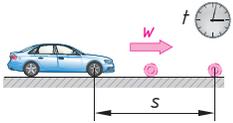
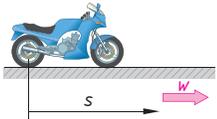


Bewegung, geradlinig

Formelzeichen / Einheiten	Formel / Formelumstellung	Abbildung
<p>w Geschwindigkeit $\frac{m}{s}$</p> <p>s Weg m</p> <p>τ Zeit s</p> <p>a Beschleunigung $\frac{m}{s^2}$</p>	$w = \frac{s}{\tau} \quad s = w \cdot \tau \quad \tau = \frac{s}{w}$ $w = a \cdot \tau \quad a = \frac{w}{\tau} \quad \tau = \frac{w}{a}$ $w = \sqrt{2 \cdot a \cdot s} \quad a = \frac{w^2}{2 \cdot s} \quad s = \frac{w^2}{2 \cdot a}$ $w = \frac{2 \cdot s}{\tau} \quad s = \frac{w \cdot \tau}{2} \quad \tau = \frac{2 \cdot s}{w}$	<p>gleichförmig</p>  <p>beschleunigt / aus dem Stand</p> 

Beispiel

s = 50 m

a = 0,49 $\frac{m}{s^2}$

w = ?

w = $\sqrt{2 \cdot a \cdot s}$

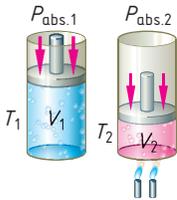
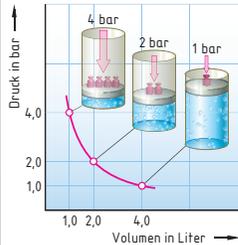
w = $\sqrt{49 \frac{m^2}{s^2}}$

w = $\sqrt{2 \cdot 0,49 \frac{m}{s^2} \cdot 50 m}$

w = 7 $\frac{m}{s}$

Thermodynamik

Abbildung



Formel / Formelumstellung

Allgemeines Gasgesetz

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Zustand 1:

$$p_1 = \frac{p_2 \cdot V_2 \cdot T_1}{V_1 \cdot T_2}$$

$$V_1 = \frac{p_2 \cdot V_2 \cdot T_1}{p_1 \cdot T_2}$$

$$T_1 = \frac{p_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{p_2 \cdot V_2}$$

Zustand 2:

$$p_2 = \frac{p_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{V_2 \cdot T_1}$$

$$V_2 = \frac{p_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{p_2 \cdot T_1}$$

$$T_2 = \frac{p_2 \cdot V_2 \cdot T_1}{p_1 \cdot V_1}$$

In der Praxis werden die Drücke i. d. R. als Überdruck aufgenommen. Daher muss dieser Wert auf Absolutdruck umgerechnet werden.

Formelzeichen / Einheiten

Zustand 1: Vor der Veränderung

 p_1 absoluter Druck bar V_1 Volumen m^3 , (l, dm^3) T_1 Temperatur K

Zustand 2: Nach der Veränderung

 p_2 absoluter Druck bar V_2 Volumen m^3 , (l, dm^3) T_2 Temperatur K

$$1 \text{ bar} = 10 \text{ N/cm}^2 = 100\,000 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{amb}} = 1,01325 \text{ bar}$$

$$0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$$

Beispiel

$$p_{e1} = 14 \text{ bar}$$

$$V_1 = 10 \text{ dm}^3$$

$$V_2 = 13 \text{ dm}^3$$

$$\vartheta_1 = 10^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_2 = 40^\circ\text{C}$$

$$p_{e2} = ?$$

$$p_2 = \frac{p_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{V_2 \cdot T_1}$$

$$p_2 = \frac{15,013 \text{ bar} \cdot 10 \text{ dm}^3 \cdot 313,15 \text{ K}}{13 \text{ dm}^3 \cdot 293,15 \text{ K}}$$

$$p_2 = 12,336 \text{ bar}$$

$$p_{e2} = 13,349 \text{ bar}$$

NR.:

$$p_1 = p_{e1} + p_{\text{amb}}$$

$$p_1 = 14 \text{ bar} + 1,013 \text{ bar}$$

$$p_1 = 15,013 \text{ bar}$$

$$T_1 = 293,15 \text{ K}$$

$$T_2 = 313,15 \text{ K}$$

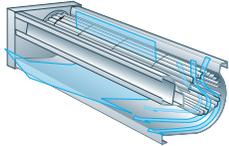
Wärmeübertrager

Formelzeichen / Einheiten	Formel / Formelumstellung	Abbildung
q_{0e} spez. Verdampferarbeit (Kältegewinn) $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	Leistungsberechnung am Verdampfer Spezifische Kälteleistung / Kältegewinn $q_{0e} = h_{02h} - h_{E2}$	Gleichstrom
h_{02} Enthalpie des überhitzten Dampfes (Verdampfer) $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$		
h_{E2} Enthalpie am Austritt des Drosselorgans $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	Volumetrischer Kältegewinn $q_{0v} = \frac{q_{0e}}{v_{V1}}$	
q_{0v} volumetrischer Kältegewinn $\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3}$	$V_{V1} = \frac{1}{\varrho_{V1}}$	
v_{V1} spez. Volumen am Verdichtereingang $\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$	Kälteleistung des Verdampfers $\dot{Q}_0 = \dot{m}_R \cdot q_{0e}$	Gegenstrom
\dot{Q}_0 Kälteleistung des Verdampfers kW		
\dot{m}_R Massenstrom des Kältemittels $\frac{\text{kg}}{\text{s}}$	Kälteleistung des Verdampfers aus Konstruktionsdaten $\dot{Q}_0 = U \cdot A \cdot \Delta \vartheta_m$	
U Wärmedurchgangskoeffizient $\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$		
A Verdampferoberfläche m^2		
$\Delta \vartheta_m$ mittlere log. Temperaturdifferenz K		

Beispiel

$$h_{E2} = 255 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad h_{02h} = 390 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad q_{0v} = \frac{q_{0e}}{v_{V1}} \quad q_{0v} = \frac{h_{02h} - h_{E2}}{v_{V1}} \quad q_{0v} = \frac{390 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 255 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{0,156 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} \quad q_{0v} = 865,38 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3}$$

Ventilator

Formelzeichen / Einheiten	Formel / Formelumstellung	Abbildung
\dot{V}_1 Volumenstrom 1 $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$	$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{n_1}{n_2}$	<p>Proportionalität</p> 
\dot{V}_2 Volumenstrom 2 $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$	$\dot{V}_1 = \frac{\dot{V}_2 \cdot n_1}{n_2}$	
n_1 Drehfrequenz 1 $\frac{1}{\text{min}}$	$n_1 = \frac{\dot{V}_1 \cdot n_2}{\dot{V}_2}$	
n_2 Drehfrequenz 2 $\frac{1}{\text{min}}$	$n_2 = \frac{\dot{V}_2 \cdot n_1}{\dot{V}_1}$	
Δp_1 Druckerhöhung 1 Pa	$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$	
Δp_2 Druckerhöhung 2 Pa	$\Delta p_1 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \cdot \Delta p_2$	
P_1 Leistungsaufnahme 1 W	$\Delta p_2 = \frac{\Delta p_1}{\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2}$	
P_2 Leistungsaufnahme 2 W	$n_1 = \sqrt{\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2}} \cdot n_2$	
	$n_2 = \frac{n_1}{\sqrt{\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2}}}$	
	$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$	
	$P_1 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \cdot P_2$	
	$P_2 = \frac{P_1}{\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3}$	
	$n_1 = \sqrt[3]{\frac{P_1}{P_2}} \cdot n_2$	
	$n_2 = \frac{n_1}{\sqrt[3]{\frac{P_1}{P_2}}}$	

Beispiel

$$n_1 = 1300 \frac{1}{\text{min}} \quad n_2 = 2500 \frac{1}{\text{min}}$$

$$\dot{V}_2 = 3000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad \dot{V}_2 = ?$$

$$\dot{V}_1 = \frac{\dot{V}_2 \cdot n_1}{n_2}$$

$$\dot{V}_1 = 3000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1300 \frac{1}{\text{min}}}{2500 \frac{1}{\text{min}}}$$

$$\underline{\underline{\dot{V}_1 = 1560 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}}$$

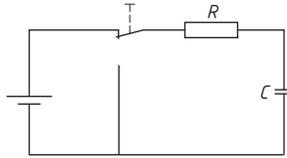
Grundlagen

Formelzeichen / Einheiten

Kondensator an Gleichspannung (Lade- Entladekurven)

τ	Zeitkonstante	s
U_0	max. Ladespannung	V
I_0	max. Ladestrom	A
R	Vorwiderstand	Ω

Abbildungen / Formel / Formelumstellung



$$\tau = R \cdot C$$

$$R = \frac{\tau}{C}$$

$$C = \frac{\tau}{R}$$

$$I_0 = \frac{U_0}{R}$$

$$R = \frac{U_0}{I_0}$$

$$U_0 = I_0 \cdot R$$

Ladezustand:

Der Kondensator ist,
 nach 1τ zu 63,2%,
 nach 2τ zu 86,5%,
 nach 3τ zu 95,0%,
 nach 4τ zu 98,2%,
 nach 5τ zu 99,3% geladen

Beispiel

$$C = 4,7 \mu\text{F}$$

$$R = 10 \text{ k}\Omega$$

$$U_0 = 10 \text{ V}$$

$$\tau = ?$$

$$I_0 = ?$$

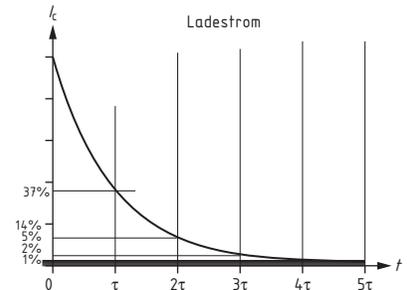
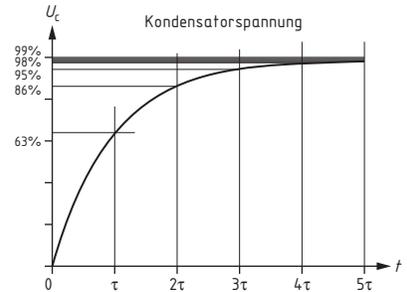
Zeit bis C voll geladen = ?

$$\tau = R \cdot C = 10 \text{ k}\Omega \cdot 4,7 \mu\text{F} = 10 \cdot 10^3 \Omega \cdot 4,7 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 47 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 47 \text{ ms}$$

$$I_0 = \frac{U_0}{R} = \frac{10 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} = 0,001 \text{ A} = \underline{\underline{1 \text{ mA}}}$$

Der Kondensator ist nach 5τ zu 99,3% geladen.

$$5\tau = 5 \cdot 47 \text{ ms} = 235 \text{ ms}$$



Wechselspannungsgeräte

Formelzeichen / Einheiten			Formel / Formelumstellung			Abbildung
Y	Scheinleitwert	S, (1/Ω)	$Y = \sqrt{G^2 + B_L^2}$	$G = \sqrt{Y^2 - B_L^2}$	$B_L = \sqrt{Y^2 - G^2}$	<p>Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und Induktivität</p>
G	Wirkleitwert	S, (1/Ω)	$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2}}}$	$R = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Z^2} - \frac{1}{X_L^2}}}$	$X_L = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Z^2} - \frac{1}{R^2}}}$	
B_L	induktiver Blindleitwert	S, (1/Ω)	$X_L = \frac{Z}{\sin \varphi}$	$Z = X_L \cdot \sin \varphi$		
R	Wirkwiderstand	Ω	$R = \frac{Z}{\cos \varphi}$	$Z = R \cdot \cos \varphi$		
X_L	induktiver Blindwiderstand	Ω	$I = \sqrt{I_W^2 + I_{BL}^2}$	$I_W = \sqrt{I^2 - I_{BL}^2}$	$I_{BL} = \sqrt{I^2 - I_W^2}$	
Z	Scheinwiderstand	Ω	$I = \frac{U}{Z}$	$U = I \cdot Z$	$Z = \frac{U}{I}$	
φ	Phasenverschiebungswinkel	°	$I_W = I \cdot \cos \varphi$			
$\cos \varphi$	Wirkfaktor		$I_{BL} = I \cdot \sin \varphi$			
$\sin \varphi$	Blindfaktor					
I	Gesamtscheinstrom	A				
I_W	Wirkstrom	A				
I_{BL}	induktiver Blindstrom	A				

Beispiel

$R = 15 \Omega$

$L = 45 \text{ mH}$

$U = 24 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$

$G = ?$

$B_L = ?$

$Y = ?$

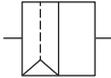
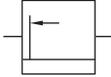
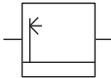
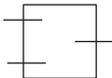
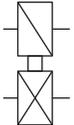
$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{15 \Omega} = \underline{\underline{6,67 \text{ mS}}}$

$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 45 \text{ mH} = \underline{\underline{14,14 \Omega}}$

$Y = \sqrt{G^2 + B_L^2} = \sqrt{(6,67 \text{ mS})^2 + (70,73 \text{ mS})^2} = \underline{\underline{71,03 \text{ mS}}}$

$B_L = \frac{1}{X_L} = \frac{1}{14,14 \Omega} = \underline{\underline{70,73 \text{ mS}}}$

RI – Fließbildsymbole für RLT Anlagen, Luftbehandlung und Regelung (Auswahl nach DIN EN 12792)

Symbol	Beschreibung	Symbol	Beschreibung
Luftbehandlung			
	Mischkammer mit konstantem Luftvolumenstrom		Tropfenabscheider
	Mischkammer mit geregeltm Luftvolumenstrom		Luftbefeuchter allgemein
	Lufterwärmer		Dampfbefeuchter (außerhalb der DIN)
	Luftkühler		Sprühbefeuchter (adiabat) (außerhalb der DIN)
	Luftmischkammer	Regelung	
	Rotationswärmeübertrager (außerhalb der DIN)		Messfühler
			Regler
			Stellantrieb