

	DIN IEC 60068-2-65 (VDE 0468-2-65)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 19.040 Einsprüche bis 2007-12-31 Vorgesehen als Ersatz für DIN EN 60068-2-65:1995-08 Entwurf Umgebungseinflüsse – Teil 2-65: Prüfverfahren – Prüfung Fg: Schwingen, akustisch angeregt (IEC 104/421/CD:2007) Environmental testing – Part 2-65: Methods of test – Test Fg: Vibration, acoustically induced (IEC 104/421/CD:2007) Essais d'environnement – Partie 2-65: Méthodes d'essais – Essai Fg: Vibrations, induites acoustiquement (CEI 104/421/CD:2007) Anwendungswarnvermerk Dieser Norm-Entwurf 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 als Datei per E-Mail an dke@vde.com in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden – oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main. Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen. Gesamtumfang 50 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

– Entwurf –

E DIN IEC 60068-2-65 (VDE 0468-2-65):2007-11

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 104/421/CD:2007 „Environmental testing – Part 2-65: Methods of test – Test Fg: Vibration, acoustically induced“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

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

Das internationale Dokument wurde vom TC 104 „Environmental conditions, classification and methods of test“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

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

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 131 „Umgebungsbedingungen, Klassifizierung und Prüfungen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (<http://www.dke.de>) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60068-2-65:1995-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Begriffe wurden überarbeitet
- b) Die Prüfanforderungen (Anzahl der Kontrollpunkte, Einstellung des Spektrums) wurden präzisiert
- c) Die Festlegungen zur Anfangsmessung, Prüfung und Endmessung wurden ergänzt
- d) Empfehlungen für Schärfegrade für Raumfahrtanwendungen und deren Komponenten wurden aufgenommen
- e) Deutscher Gruppentitel geändert

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050(151):2001	IEV 151:2002-03	–
–	IEC 60050(801):1994	DIN 1320:1997-06 IEV 801:1996	–
EN 60068-1:1994	IEC 60068-1:1988 + Corrigendum 1988 + A1:1992	DIN EN 60068-1:1995-03	–
EN 61672-1:2003	IEC 60651 Nachfolger ->IEC 61672-1:2002	DIN EN 61672-1:2003-10	–
EN ISO 266:1997	ISO 266:1997	DIN EN ISO 266:1997-08	–
–	ISO 2041	–	–
–	ISO 2671	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN 1320:1997-06, *Akustik – Begriffe*

DIN EN 60068-1:1995-03, *Umweltprüfungen – Teil 1: Allgemeines und Leitfaden (IEC 60068-1:1988 + Corrigendum 1988 + A1:1992); Deutsche Fassung EN 60068-1:1994*

DIN EN 61672-1:2003-10, *Elektroakustik – Schallpegelmesser – Teil 1: Anforderungen (IEC 61672-1:2002); Deutsche Fassung EN 61672-1:2003*

DIN EN ISO 266:1997-08, *Akustik – Normfrequenzen (ISO 266:1997); Deutsche Fassung EN ISO 266:1997*

IEV 151:2002-03, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 115: Elektrische und magnetische Geräte und Einrichtungen; Hauptabschnitt 151-11: Allgemeines; Identisch mit IEC 60050-151:2001-07*

IEV 801:1996, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Kapitel 801: Akustik und Elektroakustik; Identisch mit IEC 60050-801:1994*

Umgebungseinflüsse
Teil 2-65: Prüfverfahren – Prüfung Fg: Schwingen, akustisch angeregt

Inhalt

	Seite
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe, Formelzeichen und Abkürzungen	6
4 Akustische Umgebungen und Prüfanforderungen.....	10
5 Schärfegrade	13
6 Vorbehandlung.....	14
7 Anfangsmessungen	14
8 Prüfung	14
9 Zwischenmessungen	14
10 Nachbehandlung.....	15
11 Endmessungen	15
12 Angaben in der Einzelbestimmung.....	15
Anhang A (informativ) Leitfaden für die Prüfanforderungen	20
Anhang B (informativ) Literaturhinweise	26
Bild 1 – Dritteloktavband-Spektrum für Luftfahrtanwendungen	16
Bild 2 – Oktavband-Spektren für Lüfter (abgeleitet aus [4] im Anhang B)	16
Bild 3 – Oktavband-Spektrum für laute Industriemaschinen (abgeleitet aus [4] im Anhang B).....	17
Bild 4 – Typische Anordnung der Mikrofone um den Prüfling herum	17
Bild 5 – Typische Anordnung der Mikrofon-Kontrollpunkte (1 bis 6) auf einer fiktiven Fläche um den Prüfling herum.....	18
Bild 6 – Typische Anordnung der Mikrofon-Kontrollpunkte um einen langen, zylindrischen Prüfling herum.....	19
Tabelle 1 – Grenزابweichungen für akustische Messungen	11
Tabelle 2 – Gesamt-Schalldruckpegel und Dauer der Beanspruchung.....	14
Tabelle A.1 – Zusammenhang zwischen Oktavband und Raumvolumen	20
Tabelle A.2 – Verhältnisse der Kantenlängen im Hallraum	21
Tabelle A.3 – Beispiele für Schallquellen mit Wellenform und typischen Ausgangsleistungen	24
Tabelle A.4 – Typischer Gesamt-Schalldruckpegel und Dauer der Beanspruchung	24

Einleitung

Schall kann erhebliche Schwingungen in Bauteilen und Geräten hervorrufen. In einem Schallfeld wirken *Schalldruckschwankungen* direkt auf ein Objekt und führen zu Antworten, die verglichen mit den Antworten durch mechanische Anregung, unterschiedlich sein können.

Leichtbaustrukturen, deren Maße in dem interessierenden Frequenzbereich mit der Länge einer Schallwelle vergleichbar sind, und deren Masse je Flächeneinheit klein ist, sind besonders empfindlich gegenüber Schalleinwirkung. Dazu gehören u. a. Parabolantennen, Solargeneratoren, elektronische Komponenten, Leiterplatten und optische Elemente.

Schallprüfungen sind maßgeblich für Bauteile, Geräte, *Funktionseinheiten* und andere Erzeugnisse, im Folgenden als Prüflinge bezeichnet, die Umgebungseinflüssen mit hohen Schalldruckpegeln ausgesetzt sein können und dabei funktionsfähig bleiben müssen. Es ist zu beachten, dass der Prüfling unter Betriebsbedingungen mechanischen und akustischen Anregungen gleichzeitig ausgesetzt sein kann.

Hohe Schalldruckpegel können durch Strahltriebwerke oder andere Luftfahrzeugantriebe, Raketentriebwerke, Hochleistungsgebläse, die *turbulente Umströmung an Luftfahrzeugen oder Raketen* usw. erzeugen, erzeugt werden. Diese Norm beschreibt Schallprüfungen in kompressiblen Gasen und kann auch für die Nachbildung der Wirkung von Turbulenzen, die von abgelösten Strömungen hoher Geschwindigkeit erzeugt werden, angewendet werden.

Die Durchführung einer Schallprüfung erfordert ein bestimmtes Maß technischer Beurteilung. Diese Tatsache sollte vom Hersteller und Anwender des Prüflings gleichermaßen berücksichtigt werden. Mit dem Leitfaden in dieser Norm kann der Autor einer Einzelbestimmung das am besten geeignete Prüfverfahren und die Schärfegrade unter Berücksichtigung von Besonderheiten des Prüflings und des vorgesehenen Einsatzes auswählen.

Da die Schallpegel während der Prüfung so hoch sind, dass sie zu Gehörschäden führen, sind geeignete Schutzmaßnahmen für das Testpersonal nötig, die eine Minderung der Schallpegel auf eine für die Erhaltung des Hörvermögens zulässige Höhe sicherstellen.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Prüfverfahren und einen Leitfaden für die Durchführung von Schallprüfungen fest, mit denen die Widerstandsfähigkeit von Prüflingen gegenüber vorgegebenen akustischen Belastungen ermittelt werden kann. Bei Schalldruckpegeln unter 120 dB wird diese Norm im Allgemeinen nicht angewendet.

Diese Norm dient dazu, mechanische Schwachstellen sowie Änderungen der Leistungswerte des Prüflings festzustellen und - in Verbindung mit der Einzelbestimmung - die Eignung für den vorgesehenen Einsatz zu ermitteln. In einigen Fällen dürfen die Verfahren dieser Prüfung auch zum Nachweis der mechanischen Widerstandsfähigkeit oder Ermüdungsfestigkeit von Prüflingen angewendet werden.

Diese Norm beschreibt die Verfahren zur Durchführung von Prüfungen und zur Messung der Schalldruckpegel im Schalfeld und berücksichtigt die Erfordernisse zur Messung der Schwingantwort an bestimmten Stellen des Prüflings. Sie enthält außerdem Informationen über die Auswahl der akustischen Umgebungsbedingungen, des Spektrums, des Schalldruckpegels und der Beanspruchungsdauer.

2 Normative Verweisungen

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

IEC 60050(151), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050(801), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 801: Acoustics and electro-acoustics*

IEC 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60651, *Sound level meters*

ISO 266, *Acoustics – Preferred frequencies for measurements*

ISO 2041, *Vibration and shock – Vocabulary*

ISO 2671, *Environmental tests for aircraft equipment – Part 3.4: Acoustic vibration*

3 Begriffe, Formelzeichen und Abkürzungen

Die angewendeten Begriffe sind vorzugsweise ISO 2041, IEC 60068-1 und IEC 60050(801) entnommen. Zur Erleichterung für den Leser ist die Herkunft der Begriffe aus diesen Quellen gekennzeichnet. Abweichungen von diesen Quellen sind ebenfalls genannt (siehe auch 3.2). Die folgenden zusätzlichen Begriffe werden gleichfalls in dieser Norm angewendet:

3.1 Begriffe

3.1.1

Schallhorn (en: acoustic horn^{N1})

(nicht identisch mit IEC 801-07-12)

Ein Segment mit einem sich *gewöhnlich exponentiell vergrößernden Querschnitt* zur Verbindung einer Schallquelle mit dem Prüfraum, z. B. dem Inneren eines Hallraums. Es ermöglicht eine maximale Übertragung der Schallenergie.

ANMERKUNG Jedes Schallhorn besitzt eine individuelle Übertragungsfunktion, die das Schallspektrum beeinflusst.

^{N1}) Nationale Fußnote: Im IEC/TC 104 vorgebracht, dass „acoustic horn“ im IEC 801 nicht definiert ist.

3.1.2

Integrationsdauer für die Analyse (en: analysis integration time)

Dauer während der ein Signal gemittelt wird (siehe A.8)

3.1.3

Bandbreite (en: bandwidth) (identisch mit B.19 in ISO 2041)

Differenz zwischen der oberen und unteren nominellen Grenzfrequenz

ANMERKUNG Die Bandbreite darf ausgedrückt werden in

- a) Hz;
- b) Prozent der Bandpassmittelfrequenz;
- c) Oktaven des Intervalls zwischen der oberen und unteren nominellen Grenzfrequenz.

3.1.4

Gesamt-Schalldruckpegel (en: overall sound pressure level (OASPL))

Wert, der aus den Schalldruckpegeln L_i des Dritteloktav- oder Oktavbands berechnet wird

$$L_G = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^m 10^{L_i/10}$$

Dabei ist

L_G Gesamt-Schalldruckpegel in dB

L_i Schalldruckpegel in dem i -ten Dritteloktav- oder Oktavband

m Anzahl der Dritteloktav- oder Oktavbänder

3.1.5

Mittenfrequenz (en: centre frequency) (identisch mit B.31 in ISO 2041)

Mittenfrequenz ist das geometrische Mittel, gebildet aus den nominellen Frequenzgrenzen eines Bandpasses

ANMERKUNG 1 Nach ISO 2041 sind die obere und untere nominelle Grenzfrequenz eines Bandpasses, die Frequenzen bei denen der Durchlasswert eines Sinussignals 3 dB unter dem maximalen Durchlasswert liegt.

ANMERKUNG 2 Das geometrische Mittel mit den Grenzfrequenzen f_1 und f_2 ist $(f_1 \cdot f_2)^{1/2}$.

3.1.6

Filter mit konstanter Bandbreite (en: constant-bandwidth filter) (identisch mit B.21 in ISO 2041)

Filter mit einer konstanten Bandbreite, angegeben in Hz. Sie ist unabhängig von der Mittenfrequenz des Filters.

3.1.7

Grenzfrequenz (en: cut-off frequency)

Frequenz, unterhalb der ein Schallhorn zunehmend unwirksam wird. Sie ist eine Haupteigenschaft des Schallhorns.

3.1.8

Diffuses Schallfeld (en: diffuse sound field)

(identisch mit IEC 801-03-31)^{N2)}

Schallfeld, das in einem vorgegebenem Bereich eine statistisch verteilte, gleichförmig verteilte Energiedichte besitzt, in der die Ausbreitungsrichtungen an jedem Punkt stochastisch verteilt sind.

ANMERKUNG In einem diffusen Schallfeld misst ein Richtmikrofon in jeder Richtung den gleichen Schalldruckpegel.

^{N2)} Nationale Fußnote: Im IEC/TC 104 vorgebracht, dass hier auf „IEC 801-23-31“ verwiesen werden müsste.

3.1.9

Elektrische oder hydraulisch-pneumatische Wandler (en: elektro- or hydraulic-pneumatik transducer)

Die im Labor am häufigsten benutzte Schallquelle zur Nachbildung der Schalldruckpegel, wie sie im Einsatzbereich mit starkem Schalleinfluss auftreten. Sie besteht aus einem pneumatischen Wandler, der mit komprimierter Luft versorgt wird, die durch ein elektromagnetisches oder hydraulisches Ventil moduliert wird.

ANMERKUNG Diese Schallquelle erzeugt ein kontinuierliches Energiespektrum über einen großen Frequenzbereich mit stochastisch verteilten Amplituden und ermöglicht ein geformtes Schallspektrum zur Erfüllung der Anforderung an die Schallprüfung (siehe A.5).

3.1.10

Frequenzintervall (en: frequency interval)

(identisch mit IEV 801-10-07)^{N3)}

das Verhältnis zweier Frequenzen

3.1.10.1

Oktave (en: octave)

das Intervall zwischen zwei Frequenzen, deren Zahlenverhältnis 2 beträgt

3.1.10.2

Dritteloktave (en: one-third octave (1/3))

das Intervall zwischen zwei Frequenzen, deren Zahlenverhältnis $2^{1/3}$ beträgt

ANMERKUNG Oktav- und Dritteloktav-Frequenzbänder sind durch ihre geometrischen Mittenfrequenzen in ISO 266 festgelegt.

3.1.10.3

Zwölfteloktave (en: one-twelfth octave (1/12))

das Intervall zwischen zwei Frequenzen, deren Zahlenverhältnis $2^{1/12}$ beträgt

3.1.11

Messpunkte (en: measuring points)

Messpunkte sind spezielle Stellen *im Schallfeld, an denen der Schalldruck* für die Prüfung *gemessen* wird. Es gibt zwei Arten von Messpunkten, die weiter unten beschrieben sind.

ANMERKUNG Zur Ermittlung des Verhaltens des Prüflings dürfen Messungen auch an Stellen innerhalb des Prüflings vorgenommen werden. Solche Punkte sind jedoch keine Messpunkte im Sinne dieser Norm.

3.1.11.1

Kontrollpunkte (en: checkpoints)

Punkte, die auf einer fiktiven Fläche in einem festgelegten Abstand um den Prüfling herum angeordnet sind

3.1.11.2

Bezugspunkte (en: reference points)

ausgewählte Kontrollpunkte, deren Signale zur Regelung der Prüfeinrichtung nach den Angaben in dieser Norm angewendet werden

3.1.12

Mehrpunktregelung (en: multipoint control)

Regelsignal, gebildet aus dem Mittelwert der Signale an den Bezugspunkten (siehe 3.1.11.2)

ANMERKUNG Bei der Mehrpunktregelung gibt jedes Mikrofonsignal den Schalldruckpegel an einer Position an. Der mittlere Schalldruckpegel L_{AV} kann nach IEC 60050(801), Begriff 801-11-36, berechnet werden durch

$$L_{AV} = 10 \log_{10} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10}$$

^{N3)} Nationale Fußnote: Im IEC/TC 104 vorgebracht, dass hier auf „IEV 801-30-07“ verwiesen werden müsste.

Dabei ist

n Anzahl der Bezugspunkte

L_i Schalldruckpegel im i -ten Dritteloktav- oder Oktavband

3.1.13

Schmalbandfilter (en: narrowband frequency filter)

Bandpass, dessen Durchlassbreite im Allgemeinen kleiner als eine Dritteloktave ist

3.1.14

Breitbandfilter (en: broadband frequency or wide band filter)

Bandpass, dessen Durchlassbreite relativ groß ist, im Allgemeinen größer als eine Oktave

3.1.15

Progressivwellen-Kanal (en: progressive wave tube)

Kanal, in der Schallwellen von einer Schallquelle ausgehend fortschreiten, wobei die Schallquelle mit einer geeigneten Prüfstrecke durch ein Schallhorn verbunden ist.

ANMERKUNG Am Ende der Prüfstrecke befindet sich ein absorbierender Anschluss zur Reflexionsminderung der fortschreitenden Schallwellen im Prüffrequenzbereich (siehe A.2).

3.1.16

Filter mit proportionaler Bandbreite (en: proportional-bandwidth filter) (identisch mit B.22 in ISO 2041)

Filter mit einer zur Frequenz proportionalen Bandbreite

ANMERKUNG Oktav-, Dritteloktav-Bandbreiten usw. sind typische Bandbreiten für Filter mit proportionaler Bandbreite.

3.1.17

Hallraum (en: reverberation room) (nicht identisch mit IEC 801-11-13)^{N4)}

Raum mit harten, stark reflektierenden Oberflächen, in dem das Schallfeld diffus wird

3.1.18

Sabinescher Absorptionsgrad (Schallabsorptions-Koeffizient) (en: sound absorption coefficient) (nicht identisch mit 801-11-02)^{N5)}

Anteil der einfallenden Schalleistung, die bei einer vorgegebenen Frequenz und unter festgelegten Bedingungen von der Oberfläche eines Werkstoffes nicht reflektiert wird

ANMERKUNG Schallabsorption ist die Eigenschaft von Werkstoffen und Gegenständen, Schallenergie in Wärme umzuwandeln.

3.1.19

Schalldruck p (en: sound pressure p) (identisch mit IEC 801-01-20)^{N6)} mit Ausnahme der Anmerkung unten)

Schalldruck ist der Effektivwert der augenblicklichen Schalldrücke über eine vorgegebene Dauer, wenn nicht anders angegeben.

ANMERKUNG Der Schalldruck kennzeichnet die Druckschwankung gegenüber dem statischen Druck, hervorgerufen durch Schallwellen, die infolge von Störungen in gasförmige Medien entstanden sind.

3.1.19.1

Schalldruckpegel L_p (en: sound pressure level L_p) (identisch mit IEC 801-02-07)^{N7)}

$$L_p = 20 \log_{10} \frac{p}{p_o} \text{ dB ref. } p_o \text{ mit } p_o = 20 \mu\text{Pa (siehe 3.2)}$$

^{N4)} Nationale Fußnote: Im IEC/TC 104 vorgebracht, dass hier auf „IEC 801-31-13“ verwiesen werden müsste.

^{N5)} Nationale Fußnote: Im IEC/TC 104 vorgebracht, dass hier auf „IEC 801-31-12“ verwiesen werden müsste.

^{N6)} Nationale Fußnote: Im IEC/TC 104 vorgebracht, dass hier auf „IEC 801-21-20“ verwiesen werden müsste.

^{N7)} Nationale Fußnote: Im IEC/TC 104 vorgebracht, dass hier auf „IEC 801-22-07“ verwiesen werden müsste.

3.1.20

Stehendwellen-Kanal (en: standing wave tube)

Kanal, in der eine periodische Schallwelle mit feststehender Lage im Raum erzeugt wird, hervorgerufen durch die Überlagerung von direkten und reflektierten Wellen gleicher Frequenz.

ANMERKUNG Stehende Wellen besitzen Gesamtdruck- oder Partialdruckknoten und -Bäuche, die unveränderlich im Raum stehen. Die Schallquelle ist mit dem Stehendwellen-Kanal durch ein Schallhorn verbunden. Durch eine akustisch harte, axial verstellbare Reflexionsfläche wird der Kanal so abgeschlossen, dass eine Abstimmung der Grundwelle möglich ist. Der Stehendwellen-Kanal ermöglicht die effektive Erzeugung einzelner Frequenzen mit hohen Schalldruckpegeln (siehe A.4).

3.2 Formelzeichen und Abkürzungen

Es werden folgende Formelzeichen und Abkürzungen angewendet. Falls erforderlich, wird ein Hinweis auf die entsprechende Definition gegeben.

- OASPL : Gesamt-Schalldruckpegel in dB (abgeleitet aus IEV 801-02-07^{N8)}, siehe 3.1.4);
- L_G : Gesamt-Schalldruckpegel in dB (siehe 3.1.4);
- L_i : Schalldruckpegel im i -ten Dritteloktav- oder Oktavband in dB (siehe 3.1.4);
- L_p : Schalldruckpegel in dB (siehe 3.1.19.1);
- L_{AV} : Mittlerer Schalldruckpegel in dB (siehe 3.1.12);
- p : Effektiver Schalldruck in N/m² oder Pa (siehe 3.1.19);
- p_0 : Internationaler Referenzschalldruck, festgelegt mit 2×10^{-5} Pa oder 20 µPa in Luft (siehe IEC 60651), 1 µPa in anderen Medien.

4 Akustische Umgebungen und Prüfanforderungen

4.1 Akustische Umgebung für die Prüfung

Eine Schallprüfung wird durchgeführt, um die Funktionsfähigkeit und Beständigkeit eines Prüflings in einem vorgegebenen, hochintensiven Schallfeld zu ermitteln. In der Praxis kann das Umfeld der Wechseldrücke, das auf einen betrachteten Prüfling einwirkt, aus einer komplexen Kombination von fortschreitenden Wellen und reflektierten Schallfeldern bestehen. Stehende Wellen, die sich in Strukturen und durch Schall angeregten Hohlräumen ausbilden, können zu örtlich sehr hohen Schalldruckpegeln führen. Es ist daher wichtig, die Schallprüfung auszuwählen, die für einen vorgegebenen Prüfling am besten geeignet ist. Diese Auswahl darf nach Messwerten aus Feld- oder Flugversuchen erfolgen oder aus allgemein bekannten Beanspruchungen für spezielle Geräteanwendungen ermittelt werden, wie beispielsweise in den Bildern 1, 2 und 3 angegeben. Das angewandte Prüfspektrum darf auch ober- oder unterhalb der in den Bildern angegebenen Frequenzen gewisse Energieanteile enthalten.

ANMERKUNG Weitere Angaben über Schalldruckpegel für Luftfahrzeug-Umgebungsbedingungen sind in ISO 2671 enthalten.

4.1.1 Hallfeld-Prüfung

Die Hallfeld-Prüfung wird im Allgemeinen für Prüflinge angewendet, die in geschlossenen Räumen untergebracht sind, in denen die auf die Prüflinge einwirkenden Wechseldrücke gleichmäßig verteilt sind. Sie darf aber auch für die Prüfung der Ummantelung selbst angewendet werden, beispielsweise für die konische Verkleidung an der Spitze von großen Trägerraketen u.ä., wenn keine besser geeignete Nachbildung der Beanspruchung möglich ist. Hallfelder können in geschlossenen Räumen aus der Anregung der umgebenden Strukturen durch turbulente Gasströmungen oder Strömungsablösungen über einer Oberfläche, durch abgestrahlte Antriebsgeräusche und beispielsweise im Inneren von gasgekühlten Reaktordruckbehältern entstehen (siehe A.1).

^{N8)} Nationale Fußnote: Im IEC/TC 104 vorgebracht, dass der Verweis auf „auf IEV 801-02-07“ entfallen sollte.

4.1.2 Progressivwellen-Prüfung

Die Prüfung mit Progressivwellen wird dort angewendet, wo die Schalldruckwellen über die Oberfläche eines Prüflings streichen. Beispiele für diese Art der Anregung sind Außenlasten von Flugzeugen, Hitzeschilder an Raketenmotoren, Flugzeugstrukturen oder Flächen am Heck von Flugzeugen usw. (siehe A.2).

4.1.3 Hohlraumresonanz-Prüfung

Mit diesem Prüfverfahren werden Verhältnisse nachgebildet, bei denen hohe Schalldruckpegel durch Hohlraumresonanzen entstehen, welche durch turbulente Luftströmungen über den Hohlräumen oder andere akustische Anregungen angefacht werden. Beispiele sind die Öffnungen im Flugzeugrumpf für die Fahrge- stelle, wenn sie zur Landung ausgefahren sind oder Verbrennungsräume (siehe A.3).

4.1.4 Stehendwellen-Prüfung

Die Prüfung in einem Stehendwellen-Kanal kann zur Erzeugung sehr hoher frequenzbezogener Schalldruck- pegel eingesetzt werden. Sie wird im Allgemeinen zur Entwicklung und Bemessung von Teilen angewendet, die sehr hohen Schallintensitäten in schmalen Frequenzbändern ausgesetzt sein können (siehe A.4).

4.2 Schallquellen

Einen Leitfaden zur Auswahl geeigneter Schallquellen für die Prüfung enthält A.5.

4.3 Messeinrichtung

Messeinrichtungen werden zur Überwachung des Schalldruckfelds in der Umgebung des Prüflings und - falls erforderlich - zur Messung der im Prüfling akustisch angeregten Schwingungen benötigt. Die Messungen sind nach ihrem Frequenzgehalt zu analysieren (siehe A.3.3).

4.3.1 Akustische Messungen

Das Messsystem muss in der Lage sein, Schalldruckpegel im Frequenzbereich von 22,4 Hz bis 11 200 Hz sowohl in Oktav- wie in Dritteloktavbändern mit Mittenfrequenzen zwischen 31,5 Hz und 8 000 Hz beim Ok- tavband bzw. 25 Hz und 10 000 Hz beim Dritteloktavband zu messen.

Der Frequenzgang des Messsystems muss im Prüffrequenzbereich innerhalb der Grenزابweichungen nach Tabelle 1 liegen.

Tabelle 1 – Grenزابweichungen für akustische Messungen

Frequenzbereich Hz	Grenزابweichung dB
22,4 bis 125	± 1
126 bis 2 500	± 2
2 501 bis 11 200	± 3

Das angewandte Mikrofon muss in der Lage sein, diffusen Schalleinfall und Spitzenwerte in mindestens drei- facher Höhe des höchsten, bewerteten Effektivwerts zu messen.

Das Messsystem muss Schalldruckpegel messen können, die mindestens 10 dB größer sind als der vorge- gebene Prüfpegel. Das gilt für den Gesamtpegel und die Einzelbandpegel in den Frequenzbändern.

4.3.2 Messungen der Schwingungsantworten

Die Überwachung der Schwingungen des Prüflings darf auf der Basis von Beschleunigungs- oder Dehnungsmessung vorgenommen werden (falls gewünscht, dürfen auch *Schnittstellenkräfte*, Schwingweg- oder Schwinggeschwindigkeitsantworten überwacht werden).

Das Überwachungssystem muss die gesamte Schwingantwort mindestens im Frequenzbereich von 16 Hz bis 2 000 Hz messen können. Es muss einen nahezu konstanten Frequenzgang im Prüffrequenzbereich haben und für die Anwendung und Art der Messung geeignet sein.

4.3.3 Analyse der Ergebnisse

Die nach 4.3.1 und, falls zutreffend, 4.3.2 ermittelten Messwerte müssen nach ihrem Frequenzgehalt analysiert werden.

- a) Akustische Messwerte müssen mit einer Auflösung von mindestens einer Oktave oder vorzugsweise mit Dritteloktavbändern analysiert werden.
- b) Die Untersuchung des Schwingverhaltens erfordert im Allgemeinen eine höhere Auflösung. Üblicherweise werden Filter mit proportionaler Bandbreite, beispielsweise 1/12-Oktave oder Filter mit konstanter Bandbreite, beispielsweise 10 Hz angewendet. Die Einzelbestimmung muss die Filterbandbreite für den speziellen Anwendungsfall angeben.

4.4 Prüfanforderungen

4.4.1 Art der Prüfeinrichtung

Das Raum-Zeitverhalten des nachzubildenden Einsatz- oder Betriebs-Schallfelds ist ausschlaggebend für die Auswahl der Prüfung. Die heute am häufigsten angewendete Prüfeinrichtung ist der Hallraum oder Hallkammer. Die folgenden Anforderungen für die Beanspruchung beziehen sich auf solche Anlagen. Andere Prüfeinrichtungen, mit denen nach dieser Norm geprüft werden darf, sind im Anhang A beschrieben. Die Anforderungen an die Art der Prüfeinrichtung muss die Einzelbestimmung angeben.

Wenn ein Prüfling bei einer kombinierten Prüfung gleichzeitig einer hohen akustischen Beanspruchung und weiteren Beanspruchungen, z. B. Extremtemperaturen, ausgesetzt ist, ist für den akustischen Anteil der Prüfung diese Norm anzuwenden.

4.4.2 Befestigung

Der Prüfling ist in der Mitte des Hallraums so anzuordnen, dass seine Oberfläche nicht parallel zu den Wänden, der Decke und dem Boden verlaufen. Der Prüfling (*bei Bedarf inklusive seiner Halterung*) muss im Hallraum elastisch gestützt oder aufgehängt sein. Falls erforderlich, muss die Einzelbestimmung die bevorzugten Befestigungspunkte angeben.

Die Resonanzfrequenz von Prüfling und Aufhängung muss tiefer als 25 Hz oder ein Viertel der tiefsten Prüffrequenz betragen, was immer der kleinere Wert ist.

Der Abstand zwischen den Kontrollpunkten und der Oberfläche des Prüflings muss größer sein als die halbe Wellenlänge der tiefsten Prüffrequenz oder die Hälfte des Abstands des Prüflings von der Wand, was immer der kleinere Wert ist. Wenn das nicht möglich ist, und ein Mikrofon näher als eine halbe Wellenlänge angeordnet werden muss, können die gemessenen Schallpegel wegen der Reflexionen vom Prüfling starken Schwankungen ausgesetzt sein. Das ist bei der Bewertung der Messergebnisse zu berücksichtigen.

Wenn eine Struktur zwischen dem Prüfling und der elastischen Aufhängung oder zur Befestigung der elastischen Aufhängung selbst erforderlich ist, müssen Verzerrungen des Schallfelds oder Einleitungen von äußeren Schwingungen möglichst verhindert werden.

Alle Verbindungen zum Prüfling wie Kabel, Rohre usw. müssen so angeordnet sein, dass sie den Prüfling in seiner Bewegung und Masse ähnlich beeinflussen wie in seinem Betriebszustand. Um das zu erreichen, kann es erforderlich sein, Kabel, Rohre usw. an der Aufspannvorrichtung zu befestigen.

4.4.3 Messfühler am Prüfling

Falls erforderlich, muss die Einzelbestimmung Anzahl, Art und Anordnung der Messfühler (Beschleunigungsaufnehmer, Mikrofone, Dehnungsmessstreifen usw.) am Prüfling angegeben.

Für jeden Messfühler müssen Kalibrierdaten vorliegen.

4.4.4 Vorbereitung des Hallraums

4.4.4.1 Anzahl und Anordnung der Kontrollpunkte

Mindestens drei Mikrofone sind erforderlich, um den Schalldruckpegel in der Umgebung des Prüflings zu messen. *Zur Bestimmung der Anzahl der zu verwendenden Kontrollpunkte muss die Prüflingsgröße im Verhältnis zur Größe des homogenen Bereichs des Schallfelds beachtet werden.* Die Anzahl und Anordnung der Mikrofone, die in den senkrecht zueinander stehenden Hauptachsen des Prüflings und einer fiktiven Ebene angeordnet sein müssen, erfolgen nach den Angaben der Einzelbestimmung (siehe Bild 5).

4.4.4.2 Regelung des Spektrums

Das Signal von jedem Mikrofon wird nach den Angaben der Einzelbestimmung einer Oktav- oder Dritteloktav-Analyse unterworfen. Der mittlere Pegel in jedem Band wird nach 3.1.12 ermittelt. Der Gesamt-Mittelwert muss aus den Pegeln der einzelnen Bänder berechnet werden. Die einzelnen Bandpegel und der Gesamtpegel des gemittelten Spektrums müssen innerhalb der in den Bildern 1, 2 oder 3 angegebenen Grenzen oder dem in der Einzelbestimmung vorgegebenem Spektrum liegen. Die gemittelten Werte müssen während der gesamten Dauer der Prüfung in den vorgegebenen Grenzen bleiben.

Die von der Einzelbestimmung vorgegebene Integrationsdauer für die Analyse muss ausreichend sein, um einen statistischen Vertrauensgrad sicherzustellen (siehe A.8).

Bei ausreichend langer Prüfdauer muss eine Echtzeitanalyse der Mikrofon-signale während der Prüfung in mehreren Zeitabschnitten durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Schalldruckpegel innerhalb der vorgegebenen Grenzen liegen.

ANMERKUNG 1 Die größte zulässige Streuung der Bandpegel und des Gesamtpegels zwischen den einzelnen Mikrofonen darf von der Einzelbestimmung vorgegeben werden.

ANMERKUNG 2 Wenn die Einzelbestimmung eine Analyse in Dritteloktavbändern vorgibt, muss gleichermaßen ein Dritteloktavspektrum angegeben sein.

4.4.4.3 Einstellung des Spektrums

Wenn eine Überbeanspruchung des Prüflings durch das Schallfeld vermieden werden muss, ist es erforderlich, das Schallfeld mit einer Attrappe als Ersatz für den Prüfling einzustellen. Bei Prüflingen mit kleinem Volumen im Vergleich zum Raumvolumen darf ein leerer Hallraum angewendet werden. *Wenn dieses Verfahren zur Einstellung des Spektrums angewendet wird, müssen bei der nachfolgenden Prüfung dieselben Mikrofonpositionen angewendet werden.*

5 Schärfegrade

Ein akustischer Schärfegrad ist definiert durch den Gesamt-Schalldruckpegel, die Form des Spektrums und die Dauer der Beanspruchung. Die Einzelbestimmung muss den Gesamt-Schalldruckpegel und die minimale Dauer der Beanspruchung aus der Tabelle 2 und die Form des Spektrums aus den Bildern 1, 2 und 3 entnehmen. Ein Leitfaden hierzu ist in A.6 angegeben.

Tabelle 2 – Gesamt-Schalldruckpegel und Dauer der Beanspruchung

Gesamt-Schalldruckpegel dB	Dauer der Beanspruchung Minuten
120 ± 1	60
130 ± 1	60
140 ± 1	30
150 ± 1	30
160 ± 1	30
170 ± 1	2

6 Vorbehandlung

Die Einzelbestimmung darf eine Vorbehandlung im Umgebungsklima vorsehen, um den Prüfling zu stabilisieren (thermisch, mechanisch usw.).

7 Anfangsmessungen

Am Prüfling müssen Messungen der elektrischen und mechanischen Eigenschaften sowie Sicht- und Funktionskontrollen nach den Angaben der Einzelbestimmung durchgeführt werden.

Ein Schalltest mit, im Vergleich zum Nennpegel, geringerem Schalldruckpegel mit Messung der Schwingungsantworten am Prüfling kann vor der eigentlichen Prüfung zur Ermittlung des dynamischen Verhaltens des Prüflings durchgeführt werden. Der Schärfegrad für diese Prüfung mit niedrigem Pegel muss in der Einzelbestimmung vorgegeben werden.

8 Prüfung

8.1 Übliche Prüfung

Der Prüfling wird nach den Angaben der Einzelbestimmung mit Messfühlern bestückt und nach 4.4.2 befestigt.

Die Prüfung wird mit den nach 4.4.4.1 festgelegten Kontrollpunkten durchgeführt. Die Einstellung des Spektrums erfolgt nach 4.4.4.3, und die Regelung des Spektrums erfolgt nach 4.4.4.2. Der Schärfegrad muss von der Einzelbestimmung gemäß Abschnitt 5 angegeben werden.

Die während der Prüfung von den Mikrofonen und falls anwendbar von den Messfühlern am Prüfling erhaltenen Signale müssen analysiert werden, um zu verifizieren, dass die Anforderungen dieser Norm und der Einzelbestimmung erfüllt wurden.

8.2 Zeitgeraffte Prüfung

Wenn von einem Prüfling eine so hohe Lebensdauer verlangt wird, dass die übliche Prüfung nicht anwendbar ist, darf eine zeitgeraffte Prüfung durchgeführt werden. Sie erfolgt mit einem höheren Schalldruckpegel als unter üblichen Einsatzbedingungen vorhanden, um damit die Prüfdauer zu verringern. Für die zeitgeraffte Prüfung gibt es keine klaren Festlegungen oder Verfahren. Die Einzelbestimmung muss den anzuwendenden Ablauf festlegen. Allgemeine Empfehlungen für die zeitgeraffte Prüfung werden in A.7 gemacht.

9 Zwischenmessungen

Wenn es die Einzelbestimmung verlangt, muss der Prüfling während der Beanspruchung in Betrieb sein, und seine Kennwerte müssen überwacht werden.

10 Nachbehandlung

Es wird manchmal erforderlich sein, zwischen der Prüfung und den Endmessungen eine bestimmte Dauer für den Angleich des Prüflings an die Bedingungen der Anfangsmessungen, z. B. an die Temperatur, vorzusehen. Die Einzelbestimmung muss die Bedingungen für die Nachbehandlung angeben.

11 Endmessungen

Nach der Beanspruchung müssen am Prüfling Messungen der elektrischen und mechanischen Eigenschaften sowie Sicht- und Funktionskontrollen nach den Angaben der Einzelbestimmung durchgeführt werden.

Ein Schalltest mit, im Vergleich zum Nennpegel, geringerem Schalldruckpegel mit Messung der Schwingungsantworten am Prüfling, identisch zur Prüfung im Rahmen der Anfangsmessung, kann nach der eigentlichen Prüfung zur Ermittlung des dynamischen Verhaltens des Prüflings durchgeführt werden. Der Schärfegrad für diese Prüfung mit niedrigem Pegel muss in der Einzelbestimmung vorgegeben werden. Die dynamischen Prüflingsantworten der Anfangs- und Endschallprüfung können herangezogen werden, um strukturelle Änderungen am Prüfling festzustellen.

Die Einzelbestimmung muss die Kriterien für die Beurteilung des Prüflings festlegen.

12 Angaben in der Einzelbestimmung

Wenn diese Prüfung Teil einer Einzelbestimmung ist, müssen die folgenden Angaben, soweit sie zutreffen, festgelegt werden. Für die mit Asteriskus (*) gekennzeichneten Punkte sind in jedem Fall Angaben zu machen.

	Abschnitte und Unterabschnitte
a) Filterbandbreiten*	siehe 4.3.3
b) Art der Prüfeinrichtung*	siehe 4.4.1
c) Befestigung*	siehe 4.4.2
d) Messfühler am Prüfling	siehe 4.4.3
e) Anzahl und Anordnung der Kontrollpunkte*	siehe 4.4.4.1
f) Dritteloktav- oder Oktavbandanalyse*	siehe 4.4.4.2
g) Form des Spektrums*	siehe 4.4.4.2 und 5
h) Integrationsdauer für die Analyse*	siehe 4.4.4.2
i) Größte zulässige Streuung in den einzelnen Bändern	siehe 4.4.4.2
j) Spektrum für die Dritteloktavband-Analyse	siehe 4.4.4.2
k) Gesamt-Schalldruckpegel*	siehe 5
l) Mindestdauer der Beanspruchung*	siehe 5
m) Vorbehandlung	siehe 6
n) Anfangsmessungen*	siehe 7
o) Auflauf für zeitgeraffte Prüfung, falls gefordert	siehe 8.2
p) Zwischenmessungen	siehe 9
q) Nachbehandlung	siehe 10
r) Endmessungen*	siehe 11
s) Beurteilungskriterien*	siehe 11