

Umweltprüfungen

Teil 2: Prüfverfahren

Prüfung Fh: Schwingen, Breitbandrauschen (digital geregelt) und Leitfaden
(IEC 68-2-64 : 1993 + Berichtigung 1993)
Deutsche Fassung EN 60068-2-64 : 1994

DIN**EN 60068-2-64**

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm **IEC 68-2-64**

ICS 19.040

Deskriptoren: Elektrotechnik, Umweltprüfung, Leitfaden, Schwingen, Breitbandrauschen

Environmental testing – Part 2: Test methods; Test Fh: Vibration, broad-band random (digital control) and guidance
(IEC 68-2-64 : 1993 + Corrigendum 1993);

German version EN 60068-2-64 : 1994

Essais d'environnement – Partie 2: Méthodes d'essai; Essai Fh: Vibrations aléatoires à large bande (asservissement numérique) et guide (CEI 68-2-64 : 1993 + Corrigendum 1993);

Version allemande EN 60068-2-64 : 1994

Die Europäische Norm EN 60068-2-64 : 1994 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm wurde vom SC 50A "Vibration, impact and other dynamic tests" der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 131.1 "Mechanische Prüfungen" der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig.

Der Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 50A(Sec)248 : 1989-07.

Der Zusammenhang der in dieser Norm zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnitsnummer, 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.

Fortsetzung Seite 2 bis 4
und 23 Seiten EN

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)
Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Documents

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm
—	IEC 50(301) : 1983	—
—	IEC 50(302) : 1983	—
—	IEC 50(303) : 1983	—
EN 60068-1 : 1994	IEC 68-1 : 1988 + A1 : 1992	DIN EN 60068-1 : 1995-03
HD 323.2 Serie EN 60068-2 Serie	IEC 68-2 (Serie)	Normen der Reihe DIN IEC 68-2 und DIN EN 60068-2
HD 323.2.6 S2 : 1988	IEC 68-2-6 : 1982	DIN IEC 68-2-6 : 1990-06
HD 323.2.34 S1 : 1988	IEC 68-2-34 : 1973	DIN 40046-22 : 1976-07
HD 323.2.35 S1 : 1988	IEC 68-2-35 : 1973	DIN 40046-23 : 1977-09
HD 323.2.36 S1 : 1988	IEC 68-2-36 : 1973	DIN 40046-24 : 1977-09
HD 323.2.37 S1 : 1988	IEC 68-2-37 : 1973	DIN 40046-25 : 1977-09
EN 60068-2-47 : 1993	IEC 68-2-47 : 1982	DIN EN 60068-2-47 : 1995-03
EN 60721 (Serie)	IEC 721 (Serie)	Normen der Reihe DIN IEC 721 und DIN EN 60721
—	ISO 2041 : 1990	—

Nachfolgend sind die wichtigsten Benennungen aus der Englischen und der Deutschen Fassung gegenübergestellt:

Benennungen in EN 60068-2-64	
Englische Fassung	Deutsche Fassung
-3 dB bandwidth	Halbwertsbreite
acceleration spectral density	spektrale Beschleunigungsdichte
acceleration waveform	Beschleunigungsverlauf
accuracy	Genauigkeit (DIN 55350-13)
averaged value	Mittelwert
averaging strategy	Mittelwertregelung
averaging time	Mittlungsdauer
bias error	systembedingte Abweichung
bias part	systematischer Anteil
break point	Überkreuzungspunkt
broad-band random vibration	Breitbandrauschen
broad-band random	Breitbandrauschen
check point	Kontrollpunkt
confidence level	Vertrauensbereich
control acceleration spectral density	Regelsignal der spektralen Beschleunigungsdichte
control accuracy	Regelgenauigkeit
control loop	Regelvorgang
control loop time	Dauer eines Regelvorgangs
control system loop	Regelkreis
damping ratio	Dämpfungsgrad
data point	Wert
distortion	Klirrfaktor
drive signal	Steuersignal (Ausgangssignal der Regelanlage)
drive signal clipping	Spitzenwertbegrenzung
dwell time	Verweildauer
effective frequency range	wirksamer Frequenzbereich
endurance testing	Dauerbeanspruchung
equalization	Angleichung
error	Abweichung
extremal	Extremwert
final slope	Abfall des Spektrums
frequency domain	Spektralbereich
frequency resolution	Filterbandbreite
indicated	angezeigt
initial slope	Anstieg des Spektrums
instrument error	instrumentelle Abweichung, Instrumentenabweichung
mean square error	mittlere, quadratische Abweichung (DIN 55302)
mean square value	quadratischer Mittelwert
multiple axis (input) excitation	Mehrachsenanregung
multipoint control	Mehrpunktregelung
normal probability density function	Normalverteilung (DIN 1419-4, Anhang B)
operational environment	Einsatz
probability density	Wahrscheinlichkeitsdichte
r.m.s. acceleration	Effektivbeschleunigung
random error	Zufällige Abweichung
random part	Zufälliger Anteil
random vibration	Breitbandrauschen
random vibration testing	Beanspruchung mit Breitbandrauschen
record	Block
reference point	Bezugspunkt
reproducibility	Vergleichbarkeit
response point	Meßpunkt für die Antwort
root mean square value	Effektivwert

(fortgesetzt)

(abgeschlossen)

Benennungen in EN 60068-2-64	
Englische Fassung	Deutsche Fassung
set-up time	Dauer für Voreinstellung
signal clipping	Spitzenwertbegrenzung
single axis (input)	Einachsenanregung
singlepoint control	Einzelpunktregelung
slope	Neigung
statistical degree of freedom	Statistischer Freiheitsgrad
structural effect	Strukturbedingter Einfluß
sweep cycle	Frequenzzyklus
testing	Beanspruchung
tracking filter	Mitlauffilter
transport environment	Transport
true value	Wahrer Wert
truncated function	Ausgleichende Funktion
vibration control equipment	Regelanlage
vibration level	Schwingamplitude
window function	Fensterfunktion

DK 621.3 : 620.193 : 534.1

Deskriptoren: Umweltprüfung, Elektrizität, Bauelement, Gerät, mechanische Prüfung, Schwingen, Breitbandrauschen, digital geregelt, Verfahren, Schreiben von Spezifikationen für Bauelemente, Schreiben von Spezifikationen für Geräte

Deutsche Fassung

Umweltprüfungen

Teil 2: Prüfverfahren

Prüfung Fh: Schwingen, Breitbandrauschen,
(digital geregelt) und Leitfaden
(IEC 68-2-64 : 1993 + Berichtigung 1993)

Environmental testing — Part 2: Test
methods; Test Fh: Vibration, broad-band
random (digital control) and guidance
(IEC 68-2-64 : 1993 + Corrigendum 1993)

Essais d'environnement — Partie 2: Métho-
des d'essai; Essai Fh: Vibrations aléatoires
à large bande (asservissement numérique) et
guide
(CEI 68-2-64 : 1993 + Corrigendum 1993)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1994-03-08 angenommen.

Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

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

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR ELEKTROTECHNISCHE NORMUNG

European Committee for Electrotechnical Standardization

Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Auf Antrag des CENELEC-Berichtersekretariats SR 50A wurden die Internationale Norm IEC 68-2-64 : 1993 und deren Corrigendum Oktober 1993 im Juli 1993 zur Annahme als Europäische Norm in das Einstufige Annahmeverfahren (UAP) gegeben. Der Text der Internationalen Norm wurde von CENELEC am 8. März 1994 als EN 60068-2-64 genehmigt.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum für die Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm (dop): 1995-03-15
- spätestes Datum für die Zurückziehung entgegenstehender nationaler Normen (dow): 1995-03-15

Anhänge, die als "normativ" bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt. Anhänge, die als "informativ" bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm sind Anhänge A und ZA normativ und sind die Anhänge B und C informativ.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 68-2-64 : 1993 und deren Corrigendum Oktober 1993 wurden von CENELEC als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Inhalt

	Seite		Seite
Einführung	2	Anhang A (normativ) Untersuchung des Schwingverhaltens	8
1 Zweck	3	Anhang B (informativ) Leitfaden	10
2 Normative Verweisungen	3	Anhang C (informativ) Gegenüberstellung von Werten in % und dB	15
3 Begriffe	3	Anhang ZA (normativ) Andere in dieser Norm zitierte internationale Publikationen mit den Verweisungen auf die entsprechenden europäischen Publikationen	24
4 Prüfanforderungen	5	Tabelle 1 Filterbandbreite, Verfahren	6
4.1 Allgemeines	5	Tabelle 2 Faktor a und systembedingte Abweichung für rechteckförmige Fensterfunktion ...	6
4.2 Untersuchung des Schwingverhaltens	5	Tabelle 3 Prüffrequenzbereich	6
4.3 Prüfung mit rauschförmiger Anregung	5	Tabelle B.1 Grenzwerte für die untere Resonanzfrequenz bei einer vorgegebenen systembedingten Abweichung und 200 Frequenzlinien	10
4.4 Befestigung des Prüflings	6	Tabelle B.2 Genauigkeit der spektralen Beschleunigungsdichte für unterschiedliche Vertrauensbereiche	12
5 Schärfegrade	6	Tabelle B.3 Fensterfunktion und zugehöriger Fensterfaktor W	13
5.1 Allgemeines	6	Tabelle C.1 Gegenüberstellung von Werten in Prozent und dB	15
5.2 Prüffrequenzbereich	6	Bilder	16 bis 22
5.3 Spektrale Beschleunigungsdichte	6		
5.4 Form des Beschleunigungsspektrums	6		
5.5 Dauer der Beanspruchung	6		
6 Vorbehandlung	6		
7 Anfangsmessungen	7		
8 Beanspruchung	7		
8.1 Allgemeines	7		
8.2 Untersuchung des Schwingverhaltens	7		
8.3 Anregung mit kleinem Pegel zur Angleichung vor der Beanspruchung	7		
8.4 Beanspruchung mit Breitbandrauschen	7		
8.5 Zwischenmessungen	7		
8.6 Abschließende Untersuchung des Schwingverhaltens	7		
9 Nachbehandlung	8		
10 Endmessungen	8		
11 Angaben in der Einzelbestimmung	8		

Einführung

Diese Norm für die Prüfung mit Breitbandrauschen gilt für elektrotechnische Erzeugnisse, im folgenden Prüfling genannt, die stochastischen Schwingungen ausgesetzt sein könnten. Die Verfahren und der Prüfablauf in dieser Norm beruhen auf der digitalen Regelung von Breitbandrauschen. Sie ermöglicht die Anwendung von gerätespezifischen Anforderungen, die in einer Einzelbestimmung vorgegeben sind. Diese Norm bildet eine Alternative zur eingeführten Prüfung: Schwingen, rauschförmig (Breitband) mit analoger Regelung (Prüfung Fd, IEC 68-2-34 bis 68-2-37).

Es sollte beachtet werden, daß die Durchführung der Prüfung mit Breitbandrauschen verhältnismäßig schwierig ist und fundierte Kenntnisse der Prüfphilosophie und umfangreiche Erfahrung erfordert.

Die Prüfung Fh ist, im Gegensatz zu den meisten anderen Prüfungen, kein deterministisches, sondern ein statistisches Verfahren. Daher wird die Prüfung: Schwingen, Breitbandrauschen durch Wahrscheinlichkeitsbegriffe und statistische Mittelwertbildungen beschrieben.

Anhang A (normativ) beschreibt die Anforderungen für die Untersuchung des Schwingverhaltens.

Im Abschnitt 11 sind alle Angaben aufgelistet, die der Autor einer Einzelbestimmung berücksichtigen muß. Anhang B (informativ) enthält einen Leitfaden.

Anhang C (informativ) enthält eine Gegenüberstellung der festgelegten Werte (in dB oder %) mit den Werten in anderen Einheiten unter Angabe des betreffenden Abschnitts.

1 Zweck

Diese Norm gibt zwei allgemeingültige Prüfverfahren an (Verfahren 1 und Verfahren 2), mit denen die Widerstandsfähigkeit von Prüflingen gegenüber Breitbandrauschen mit vorgegebenen Schärfegraden ermittelt werden kann. Beide Verfahren stellen die gleiche Beanspruchung dar. Der Unterschied besteht im wesentlichen darin, daß mit dem Verfahren 2 weitergehende Angaben über die angewendete Prüfung erzielt werden und diese damit reproduzierbarer ist.

Die Prüfung dient auch dazu, die sich addierenden Einflüsse der Beanspruchung durch breitbandiges Rauschen und die davon betroffenen mechanischen Schwachstellen aufzuzeigen und Verschlechterungen der vorgegebenen Kennwerte zu ermitteln. Diese Informationen werden in Verbindung mit der Einzelbestimmung als Kriterium dafür verwendet, ob ein Prüfling seinen Anforderungen genügt. In einigen Fällen kann diese Norm auch zum Nachweis der konstruktiven Ausführung der Prüflinge und zur Untersuchung ihres dynamischen Verhaltens angewendet werden.

Diese Norm ist anzuwenden für Prüflinge, die während des Transports oder im Einsatz stochastischen Schwingungen ausgesetzt sein können, z. B. in Luft-, Raum- und Landfahrzeugen. Sie ist vornehmlich vorgesehen für unverpackte Prüflinge und für Geräte in ihren Transportbehältern, wenn diese als Teil des Prüflings selbst betrachtet werden können. Wenn diese Norm auch in erster Linie für elektrotechnische Produkte gedacht ist, so ist sie nicht allein darauf beschränkt, sondern kann auch in anderen Bereichen angewendet werden, wenn es erforderlich erscheint.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil der vorliegenden Norm sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm gelten die angegebenen Ausgaben. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung, und Anwender dieser Norm werden gebeten, die jeweils neueste Ausgabe der im folgenden genannten Normen anzuwenden. Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gültigen internationalen Normen.

IEC 50 (301, 302, 303) : 1983

International Electrotechnical Vocabulary (IEV)
Chapter 301: General terms on measurements in electricity
Chapter 302: Electrical measuring instruments
Chapter 303: Electronic measuring instruments (Advance edition)

IEC 68

Environmental testing

IEC 68-1 : 1988

Environmental testing — Part 1: General and guidance

IEC 68-2

Environmental testing — Part 2: Tests

IEC 68-2-6 : 1982

Environmental testing — Part 2: Tests — Test Fc and guidance: Vibration (sinusoidal)

IEC 68-2-47 : 1982

Environmental testing — Part 2: Tests — Mounting of components, equipment and other articles for dynamic tests including shock (Ea), bump (Eb), vibration (Fc and Fd) and steady-state acceleration (Ga) and guidance

IEC 721

Classification of environmental conditions

ISO 2041 : 1990

Vibration and shock — Vocabulary

3 Begriffe

Die verwendeten Begriffe sind im wesentlichen den Normen ISO 2041, IEC 50 (301, 302, 303), IEC 68-1 und IEC 68-2-6 entnommen. Wenn zum besseren Verständnis einige der dort definierten Begriffe hier wiederholt werden, so wird ihre Quelle genannt, Abweichungen sind gekennzeichnet.

Die im folgenden genannten zusätzlichen Begriffe gelten ebenfalls für diese Norm.

3.1 Halbwertsbreite, B_r (-3 dB Bandwidth) (ISO 2041, abgewandelt): Breite der Resonanzkurve einer einzelnen Resonanzspitze an der Stelle, an der die schwingende Energie auf 0,707 des Höchstwertes abgesunken ist (siehe Abschnitt 4.3.6.2).

3.2 Spektrale Beschleunigungsdichte (acceleration spectral density) (ISO 2041, abgewandelt): Quadratischer Mittelwert eines Beschleunigungssignals, das ein Schmalbandfilter bestimmter Frequenz passiert hat, dividiert durch die Bandbreite des Filters. Die spektrale Beschleunigungsdichte ist der Wert für den Grenzfall, daß die Bandbreite gegen Null und die Mittelungsdauer gegen Unendlich geht (siehe Abschnitt 4.3.4).

3.3 Systembedingte Abweichung (bias error): Abweichung bei der Bestimmung der spektralen Beschleunigungsdichte, hervorgerufen durch den endlichen Wert der Filterbandbreite (siehe Abschnitt 4.3.6.2).

3.4 Kontrollpunkt (check point): Punkt an der Aufspannvorrichtung, dem Schwingtisch oder dem Prüfling, der so dicht wie möglich bei einem Befestigungspunkt liegt und steif mit ihm verbunden ist (siehe Anhang A, Abschnitt A.2.4.1).

ANMERKUNG 1: Um sicherzustellen, daß die Bedingungen der Prüfung erfüllt werden, wird eine bestimmte Anzahl von Kontrollpunkten verwendet.

ANMERKUNG 2: Wenn vier oder weniger Befestigungspunkte vorhanden sind, wird jeder als Kontrollpunkt verwendet. Wenn mehr als vier Befestigungspunkte vorhanden sind, werden von der Einzelbestimmung vier repräsentative Befestigungspunkte als Kontrollpunkte ausgewählt.

ANMERKUNG 3: In besonderen Fällen, beispielsweise bei großen oder komplexen Prüflingen, werden die Kontrollpunkte von der Einzelbestimmung festgelegt, wenn sie nicht in unmittelbarer Nähe der Befestigungspunkte liegen.

ANMERKUNG 4: Wenn eine große Anzahl kleiner Prüflinge auf einer gemeinsamen Aufspannvorrichtung befestigt ist, oder bei einem kleinen Prüfling mit vielen Befestigungspunkten, kann ein einziger Kontrollpunkt (nämlich als Referenzpunkt) zur Gewinnung des Regelsignals ausgewählt werden. Dieses Signal kennzeichnet dann die Aufspannvorrichtung und nicht die Befestigungspunkte des Prüflings. Dieses Verfahren ist nur geeignet, wenn die tiefste Eigenfrequenz der beladenen Aufspannvorrichtung weit oberhalb der höchsten Prüffrequenz liegt.

3.5 Regelsignal der spektralen Beschleunigungsdichte (Control acceleration spectral density): Spektrale Beschleunigungsdichte, gemessen am Bezugspunkt (siehe Abschnitt 4.3.3).

3.6 Regelkreis (control system loop): Die Regelung besteht aus folgenden Maßnahmen:

- Digitalisierung der analogen rauschförmigen Schwingungen des vom Bezugspunkt abgeleiteten Signals

- Durchführung der erforderlichen Rechenoperationen
- Erzeugung einer aufbereiteten analogen rauschförmigen Schwingung als Eingangssignal für den Leistungsverstärker der Schwinganlage (siehe Anhang B, Abschnitt B.1).

3.7 Crest-Faktor (crest factor) (ISO 2041): Verhältnis des Spitzenwertes zum Effektivwert (siehe Abschnitt 4.3.3).

3.8 Dämpfungsgrad (damping ratio): Verhältnis der tatsächlichen Dämpfung zur kritischen Dämpfung in einem System mit geschwindigkeitsabhängiger Dämpfung.

3.9 Klirrfaktor (distortion): (nach IEC 68-2-6, Abschnitt 3, abweichend von ISO 2041)

$$\text{Klirrfaktor } d = \frac{\sqrt{a_{\text{tot}}^2 - a_1^2}}{a_1} \cdot 100 \text{ in } \%$$

Dabei bedeuten:

- a_1 Effektivwert der Beschleunigung der Grundschiwingung bei der anregenden Frequenz
- a_{tot} Effektivwert der Gesamtbeschleunigung, einschließlich a_1

3.10 Spitzenwertbegrenzung (drive signal clipping): Begrenzung des Augenblickswerts des Steuersignals (siehe Abschnitt 4.3.3).

3.11 Wirksamer Frequenzbereich (effective frequency range): Bereich von der tatsächlichen Frequenz unterhalb f_1 bis zur tatsächlichen Frequenz oberhalb f_2 , der sich aus dem Anstieg und Abfall des Spektrums an den Enden ergibt (siehe Bild 2).

3.12 Abweichung der spektralen Beschleunigungsdichte (error acceleration spectral density): Differenz zwischen der vorgegebenen spektralen Beschleunigungsdichte und der spektralen Beschleunigungsdichte des Regelsignals.

3.13 Angleichung (equalization): Verringerung der Abweichung der spektralen Beschleunigungsdichte.

3.14 Abfall des Spektrums (final slope): Verlauf der vorgegebenen spektralen Beschleunigungsdichte oberhalb f_2 (siehe Anhang B, Abschnitt B.2.4).

3.15 Filterbandbreite (frequency resolution): Breite der Frequenzintervalle in der spektralen Beschleunigungsdichte in Hz. Sie ist gleich dem Kehrwert der Länge eines Blocks in der digitalen Analyse. Die Anzahl der Frequenzlinien ist gleich der Anzahl der Frequenzintervalle in einem vorliegenden Frequenzbereich (siehe Abschnitt 4.3.6).

3.16 Normfallbeschleunigung g_n (' g_n '): Beschleunigung, hervorgerufen durch die Erdanziehung, die sich mit der Höhe und der geographischen Breite ändert (siehe Abschnitt 5.3).

ANMERKUNG: In dieser Norm ist g_n gerundet auf $1 g_n = 10 \text{ m/s}^2$.

3.17 Angezeigte spektrale Beschleunigungsdichte (indicated acceleration spectral density): Darstellung der ermittelten wahren spektralen Beschleunigungsdichte am Analysator verfälscht durch die instrumentelle, zufällige und systembedingte Abweichung (siehe Abschnitt 4.3.6).

3.18 Anstieg des Spektrums (initial slope): Verlauf der vorgegebenen spektralen Beschleunigungsdichte unterhalb f_1 (siehe Anhang B, Abschnitt B.2.4).

3.19 Instrumentenabweichung (instrument error): Abweichung, hervorgerufen durch analoge Komponenten vor dem Eingang und innerhalb der Regelanlage (siehe Anhang B, Abschnitt B.2.3.2).

3.20 Mehrpunktregelung, Mittelwert (multipoint control, averaging): Regelsignal der spektralen Beschleunigungsdichte, gebildet aus dem arithmetischen Mittelwert der spektralen Beschleunigungsdichte an mehreren Kontrollpunkten (siehe Anhang B, Abschnitt B.2.1.2).

3.21 Mehrpunktregelung, Extremwert (multipoint control, extremal): Regelsignal der spektralen Beschleunigungsdichte, gebildet aus dem jeweiligen Maximalwert der spektralen Beschleunigungsdichte jeder Frequenzlinie an mehreren Kontrollpunkten (siehe Anhang B, Abschnitt B.2.1.2).

3.22 Bevorzugte Prüfachsen (preferred testing axes): Drei rechtwinklig zueinander stehende Achsen, die für den Prüfling besonders kritisch sind (siehe Abschnitt 8.1).

3.23 Zufällige Abweichung (random error): Abweichung, die sich wegen der endlichen Mittelungsdauer und Filterbandbreite von einer zur anderen Bestimmung der spektralen Beschleunigungsdichte ändert (siehe Anhang B, Abschnitt B.2.3.3).

3.24 Block (record): Menge von äquidistanten Werten im Zeitbereich, die für die Fast-Fourier-Transformation verwendet werden (siehe Anhang B, Abschnitt B.1).

3.25 Bezugspunkt (reference point): Ausgewählter Kontrollpunkt, dessen Signal zur Regelung der Prüfeinrichtung nach den Angaben dieser Norm verwendet wird.

ANMERKUNG: Dieser Punkt kann ein fiktiver Bezugspunkt sein (siehe Anhang A, Abschnitt A.2.4.2).

3.26 Vergleichbarkeit (reproducibility) [IEC 50, (301, 302, 303)]: Maß für die Übereinstimmung der Ergebnisse einer Meßgröße in Zahlenwert und Einheit, wenn die einzelnen Messungen durchgeführt worden sind:

- mit unterschiedlichen Verfahren,
- mit verschiedenen Meßgeräten,
- von verschiedenen Beobachtern,
- in verschiedenen Laboratorien,
- nach unterschiedlichen Zeitabschnitten, die lang gegenüber der einzelnen Meßdauer sind,
- unter verschiedenen gebräuchlichen Einsatzbedingungen der verwendeten Meßgeräte.

ANMERKUNG: Der Begriff Vergleichbarkeit ist auch gültig für den Fall, daß nur einige der genannten Bedingungen zutreffen.

3.27 Meßpunkt für die Antwort (response point): Vorgegebene Stelle am Prüfling, an dem Werte während der Untersuchung des Schwingverhaltens ermittelt werden. Diese Stellen sind nicht Kontroll- oder Bezugspunkte (siehe Anhang A, Abschnitt A.3.1).

3.28 Effektivwert (root mean square value) (ISO 2041, abgewandelt): Quadratwurzel aus der Summe der quadrierten Momentanwerte eines Ereignisses im Bereich zwischen den Frequenzen f_1 und f_2 (siehe Abschnitt 4.3.4).

ANMERKUNG: Bei dieser Prüfung können die Effektivwerte von Beschleunigung, Geschwindigkeit und Auslenkung nach Anhang B, Abschnitt B.2.5 berechnet werden.

3.29 Standardabweichung σ (standard deviation) (ISO 2041, abgewandelt): In der Schwingtheorie ist der Mittelwert der Schwingung gleich Null. In diesem Fall ist die Standardabweichung gleich dem Effektivwert.

3.30 Statistische Genauigkeit (statistical accuracy): Verhältnis der wahren zur angezeigten spektralen Beschleunigungsdichte (siehe Abschnitt 4.3.5).

3.31 Statistischer Freiheitsgrad (statistical degree of freedom) (ISO 2041, abgewandelt): Bei der Bestimmung der spektralen Beschleunigungsdichte von stochastischen Daten mit einem Zeit-Mittelungsverfahren wird die wirkliche Anzahl der statistischen Freiheitsgrade hergeleitet aus der Filterbandbreite und der wirksamen Mittelungsdauer (siehe Abschnitt 4.3.5).

3.32 Frequenzzyklus (sweep cycle) (IEC 68-2-6): Ein Durchlauf im vorgegebenen Frequenzbereich, einmal in jeder Richtung, z. B. 5 Hz bis 500 Hz bis 5 Hz (siehe Anhang A, Abschnitt A.2.5).

3.33 Wahre spektrale Beschleunigungsdichte (true acceleration spectral density): Tatsächliche spektrale Beschleunigungsdichte einer stochastischen Schwingung, die auf den Prüfling wirkt (siehe Abschnitt 4.3.6).

3.34 Fensterfunktion (window function) (ISO 2041): Korrekturfunktion zur Verringerung der Abweichungen bei der Berechnung der im Zeitbereich gewichteten Werte (siehe Abschnitt 4.3.6.2).

4 Prüfanforderungen

4.1 Allgemeines

Die geforderten Eigenschaften gelten für die gesamte Schwinganlage einschließlich Leistungsverstärker, Schwingerreger, Aufspannvorrichtung, Prüfling und Regeleinrichtung, zusammengestellt für die vorgesehene Beanspruchung.

Diese Prüfung enthält zwei Prüfverfahren.

Verfahren 1: Prüfung nur mit Breitbandrauschen. Die Einzelbestimmung kann jedoch eine Untersuchung des Schwingverhaltens mit sinus- oder rauschförmiger Anregung vor oder vor und nach dem Breitbandrauschen vorgeben (siehe Abschnitte 8.2 und 8.6).

Verfahren 2: Vor der Beanspruchung mit Breitbandrauschen wird das Schwingverhalten untersucht. Dies kann mit sinusförmiger oder rauschförmiger Anregung durchgeführt werden und dient der Bestimmung der Resonanz mit der geringsten Halbwertsbreite. In besonderen Fällen darf die Einzelbestimmung eine abschließende Untersuchung des Schwingverhaltens vorsehen (siehe Abschnitt 8.6).

4.2 Untersuchung des Schwingverhaltens

Die Anforderungen für die sinusförmige Anregung sind von der Prüfung F_c (IEC 68-2-6), diejenigen für die rauschförmige Anregung aus dem Abschnitt 4.3 abgeleitet. Beide werden im Anhang A beschrieben.

4.3 Prüfung mit rauschförmiger Anregung

4.3.1 Grundbewegung

Die Grundbewegung der in der Einzelbestimmung festgelegten Befestigungspunkte des Prüflings muß gleich, geradlinig und von stochastischer Natur sein. Die Augenblickswerte der Beschleunigung müssen eine Normalverteilung (Gauß) haben. Wenn völlig gleiche Bewegungen nicht erreichbar sind, muß die Mehrpunktregelung angewendet werden.

4.3.2 Querbewegung

Die spektrale Beschleunigungsdichte darf den vorgegebenen Wert an den Kontrollpunkten in keiner Richtung senkrecht zu den vorgegebenen Achsen um mehr als 5 dB überschreiten. Die zugehörige Effektivbeschleunigung darf nicht größer sein als 50 % des vorgegebenen Wertes für die Grundbewegung. In Sonderfällen, z. B. bei kleinen Prüflingen, darf die Einzelbestimmung verlangen, daß die spektrale Beschleunigungsdichte der Querbewegungen den Wert der Grundbewegung um nicht mehr als 3 dB überschreitet.

Bei einigen Frequenzen oder bei großen oder schweren Prüflingen könnte es schwierig sein, diese Werte einzuhalten. In solchen Fällen muß die Einzelbestimmung angeben ob:

- a) alle Querbewegungen, welche die oben angegebene Grenze überschreiten, im Prüfbericht angegeben werden müssen, oder
- b) Querbewegungen, die unschädlich für den Prüfling sind, nicht berücksichtigt zu werden brauchen.

4.3.3 Verteilung

Am Bezugspunkt muß eine Normalverteilung der Augenblickswerte der Beschleunigung innerhalb des Toleranzbereiches nach Bild 1 vorliegen. Bei den meisten Prüfanlagen für Breitbandrauschen liegt die Verteilung innerhalb dieses Bereiches. Eine Überprüfung ist daher nur im Rahmen der üblichen Kalibrierungen erforderlich (siehe Anhang B, Abschnitt B.2.2).

Wenn für die Regelung ein Fiktivpunkt verwendet wird, gelten die Anforderungen an die Verteilung für alle Kontrollpunkte, die für die Regelung der spektralen Beschleunigungsdichte verwendet werden.

Der Wert für den Crest-Faktor oder die Spitzenwertbegrenzung muß von der Einzelbestimmung angegeben werden. Er sollte mindestens 2,5 betragen. Der Beschleunigungsverlauf an den Kontrollpunkten sollte beobachtet werden, um sicherzustellen, daß Spitzen von mindestens dem 2,5fachen des vorgegebenen Effektivwertes der Anregung vorhanden sind.

4.3.4 Grenزابweichungen der Schwingungen

Für die Instrumentenabweichung darf der Unterschied zwischen der angezeigten von der vorgegebenen spektralen Beschleunigungsdichte im Bereich zwischen f_1 und f_2 (siehe Bild 2) an den Kontroll- und Bezugspunkten in der vorgegebenen Achse nicht größer als ± 3 dB sein (siehe Anhang B, Abschnitt B.2.3.2). Die zufällige und die systembedingte Abweichung sind in dem vorgegebenen Toleranzbereich nicht enthalten. Die zufällige Abweichung kann berechnet werden (siehe Anhang B, Abschnitt B.2.3.3). Wenn das Verfahren 2 angewendet wird, muß die Einzelbestimmung die höchste zulässige systembedingte Abweichung angeben (siehe Abschnitt 8.1 und Anhang B, Abschnitt B.2.3.4).

Die für den Bereich zwischen f_1 und f_2 berechnete oder gemessene Effektivbeschleunigung muß innerhalb ± 10 % des Wertes liegen, der zur vorgegebenen spektralen Beschleunigungsdichte gehört.

Bei einigen Frequenzen oder bei großen oder schweren Prüflingen könnte es schwierig sein, diese Werte einzuhalten. Für solche Fälle sollte die Einzelbestimmung größere Grenزابweichungen zulassen.

Der Anstieg des Spektrums muß $+6$ dB/Oktave, der Abfall des Spektrums darf nicht steiler als -24 dB/Oktave sein (siehe Anhang B, Abschnitt B.2.4).