

1 Grundlagen der SHK-Technik und der Betriebswirtschaftslehre

1.1 Rechenarten, Größen und Formelzeichen

Grundrechenarten

Rechenart	Erklärung	Zahlenbeispiel
Addition (+)	Summand + Summand = Summe	$3 + 4 = 7$
Subtraktion (-)	Minuend – Subtrahend = Differenz	$8 - 2 = 6$
Multiplikation (*)	Faktor · Faktor = Produkt	$5 \cdot 3 = 15$
Division (:)	Dividend : Divisor = Quotient	$12 : 2 = 6$

Schreibweise von Variablen

Zeichen	Algebraisches Beispiel
Das Multiplikationszeichen (der Malpunkt) zwischen Zahl und Variable (Buchstabe) oder den Variablen kann weggelassen werden.	$5 \cdot x = 5x$ $x \cdot y = xy$
Der Faktor 1 wird in der Regel nicht geschrieben.	$1 \cdot x = x$

Griechisches Alphabet

Kleinbuchstabe	Großbuchstabe	Name	Verwendung, Größe	Kleinbuchstabe	Großbuchstabe	Name	Verwendung, Größe
α	A	Alpha	Winkel	ν	N	Ny	
β	B	Beta	Winkel	ξ	Ξ	Xi	
γ	Γ	Gamma	Winkel	o	O	Omikron	
δ	Δ	Delta	Unterschied, Winkel	π	Π	Pi	Kreisberechnung
ϵ	E	Epsilon	Winkel	ρ	P	Rho	Dichte
ζ	Z	Zeta	Widerstandsbeiwert	σ	Σ	Sigma	Summe
η	H	Eta	Wirkungsgrad	τ	T	Tau	
θ, ϑ	Θ	Theta	Temperatur	υ	Y	Ypsilon	
ι	I	Jota		φ	Φ	Phi	Luftfeuchte
κ	K	Kappa		χ	X	Chi	
λ	Λ	Lambda	Wärmeleitfähigkeit	ψ	Ψ	Psi	Abflussbeiwert
μ	M	My	Rauigkeit	ω	Ω	Omega	Widerstand

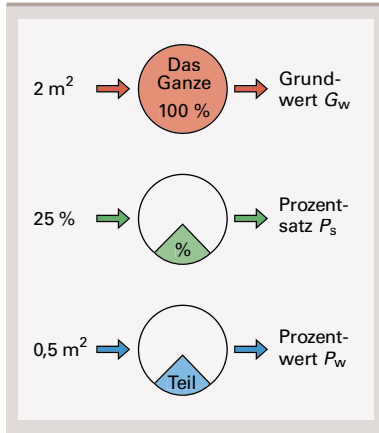
Dezimale Vielfache und Teile von Einheiten

Zehnerpotenz	Zahlenwert	Name	Vorsilbe	Zeichen	Einheit
10^6	1 000 000	Million	Mega	M	56 MBjt/s
10^3	1 000	Tausend	Kilo	k	70 kg
10^2	100	Hundert	Hekto	h	3 hPa
10^1	10	Zehn	Deka	da	1 daHz
10^0	1	Eins	–	–	5 · 1 m
10^{-1}	0,1	Zehntel	Dezi	d	4 dl
10^{-2}	0,01	Hunderstel	Zenti	c	23 cm
10^{-3}	0,001	Tausendstel	Milli	m	6 mm
10^{-6}	0,000 001	Millionstel	Mikro	μ	50 μ A

Größen, Formelzeichen und Einheiten (Auswahl)

Größe	Formelzeichen	Einheit	Einheitenzeichen	Ergänzende Angaben
Stoffmenge	n	Mol	mol	$1 \text{ mol} \triangleq 6,022 \cdot 10^{23} \text{ Teilchen}$
Länge, Breite	l, b	Meter	m	$1 \text{ inch (Zoll)} = 25,4 \text{ mm}$
Fläche	A	Quadratmeter	m^2	$1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$
Volumen	V	Kubikmeter	m^3	$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3$
Volumenstrom	$\dot{V}$	Liter durch Sekunde	l/s	$\text{m}^3/\text{h}, \text{dm}^3/\text{s}$
Zeit	t	Sekunde	s	min, h, d, a
Frequenz	f	Hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$
Umdrehungsfrequenz, Drehzahl	n		$1/\text{s}$	$1/\text{s} = 60/\text{min}$
Geschwindigkeit	v		m/s	$1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$
Beschleunigung	a		m/s^2	
Fallbeschleunigung	g		m/s^2	$g = 9,81 \text{ m/s}^2 (\approx 10 \text{ m/s}^2)$
Temperatur	θ, ϑ	Grad Celsius	$^{\circ}\text{C}$	$0^{\circ}\text{C} = 273,15 \text{ K}$
Thermodynamische Temperatur	T	Kelvin	K	$0 \text{ K} = -273,15^{\circ}\text{C}$
Wärme, Wärmemenge	Q	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$ ($3600 \text{ kJ} = 1 \text{ kWh}$)
spezifische Wärmekapazität	c		$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	
Wärmedurchgangskoeffizient (U -Wert)	U	Watt durch m^2 und Kelvin	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	
Wärmeleitzahl	λ	Watt durch Meter und Kelvin	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	
Brennwert	H_s	Kilowattstunden durch m^3 oder kg	kWh/kg oder kWh/m^3	
Heizwert	H_1	Kilowattstunden durch m^3 oder kg	kWh/kg oder kWh/m^3	
Leistung, mechanisch	P	Watt	W	$1 \text{ W} = 1 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 1 \text{ J/s}$
Wärmeleistung, Wärmestrom, Norm-Heizlast	$\Phi, \dot{Q}$	Watt	W	
Masse	m	Kilogramm	kg	$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}$
Massenstrom	$\dot{m}$	Kilogramm durch Sekunde	kg/s	
Dichte	ρ	Kilogramm durch Kubikmeter	kg/m^3	$1 \text{ kg}/\text{dm}^3 = 1 \text{ g}/\text{cm}^3$
Kraft	F	Newton	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$
Druck	p	Pascal, Bar	Pa, bar	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/\text{m}^2$ $1 \text{ mbar} \approx 1 \text{ cm WS}$
Elektrische Stromstärke	I	Ampere	A	
Elektrische Spannung	U	Volt	V	
Elektrischer Widerstand	R	Ohm	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$

1.2 Prozentrechnen



Grundwert

$$G_w = \frac{P_w}{P_s} \cdot 100 \%$$

Prozentsatz

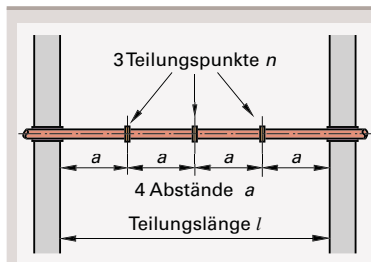
$$P_s = \frac{P_w}{G_w} \cdot 100 \%$$

Prozentwert

$$P_w = \frac{G_w \cdot P_s}{100 \%}$$

1.3 Längen

Teilung mit gleichen Abständen



l	Teilungslänge	in m
L	Gesamtlänge	in m
b	Randabstand	in m
a	Abstand	in m
n	Anzahl der Teilungspunkte	

$$a = \frac{l}{n + 1}$$

$$n = \frac{l}{a} - 1$$

Umrechnung von Längeneinheiten

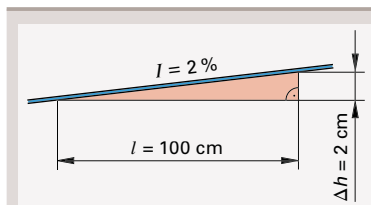
$$1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}$$

$$0,1 \text{ m} = 1 \text{ dm} = 10 \text{ cm} = 100 \text{ mm}$$

$$0,01 \text{ m} = 0,1 \text{ dm} = 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$$

$$0,001 \text{ m} = 0,01 \text{ dm} = 0,1 \text{ cm} = 1 \text{ mm}$$

Steigung



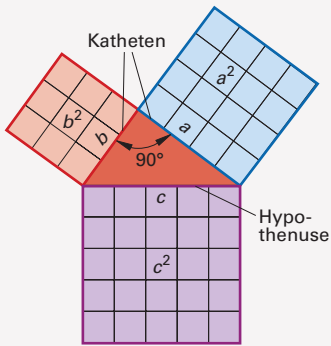
I_r	Relativsteigung	
$I_\%$	prozentuale Steigung	in %
l	Grundlänge	in m
Δh	Höhenunterschied	in m

$$I_r = \frac{\Delta h}{l}$$

$$I_\% = \frac{\Delta h}{l} \cdot 100 \%$$

1.4 Lehrsatz des Pythagoras und Winkelfunktionen

Lehrsatz des Pythagoras



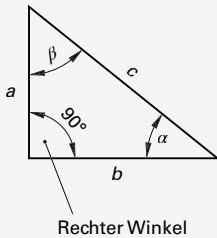
a Katheten,
und bilden den
 b rechten Winkel
 c Hypotenuse, gegenüber dem
rechten Winkel

$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$a^2 = c^2 - b^2$$

$$b^2 = c^2 - a^2$$

Winkelfunktionen



Rechter Winkel

$$\text{Sinus} = \frac{\text{Gegentkathete}}{\text{Hypotenuse}}$$

$$\sin \alpha = \frac{a}{c}$$

$$\sin \beta = \frac{b}{c}$$

$$\text{Cosinus} = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$$

$$\cos \alpha = \frac{b}{c}$$

$$\cos \beta = \frac{a}{c}$$

$$\text{Tangens} = \frac{\text{Gegentkathete}}{\text{Ankathete}}$$

$$\tan \alpha = \frac{a}{b}$$

$$\tan \beta = \frac{b}{a}$$

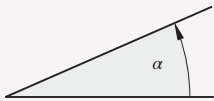
$$\text{Cotangens} = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegentkathete}}$$

$$\cot \alpha = \frac{b}{a}$$

$$\cot \beta = \frac{a}{b}$$

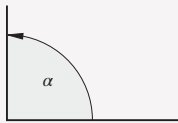
Winkelarten

Spitzer Winkel



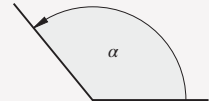
α liegt zwischen 0° und 90°

Rechter Winkel (R)



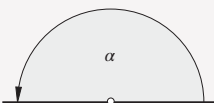
α ist $90^\circ = 1 \text{ R}$

Stumpfer Winkel



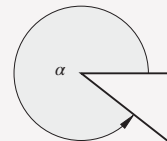
α liegt zwischen 90° und 180°

Gestreckter Winkel (2 R)



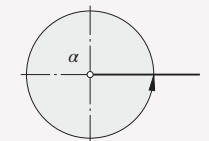
α ist $180^\circ = 2 \cdot \text{R}$

Überstumpfer Winkel



α liegt zwischen 180° und 360°

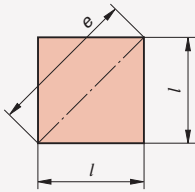
Vollwinkel (4 R)



α ist $360^\circ = 4 \cdot \text{R}$

1.5 Flächen

Quadrat



l	Seitenlänge	in m
e	Eckenmaß	in m
A	Fläche	in m ²
U	Umfang	in m

$$A = l^2$$

$$l = \sqrt{A}$$

$$U = 4 \cdot l$$

$$l = \frac{U}{4}$$

$$e = \sqrt{2 \cdot l^2}$$

$$l = \frac{e}{\sqrt{2}}$$

Umrechnung von Flächeneinheiten

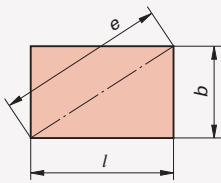
$$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2 = 10\,000 \text{ cm}^2 = 1\,000\,000 \text{ mm}^2$$

$$0,01 \text{ m}^2 = 1 \text{ dm}^2 = 100 \text{ cm}^2 = 10\,000 \text{ mm}^2$$

$$0,0001 \text{ m}^2 = 0,01 \text{ dm}^2 = 1 \text{ cm}^2 = 100 \text{ mm}^2$$

$$0,000\,001 \text{ m}^2 = 0,0001 \text{ dm}^2 = 0,01 \text{ cm}^2 = 1 \text{ mm}^2$$

Rechteck



l	Seitenlänge	in m
b	Breite	in m
e	Eckenmaß	in m
A	Fläche	in m ²
U	Umfang	in m

$$A = l \cdot b$$

$$l = \frac{A}{b}$$

$$b = \frac{A}{l}$$

$$U = 2 \cdot (l + b)$$

$$l = \frac{U}{2} - b$$

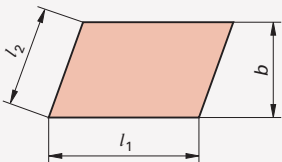
$$b = \frac{U}{2} - l$$

$$e = \sqrt{l^2 + b^2}$$

$$l = \sqrt{e^2 - b^2}$$

$$b = \sqrt{e^2 - l^2}$$

Rhomboid (Parallelogramm)



l	Seitenlänge	in m
b	Breite	in m
A	Fläche	in m ²
U	Umfang	in m

$$A = l_1 \cdot b$$

$$l_1 = \frac{A}{b}$$

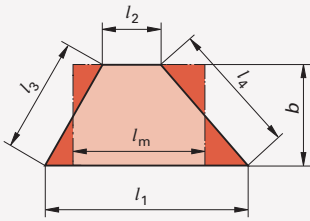
$$b = \frac{A}{l_1}$$

$$U = 2 \cdot (l_1 + l_2)$$

$$l_1 = \frac{U}{2} - l_2$$

$$l_2 = \frac{U}{2} - l_1$$

Trapez



l_1	große Länge	in m
l_2	kleine Länge	in m
l_m	mittlere Länge	in m
b	Breite	in m
A	Fläche	in m ²
U	Umfang	in m

$$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b$$

$$b = \frac{2 \cdot A}{l_1 + l_2}$$

$$l_1 = \frac{2 \cdot A}{b} - l_2$$

$$l_2 = \frac{2 \cdot A}{b} - l_1$$

$$l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$$

$$l_1 = 2 \cdot l_m - l_2$$

$$l_2 = 2 \cdot l_m - l_1$$

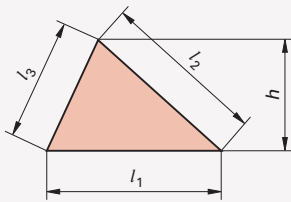
$$A = l_m \cdot b$$

$$b = \frac{A}{l_m}$$

$$l_m = \frac{A}{b}$$

$$U = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$$

Dreieck



l	Seitenlänge	in m
h	Höhe	in m
A	Fläche	in m ²
U	Umfang	in m

$$A = \frac{l_1 \cdot h}{2}$$

$$l_1 = \frac{2 \cdot A}{h}$$

$$h = \frac{2 \cdot A}{l_1}$$

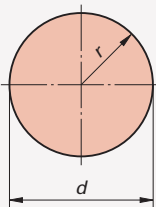
$$U = l_1 + l_2 + l_3$$

$$l_1 = U - (l_2 + l_3)$$

$$l_2 = U - (l_1 + l_3)$$

$$l_3 = U - (l_1 + l_2)$$

Kreis



d	Durchmesser	in m
r	Radius	in m
U	Umfang	in m
A	Fläche	in m ²

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

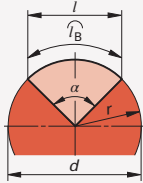
$$A = d^2 \cdot 0,785$$

$$d = \sqrt{\frac{A}{0,785}}$$

$$U = \pi \cdot d$$

$$d = \frac{U}{\pi}$$

Kreisausschnitt



d	Durchmesser	in m
r	Radius	in m
l	Sehnenlänge	in m
A	Fläche	in m ²
α	Mittelpunktswinkel	in °

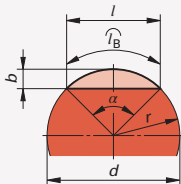
$$A = \frac{d^2 \cdot 0,785 \cdot \alpha}{360^\circ}$$

$$l_B = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ}$$

$$r = \frac{l_B}{\pi} \cdot \frac{180^\circ}{\alpha}$$

$$\alpha = \frac{l_B}{\pi \cdot r} \cdot 180^\circ$$

Kreisabschnitt

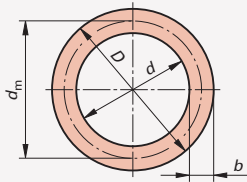


l	Sehnenlänge	in m
d	Durchmesser	in m
b	Breite	in m
A	Fläche	in m ²
α	Mittelpunktswinkel	in °

$$A = \frac{2 \cdot l \cdot b}{3}$$

$$b = \frac{d \cdot \pi \cdot \alpha}{360^\circ}$$

Kreisring



D	Außendurchmesser	in m
d	Innendurchmesser	in m
d_m	mittlerer Durchmesser	in m
b	Breite	in m
U	Umfang	in m
A	Fläche	in m ²

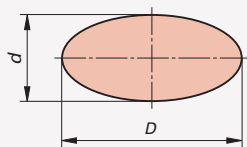
$$A = 0,785 \cdot (D^2 - d^2)$$

$$U = \pi \cdot (D + d)$$

$$D = \frac{U}{\pi} - d$$

$$d = \frac{U}{\pi} - D$$

Ellipse



D	Länge	in m
d	Breite	in m
U	Umfang	in m
A	Fläche	in m ²

$$A = D \cdot d \cdot 0,785$$

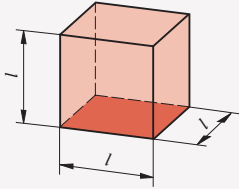
$$U = \pi \cdot \frac{D + d}{2}$$

$$D = \frac{2 \cdot U}{\pi} - d$$

$$d = \frac{2 \cdot U}{\pi} - D$$

1.6 Volumen

Würfel



l	Seitenlänge	in m
V	Volumen	in m ³
A_0	Oberfläche	in m ²

$$V = l^3$$

$$l = \sqrt[3]{V}$$

$$A_0 = 6 \cdot l^2$$

$$l = \sqrt{\frac{A_0}{6}}$$

Umrechnung von Volumeneinheiten

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3 = 1\,000\,000 \text{ cm}^3$$

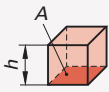
$$0,001 \text{ m}^3 = 1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3 = 1\,000\,000 \text{ mm}^3$$

$$0,000\,001 \text{ m}^3 = 0,001 \text{ dm}^3 = 1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3$$

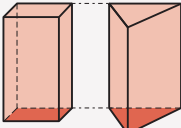
$$0,000\,001 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mm}^3$$

Prismatische und zylindrische Körper

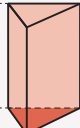
Prismatische Körper



Würfel

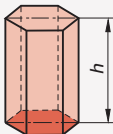


Quader

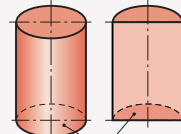


Dreikantprisma

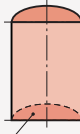
Zylindrische Körper



Sechskantprisma



Zylinder



Halbzylinder

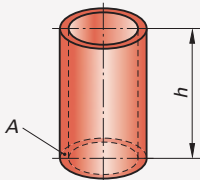
h	Höhe	in m
A	Fläche	in m ²
V	Volumen	in m ³

$$V = A \cdot h$$

$$A = \frac{V}{h}$$

$$h = \frac{V}{A}$$

Hohlzylinder



h	Höhe	in m
d_m	mittlerer Durchmesser	in m
D	äußerer Durchmesser	in m
d	innerer Durchmesser	in m
s	Wandstärke	in m
A	Fläche	in m ²
V	Volumen	in m ³

$$A = d_m \cdot \pi \cdot s$$

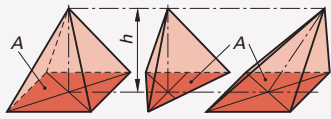
$$d_m = \frac{D+d}{2}$$

$$s = \frac{D-d}{2}$$

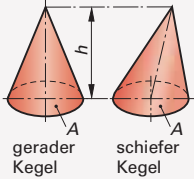
$$A = D^2 \cdot 0,785 - d^2 \cdot 0,785$$

$$A = (D^2 - d^2) \cdot 0,785$$

Pyramiden und Kegel



quadratische Grundfläche dreieckige Grundfläche schiefe Pyramide
Pyramiden



gerader Kegel schiefer Kegel **Kegel**

h Höhe	in m
h_s Seitenhöhe	in m
A Fläche	in m ²
A_m Kegelmantelfläche	in m ²
V Volumen	in m ³

$$V = \frac{A \cdot h}{3}$$

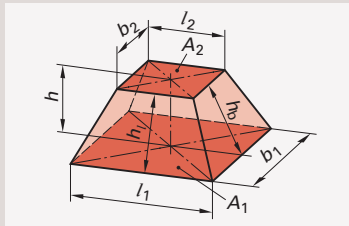
$$A = \frac{3 \cdot V}{h}$$

$$h = \frac{3 \cdot V}{A}$$

$$A_m = \frac{d \cdot \pi \cdot h_s}{2}$$

$$h_s = \sqrt{h^2 + r^2}$$

Pyramidenstumpf



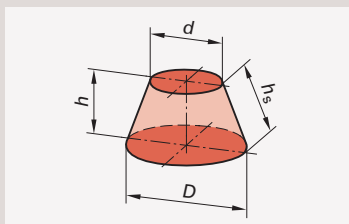
l_1, l_2 Seitenlängen	in m
b_1, b_2 Breiten	in m
h Höhe	in m
h_m, h_l Mantelhöhen	in m
V Volumen	in m ³
A_1 Grundfläche	in m ²
A_2 Deckfläche	in m ²
A_M Mantelfläche	in m ²

$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$$

$$h = \frac{3 \cdot V}{A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2}}$$

$$A_M = (l_1 + l_2) \cdot h_l + (b_1 + b_2) \cdot h_b$$

Kegelstumpf

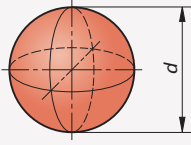


D großer Durchmesser	in m
d kleiner Durchmesser	in m
h Höhe	in m
h_s Mantelhöhe	in m
V Volumen	in m ³
A_M Mantelfläche	in m ²

$$V = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d)$$

$$A_M = \frac{\pi \cdot h_s}{2} \cdot (D + d)$$

Kugel



d	Durchmesser	in m
r	Radius	in m
V	Volumen	in m ³
A_0	Oberfläche	in m ²

$$V = \frac{\pi \cdot d^3}{6}$$

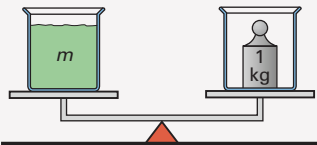
$$d = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V}{\pi}}$$

$$A_0 = \pi \cdot d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{A_0}{\pi}}$$

1.7 Masse, Dichte und Volumen

Masse



m	Masse	in kg
V	Volumen	in m ³
ϱ	Dichte	in kg/m ³

$$m = V \cdot \varrho$$

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

Umrechnung von Masseinheiten

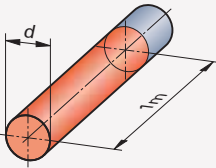
$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} = 1\,000\,000 \text{ g}$$

$$0,001 \text{ t} = 1 \text{ kg} = 1000 \text{ g} = 1\,000\,000 \text{ mg}$$

$$0,000\,001 \text{ t} = 0,001 \text{ kg} = 1 \text{ g} = 1000 \text{ mg}$$

$$0,000\,001 \text{ kg} = 0,001 \text{ g} = 1 \text{ mg}$$

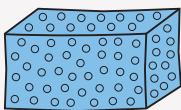
Längenbezogene Masse



m	Masse	in kg
l	Länge	in m
m'	längenbezogene Masse	in kg/m

$$m = m' \cdot l$$

Dichte



m	Masse	in kg
V	Volumen	in m ³
ϱ	Dichte	in kg/m ³

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

Umrechnung von Dichteeinheiten

$$1 \text{ t/m}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ kg/dm}^3$$

$$0,001 \text{ t/m}^3 = 1 \text{ kg/dm}^3$$

$$1 \text{ kg/dm}^3 = 1000 \text{ g/dm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

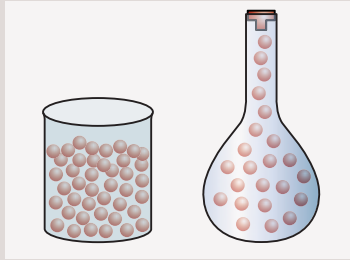
$$1 \text{ kg/dm}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$$

Tabelle 1: Dichten fester und flüssiger Stoffe

Stoff	Zustand	ϱ in kg/dm ³	Stoff	Zustand	ϱ in kg/dm ³
Aluminium	s	2,70	Benzin	l	0,68 bis 0,75
Blei	s	11,34	Butan (flüssig)	l	0,57
Eis	s	0,88 bis 0,92	Heizöl	l	0,84
Gold	s	1	Propan (flüssig)	l	0,51
Kupfer	s	8,93	Quecksilber	l	13,55
Stahl	s	7,85	Wasser bei +4 °C	l	1,00
Zink	s	7,15			

s feste Stoffe, l flüssige Stoffe

Spezifisches Volumen



v	spezifisches Volumen	in m^3/kg
V	Volumen	in m^3
m	Masse	in kg
ρ	Dichte	in kg/m^3

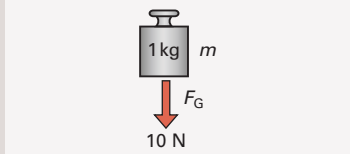
$$v = \frac{V}{m}$$

$$v = \frac{1}{\rho}$$

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

Substanz	Dichte (kg/m^3)	Bestimmtes (m^3/kg)	Substanz	Dichte (kg/m^3)	Bestimmtes (m^3/kg)
Luft	1,225	0,78	Kohlendioxid	1,977	0,506
Eis	916,7	0,00109	Chlor	2,994	0,334
Wasser (flüssig)	1000	0,00100	Wasserstoff	0,0899	11,12
Salzwasser	1030	0,00097	Methan	0,717	1,39
Quecksilber	13546	0,00007	Stickstoff	1,25	0,799
R-22	3,66	0,273	Dampf	0,804	1,24
Ammoniak	0,769	1,30			

1.8 Gewichtskraft



F	Gewichtskraft	in N
m	Masse	in kg
g	Fallbeschleunigung	in m/s^2
	$= 9,81 \text{ m}/\text{s}^2 \approx 10 \text{ m}/\text{s}^2$	

$$F_G = m \cdot g$$

$$m = \frac{F_G}{g}$$

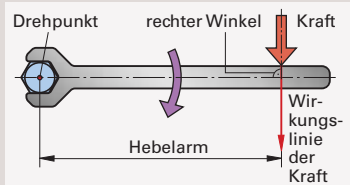
$$1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ N}$$

Umrechnung von Kräfteeinheiten

1 MN	=	1000 kN	=	1 000 000 N
0,001 MN	=	1 kN	=	1000 N
0,000 001 MN	=	0,001 kN	=	1 N

1.9 Drehmoment und Hebel

Drehmoment



M	Drehmoment	in $\text{N} \cdot \text{m}$
F	Kraft	in N
l	Hebelarm	in m

$$M = F \cdot l$$

$$F = \frac{M}{l}$$

$$l = \frac{M}{F}$$