1 Einführung

1.1 Physikalische Größen

Größe
Maßzahl, Einheit

Größe = Maßzahl · Einheit
Beispiel: Größen 100 V → Maßzahl 100; Einheit 1 V

Skalare

Größen, die allein durch ihre Maßzahl und Einheit bestimmt sind
Beispiele: Temperatur, Masse, Energie, Leistung, Widerstand

Vektoren

Größen, die außerdem noch eine Richtungsangabe benötigen.
Beispiele: Kraft, Geschwindigkeit, elektrische und magnetische Feldstärke

1.2 SI-System

SI-Basisgrößen		SI-Basiseinheiten	
Name	Zeichen	Name	Zeichen
Zeit	t	Sekunde	s
Länge	l	Meter	m
Masse	m	Kilogramm	kg
Stromstärke	I	Ampere	A
Temperatur	T	Kelvin	K
Lichtstärke	I_L	Candela	cd
Stoffmenge	n	Mol	mol

SI-Vorsätze					
Potenz	Name	Zeichen	Potenz	Name	Zeichen
10^{18}	Exa	E	10^{-1}	Dezi	d
10^{15}	Peta	P	10^{-2}	Zenti	c
10^{12}	Tera	T	10^{-3}	Milli	m
10^{9}	Giga	G	10^{-6}	Mikro	m
10^{6}	Mega	M	10^{-9}	Nano	n
10^{3}	Kilo	k	10^{-12}	Piko	p
10^{2}	Hekto	h	10^{-15}	Femto	f
10^{1}	Deka	da	10^{-18}	Atto	a

2 Mechanik

2.1 Kinematik

2.1.1 Gleichförmige Bewegung

Geschwindigkeit

Bei einer gleichförmigen Bewegung ist die Geschwindigkeit konstant und der Quotient aus zurückgelegtem Weg und der dafür benötigten Zeit

$$v = \frac{s}{t}$$

s zurückgelegter Weg in m
s_0 Strecke zur Zeit $t = 0$ in m
v Geschwindigkeit in m/s
t benötigte Zeit in s

2.1.2 Gleichmäßig beschleunigte Bewegung

Geschwindigkeit

v Geschwindigkeit in m/s

$$v = \frac{ds}{dt} = \dot{s}$$

W. Plaßmann, D. Schulz (Hrsg.), *Formeln und Tabellen Elektrotechnik,*
DOI 10.1007/978-3-8348-2023-5_2, © Springer Fachmedien Wiesbaden 2014

Physik
Mechanik

Beschleunigung	a Beschleunigung in m/s^2	$a = \frac{dv}{dt} = \dot{v} = \ddot{s}$
Zurückgelegter Weg	s Ort in m s_0 Strecke zur Zeit t = 0 in m v_0 Anfangsgeschwindigkeit in m/s a Beschleunigung in m/s^2 t benötigte Zeit in s	$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$
Erreichte Geschwindigkeit	v Geschwindigkeit in m/s v_0 Anfangsgeschwindigkeit in m/s a Beschleunigung in m/s^2 t benötigte Zeit in s	$v = v_0 + at$
2.1.3 Freier Fall		
Fallzeit	g Erdbeschleunigung = 9,81 m/s^2 h Fallhöhe in m	$t_F = \sqrt{\frac{2h}{g}}$
Geschwindigkeit beim Auftreffen	v_e Endgeschwindigkeit in m/s	$v_e = \sqrt{2hg}$
2.1.4 Senkrechter Wurf		
Flughöhe	h_s maximale Flughöhe in m t_F Flugzeit in s zum Auftreffen auf dem Boden in s	$h_s = h_0 + \frac{v_0^2}{2g}$
Flugzeit	v_e Endgeschwindigkeit in m/s h_0 Anfangshöhe in m v_0 Anfangsgeschwindigkeit in m/s	$t_F = \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2h_0 g}}{g}$
Geschwindigkeit beim Auftreffen	g Erdbeschleunigung = 9,81 m/s^2	$v_e = -\sqrt{v_0^2 + 2h_0 g}$
2.1.5 Schiefer Wurf		
Flughöhe	t_F Flugzeit in s v_0 Anfangsgeschwindigkeit in m/s	$h_{max} = h_0 + \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$
Flugzeit	h_0 Anfangshöhe in m α Startwinkel, gemessen gegen die Horizontale g Erdbeschleunigung = 9,81 m/s^2	$t_F = \frac{v_0 \cdot \sin\alpha}{g} + \frac{\sqrt{(v_0 \cdot \sin\alpha)^2 + 2gh_0}}{g}$
Flugweite	x_w Flugweite in m	$x_w = v_0 \cdot t_F \cdot \cos\alpha$

2.1.6 Kreisbewegung, Rotation		
Frequenz; Periodendauer	v_u Umfangsgeschwindigkeit in m/s	$f = \frac{1}{T}$
Bahngeschwindigkeit; Umfangsgeschwindigkeit	ω Winkelgeschwindigkeit oder Kreisfrequenz in 1/s φ Winkel im Bogenmaß, in rad	$v_u = \omega r$
Winkelgeschwindigkeit; Kreisfrequenz	r Radius des Kreises in m n Drehzahl in 1/min f Frequenz in Hz T Zeit für eine Umdrehung in s, Periodendauer α Winkelbeschleunigung in 1/s^2	$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ $\omega = 2\pi f$
2.2 Dynamik		
2.2.1 Newtonsche Axiome		
1. Axiom: Trägheitsgesetz	Jeder Körper beharrt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmig geradlinigen Bewegung, solange er nicht durch äußere Kräfte gezwungen wird, diesen Zustand zu ändern.	
2. Axiom: Aktionsgesetz	Die zeitliche Änderung der Bewegungsgröße (Impuls) ist gleich der resultierenden Kraft $\vec{F}$.	$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$ $\vec{p} = m\vec{v}$
3. Axiom: Wechselwirkungsgesetz actio = reactio	Wirkt ein Körper 1 auf einen Körper 2 mit der Kraft F_{12}, so wirkt der Körper 2 auf den Körper 1 mit einer gleich großen, entgegengesetzten Kraft F_{21}.	$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$
2.2.2 Kraft		
Einheit	Die Kraft $\vec{F}$ ist ein Vektor mit der Einheit |F| [F] = 1 N (Newton).	$1\,\text{N} = 1\frac{\text{kg m}}{\text{s}^2}$
Kraft	F Kraft in N m Masse in kg a Beschleunigung in m/s^2	$F = m a$
Rückstellkraft einer Feder	F_F Rückstellkraft einer Feder in N c Federkonstante in N/m x Auslenkung der Feder in m	$F_F = -c x$
Kräfte auf Schiefen Ebenen	F_H Hangabtriebskraft in N F_N Normalkraft in N m Masse in kg g Erdbeschleunigung α Neigungswinkel der Schiefen Ebene	$F_N = mg\cos\alpha$

Reibungskraft	F_R Reibungskraft in N F_N Normalkraft in N μ Reibungszahl	$F_R = \mu F_N$
Zentrifugalkraft	F_Z Zentrifugalkraft in N m Masse in kg ω Winkelgeschwindigkeit in 1/s r Radius des Kreises in m	$F_Z = m\,\omega^2\,r$
Gravitationskraft	F_G Gravitationskraft N γ Gravitationskonstante m_1 Masse 1 in kg m_2 Masse 2 in kg r_{12} Abstand zwischen den Massen in m Gravitationsgesetz	$F_G = \frac{\gamma\, m_1 m_2}{r_{12}^2}$ $\gamma = 6{,}67259 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{Nm}^2}{\mathrm{kg}^2}$
2.2.3 Impuls, Drehimpuls		
Impuls	p Impuls in kg m/s m Masse in kg v Geschwindigkeit in m/s Δp Impulsänderung in kg m/s Δt Zeitdifferenz in s	$p = m\,v$ $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$
Impulserhaltungssatz	Wirken auf ein System keine äußeren Kräfte, so ist der Gesamtimpuls konstant.	$p_1 + p_2 + p_3 + \ldots + p_n = \mathrm{const}$ oder $\sum_i p_i = \mathrm{const}$
Drehimpuls	L Drehimpuls in kg m^2/s J Trägheitsmoment in kg m^2 ω Winkelgeschwindigkeit in 1/s ΔL Drehimpulsänderung in kg m^2/s Δt Zeitdifferenz in s	$L = J\,\omega$ $M = \frac{\Delta L}{\Delta t}$
Drehimpulserhaltungssatz	Wirken auf ein System keine äußeren Drehmomente, so ist der Gesamtdrehimpuls konstant.	$L_1 + L_2 + L_3 + \ldots + L_n = \mathrm{const}$ oder $\sum_i L_i = \mathrm{const}$
2.2.4 Arbeit, Energie		
Einheit	Besitzt ein Körper Energie, so kann er Arbeit verrichten. Arbeit und Energie haben die gleiche Einheit. Es gibt verschiedene Energieformen.	$1\,\mathrm{J} = 1\,\mathrm{Nm} = 1\frac{\mathrm{kg\,m}^2}{\mathrm{s}^2}$ $[W] = 1\,\mathrm{Nm} = 1\,\mathrm{J}$ (Joule)
Arbeit, Energie	Arbeit = Kraft mal Weg W Energie in J F Kraft in N s Strecke in m	$W = F\,s$
Lageenergie oder potenzielle Energie	W_{pot} potenzielle Energie in J m Masse in kg g Erdbeschleunigung h Höhenunterschied in m	$W_{pot} = m\,g\,h$

Bewegungsenergie oder kinetische Energie, Translation	W_{kin}^{trans} Energie in J m Masse in kg v Geschwindigkeit in m/s	$W_{kin}^{trans} = \frac{1}{2} m\, v^2$
Bewegungsenergie oder kinetische Energie, Rotation	W_{kin}^{rot} Energie in J J Trägheitsmoment in kg m^2 ω Winkelgeschwindigkeit in 1/s	$W_{kin}^{rot} = \frac{1}{2} J\, \omega^2$
Elastische Energie einer Feder	W_{elas} elastische Energie in J c Federkonstante in N/m x Auslenkung der Feder in m	$W_{elas} = \frac{1}{2} c\, x^2$
Reibungsenergie	W_R Reibungsenergie in J F_N Normalkraft in N μ Reibungszahl s Strecke in m	$W_R = \mu\, F_N\, s$ $W_R = \mu\, m\, g\, s$
Energieerhaltungssatz	In einem abgeschlossenen System ist die Summe aller Energien zu jedem Zeitpunkt konstant.	$W_1 + W_2 + W_3 + \ldots + W_n = \text{const}$
2.2.5 Leistung, Wirkungsgrad		
Einheit	$[P] = 1\frac{\text{J}}{\text{s}} = 1\,\text{W}$ (Watt)	$1\,\text{W} = 1\frac{\text{J}}{\text{s}} = 1\frac{\text{Nm}^2}{\text{s}^3}$
Leistung	P Leistung in W W Arbeit oder Energie in J t Zeit in s	$P = \frac{W}{t}$
Leistung bei gradliniger Bewegung	P Leistung in W F Kraft in N v Geschwindigkeit in m/s	$P = F\, v$
Leistung bei Rotation	P Leistung in W F Kraft in N d Durchmesser des Kreises in m ω Winkelgeschwindigkeit in 1/s P Leistung in W M Drehmoment in Nm	$P = F\, \pi\, d\, \omega$ $P = M\, \omega$
Wirkungsgrad	η Gesamtwirkungsgrad P_{ab} abgegebene Leistung in W P_{zu} zugeführte Leistung in W $\begin{tikzcd} {} \arrow[r, "P_{zu}"] & \boxed{\text{System}} \arrow[r, "P_{ab}"] \arrow[d, "P_V"] & {} \\ & {} \end{tikzcd}$	$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$
Zusammengesetzter Wirkungsgrad	$\eta_{1,2,3}$ Einzelwirkungsgrade. Der Gesamtwirkungsgrad ist gleich dem Produkt der Einzelwirkungsgrade.	$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdots$

2.2.6 Trägheitsmoment

Definition	Das Trägheitsmoment hängt von der Massenverteilung des Körpers und von der Lage der Massenpunkte zur Drehachse ab. Die Auswertung des Integrals liefert für die speziellen Körper, wenn die Drehachse durch dem Massenmittelpunkt verläuft, folgende Werte:	$J = \int_{\text{Vol}} r^2 dm \quad [J] = 1\,\text{kg m}^2$
Punktmasse	m Masse in kg r Abstand von der Drehachse in m	$J = mr^2$
Stab, Achse durch Stabmitte	m Masse in kg l Länge des Stabes in m	$J = \frac{1}{12} ml^2$
Vollzylinder, Drehachse gleich Längsachse	m Masse in kg r Radius in m	$J = \frac{1}{2} mr^2$
Hohlzylinder, Drehachse gleich Längsachse	m Masse in kg r_a Außenradius in m r_i Innenradius in m	$J = \frac{1}{2} m (r_a^2 + r_i^2)$
Dünner Ring, Drehachse senkrecht zum Ring	m Masse in kg r Radius in m	$J = mr^2$
Kugel, Drehachse durch den Mittelpunkt	m Masse in kg r Radius in m	$J = \frac{2}{5} mr^2$
Satz von Steiner	Wird dann angewendet, wenn die Drehachse nicht durch den Massenmittelpunkt verläuft, sondern im Abstand *a* dazu. J Trägheitsmoment J_s Trägheitsmoment bezüglich einer Achse durch den Schwerpunkt m Gesamtmasse des rotierenden Körpers in kg a Abstand Drehachse zum Massenmittelpunkt	$J = J_s + m\,a^2$
2.2.7 Drehmoment	Das Drehmoment ist ein Vektor, der senkrecht auf der Ebene steht, die durch den Kraftvektor und den Vektor, der von der Drehachse zum Angriffspunkt der Kraft verläuft, festgelegt ist.	
Drehmoment	$\vec{M}$ Drehmoment in Nm $\vec{r}$ Vektor von der Drehachse zum Angriffspunkt der Kraft in m $\vec{F}$ angreifende Kraft in N α Winkel zwischen $\vec{r}$ und $\vec{F}$	$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$ $M = r\,F \sin\alpha$

3 Flüssigkeiten und Gase

3.1 Druck

Druck

Druck = Kraft durch Fläche

p	Druck in Pa
F	Kraft in N
A	Fläche in m^2

$$p = \frac{F}{A}$$

$$[p] = 1\ \mathrm{Pa} = 1\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}$$

Hydrostatischer Druck in Flüssigkeiten

p	Druck in Pa
ρ	Massendichte in kg/m^3
g	Erdbeschleunigung
h	Höhe der Flüssigkeit in m

$$p = \rho\, g\, h$$

Schweredruck in Luft, barometrische Höhenformel

p	Druck in Pa
p_0	Druck am Boden in Pa
ρ_0	Dichte der Luft am Boden
g	Erdbeschleunigung

Höhe über der Erdoberfläche in m nach DIN 5450: p_0 = 101325 Pa; ρ_0 = 1,293 kg/m^3

$$p = p_0\, e^{-\frac{\rho_0 g h}{p_0}}$$

3.2 Auftrieb

Auftriebskraft; Gesamtkraft

F_A	Auftriebskraft in N
F_G	Gewichtskraft in N
F_{ges}	gesamte Kraft auf einen Körper in N
g	Erdbeschleunigung
ρ_K	Dichte des Körpers in kg/m^3
ρ_M	Dichte des Mediums in kg/m^3
V_K	Volumen des Körpers in m^3

durch den Körper verdrängtes Volumen in m^3
Ist der Körper vollständig im Medium eingetaucht, ist $V_K = V_M$.

$$F_A = g\, \rho_M V_M$$

$$F_{ges} = F_G - F_A$$

$$F_{ges} = g\, (\rho_K V_K - \rho_M V_M)$$

3.3 Hydrodynamik

Kontinuitätsgleichung

ρ	Dichte der Flüssigkeit in kg/m^3
v_1, v_2	Geschwindigkeiten an verschiedenen Stellen in m/s
A_1, A_2	Querschnittsflächen an verschiedenen Stellen in m^2
$\dot{V}$	Volumenstrom in m^3/s
$\dot{m}$	Massenstrom in kg/s

$$\rho v_1 A_1 = \rho v_2 A_2 = \mathrm{const}$$

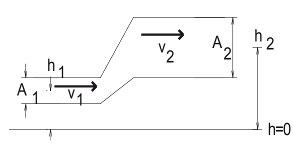
$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} = vA = \mathrm{const}$$

Bernoulli-Gleichung

p_{ges}	gesamter Druck in Pa
p	Betriebsdruck in Pa
p_{dyn}	dynamischer Druck oder Staudruck in Pa
p_G	Schweredruck in Pa
ρ	Dichte der Flüssigkeit in kg/m^3
v	Geschwindigkeit in m/s
Δh	h_2-h_1, Höhenunterschied in m
g	Erdbeschleunigung

$$p_{ges} = p + p_{dyn} + p_G$$

$$p_{ges} = p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g \Delta h$$



Innere Reibung	F_R Reibungskraft in N A Fläche in m^2 η Viskosität in Pa s $\Delta v/\Delta x$ Geschwindigkeitsgefälle	$F_R = \eta A \frac{\Delta v}{\Delta x}$

4 Thermodynamik

4.1 Temperaturskalen, Ausdehnung von Stoffen

Kelvin – Celsius	T Temperatur in K ϑ Temperatur in °C	$T = (\vartheta + 273{,}15)\,\mathrm{K}$
Celsius – Fahrenheit	ϑ Temperatur in °C ϑ_F Temperatur in °F	$\vartheta = \frac{5}{9}(\vartheta_F - 32)°\,\mathrm{C}$
Lineare Ausdehnung	l_0 Ausgangslänge in m Δl Längenänderung in m ΔT Temperaturdifferenz in K α_l linearer Ausdehnungskoeffizient in 1/K	$\frac{\Delta l}{l_0} = \alpha_l\ \Delta T$
Volumenausdehnung	V_0 Ausgangslänge in m ΔV Längenänderung in m ΔT Temperaturdifferenz in K α_V Volumen Ausdehnungskoeffizient in 1/K α_l linearer Ausdehnungskoeffizient in 1/K	$\frac{\Delta V}{V_0} = \alpha_V\ \Delta T$ $\alpha_V \approx 3\ \alpha_l$

4.2 Ideale Gase

Allgemeine Gleichung idealer Gase	p Druck in Pa V Volumen in m^3 n Anzahl der Mole R universelle Gaskonstante T Temperatur in K	$pV = nRT$
Spezielle Gasgleichung	p Druck in Pa V Volumen in m^3 m Masse des Gases in kg R_s spezielle Gaskonstante T Temperatur in K	$pV = mR_s\,T$
Universelle Gaskonstante	R universelle Gaskonstante p_0 = 101325 Pa, Druck bei 0 °C V_0 = 22,41383 dm^3/mol, Volumen bei 0 °C T_0 = 273,15 K, Temperatur bei 0 °C in K	$R = \frac{p_0 V_0}{T_0}$ $R = 8{,}31441 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol\,K}}$
Spezielle Gaskonstante	p_0 = 101325 Pa, Druck bei 0 °C ρ_0 Dichte des Gases bei 0 °C in kg/m^3 T_0 = 273,15 K, Temperatur bei 0 °C in K	$R_s = \frac{p_0}{\rho_0 T_0}$
Volumen Ausdehnungs-koeffizient	α_V Volumen Ausdehnungskoeffizient in 1/K	$\alpha_V = \frac{1}{273{,}15K}$

Mittlere kinetische Energie der Gasmoleküle

W_{kin}	kinetische Energie in J	$\overline{W_{kin}} = \frac{3}{2} kT$
k	Boltzmann-Konstante	$k = 1{,}38066 \cdot 10^{-23}\ \frac{J}{K}$
T	Temperatur in K	

Wärmeenergie

ΔW_Q	Änderung der Wärmeenergie in J	$\Delta W_Q = m\, c\, \Delta T$
C	Wärmekapazität in J/K	$\Delta W_Q = C\, \Delta T$
m	Masse in kg	
c	spezifische Wärmekapazität in J/(kg K)	
ΔT	Temperaturänderung in K	

4.3 Wärmeleitung, Wärmestrahlung

Wärmeleitung

ΔW_Q	Änderung der Wärmeenergie in J	$\frac{\Delta W_Q}{\Delta t} = -\lambda\, A \frac{\Delta T}{\Delta x}$
Δt	Zeitdifferenz in s	$[\lambda] = 1 \frac{W}{K \cdot m}$
λ	Wärmeleitfähigkeit	
A	Fläche in m^2	
ΔT	Temperaturdifferenz in K	
Δx	Materialstärke in m	

Wärmestrahlung

S	Leistung in W	$S = A\, \varepsilon\, \sigma\, (T_2^4 - T_1^4)$
A	Fläche in m^2	$\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}\ \frac{W}{m^2K^4}$
ε	Emissionskoeffizient ($\varepsilon < 1$)	
σ	Stefan-Boltzmann-Konstante	
$T_{1,2}$	Temperaturen in K	

5 Harmonische Schwingungen

5.1 Ungedämpfte Schwingungen

Frequenz; Kreisfrequenz

f	Frequenz in Hz (Hertz)	$f = \frac{1}{T} \quad \omega = 2\,\pi\, f = \frac{2\,\pi}{T}$
T	Periodendauer oder Schwingungszeit in s	
ω	Kreisfrequenz	

Harmonische Schwingung

y	Momentanwert oder Augenblickswert	$y(t) = \hat{y}\, \sin\, (\omega_0 t + \varphi)$
$\hat{y}$	Amplitude oder Spitzenwert	
ω_0	Kreisfrequenz in 1/s	
t	Zeit in s	
φ	Phasenverschiebung in rad	

Fadenpendel mit kleiner Amplitude; Federpendel; elektrischer Schwingkreis

T	Periodendauer oder Schwingungszeit in s	$T = 2\,\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
l	Länge des Fadenpendels in m	$T = 2\,\pi \sqrt{\frac{m}{c}}$
g	Erdbeschleunigung	$T = 2\,\pi \sqrt{LC}$
m	Masse in kg	
c	Federkonstante in N/m	
L	Induktivität einer Spule in H	
C	Kapazität eines Kondensators in F	

5.2 Gedämpfte Schwingungen

Harmonische Schwingung

y Momentanwert oder Augenblickswert
$\hat{y}$ Amplitude oder Spitzenwert
δ Abklingkoeffizient in 1/s
ω Kreisfrequenz in 1/s
t Zeit in s

$$y(t) = \hat{y}\, e^{-\delta t} \sin(\omega t + \varphi)$$

Gütefaktor

Q Gütefaktor
ω_0 Kreisfrequenz, ungedämpft, in 1/s
δ Abklingkoeffizient in 1/s

$$Q = \frac{\omega_0}{2\,\delta}$$

Zeitkonstante

τ Zeitkonstante in s
δ Abklingkoeffizient in 1/s

$$\tau = \frac{1}{\delta}$$

Kreisfrequenz

ω Kreisfrequenz, gedämpft, 1/s
ω_0 Kreisfrequenz, ungedämpft, in 1/s
δ Abklingkoeffizient in 1/s

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$$

5.3 Erzwungene Schwingungen, Resonanz

Momentanwert der erzwungenen Schwingung

y Momentanwert oder Augenblickswert
$\hat{y}$ Amplitude oder Spitzenwert
Ω Kreisfrequenz des Erregers in 1/s
φ Phasenwinkel zwischen System und Kraft
t Zeit in s

$$y(t) = \hat{y} \sin(\Omega t + \varphi)$$

Amplitude als Funktion der Erregerfrequenz Ω

F(t) angreifende Kraft in N
Ω Kreisfrequenz des Erregers in 1/s
m Masse des schwingenden Systems in kg
ω_0 Eigenkreisfrequenz des ungedämpften Systems in 1/s
δ Abklingkoeffizient in 1/s

$$F(t) = \hat{F} \cdot \cos(\Omega \cdot t)$$

$$\hat{y} = \frac{\hat{F}/m}{\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + (2\delta\,\Omega)^2}}$$

Phasenverschiebung zwischen System und Erreger

φ Phasenwinkel zwischen schwingendem System und angreifender Kraft
ω_0 Eigenkreisfrequenz des ungedämpften Systems in 1/s
δ Abklingkoeffizient in 1/s
Ω Kreisfrequenz des Erregers in 1/s

$$\tan\varphi = \frac{2\delta\,\omega_0}{(\omega_0^2 - \Omega^2)}$$

Springer

http://www.springer.com/978-3-8348-0525-6

Formeln und Tabellen Elektrotechnik
Arbeitshilfen für das technische Studium
Plaßmann, W.; Schulz, D. (Hrsg.)
2014, XV, 350 S. 1 Abb. Mit über 1700 Stichworten.,
Softcover
ISBN: 978-3-8348-0525-6