

Schwingungsmeßeinrichtungen

Begriffe

DIN
45661

ICS 01.040.17; 17.160

Ersatz für Ausgabe 1962-09

Deskriptoren: Schwingungsmessung, Schwingungsmesser, Schwingungsmeßgerät,
Meßeinrichtung, Begriffe

Vibration measuring instrumentation – Vocabulary
Appareillage de mesure des vibrations – Vocabulaire

Vorwort

Diese Norm ist im Gemeinschaftsausschuß NALS/VDI C 2 "Schwingungsmeßtechnik" erarbeitet worden. Die grundlegende Überarbeitung der früheren Ausgabe von DIN 45661 erfolgte zum Teil parallel mit den Arbeiten an der zweiten Ausgabe von DIN 45662. Aus dieser sowie aus der Neuausgabe von DIN 1319-1 und weiteren Normen wurde eine Reihe von Begriffen in die vorliegende Norm übernommen, oder es wurde auf sie verwiesen. Darüber hinaus schließt diese Neuausgabe von DIN 45661 bisher offene Definitionslücken in Normen und macht gängige Begriffe der Meßtechnik eindeutig zitierbar.

Zusammenhang mit der von der International Organization for Standardization (ISO) herausgegebenen Internationalen Norm ISO 2041 : 1990: Die in der vorliegenden Norm festgelegten Begriffe stehen nicht in Widerspruch zu den Begriffen von ISO 2041 : 1990; die in der deutschen Sprache gebräuchlichen Begriffe sind jedoch hinsichtlich ihrer Untergliederung und Detaillierung nicht mit denjenigen von ISO 2041 identisch. Da aus Gründen internationaler Kommunikation gleichwohl Interesse an einer Übersetzung besteht, soll eine deutsche Fassung von ISO 2041 als nichtnormatives Beiblatt zur Normenreihe DIN 1311 herausgegeben werden. Die vorliegende Norm stimmt insoweit inhaltlich mit den entsprechenden Festlegungen in den Internationalen Normen ISO 2041 : 1990 und IEC 50(801) : 1994 im wesentlichen überein.

Die vorliegende Norm gliedert sich in drei Abteilungen:

Abschnitt 3: Allgemeine Begriffe

Abschnitt 4: Begriffe zur Kennzeichnung der Eigenschaften von Schwingungsaufnehmern

Abschnitt 5: Begriffe zur Kennzeichnung der Eigenschaften von Schwingungsmeßeinrichtungen

Das Stichwortverzeichnis erleichtert das Auffinden der gesuchten Definitionen.

Änderungen

Gegenüber der Ausgabe September 1962 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Der Inhalt wurde vollständig überarbeitet. Dabei wurde der Begriffsschatz erweitert, und einige Begriffe wurden durch Bilder verdeutlicht.

Frühere Ausgaben

DIN 45661: 1962-09

Fortsetzung Seite 2 bis 12

Normenausschuß Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

1 Anwendungsbereich

Diese Norm definiert und erläutert die wesentlichen Begriffe und Kenngrößen zur Beschreibung von Meßeinrichtungen für mechanische Schwingungen und Stöße. Sie enthält weiterhin Erläuterungen zu den Störeinflüssen, die bei den Messungen auftreten können und gegebenenfalls zu berücksichtigen sind. Diese Norm bildet damit die Grundlage für eine einheitliche und eindeutige Beschreibung der Meßeinrichtungen in bezug auf ihre relevanten Eigenschaften.

Diese Norm beschränkt sich auf Meßeinrichtungen für kinematische Schwingungsgrößen. Stöße werden als transiente Schwingungen von kurzer Dauer verstanden. Im folgenden beinhaltet das Wort Schwingungen also auch Stöße.

Grundanforderungen und Prüfungen der Eigenschaften von Schwingungsmeßeinrichtungen sind in DIN 45662 festgelegt.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur dann zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

DIN 1319-1 : 1995-01

Grundlagen der Meßtechnik – Teil 1: Grundbegriffe

DIN 5485 : 1986-08

Benennungsgrundsätze für physikalische Größen – Wortzusammensetzungen mit Eigenschafts- und Grundwörtern

DIN 45662 : 1996-12

Schwingungsmeßeinrichtungen – Allgemeine Anforderungen und Prüfung

DIN EN 21683 : 1994-09

Akustik – Bevorzugte Bezugswerte für akustische Pegel (ISO 1683 : 1983); Deutsche Fassung EN 21683 : 1994

E DIN ISO 5348

Mechanische Schwingungen und Stöße – Mechanische Ankopplung von Beschleunigungsaufnehmern (ISO/FDIS 5348)

DIN IEC 268-3 : 1993-11

Elektroakustische Geräte – Verstärker; Identisch mit IEC 268-3 : 1988

3 Allgemeine Begriffe

3.1 Größen, Werte und Signale in der Meßtechnik

3.1.1 Eingangsgröße: bei einer Meßeinrichtung (siehe 3.3.1) eine physikalische Größe, die für das Ergebnis einer Messung allein oder zusammen mit weiteren Eingangsgrößen maßgeblich ist.

ANMERKUNG: Eine zeitabhängige Eingangsgröße wird zum Teil auch als Eingangssignal bezeichnet, obwohl das eigentlich erst nach ihrer Umsetzung in einem Aufnehmer (Abbildung auf einen Informationsträger, siehe 3.1.8) korrekt wäre.

3.1.2 Schwingungsgröße: eine Eingangsgröße, die zum Beschreiben einer mechanischen Schwingung dient, oder eine daraus abgeleitete Größe.

ANMERKUNG: Obwohl in dieser Norm eigentlich nur kinematische Schwingungsgrößen behandelt werden (siehe Tabelle 1), sind die hier definierten Begriffe auch auf dynamische Schwingungsgrößen, wie Kraft, Drehmoment, Druck, anwendbar.

3.1.3 Ausgabegröße: eine Größe, die in der Meßeinrichtung aus der oder den Eingangsgröße(n) gebildet und direkt oder indirekt ausgegeben wird.

(Siehe auch den Begriff "Ausgabe" in DIN 1319-1 : 1995-01.)

ANMERKUNG 1: Ausgabegröße ist somit ein Oberbegriff für

a) Meßgrößen im traditionellen Sinn (siehe DIN 1319-1), also durch Messung erfaßte physikalische Grundgrößen und daraus nach physikalischen Gesetzmäßigkeiten abgeleitete Größen;

b) Signalkenngrößen nach 3.1.4;

c) Beurteilungsgrößen nach 3.1.5;

d) Ausgangsgrößen, soweit sie Größen nach a) bis c) an Analog- oder Digitalausgängen repräsentieren (siehe DIN 1319-1).

ANMERKUNG 2: Angezeigte oder grafisch registrierte Ausgabegrößen nach a), b) oder c) werden manchmal auch einfach als Anzeigegrößen bezeichnet, ihre Konkretisierungen als Anzeigewerte.

3.1.4 Signalkenngröße: eine durch eine feste Bildungsvorschrift (Algorithmus oder Anweisungen zur Signalverarbeitung) aus einer oder mehreren Eingangsgröße(n) abgeleitete Größe.

ANMERKUNG 1: Der Begriff Signalkenngröße impliziert in der Regel eine Zeitabhängigkeit wenigstens einer ihrer Eingangsgrößen (siehe auch 3.1.7).

ANMERKUNG 2: Eine Signalkenngröße kann – anders als ein Signalparameter (siehe 3.2.3) – neben datenreduzierenden Schritten der Signalverarbeitung (z. B. Bildung des Effektiv- oder des Spitzenwertes) durchaus auch reversible Schritte, d. h. solche ohne Datenreduzierung, umfassen (z. B. Frequenzbewertung).

3.1.5 Beurteilungsgröße: eine Signalkenngröße (siehe 3.1.4) oder eine auf ähnliche Weise aus zeitunabhängigen Eingangsgrößen abgeleitete Größe, die es ermöglichen soll, Ursachen oder Wirkungen der Eingangsgrößen zu beurteilen, d. h. auf bestimmte Zustände oder Eigenschaften von Objekten zu schließen oder bestimmte Reaktionen oder Veränderungen betroffener Objekte zu prognostizieren.

ANMERKUNG 1: Eine Beurteilungsgröße hat – ebenso wie eine Signalkenngröße – alle Merkmale einer physikalischen Größe, ungeachtet ihrer Treffsicherheit. Die Bildungsvorschrift, die den Zusammenhang zwischen Eingangsgröße(n) und Beurteilungsgröße herstellt, orientiert sich häufig an Modellvorstellungen über zugrundeliegende Wirkungsmechanismen und enthält in der Regel auch aus der Erfahrung abgeleitete, physikalisch nicht begründbare Elemente.

ANMERKUNG 2: Eine eventuell an die Messung sich regelmäßig anschließende weitere Auswertung wird zweckmäßigerweise in die Bildungsvorschrift für eine umfassender definierte Beurteilungsgröße einbezogen.

3.1.6 Ausgabewert: ein fester Repräsentant oder eine situationsabhängige Konkretisierung einer Ausgabegröße, dargestellt durch Zahlenwert mal Einheit.

ANMERKUNG 1: Siehe auch 3.1 und 3.2 von DIN 1319-1 : 1995-01.

ANMERKUNG 2: Ausgabewerte von Signalkenn-/Beurteilungs-/Ausgangsgrößen werden auch Signalkennwerte, Beurteilungswerte bzw. Ausgangswerte genannt.

ANMERKUNG 3: Der Beurteilungswert ist in existierenden Normen zum Teil enger definiert, so daß zusätzliche Auswerteschritte erforderlich sind, um zu einem endgültigen Beurteilungswert zu gelangen (siehe auch Anmerkung 2 zu 3.1.5).

3.1.7 Meßsignal: eine zu messende zeitabhängige Größe oder eine daraus abgeleitete Größe, deren Werte in ihrem zeitlichen Verlauf auf einen Informationsträger (siehe 3.1.8) abgebildet sind. Die Abbildung kann kontinuierlich oder diskontinuierlich (zeit- und/oder wertdiskret) erfolgen. Sie kann ständig aktualisiert werden (Echtzeitsignale) oder der temporären oder permanenten Speicherung dienen.

ANMERKUNG 1: Ein Meßsignal wird häufig spezifischer nach der zugehörigen Eingangsgröße benannt (z. B. Beschleunigungssignal, Drucksignal), nach seinem sachlichen Anwendungsbereich (z. B. Schwingungssignal) oder nach seiner Lokalisierung auf dem Signalpfad (siehe 3.2.1) (z. B. Ausgangssignal).

Ein Meßsignal hat stets die Dimension der von ihm repräsentierten Größe, ungeachtet seines Informationsträgers (seiner physikalischen Realisierung). Dimensionsverändernde Rechenschritte in der Signalverarbeitung (siehe 3.2), z. B. Quadrieren oder Dividieren durch eine andere Größe, ändern die Dimension des Meßsignals auf dem Signalpfad entsprechend.

ANMERKUNG 2: Eine Frequenzbewertung läßt die Dimension auch dann unverändert, wenn sie das Meßsignal zu einer anderen physikalischen Größe proportional macht (z. B. Umwandeln der Beschleunigung in Geschwindigkeit durch Frequenzbewertung anstatt durch Integration).

ANMERKUNG 3: Wird ausnahmsweise ein Ausgangssignal an einem analogen Signalausgang in der Dimension seines physikalischen Informationsträgers angegeben, z. B. als elektrische Spannung in Volt, sollte der Übertragungskoeffizient vom eigentlichen Meßsignal am Ausgang (also der Ausgabegröße) zum Ausgangssignal bekannt sein.

3.1.8 Informationsträger für Meßsignale:

- a) physikalische Größen, deren Werte den Werten der abzubildenden Größe eindeutig zugeordnet sind: analoge Meßsignale;
- b) Zahlenfolgen (meistens durch Wertesprünge einer physikalischen Größe in Binärziffern dargestellt), die diskreten Werten der abzubildenden Größe – z. B. durch periodische Abtastung gewonnen – eindeutig zugeordnet sind: digitale Meßsignale.

ANMERKUNG 1: Im Gegensatz zu a) sind im Fall b) die Werte der informationstragenden physikalischen Größe (z. B. Spannungsimpulse auf Leitungen oder magnetische Flußdichte-Zonen auf Disketten) unkritisch, wenn sie nur in ihren Stufen eine eindeutige Unterscheidung der Ziffern erlauben. Während die Abbildung im Fall b) grundsätzlich diskontinuierlich (zeit- und wertdiskret) erfolgt, liegt im Fall a) meistens eine kontinuierliche Abbildung vor. (Ausnahmen sind z. B. Pulsphasen- und Pulsamplitudenmodulation.) Diskontinuierliche Abbildungen unterliegen Begrenzungen, die aus der Abtastung resultieren.

ANMERKUNG 2: Auch eine zeitabhängige Ausgabegröße oder eine Folge von Ausgabewerten (z. B. grafisch aufgezeichnet, gesprochen oder gedruckt) sowie zeitabhängige Zwischengrößen der Signalverarbeitung stellen Meßsignale dar. Die Definition des Meßsignals in dieser Norm abstrahiert also – anders als DIN 1319-1 – von dem jeweiligen Informationsträger und ist somit für analoge wie für digitale

Signale gleichermaßen passend. Für die Beschreibung des Soll-Verhaltens einer Meßeinrichtung ist die Abbildung der Meßsignale auf Informationsträger ohnehin belanglos, sofern nicht gerade ein Ausgang angesprochen ist.

3.2 Begriffe der Signalverarbeitung

3.2.1 Signalverarbeitung: Gewinnung einer Ausgabegröße aus der oder den Eingangsgröße(n) nach einem vorgegebenen Algorithmus oder Verfahren. Diese dienen zur Beschreibung des Soll-Verhaltens einer Meßeinrichtung.

Entsprechend den abgrenzbaren Funktionseinheiten einer Meßeinrichtung wird die Signalverarbeitung in Schritte unterteilt. Die Reihenfolge der Schritte ist in der Regel:

- a) Schritte der linearen Signalverarbeitung; das sind solche, die ein lineares Übertragungssystem bewirken kann;
- b) Schritte der nichtlinearen Signalverarbeitung; das sind alle anderen außer a).

ANMERKUNG 1: Die aufeinanderfolgenden Schritte der Signalverarbeitung werden häufig als Signalpfad dargestellt.

ANMERKUNG 2: Ein lineares Übertragungssystem ist dadurch gekennzeichnet, daß die Überlagerung (Linearkombination) mehrerer Funktionen (Signale) zum gleichen Ergebnis führt, gleichgültig ob die Überlagerung vor oder nach der Übertragung erfolgt. Sinusfunktionen bleiben bei der linearen Übertragung als solche erhalten, können aber ihre Amplitude und Phasenlage ändern.

3.2.2 Schritte der linearen Signalverarbeitung

3.2.2.1 Bandbegrenzung: Abschwächung von Frequenzkomponenten im Ausgangssignal außerhalb des Arbeitsfrequenzbereichs. Sie wird durch Hoch- und Tiefpaßfilterung bewirkt und durch die Grenz- oder Eckfrequenzen sowie die Flankensteilheiten beschrieben. Zur vollständigen Beschreibung gehört auch die Art der Filtercharakteristik (z. B. Butterworth).

3.2.2.2 Arbeitsfrequenzbereich: Die Spanne zwischen den Grenz- oder Eckfrequenzen.

ANMERKUNG: In Anwendungsnormen ist der Arbeitsfrequenzbereich teilweise abweichend definiert.

3.2.2.3 Frequenzbewertung: frequenzabhängige Gewichtung der im Schwingungssignal enthaltenen Frequenzkomponenten mit dem Ziel, wirkungsorientierte Meßwerte zu erhalten. Die Frequenzbewertungsfunktion ist eine dimensionslose komplexe Funktion der Frequenz. Das Produkt dieser Funktion mit den Bandbegrenzungsfunktionen (Hoch- und Tiefpaß) beschreibt nach Betrag und Phase den Frequenzgang der linearen Signalverarbeitung einschließlich Aufnahme.

3.2.2.4 Normierung: Division eines Meßsignals durch eine **Normierungsgröße**, vorzugsweise der gleichen Größenart wie das Meßsignal. (Siehe auch DIN 5485.)

ANMERKUNG 1: Die Normierung dient als Signalverarbeitungsschritt zur gezielten Veränderung der Dimension und/oder der Zahlenwerte einer Beurteilungsgröße. So kann man insbesondere Beurteilungsgrößen dimensionslos machen und/oder unterschiedliche Beurteilungsgrößen auf ein wirkungsäquivalentes Niveau bringen (z. B. *K*-Werte für verschiedene Einwirkungen auf den Menschen nach VDI 2057). Die Dimensionsbefreiung ist auch Voraussetzung für die Bildung eines logarithmischen Pegels, ein gerade bei Beurteilungsgrößen gerne angewandter Verfahrensschritt der Signalverarbeitung.

ANMERKUNG 2: Eine Normierungsgröße hat nur einen Repräsentanten, nämlich ihren Normierungswert. Dieser dient zum nachträglichen rechnerischen Normieren von Ausgabewerten, sofern man das überhaupt von der Normierung auf dem Signalpfad begrifflich unterscheiden will.

3.2.3 Schritte der nichtlinearen Signalverarbeitung

Die nichtlineare Signalverarbeitung dient meistens zur Extraktion bestimmter Werte oder Funktionen (auch Signalparameter genannt) aus der Zeitfunktion des Signals. Dieser Vorgang wird auch Detektion genannt. Gebräuchliche Signalparameter sind:

- a) Intervall-Effektivwert;
- b) gleitender Effektivwert;
- c) maximaler Effektivwert;
- d) Spitzenwert.

3.2.3.1 Intervall-Effektivwert eines Meßsignals $u(t)$ für das Zeitintervall $0 \leq t \leq T$: ein nach Gleichung (1) gebildeter Wert

$$u_{\text{rms},T} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} \quad (1)$$

Dabei ist:

- t Integrationsvariable;
- T Zeitintervall, Mittelungsdauer.

ANMERKUNG 1: Weitere im deutschen Sprachraum gebräuchliche Bezeichnungen für $u_{\text{rms},T}$ sind: $u_{\text{eff},T}$, u_T und $U_{\text{eff},T}$. (Englisch: rms = root mean square)

Bei periodischen Schwingungen $u(t)$ ist die Mittelungsdauer gleich der Periodendauer oder ganzzahligen Vielfachen davon. Bei nichtperiodischen Schwingungen ist die Dauer T zu vereinbaren und anzugeben. In diesem Fall sollte besser die Bezeichnung $u_{\text{eq},T}$ verwendet werden. Dabei kann $u_{\text{eq},T}$ als der Intervall-Effektivwert eines konstanten oder eines gleichbleibenden periodischen Signals verstanden werden, das im Hinblick auf die im Zeitintervall T übertragene Energie dem zu messenden Signal $u(t)$ gleichwertig (äquivalent, englisch: equivalent) ist.

ANMERKUNG 2: Traditionell ist für den Intervall-Effektivwert die einfache Bezeichnung "Effektivwert" gebräuchlich, die jedoch zum Teil undifferenziert auch für den gleitenden Effektivwert benutzt wird. Die Benennungen "Intervall-Effektivwert" und "gleitender Effektivwert" sollen zur Vereinheitlichung beitragen. Andere Bezeichnungsweisen – sofern überhaupt begrifflich getrennt wird – sind z. B.:

"energieäquivalenter Wert" oder "linearer (linear gemittelter) Effektivwert" (für den Intervall-Effektivwert) bzw.

"exponentiell zeitbewerteter Effektivwert" oder "exponentiell gemittelter Effektivwert" (für den gleitenden Effektivwert).

3.2.3.2 Gleitender Effektivwert eines Meßsignals $u(t)$: eine nach Gleichung (2) gebildete Funktion der Zeit

$$u_{\text{rms},\tau}(t) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^t u^2(\xi) \cdot e^{-\frac{t-\xi}{\tau}} d\xi} \quad (2)$$

Dabei ist:

- t Beobachtungszeitpunkt;
- ξ Integrationsvariable;
- τ Zeitkonstante.

ANMERKUNG 1: Weitere im deutschen Sprachraum gebräuchliche Bezeichnungen für $u_{\text{rms},\tau}(t)$ sind: $u_{\text{eff},\tau}(t)$ und $\hat{u}_\tau(t)$. (Englisch: running rms)

Zur Angabe von gleitenden Effektivwerten als momentane Stichproben oder als Größtwerte gehört die Kenntnis der Zeitkonstante τ .

Die Bildung des gleitenden Effektivwertes läßt sich durch das Prinzipschaltbild nach Bild 1 realisieren.

ANMERKUNG 2: Andere gleitende Zeitfensterfunktionen (z. B. Rechteck) sind schwieriger zu realisieren, ohne meistens erkennbare Vorteile zu bieten.

ANMERKUNG 3: Der gleitende Effektivwert des Meßsignals $u(t)$ wird auch zeitbewertetes Meßsignal genannt.

ANMERKUNG 4: Siehe auch Anmerkung 2 in 3.2.3.1.

3.2.3.3 Maximaler Effektivwert eines Meßsignals $u(t)$: Größtwert des gleitenden Effektivwertes nach 3.2.3.2 innerhalb eines Beobachtungs-Zeitintervalls T :

$$u_{\tau,\text{max}} = \max \{u_{\text{rms},\tau}(t)\} \quad \text{für } 0 \leq t \leq T \quad (3)$$

ANMERKUNG: Hierfür wird auch die Benennung "Maximalwert des zeitbewerteten Meßsignals" verwendet.

Zur Angabe von $u_{\tau,\text{max}}$ gehört die Kenntnis des Beobachtungs-Zeitintervalls T und der Zeitkonstante τ .

3.2.3.4 Spitzenwert eines Meßsignals $u(t)$: sein maximaler Betrag innerhalb eines Beobachtungs-Zeitintervalls T :

$$u_{\text{peak}} = \max \{|u(t)|\} \quad \text{für } 0 \leq t \leq T \quad (4)$$

ANMERKUNG 1: Der Spitzenwert ist nicht nur vom Amplitudenfrequenzgang, sondern auch vom Phasenfrequenzgang der vorangehenden linearen Signalverarbeitung abhängig.

ANMERKUNG 2: Die in diesem Abschnitt an erster Stelle genannten Benennungen und Formelzeichen sind in Anlehnung an die international gebräuchlichen Wortbildungen mit "Peak" gewählt. In E DIN 1311-1 und DIN 5483-1 finden sich z. T. andere Bezeichnungen, wie $\hat{u}$, $\check{u}$ und $\hat{U}$.

Für bestimmte Anwendungen sind Varianten des Spitzenwertes gebräuchlich, die sich in ihrer Definition wie folgt unterscheiden (siehe Bild 2):

- a) In der Reaktion auf unterschiedliche Polaritäten:
 - 1) Absolutspitzenwert u_p oder Betragsmaximalwert $|u|_{\text{max}}$, vorzeichenunabhängig, wie durch Gleichung (4) definiert,
 - 2) Plusspitzenwert u_{p+} oder Maximalwert u_{max} , berücksichtigt nur positive Spitzen,
 - 3) Minusspitzenwert u_{p-} oder Minimalwert u_{min} , berücksichtigt nur negative Spitzen,
 - 4) Spitze-Tal-Wert oder Spitze-Spitze-Wert u_{pp} oder Schwingungsbreite, Absolutsumme von a2) und a3).

Für harmonische Schwingungen oder Sinussignale sind die Varianten a1), a2) und a3) identisch und werden als Amplitude bezeichnet, die Variante a4) als Doppelamplitude; eine weitere Unterscheidung nach b) entfällt.

- b) In der zeitlichen Nachwirkung:

- 1) Maximal-Spitzenwert = Größtwert in einem Zeitintervall bis zum Beobachtungszeitpunkt oder bis zum Rücksetzen,
- 2) gleitender Spitzenwert = Zeitfunktion, dem Signal im Anstieg unverzögert folgend, im Abfall jedoch schnellstens nach einer Exponentialfunktion mit fester Zeitkonstante Θ ,