

[Gewerbliche Schule]
[Öhringen]

Techn. Physik

Fachschule für
Technik
Maschinentechnik

Stand: Apr. 2008

Formelsammlung

zum Lehrfach Technische Physik
von

P. Heinrich

Dieses Manuskript dient zur Unterstützung des Unterrichtes im o.a. Fach und ist nur für die Schüler des Kurses 2007/08 unserer Schule gedacht.
Jede andere Verwendung oder eine Weiterverbreitung, auch in Auszügen bedarf der Genehmigung des Verfassers.

Öhringen, den 5. 4. 2008

1. Bewegungslehre

1.1. Die gleichförmige Bewegung

1.1.1 Geradlinige Bewegung

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{Wegabschnitt}}{\text{Zeitabschnitt}} \quad v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

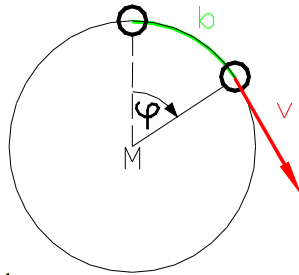
Maßeinheit: m/s

abgeleitet: 1km/h = 1/3,6 m/s 1m/min = 1/60 m/s

1.1.2 Kreisförmige Bewegung

$$\text{Winkel } \varphi \text{ im Bogenmaß } \varphi = \frac{b}{r}$$

$$\varphi = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varphi^\circ}{360^\circ}$$



Winkelgeschwindigkeit

$$\omega = \frac{\varphi}{t} \quad \varphi \text{ im Bogenmaß}$$

für eine Umdrehung gilt

$$\omega = \frac{\text{Umfangswinkel}}{\text{Umlaufdauer}}$$

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

Bahngeschwindigkeit

$$v = \omega \cdot r$$

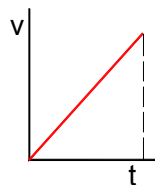
$$v = d \cdot \pi \cdot n$$

1.2. Bewegung mit konst. Beschleunigung

Definition: Beschleunigung

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{in } \frac{m}{s^2}$$

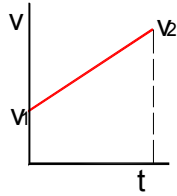
1.2.1 Weg Zeit- Diagramm



Beschleunigte Bewegung

$$v = a \cdot t$$

$$s = \frac{v \cdot t}{2} \quad s = \frac{a \cdot t^2}{2}$$



Beschleunigte Bewegung mit Anfangsgeschwindigkeit

$$s = \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot t \quad s = v_1 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 \pm 2 \cdot a \cdot s}$$

+ Beschleunigung - Verzögerung

2. Kräfte in der Bewegung

2.2 Grundgleichung der Dynamik

Kraft = Masse x Beschleunigung

$$F = m \cdot a$$

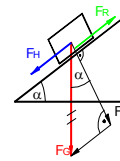
Reibungsgesetz:

$$F_R = \mu \cdot F_N$$

2.3 Schiefe Ebene

$$F_H = F_G \cdot \sin \alpha \quad \text{Hangabtriebskraft}$$

$$F_N = F_G \cdot \cos \alpha \quad \text{Normalkraft}$$



2.4 Zentralkraft

2.4.2 Zentralbeschleunigung

$$a_z = \frac{v^2}{r}$$

2.4.3 Zentripetalkraft - Fliehkraft

$$F_z = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

und mit $v = \omega \cdot r$ gilt

$$F_z = m \cdot r \cdot \omega^2$$

3. Arbeit, Energie, Leistung

3.1 Mechanische Arbeit

$$W = F \cdot s$$

Maßeinheit: N.m = J (Joule)

3.2 Mechanische Energie

Lageenergie: $E_L = m \cdot a_g \cdot h$

Bewegungsenergie: $E_{kin} = \frac{m \cdot v^2}{2}$

Spannenergie: $W_{Sp} = \bar{F} \cdot s$

\bar{F} : Durchschnittliche Kraft

mit Federkonstante D bzw.
Federrate R gilt

$$D = \frac{\Delta F}{\Delta s} \quad E_{Sp} = \frac{D \cdot (s_2^2 - s_1^2)}{2}$$

Reibungsarbeit: $W_R = \mu \cdot F_N \cdot s$

Energieerhaltung

$$\Sigma E_1 = \Sigma E_2$$

$$E_{L1} + E_{kin1} + E_{Sp1} = E_{L2} + E_{kin2} + E_{Sp2} + W_R$$

3.3 Mech. Leistung, Wirkungsgrad

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v = F \cdot d \cdot \pi \cdot n = 2 \cdot \pi \cdot M \cdot f$$

Wirkungsgrad

$\eta = 100\%$ - Verlust in %

oder

$$\eta = W_{ab} / W_{zu}$$

bzw.

$$\eta = P_{ab} / P_{zu}$$

4. Energiebilanzen

4.1 Harmonische Schwingung

Phasenwinkel	Winkelgeschwindigkeit	max. Auslenkung	max. Geschwindigkeit
$\varphi = \omega \cdot t$	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2 \cdot \pi \cdot f$	s_m	$v_m = \omega \cdot r = \omega \cdot s_m$

Weg-Zeit-Gesetz

$$s(t) = s_m \cdot \sin \varphi = s_m \cdot \sin \frac{2\pi}{T} t = s_m \cdot \sin \omega t$$

Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz

$$v(t) = v_m \cdot \cos \varphi = v_m \cdot \cos \omega t = \omega \cdot s_m \cdot \cos \omega t$$

Beschleunigungs-Zeit-Gesetz

$$a(t) = -a_m \cdot \sin \varphi = -\omega^2 \cdot s_m \cdot \sin \omega t$$

Schwingungsdauer: Eigenschwingung

Federschwinger:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$$

Fadenpendel

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Energie

$$W = W_{\text{pot}} + W_{\text{kin}}$$

$$W_{\text{pot}} = \frac{1}{2} D s_m^2 \sin^2 \omega t$$

$$W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m s_m^2 \omega^2 \cos^2 \omega t$$

Resonanz

$$\text{Resonanzfrequenz } f_0 = 1/T$$

T: Eigenschwingungsdauer

4.2 Wärmelehre

Wärmemenge Q

= Energiedifferenz ΔE in J

Temperaturerhöhung	$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$	c spez. Wärmekapazität
Schmelzvorgang	$Q = m \cdot q$	q Schmelzwärme
Verdampfung	$Q = m \cdot r$	r Verdampfungswärme

$$\text{Energieerhaltung} \quad Q_{\text{ab}} = Q_{\text{auf}}$$

Allgemeine Gasgleichung:

$$\frac{p \cdot V}{T} = \text{konst} \quad \Rightarrow \quad \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} = \text{konst}$$

Allg. Gaskonstante: $R = 8,31 \text{ J/Mol.K}$

Normalbedingungen: $T_0 = 273,15 \text{ K}$; $p_0 = 1013 \text{ hPa}$

Molvolumen $V_{\text{mol}} = 22,4 \text{ l}$

1 mol eines Gases besteht aus $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ Teilchen

1 mol eines Gases hat die Masse: relative Molmasse in g

z.B. He 4g/mol; H_2 2g/mol

allgemein gilt

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

n: Stoffmenge (Anzahl der Mole)

1. Hauptsatz der Wärmelehre (Energiesatz)

$$W + Q = \Delta U$$

W: Mechanische Arbeit z.B. $W = p \cdot \Delta V$

Q: Wärme z.B. $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$ bzw. $Q = n \cdot c_m \Delta T$

ΔU : Änderung der Inneren Energie $\Delta U = n \cdot c_{vm} \Delta T$

vom System zugeführte Arbeit $\Rightarrow +$

abgegebene Arbeit $\Rightarrow -$

zugeführte Wärme $\Rightarrow +$

abgegebene Wärme $\Rightarrow -$

Zustandsänderungen

Isochore Zustandsänderung $V = \text{konst.}$

$$\begin{aligned} W &= 0 \\ Q &= \Delta U = n \cdot c_{v,m} \cdot \Delta T \\ \frac{p}{T} &= \text{konst} \end{aligned}$$

Isobare Zustandsänderung $p = \text{konst}$

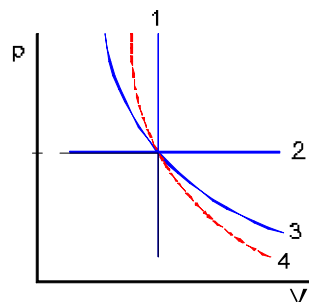
$$\begin{aligned} Q &= \Delta U + W = n \cdot c_{v,m} \cdot \Delta T + p \Delta V \\ \frac{V}{T} &= \text{konst} \end{aligned}$$

Isotherme Zustandsänderung

$$\begin{aligned} Q &= -W \\ Q &= n \cdot R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \\ Q &= p_1 \cdot V_1 \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \\ p \cdot V &= \text{konst.} \end{aligned}$$

Isentrope (Adiabate) Zustandsänderung

$$\begin{aligned} Q &= 0 \\ W &= \Delta U \\ p \cdot V^\gamma &= \text{konst} \end{aligned}$$

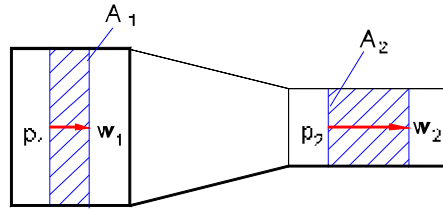


p - V - Diagramm

- 1 Isochore
- 2 Isobare
- 3 Isotherme
- 4 Isentrope (Adiabate)

4.3 Strömungsmechanik

Kontinuitätsgleichung



Volumenstrom (Volumen pro Sekunde)

$$\dot{V}_1 = \dot{V}_2 \Leftrightarrow$$

$$A_1 \cdot w_1 = A_2 \cdot w_2$$

w : Geschwindigkeit der Teilchen

Energieerhaltung einer waagrechten Strömung

$$E = E_{\text{kin}1} + W_{d1} = E_{\text{kin}2} + W_{d2} = \text{konst.} \cdot t$$

$$\frac{m \cdot w_1^2}{2} + p_1 \cdot V_1 = \frac{m \cdot w_2^2}{2} + p_2 \cdot V_2 \quad \text{Gl. durch V diff.}$$

$$\frac{\rho \cdot w_1^2}{2} + p_1 = \frac{\rho \cdot w_2^2}{2} + p_2$$

Bernoullische Druckgleichung

Strömungsgeschwindigkeit mit dem Prandtlischem Staurohr

$$w_1 = \sqrt{2 \cdot a_g \cdot \left(\frac{p_2}{\rho \cdot a_g} - \frac{p_1}{\rho \cdot a_g} \right)} = \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot (p_2 - p_1)}$$

$$w_1 = \sqrt{2 \cdot a_g \cdot (h_2 - h_1)}$$

6 Statik der Flüssigkeiten und Gase

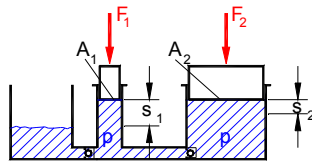
Druck

$$\text{Druck} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}}$$

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

Maßeinheiten: 1 bar = 10 N/cm² = 100 000 Pa (Pascal) = 100 000 N/m²
1 hPa (Hektopascal) = 100 Pa = 1/1000 bar = (1mbar)

Hydraulische Presse



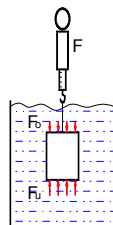
$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$
$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{s_2}{s_1} = \frac{F_1}{F_2}$$

Hydrostatischer Druck



$$p = h \cdot \rho \cdot g$$

Auftrieb in Flüssigkeiten



$$F_A = V \cdot \rho_{\text{Fl}} \cdot g$$

7 Elektrotechnik

Größe	Formelzeichen	Einheit
Elektrische Spannung	U	V [Volt]
Elektrische Stromstärke	I	A [Ampere]
Elektrischer Widerstand, Wirkwiderstand, Resistanz	R	$1\Omega = 1\frac{V}{A}$ [Ohm]
Energie	W	1J = 1Nm = 1Ws [Joule]
Wirkleistung	P	$1W = 1\frac{J}{s}$ [Watt]
Wirkungsgrad	η [Eta, griech.]	-
Elektrische Ladung	Q	1C = 1As [Coulomb]
Elektrische Kapazität	C	$1F = 1\frac{As}{V}$ [Farad]
Magnetische Flussdichte, Induktion	B	$1T = 1\frac{Vs}{m^2}$ [Tesla]
Windungszahl einer Spule	N	-
Spezifischer elektrischer Widerstand (bei $\vartheta = 20^\circ\text{C}$)	ρ [Rho, griech.]	$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
	(Leitungs-) Kupfer	0,0178
	(Leitungs-) Aluminium	0,0286
	Eisen	0,10
	Konstantan (Cu,Ni,Mn- Legierung)	0,50

Formeln

Elektrischer Strom	$I = \frac{Q}{t}$
Elektrischer Widerstand und Ohmsches Gesetz	$R = \frac{U}{I} = \text{konst.}$
Widerstand eines Leiters	$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$
Elektrische (Wirk-) Leistung	$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$
Wirkleistung bei Wechselstrom	$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$
Wirkleistung bei Drehstrom	$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$
Energie (allgemein, elektrisch) Reihenschaltung von n Widerständen Parallelschaltung von n Widerständen	$W = P \cdot t = U \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t$ $U_{\text{ges}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ $R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ $I_{\text{ges}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ $\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$
Bewegungsinduktion	$u_q = B \cdot l \cdot v$ l ... Leiterlänge
Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld	$F = B \cdot l \cdot I$ l ... Leiterlänge ($B \perp l$)
Effektivwert für sinusförmigen Strom	$I = I_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \hat{I} \approx 0,707 \cdot \hat{I}$
Effektivwert für sinusförmigen Spannung	$U = U_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \hat{U} \approx 0,707 \cdot \hat{U}$
Idealer Transformator	$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$ $U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$