



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

Formeln Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik **PLUS⁺**

mit Formelumstellungen

5. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 18014

Autoren der „Formelsammlung Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik“

Blickle, Siegfried	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Freudenstadt
Flegel, Robert	Wissenschaftlicher Lehrer	Stuttgart
Grevenstein, Hans	Wissenschaftlicher Lehrer	Wurster Nordseeküste
Härterich, Manfred	M. A., Oberstudiendirektor	Ditzingen
Uhr, Ulrich	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Rheinfelden

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises

Manfred Härterich, M. A., Oberstudiendirektor, Ditzingen

Bildbearbeitung

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Die Verwendung nur eines grammatikalischen Geschlechts bei Berufs- und Gruppenbezeichnungen wurde im Hinblick auf den Lesefluss gewählt. Sie stellt keine Meinungsäußerung zur Geschlechterrolle dar.

5. Auflage 2025

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-7585-1481-4

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2025 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co KG, D 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Umschlag: Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, 73760 Ostfildern

Umschlagfotos: [stock.adobe.com: cirquedesprit](https://stock.adobe.com/cirquedesprit); IRINA

Satz: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

1	Grundlagen der SHK-Technik und der Betriebswirtschaftslehre	5
1.1	Rechenarten, Größen und Formelzeichen	5
1.2	Prozentrechnen	7
1.3	Längen	7
1.4	Lehrsatz des Pythagoras und Winkelfunktionen	8
1.5	Flächen	9
1.6	Volumen	12
1.7	Masse, Dichte und Volumen	14
1.8	Gewichtskraft	15
1.9	Drehmoment und Hebel	15
1.12	Kostenrechnung	18
2	Trinkwassertechnik	19
2.1	Druck in Flüssigkeiten	19
2.2	Strömung in Rohrleitungen	20
2.3	Druckarten in Rohrleitungen	21
2.4	Druckverluste in Rohrleitungen	22
2.5	Spitzendurchfluss \dot{V}_s aus dem Summendurchfluss $\Sigma \dot{V}_R \geq 0,2 \text{ l/s}$	23
2.6	Pumpenberechnungen	24
2.7	Rohrdimensionierung	26
2.8	Temperaturskalen, Temperaturdifferenz	29
2.9	Längenänderung	29
2.10	Biegeschenkel	29
2.11	Volumenänderung von Wasser	30
2.12	Wärmemenge	30
2.13	Wärmemenge beim Schmelzen und Erstarren	31
2.14	Wärmemenge beim Verdampfen und Kondensieren	31
2.15	Mischwassertemperaturen und -massen	31
2.16	Wärmeleistung	32
2.17	Wirkungsgrad, Wärmebelastung	32
2.18	Aufheizzeit bei Speicher-Wassererwärmern	32
2.19	Massenstrom bei Durchfluss-Wassererwärmern	32
3	Abwassertechnik	33
3.1	Gefälle von Rohrleitungen	33
3.2	Bemessen von Abwasserleitungen	33
3.3	Dachrinnen und Fallrohre	35
4	Gas- und Abgastechnik	37
4.1	Gasgesetze	37
4.2	Gasverbrauch beim Schweißen	37
4.3	Gasverbrauch zur Stofferwärmung	38
4.4	Gasgeräteleistung und Wirkungsgrad	39
4.5	Anschluss- und Einstellwerte	39
4.6	Kostenermittlung zum Gasverbrauch	39

4.7	Raum- und Verbrennungsluft-Verbund	40
4.8	Luftbedarf bei der Verbrennung	42
4.9	Abgasverluste und Wirkungsgrade	42
4.10	Jahresnutzungsgrad	43
4.11	Abgasvolumen und Verbindungsstücke	44
4.12	Dimensionierung von Niederdruckgasleitungen (Erdgas)	44
4.13	Dimensionierung von Flüssiggasleitungen	47
5	Heizungstechnik	51
5.1	Wärmeübergang	51
5.2	Heizlast	52
5.3	Heizkörperberechnungen	53
5.4	Rohrnetzrechnung und Pumpenauswahl	56
5.5	Fußbodenheizung	60
5.6	Druckausdehnungsgefäß (MAG) und Sicherheitsventil	63
5.7	Öldurchsatz und Auswahl von Brennerdüsen	65
5.8	Geräteleistung und Wirkungsgrad	66
5.9	Brennstoffbedarf	66
6	Klimatechnik	67
6.1	Außenluft	67
6.2	Berechnungen an Luftkanälen	67
6.3	Ventilatorauswahl	70
6.4	Zustandsänderung der Luft (Mollier-Diagramm, $h - x$)	70
6.5	Wärmeleistung und Kühlleistung	74
7	Elektrotechnik	75
7.1	Elektrische Größen und Einheiten	75
7.2	Aderkennzeichnung	75
7.3	IP-Schutzarten in Schutzbereichen	75
7.4	Ohmsches Gesetz	75
7.5	Widerstände	76
7.6	Elektrische Leistung	77
7.7	Elektrische Arbeit	77
7.8	Stromkosten	78
7.9	Erwärmzeit und Massenstrom elektrischer Wassererwärmer	78
8	Erneuerbare Energien	79
8.1	Solaranlagen	79
8.2	Wärmepumpe	79
8.3	Blockheizkraftwerk (BHKW)	80
	Sachwortverzeichnis	81

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

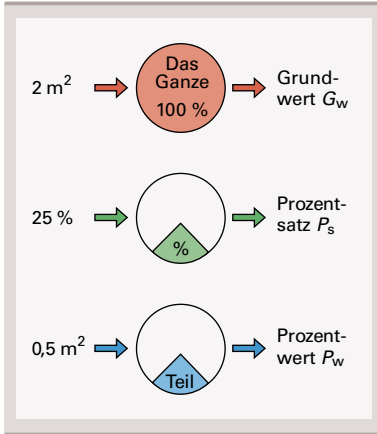
Dezimale Vielfache und Teile von Einheiten

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	–	–	$5 \cdot 1$ 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 mol \triangleq 6,022 · 10 ²³ Teilchen
Länge, Breite	l, b	Meter	m	1 inch (Zoll) = 25,4 mm
Fläche	A	Quadratmeter	m ²	1 a = 100 m ²
Volumen	V	Kubikmeter	m ³	1 l = 1 dm ³
Volumenstrom	\dot{V}	Liter durch Sekunde	l/s	m ³ /h, dm ³ /s
Zeit	t	Sekunde	s	min, h, d, a
Frequenz	f	Hertz	Hz	1 Hz = 1/s
Umdrehungsfrequenz, Drehzahl	n		1/s	1/s = 60/min
Geschwindigkeit	v		m/s	1 m/s = 3,6 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	°C	0 °C = 273,15 K
Thermodynamische Temperatur	T	Kelvin	K	0 K = -273,15 °C
Wärme, Wärmemenge	Q	Joule	J	1 J = 1 N · m = 1 W · s (3600 kJ = 1 kWh)
spezifische Wärmekapazität	c		kJ/(kg · K)	
Wärmedurchgangskoeffizient (U -Wert)	U	Watt durch m ² und Kelvin	W/(m ² · K)	
Wärmeleitfähigkeit	λ	Watt durch Meter und Kelvin	W/(m · 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 W = 1 $\frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}$ = 1 J/s
Wärmeleistung, Wärmestrom, Norm-Heizlast	Φ, \dot{Q}	Watt	W	
Masse	m	Kilogramm	kg	1 t = 1000 kg
Massenstrom	\dot{m}	Kilogramm durch Sekunde	kg/s	
Dichte	ρ	Kilogramm durch Kubikmeter	kg/m ³	1 kg/dm ³ = 1 g/cm ³
Kraft	F	Newton	N	1 N = 1 kg · m/s ²
Druck	p	Pascal, Bar	Pa, bar	1 Pa = 1 N/m ² 1 mbar \approx 1 cm WS
Elektrische Stromstärke	I	Ampere	A	
Elektrische Spannung	U	Volt	V	
Elektrischer Widerstand	R	Ohm	Ω	1 Ω = 1 V/A

1.2 Prozentrechnen



Grundwert

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

Prozentsatz

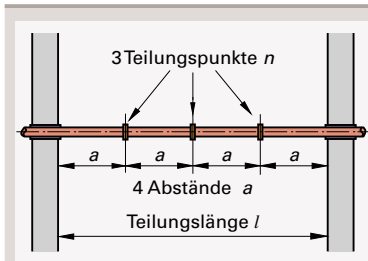
$$P_s = \frac{P_w}{G_w} \cdot 100 \%$$

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

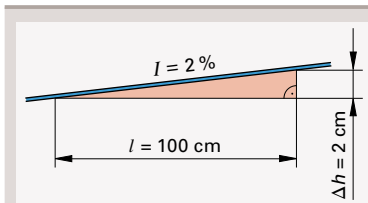
$$1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}$$

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

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

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

Steigung



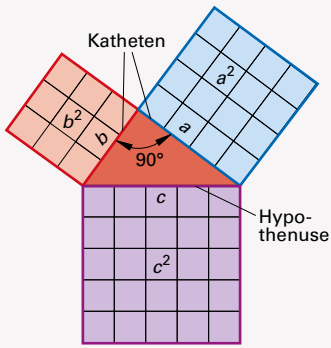
I_r	Relativsteigung	
$I_\%$	prozentuale Steigung	in %
l	Grundlänge	in m
Δh	Höhenunterschied	in m

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

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

1.4 Lehrsatz des Pythagoras und Winkelfunktionen

Lehrsatz des Pythagoras



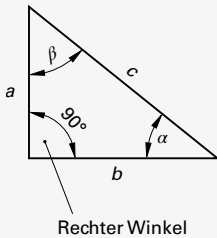
a Katheten,
und bilden den
 b rechten Winkel
 c Hypotenuse, gegenüber dem
rechten Winkel

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

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

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

Winkelfunktionen



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

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

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

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

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

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

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

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

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

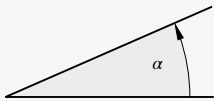
$$\text{Cotangens} = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegentkathete}}$$

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

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

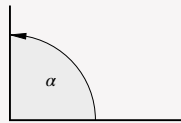
Winkelarten

Spitzer Winkel



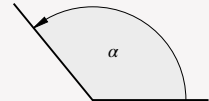
α liegt zwischen 0° und 90°

Rechter Winkel (R)



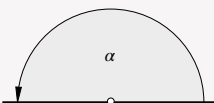
α ist $90^\circ = 1 \text{ R}$

Stumpfer Winkel



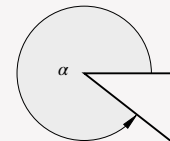
α liegt zwischen 90° und 180°

Gestreckter Winkel (2 R)



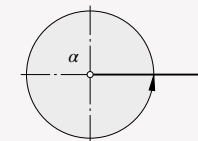
α ist $180^\circ = 2 \cdot \text{R}$

Überstumpfer Winkel



α liegt zwischen 180° und 360°

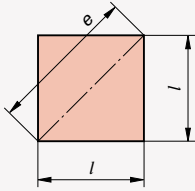
Vollwinkel (4 R)



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

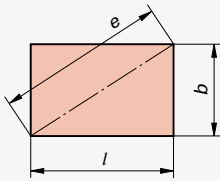
$$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2 = 10\,000 \text{ cm}^2 = 1\,000\,000 \text{ mm}^2$$

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

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

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

Rechteck



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

$$A = l \cdot b$$

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

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

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

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

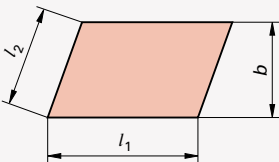
$$b = \frac{U}{2} - l$$

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

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

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

Rhomboid (Parallelogramm)



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

$$A = l_1 \cdot b$$

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

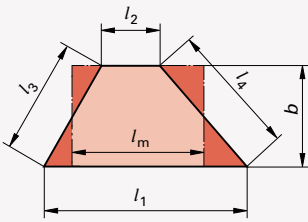
$$b = \frac{A}{l_1}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

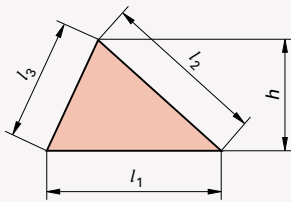
$$l_2 = 2 \cdot l_m - l_1$$

$$A = l_m \cdot b$$

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

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

Dreieck



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

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

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

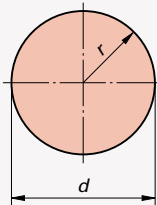
$$U = l_1 + l_2 + l_3$$

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

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

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

Kreis



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

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

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

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

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

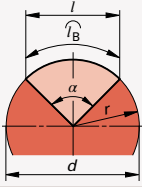
$$A = d^2 \cdot 0,785$$

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

$$U = \pi \cdot d$$

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

Kreisausschnitt



- d Durchmesser in m
- r Radius in m
- l Sehnenlänge in m
- A Fläche in m^2
- α Mittelpunktswinkel in $^\circ$

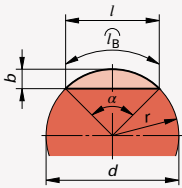
$$A = \frac{d^2 \cdot 0,785 \cdot \alpha}{360^\circ}$$

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

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

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

Kreisabschnitt

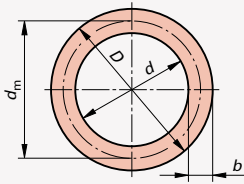


- l Sehnenlänge in m
- d Durchmesser in m
- b Breite in m
- A Fläche in m^2
- α Mittelpunktswinkel in $^\circ$

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

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

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

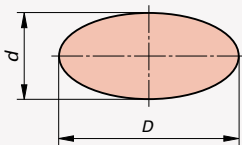
$$A = 0,785 \cdot (D^2 - d^2)$$

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

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

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

Ellipse



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

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

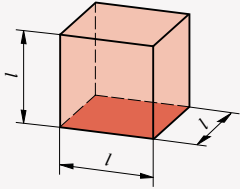
$$U = \pi \cdot \frac{D + d}{2}$$

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

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

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

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

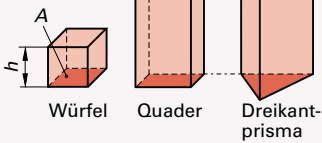
$$0,001 \text{ m}^3 = 1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3 = 1\,000\,000 \text{ mm}^3$$

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

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

Prismatische und zylindrische Körper

Prismatische Körper

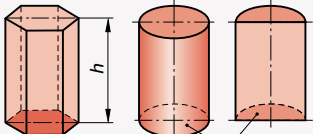


Würfel

Quader

Dreiecksprisma

Zylindrische Körper



Sechsecksprisma

Zylinder

Halbzylinder

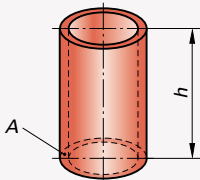
h	Höhe	in m
A	Fläche	in m^2
V	Volumen	in m^3

$$V = A \cdot h$$

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

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

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_b, h_1 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

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

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

$$A_M = (l_1 + l_2) \cdot h_1 + (b_1 + b_2) \cdot h_b$$

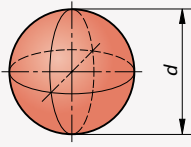
Kegelstumpf

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

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

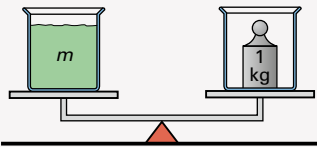
$$d = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V}{\pi}}$$

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

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

1.7 Masse, Dichte und Volumen

Masse



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

$$m = V \cdot \rho$$

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

Umrechnung von Masseinheiten

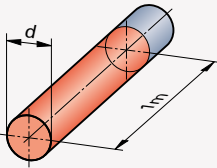
$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} = 1\,000\,000 \text{ g}$$

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

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

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

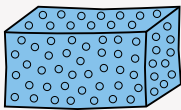
Längenbezogene Masse



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

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

Umrechnung von Dichteeinheiten

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

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

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

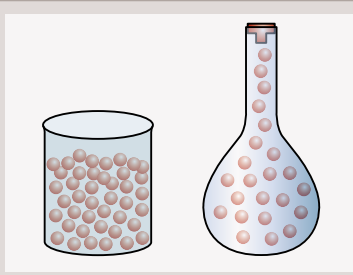
$$1 \text{ kg/dm}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$$

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

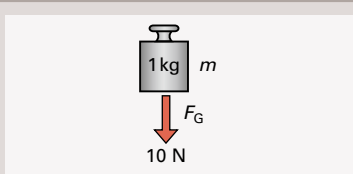
$$v = \frac{V}{m}$$

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

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

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
 $= 9,81 \text{ m}/\text{s}^2 \approx 10 \text{ m}/\text{s}^2$

$$F_G = m \cdot g$$

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

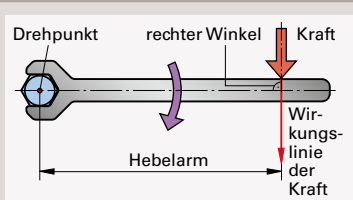
$$1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ N}$$

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

$$M = F \cdot l$$

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

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

Hebelgesetz

F_1, F_2 Kräfte in N
 r_1, r_2 Hebelarme in m

$$F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$$

$$F_1 = \frac{F_2 \cdot l_2}{l_1}$$

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2}$$

$$l_1 = \frac{F_2 \cdot l_2}{F_1}$$

$$l_2 = \frac{F_1 \cdot l_1}{F_2}$$

1.10 Gradlinige und kreisförmige Bewegung

Geschwindigkeit

v Geschwindigkeit in m/s
 s Weg in m
 t Zeit in s

$$v = \frac{s}{t}$$

$$s = v \cdot t$$

$$t = \frac{s}{v}$$

Umrechnung von Zeiteinheiten	Umrechnung von Geschwindigkeitseinheiten
1 s = $\frac{1}{60}$ min = $\frac{1}{3600}$ h	1 km/h = 1000 m/h = 16,67 m/min
60 s = 1 min = $\frac{1}{60}$ h	0,06 km/h = 1 m/min = 1,67 cm/s
3 600 s = 60 min = 1 h	3,6 km/h = 60 m/min = 1 m/s

Umfangsgeschwindigkeit

v Umfangsgeschwindigkeit in m/s
 d Durchmesser in m
 n Drehfrequenz in 1/s

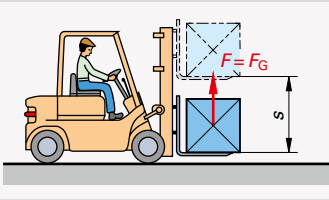
$$v = d \cdot \pi \cdot n$$

$$n = \frac{v}{\pi \cdot d}$$

$$d = \frac{v}{\pi \cdot n}$$

1.11 Mechanische Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad

Mechanische Arbeit



W mechanische Arbeit in Nm
 F Kraft in N
 s Weg in m

$$W = F \cdot s$$

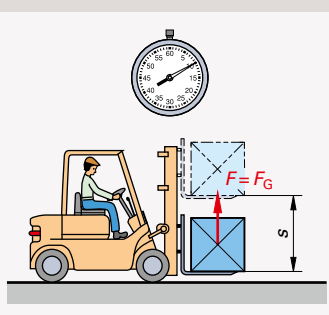
$$F = \frac{W}{s}$$

$$s = \frac{W}{F}$$

Umrechnung von Arbeits- oder Energieeinheiten

1 MJ	= 1000 kJ	= 1 000 000 J
0,001 MJ	= 1 kJ	= 1000 J
0,000 001 MJ	= 0,001 J	= 1 J
1 J	= 1 Nm	= 1Ws

Mechanische Leistung



P mechanische Leistung in W
 W mechanische Arbeit in Nm
 t Zeit in s
 F Kraft in N

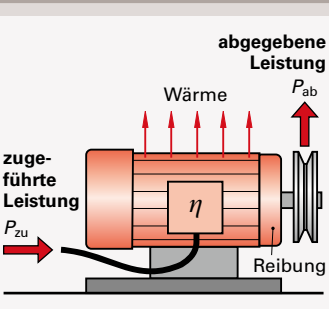
$$P = \frac{W}{t} \quad P = \frac{F \cdot s}{t}$$

$$F = \frac{P \cdot t}{s}$$

$$s = \frac{P \cdot t}{F}$$

$$t = \frac{F \cdot s}{P}$$

Wirkungsgrad



P_{zu} zugeführte Leistung in W
 P_{ab} abgegebene Leistung in W
 η Wirkungsgrad

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

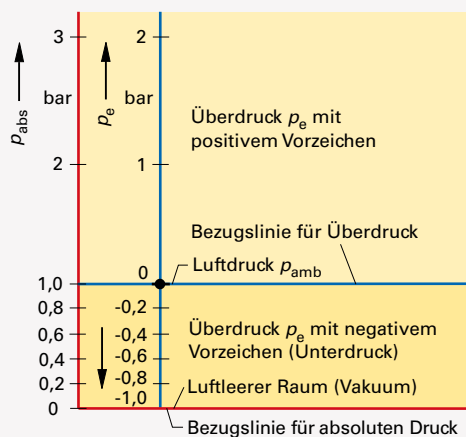
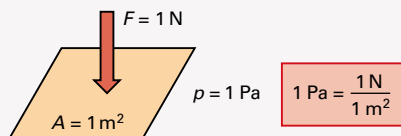
$$P_{ab} = \eta \cdot P_{zu}$$

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

2 Trinkwassertechnik

2.1 Druck in Flüssigkeiten

Druckeinheiten



p Druck	in Pa
F Kraft	in N
A Fläche	in m^2
p_e Überdruck	in Pa
p_{abs} absoluter Druck	in Pa
p_{amb} Luftdruck	in Pa

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

$$F = p \cdot A$$

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

$$p_e = p_{\text{abs}} - p_{\text{amb}}$$

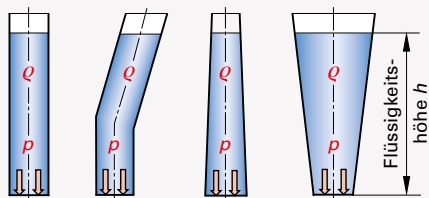
$$p_{\text{amb}} = p_{\text{abs}} - p_e$$

$$p_{\text{abs}} = p_{\text{amb}} + p_e$$

Umrechnung von Druckeinheiten

1 bar	=	10 N/cm ²	=	100 000 N/mm ²
0,001 bar	=	1 mbar	=	100 N/mm ²
0,000 01 bar	=	0,01 mbar	=	1 N/m² = 1 Pa
10 mWS	△	1 bar	=	100 000 Pa
1 cmWS	△	1 mbar	=	100 Pa = 1 hPa
1 MPa	△	10 000 hPa	=	10 bar

Hydrostatischer Druck



p hydrostatischer Druck	in Pa
h senkrechte Flüssigkeitshöhe	in m
ρ Dichte der Flüssigkeit	in kg/m^3
g Fallbeschleunigung	in m/s^2
$g = 9,81 \text{ m/s}^2$	

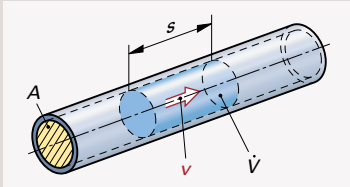
$$p = h \cdot \rho \cdot g$$

$$h = \frac{p}{\rho \cdot g}$$

$$\rho = \frac{p}{h \cdot g}$$

2.2 Strömung in Rohrleitungen

Volumenstrom



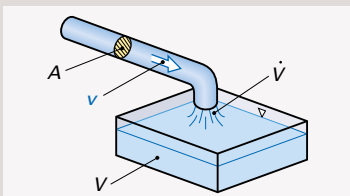
\dot{V} Volumenstrom	in m^3/s
A Strömungsquerschnitt	in m^2
v Fließgeschwindigkeit	in m/s
s Fließweg	in m
t Zeit	in s

$$\dot{V} = A \cdot v$$

$$A = \frac{\dot{V}}{v}$$

$$v = \frac{\dot{V}}{A}$$

Ausflussvolumen



V Ausflussvolumen	in m^3
A Strömungsquerschnitt	in m^2
v Fließgeschwindigkeit	in m/s
t Zeit	in s
\dot{V} Volumenstrom	in m^3/s

$$V = A \cdot v \cdot t$$

$$A = \frac{V}{v \cdot t}$$

$$v = \frac{V}{A \cdot t}$$

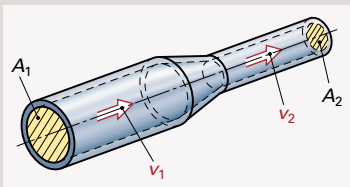
$$t = \frac{V}{A \cdot v}$$

$$V = \dot{V} \cdot t$$

$$\dot{V} = \frac{V}{t}$$

$$t = \frac{V}{\dot{V}}$$

Kontinuitätsgesetz



A_1, A_2 Fläche	in m^2
v_1, v_2 Fließgeschwindigkeit	in m/s

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

$$A_1 = \frac{v_1 \cdot v_2}{v_1}$$

$$v_1 = \frac{A_2 \cdot v_2}{A_1}$$

$$v_2 = \frac{A_1 \cdot v_1}{A_2}$$

$$A_2 = \frac{A_1 \cdot v_1}{v_2}$$

Fließdruck (und Volumenstrom)

p_1 Fließdruck 1	in Pa
p_2 Fließdruck 2	in Pa
V_1 Volumenstrom 1 in l/min (Durchfluss)	
V_2 Volumenstrom 2 in l/min (Durchfluss)	

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} \right)^2$$

$$\dot{V}_1 = \dot{V}_2 \cdot \sqrt{\frac{p_2}{p_1}}$$

$$\dot{V}_2 = \dot{V}_1 \cdot \sqrt{\frac{p_1}{p_2}}$$