

Schwingungslehre

Kinematische Begriffe

DIN
1311
Blatt 1

Vibration; kinematic definitions

1. Sinusschwingung, Sinusgröße

Läßt sich die Zeitabhängigkeit eines Vorganges durch eine Sinus- oder eine Cosinusfunktion beschreiben, deren Argument (siehe Abschnitt 1.5) eine lineare Funktion der Zeit ist, so heißt der Vorgang Sinusschwingung und die zugehörige physikalische Größe eine Sinusschwingungsgröße, kurz Sinusgröße (z. B. Sinusspannung).

Anmerkung 1: Die Tatsache, daß die Addition und Subtraktion zweier Sinusschwingungen gleicher Frequenz sowie deren Integration und Differentiation wieder zu Sinusschwingungen führt, macht die Sinusschwingung zur einfachsten Schwingungsform.

Anmerkung 2: Die Sinusschwingung wird auch harmonische Schwingung genannt. In der Akustik wird das Wort „harmonisch“ in Anlehnung an die musikalischen Intervalle benutzt, um auszusagen, daß die Frequenzen mehrerer Sinusschwingungen in ganzzahligen Verhältnissen zueinander stehen (siehe Abschnitte 3.2 und 3.3).

Anmerkung 3: In der Akustik wird die Sinusschwingung Ton genannt.

1.1. Amplitude

Der maximale Augenblickswert $\hat{x}$, der Scheitelwert einer Sinusgröße x (siehe Bild 1) heißt ihre Amplitude.

Anmerkung: Das Wort Amplitude soll nur bei den Scheitelwerten sinusförmiger oder zumindest sinusverwandter Schwingungen (siehe Abschnitt 2) benutzt werden.

1.2. Periodendauer

Die Zeit T ist der kürzeste Zeitabschnitt, nach welchem eine Schwingung (z. B. die Sinusschwingung in Bild 1) sich periodisch wiederholt, sie heißt Periodendauer, siehe auch Abschnitt 3.

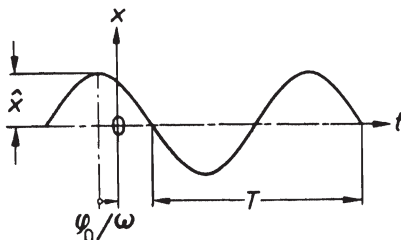


Bild 1. $\hat{x}$ Amplitude (siehe Abschnitt 1.1), T Periodendauer (siehe Abschnitt 1.2), φ_0 Nullphasenwinkel (siehe Abschnitt 1.5.1), ω Kreisfrequenz (siehe Abschnitt 1.4).

1.3. Frequenz, Periodenfrequenz

Der Kehrwert der Periodendauer T heißt Frequenz f . Will man den Unterschied dieser Frequenz gegenüber der in Abschnitt 1.4 definierten Kreisfrequenz oder Winkelfrequenz hervorheben, so wird sie Periodenfrequenz genannt.

Die SI-Einheit s^{-1} der Periodenfrequenz wird Hertz (Einheitenzeichen: Hz) genannt.

1.4. Kreisfrequenz, Winkelfrequenz

Das 2π -fache der Periodenfrequenz heißt Kreisfrequenz oder Winkelfrequenz (Formelzeichen ω).

Anmerkung 1: Die Wahl des auch für die Winkelgeschwindigkeit üblichen Buchstabens ω für die Kreisfrequenz oder Winkelfrequenz beruht auf der in Abschnitt 1.5 erwähnten, in Bild 2 wiedergegebenen Darstellung einer Sinusschwingung als Projektion eines rotierenden Zeigers, bei dem der Zahlenwert seiner Winkelgeschwindigkeit in rad/s gleich dem Zahlenwert der Kreisfrequenz oder Winkelfrequenz in s^{-1} ist.

Anmerkung 2: Der bisher übliche Name Kreisfrequenz ist an die erste Stelle gesetzt; da dieser Ausdruck aber zu dem Mißverständnis verleitet, daß die Frequenz der umfahrenden Vollkreise gemeint sei, wird der Name Winkelfrequenz empfohlen. Dabei steht Winkelfrequenz kurz für Einheitswinkel-Frequenz.

1.5. Phasenwinkel

Das Argument der Sinus- oder Cosinusfunktion heißt Phasenwinkel φ . Die Einheit Radiant wird hierbei durch 1 ersetzt.

Der Phasenwinkel tritt bei der Darstellung einer Sinusschwingung durch Projektion der Drehung eines Zeigers als ebener Winkel zwischen Zeiger und Projektionsachse in Erscheinung (siehe Beispiel in Bild 2). Zum Begriff „Phase“ siehe Abschnitt 3.4 sowie DIN 40 108, Ausgabe Juni 1966, Abschnitt 1.2.

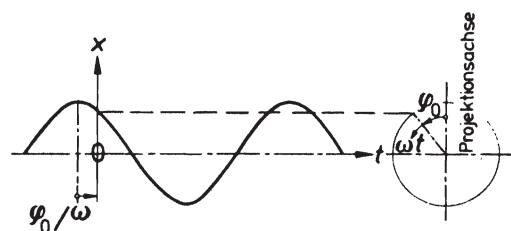


Bild 2.

Fortsetzung Seite 2 bis 5

1.5.1. Nullphasenwinkel

Wird der Zeitverlauf der Sinusgröße x mit den Festlegungen nach den Abschnitten 1.2, 1.3 und 1.4 als Cosinusfunktion geschrieben:

$$\begin{aligned} x &= \hat{x} \cos(\varphi_0 + 2\pi t/T) = \\ &= \hat{x} \cos(\varphi_0 + 2\pi f t) = \\ &= \hat{x} \cos(\varphi_0 + \omega t), \end{aligned} \quad (1)$$

so heißt der dabei für $t = 0$ auftretende Phasenwinkel der Nullphasenwinkel φ_0 .

1.5.2. Phasenverschiebungswinkel

Unterscheiden sich zwei Sinusgrößen gleicher Frequenz durch ihre Nullphasenwinkel, so heißen sie phasenverschoben; dabei heißt jene voreilend (nacheilend), deren jeweilige Phasen (z. B. Höchstwert) innerhalb einer halben Periodendauer früher (später) eintreten.

Die Differenz $\Delta\varphi$ der Nullphasenwinkel heißt Phasenverschiebungswinkel.

1.6. Phasenzzeit

Die Zeit

$$t = \varphi/\omega, \quad (1a)$$

die dem Phasenwinkel entspricht, heißt Phasenzzeit. Ausgezeichnete Phasenzeiten sind Nullphasenzzeit und Phasenverschiebungszeit.

1.6.1. Nullphasenzzeit

Die Nullphasenzzeit t_0 ist dem Nullphasenwinkel gemäß

$$t_0 = \varphi_0/\omega \quad (1b)$$

zugeordnet.

1.6.2. Phasenverschiebungszeit

Die Phasenverschiebungszeit Δt ist dem Phasenverschiebungswinkel $\Delta\varphi$ gemäß

$$\Delta t = \Delta\varphi/\omega \quad (1c)$$

zugeordnet.

1.7. Komplexe Amplitude, Zeiger

Wird die Sinusgröße als Cosinusfunktion gemäß Gleichung (1) in der Form

$$\begin{aligned} x &= \operatorname{Re} \{ \hat{x} e^{j(\varphi_0 + \omega t)} \} = \\ &= \operatorname{Re} \{ \hat{x} e^{j\varphi_0} e^{j\omega t} \} = \\ &= \operatorname{Re} \{ \underline{\hat{x}} e^{j\omega t} \} \end{aligned} \quad (2)$$

angegeben, so heißt die komplexe Größe

$$\underline{\hat{x}} = \hat{x} e^{j\varphi_0}, \quad (3)$$

welche die Sinusgröße hinsichtlich Amplitude und Nullphasenwinkel kennzeichnet, ihre komplexe Amplitude oder ihr Zeiger (siehe DIN 5483 und DIN 5475 Blatt 1).

Anmerkung 1: Gleichung (2) entspricht der in Bild 2 gezeigten Projektion des rotierenden Zeigers, wobei die Projektionsachse als reelle Achse angenommen ist, die dort mit Rücksicht auf die daneben gezeichnete Sinusschwingung senkrecht gestellt ist.

Anmerkung 2: Um die komplexe Amplitude von der Amplitude zu unterscheiden, empfiehlt es sich, eine der Kennzeichnungen komplexer Größen zu verwenden, z. B. die Unterstreichung (siehe DIN 5483).

Anmerkung 3: Dem Brauch in der Elektronik folgend wurde — mit Rücksicht auf die Verwendung des Buchstabens i für die Stromstärke — der Buchstabe j für die imaginäre Einheit verwendet.

2. Sinusverwandte Schwingungen

Eine Schwingung heißt sinusverwandte Schwingung, wenn die in Gleichung (1) als konstant eingeführte Amplitude, verglichen mit der Periodendauer einer Einzelschwingung, sich langsam ändert oder/und wenn der Phasenwinkel innerhalb einer Periode nur wenig von der linearen Zunahme mit der Zeit abweicht (siehe Beispiel in Bild 3).

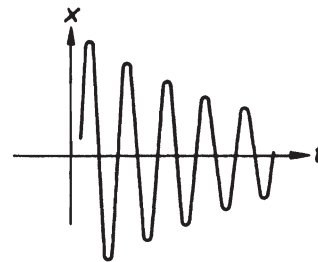


Bild 3.

Anmerkung: Die hierbei zweckmäßigen Benennungen sind in DIN 5488 aufgeführt. Hinsichtlich der sinusverwandten Schwingung mit abklingender Amplitude, die auch kurz abklingende Schwingung genannt wird, finden sich auch Angaben in DIN 1311 Blatt 2 (z. Z. Entwurf November 1972), Abschnitt 1.2.2.

3. Allgemeine periodische Schwingungen

Ein Vorgang, bei welchem die schwingende Größe x einen periodischen Zeitverlauf (siehe Bild 4) hat

$$x(t) = x(t + nT) \quad (4)$$

(n ganze Zahl, T Periodendauer nach Abschnitt 1.2), heißt periodische Schwingung (siehe DIN 5488).

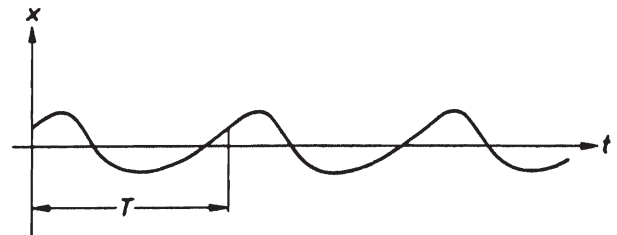


Bild 4.

Anmerkung: Meist ist diese allgemeine periodische Schwingung gemeint, wenn von Schwingung schlechthin gesprochen wird. Vielfach wird als Schwingung auch jeder nichtperiodische Vorgang angesehen, bei dem die schwingende Größe abwechselnd zu- und abnimmt. Es ist deshalb zweckmäßig, den Begriff noch weiter zu fassen (siehe Anmerkung zu Abschnitt 4).

3.1. Pulsschwingung, Puls

Ein periodischer Vorgang, dessen Augenblickswert x innerhalb einer Periodendauer T nur während eines Zeitabschnitts $\tau < T$ von Null verschiedene Werte annimmt (siehe Bild 5), heißt Puls. **Document** Puls (siehe DIN 5488, dort auch weitere Benennungen). **Document Sharing Hub**