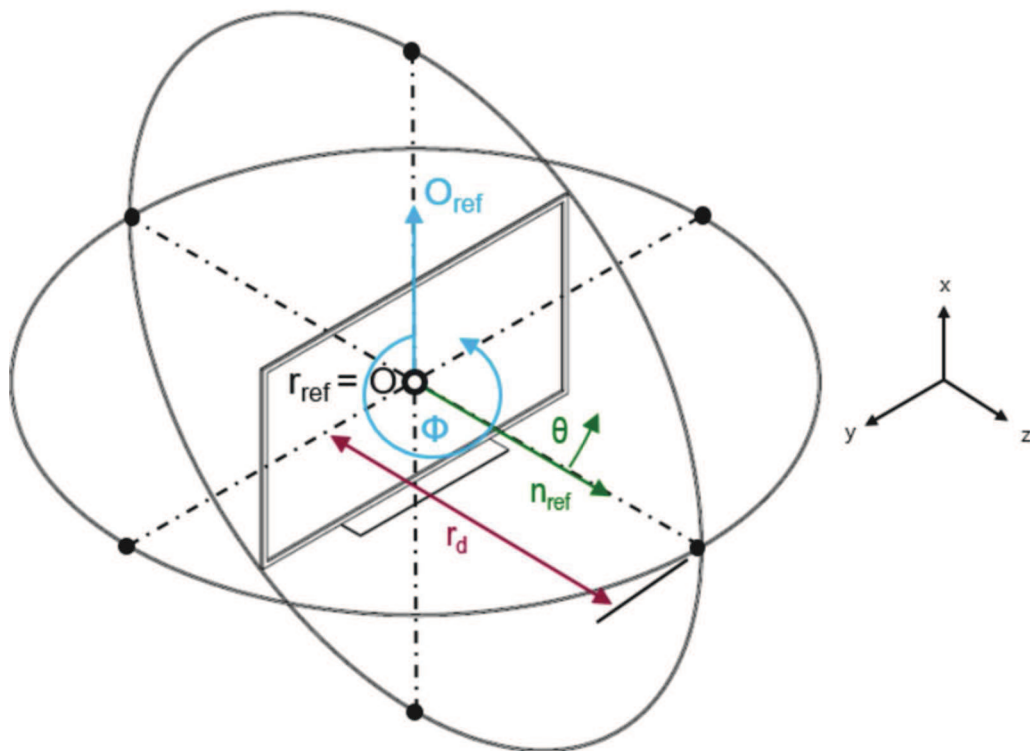


Bild 9 – Messpunkte an der vertikalen und horizontalen Bahn im Abstand r_n

15.5.2 Messverfahren

Der SPL-Frequenzgang $L_{FF}(f, \theta, \varphi)$ muss an der horizontalen und der vertikalen Bahn in Bild 9 in Übereinstimmung mit 10.5 unter Freifeldbedingungen gemessen werden. Die Messpunkte werden in einem Abstand r_D zum Bezugspunkt $\mathbf{r}_{ref}$ angeordnet und haben eine Auflösung von 10° im Polarwinkel θ nach Tabelle 1. Es muss eines der beiden folgenden Messverfahren angewendet werden.

15.5.2.1 Direkte Messung

- 1) Zur Messung des SPL-Frequenzgangs $L_{FF}(f, \theta, \phi)$ muss der Prüfling oder das Messmikrofon um den Bezugspunkt r_{ref} rotiert werden.

15.5.2.2 Holografische Messung

- 1) Der SPL-Frequenzgang $L_{FF}(f, \theta, \phi)$ muss in Dezibel an den Messpunkten auf der horizontalen und der vertikalen Bahn in Bild 9 unter Verwendung der direktionalen Übertragungsfunktion $H_{FF}(f, r_D, \theta, \phi)$ nach 15.3 berechnet werden als

$$L_{FF}(f, \theta, \phi) = 20 \log_{10} \left(\frac{\bar{u}(f) |H_{FF}(f, r_D, \theta, \phi)|}{p_0} \right)$$

unter Verwendung des Effektivwertes $\bar{u}(f)$ des sinusförmigen Eingangssignals und des Bezugsschalldrucks $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$.

15.5.3 Nachbearbeitung

15.5.3.1 Allgemeines

Die an den festgelegten Winkeln θ, ϕ nach Tabelle 1 gemessenen SPL-Frequenzgänge $L_{FF}(f, \theta, \phi)$ müssen so nachbearbeitet werden, dass die folgenden zusammengesetzten Antworten geschätzt werden können, die die Richtungseigenschaften des Prüflings beschreiben.

Die folgenden SPL-Frequenzgänge müssen unter Verwendung der räumlichen Bewertungsfaktoren nach ANSI/CTA 2034-A berechnet werden.

15.5.3.2 Hörfenster (LW, en: listening window)

Die Hörfensterkurve $L_{LW}(f)$ ist ein energetischer Mittelwert der neun SPL-Frequenzgänge $L_{FF}(f, \theta, \phi)$ bei Betrachtung ausgewählter Punkte auf der vertikalen Bahn ($\theta = 0^\circ, \pm 10^\circ$ mit $\phi = 0^\circ$) und der horizontalen Bahn ($\theta = \pm 10^\circ, \pm 20^\circ, \pm 30^\circ$ mit $\phi = 90^\circ$) in Übereinstimmung mit Abschnitt 10 und ANSI/CTA-2034, 5.2.

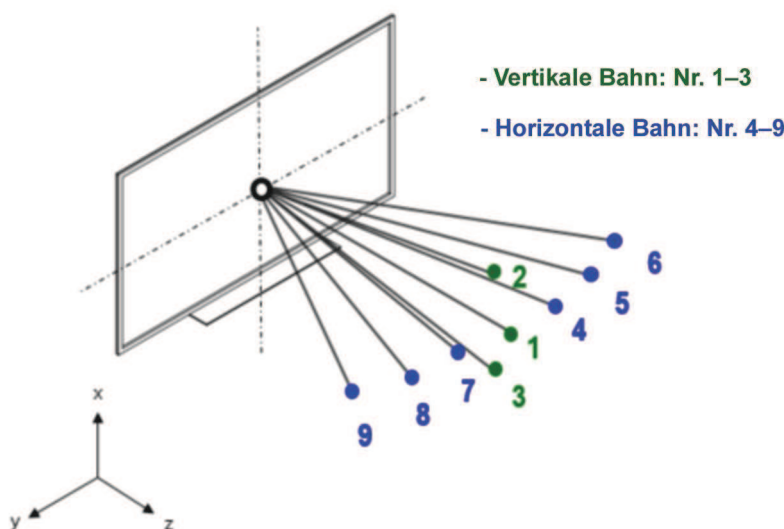


Bild 10 – Messpunkte im Hörfenster

ANMERKUNG Die Mittelung des SPL, wie sie für die akustische Zone nach IEC 62777 vorgenommen wird, ist besser für die Modellierung der menschlichen Wahrnehmung der SPL-Verteilung mit dem Hörfenster geeignet, da ein menschliches Ohr keinen energetischen Mittelwert über mehrere Punkte bilden kann.

15.5.3.3 Äquivalente Schalleistung (ESP)

Eine äquivalente Schalleistungskurve $L_{ESP}(f)$ ist ein SPL-Frequenzgang, der die gleiche relative Kurvenform unter Freifeldbedingungen aufweist wie die Schalleistungspegelantwort $L_{\Pi}(f)$ in 15.4, dessen absoluter Pegel jedoch von dem Auswertungsabstand r_d abhängt. Die äquivalente Schalleistungskurve in Dezibel ist definiert als

$$L_{ESP}(f) = 10 \log_{10} \left(\frac{\overline{p^2(f)}}{p_0^2} \right)$$

$$\approx L_{\Pi}(f) - 20 \log_{10} \left(\frac{r_d}{1 \text{ m}} \right) - 11$$

unter Verwendung des Quadrats des effektiven Schalldrucks, gemittelt über eine Kugel mit dem Radius r_d nach 15.4.2.1. In Übereinstimmung mit Abschnitt 10 und ANSI/CTA-2034 5.2, kann die Mittelung approximiert werden, indem eine energetische Mittelung der SPL-Frequenzgänge $L_{FF}(f, \theta, \varphi)$ über die horizontale und die vertikale Bahn mit einer Winkelauflösung von 10° vorgenommen wird, unter Verwendung individueller Bewertungsfaktoren nach Tabelle 3 für jeden Frequenzgang entsprechend dem jeweiligen Anteil an der Kugeloberfläche, den er repräsentiert. Redundante Punkte in den Polen zwischen der horizontalen und der vertikalen Bahn werden nur einmal berücksichtigt. Insgesamt werden somit die Werte von 70 Punkten gemittelt.

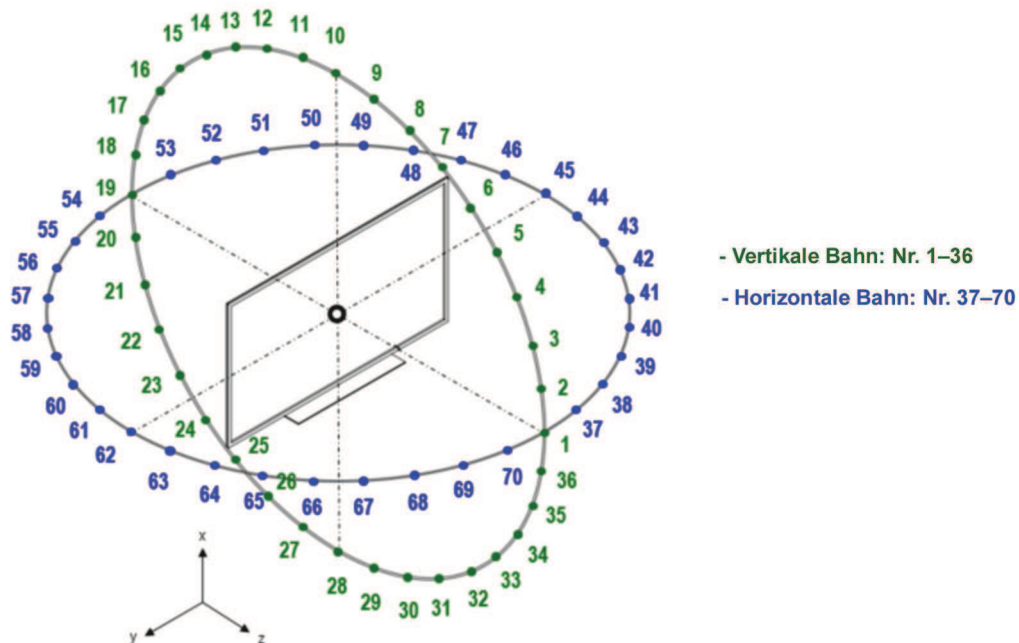


Bild 11 – Messpunkte für die äquivalente Schalleistung

Tabelle 3 – Bewertungsfaktoren für den Polarwinkel θ in 10° -Schritten

Winkel θ	Bewertung des sphärischen Vierecks
0°	0,000 604 486
$\pm 10^\circ$	0,004 730 189
$\pm 20^\circ$	0,008 955 027
$\pm 30^\circ$	0,012 387 354
$\pm 40^\circ$	0,014 989 611

$\pm 50^\circ$	0,016 868 154
$\pm 60^\circ$	0,018 165 962
$\pm 70^\circ$	0,019 006 744
$\pm 80^\circ$	0,019 477 787
$\pm 90^\circ$	0,019 629 373
$\pm 100^\circ$	0,019 477 787
$\pm 110^\circ$	0,019 006 744
$\pm 120^\circ$	0,018 165 962
$\pm 130^\circ$	0,016 868 154
$\pm 140^\circ$	0,014 989 611
$\pm 150^\circ$	0,012 387 354
$\pm 160^\circ$	0,008 955 027
$\pm 170^\circ$	0,004 730 189
$\pm 180^\circ$	0,000 604 486

ANMERKUNG Für die äquivalente Schallleistung werden 70 Messpunkte benötigt, damit die Faktoren, die sich auf die Interaktion zwischen Prüfling und Raum auswirken, gründlich analysiert werden können. In dieser Norm werden jedoch grundlegende Kennwerte definiert, die mit möglichst geringem Prüfaufwand ermittelt werden können. In Abschnitt 16 werden akustische Zonen in Übereinstimmung mit Abschnitt 17 definiert. Großsignal-Kennwerte werden entsprechend Abschnitt 19 bei r_{near} anstatt bei mehreren Punkten gemessen.

15.5.3.4 Bündelungsmaß der äquivalenten Schallleistung (ESPDI)

Das Bündelungsmaß der äquivalenten Schallleistung ist definiert als die Differenz zwischen der Hörfensterkurve und der äquivalenten Schallleistungskurve. Ein ESPDI von 0 dB gibt eine omnidirektionale Abstrahlung an. Je größer das ESPDI, desto gerichteter ist der Prüfling in Richtung der Bezugsachse.

ANMERKUNG Dieser Begriff wird in ANSI/CTA 2034-A, 5.2, definiert.

15.5.4 Angabe im Prüfbericht

Grafische Ergebnisse sollten den bevorzugten Seitenverhältnissen in IEC 60263 entsprechen. Der Frequenzgang muss 15.5.3 entsprechen.

Ein Beispiel ist in Bild 10 dargestellt.

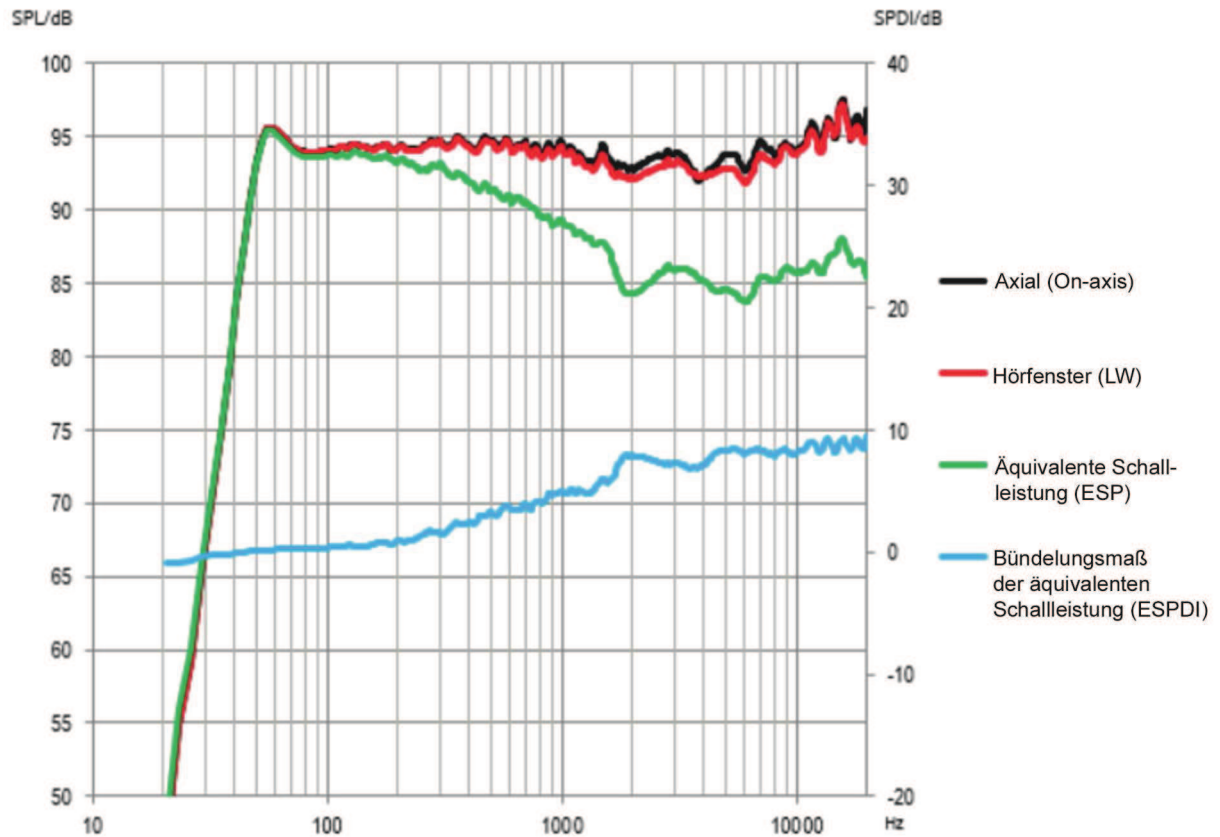


Bild 12 – Beispiel für die Angabe der im Abstand r_D gemessenen Richtungskennwerte im Prüfbericht

16 In-situ-Prüfungen

Dieser Abschnitt beschreibt die Bewertung des Prüflings unter In-situ-Bedingungen, die den Ex-situ-Bedingungen wie der reflexionsfreien Umgebung aus Abschnitt 8, der Fernfeld-Messposition aus Abschnitt 11 und anderen Normbedingungen, von denen vergleichbare Prüfergebnisse gefordert werden, nicht entsprechen. In-situ-Prüfungen sind erforderlich, um der Hörumgebung, wie sie bei der typischen Nutzung durch den Kunden vorzufinden ist, Rechnung zu tragen und zugleich den Prüfaufwand zu verringern (z. B. durch eine geringere Anzahl von Messpunkten) sowie um den Prüfaufwand in der Produktentwicklung, -produktion und -instandsetzung zu verringern. Die Ergebnisse der In-situ-Prüfungen müssen wiederholbar und reproduzierbar sein, hängen jedoch von den folgenden Einflussfaktoren ab:

- nach 8.4 festgelegte akustische Eigenschaften der In-situ-Umgebung (z. B. Raum, Möblierung) in der Zielumgebung;
- nach Abschnitt 17 festgelegte Anordnung des Mikrofons, so dass dieses die typische Hörposition eines Kunden repräsentiert;
- Aufstellung des Prüflings nach Abschnitt 12;
- Anordnung des Prüflings nach Abschnitt 10.

Der Hersteller muss die Prüfergebnisse im Prüfbericht zusammen mit Informationen zu den jeweiligen In-situ-Prüfbedingungen angeben.

Die folgenden Abschnitte beschreiben die akustische Modellierung der Tonwiedergabe unter In-situ-Bedingungen, die praktische Messung und die numerische Vorhersage der Übertragungsfunktionen und SPL-Antworten.

16.1 In-situ-Übertragungsfunktion

16.1.1 Definition

Die In-situ-Übertragungsfunktion $H_{IS}(f, \mathbf{r})$ ist definiert als die komplexe Übertragungsfunktion zwischen dem Eingangssignal $u(t)$ des Prüflings und dem Schalldruck $p(t, \mathbf{r})$ an einem beliebigen Punkt $\mathbf{r}$ im Schallfeld unter Berücksichtigung der Anordnung des Prüflings und der akustischen Auswirkungen der Möblierung, des Raums sowie anderer Begrenzungen in der Zielanwendung. Die In-situ-Übertragungsfunktion wird modelliert als

$$H_{IS}(f, \mathbf{r}) = H_{FF}(f, \mathbf{r}) + H_{REFL}(f, \mathbf{r})$$

Dies ist die Summe aus der räumlichen Übertragungsfunktion $H_{FF}(f, \mathbf{r})$, die den unter Freifeldbedingungen von dem Prüfling abgestrahlten Direktschall nach 15.3 repräsentiert, und einer Übertragungsfunktion für den reflektierten Schall $H_{REFL}(f, \mathbf{r})$, die die Interaktion der Abstrahlungseigenschaften des Prüflings mit der akustischen Umgebung repräsentiert.

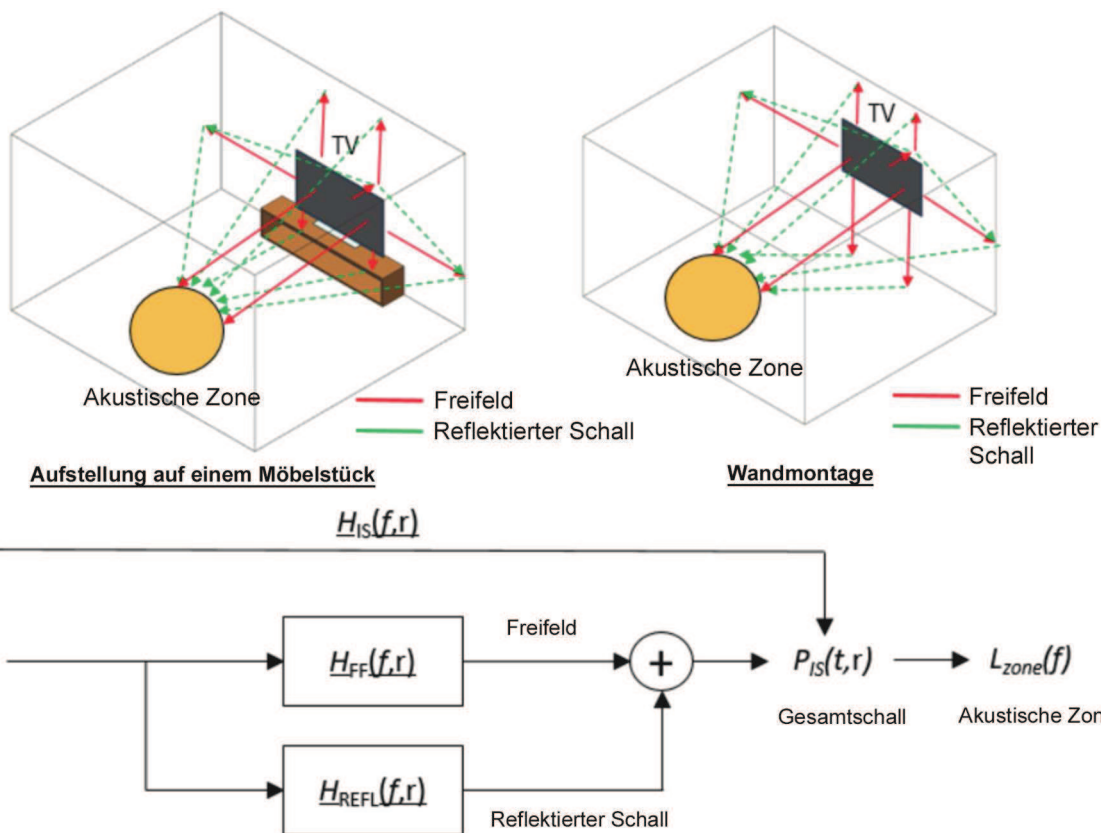


Bild 13 – Modellierung der Tonwiedergabe unter In-situ-Bedingungen

16.1.2 Messverfahren

Zur Messung der In-situ-Übertragungsfunktionen $H_{IS}(f, \mathbf{r})$ muss der Prüfling mit einem sinusförmigen Chirp-Stimulus $u(t)$ in einem gegebenen Frequenzbereich angeregt werden und das Schalldrucksignal $p_{IS}(t, \mathbf{r})$ im stationären Zustand am Punkt $\mathbf{r}$ unter In-situ-Bedingungen gemessen werden.

Die räumliche Übertragungsfunktion $H_{FF}(f, \mathbf{r})$ muss mit einer holografischen Messtechnik auf Grundlage der Nahfeldabtastung nach 15.3 gemessen werden, um präzise Daten für den Punkt $\mathbf{r}$ zu erhalten.

Die Übertragungsfunktion für den reflektierten Schall $H_{REFL}(f, \mathbf{r})$ muss berechnet werden als

$H_{REFL}(f, \mathbf{r}) = H_{IS}(f, \mathbf{r}) - H_{FF}(f, \mathbf{r})$ Die Impulsantwort des reflektierten Schalls $h_{REFL}(t, \mathbf{r}) = FT^{-1}\{H_{REFL}(f, \mathbf{r})\}$ muss als die inverse Fourier-Transformierte der Übertragungsfunktionen $H_{REFL}(f, \mathbf{r})$ berechnet werden. Eine Zeit-Frequenz-Analyse (TFA) der Impulsantwort gibt die Spektralenergie in Abhängigkeit von der Zeit an. Der Direktschall und die frühen Raumreflexionen klingen steil ab, während die Raummoden entsprechend der Nachhallzeit $T_{60}(f)$ des Raums erst später exponentiell abklingen.

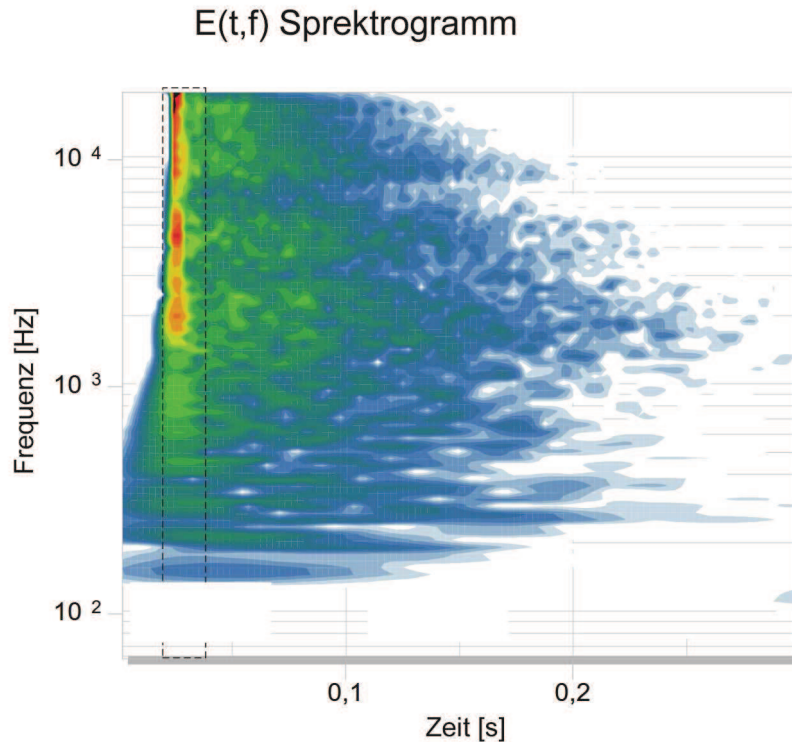


Bild 14 – Beispiel für eine Zeit-Frequenz-Analyse (Spektrogramm), die angewendet wird auf die in einem Abstand $r = 1,5$ m zum Prüfling in einem Büro gemessene Impulsantwort des reflektierten Schalls $h_{REFL}(t, \mathbf{r})$

ANMERKUNG Das Spektrogramm der Impulsantwort des reflektierten Schalls $h_{REFL}(t, \mathbf{r})$ in Bild 12 zeigt die frühen Reflexionen, die von dem Tisch, dem Boden, der Decke und den Wänden erzeugt werden, sowie den von den Raummoden erzeugten Nachhall.

16.1.3 Angabe im Prüfbericht

Die Übertragungsfunktionen $H_{IS}(f, \mathbf{r})$, $H_{FF}(f, \mathbf{r})$ und $H_{REFL}(f, \mathbf{r})$ des gesamten In-situ-Schalls, der Direktschallanteile und der reflektierten Schallanteile müssen jeweils zusammen mit der Position des Hörpunktes $\mathbf{r}$, des Bezugspunktes $\mathbf{r}_{ref}$, des Normalenvektors $\mathbf{n}_{ref}$, und des Orientierungsvektors $\mathbf{O}_{ref}$ des Prüflings angegeben werden.

16.2 Raumübertragungsfunktion

16.2.1 Definition

Die Raumübertragungsfunktion $H_R(f, \mathbf{r})$ beschreibt den Zusammenhang zwischen der von dem Prüfling abgestrahlten Schallleistung und dem Schalldruck am Punkt $\mathbf{r}$ in der Zielanwendung. Die Raumverstärkung $G_R(f, \mathbf{r})$ ist der normierte und in Dezibel ausgedrückte Betrag der Raumübertragungsfunktion $H_R(f, \mathbf{r})$.

16.2.2 Messverfahren

- a) Die Übertragungsfunktion der Schallreflexion $H_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ muss nach Abschnitt 0 gemessen werden.
- b) Die Schallleistungsantwort $\Pi(f)$ muss nach 15.4 gemessen werden.
- c) Die Raumübertragungsfunktion $H_{\text{R}}(f, \mathbf{r})$ muss berechnet werden als

$$H_{\text{R}}(f, \mathbf{r}) = \frac{H_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r}) \tilde{u}(f)}{\sqrt{\Pi(f) |\tilde{u}(f)|^2}}$$

- d) Die Raumverstärkung muss in Dezibel ausgedrückt werden als

$$G_{\text{R}}(f, \mathbf{r}) = 20 \log_{10} \left(|H_{\text{R}}(f, \mathbf{r})| \frac{\sqrt{\Pi_0}}{p_0} \right)$$

unter Verwendung der Bezugsleistung $\Pi_0 = 10^{-12} \text{ W}$ und des Standard-Bezugsschalldrucks p_0 .

ANMERKUNG Die Raumverstärkung $G_{\text{R}}(f, \mathbf{r})$ beschreibt wesentliche Eigenschaften des Raums und frühe Reflexionen an anderen Begrenzungen (z. B. einem Tisch).

16.3 SPL-Antwort des reflektierten Schalls

16.3.1 Definition

Die SPL-Antwort $L_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ des reflektierten Schalls in Dezibel ist definiert als

$$L_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r}) = 20 \log_{10} \left(\frac{|\tilde{u}(f)| |H_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})|}{p_0} \right)$$

unter Verwendung des Effektivwertes des an den Prüfling angelegten Stimulus, des Bezugsschalldrucks p_0 und der Schallreflexions-Übertragungsfunktion $H_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ nach 16.1.

16.3.2 Messverfahren

Die SPL-Antwort des reflektierten Schalls $L_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ muss mittels eines der folgenden Verfahren ermittelt werden.

16.3.2.1 Berechnung auf Grundlage von Schalldruckmessungen

- a) Der SPL-Frequenzgang des reflektierten Schalls muss auf Grundlage der nach Abschnitt 0 gemessenen Schallreflexions-Übertragungsfunktion $H_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ berechnet werden.
- b) Die Raumverstärkung muss berechnet werden als

$$G_{\text{R}}(f, \mathbf{r}) = L_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r}) - L_{\text{D}}(f)$$

- c) Es sollte eine mittlere Raumverstärkung $\bar{G}_{\text{R}}(f, \mathbf{r})$ bestimmt werden, indem der Mittelwert der an mehreren Prüflingen bei identischem Messaufbau (Raum, Anordnung des Prüflings, Messpunkt $\mathbf{r}$) gemessenen $G_{\text{R}}(f, \mathbf{r})$ ermittelt wird.

16.3.2.2 Vorhersage auf der Grundlage der Raummodellierung

- a) Die Koeffizienten $C_{\text{FF}}(f)$ der Kugelwellenausbreitung, die den von dem Prüfling abgestrahlten Direktschall repräsentiert, müssen auf Grundlage einer Nahfeldmessung entsprechend 15.3.2 gemessen werden.

- b) Die Schallleistungspegelantwort $L_{\Pi}(f)$ des Prüflings muss auf Grundlage der Koeffizienten $C_{FF}(f)$ der Kugelwellenausbreitung nach 15.4 berechnet werden oder wie folgt in Dezibel approximiert werden:

$$L_{\Pi}(f) \approx L_{ESP}(f, r_d) + 20 \lg \left(\frac{r_d}{1m} \right) + 11$$

unter Verwendung des in 15.5.3.3 definierten äquivalenten Schallleistungspegels $L_{ESP}(f, r_d)$.

- c) Die Nachhallzeit $T_{60}(f)$ im Raum muss nach 16.1 ermittelt werden.
d) Die mittlere Raumverstärkung kann unter Zugrundelegung eines diffusen Schallfeldes nach IEC 60268-21, 20.3.4.2, in Dezibel berechnet werden als

$$\bar{G}_R(f, r) \approx 10 \lg \left(\frac{T_{60}(f)}{1s} \right) - 10 \lg \left(\frac{V}{1m^3} \right) + 14$$

unter Berücksichtigung des Volumens V des Raums in Kubikmeter.

ANMERKUNG Bei der Näherung des diffusen Schallfeldes werden frühe Schallreflexionen von Begrenzungen in der Nähe des Prüflings (z. B. wenn der Prüfling auf einem Tisch aufgestellt oder an der Wand montiert wird) nicht berücksichtigt.

- e) Die SPL-Antwort des reflektierten Schalls $L_{REFL}(f, \mathbf{r})$ an einem beliebigen Punkt $\mathbf{r}$ im Raum muss in Dezibel berechnet werden als

$$L_{REFL}(f, \mathbf{r}) \approx L_{\Pi}(f) + \bar{G}_R(f, \mathbf{r})$$

unter Verwendung der Schallleistungspegelantwort $L_{\Pi}(f)$ und der mittleren Raumverstärkung $\bar{G}_R(f, \mathbf{r})$, approximiert unter Zugrundelegung eines diffusen Feldes oder gemessen nach 16.3.2.1.

16.3.3 Angabe im Prüfbericht

Der SPL-Frequenzgang des reflektierten Schalls $L_{REFL}(f, \mathbf{r})$ kann anhand einer spektralen Mittelung mit einer definierten relativen Bandbreite (typischerweise 1/3 Oktave) geglättet werden und muss über einer logarithmischen Frequenzachse aufgetragen werden. Der $L_{REFL}(f, \mathbf{r})$ muss zusammen mit dem angewendeten Verfahren im Prüfbericht angegeben werden.

16.4 In-situ-SPL-Frequenzgang

16.4.1 Definition

Der In-situ-SPL-Frequenzgang in Dezibel ist definiert als

$$L_{IS}(f, \mathbf{r}) = 20 \lg_{10} \left(\frac{\tilde{u}(f) |H_{IS}(f, \mathbf{r})|}{p_0} \right)$$

unter Verwendung der am Punkt $\mathbf{r}$ definierten Übertragungsfunktionen $H_{IS}(f, \mathbf{r})$, des Bezugsschalldrucks p_0 und des Effektivwertes $\tilde{u}(f)$ des sinusförmigen Chirp-Signals.

16.4.2 Messverfahren

Der In-situ-SPL-Frequenzgang $L_{IS}(f, \mathbf{r})$ muss mittels eines der folgenden Verfahren ermittelt werden.

16.4.2.1 Schalldruckmessung

Der In-situ-SPL-Frequenzgang muss auf Grundlage der Definition in 16.4.1 unter Verwendung der am Punkt $\mathbf{r}$ nach 16.1.2 gemessenen Übertragungsfunktion $H_{IS}(f, \mathbf{r})$ berechnet werden.

16.4.2.2 Vorhersage auf der Grundlage der Raummodellierung

- a) Die Koeffizienten $C_{FF}(f)$ der Kugelwellenausbreitung, die den von dem Prüfling abgestrahlten Direktschall repräsentiert, müssen auf Grundlage einer Nahfeldmessung entsprechend 15.3.2 gemessen werden.
- b) Der SPL-Frequenzgang $L_{FF}(f, \mathbf{r})$ des Direktschalls muss für den Punkt $\mathbf{r}$ auf Grundlage der räumlichen Übertragungsfunktion nach 15.3 berechnet werden.
- c) Die SPL-Antwort $L_{REFL}(f, \mathbf{r})$ der Schallreflexionen muss nach 16.3.2.2 ermittelt werden.
- d) Der In-situ-SPL-Frequenzgang $L_{IS}(f, \mathbf{r})$ muss berechnet werden als

$$L_{IS}(f, \mathbf{r}) = 10 \log_{10} (10^{L_{FF}(f, \mathbf{r})/10} + 10^{L_{REFL}(f, \mathbf{r})/10})$$

16.4.3 Angabe im Prüfbericht

Der In-situ-SPL-Frequenzgang $L_{IS}(f, \mathbf{r})$ kann anhand einer spektralen Mittelung mit einer definierten relativen Bandbreite (typischerweise 1/3 Oktave) geglättet werden und muss über einer logarithmischen Frequenzachse aufgetragen werden. Die Frequenzgänge des Freifeldschalls $L_{FF}(f, \mathbf{r})$ und des reflektierten Schalls $L_{REFL}(f, \mathbf{r})$ müssen im Prüfbericht auf die gleiche Weise dargestellt werden wie der In-situ-SPL-Frequenzgang $L_{IS}(f, \mathbf{r})$, damit die dominante Signalkomponente erkennbar wird.

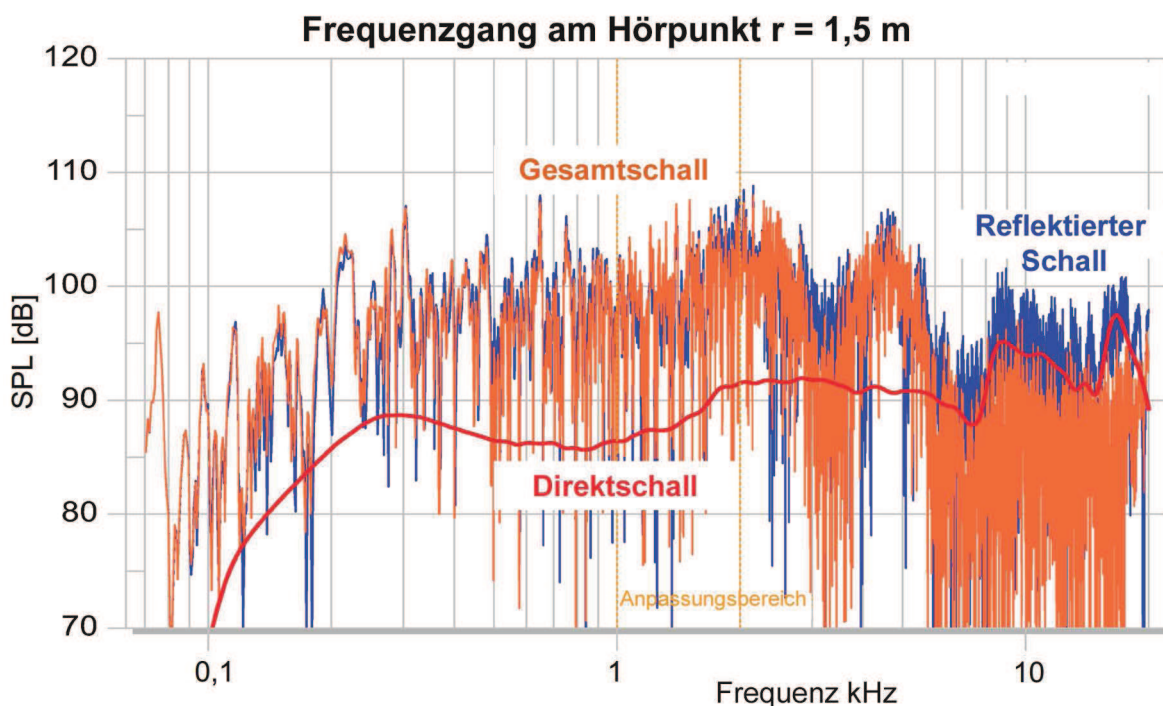


Bild 15 – SPL-Frequenzgänge des gesamten In-situ-Schalls, der Freifeld-Schallanteile und der reflektierten Schallanteile, gemessen an einer typischer Hörposition in einem Büro

ANMERKUNG Wie das Beispiel in Bild 13 zeigt, offenbaren die SPL-Antworten des gesamten In-situ-Schalls, der Freifeld-Schallanteile und der reflektierten Schallanteile wesentliche Informationen über die Interaktion zwischen Lautsprecher und Raum in der Zielanwendung. Der Frequenzgang des reflektierten Schalls in dem Beispiel in Bild 13 übersteigt den Direktschall um mehr als 10 dB und erzeugt starke Schwankungen in der SPL-Antwort des gesamten In-situ-Schalls über der Frequenz.

Der von Thompson [14] definierte Direktenergieanteil (DEF) in Dezibel sollte berechnet werden als

$$L_{DEF}(f, \mathbf{r}) = L_{FF}(f, \mathbf{r}) - L_{IS}(f, \mathbf{r})$$

unter Verwendung des Freifeld- und des In-situ-SPL-Frequenzgangs am Punkt $\mathbf{r}$. Die Daten müssen im Prüfbericht zusammen mit Informationen über die Eigenschaften des Raums wie Abmessungen und Nachhallzeit $T_{60}(f)$ und die Anordnung des Prüflings angegeben werden.

ANMERKUNG Es wird dringend empfohlen, den bewerteten Mittelwert und die bewertete Varianz des In-situ-SPL-Frequenzgangs $L_{IS}(f, \mathbf{r})$ in einer akustischen Zone nach Definition im folgenden Abschnitt 17 zu berechnen.

17 Mittlerer SPL und Varianz in einer akustischen Zone

17.1 Allgemeines

Dank der größeren Bildschirmabmessungen moderner Fernsehgeräte und Monitore können die Geräte heute in größeren Räumen betrieben werden. Auf Anwenderseite schürt dies die Erwartung, auch in dem größeren Hörbereich eine gute Tonqualität geboten zu bekommen. Die erhöhte Komplexität des Direktschallfeldes und der Interaktion mit dem Raum, der Möblierung und anderen akustischen Grenzen erzeugt signifikante SPL-Schwankungen an den Punkten $\mathbf{r}_n$ im Hörbereich. Für die aktive Steuerung des 3D-Schallfeldes, insbesondere der Wiedergabe unterschiedlichen Audioinhalts in verschiedenen Zonen mittels Kontraststeuerung sind einfache Kennzahlen erforderlich, die die Qualität der Schallverteilung beschreiben.

Der bewertete mittlere Schalldruckpegel muss berechnet werden, indem der SPL an mehreren Messpunkten $\mathbf{r}_n$ mit $n = 1, \dots, N$, die eine akustische Zone unter Freifeld- oder In-situ-Bedingungen repräsentieren, bewertet wird. Der Hersteller muss die Koordinaten der akustischen Zone, die Anzahl der Punkte sowie eine Bewertungsfunktion angeben und außerdem kenntlich machen, ob es sich bei der Messumgebung um eine Freifeld- oder eine In-situ-Umgebung handelt.

ANMERKUNG Die Richtungskennwerte in 15.5 werden als die bewertete Summe der angenommenen Energiewerte (unter Hinzurechnung der quadrierten Schalldruckwerte) berechnet, um die unterschiedlichen Signalpfade zu beschreiben, über die der Schall zum menschlichen Ohr gelangt. Der bewertete Mittelwert innerhalb der akustischen Zone wird jedoch als die Bewertung des SPL (ohne Hinzurechnung der quadrierten Schallpegelwerte) berechnet, um die Wahrscheinlichkeit der Verteilung im menschlichen Ohr in der Zone zu beschreiben.

17.2 Definition

Die akustische Zone ist definiert als eine 2D- oder 3D-Region im Nah- oder Fernfeld des Prüflings unter Freifeldbedingungen oder in einem Raum, die die typische Anwendung des Prüflings repräsentiert.

Der in Dezibel ausgedrückte bewertete mittlere Schalldruckpegel in einer akustischen Zone ist in Übereinstimmung mit IEC 62777 und IEC 60268-21 definiert als

$$L_{zone}(f) = \frac{1}{\sum_{n=1}^N w(f, \mathbf{r}_n)} \sum_{n=1}^N w(f, \mathbf{r}_n) L(f, \mathbf{r}_n)$$

Dabei repräsentiert $L(f, \mathbf{r}_n)$ den Direktschall-SPL-Frequenzgang $L_{FF}(f, \mathbf{r}_n)$ unter Freifeldbedingungen nach 15.3.3 oder den In-situ-SPL-Frequenzgang $L_{IS}(f, \mathbf{r}_n)$ nach 16.4.

ANMERKUNG Wenn sich die akustische Zone in der Nähe des Prüflings befindet, wo der reflektierte Schall deutlich geringer ist als der Gesamtschall, so kann der Direktschall $L_{FF}(f, \mathbf{r}_n)$ für die Berechnung von $L_{zone}(f)$ herangezogen werden.

Die Bewertungsfunktion $w(f, \mathbf{r}_n)$ beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein menschliches Ohr an einem bestimmten Punkt $\mathbf{r}_n$ in der akustischen Zone befindet, und ermittelt den Erwartungswert des SPL für eine zufällige Ohrposition.

ANMERKUNG Wenn eine Rechteck-Bewertungsfunktion $w(f, \mathbf{r}_n)$ verwendet wird, die innerhalb der akustischen Zone konstant und außerhalb der akustischen Zone null ist, so ist $L_{zone}(f)$ der Mittelwert der SPL-Antworten in Dezibel in der Zone.

Die verzerrte (en: biased) bewertete Varianz des Schalldruckpegels einer akustischen Zone in Dezibel ist definiert als

$$\sigma_{zone}^2(f) = \frac{1}{\sum_{n=1}^N w(f, \mathbf{r}_n)} \sum_{n=1}^N w(f, \mathbf{r}_n) (L(f, \mathbf{r}_n) - L_{zone}(f))^2$$

17.3 Messung

- Der In-situ-SPL-Frequenzgang $L_{IS}(f, \mathbf{r}_n)$ oder der Direktschall-SPL-Frequenzgang $L_{FF}(f, \mathbf{r}_n)$ unter Freifeldbedingungen muss nach 16.1.2 gemessen werden.
- Der bewertete mittlere SPL $L_{zone}(f)$ und die bewertete Varianz $\sigma_{zone}^2(f)$ müssen in der akustischen Zone nach 17.2 berechnet werden.

17.4 Numerische Vorhersage

Um den Messaufwand für die Ermittlung der SPL-Frequenzgänge $L(f, \mathbf{r}_n)$ an den Punkten $\mathbf{r}_n$ mit hinreichender räumlicher Auflösung in der akustischen Zone zu minimieren, muss das folgende Verfahren verwendet werden:

- Der SPL-Frequenzgang $L_{FF}(f, \mathbf{r}_n)$ unter Freifeldbedingungen an allen Punkten in der akustischen Zone muss an den Punkten $\mathbf{r}_n$ auf Grundlage der räumlichen Übertragungsfunktion nach 15.3.3 ermittelt werden.

ANMERKUNG Wenn alle Punkte $\mathbf{r}_n$ in der akustischen Zone im Fernfeld des Prüflings liegen, so kann der SPL-Frequenzgang $L_{FF}(f, \mathbf{r}_n)$ mittels Extrapolation der Richtungskennwerte auf den Punkt $\mathbf{r}_n$ anhand der $1/r$ -Gesetzmäßigkeit berechnet werden. Die Koeffizienten $C_{FF}(f)$ der Kugelwellenausbreitung liefern den SPL-Frequenzgang $L_{FF}(f, \mathbf{r}_n)$ an allen Punkten im Nah- und Fernfeld des Prüflings.

- Die Schallleistungspegelantwort $L_{\Pi}(f)$ des Prüflings muss auf Grundlage der äquivalenten Schallleistung nach 16.3.2.2 oder unter Verwendung der Koeffizienten $C_{FF}(f)$ der Kugelwellenausbreitung nach 15.4 berechnet werden.
- Der In-situ-SPL-Frequenzgang $H_{IS}(f, \mathbf{r})$ an allen Punkten $\mathbf{r}_n$ in der akustischen Zone muss nach 16.4.2.2 berechnet werden.
- Der bewertete mittlere SPL $L_{zone}(f)$ und die bewertete Varianz $\sigma_{zone}^2(f)$ müssen in der akustischen Zone nach 17.2 berechnet werden.

17.5 Angabe im Prüfbericht

Der bewertete mittlere SPL und die bewertete Varianz der akustischen Zone müssen in Dezibel über einer logarithmischen Frequenzachse aufgetragen werden. Die geometrische Form der akustischen Zone, die Beziehung zum Prüfling und zu den Begrenzungen im Raum sowie die Position der Punkte $\mathbf{r}_n$ müssen im Prüfbericht angegeben werden.

18 Kennwerte des Frequenzgangs

18.1 Allgemeines

Mittels der Kennwerte des Frequenzgangs müssen wesentliche physikalische Informationen aus dem Frequenzgang abgeleitet werden, die wichtig für die Beurteilung der Qualität des Prüflings, für das Benchmarking von Produkten sowie zur Vereinfachung der Interpretation sind. Die in diesem Abschnitt

definierten Kennwerte müssen mit einem Index XX versehen werden; dieser repräsentiert den gewählten Frequenzgang $L_{XX}(f)$ unter

Freifeldbedingungen

- das Hörfenster $L_{LW}(f)$ für den SPL-Frequenzgang nach 15.5.3.2;
- die Schallleistungspegelantwort $L_{II}(f)$ nach 15.4 oder der Frequenzgang der äquivalenten Schallleistung $L_{ESP}(f)$ nach 15.5.3.3;
- das Bündelungsmaß der äquivalenten Schallleistung $L_{ESPD}(f)$ nach 15.5.3.4 oder unter In-situ-Bedingungen;
- der bewertete mittlere SPL-Frequenzgang $L_{zone}(f)$ auf Grundlage des In-situ-SPL-Frequenzgangs $L_{IS}(f, r)$ in einer akustischen Zone unter typischen Anwendungsbedingungen (z. B. einem Raum).

ANMERKUNG Die gewählten Frequenzgänge müssen von großer Bedeutung für die Beurteilung der Qualität des Prüflings sein.

18.2 Mittelwert des SPL in einem Bemessungsfrequenzbereich

18.2.1 Definition und Einheit

Diese Größe definiert den mittleren SPL-Wert im Bemessungsfrequenzbereich (RFR) nach IEC 60268-21. Einheit: dB (Dezibel)

18.2.2 Aufbau

- Die Bedingungen müssen Abschnitt 6 entsprechen.
- Das Prüfsignal muss Abschnitt 7 entsprechen.
- Die akustische Umgebung muss Abschnitt 8 entsprechen.
- Die Anordnung des Prüflings muss Abschnitt 10 entsprechen.
- Der Abstand zwischen Prüfling und Mikrofon muss nach Abschnitt 11 gemessen werden.

18.2.3 Verfahren

- Die Aufstellung des Prüflings muss Abschnitt 12 entsprechen.
- Die Messspannung bestimmen und das Signal anlegen.
- Auswertungspunkt und -abstand müssen nach Abschnitt 14 berechnet werden.
- Den SPL-Frequenzgang $L_{FF}(f, \theta, \varphi)$ nach 15.4.2 messen.
- Den nach 18.1 gewählten Frequenzgang mit einem 1/3-Oktavfilter glätten, um den Frequenzgang $L_{XX}(f)$ des Prüflings zu berechnen.

ANMERKUNG Prüflinge mit großen Abstrahlflächen können eine komplexe Richtcharakteristik erzeugen, die von dem an einem Einzelpunkt gemessenen axialen SPL-Frequenzgang nicht abgebildet werden kann. Für die Bewertung der Spektraleigenschaften des von dem Prüfling abgestrahlten Direktschalls muss der SPL-Frequenzgang, der das Hörfenster repräsentiert, nach 15.5.3.2 oder der über den Hörbereich gemittelte SPL-Mittelwert nach Abschnitt 17 verwendet werden.

- Den RFR entsprechend 6.2.1 bestimmen.

18.2.4 Analyse

Der L_{mean} wird abgeleitet von dem Mittelwert des Schalldrucks $\bar{p}_m$ im Bemessungsfrequenzbereich

$$\bar{p}_{mean} = \left[\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (\bar{p}_k)^2 \right]^{1/2} = \left[\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K 10^{L_{XX}(f_k)/10} \right]^{1/2}$$