

Inhaltsverzeichnis

Kinematik	2
Wurfbewegungen	3
Dynamik	3
Arbeit, Energie, Leistung und Wirkungsgrad	4
Drehmoment und Gleichgewicht, Kraftwandler, Getriebe	4
Impuls und Drehimpuls, Trägheitsmoment	5
Schwingungen	6
Wellen	6
Fluide	7
Wärmelehre	8
Tabelle: Mechanische Eigenschaften	9
Tabelle: Thermische Eigenschaften	10
Periodensystem der Elemente	11

GERADLINIGE BEWEGUNGEN

Geradlinige Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$	v	Geschwindigkeit	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
	$s = v \cdot \Delta t + s_0$	Δs	Zurückgelegte Wegstrecke	m
		Δt	Zeitintervall	s
		s	Ort am Ende von Δt	m
		s_0	Ort zu Beginn von Δt	m
Zusammensetzung von Geschwindigkeiten	$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$	$\vec{v}$	Geschwindigkeit	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
	$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$	$\vec{v}_1, \vec{v}_2$	Teilgeschwindigkeiten	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
		v	Geschwindigkeitsbetrag	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Zerlegung in Teilgeschwindigkeiten	$v_x = v \cdot \cos(\alpha)$	v_x	x -Komponente von $\vec{v}$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
	$v_y = v \cdot \sin(\alpha)$	v_y	y -Komponente von $\vec{v}$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
	$\tan(\alpha) = \frac{v_y}{v_x}$	v	Geschwindigkeitsbetrag	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
		α	Winkel zwischen $\vec{v}$ und $\vec{v}_x$	
Relativgeschwindigkeit von Objekt 2 zu Objekt 1	$\vec{v}_{\text{rel}} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$	$\vec{v}_{\text{rel}}$	Relativgeschwindigkeit	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
		$\vec{v}_2$	Geschwindigkeit v. Objekt 2	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
		$\vec{v}_1$	Geschwindigkeit v. Objekt 1	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Beschleunigung	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	a	Beschleunigung	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
		Δv	Geschwindigkeitsänderung	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
		Δt	Zeitintervall	s
Durchschnittsgeschwindigkeit (bei konstanter Beschleunigung)	$\bar{v} = \frac{\Delta s_{\text{ges}}}{\Delta t_{\text{ges}}}$	$\bar{v}$	Durchschnittsgeschwindigkeit	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
		Δs_{ges}	Wegstrecke (gesamt)	m
		Δt_{ges}	Zeitintervall (gesamt)	m
	$\bar{v} = \frac{v_{\text{start}} + v_{\text{end}}}{2}$	v_{start}	Startgeschwindigkeit	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
		v_{end}	Endgeschwindigkeit	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Gleichmäßig beschleunigte Bewegung <i>ohne</i> Anfangs- geschwindigkeit;	$v = a \cdot \Delta t$	v	Geschwindigkeit	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
	$s = \bar{v} \cdot \Delta t = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t^2$	a	Beschleunigung	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
		$\bar{v}$	Durchschnittsgeschwindigkeit	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Gleichmäßig beschleunigte Bewegung <i>mit</i> Anfangs- geschwindigkeit;	$v_{\text{end}} = a \cdot \Delta t + v_{\text{start}}$	v_{end}	Endgeschwindigkeit	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
		v_{start}	Anfangsgeschwindigkeit	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
	$s = \bar{v} \cdot \Delta t = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t^2 + v_0 \cdot \Delta t$	a	Beschleunigung	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
		$\bar{v}$	Durchschnittsgeschwindigkeit	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
		Δt	Zeitintervall	s
Bremsbewegung;	$v_{\text{end}}^2 - v_{\text{start}}^2 = 2 \cdot a \cdot \Delta s$	v_{end}	Endgeschwindigkeit	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
		v_{start}	Anfangsgeschwindigkeit	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
		a	Bremsbeschleunigung	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

KREISFÖRMIGE BEWEGUNGEN

Gleichmäßige Kreisbewegung	$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$	φ	Drehwinkel	
	$n = \frac{\Delta z}{\Delta t} = \frac{1}{T}$	ω	Winkelgeschwindigkeit	s^{-1}
	$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = 2 \cdot \pi \cdot n$	n	Umlauffrequenz, Drehzahl	s^{-1}
		z	Anzahl der Umdrehungen	
		T	Umlaufzeit	s
		Δt	Zeitintervall	s
Radialbeschleunigung	$v = \omega \cdot r$	v	Umfangsgeschwindigkeit	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
	$a_{\text{rad}} = \frac{v^2}{r} = r \cdot \omega^2$	r	Abstand von Drehachse	m
		a_{rad}	Radialbeschleunigung	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
Beschleunigte Kreisbewegung	$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$	α	Winkelbeschleunigung	s^{-2}
	$\bar{\omega} = \frac{\omega_{\text{start}} + \omega_{\text{end}}}{2}$	$\bar{\omega}$	Durchschn. Winkelgeschw.	s^{-1}
	$\varphi = \bar{\omega} \cdot \Delta t = \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot \Delta t^2 + \omega_0 \cdot \Delta t$	ω_0	Anfängliche Winkelgeschw.	s^{-1}
	$\omega^2 - \omega_0^2 = 2 \cdot \alpha \cdot \Delta \varphi$	φ	Drehwinkel	

WURFBEWEGUNGEN

Wurf nach oben (senkrecht)	$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot a} ; s_{\max} = \frac{-v_0^2}{2 \cdot a}$	a $s_{\max}$ t	$= -g$ für senkrechten Wurf Wurfhöhe Zeit	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ m s
Waagrecht Wurf	$v_x = v_0$ $v_y = -g \cdot t$ $s_x = v_x \cdot t$ $s_y = s_0 - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$	v_x, v_y v_0 s_x, s_y g t	Komponenten von $\vec{v}$ Anfangsgeschwindigkeit Wegkomponenten Fallbeschleunigung Zeit	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ m $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ s
Schräger Wurf	$v_x = v_0 \cdot \cos(\alpha)$ $v_y = v_0 \cdot \sin(\alpha) - g \cdot t$ $s_x = v_0 \cdot t \cdot \cos(\alpha)$ $s_y = v_0 \cdot t \cdot \sin(\alpha) - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ $s_w = \frac{v_0^2 \cdot \sin(2 \cdot \alpha)}{g}$	v_x, v_y v_0 s_x, s_y s_w t α	Komponenten von $\vec{v}$ Anfangsgeschwindigkeit Wegkomponenten Wurfweite Zeit Abwurfwinkel	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ m m s s

DYNAMIK

Grundgesetz der Mechanik	$F = m \cdot a$	F m a	Beschleunigende Kraft Masse Beschleunigung	N kg $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
Kräfteaddition, Kräftezerlegung	$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$	F F_1, F_2	Ersatzkraft oder zu zerlegende Kraft Teilkraften	N N
Kräftegleichgewicht	$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0$	F_1, F_2	Teilkraften	N
Gewichtskraft (in Erdnähe)	$F_G = m \cdot g$	F_G m g	Gewichtskraft Masse Fallbeschleunigung	N kg $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
Gravitationskraft	$F_{\text{Gr}} = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$	F_{Gr} γ m_1, m_2 r	Gravitationskraft Gravitationskonstante Massen Abstand der Schwerpunkte	N $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ kg m
Spannkraft	$\Delta F_S = D \cdot \Delta s$	F_S D Δs	Spannkraft Federkonstante Dehnung	N $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ m
Gleitreibungskraft Rollreibungskraft	$F_{\text{RG}} = \mu_G \cdot F_N$ $F_{\text{RR}} = \mu_R \cdot F_N$	F_N F_{RG} F_{RR} μ_G, μ_R	Normalkraft Gleitreibungskraft Rollreibungskraft Gleit- bzw. Rollreibungszahl	N N N N
Haftreibungskraft	$F_{\text{RH}} = \mu_H \cdot F_N$	F_{RH} μ_H	Maximale Haftreibungskraft Haftreibungszahl	N N
Fahrwiderstand	$F_{\text{RW}} = \mu_W \cdot F_N$	F_{RW} μ_W	Fahrwiderstandskraft Fahrwiderstandszahl	N N
Radialkraft	$F_{\text{rad}} = m \cdot \frac{v^2}{r} = m \cdot r \cdot \omega^2$	F_{rad} m v ω r	Radialkraft Masse Umfangsgeschwindigkeit Winkelgeschwindigkeit Abstand von Drehachse	N kg $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ s^{-1} m

ARBEIT, WIRKUNGSGRAD, LEISTUNG UND ENERGIE

Arbeit	$\Delta W = F_{\parallel} \cdot \Delta s$	W	Arbeit	$J = N \cdot m$
	$\Delta W_{\text{ges}} = \Delta W_1 + \Delta W_2 + \dots$	F	Kraft	N
Wirkungsgrad		Δs	Wegstrecke	m
		$F_{\parallel}$	Kraft in Wegerichtung	N
		η	Wirkungsgrad	
	$\eta = \frac{\Delta W_{\text{out}}}{\Delta W_{\text{in}}} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}}$	W_{out}	abgegebene Arbeit	J
		W_{in}	zugeführte Arbeit	J
		P_{out}	abgegebene Leistung	W
Mechanische Leistung	$\eta_{\text{ges}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots$	P_{in}	zugeführte Leistung	W
		η_{ges}	Gesamtwirkungsgrad	
		η_1, η_2	Einzelwirkungsgrade	
	$P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$	P	Leistung	W
	$P = \frac{F \cdot \Delta s}{\Delta t} = F \cdot \bar{v}$	W	Arbeit	J
	$P = M \cdot \bar{\omega}$	F	Kraft	N
Potentielle Energie, Hubarbeit		Δs	Wegstrecke	m
	$E_H = m \cdot g \cdot h$ $\Delta E_H = m \cdot g \cdot \Delta h$	Δt	Zeit	s
Kinetische Energie, Beschleunigungsarbeit		$\bar{v}$	Durchschn.-Geschwindigkeit	$m \cdot s^{-1}$
	$E_B = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ $\Delta E_B = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_{\text{end}}^2 - v_{\text{start}}^2)$	M	Drehmoment	$N \cdot m$
Rotationsenergie, Rotationsarbeit		$\bar{\omega}$	Durchschn. Winkelgeschw.	s^{-1}
	$E_{\text{rot}} = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega$ $\Delta E_{\text{rot}} = \frac{1}{2} \cdot J \cdot (\omega_{\text{end}}^2 - \omega_{\text{start}}^2)$	ΔE_H	Hubarbeit	J
Spannenergie, Spannarbeit		m	Masse	kg
	$E_S = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$ $\Delta E_S = \frac{1}{2} \cdot D \cdot (s_{\text{end}}^2 - s_{\text{start}}^2)$	g	Fallbeschleunigung	$m \cdot s^{-2}$
Energieerhaltungssatz der Mechanik (ohne Reibung)		Δh	Hubhöhe	m
	$E_H + E_B + E_S + E_{\text{rot}} = \text{konst.}$	ΔE_B	Beschleunigungsarbeit	J
		m	Masse	kg
		v	Geschwindigkeit	$m \cdot s^{-1}$
		ΔE_{rot}	Rotationsarbeit	J
		J	Trägheitsmoment	$kg \cdot m^2$
		w	Winkelgeschwindigkeit	s^{-1}
		ΔE_S	Spannarbeit	J
		D	Federkonstante	$N \cdot m^{-1}$
		s	Dehnung	m
		E_H	Potentielle Energie	J
		E_B	Bewegungsenergie	J
		E_S	Spannenergie	J
		E_{rot}	Rotationsenergie	J

DREHMOMENT UND GLEICHGEWICHT, KRAFTWANDLER, GETRIEBE

Drehmoment	$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$	M	Drehmoment	$N \cdot m$
	$M = r_0 \cdot F$	r	Hebelarm	m
Gleichgewichtsbedingung (auch für Hebel)	$r_0 = r \cdot \sin(\varphi)$	r_0	wirksamer Hebelarm	m
		φ	Winkel zwischen $\vec{r}$ und $\vec{F}$	
Riemen-Antrieb	$\sum \vec{M} = 0$	M_l	linksdrehendes Moment	$N \cdot m$
	$\sum M_l = \sum M_r$	M_r	rechtsdrehendes Moment	$N \cdot m$
Zahnrad-Antrieb	$i = \frac{d_2}{d_1}$	i	Übersetzungsverhältnis	
	$d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2$	n_1, n_2	Drehzahl	s^{-1}, min^{-1}
		d_1, d_2	Durchmesser	m
	$i = \frac{z_2}{z_1}$	i	Übersetzungsverhältnis	
	$z_1 \cdot n_1 = z_2 \cdot n_2$	n_1, n_2	Drehzahl	s^{-1}, min^{-1}
		z_1, z_2	Zahl der Zähne	

Flaschenzug (ohne Reibung)	$F_1 = \frac{F_2}{n}$ $s_1 = s_2 \cdot n$	F_1 F_2 s_1, s_2 n	Zugkraft Last (inkl. loser Rollen) Kraftweg, Lastweg Zahl tragender Seile	N N m
Schiefe Ebene (ohne Reibung)	$F_{HA} = F_G \cdot \sin(\alpha)$ $F_N = F_G \cdot \cos(\alpha)$	F_{HA} F_N F_G α	Hangabtriebskraft Normalkraft Gewichtskraft Neigungswinkel	N N N
Keil	$F_N = \frac{F}{2 \cdot \sin(\frac{\beta}{2})}$	F_N F	Normalkraft einer Keilfläche Kraft auf Keilrücken	N N
bei Selbsthemmung:	$\tan\left(\frac{\beta}{2}\right) < \mu_H$	β μ_H	Keilwinkel Haftreibungszahl	

IMPULS UND DREHIMPULS

Impuls	$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$	p m	Impuls Masse	$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ kg
Kraftstoß	$\vec{F} \cdot \Delta t = \Delta \vec{p}$	v F Δt	Geschwindigkeit Kraft Einwirkzeit der Kraft	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ N s
Impulserhaltungssatz (2 Körper, abgeschl. System)	$\vec{p}_{1v} + \vec{p}_{2v} = \vec{p}_{1n} + \vec{p}_{2n}$	p_{1n}, p_{2n} p_{1n}, p_{2n}	Impuls vor Stoß Impuls nach Stoß	$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Bewegung auf Gerade	$p_{1v} + p_{2v} = p_{1n} + p_{2n}$			
Unelastischer Stoß (ideal)	$v = \frac{m_1 \cdot v_{1v} + m_2 \cdot v_{2v}}{m_1 + m_2}$	v v_{1v}, v_{2v} m_1, m_2	Geschwindigkeit nach Stoß Geschwindigkeiten vor Stoß Massen	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ kg
Elastischer Stoß (ideal)	$v_{1n} = 2 \cdot v - v_{1v}$ $v_{2n} = 2 \cdot v - v_{2v}$	v v_{1v}, v_{2v} v_{1n}, v_{2n} m_1, m_2	siehe vorherige Formel Geschwindigkeiten vor Stoß Geschwindigkeiten nach Stoß Massen	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ kg
Drehimpuls	$\vec{L} = J \cdot \vec{\omega}$ $\Delta \vec{L} = \vec{M} \cdot \Delta t$	L J w M Δt	Drehimpuls Trägheitsmoment Winkelgeschwindigkeit Drehmoment Zeitspanne	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ s^{-1} N · m s

TRÄGHEITSMOMENT

Trägheitsmoment eines Massenpunkts	$J_i = m_i \cdot r_i^2$	J_i m_i r_i	Trägheitsmoment von m_i Massenpunkt Abstand von Drehachse	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$ kg m
Trägheitsmoment eines Körpers	$J = \sum J_i$	J	Trägheitsmoment	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$
Trägheitsmoment bei paralleler Drehachse	$J_a = J + m \cdot a^2$	J_a m a	Trägheitsmoment bzgl. externer Achse Masse Schwerpunktsabstand zur Drehachse	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$ kg m

SCHWINGUNGEN

Frequenz	$f = \frac{1}{T}$	f	Frequenz	$s^{-1} = \text{Hz}$
Kreisfrequenz	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = \frac{2 \cdot \pi}{T}$	T	Periodendauer	s
		ω	Kreisfrequenz	s^{-1}
		$s(t)$	Auslenkung zur Zeit t	m
Weg-Zeit-Gesetz	$s(t) = s_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$	$s_{\max}$	Amplitude	m
		ω	Kreisfrequenz	s^{-1}
		φ_0	Nullphasenwinkel	
Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz	$v(t) = v_{\max} \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$	$v(t)$	Geschwindigkeit zur Zeit t	$m \cdot s^{-1}$
		$v_{\max}$	maximale Geschwindigkeit	$m \cdot s^{-1}$
Beschleunigungs-Zeit-Gesetz	$a(t) = -a_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$	$a(t)$	Beschleunigung zur Zeit t	$m \cdot s^{-2}$
		$a_{\max}$	maximale Beschleunigung	$m \cdot s^{-2}$
Periodendauer: Federpendel	$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$	T	Periodendauer	s
		m	schwingende Masse	kg
Fadenpendel	$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$	D	Federkonstante	$N \cdot m^{-1}$
		l	Pendellänge	m
Schwingende Flüssigkeitssäule	$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{s}{2 \cdot g}}$	g	Fallbeschleunigung	$m \cdot s^{-2}$
		s	Gesamtlänge d. Flüssigkeits- säule bei konst. Querschnitt	m
Physikalisches Pendel	$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{J}{m \cdot s \cdot g}}$	J	Trägheitsmoment	$kg \cdot m^2$
		m	Pendelmasse	kg
		s	Abstand d. Schwerpunkts von der Drehachse	m
Torsionspendel	$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{J}{D}}$	D	Winkelrichtgröße	$N \cdot m$
		E_{ges}	Schwingungsenergie	J
Schwingungsenergie beim Federpendel	$E_{\text{ges}} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s(t)^2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v(t)^2$	D	Federhärte	$N \cdot m^{-1}$
		$s(t)$	Auslenkung zur Zeit t	m
	$E_{\text{ges}} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s_{\max}^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\max}^2$	$s_{\max}$	maximale Auslenkung	m
		m	schwingende Masse	kg
Schwingungsenergie beim Fadenpendel	$E_{\text{ges}} = m \cdot g \cdot h(t) + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v(t)^2$	$v(t)$	Geschwindigkeit zur Zeit t	$m \cdot s^{-1}$
		$v_{\max}$	maximale Geschwindigkeit	$m \cdot s^{-1}$
	$E_{\text{ges}} = m \cdot g \cdot h_{\max} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\max}^2$	g	Fallbeschleunigung	$m \cdot s^{-2}$
		$h(t)$	Höhe zur Zeit t	m
		$h_{\max}$	maximale Höhe t	m

WELLEN

Ausbreitungsgeschwindigkeit	$c = \lambda \cdot f$	c	Ausbr.-Geschw. der Welle	$m \cdot s^{-1}$
		λ	Wellenlänge	m
Ausbreitungsgeschwindigkeit (bei festen Stoffen)	$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$	c	Ausbreitungsgeschwindigkeit	$m \cdot s^{-1}$
		E	Elastizitätsmodul	$N \cdot m^{-1}$
		ρ	Dichte	$N \cdot m^{-1}$
		$s_{\max}$	maximale Auslenkung	m
Fortschreitende Welle	$s = s_{\max} \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right)$	s	Ausl. zur Zeit t an Stelle x	m
		λ	Wellenlänge	m
		T	Schwingungsdauer	s
Stehende Welle (beide Enden fest)	$l = n \cdot \frac{\lambda}{2}$	l	Länge des Mediums	m
	$f_n = \frac{c}{2 \cdot l} \cdot n$	λ	Wellenlänge	m
		n	$n = 1, 2, 3, \dots$	
Stehende Welle (ein Ende fest, ein Ende lose)	$l = (2 \cdot n - 1) \cdot \frac{\lambda}{4}$	f_n	Eigenfrequenzen	s^{-1}
	$f_n = \frac{c}{4 \cdot l} \cdot (2 \cdot n - 1)$	c	Ausbreitungsgeschwindigkeit	$m \cdot s^{-1}$

FLÜSSIGKEITEN UND GASE

Dichte	$\rho = \frac{m}{V}$	ρ m V	Dichte Masse Volumen	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ kg m^3
Stempeldruck	$p = \frac{F}{A}$	p F A	Druck Kraft Stempelfläche	$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ N m^2
Hydraulische Presse	$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$	F_1, F_2 A_1, A_2	Kräfte auf Stempel 1,2 Flächen der Stempel 1,2	N m^2
Druckwandler	$\frac{p_1}{p_2} = \frac{A_2}{A_1}$	p_1, p_2 A_1, A_2	Drücke in Zylindern 1,2 Flächen der Stempel 1,2	$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ m^2
Hydrostatischer Druck	$p = \rho \cdot g \cdot h$ $\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$	p ρ g h	Hydrostatischer Druck Dichte Fallbeschleunigung Tiefe unter Oberfläche	$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ m
Statischer Auftrieb	$F_A = F_1 - F_2$ $F_A = \rho_{\text{fl}} \cdot g \cdot V_{\text{fl}}$	F_A F_1 F_2 ρ_{fl} g V_{fl}	Auftriebskraft Gewichtskraft in Luft Gewichtskraft im Fluid Dichte des Fluids Fallbeschleunigung Volumen des verdr. Fluids	N N N $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ m^3
Kontinuitätsgleichung	$\dot{m} = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \text{konst.}$ $\dot{V} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = A \cdot v = \text{konst.}$	$\dot{m}$ m t V $\dot{V}$ A v	Massenstromstärke (stat.) Masse Zeit Volumen Volumenstromstärke (stat.) Querschnittsfläche Strömungsgeschwindigkeit	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ kg s m^3 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ m^2 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Bernoulli-Gleichung: Rohrleitung horizontal	$p + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = \text{konst.}$	p ρ v	Druck Dichte Strömungsgeschwindigkeit	$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Rohrleitung nicht horizontal	$p + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot h = \text{konst.}$	g h	Fallbeschleunigung Höhe	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ m
Reynolds-Zahl	$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot r}{\eta}$	Re F_R η r_k v	Reynolds-Zahl Reibungskraft auf Kugel dynamische Viskosität Kugelradius Strömungsgeschwindigkeit	N $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ m $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Stokesches Gesetz (Kugelform, laminare Ström.)	$F_R = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r_k \cdot v$	F_{RL} c_w A ρ v v_G	Reibungskraft (turbulent) Formfaktor Querschnittsfläche Dichte Fahrtgeschwindigkeit Geschwindigk. d. Gegenwinds	N m^2 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Reibungskraft (turbulent)	$F_{R,t} = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot \rho \cdot (v + v_G)^2$ Bei PKWs: $A \approx 0,9 \cdot \text{Höhe} \cdot \text{Spurweite}$	$\dot{V}$ r Δp l η $\bar{v}$	Volumenstromstärke Innenradius des Rohres Druckdifferenz Rohrlänge dynamische Viskosität mittl. Strömungsgeschw.	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ m $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ m $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Hagen-Poiseuille'sches Gesetz	$\Delta p = \frac{8 \cdot \eta \cdot l}{\pi \cdot r^4} \cdot \dot{V}$			
Mittlere Str.-Geschwindigkeit	$\bar{v} = \frac{r^2}{8 \cdot \eta} \cdot \frac{\Delta p}{l}$			

WÄRMELEHRE

Absolute Temperatur	$T_K = T_C + 273 \text{ K}$	T_K T_C	Absolute Temperatur Temperatur in °C	K °C
Ausdehnung von festen und flüssigen Körpern	$\Delta l = \alpha \cdot \Delta T \cdot l_1$	Δl	Längenänderung	m
	$l_2 = l_1 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$	l_1	Anfangslänge	m
		l_2	Endlänge	m
	$\Delta V = \gamma \cdot \Delta T \cdot V_1$	α	Längenausdehnungskoeffizient	K ⁻¹
	$V_2 = V_1 \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta T)$	ΔT	Temperaturunterschied	K
		ΔV	Volumenänderung	m ³
	bei festen Körpern:	V_1	Anfangsvolumen	m ³
	$\gamma \approx 3 \cdot \alpha$	V_2	Endvolumen	m ³
Ausdehnung von Gasen bei konstantem Druck		γ	Volumenausdehnungskoeff.	K ⁻¹
	$V = V_0 \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta T)$	V_0	Volumen bei 0 °C	m ³
		V	Gasvolumen	m ³
	$\frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0}$	T	absolute Temperatur	K
Gesetz von Boyle-Mariotte		T_0	273 K	K
	$p \cdot V = p_0 \cdot V_0$	p	Gasdruck	N · m ⁻²
		V	Gasvolumen	m ³
Allgemeines Gasgesetz		T	Gastemperatur	K
	$\frac{p \cdot V}{T} = \frac{p_0 \cdot V_0}{T_0}$	p_0	Druck bei 273 K	N · m ⁻²
		V_0	Volumen bei 273 K	m ³
		T_0	273 K	K
Allgemeine Gasgleichung	$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$	n	Stoffmenge	mol
		R	Allgemeine Gaskonstante	J · kg ⁻¹ · mol ⁻¹
Wärmekapazität	$C = c \cdot m$	C	Wärmekapazität	J · K ⁻¹
		c	spezifische Wärmekapazität	J · K ⁻¹ · kg ⁻¹
		m	Masse	kg
Wärmemenge	$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$	ΔT	Temperaturunterschied	K
		Q	Wärmemenge	J
		c	spezifische Wärmekapazität	J · K ⁻¹ · kg ⁻¹
	(bei Gasen, $V = \text{konst.}$) $Q = c_V \cdot m \cdot \Delta T$	c_V	spez. Wärmekap. ($V = \text{konst.}$)	J · K ⁻¹ · kg ⁻¹
	(bei Gasen, $p = \text{konst.}$) $Q = c_p \cdot m \cdot \Delta T$	c_p	spez. Wärmekap. ($p = \text{konst.}$)	J · K ⁻¹ · kg ⁻¹
Schmelzwärme		Q_s	Schmelzwärme	J
	$Q_s = m \cdot q_s$	m	Masse	kg
		q_s	spezifische Schmelzwärme	J · kg ⁻¹
Verdampfungswärme		q_v	spez. Verdampfungswärme	J · kg ⁻¹
	$Q_v = m \cdot q_v$	Q_v	Verdampfungswärme	J
Wärmeleit ung		I_Q	Wärmestrom	W
	$I_Q = \frac{Q}{t}$	Q	Wärmemenge	J
		t	Zeit	s
		λ	Wärmeleitfähigkeit	W · m ⁻¹ · K ⁻¹
	$I_Q = \frac{\lambda}{l} \cdot A \cdot \Delta T$	ΔT	Temperaturunterschied	K
		A	Querschnittsfläche	m ²
		l	Schichtdicke	m
Wärmestrahlung		$I_{Q,s}$	Wärmestrahlung	W
	$I_{Q,s} = \varepsilon \cdot A \cdot \sigma \cdot T^4$	A	strahlende Fläche	m ²
		σ	Stefan-Boltzmann-Konstante	W · m ⁻² · K ⁻⁴
	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}$	T	absolute Temperatur	K
		ε	Emissionsgrad (0...1)	

Dichtewerte verschiedener Stoffe

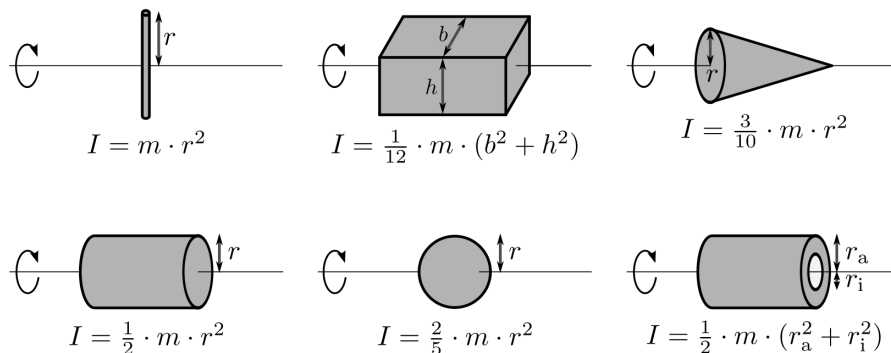
Stoff (fest)	Dichte in kg/dm^3
Aluminium	2,7
Blei	11,34
Eis	0,9
Glas	ca. 2,5
Gold	19,3
Hartgummi	ca. 1,3
Holz	0,5 bis 1,2
Kork	0,2
Kupfer	8,9
Schaumstoff	0,150
Silber	10,5
Stahl	7,8

Stoff (flüssig)	Dichte in kg/dm^3
Ethanol	0,79
Glycerin	1,26
Leichtbenzin	0,7
Petroleum	0,81
Quecksilber	13,6
Schmieröl	0,9
Schwefelsäure	18,36
Wasser (bei 4 °C)	1,0

Stoff (gasförmig, bei 0 °C)	Dichte in kg/m^3
Chlor	3,21
Helium	0,18
Kohlenstoffdioxid	1,98
Luft	1,29
Methan	0,72
Wasserstoff	0,09
Xenon	5,90

Haft- und Gleitreibungszahlen einiger Stoffe

Stoffpaar	Haftreibungszahl μ_H	Gleitreibungszahl μ_G
Holz auf Holz	0,5 bis 0,6	0,2 bis 0,4
Stahl auf Stahl	0,15	0,06
Stahl auf Eis	0,03	0,01
Autoreifen auf Beton (trocken)	1,00	0,60
Autoreifen auf Beton (nass)	0,50	0,30
Autoreifen auf Eis	0,10	0,05



Trägheitsmomente von Drehkörpern

EIGENSCHAFTEN VON FESTKÖRPERN

Material	Schmelztemperatur T_S in °C (bei 101,3 kPa)	Siedetemperatur T_V in °C (bei 101,3 kPa)	Längen- Ausdehnungs- koeffizient α in $10^{-6} \frac{1}{K}$	Spezifische Wärmekapazi- tät c in $\frac{kJ}{kg \cdot K}$	Spezifische Schmelzwärme q_s in $\frac{kJ}{kg}$
Aluminium	660	2450	23,1	0,90	397
Beton	—	—	12,0	0,84	—
Blei	327	1750	29,0	0,13	23,0
Diamant	3540	4830	1,3	0,50	—
Eisen	1535	2735	11,8	0,45	277
Glas (Quarz)	1700	—	0,5	0,73	—
Gold	1063	2700	14,3	0,13	65,7
Graphit	3650	4830	7,9	0,71	—
Holz (Eiche)	—	—	Ca. 8	2,4	—
Kupfer	1083	2590	16,5	0,38	184
Magnesium	650	1110	26,0	1,02	368
Platin	1769	4300	9,0	0,13	111
Porzellan	—	—	3 bis 4	0,84	—
Silber	961	2180	18,9	0,24	105
Silicium	1420	2355	2,6	0,70	164
Wolfram	3380	5500	4,5	0,13	192
Zinn	232	2690	22,0	0,23	59,6

EIGENSCHAFTEN VON FLÜSSIGKEITEN

Material	Schmelztemperatur T_S in °C (bei 101,3 kPa)	Siedetemperatur T_V in °C (bei 101,3 kPa)	Volumen- Ausdehnungs- koeffizient γ in $10^{-3} \frac{1}{K}$	Spezifische Wärmekapazi- tät c in $\frac{kJ}{kg \cdot K}$	Spezifische Verdampfungs- wärme q_v in $\frac{kJ}{kg}$
Azeton	−95	56,3	1,46	2,16	525
Benzol	+5,5	80,1	1,24	2,05	394
Brom	−7,2	58,8	1,13	0,46	183
Ethanol	−114	78,3	1,40	2,43	840
Glycerin	18,4	291	0,52	2,39	825
Methanol	−98	64,6	1,20	2,50	1100
Olivenöl (nativ)	Ca. −7	Ca. 180	1,14	1,97	
Petroleum	Ca. −35	Ca. 200	0,96	2,14	
Quecksilber	−38,9	357	0,18	0,14	285
Wasser	0	100	0,21	4,18	2257

EIGENSCHAFTEN VON GASEN

Material	Schmelztemperatur T_S in °C (bei 101,3 kPa)	Siedetemperatur T_V in °C (bei 101,3 kPa)	Spezifische Wärmekapazi- tät c_v in $\frac{kJ}{kg \cdot K}$	Spezifische Wärmekapazi- tät c_p in $\frac{kJ}{kg \cdot K}$	Spezifische Verdampfungs- wärme q_v in $\frac{kJ}{kg}$
Ammoniak	−77,7	−33,4	1,65	2,16	1370
Chlor	−101	−34,1	0,55	0,74	290
Helium	−271	−269	3,21	5,23	20,6
Kohlenstoffdioxid	−56,6 (bei $p = 0,53$ MPa)	−78,5 (Sublima- tionspunkt)	0,65	0,84	574
Methan	−183	−162	1,70	2,22	510
Ozon	−193	−113	0,57	0,79	316
Propan	−190	−42,1	1,41	1,59	426
Wasserstoff	−259	−252,8	10,17	14,32	461
Xenon	−112	−108	0,16	0,21	96

1	1,0079 200,14 253,87 1,1 1,1 0,0899* -1,1 H Wasserstoff He2s¹	3	6,941 6,941 6,941 1,0 1,0 1,0 1,0 Li Lithium He2s¹	4	9,0122 9,0122 9,0122 1,0 1,0 1,0 1,0 Be Beryllium He2s²	11	22,990 22,990 22,990 0,9 0,9 0,9 0,9 Na Natrium He3s¹	12	24,305 24,305 24,305 1,0 1,0 1,0 1,0 Mg Magnesium He3s²	19	39,098 39,098 39,098 0,8 0,8 0,8 0,8 K Kalium Ar4s¹	20	40,078 40,078 40,078 1,0 1,0 1,0 1,0 Ca Calcium Ar4s²	37	85,468 85,468 85,468 0,8 0,8 0,8 0,8 Rb Rubidium Kr5s¹	38	87,62 87,62 87,62 1,0 1,0 1,0 1,0 Sr Strontium Kr5s²	55	132,91 132,91 132,91 0,8 0,8 0,8 0,8 Cs Cäsium Xe6s¹	56	137,33 137,33 137,33 0,9 0,9 0,9 0,9 Ba Barium Xe6s²	87	223,02 223,02 223,02 0,7 0,7 0,7 0,7 Fr Francium Rn7s¹	88	226,03 226,03 226,03 0,9 0,9 0,9 0,9 Ra Radium Rn7s²
---	--	---	---	---	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---

1	1,0079 259,14 -252,87 2,2 2,2 0,0899* -1,1 H Wasserstoff 1s¹
---	---

Relative Atommasse (g/mol)	1,0079
Schmelzpunkt	-259.14
Siedepunkt	-252.87
Elektronegativität	2,2
Elektronenkonfiguration	1s ¹
Oxidationsstufen	0.0899* -1,1

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30										
Scandium	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn										
44,056	47,88	50,94	51,996	54,938	55,845	58,933	58,693	63,546	65,409										
3,103	3,207	3,282	3,282	3,282	3,282	3,282	3,282	3,282	3,282										
1,4	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,9	1,9	1,9										
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn										
Ar3d ⁴ 4s ²	Ar3d ⁴ 4s ²	Ar3d ⁴ 4s ²	Ar3d ⁵ 4s ¹	Ar3d ⁵ 4s ²	Ar3d ⁶ 4s ²	Ar3d ⁷ 4s ²	Ar3d ⁸ 4s ²	Ar3d ⁹ 4s ²	Ar3d ¹⁰ 4s ²										
2,99	4,50	2,3,4	7,14	7,43	7,43	8,90	8,91	8,92	7,14										
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48										
Yttrium	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd										
Kr4d ⁴ 5s ²	Kr4d ⁴ 5s ²	Kr4d ⁴ 5s ¹	Kr4d ⁵ 5s ¹	Kr4d ⁵ 5s ¹	Kr4d ⁶ 5s ¹	Kr4d ⁶ 5s ¹	Kr4d ⁸ 5s ¹	Kr4d ⁹ 5s ¹	Kr4d ¹⁰ 5s ²										
6,50	6,50	8,57	2,5	11,5	12,37	12,37	10,49	12,3	8,65										
3	3	2,4	2,5	-3 bis 7	-3 bis 7	-3 bis 7	10,49	12,3	8,65										
72	73	74	75	76	77	78	79	80	81										
Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl										
Kr5d ⁴ 6s ²	Kr5d ⁴ 6s ²	Kr5d ⁴ 6s ²	Kr5d ⁵ 6s ²	Kr5d ⁶ 6s ²	Kr5d ⁶ 6s ²	Kr5d ⁹ 6s ¹	Kr5d ¹⁰ 6s ¹	Kr5d ¹⁰ 6s ¹	Kr5d ¹⁰ 6s ²										
13,28	16,65	19,3	21,0	22,59	22,59	22,59	19,32	13,55	11,85										
4	4	5	5	5	5	5	5	5	5										
104	105	106	107	108	109	110	111	112	113										
Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh										
Ru5d ⁴ 6s ²	Ru5d ⁴ 6s ²	Ru5d ⁴ 6s ²	Ru5d ⁴ 6s ²	Ru5d ⁴ 6s ²	Ru5d ⁴ 6s ²	Ru5d ⁴ 6s ²	Ru5d ⁴ 6s ²	Ru5d ⁴ 6s ²	Ru5d ⁴ 6s ²										
26,11	26,11	26,11	26,11	26,11	26,11	26,11	26,11	26,11	26,11										

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71					
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					
138,91	140,12	140,91	144,24	144,91	150,36	151,96	157,25	158,93	162,50	164,93	167,26	168,93	173,04	174,97					
3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0					
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					
Xe4f ¹ 5d ¹ 6s ²	Xe4f ¹ 5d ¹ 6s ²	Xe4f ¹ 5d ¹ 6s ²	Xe4f ¹ 5d ¹ 6s ²	Xe4f ¹ 5d ¹ 6s ²	Xe4f ¹ 5d ¹ 6s ²	Xe4f ¹ 5d ¹ 6s ²	Xe4f ¹ 5d ¹ 6s ²	Xe4f ¹ 5d ¹ 6s ²	Xe4f ¹ 5d ¹ 6s ²	Xe4f ¹ 5d ¹ 6s ²	Xe4f ¹ 5d ¹ 6s ²	Xe4f ¹ 5d ¹ 6s ²	Xe4f ¹ 5d ¹ 6s ²	Xe4f ¹ 5d ¹ 6s ²					
6,17	6,77	6,46	7,00	7,2	7,54	7,23	7,89	8,23	8,56	8,78	8,78	9,32	6,57	9,84					
[89]	[90]	[91]	[92]	[93]	[94]	[95]	[96]	[97]	[98]	[99]	[100]	[101]	[102]	[103]					
227,03	232,04	231,04	238,03	237,04	247,06	247,06	158,91	158,91	160,93	160,93	160,93	160,93	160,93	160,93					
10,07	11,72	15,37	19,16	20,45	19,82	13,67	13,51	14,78	15,1	8,64	2,3	2,3	2,3	2,3					
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr					
Rn5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Rn5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Rn5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Rn5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Rn5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Rn5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Rn5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Rn5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Rn5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Rn5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Rn5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Rn5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Rn5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Rn5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Rn5f ⁷ 6d ¹ 7s ²					
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					