

1 Physikalische Grundlagen

1.1 Dichte

ρ ist die Dichte eines Körpers / einer Flüssigkeit / eines Gases,
 m die Masse des Körpers / der Flüssigkeit / des Gases,
 V das zugehörige Volumen.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

1.2 Gewichtskraft

F_G ist der Betrag der auf einen Körper wirkenden Gewichtskraft \vec{F}_G ,
 m die Masse dieses Körpers,
 g der Ortsfaktor ($g = 9,81 \frac{m}{s^2}$).

$$F_G = m \cdot g$$

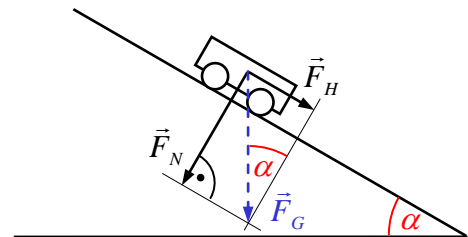
Einheitenumrechnung: $1,0 \frac{kg \cdot m}{s^2} = 1,0 N$

1.3 Normalkraft, Hangabtriebskraft

\vec{F}_G ist die Gewichtskraft,
 \vec{F}_H die Hangabtriebskraft,
 \vec{F}_N die Normalkraft.

\vec{F}_H und \vec{F}_N sind Komponenten von \vec{F}_G .

Mit der Normalkraft \vec{F}_N wird ein Körper senkrecht auf eine Unterlage gedrückt.



1.4 Reibungskraft

F_R ist der Betrag der Reibungskraft \vec{F}_R ,
 μ die Reibungszahl,
 F_N der Betrag der Normalkraft \vec{F}_N , mit der ein Körper auf eine Unterlage gedrückt wird.

$$F_R = \mu \cdot F_N$$

1.5 Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit

v ist der Betrag der Geschwindigkeit \vec{v} , mit der sich ein Körper bewegt,
 Δx die Länge der von dem Körper zurückgelegten Strecke,
 Δt die Länge des Zeitintervalls, in dem die Bewegung erfolgt.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Einheitenumrechnung: $1,0 \frac{m}{s} = 3,6 \frac{km}{h}$

1.6 Bewegung mit konstanter Beschleunigung

a ist der Betrag der Beschleunigung \vec{a} , die ein Körper erfährt,
 Δv die Änderung des Betrages seiner Geschwindigkeit,
 Δt die Länge des Zeitintervalls, in dem die Bewegung erfolgt.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

1.7 Grundgleichung der Mechanik

- F ist der Betrag der beschleunigenden Kraft \vec{F} ,
 m die Masse des beschleunigten Körpers,
 a der Betrag der Beschleunigung \vec{a} , die der Körper erfährt.

$$F = m \cdot a$$

2 Allgemeine Energietechnik, erneuerbare Energien

2.1 Arbeit

W ist die an einem Körper verrichtete Arbeit,
 F der Betrag der konstanten Kraft \vec{F} , die die Arbeit verrichtet,
 x die Länge des von dem Körper zurückgelegten Weges.

$$W = F \cdot x$$

Einheitenumrechnung: $1,0 Nm = 1,0 J = 1,0Ws$

2.2 Mechanische Energie

2.2.1 Kinetische Energie

E_{kin} ist die kinetische Energie eines Körpers,
 m seine Masse,
 v der Betrag seiner Geschwindigkeit.

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

2.2.2 Potentielle Energie (Lageenergie)

E_{pot} ist die potentielle Energie eines Körpers,
 m seine Masse,
 h seine Höhe gegenüber dem Bezugsniveau,
 g der Ortsfaktor ($g = 9,81 \frac{m}{s^2}$).

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot h$$

2.2.3 Spannenergie von Federn

E_{sp} ist die Spannenergie einer Feder,
 D die Federkonstante (Federhärte),
 s die Länge der Dehnung der Feder.

$$E_{sp} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$$

2.2.4 Arbeit- Energie- Prinzip

W ist die am Körper / vom Körper verrichtete Arbeit,
 E_2 die Energie im Endzustand,
 E_1 die Energie im Anfangszustand,
 ΔE die Änderung der Energie von E_1 auf E_2 .

$$W = E_2 - E_1 = \Delta E$$

2.3 Wärmeenergie

Q ist die einem System zugeführte bzw. entnommene Wärmeenergie,
 m die Masse eines Körpers / einer Flüssigkeit / eines Gases,
 c die spezifische Wärmekapazität des Körpers / der Flüssigkeit / des Gases
 ΔT die Temperaturänderung des Körpers / der Flüssigkeit / des Gases.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

T ist die Temperatur in Kelvin (K),
 ϑ die Temperatur in Grad Celsius ($^{\circ}C$).

$$T = \left(\frac{\vartheta}{^{\circ}C} + 273,15 \right) K$$

2.4 Heizwert

2.4.1 Gase

Q ist die bei der Verbrennung eines Gases frei werdende Wärmeenergie,
 V das Volumen des Gases,
 H der Heizwert des Gases.

$$Q = V \cdot H$$

2.4.2 Feststoffe / Flüssigkeiten

Q ist die bei der Verbrennung eines Feststoffes / einer Flüssigkeit frei werdende Wärmeenergie,
 m die Masse des Feststoffes / der Flüssigkeit,
 H der Heizwert des Feststoffes / der Flüssigkeit.

$$Q = m \cdot H$$

Einheitenumrechnung:

1 Tonne Steinkohleeinheit (tSKE): $1 \text{ tSKE} = 29,3 \cdot 10^9 \text{ J} = 8,14 \cdot 10^3 \text{ kWh}$

2.5 Elektrische Energie

E_{el} ist elektrische Energie,
 U die am Leiter anliegende Spannung,
 I die Stromstärke im Leiter,
 t die Zeit, in welcher der Strom durch den Leiter fließt.

$$E_{el} = U \cdot I \cdot t$$

Einheitenumrechnung: $1,0 \text{ VAs} = 1,0 \text{ Ws} = 1,0 \text{ J}$

2.6 Leistung

2.6.1 Allgemeiner Zusammenhang

P ist die Leistung,
 ΔE die Änderung der Energie,
 W die am Körper / vom Körper verrichtete Arbeit,
 Δt die Länge des Zeitintervalls.

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

Einheitenumrechnung: $1,0 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1,0 \text{ W}$

2.6.1 Windleistung einer Windenergieanlage

P_w ist die Windleistung,
 ρ die Dichte der Luft,
 A der durchströmte Rotorflächeninhalt,
 v die Windgeschwindigkeit.

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

2.6.2 Leistung von Wasserkraftturbinen

P_T ist die Turbinenleistung,
 \dot{V} der Volumenstrom des Wassers,
 ρ die Dichte des Wassers,
 g der Ortsfaktor ($g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$),
 h die Fallhöhe über einem Bezugsniveau.

$$P_T = \dot{V} \cdot \rho \cdot g \cdot h$$

2.7 Wirkungsgrad

2.7.1 Allgemeiner Zusammenhang

- η ist der Wirkungsgrad,
- E_{ab} die abgeführte Energie,
- E_{zu} die zugeführte Energie,
- W_{ab} die abgeführte Arbeit,
- W_{zu} die zugeführte Arbeit,
- P_{ab} die abgeführte Leistung (Nutzleistung),
- P_{zu} die zugeführte Leistung.

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

2.7.2 Gesamtwirkungsgrad von drei Energiewandlern

- η_{Ges} ist der Gesamtwirkungsgrad,
- η_1 der Wirkungsgrad des ersten Energiewandlers,
- η_2 der Wirkungsgrad des zweiten Energiewandlers,
- η_3 der Wirkungsgrad des dritten Energiewandlers.

$$\eta_{Ges} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$$

3 Elektrotechnik-Anwendung

3.1 Elektrischer Widerstand

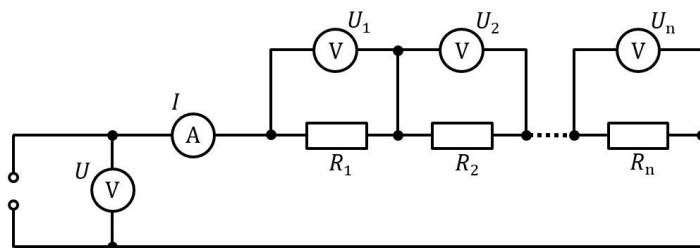
R ist der elektrische Widerstand (Leitungswiderstand),
 U die am Leiter anliegende Spannung,
 I die Stromstärke im Leiter.

$$R = \frac{U}{I}$$

3.2 Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen

R_1, \dots, R_n sind die Einzelwiderstände,
 U_1, \dots, U_n die an den Widerständen R_1, \dots, R_n abfallenden Spannungen,
 I_1, \dots, I_n die Stromstärken an den Widerständen R_1, \dots, R_n ,
 R der Gesamtwiderstand der Schaltung,
 U die anliegende Gesamtspannung,
 I die Gesamtstromstärke.

Reihenschaltung¹⁾

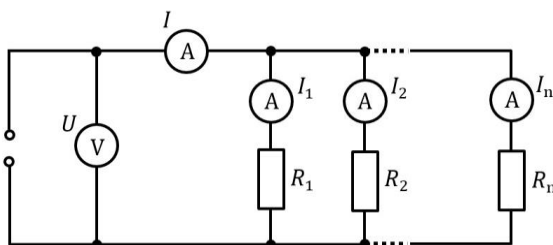


$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Parallelschaltung¹⁾



$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

3.3 Idealer (verlustfreier) Transformator

I_P ist die Primärstromstärke,
 I_S die Sekundärstromstärke,
 U_P die Primärspannung,
 U_S die Sekundärspannung,
 N_P die Primärwindungszahl,
 N_S die Sekundärwindungszahl.

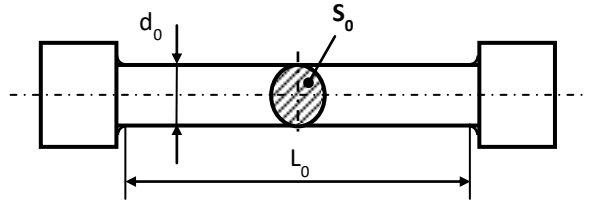
$$\frac{I_S}{I_P} = \frac{U_P}{U_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

¹⁾ Quellen für obige Schaltskizzen: Formelsammlung „Physik, Technologie/Naturwissenschaften, Chemie“ des ISB

4 Werkstoffe und Werkstoffeigenschaften

4.1 Zugprobe

L_0 ist die Anfangsmesslänge,
 S_0 die Anfangsquerschnittsfläche und
 d_0 der Anfangsdurchmesser der Zugprobe.



4.2 Zugspannung

σ_z ist die Zugspannung,
 F der Betrag der Prüfkraft,
 S_0 die Anfangsquerschnittsfläche der Zugprobe.

$$\sigma_z = \frac{F}{S_0}$$

4.3 Dehnung

ε ist die Dehnung,
 ΔL die Verlängerung,
 L_0 die Anfangsmesslänge der Zugprobe.

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

4.4 Elastizitätsmodul

E ist der Elastizitätsmodul des Werkstoffes,
 σ_z die Zugspannung,
 ε die elastische Dehnung der Zugprobe.

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

4.5 Zugfestigkeit

R_m ist die (maximale) Zugfestigkeit,
 F_m der Betrag der maximalen Prüfkraft,
 S_0 die Anfangsquerschnittsfläche der Zugprobe.

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

4.6 Bruchdehnung

A ist die Bruchdehnung in Prozent,
 L_u die Länge der Zugprobe nach dem Bruch,
 L_0 die Anfangsmesslänge der Zugprobe.

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \cdot 100\%$$

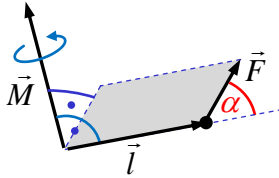
4.7 Brucheinschnürung

Z ist die Brucheinschnürung in Prozent,
 S_0 die Anfangsquerschnittsfläche der Zugprobe,
 S_u die Querschnittsfläche der Zugprobe nach dem Bruch.

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \cdot 100\%$$

5 Technische Mechanik (nur AR Gestaltung)

5.1 Drehmoment



\vec{l} ist der zum Angriffspunkt der Kraft \vec{F} gehörende Ortsvektor.
Ist die Kraft \vec{F} senkrecht zu \vec{l} gerichtet, dann gilt für den Betrag M des Drehmoments \vec{M} :

M ist der Betrag des Drehmoments \vec{M} ,
 l der Hebelarm (Kraftarm),
 F die Betrag der Kraft \vec{F} .

$$M = F \cdot l$$

Vorzeichenfestlegung: Ein Drehmoment \vec{M} ist *linksdrehend*, wenn es *entgegen dem Uhrzeigersinn* dreht (siehe Skizze).

5.2 Grundgleichungen der Statik in der Ebene

Die Summe aller Kräfte, die in x-Richtung wirken, ist Null.

$$\sum F_x = 0$$

Die Summe aller Kräfte, die in y-Richtung wirken, ist Null.

$$\sum F_y = 0$$

Die Summe aller Momente ist Null.

$$\sum M = 0$$

5.3 Grundgleichungen der Festigkeitslehre

5.3.1 Normalspannung

σ ist die senkrecht zum Profilquerschnitt wirkende Spannung,
 F_N der Betrag der äußeren Normalkraft,
 S die Querschnittsfläche des Profils.

$$\sigma = \frac{F_N}{S}$$

5.3.2 Schubspannung

τ ist die parallel zum Profilquerschnitt wirkende Spannung,
 F_q der Betrag der Querkraft,
 S die Querschnittsfläche des Profils.

$$\tau = \frac{F_q}{S}$$

5.3.3 Formänderung im elastischen Bereich

Hooke'sches Gesetz

σ_z ist die Zugspannung,
 ε die Dehnung,
 E der Elastizitätsmodul des Werkstoffes.

$$\sigma_z = \varepsilon \cdot E$$

5.4 Beanspruchungsarten

5.4.1 Zugbeanspruchung / Druckbeanspruchung

$\sigma_{z/d}$ ist die senkrecht zum Profilquerschnitt wirkende
Zugspannung / Druckspannung,
 $F_{z/d}$ der Betrag der äußeren Zugkraft / Druckkraft,
 S die Querschnittsfläche des Profils.

$$\sigma_{z/d} = \frac{F_{z/d}}{S}$$

5.4.2 Biegebeanspruchung

σ_b ist die Biegespannung im Profilquerschnitt,
 M_b das Biegemoment,
 W das axiale Widerstandsmoment.

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W}$$

5.4.3 Torsionsbeanspruchung

τ_t ist die Torsionsspannung im Profilquerschnitt,
 M_t das Torsionsmoment,
 W_p das polare Widerstandsmoment.

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_p}$$

5.4.4 Scherspannung

τ_a ist die Schubspannung im Profilquerschnitt,
 F der Betrag der Querkraft,
 S die Querschnittsfläche des Profils.

$$\tau_a = \frac{F}{S}$$

6 Vorsätze zur Bezeichnung von Zehnerpotenzen und Einheiten

Zehnerpotenz	Wert	Vorsatz	Zeichen
10^{-9}	Milliardstel	Nano	n
10^{-6}	Millionstel	Mikro	μ
10^{-3}	Tausendstel	Milli	m
10^{-2}	Hundertstel	Zenti	c
10^{-1}	Zehntel	Dezi	d
10^3	Tausend	Kilo	k
10^6	Millionen	Mega	M
10^9	Milliarden	Giga	G
10^{12}	Billionen	Tera	T
10^{15}	Billiarden	Peta	P
10^{18}	Trillionen	Exa	E

7 Umrechnung von Energieeinheiten

Ausgangseinheit	Faktor zur Umrechnung in J	Faktor zur Umrechnung in kWh	Faktor zur Umrechnung in eV
Joule (J)	1	$2,78 \cdot 10^{-7}$	$6,24 \cdot 10^{18}$
Kilowattstunde (kWh)	$3,60 \cdot 10^6$	1	$2,25 \cdot 10^{25}$
Elektronenvolt (eV)	$1,60 \cdot 10^{-19}$	$4,45 \cdot 10^{-26}$	1