



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“**

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

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



<b>1.1 Größen, Formelzeichen und Umrechnungen</b>	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
<b>1.2 Prozentrechnen und Dreisatzrechnen</b>	7
Prozentrechnen	7
Dreisatzrechnen	8
<b>1.3 Längen</b>	8
Teilungen	8
Gebogene und gestreckt Längen	9
Pythagoras	9
<b>1.4 Flächen</b>	10
Flächen mit geraden Linien	10
Flächen mit gebogenen Linien	11
<b>1.5 Volumen</b>	12
Prismatische und zylindrische Körper	12
Pyramiden und Kegel	13
Abgestumpfte Körper	13
Kugeln	13
Ringförmige Körper	13
<b>1.6 Masse und Dichte</b>	13
<b>1.7 Kraft und Gewichtskraft</b>	14
<b>1.8 Hebel und Drehmoment</b>	14
<b>1.9 Geradlinige und kreisförmige Bewegung</b>	15
<b>1.10 Mechanische Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad</b>	15
<b>1.11 Stoffmenge</b>	16
<b>1.12 Kostenrechnung</b>	17

## 2 Trinkwasseranlagen



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

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

## 3 Entwässerungsanlagen



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

## 4 Gas- und Abgasanlagen



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

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

## 5 Heizungsanlagen



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

## 6 Raumlufttechnische Anlagen



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

## 7 Elektroanschlüsse bei SHK-Anlagen



7.1	<b>Ohmsches Gesetz</b> . . . . .	58
7.2	<b>Leiterwiderstand</b> . . . . .	58
7.3	<b>Elektrische Leistung</b> . . . . .	59
	Elektrische Leistung bei Wechselspannung . . . . .	59
	Elektrische Leistung bei Dreiphasen- wechselspannung . . . . .	59
	Phasenverschiebung . . . . .	60
7.4	<b>Anschlussleistung und Absicherung</b> . . . . .	61
7.5	<b>Elektrische Arbeit</b> . . . . .	61
7.6	<b>Stromkosten</b> . . . . .	61
7.7	<b>Erwärmzeit und Massenstrom elektrischer Wassererwärmer</b> . . . . .	61
	Erwärmzeit . . . . .	61
	Massenstrom . . . . .	61
<b>Sachwortverzeichnis</b> . . . . .		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	$\eta$	Mol	mol	1 mol $\triangleq$ 6,022 · 10 <sup>23</sup> Teilchen
Länge, Breite	$l, b$	Meter	m	1 inch (Zoll) = 25,4 mm
Fläche	$A$	Quadratmeter	m <sup>2</sup>	1 a = 100 m <sup>2</sup>
Volumen	$V$	Kubikmeter	m <sup>3</sup>	1 l = 1 dm <sup>3</sup>
Volumenstrom	$\dot{V}$	Liter durch Sekunde	l/s	m <sup>3</sup> /h, dm <sup>3</sup> /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 <sup>2</sup>	
Fallbeschleunigung	$g$		m/s <sup>2</sup>	g = 9,81 m/s <sup>2</sup> ( $\approx$ 10 m/s <sup>2</sup> )
Temperatur	$\theta, \vartheta$	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 <sup>2</sup> und Kelvin	W/(m <sup>2</sup> · K)	
Wärmeleitfähigkeit	$\lambda$	Watt durch Meter und Kelvin	W/(m · K)	
Brennwert	$H_s$	Kilowattstunden durch m <sup>3</sup> oder kg	kWh/kg oder kWh/m <sup>3</sup>	
Heizwert	$H_t$	Kilowattstunden durch m <sup>3</sup> oder kg	kWh/kg oder kWh/m <sup>3</sup>	
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	$\rho$	Kilogramm durch Kubikmeter	kg/m <sup>3</sup>	1 kg/dm <sup>3</sup> = 1 g/cm <sup>3</sup>
Kraft	$F$	Newton	N	1 N = 1 kg · m/s <sup>2</sup>
Druck	$p$	Pascal, Bar	Pa, bar	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> 1 mbar $\approx$ 1 cm WS
Elektrische Stromstärke	$I$	Ampere	A	
Elektrische Spannung	$U$	Volt	V	
Elektrischer Widerstand	$R$	Ohm	$\Omega$	1 $\Omega$ = 1 V/A

Griechisches Alphabet							
Kleinbuchstabe	Großbuchstabe	Name	Verwendung, Größe	Kleinbuchstabe	Großbuchstabe	Name	Verwendung, Größe
$\alpha$	A	Alpha	Winkel	$\nu$	N	Ny	
$\beta$	B	Beta	Winkel	$\xi$	$\Xi$	Xi	
$\gamma$	$\Gamma$	Gamma	Winkel	$o$	O	Omikron	
$\delta$	$\Delta$	Delta	Unterschied, Winkel	$\pi$	$\Pi$	Pi	Kreisberechnung
$\epsilon$	E	Epsilon	Winkel	$\rho$	P	Rho	Dichte
$\zeta$	Z	Zeta	Widerstandsbeiwert	$\sigma$	$\Sigma$	Sigma	Summe
$\eta$	H	Eta	Wirkungsgrad	$\tau$	T	Tau	
$\theta, \vartheta$	$\Theta$	Theta	Temperatur	$\upsilon$	Y	Ypsilon	
$\iota$	I	Jota		$\varphi$	$\Phi$	Phi	Luftfeuchte
$\kappa$	K	Kappa		$\chi$	X	Chi	
$\lambda$	$\Lambda$	Lambda	Wärmeleitfähigkeit	$\psi$	$\Psi$	Psi	Abflussbeiwert
$\mu$	M	My	Rauigkeit	$\omega$	$\Omega$	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...	$1/1\ 000\ 000 = 0,000\ 0001 = 10^{-6}$	$\mu$ ...	Millionstel
Nano...	$1/1\ 000\ 000\ 000 = 0,000\ 000\ 001 = 10^{-9}$	n...	Milliardenstel

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

Formeln zur Umrechnung neue – alte Einheiten (gerundet)	
<b>Newton – Kilopond</b> 1 N = 0,102 kp (0,1 kp) 1 kp = 9,81 kgm/s <sup>2</sup> = 9,81 N	<b>Newton je cm<sup>2</sup> – bar – Pascal</b> 100 000 N/m <sup>2</sup> = 10 N/cm <sup>2</sup> = 1 bar 1 N/cm <sup>2</sup> = 10 000 Pa
<b>Grad Celsius – Kelvin</b> 0 °C = 273 K    – 273 °C = 0 K	<b>bar – Meter Wassersäule</b> 1 bar = 1 000 mbar = 10 mWS 1 mbar = 1 cmWS
<b>Joule – Watt · Sekunde</b> 1 J = 1 N · m = 1 W · s	<b>Watt – Joule je Sekunde</b> 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	=	<b>1 dm</b>	= 10 cm = 100 mm
0,01 m	=	0,1 dm	= <b>1 cm</b> = 10 mm
0,001 m	=	0,01 dm	= 0,1 cm = <b>1 mm</b>

Umrechnung von Zeiteinheiten		
1 s	=	$\frac{1}{60}$ min = $\frac{1}{3600}$ h
60 s	=	<b>1 min</b> = $\frac{1}{60}$ h
3 600 s	=	60 min = <b>1 h</b>

Umrechnung von Flächeneinheiten	
1 m <sup>2</sup>	= 100 dm <sup>2</sup> = 10 000 cm <sup>2</sup> = 1 000 000 mm <sup>2</sup>
0,01 m <sup>2</sup>	= <b>1 dm<sup>2</sup></b> = 100 cm <sup>2</sup> = 10 000 mm <sup>2</sup>
0,0001 m <sup>2</sup>	= 0,01 dm <sup>2</sup> = <b>1 cm<sup>2</sup></b> = 100 mm <sup>2</sup>
0,000 001 m <sup>2</sup>	= 0,0001 dm <sup>2</sup> = 0,01 cm <sup>2</sup> = <b>1 mm<sup>2</sup></b>

Umrechnung von Geschwindigkeitseinheiten		
1 km/h	=	1000 m/h = 16,67 m/min
0,06 km/h	=	<b>1 m/min</b> = <b>1,67 cm/s</b>
3,6 km/h	=	60 m/min = <b>1 m/s</b>

Umrechnung von Volumeneinheiten	
1 m <sup>3</sup>	= 1000 dm <sup>3</sup> = 1 000 000 cm <sup>3</sup>
0,001 m <sup>3</sup>	= <b>1 dm<sup>3</sup></b> = 1000 cm <sup>3</sup> = 1 000 000 mm <sup>3</sup>
0,000 001 m <sup>3</sup>	= 0,001 dm <sup>3</sup> = <b>1 cm<sup>3</sup></b> = 1000 mm <sup>3</sup>
	0,000 001 dm <sup>3</sup> = 0,001 cm <sup>3</sup> = <b>1 mm<sup>3</sup></b>

Umrechnung von Kräfteeinheiten		
1 MN	=	1000 kN = 1 000 000 N
0,001 MN	=	<b>1 kN</b> = 1000 N
0,000 001 MN	=	0,001 kN = <b>1 N</b>
		10 N = <b>1 daN</b>

Umrechnung von Masseeinheiten	
1 t	= 1000 kg = 1 000 000 g
0,001 t	= <b>1 kg</b> = 1000 g = 1 000 000 mg
0,000 001 t	= 0,001 kg = <b>1 g</b> = 1000 mg
	0,000 001 kg = 0,001 g = <b>1 mg</b>

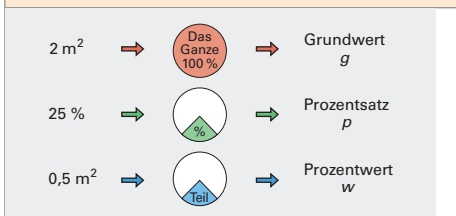
Umrechnung von Druckeinheiten		
1 bar	=	10 N/cm <sup>2</sup> = 100 000 N/mm <sup>2</sup>
0,001 bar	=	<b>1 mbar</b> = 100 N/mm <sup>2</sup>
0,000 01 bar	=	0,01 mbar = <b>1 N/m<sup>2</sup> = 1 Pa</b>
10 mWS	△	1 bar = 100 000 Pa
1 cmWS	△	1 mbar = 100 Pa = 1 hPa
1 MPa	△	10 000 hPa = 10 bar

Umrechnung von Arbeits- oder Energieeinheiten		
1 MJ	=	1000 kJ = 1 000 000 J
0,001 MJ	=	<b>1 kJ</b> = 1000 J
0,000 001 MJ	=	0,001 J = <b>1 J</b>
1 J	=	1 Nm = <b>1 Ws</b>

Umrechnung von Dichteeinheiten		
1 t/m <sup>3</sup>	=	1000 kg/m <sup>3</sup> = <b>1 kg/dm<sup>3</sup></b>
0,001 t/m <sup>3</sup>	=	<b>1 kg/dm<sup>3</sup></b>
1 kg/dm <sup>3</sup>	=	1000 g/dm <sup>3</sup>
1 kg/dm <sup>3</sup>	=	<b>1 g/cm<sup>3</sup></b>

**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

<p>Länge                      Preis</p> <p>1 m                            1,08 €</p> <p>5 m                            5,40 €</p> <p>10 m                           10,80 €</p> <p>↘ Zunahme                      ↘ Zunahme</p> <p>je mehr – desto mehr</p>	<p>1. Satz:      Bekanntes Vielfaches: a kosten b</p> <p>2. Satz:      Bezug auf eine Einheit: 1 Stück kostet <math>\frac{b}{a}</math></p> <p>3. Satz:      Gesuchte Größe: Ergebnis:    c kostet <math>\frac{b \cdot c}{a}</math></p>	$\begin{matrix} a & \triangleq & b \\ c & \triangleq & x \end{matrix}$ $\begin{matrix} a & \longleftarrow & \vdots & \longrightarrow & b \\ c & \longleftarrow & \vdots & \longrightarrow & x \end{matrix}$ <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <math display="block">x = \frac{b \cdot c}{a}</math> </div>
---	--	--

### Dreisatz mit umgekehrtem Verhältnis

<p>Arbeitsleistung                      Arbeitszeit</p> <p>1 Arbeiter                            12 Tage</p> <p>6 Arbeiter                            2 Tage</p> <p>↘ Zunahme                      ↗ Abnahme</p> <p>je mehr – desto weniger</p>	<p>1. Satz:      Bekanntes Vielfaches: a benötigen b</p> <p>2. Satz:      Bezug auf eine Einheit: 1 Stück benötigt <math>a \cdot b</math></p> <p>3. Satz:      Gesuchte Größe: Ergebnis:    c benötigen <math>\frac{a \cdot b}{c}</math></p>	$\begin{matrix} a & \triangleq & b \\ c & \triangleq & x \end{matrix}$ $\begin{matrix} a & \longleftarrow & \vdots & \longrightarrow & b \\ c & \longleftarrow & \vdots & \longrightarrow & x \end{matrix}$ <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <math display="block">x = \frac{a \cdot b}{c}</math> </div>
---	--	--

### 1.3 Längen

#### Teilung mit gleichen Abständen


<p>3 Teilungspunkte n</p> <p>a    a    a    a</p> <p>4 Abstände a</p> <p>Teilungslänge l</p>	<p>a Abstand</p> <p>l Teilungslänge</p> <p>n Anzahl der Teilungspunkte</p>	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <math display="block">a = \frac{l}{n+1}</math> </div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <math display="block">n = \frac{l}{a} - 1</math> </div>
--	--	--

#### Teilung mit gleichen Abständen

<p>3 Teilungspunkte n</p> <p>b    a    a    b</p> <p>2 Abstände a</p> <p>Teilungslänge l</p>	<p>l Teilungslänge</p> <p>L Gesamtlänge</p> <p>b Randabstand</p> <p>a Abstand</p> <p>n Anzahl der Teilungspunkte</p>	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <math display="block">l = L - 2 \cdot b</math> </div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <math display="block">a = \frac{l}{n-1}</math> </div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <math display="block">n = \frac{l}{a} + 1</math> </div>
--	--	--



**Kreisumfang**

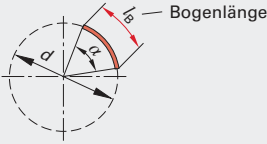


$U$  Kreisumfang  
 $d$  Kreisdurchmesser

$$U = d \cdot \pi$$

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

**Bogenlänge**

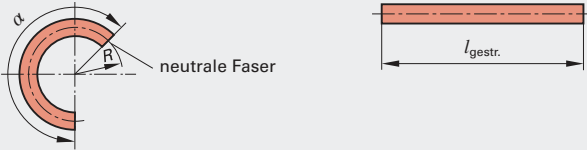


$l_B$  Bogenlänge  
 $U$  Kreisumfang  
 $d$  Kreisdurchmesser  
 $\alpha$  Bogenwinkel

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

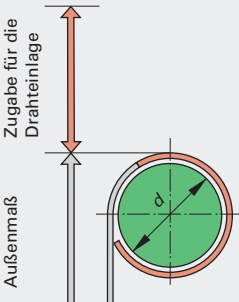
$$l_B = \frac{d \cdot \pi \cdot \alpha}{360^\circ}$$

**Gestreckte Länge**



**Gestreckte Länge**  
 = Länge der neutralen Faser  
 = Länge der Schwerpunktlinie

**Drahteinlagen**



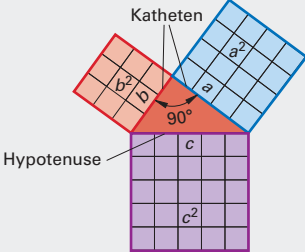
$Z$  Zugabe für Drahteinlagen  
 $d$  Drahtdurchmesser

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

$l_D$  Drahtlänge  
 $\alpha$  Bauteildurchmesser

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

**Lehrsatz des Pythagoras**



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

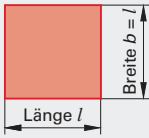
$$c^2 = a^2 + b^2$$

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

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

## 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

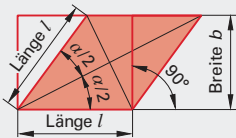


A Fläche  
 l Länge  
 b Breite

$$A = l \cdot b$$

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

### Raute

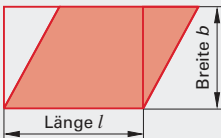


A Fläche  
 l Länge  
 b Breite

$$A = l \cdot b$$

b Breite, steht senkrecht auf der Länge l

### Parallelogramm

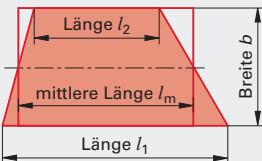


A Fläche  
 l Länge  
 b Breite

$$A = l \cdot b$$

b Breite, steht senkrecht auf der Länge l

### Trapez

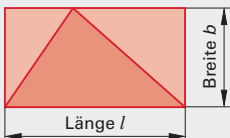


A Fläche  
 l<sub>1</sub>, l<sub>2</sub> Länge  
 l<sub>m</sub> mittlere Länge  
 b Breite

$$A = l_m \cdot b$$

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

### 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  
 $d$  Inkreisradius  
 $\alpha$  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

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

$\alpha$  Winkel des Kreisausschnittes in  $^\circ$

### Kreisabschnitt

$A$  Fläche  
 $l$  Länge  
 $b$  Breite

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

### Kreising

A Fläche  
 D Durchmesser  
 d Durchmesser  
 dm mittlerer Durchmesser  
 s Wandstärke

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

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

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

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

### Kreisingausschnitt

A Fläche  
 D Durchmesser  
 d Durchmesser  
 dm mittlerer Durchmesser  
 s Wandstärke  
 alpha 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

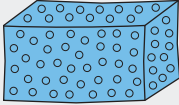
$$A = D^2 \cdot 0,785 - d^2 \cdot 0,785$$

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

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



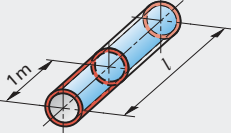
### Dichte



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

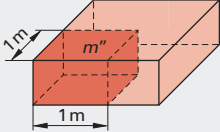
$$\rho = \frac{m}{V}$$

### Längenbezogene Masse




$m$ Masse	kg	$m = m' \cdot l$
$m'$ längenbezogene Masse	kg/m	
$l$ Werkstücklänge	m	

### Flächenbezogene Masse



$m$ Masse	kg	$m = m'' \cdot A$
$m''$ flächenbezogene Masse	kg/m <sup>2</sup>	
$A$ Werkstückoberfläche	m <sup>2</sup>	

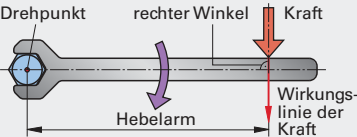
### 1.7 Kraft und Gewichtskraft



$F$ Gewichtskraft	N	$F_G = m \cdot g$
$m$ Masse	kg	
$g$ Fallbeschleunigung	m/s <sup>2</sup> , N/kg	$1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ N}$
$g \approx 10 \text{ m/s}^2$ (10 N/kg)		

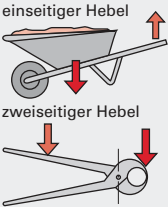
### 1.8 Hebel und Drehmoment

#### Drehmoment



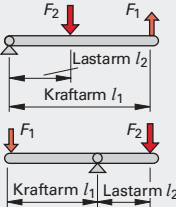
$M$ Drehmoment	N · m	$M = F \cdot l$
$F$ Kraft	N	
$l$ Hebelarm	m	

### Hebelgesetz



einseitiger Hebel

zweiseitiger Hebel



linksdrehend  $M_l = F_1 \cdot l_1$

rechtsdrehend  $M_r = F_2 \cdot l_2$

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

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

### 1.9 Geradlinige und kreisförmige Bewegung

#### Geschwindigkeit

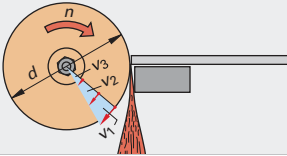


$v$  Geschwindigkeit m/s, m/min, km/h  
 $s$  Weg m  
 $t$  Zeit s, min, h

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

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

#### Umfangsgeschwindigkeit

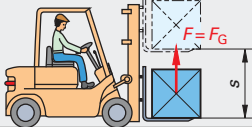


$v$  Umfangsgeschwindigkeit m/s  
 $D$  Durchmesser m  
 $n$  Drehfrequenz 1/s

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

### 1.10 Mechanische Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad

#### Mechanische Arbeit

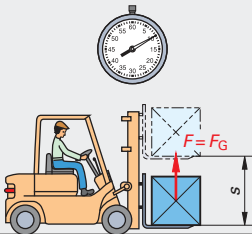


$W$  mechanische Arbeit N · m, J, Ws  
 $F$  Kraft N  
 $s$  Weg m  
 $1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$

$$W = F \cdot s$$

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

#### Mechanische Leistung



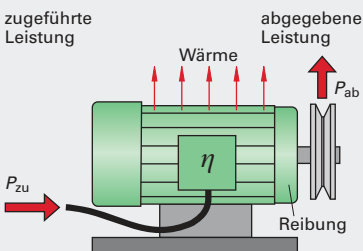
$P$  mechanische Leistung W  
 $W$  mechanische Arbeit N · m, J, Ws  
 $t$  Zeit s, min, h  
 $F$  Kraft N  
 $1 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ W}$

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

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

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

#### Wirkungsgrad



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

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

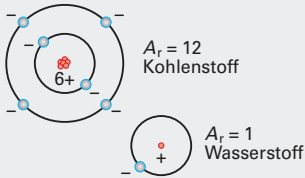
$$P_{ab} = \eta \cdot P_{zu}$$

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

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

**1.11 Stoffmenge**

**Relative Atommasse**

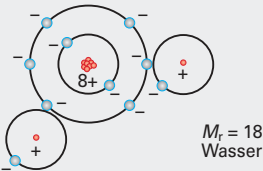


$A_r$  relative Atommasse  
 $m_A$  Atommasse g  
 $u$  atomare Masseneinheit  
 (1/12 der Masse eines Kohlenstoffatoms  $^{12}\text{C}$ )

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

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

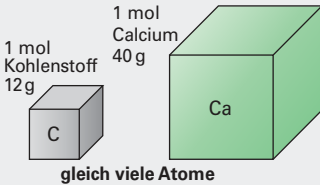
**Relative Molekülmasse**



$M_r$  relative Molekülmasse  
 $m_A$  Atommassen der Atome des Moleküls g  
 $A_r$  Wasserstoff (2 · 1) 2  
 $A_r$  Sauerstoff 16  
 $m_A$  Wasser 18

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

**Molare Masse**

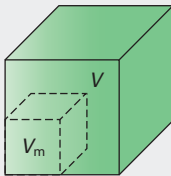


$M$  molare Masse g/mol  
 $m$  Masse g  
 $n$  Stoffmenge mol  
 $N_A$  Avogadrokonstante 1/mol  
 Anzahl der Teilchen je mol

$$m = n \cdot M$$

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

**Molares Volumen idealer Gase**



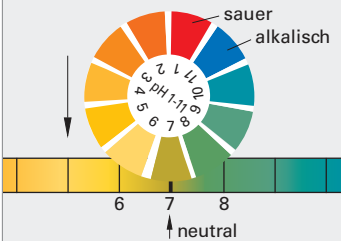
$V_m$  molares Volumen bei Normbedingungen (1013 mbar, 0 °C)

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

$V$  Gasvolumen l  
 $n$  Stoffmenge mol

$$V = n \cdot V_m$$

**Stoffkonzentration, pH-Wert**



$c$  Stoffkonzentration mol/kg  
 $n$  Stoffmenge mol  
 $m$  Masse kg

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

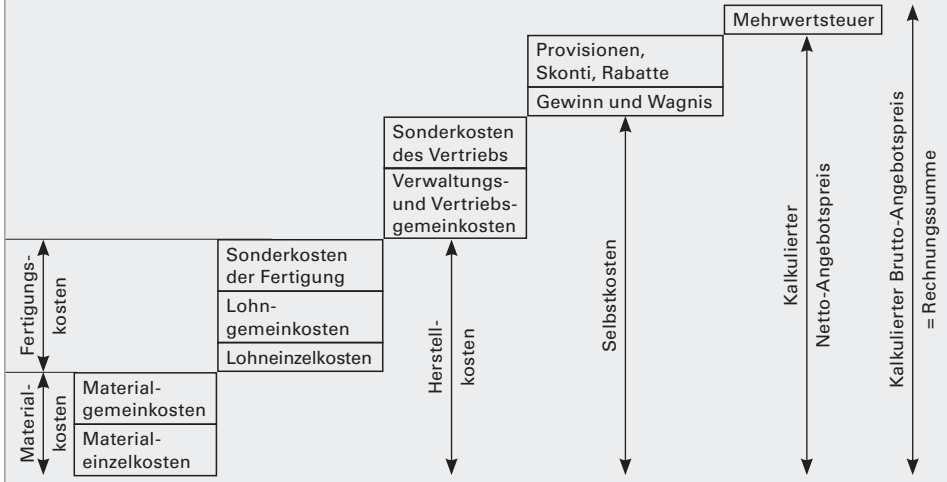
Der pH-Wert ist die negative Hochzahl der Konzentration von Wasserstoffionen in Wasser.

$c_{\text{H}^+} = 10^{-7} \frac{\text{mol H}^+}{\text{kg H}_2\text{O}}$       pH-Wert = 7 (chemisch neutral)



### 1.12 Kostenrechnung

#### Zuschlagskalkulation



Materialeinzelkosten
+ Materialgemeinkosten
+ Lohn Einzelkosten
+ Lohn Gemeinkosten
+ Sonderkosten der Fertigung
<b>= Herstellkosten</b>
+ Verwaltungsgemeinkosten
+ Vertriebsgemeinkosten
+ Sonderkosten des Vertriebs
<b>= Selbstkosten</b>
+ Wagnis- und Gewinnzuschlag
+ Provisionen, Skonti, Rabatte
<b>= Kalkulierter Netto-Angebotspreis</b>
+ Mehrwertsteuer
<b>= Kalkulierter Brutto-Angebotspreis</b>

#### Ermittlung der Materialkosten

Materialeinzelkosten (Brutto-Einkaufspreis)
- Rabatt
- Skonto
- Bonus
+ Bezugskosten
+ Materialverlust (Verschnitt)
<b>= Materialeinzelkosten netto</b>
+ Materialgemeinkostenzuschlagsatz
+ Gewinnzuschlag (z. B. 3-5 %)
<b>= Materialverrechnungskosten</b>
+ Mehrwertsteuer
<b>= Materialverkaufspreis</b>

#### Struktur des Angebots

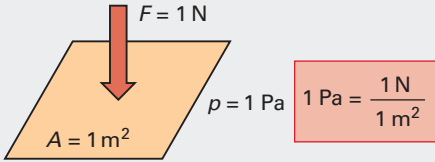
Vertragsbedingungen				
Pos.	Menge	Leistung	Einheitspreis	Gesamtpreis
Netto-Angebotspreis				
+ Mehrwertsteuer				
<b>= Brutto-Angebotspreis</b>				
Ditzingen, den				
Bieter:				

## 2 Trinkwasseranlagen

### 2.1 Druck in Flüssigkeiten



#### Druckeinheiten



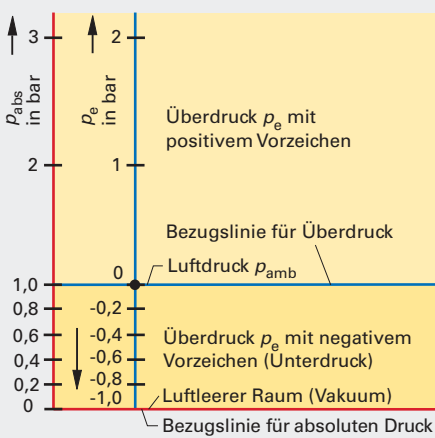
$$\text{Druck} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}} \quad p = \frac{F}{A}$$

$$F = p \cdot A$$

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

$p$  Druck in N/cm<sup>2</sup>, bar, Pa  
 $F$  Kraft in N, kN  
 $A$  Fläche in cm<sup>2</sup>, dm<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>

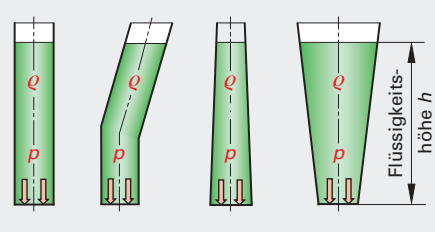
1 bar = 100 000 Pa	1 Pa = 0,01 mbar
1 bar = 10 N /cm <sup>2</sup>	1 mbar = 100 Pa
1 bar = 1000 mbar	1 mbar = 1 hPa



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

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

#### Hydrostatischer Druck



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

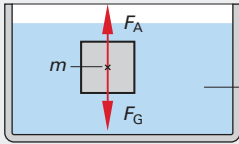
$$h = \frac{p}{\rho \cdot g}$$

$p$  hydrostatischer Druck in bar, mbar  
 $h$  senkrechte Flüssigkeitshöhe in m, dm, cm  
 $\rho$  Dichte der Flüssigkeit in kg/dm<sup>3</sup>, g/cm<sup>3</sup>  
 $g$  Erdbeschleunigung in m/s<sup>2</sup>, 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**



$$F_G = m \cdot g$$

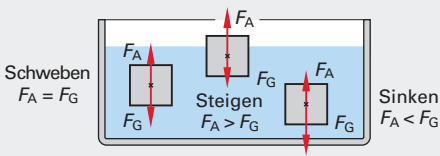
$$F_G = V \cdot \rho \cdot g$$

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

$$F_A = F_G$$

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

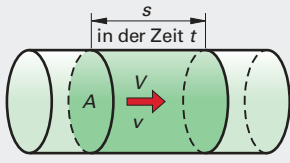
- $F_A$  Auftriebskraft in N, kN
- $F_G$  Gewichtskraft des Körpers in N
- $m$  Masse des Körpers in kg
- $g$  Erdbeschleunigung in N/kg, m/s<sup>2</sup>
- $V_{Fl}$  Volumen der verdrängten Flüssigkeit in dm<sup>3</sup>
- $\rho_{Fl}$  Dichte der verdrängten Flüssigkeit in kg/dm<sup>3</sup>



Auftriebskraft = Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit

**2.2 Strömung in Rohrleitungen**

**Volumenstrom, Fließgeschwindigkeit, Nennweite**



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

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

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

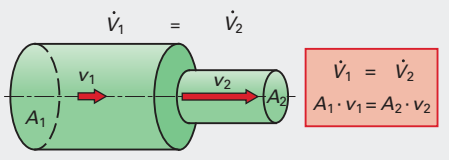
$$\begin{matrix} \text{Volumenstrom} & = & \text{Rohrquerschnitt} & \cdot & \text{Fließgeschwindigkeit} \\ \dot{V} & = & A & \cdot & v \end{matrix}$$

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

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

- $\dot{V}$  Volumenstrom in dm<sup>3</sup>/s, m<sup>3</sup>/h
- $V$  Volumen in dm<sup>3</sup>, m<sup>3</sup>
- $t$  Zeit in s, h
- $v$  Fließgeschwindigkeit in m/s
- $s$  Weg in m
- $A$  Rohrquerschnitt in dm<sup>2</sup>

**Kontinuitätsgesetz**



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

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

$$\text{Rohrdurchmesser} = \sqrt{\frac{\text{Volumenstrom}}{\text{Fließgeschwindigkeit} \cdot 0,785}} \quad d = \sqrt{\frac{\dot{V}}{v \cdot 0,785}}$$

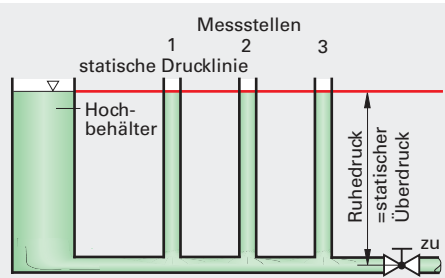
**Volumenstrom und Fließdruck**

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

- $p_1$  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)

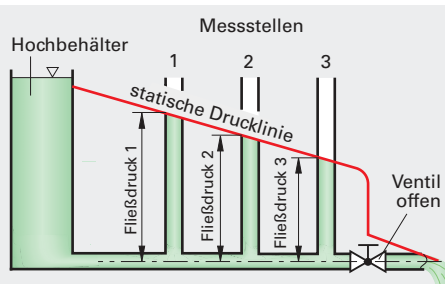
**Druckarten in Rohrleitungen**

**Ruhedruck**



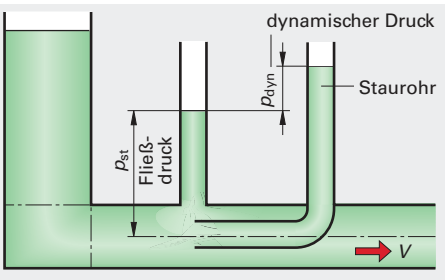
Der Ruhedruck ist an jeder Messstelle gleich groß.

**Fließdruck**



Der Fließdruck ist an jeder Messstelle unterschiedlich groß.

**Dynamischer Druck**



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

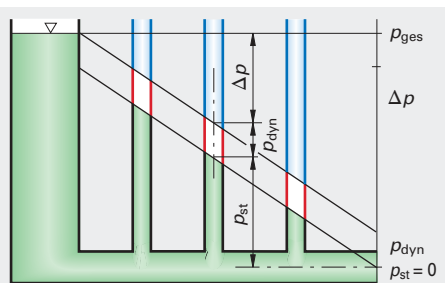
$p_{dyn}$  dynamischer Druck in mbar, Pa

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

$\rho$  Dichte in kg/dm<sup>3</sup>, kg/m<sup>3</sup>

$v$  Fließgeschwindigkeit in m/s

**Gesamtdruck**



Gesamtdruck = statischer Druck + dynamischer Druck + Druckverluste

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

$p_{ges}$  Gesamtdruck in bar, mbar, Pa

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

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

$\Delta p$  Druckverluste in mbar, Pa

**Tabelle 1: Mindestfließdrücke für Entnahmestellen**

Entnahmestellen	Nennweite DN	Mindestfließdruck
Auslaufventil ohne Luftsprudler mit Luftsprudler	15 bis 25 10 bis 15	0,5 bar 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