

Kinematik

Gleichförmige Bewegung

Formelzeichen	Größe	Einheit	Abgewandelte Einheiten, Umrechnungen, Anmerkungen
s	Weg	m	
t	Zeit	s	
v	Geschwindigkeit	m/s	1 m/s = 3,6 km/h
	Umfangsgeschwindigkeit	m/s	m/min
$d^1), d_1, d_2, \dots, d_n$	Durchmesser	m	
$i, i_1, i_2, \dots, i_n$	Übersetzungsverhältnis		
f	Umdrehungsfrequenz	s ⁻¹	
$n, n_1, n_2, \dots, n_n$	Umdrehungsfrequenz (Drehzahl)	s ⁻¹	min ⁻¹
n_a	Anfangsumdrehungsfrequenz	s ⁻¹	min ⁻¹
n_e	Endumdrehungsfrequenz	s ⁻¹	min ⁻¹
r	Radius	m	
$z^1), z_1, z_2, \dots, z_n$	Zähnezahl		
φ	Drehwinkel	rad	1 rad = 57,3°
ω	Winkelgeschwindigkeit	s ⁻¹	

Gleichförmige Bewegung auf gerader Bahn

Geschwindigkeit

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

Gleichförmige Bewegung auf Kreisbahn

Umfangsgeschwindigkeit

$$v = d \cdot \pi \cdot n$$

$$v = r \cdot \omega$$

Übersetzungsverhältnis

$$i = \frac{n_a}{n_e}$$

Winkelgeschwindigkeit

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

$$\omega = 2\pi \cdot f$$

bei einfacher Übersetzung

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

bei doppelter Übersetzung

$$i = \frac{n_1}{n_4} = i_1 \cdot i_2 = \frac{d_2 \cdot d_4}{d_1 \cdot d_3} = \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3}$$

Ungleichförmige Bewegung

Formelzeichen	Größe	Einheit	Anmerkungen
a	Beschleunigung bzw. Verzögerung	m/s ²	Beschleunigung bzw. Verzögerung $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$
Δt	Zeitabschnitt	s	
Δv	Geschwindigkeitsdifferenz	m/s	
g	Fallbeschleunigung	m/s ²	
h	Fallhöhe	m	
s	Weg	m	
t	Zeit	s	
v	Geschwindigkeit	m/s	
v_a	Anfangsgeschwindigkeit	m/s	
v_e	Endgeschwindigkeit	m/s	
a_t	Tangentialbeschleunigung	m/s ²	
a_r	Zentripetalbeschleunigung	m/s ²	
r	Abstand von der Drehachse	m	
α	Winkelbeschleunigung	s ⁻²	
	bzw. Winkelverzögerung		
ω	Winkelgeschwindigkeit	s ⁻¹	

¹⁾ Indizes 1, 3, ... (ungerade Zahlen) für treibende Scheiben bzw. Zahnräder
Indizes 2, 4, ... (gerade Zahlen) für getriebene Scheiben bzw. Zahnräder

Statik

Zentrales Kräftesystem

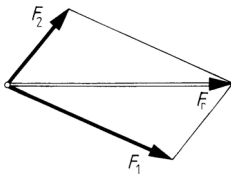
Ermittlung der Resultierenden

a) zeichnerisch

Die Kräfte müssen geometrisch, d. h. unter Beachtung von Betrag, Richtung und Richtungssinn zusammengefasst werden.

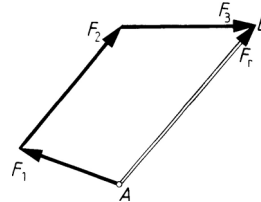
Parallelogrammverfahren (bei 2 Kräften)

Die Resultierende F_r ist die Diagonale, welche vom Angriffspunkt der Einzelkräfte ausgeht.



Krafteckverfahren (bei 2 und mehr Kräften)

Die Resultierende F_r ist die Verbindungslinie vom Anfangspunkt A bis zum Endpunkt E des Kräftezugs aus den Einzelkräften.



b) rechnerisch

Formelzeichen	Größe	Einheit
F	Einzelkraft	N
F_x, F_y	Komponente von F	N
F_r	resultierende Kraft	N
F_{rx}, F_{ry}	Komponente von F_r	N
α	spitzer Winkel zwischen F und x -Achse	°
β	spitzer Winkel zwischen F_r und x -Achse	°

1. Zerlegen der schräg wirkenden Kräfte in x - und y -Komponenten

$$\begin{aligned} F_x &= F \cdot \cos \alpha \\ F_y &= F \cdot \sin \alpha \end{aligned}$$

2. x - und y -Komponenten algebraisch addieren zu F_{rx} und F_{ry}

$$\begin{aligned} F_{rx} &= \sum F_x \\ F_{ry} &= \sum F_y \end{aligned}$$

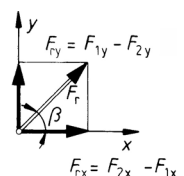
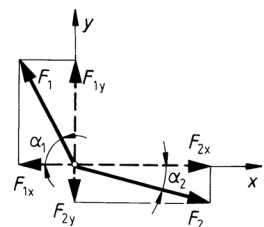
3. Zusammenfassen von F_{rx} und F_{ry} zu F_r

mit dem Satz von Pythagoras $F_r = \sqrt{F_{rx}^2 + F_{ry}^2}$ oder

mit Winkelfunktionen

$$\tan \beta = \frac{F_{ry}}{F_{rx}}$$

$$F_r = \frac{F_{ry}}{\sin \beta}$$



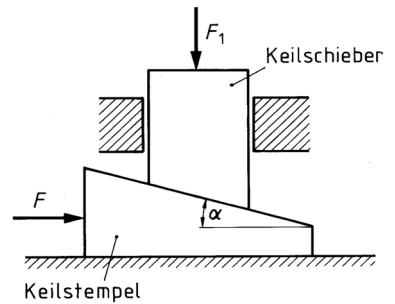
Reibung am Keil (Keiltrieb)

Erforderliche Verschiebekraft
bei gleich großem Reibwinkel ϱ

$$F = F_1 \cdot \tan(\alpha + 2\varrho)$$

Selbsthemmungsbedingung

$$\alpha + 2\varrho_0 \text{ bzw. } \alpha + 2\varrho$$



Kinetik

Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad

Formelzeichen	Größe	Einheit	Abgewandelte Einheiten, Umrechnungen, Anmerkungen
F	Kraft	N	
M	Drehmoment	N · m	
f	Umdrehungsfrequenz (Drehzahl)	s ⁻¹	min ⁻¹
P	Leistung	W	1 W = 1 N · m/s = 1 J/s
P_{ab}	abgegebene Leistung	W	1 kW = 1000 W
P_{zu}	zugeführte Leistung	W	
s	Weg	m	
t	Zeit	s	
v	Geschwindigkeit	m/s	
W	Arbeit	J	1 J = 1 N · m = 1 W · s
W_{ab}	abgegebene Arbeit	J	1 kJ = 1000 J
W_{zu}	zugeführte Arbeit	J	1 kW · h = 3,6 · 10 ⁶ W · s = 3600 kJ
z	Anzahl der Umdrehungen	s ⁻¹	
η	Wirkungsgrad		
$\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$	Einzelwirkungsgrad		
η_{ges}	Gesamtwirkungsgrad		
φ	Drehwinkel (Bogenmaß)		
ω	Winkelgeschwindigkeit	s ⁻¹	
i	Übersetzungsverhältnis		

Arbeit

$$W = F \cdot s$$

bei Drehbewegung

$$W = M \cdot \varphi, \text{ wobei } \varphi = 2\pi \cdot z$$

Leistung

$$P = \frac{W}{t}$$

bei gleichförmiger Bewegung

$$P = F \cdot v$$

bei Drehbewegung

$$P = M \cdot \omega, \text{ wobei } \omega = 2\pi \cdot f$$

Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{W_{ab}}{W_{zu}}$$

Gesamtwirkungsgrad

$$\eta_{ges} = \eta_1 \cdot \eta_2 \dots \eta_n$$

abgegebenes Drehmoment

$$M_{ab} = i \cdot \eta \cdot M_{zu}$$

Mechanische Schwingungen

Formelzeichen mechanische Schwingungen

Formelzeichen	Größe	Einheit	Umrechnungen
m	Masse	kg	
g	Fallbeschleunigung	m/s ²	$g \approx 9,81 \text{ m s}^{-2}$
l	Abstand zur Drehachse	m	
ω	Eigenfrequenz	s ⁻¹	$1 \text{ s}^{-1} = 1 \text{ Hz}$
C	Federkonstante	N · m ⁻¹	$1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} = 1 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2}$
d	Dämpfungskonstante	kg · s ⁻¹	
y	Auslenkung	m	
v	Geschwindigkeit	m/s	
a	Beschleunigung	m/s ⁻²	
n_b	Drehzahl der Welle	s ⁻¹	
n_k	Kritische Drehzahl	s ⁻¹	
F_U	Unwucht	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
e	Hebelarm der Unwucht	m	
f_m	Durchbiegung	m	
F	Kraft	N	
E	Elastizitätsmodul (E-Modul)	MPa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
I_y	Flächenträgheitsmoment um y-Achse	mm ⁴	
D	Dämpfungskonstante	kg · s ⁻¹	
δ	Abklingkoeffizient	s ⁻¹	

Eigenfrequenz eines Pendels mit Punktmasse

$$\omega = \sqrt{\frac{m \cdot g \cdot l}{J_A}} \quad (\text{mathematisches Pendel})$$

eines Ein-Massen-Schwingers

$$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}} \quad (\text{Federpendel})$$

Periodendauer einer Schwingung

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Die Schwingungsfrequenz

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

Festigkeitslehre

Beanspruchung auf Zug

Formelzeichen	Größe	Einheit
S	Querschnittsfläche	mm ²
d_0	Durchmesser des unbelasteten Stabes	mm
Δd	Durchmesseränderung	mm
E	Elastizitätsmodul	N/mm ²
F	Zugkraft	N
L	Länge des belasteten Stabes	mm
L_0	Länge des unbelasteten Stabes	mm
ΔL	Verlängerung	mm
ε	Dehnung	
ε_q	Querkürzung	
μ	Poissonzahl	
σ	Spannung	N/mm ²
σ_z	Zugspannung	N/mm ²
σ_{zul}	zulässige Zugspannung	N/mm ²

Zugspannung

$$\sigma_z = \frac{F}{S} \leq \sigma_{zul}$$

Ermittlung von σ_{zul} nach Seite 55

Verlängerung

$$\Delta L = L - L_0$$

Dehnung

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Querkürzung

$$\varepsilon_q = \frac{\Delta d}{d_0}$$

Poissonzahl
für Metalle $\mu \approx 0,3$

$$\mu = \frac{\varepsilon_q}{\varepsilon}$$

Elastizitätsmodul
(Hookesches Gesetz)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Werte für E-Modul nach Seite 30 und 31 bzw. 72 bis 76

Beanspruchung auf Druck und Flächenpressung

Formelzeichen	Größe	Einheit
A	Berührfläche	mm ²
A_{proj}	projizierte Fläche	mm ²
d	Durchmesser	mm
F	Druckkraft	N
F_N	Normalkraft	N
S	Querschnittsfläche	mm ²
l	Länge	mm
p	Flächenpressung	N/mm ²
p_{zul}	zulässige Flächenpressung	N/mm ²
σ_d	Druckspannung	N/mm ²
$\sigma_d zul$	zulässige Druckspannung	N/mm ²

Druckspannung
Flächenpressung

$$\sigma_d = \frac{F}{S} \leq \sigma_{d zul}$$

$$p = \frac{F_N}{A} = \frac{F}{A_{proj}} \leq p_{zul}$$

Flächenpressung bei gewölbten Flächen

$$p = \frac{F}{A_{proj}} = \frac{F}{l \cdot d} \leq p_{zul}$$

Beanspruchung auf Abscheren

Formelzeichen	Größe	Einheit	Formelzeichen	Größe	Einheit
S	Querschnittsfläche	mm ²	τ_a	Abscherspannung	N/mm ²
F	Scherkraft	N	$\tau_{a zul}$	zulässige Abscherspannung	N/mm ²

$$\text{Abscherspannung } \tau_a = \frac{F}{S} \leq \tau_{a zul}$$

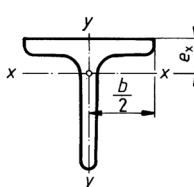
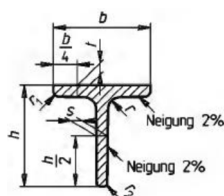
Warmverformte Erzeugnisse aus Baustählen (Stahlprofile)

Bei den nachfolgend aufgeführten Stahlprofilen handelt es sich um eine Auswahl gängiger Profile. Weitere Profile finden sich in den einschlägigen Normblättern und Tabellenbüchern. Für den Abstand der neutralen Faser und das Widerstandsmoment werden weiterhin aus Gründen der Praxisnähe die Buchstaben e und W verwendet, obwohl in einigen neueren Normen andere und verschiedene Zeichen aufgeführt sind.

Warmgewalzter rundkantiger T-Stahl (Auszug aus DIN EN 10055)

Rundkantiger hochstegiger T-Stahl (T)

Bezeichnungsbeispiel
T-Profil EN 10055 – T80 –
Stahl EN 10025 – S235JR



Kurz- zeichen	Maße für			Quer- schnitts- fläche S cm^2	Masse je Meter Länge m' kg/m	Abstand der Achse $x - x$ e_x cm	Für die Biegeachse					
							$x - x$			$y - y$		
	h mm	b mm	$S = t$ mm				I_x cm^4	W_x cm^3	i_x cm	I_y cm^4	W_y cm^3	i_y cm
Rundkantiger hochstegiger T-Stahl												
T30	30	30	4	2,26	1,77	0,85	1,72	0,80	0,87	0,87	0,58	0,62
T35	35	35	4,5	2,97	2,33	0,99	3,10	1,23	1,04	1,57	0,90	0,73
T40	40	40	5	3,77	2,96	1,12	5,28	1,84	1,18	2,58	1,29	0,83
T50	50	50	6	5,66	4,44	1,39	12,1	3,36	1,46	6,06	2,42	1,03
T60	60	60	7	7,94	6,23	1,66	23,8	5,48	1,73	12,2	4,07	1,24
T70	70	70	8	10,6	8,32	1,94	44,5	8,79	2,05	22,1	6,32	1,44
T80	80	80	9	13,6	10,7	2,22	73,7	12,8	2,33	37,0	9,25	1,65
T100	100	100	11	20,9	16,4	2,74	179	24,6	2,92	88,3	17,7	2,05
T120	120	120	13	29,6	23,2	3,28	366	42,0	3,51	178	29,7	2,45
T140	140	140	15	39,9	31,3	3,80	660	64,7	4,07	330	47,2	2,88