



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für metalltechnische Berufe

Formelsammlung Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik

Bearbeitet von Lehrern an berufsbildenden Schulen und von Ingenieuren
(siehe Rückseite)

4. 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“

Anderer, Ralf	Studienrat	Waldbronn
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

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat:

Manfred Härterich, M. A., Oberstudiendirektor, Ditzingen

Bildbearbeitung:

Verlag Europa-Lehrmittel, Abt. Bildbearbeitung, Ostfildern

4. Auflage 2021

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-7585-1197-4

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

© 2021 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: PER MEDIEN & MARKETING GmbH, 38102 Braunschweig
Umschlaggestaltung: Verlag Europa-Lehrmittel, Abt. Bildbearbeitung, Ostfildern
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen der SHK-Technik und der Betriebswirtschaftslehre



1.1 Größen, Formelzeichen und Umrechnungen	5
Größen, Formelzeichen und Einheiten (Auswahl)	5
Griechisches Alphabet	6
Dezimale Vielfache und Teile	6
Einheiten außerhalb der Basisgrößen	6
Formeln zur Umrechnung	
neue – alte Einheiten (gerundet)	6
Umrechnungen	7
1.2 Prozentrechnen und Dreisatzrechnen	7
Prozentrechnen	7
Dreisatzrechnen	8
1.3 Längen	8
Teilungen	8
Gebogene und gestreckt Längen	9
Pythagoras	9
1.4 Flächen	10
Flächen mit geraden Linien	10
Flächen mit gebogenen Linien	11
1.5 Volumen	12
Prismatische und zylindrische Körper	12
Pyramiden und Kegel	13
Abgestumpfte Körper	13
Kugeln	13
Ringförmige Körper	13
1.6 Masse und Dichte	13
1.7 Kraft und Gewichtskraft	14
1.8 Hebel und Drehmoment	14
1.9 Geradlinige und kreisförmige Bewegung	15
1.10 Mechanische Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad	15
1.11 Stoffmenge	16
1.12 Kostenrechnung	17

2 Trinkwasseranlagen



2.1 Druck in Flüssigkeiten	18
Druckeinheiten	18
Hydrostatischer Druck	18
Auftrieb in Flüssigkeiten	19
2.2 Strömung in Rohrleitungen	19
Volumenstrom, Fließgeschwindigkeit, Nennweite	19
Druckarten in Rohrleitungen	20
Druckverluste in Rohrleitungen	21
2.3 Pumpenberechnungen	22
Förderstrom und Förderdruck	22
Pumpenleistung	22
Pumpenauswahl	23

2.4 Rohrdimensionierung	24
Berechnungs- und Spitzendurchfluss	24
Druckverluste, Rohrreibungsdrukgefälle	24
2.5 Temperaturskalen, Temperaturdifferenz	25
2.6 Längenänderung	25
2.7 Biegeschenkel	25
2.8 Volumenänderung	25
2.9 Anomalie des Wassers	25
2.10 Wärmemenge bei Temperaturerhöhung	26
2.11 Wärmemenge beim Schmelzen und Erstarren	26
2.12 Wärmemenge beim Verdampfen und Kondensieren	26
2.13 Mischwassertemperaturen	26
2.14 Mischwassermassen	26
2.15 Mischungskreuz	27
2.16 Wärmeleistung	27
2.17 Wirkungsgrad, Wärmebelastung	27
2.18 Aufheizzeit bei Speicher-Wassererwärmern	27
2.19 Massenstrom bei Durchfluss-Wassererwärmern	27
2.20 Solare Trinkwassererwärmung	28
2.21 Arbeitszahl und Leistungsahl einer Wärmepumpe	28

3 Entwässerungsanlagen



3.1 Gefälle von Rohrleitungen	29
3.2 Bemessen von Abwasserleitungen	29
Gesamtschmutzwasserabfluss V_{tot}	30
3.3 Neutralisationsanlagen	33
3.4 Ableiten von Niederschlagswasser	34
Zuschnitte	34
Blechbedarf, Blechgewicht	34
Entwässerungskonzept	35

4 Gas- und Abgasanlagen



4.1 Gasgesetze	37
4.2 Gasverbrauch beim Schweißen	37
Sauerstoffverbrauch	37
Acetylenverbrauch	38
4.3 Gasverbrauch zur Stofferwärmung	38
4.4 Gasgeräteleistung und Wirkungsgrad	39
Nennleistung	39
Nennbelastung	39
Wirkungsgrad	39

4.5 Anschluss- und Einstellwerte	39
4.6 Kostenermittlung zum Gasverbrauch	40
4.7 Raum- und Verbrennungsluft-Verbund Gasgeräte Art B (TRGI 2018)	40
4.8 Luftbedarf bei der Verbrennung	41
4.9 Abgasverluste und Wirkungsgrade	41
4.10 Jahresnutzungsgrad	42
4.11 Abgasvolumen und Verbindungsstücke	43

5 Heizungsanlagen



5.1 Wärmeübergang	44
Wärmedurchlasswiderstand	44
Wärmedurchgangswiderstand	44
Wärmedurchgangskoeffizient	44
5.2 Norm-Heizlast (nach DIN EN 12831)	44
Norm-Außentemperatur	44
Norm-Transmissionswärmeverluste	44
5.3 Raumheizkörper, Heizkessel	45
Heizkörperleistung	45
Leistungsinderungen	45
Heizkesselleistung	46
Wärmetauscher	46
5.4 Rohrnetzberechnung und Pumpenauswahl	46
Massenstrom	46
Druckverluste bei Zweirohrheizungen	46
Druckverluste im geraden Rohr	47
Einzelwiderstände	47
Druckverluste in Thermostatventilen und Mischern	47
5.5 Einrohrheizungen	48
Rohrnetzauslegung und Pumpendruck	48
5.6 Fußbodenheizung	49
Wärmeleistung	49
Wärmestromdichte	49
Fußboden-Oberflächentemperatur	49
Druckverlust und Pumpenauslegung	49
5.7 Druckausdehnungsgefäß (MAG) und Sicherheitsventil	50
Wasserinhalt der Heizungsanlage	50
Heizwasserausdehnung	50
Wasservorlage	50
Vordruck	50
Fülldruck	50
Größenbestimmung	50
Enddruck	50
5.8 Öldurchsatz und Auswahl von Brennerdüsen	51
Öldurchsatz bei Brennerdüsen	51
Bestimmung der Düsengröße	51
5.9 Brennstoffbedarf	51
Gebäudeheizung	51
Trinkwassererwärmung	51
Jahresbrennstoffbedarf	51

6 Raumlufttechnische Anlagen



6.1 Außenluft	52
6.2 Luftumwälzung	53
6.3 Berechnungen an Luftkanälen	53
Volumenstrom	53
Kontinuitätsgesetz	53
Dynamischer Druck	53
Gesamtdruck	53
Hydraulischer Durchmesser (gleichwertiger Durchmesser)	54
Druckverluste in Luftkanälen	54
6.4 Ventilatorauswahl	54
Ventilatorleistung	54
Ventilatordruck	55
Ventilator Kennlinie, Drehzahl, Druck und Leistung	55
6.5 Zustandsänderung der Luft (Mollier-Diagramm, $h-x$)	55
Lufterwärmung	56
Luftkühlung und Luftentfeuchtung	56
Luftbefeuchtung	56
Luftmischung	57
6.6 Wärmeleistung und Kühlleistung	57
Heizlast im Winter	57
Kühllast im Sommer	57
Innere Wärmequellen (Trockene Kühllast)	57

7 Elektroanschlüsse bei SHK-Anlagen



7.1 Ohmsches Gesetz	58
7.2 Leiterwiderstand	58
7.3 Elektrische Leistung	59
Elektrische Leistung bei Wechselspannung	59
Elektrische Leistung bei Dreiphasen- wechselspannung	59
Phasenverschiebung	60
7.4 Anschlussleistung und Absicherung	61
7.5 Elektrische Arbeit	61
7.6 Stromkosten	61
7.7 Erwärmzeit und Massenstrom elektrischer Wassererwärmer	61
Erwärmzeit	61
Massenstrom	61
Sachwortverzeichnis	62



1 Grundlagen der SHK-Technik und der Betriebswirtschaftslehre

1.1 Größen, Formelzeichen und Umrechnungen

Größen, Formelzeichen und Einheiten (Auswahl)

Größe	Formelzeichen	Einheit	Einheitenzeichen	Ergänzende Angaben
Stoffmenge	η	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 m/s ² ($\approx$ 10 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)	
Wärmeleitzahl	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_t	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	$\Phi, \dot{Q}$	Watt	W	
Masse	m	Kilogramm	kg	1 t = 1000 kg
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

Griechisches Alphabet							
Klein- buchstabe	Groß- buchstabe	Name	Verwendung, Größe	Klein- buchstabe	Groß- buchstabe	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			
Vorsilbe	Umrechnung	Einheitenzeichen	Vielfaches bzw. Teil
Giga...	$1\,000\,000\,000 = 10^9$	G...	Milliardenfaches
Mega...	$1\,000\,000 = 10^6$	M...	Millionenfaches
Kilo...	$1\,000 = 10^3$	k...	Tausendfaches
Hekto...	$100 = 10^2$	h...	Hundertfaches
Deka...	$10 = 10^1$	da...	Zehnfaches
Dezi...	$1/10 = 0,1 = 10^{-1}$	d...	Zehntel
Zenti...	$1/100 = 0,01 = 10^{-2}$	c...	Hunderstel
Milli...	$1/1\,000 = 0,001 = 10^{-3}$	m...	Tausendstel
Mikro...	$1/1\,000\,000 = 0,000\,0001 = 10^{-6}$	μ ...	Millionstel
Nano...	$1/1\,000\,000\,000 = 0,000\,000\,001 = 10^{-9}$	n...	Milliardstel

Einheiten außerhalb der Basisgrößen			
Länge	Volumen	Masse	Leistung
1 inch (Zoll) = 25,4 mm	1 US-gallon = 3,785 dm ³	1 oz = 28,35 g	1 PS = 735 W
1 foot = 0,3048 m	1 Petroleum barrel = 159 dm ³	1 lb = 435,6 g	1 hp = 754,7 W
1 yard = 0,914 m			

Formeln zur Umrechnung neue – alte Einheiten (gerundet)	
Newton – Kilopond 1 N = 0,102 kp (0,1 kp) 1 kp = 9,81 kgm/s ² = 9,81 N	Newton je cm² – bar – Pascal 100 000 N/m ² = 10 N/cm ² = 1 bar 1 N/cm ² = 10 000 Pa
Grad Celsius – Kelvin 0 °C = 273 K – 273 °C = 0 K	bar – Meter Wassersäule 1 bar = 1 000 mbar = 10 mWS 1 mbar = 1 cmWS
Joule – Watt · Sekunde 1 J = 1 N · m = 1 W · s	Watt – Joule je Sekunde 1 W = 1 $\frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}$ = 1 J/s

Umrechnungen**Umrechnung von Längeneinheiten**

1 m	=	10 dm	=	100 cm	=	1 000 mm
0,1 m	=	1 dm	=	10 cm	=	100 mm
0,01 m	=	0,1 dm	=	1 cm	=	10 mm
0,001 m	=	0,01 dm	=	0,1 cm	=	1 mm

Umrechnung von Flächeneinheiten

1 m²	=	100 dm ²	=	10 000 cm ²	=	1 000 000 mm ²
0,01 m ²	=	1 dm²	=	100 cm ²	=	10 000 mm ²
0,0001 m ²	=	0,01 dm ²	=	1 cm²	=	100 mm ²
0,000 001 m ²	=	0,0001 dm ²	=	0,01 cm ²	=	1 mm²

Umrechnung von Volumeneinheiten

1 m³	=	1000 dm ³	=	1 000 000 cm ³		
0,001 m ³	=	1 dm³	=	1000 cm ³	=	1 000 000 mm ³
0,000 001 m ³	=	0,001 dm ³	=	1 cm³	=	1000 mm ³
0,000 001 dm ³	=	0,001 cm ³	=	1 mm³		

Umrechnung von Masseeinheiten

1 t	=	1000 kg	=	1 000 000 g		
0,001 t	=	1 kg	=	1000 g	=	1 000 000 mg
0,000 001 t	=	0,001 kg	=	1 g	=	1000 mg
0,000 001 kg	=	0,001 g	=	1 mg		

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	=	1 Ws

Umrechnung von Zeiteinheiten

1 s	=	$\frac{1}{60}$ min	=	$\frac{1}{3600}$ h
60 s	=	1 min	=	$\frac{1}{60}$ h
3 600 s	=	60 min	=	1 h

Umrechnung von Geschwindigkeitseinheiten

1 km/h	=	1000 m/h	=	16,67 m/min
0,06 km/h	=	1 m/min	=	1,67 cm/s
3,6 km/h	=	60 m/min	=	1 m/s

Umrechnung von Kräfteeinheiten

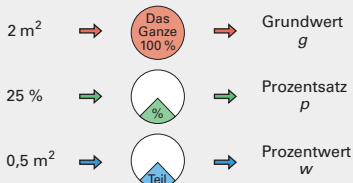
1 MN	=	1000 kN	=	1 000 000 N
0,001 MN	=	1 kN	=	1000 N
0,000 001 MN	=	0,001 kN	=	1 N
		10 N	=	1 daN

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

Umrechnung von Dichteeinheiten

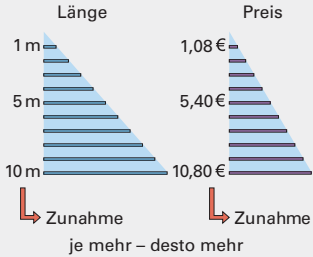
1 t/m³	=	1000 kg/m ³	=	1 kg/dm³
0,001 t/m ³	=		=	1 kg/dm³
1 kg/dm³	=	1000 g/dm ³		
1 kg/dm³	=	1 g/cm³		

1.2 Prozentrechnen und Dreisatzrechnen**Prozentrechnen**

$$w = \frac{g \cdot p}{100 \%}$$

$$g = \frac{w \cdot 100 \%}{p}$$

$$p = \frac{w \cdot 100 \%}{g}$$

Dreisatz mit geradem Verhältnis

1. Satz: Bekanntes Vielfaches:
a kosten b

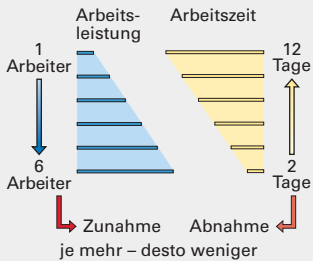
$$\begin{array}{ccc} a & \triangleq & b \\ c & \triangleq & x \end{array}$$

2. Satz: Bezug auf eine Einheit:
1 Stück kostet $\frac{b}{a}$

$$\begin{array}{ccc} a & \leftarrow : & b \\ c & \leftarrow : & x \end{array}$$

3. Satz: Gesuchte Größe:
Ergebnis: c kostet $\frac{b \cdot c}{a}$

$$x = \frac{b \cdot c}{a}$$

Dreisatz mit umgekehrtem Verhältnis

1. Satz: Bekanntes Vielfaches:
a benötigen b

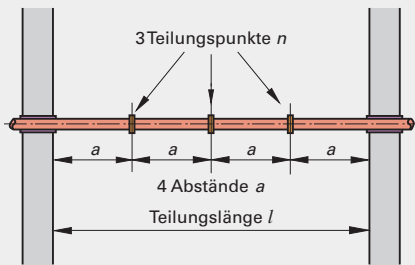
$$\begin{array}{ccc} a & \triangleq & b \\ c & \triangleq & x \end{array}$$

2. Satz: Bezug auf eine Einheit:
1 Stück benötigt $a \cdot b$

$$\begin{array}{ccc} a & \leftarrow : & b \\ c & \leftarrow : & x \end{array}$$

3. Satz: Gesuchte Größe:
Ergebnis: c benötigen $\frac{a \cdot b}{c}$

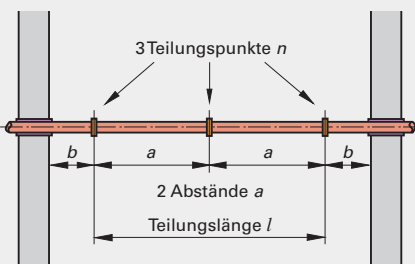
$$x = \frac{a \cdot b}{c}$$

1.3 Längen**Teilung mit gleichen Abständen**

a Abstand
l Teilungslänge
n Anzahl der
Teilungspunkte

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

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

Teilung mit gleichen Abständen

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

$$l = L - 2 \cdot b$$

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

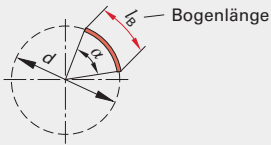
$$n = \frac{l}{a} + 1$$

Kreisumfang

U Kreisumfang
 d Kreisdurchmesser

$$U = d \cdot \pi$$

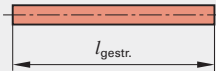
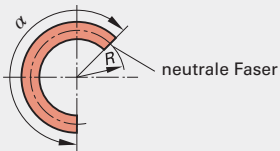
$$d = \frac{U}{\pi}$$

Bogenlänge

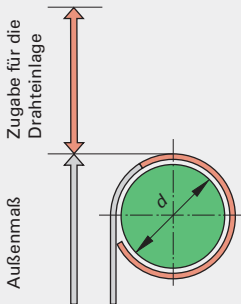
l_B Bogenlänge
 U Kreisumfang
 d Kreisdurchmesser
 α Bogenwinkel

$$l_B = \frac{U \cdot \alpha}{360^\circ}$$

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

Gestreckte Länge

Gestreckte Länge
 = Länge der neutralen Faser
 = Länge der Schwerpunktklinie

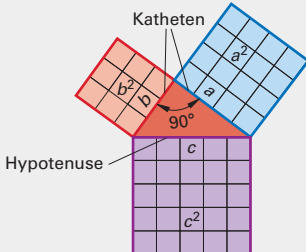
Drahteinlagen

Z Zugabe für Drahteinlagen
 d Drahtdurchmesser

$$Z = 2,5 \cdot d$$

l_D Drahtlänge
 α Bauteildurchmesser

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

Lehrsatz des Pythagoras

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

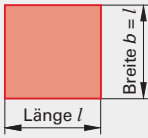
$$c^2 = a^2 + b^2$$

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

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

1.4 Flächen

Quadrat

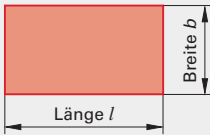


A Fläche
l Länge
b Breite

$$A = l \cdot b$$

$$A = l \cdot l \quad A = l^2 \quad l = \sqrt{A}$$

Rechteck

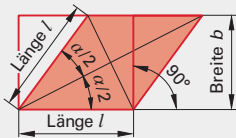


A Fläche
l Länge
b Breite

$$A = l \cdot b$$

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

Raute

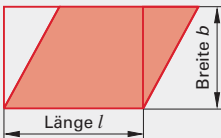


A Fläche
l Länge
b Breite

$$A = l \cdot b$$

b Breite, steht senkrecht auf der Länge l

Parallelogramm

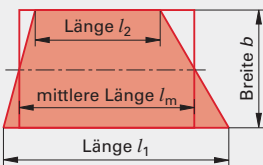


A Fläche
l Länge
b Breite

$$A = l \cdot b$$

b Breite, steht senkrecht auf der Länge l

Trapez

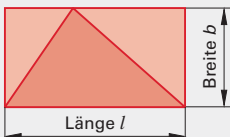


A Fläche
l₁, l₂ Länge
l_m mittlere Länge
b Breite

$$A = l_m \cdot b$$

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

Dreieck

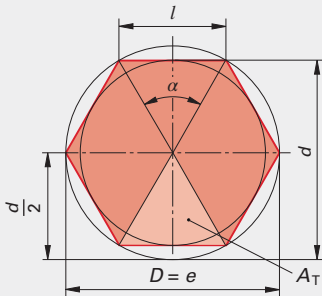


A Fläche
l Länge
b Breite

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

b Breite, steht senkrecht auf der Länge l

Regelmäßiges Vieleck



A Fläche
 A_T Teilfläche
 n Eckenzahl
 l Seitenlänge
 e Eckenmaß
 U Umfang
 d Inkreisdurchmesser
 α Mittelpunktswinkel

$$A = A_T \cdot n$$

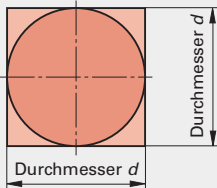
$$A = \frac{l \cdot d \cdot n}{4}$$

$$U = n \cdot l$$

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n}$$

Eckenzahl n	3	4	5	6
Seitenlänge l	$0,867 \cdot D$	$0,707 \cdot D$	$0,588 \cdot D$	$0,500 \cdot D$
Inkreis-Ø d	$0,500 \cdot e$	$0,707 \cdot e$	$0,809 \cdot e$	$0,866 \cdot e$
Eckenmaß e	$2,000 \cdot d$	$1,414 \cdot d$	$1,236 \cdot d$	$1,155 \cdot d$
Fläche A	$0,325 \cdot D^2$	$0,500 \cdot D^2$	$0,595 \cdot D^2$	$0,649 \cdot D^2$
	$1,299 \cdot d^2$	$1,000 \cdot d^2$	$0,908 \cdot d^2$	$0,866 \cdot d^2$

Kreisfläche



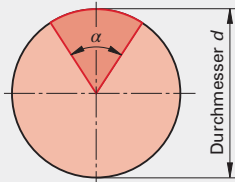
A Fläche
 d Durchmesser

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

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

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

Kreisausschnitt

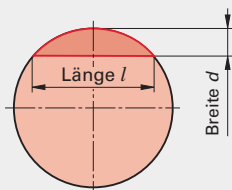


A Fläche
 d Durchmesser

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

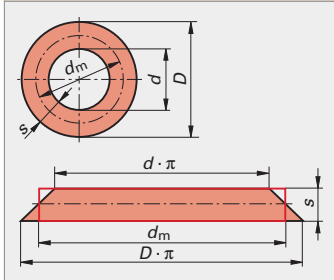
α Winkel des Kreisausschnittes in $^\circ$

Kreisabschnitt



A Fläche
 l Länge
 b Breite

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

Kreisring

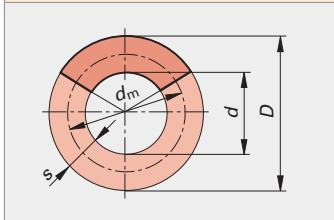
- A Fläche
 D Durchmesser
 d Durchmesser
 d_m mittlerer Durchmesser
 s Wandstärke

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

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

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

$$d_m = \frac{D + d}{2} \quad s = \frac{D - d}{2}$$

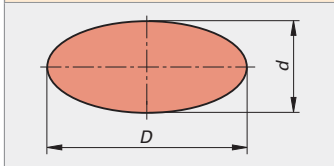
Kreisringausschnitt

- A Fläche
 D Durchmesser
 d Durchmesser
 d_m mittlerer Durchmesser
 s Wandstärke
 α Winkel

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

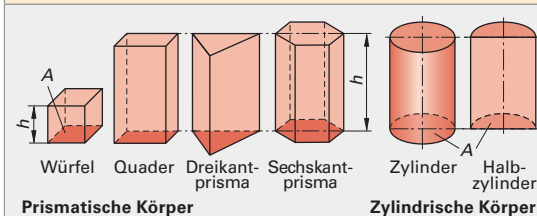
$$A = (D^2 - d^2) \cdot 0,785 \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$$

$$A = d_m \cdot \pi \cdot s \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$$

Ellipse

- A Fläche
 D Durchmesser
 d Durchmesser

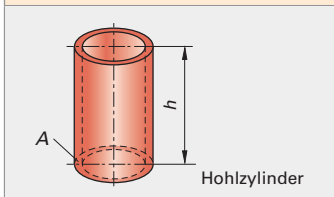
$$A = D \cdot d \cdot 0,785$$

1.5 Volumen**Prismatische und zylindrische Körper**

- V Volumen
 A Fläche
 h Höhe

$$V = A \cdot h$$

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

Hohlzylinder

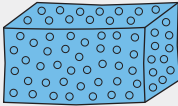
$$A = d_m \cdot \pi \cdot s$$

- V Volumen
 A Fläche
 h Höhe

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

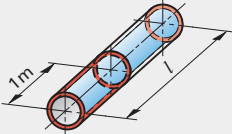
$$A = (D^2 - d^2) \cdot 0,785$$

$$d_m = \frac{D + d}{2} \quad s = \frac{D - d}{2}$$

Dichte

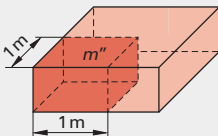
$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 1 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$$

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

Längenbezogene Masse

m	Masse	kg
m'	längenbezogene Masse	kg/m
l	Werkstücklänge	m

$$m = m' \cdot l$$

Flächenbezogene Masse

m	Masse	kg
m''	flächenbezogene Masse	kg/m ²
A	Werkstückoberfläche	m ²

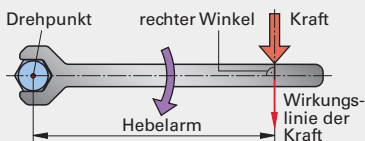
$$m = m'' \cdot A$$

1.7 Kraft und Gewichtskraft

F	Gewichtskraft	N
m	Masse	kg
g	Fallbeschleunigung	m/s ² , N/kg
	$g \approx 10 \text{ m/s}^2$ (10 N/kg)	

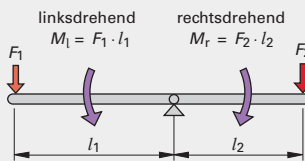
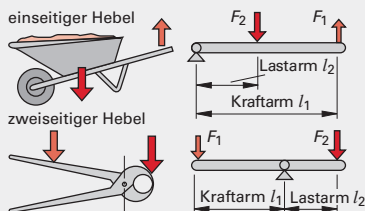
$$F_G = m \cdot g$$

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

1.8 Hebel und Drehmoment**Drehmoment**

M	Drehmoment	N · m
F	Kraft	N
l	Hebelarm	m

$$M = F \cdot l$$

Hebelgesetz

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

F_1	Kraft	N
F_2	Last	N
l_1	Kraftarm	m
l_2	Lastarm	m

1.9 Geradlinige und kreisförmige Bewegung

Geschwindigkeit

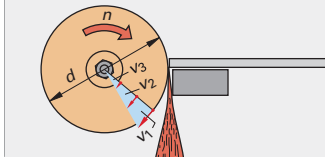


v Geschwindigkeit	m/s, m/min, km/h
s Weg	m
t Zeit	s, min, h

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

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

Umfangsgeschwindigkeit



v Umfangsgeschwindigkeit	m/s
D Durchmesser	m
n Drehfrequenz	1/s

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

1.10 Mechanische Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad

Mechanische Arbeit

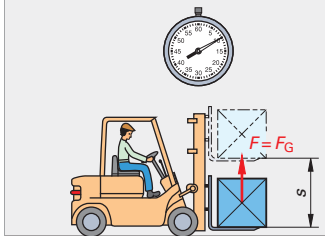


W mechanische Arbeit	N · m J, Ws
F Kraft	N
s Weg	m
$1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$	

$$W = F \cdot s$$

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

Mechanische Leistung



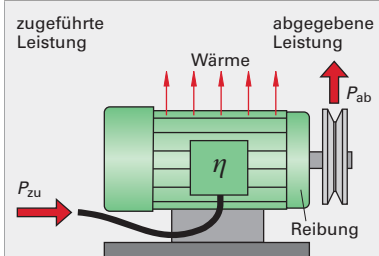
P mechanische Leistung	W
W mechanische Arbeit	N · m J, Ws
t Zeit	s, min, h
F Kraft	N
$1 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ W}$	

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

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

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

Wirkungsgrad



P_{zu} zugeführte Leistung (Aufwand)	W
P_{ab} abgegebene Leistung (Nutzen)	W
η Wirkungsgrad	-
$\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots$ Teilwirkungsgrade	-

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

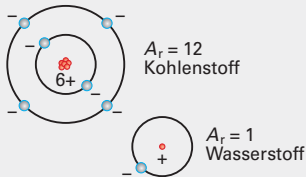
$$P_{ab} = \eta \cdot P_{zu}$$

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

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots$$

1.11 Stoffmenge

Relative Atommasse



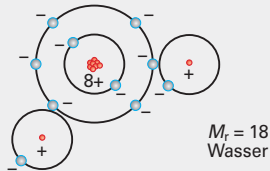
A_r relative Atommasse
 m_A Atommasse
 u atomare Masseneinheit
 (1/12 der Masse eines
 Kohlenstoffatoms ^{12}C)

g

$$A_r = \frac{m_A}{u}$$

$$u = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g}$$

Relative Molekülmasse



M_r relative Molekülmasse

m_A Atommassen der
 Atome des Moleküls

g

$$M_r = \sum \frac{m_A}{u}$$

A_r Wasserstoff ($2 \cdot 1$)

2

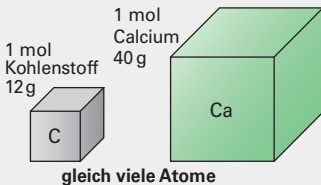
A_r Sauerstoff

16

m_A Wasser

18

Molare Masse



M molare Masse

g/mol

m Masse

g

n Stoffmenge

mol

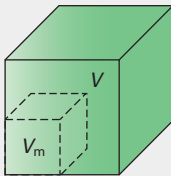
$$m = n \cdot M$$

N_A Avogadrokonstante
 Anzahl der Teilchen
 je mol

1/mol

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$$

Molares Volumen idealer Gase



V_m molares Volumen
 bei Normbedingungen
 (1013 mbar, 0°C)

$$V_m = 22,4 \frac{\text{l}}{\text{mol}}$$

V Gasvolumen

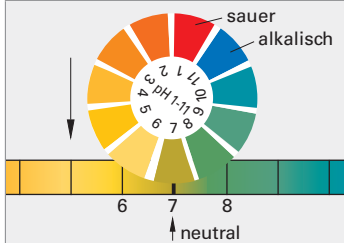
l

n Stoffmenge

mol

$$V = n \cdot V_m$$

Stoffkonzentration, pH-Wert



c Stoffkonzentration

mol/kg

n Stoffmenge

mol

m Masse

kg

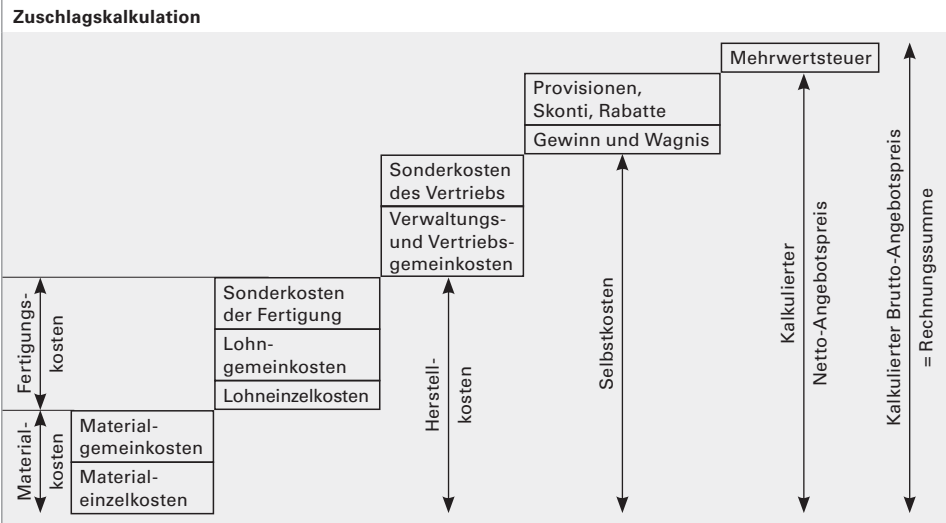
$$c = \frac{n}{V}$$

Der pH-Wert ist die negative Hochzahl der Konzentration von
 Wasserstoffionen in Wasser.

$$c_{\text{H}^+} = 10^{-7} \frac{\text{mol H}^+}{\text{kg H}_2\text{O}}$$

pH-Wert = 7 (chemisch neutral)

1.12 Kostenrechnung



Materialeinzelkosten
+ Materialgemeinkosten
+ Lohn-einzelkosten
+ Lohn-gemeinkosten
+ Sonderkosten der Fertigung
= Herstellkosten
+ Verwaltungsgemeinkosten
+ Vertriebsgemeinkosten
+ Sonderkosten des Vertriebs
= Selbstkosten
+ Wagnis- und Gewinnzuschlag
+ Provisionen, Skonti, Rabatte
= Kalkulierter Netto-Angebotspreis
+ Mehrwertsteuer
= Kalkulierter Brutto-Angebotspreis

Ermittlung der Materialkosten
Materialeinzelkosten (Brutto-Einkaufspreis)
- Rabatt
- Skonto
- Bonus
+ Bezugskosten
+ Materialverlust (Verschnitt)
= Materialeinzelkosten netto
+ Materialgemeinkostenzuschlagsatz
+ Gewinnzuschlag (z. B. 3-5 %)
= Materialverrechnungskosten
+ Mehrwertsteuer
= Materialverkaufspreis

Struktur des Angebots

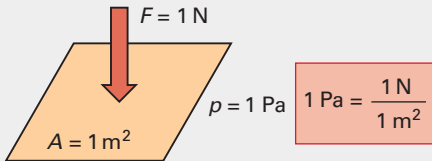
Vertragsbedingungen				
Pos.	Menge	Leistung	Einheitspreis	Gesamtpreis
Netto-Angebotspreis				
+ Mehrwertsteuer				
= Brutto-Angebotspreis				
Ditzingen, den				
Bieter:				

2 Trinkwasseranlagen

2.1 Druck in Flüssigkeiten



Druckeinheiten



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

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

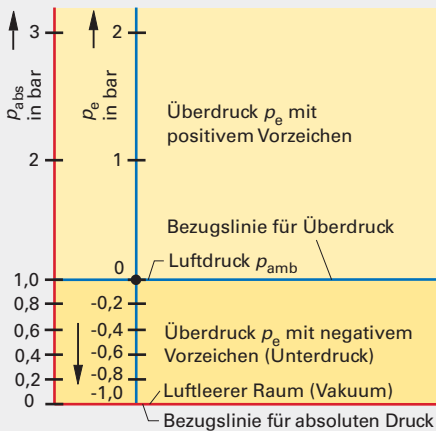
$$F = p \cdot A$$

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

p Druck in N/cm², bar, Pa

F Kraft in N, kN

A Fläche in cm², dm², m²



$$1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ Pa} = 0,01 \text{ mbar}$$

$$1 \text{ bar} = 10 \text{ N/cm}^2$$

$$1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa}$$

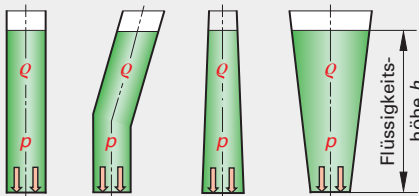
$$1 \text{ bar} = 1000 \text{ mbar}$$

$$1 \text{ mbar} = 1 \text{ hPa}$$

$$\text{Überdruck} = \text{absoluter Druck} - \text{Luftdruck}$$

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

Hydrostatischer Druck



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

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

p hydrostatischer Druck in bar, mbar

h senkrechte Flüssigkeitshöhe in m, dm, cm

ρ Dichte der Flüssigkeit in kg/dm³, g/cm³

g Erdbeschleunigung in m/s², N/kg

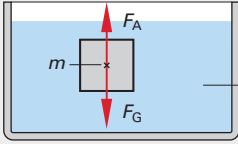
$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$$

$$g \approx 10 \text{ N/kg}$$

Unabhängig vom Flüssigkeitsinhalt ist der Druck p auf den Boden bei gleicher Höhe und gleicher Dichte der Flüssigkeit gleich groß (Hydrostatisches Paradoxon).

Eine Wassersäule von 10 m Höhe erzeugt einen Druck von 1 bar, 1 cm Höhe erzeugt einen Druck von 1 mbar.

Auftrieb in Flüssigkeiten



$$F_G = m \cdot g$$

$$F_G = V \cdot \varrho \cdot g$$

$$F_A = V_{Fl} \cdot \varrho_{Fl} \cdot g$$

$$F_A = F_G$$

$$F_A = V_{Fl} \cdot \varrho_{Fl} \cdot g$$

F_A Auftriebskraft in N, kN

F_G Gewichtskraft des Körpers in N

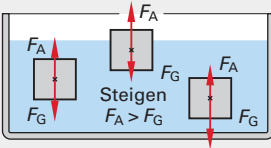
m Masse des Körpers in kg

g Erdbeschleunigung in N/kg, m/s²

V_{Fl} Volumen der verdrängten Flüssigkeit in dm³

ϱ_{Fl} Dichte der verdrängten Flüssigkeit in kg/dm³

Schweben
 $F_A = F_G$

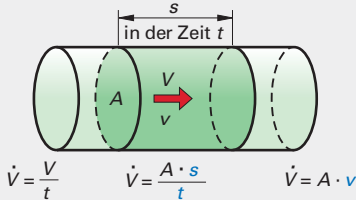


Sinken
 $F_A < F_G$

Auftriebskraft = Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit

2.2 Strömung in Rohrleitungen

Volumenstrom, Fließgeschwindigkeit, Nennweite



$$\text{Volumenstrom} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Zeit}} \quad \dot{V} = \frac{V}{t}$$

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

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

$$\text{Fließgeschwindigkeit} = \frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}} \quad v = \frac{s}{t}$$

$$s = v \cdot t$$

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

Volumenstrom	=	Rohrquerschnitt	·	Fließgeschwindigkeit
$\dot{V}$	=	A	·	v

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

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

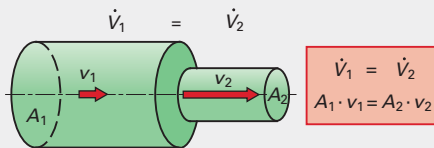
$\dot{V}$ Volumenstrom in dm³/s, m³/h

V Volumen in dm³, m³ t Zeit in s, h

v Fließgeschwindigkeit in m/s s Weg in m

A Rohrquerschnitt in dm²

Kontinuitätsgesetz



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

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

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

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

$$\text{Rohrdurchmesser} = \sqrt{\frac{\text{Volumenstrom}}{\text{Fließgeschwindigkeit} \cdot 0,785}}$$

$$d = \sqrt{\frac{\dot{V}}{v \cdot 0,785}}$$

Volumenstrom und Fließdruck

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

p_1 Fließdruck 1 in bar

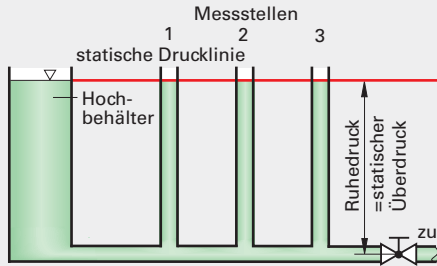
p_2 Fließdruck 2 in bar

$\dot{V}_1$ Volumenstrom 1 in l/min (Durchfluss)

$\dot{V}_2$ Volumenstrom 2 in l/min (Durchfluss)

Druckarten in Rohrleitungen

Ruhedruck

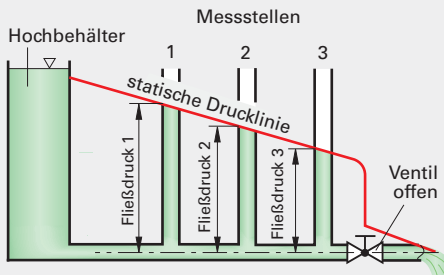


Der Ruhedruck ist an jeder Messstelle gleich groß.

Tabelle 1: Mindestfließdrücke für Entnahmestellen

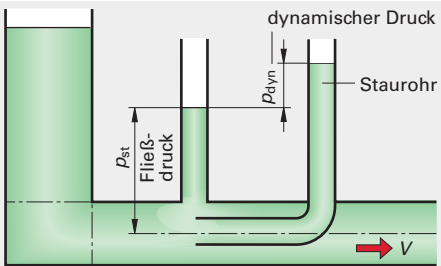
Entnahmestellen	Nennweite DN	Mindestfließdruck
Auslaufventil ohne Luftsprudler	15 bis 25	0,5 bar
Auslaufventil mit Luftsprudler	10 bis 15	1,0 bar
Auslaufventil mit Schlauchverbindung	15 bis 25	1,5 bar
Mischbatterien	15 bis 20	1,0 bar
Druckspüler	15 bis 20	1,2 bar
Druckspüler	25	0,4 bar
Druckspüler für Urinal	15	1,0 bar
Spülkasten	15	0,5 bar
Brauseköpfe	15	1,0 bar
Geschirrspül- und Waschmaschinen	15	0,5 bar

Fließdruck



Der Fließdruck ist an jeder Messstelle unterschiedlich groß.

Dynamischer Druck



$$p_{\text{dyn}} = \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

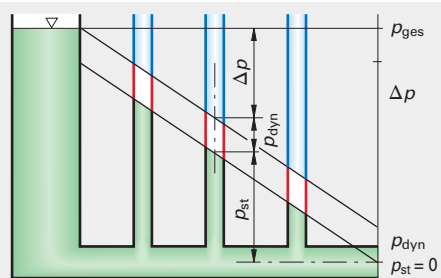
p_{dyn} dynamischer Druck in mbar, Pa

ρ Dichte in kg/dm³, kg/m³

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot p_{\text{dyn}}}{\rho}}$$

v Fließgeschwindigkeit in m/s

Gesamtdruck



Gesamtdruck = statischer Druck
+ dynamischer Druck
+ Druckverluste

$$p_{\text{ges}} = p_{\text{st}} + p_{\text{dyn}} + \Delta p$$

p_{ges} Gesamtdruck in bar, mbar, Pa

p_{st} statischer Druck in bar, mbar, Pa

p_{dyn} dynamischer Druck in bar, mbar, Pa

Δp Druckverluste in mbar, Pa