



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 grammatischen 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; 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 | Rohrnetzberechnung 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

| 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 | σ | 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 | ν | Υ | Ypsilon | |
| ι | I | Jota | | φ | Φ | Phi | Luftfeuchte |
| κ | K | Kappa | | χ | X | Chi | |
| λ | Λ | Lambda | Wärmeleitfähigkeit | ψ | Ψ | Psi | Abflussbeiwert |
| μ | M | My | Rauigkeit | ω | Ω | Omega | Widerstand |

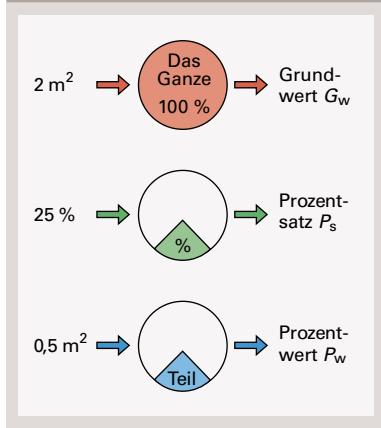
Dezimale Vielfache und Teile von Einheiten

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

Größen, Formelzeichen und Einheiten (Auswahl)

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

1.2 Prozentrechnen



Grundwert

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

Prozentsatz

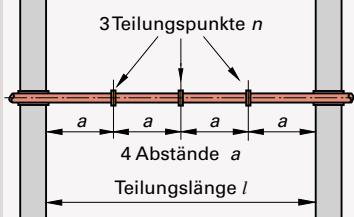
$$P_s = \frac{P_w}{G_w} \cdot 100 \%$$

Prozentwert

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

1.3 Längen

Teilung mit gleichen Abständen

| | |
|---|----------------------|
|  | 3 Teilungspunkte n |
| 4 Abstände a | |
| Teilungslänge l | |
| l Teilungslänge | in m |
| L Gesamtlänge | in m |
| b Randabstand | in m |
| a Abstand | in m |
| n Anzahl der Teilungspunkte | |

Umrechnung von Längeneinheiten

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

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

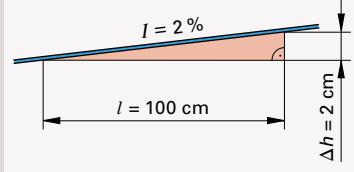
$$1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}$$

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

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

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

Steigung

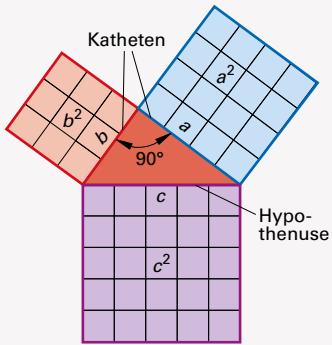
| | |
|--|------------|
|  | $I = 2 \%$ |
| $l = 100 \text{ cm}$ | |
| $\Delta h = 2 \text{ cm}$ | |
| I_r Relativsteigung | in % |
| $I_{\%}$ prozentuale Steigung | in % |
| l Grundlänge | in m |
| Δh Höhenunterschied | in m |

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

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

1.4 Lehrsatz des Pythagoras und Winkelfunktionen

Lehrsatz des Pythagoras



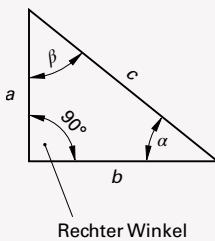
a Katheten,
und bilden den
b rechten Winkel
c Hypotenuse, gegenüber dem
rechten Winkel

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

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

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

Winkelfunktionen



Rechter Winkel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

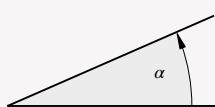
$$\text{Cotangens} = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}}$$

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

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

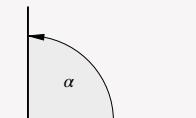
Winkelarten

Spitzer Winkel



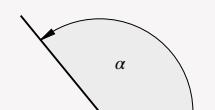
α liegt zwischen 0° und 90°

Rechter Winkel (R)



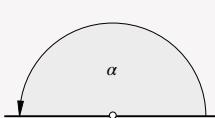
α ist $90^\circ = 1 R$

Stumpfer Winkel



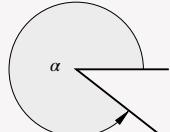
α liegt zwischen 90° und 180°

Gestreckter Winkel ($2 R$)



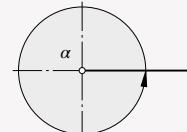
α ist $180^\circ = 2 \cdot R$

Überstumpfer Winkel



α liegt zwischen 180° und 360°

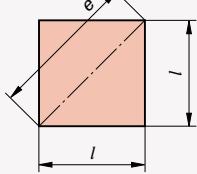
Vollwinkel ($4 R$)



α ist $360^\circ = 4 \cdot R$

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

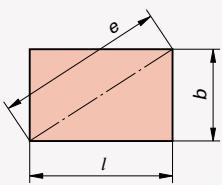
$$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2 = 10000 \text{ cm}^2 = 1000000 \text{ mm}^2$$

$$0,01 \text{ m}^2 = 1 \text{ dm}^2 = 100 \text{ cm}^2 = 10000 \text{ mm}^2$$

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

$$0,000001 \text{ m}^2 = 0,0001 \text{ dm}^2 = 0,01 \text{ cm}^2 = 1 \text{ mm}^2$$

Rechteck



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

$$A = l \cdot b$$

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

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

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

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

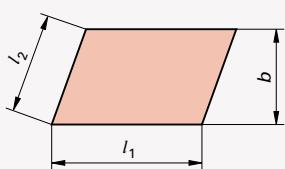
$$b = \frac{U}{2} - l$$

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

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

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

Rhomboïd (Parallelogramm)



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

$$A = l_1 \cdot b$$

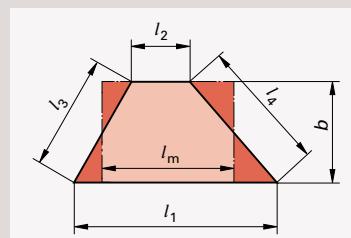
$$l_1 = \frac{A}{b}$$

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

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

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

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

Trapez

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

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

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

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

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

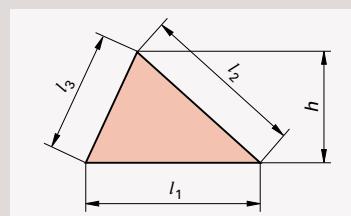
$$l_1 = 2 \cdot l_m - l_2$$

$$A = l_m \cdot b$$

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

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

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

Dreieck

| | | |
|-----|-------------|----------|
| l | Seitenlänge | in m |
| h | Höhe | in m |
| A | Fläche | in m^2 |
| U | Umfang | in m |

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

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

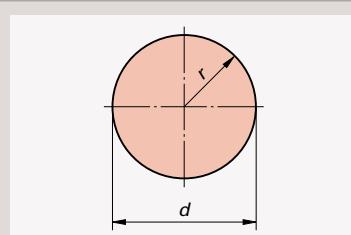
$$h = \frac{2 \cdot A}{l_1}$$

$$U = l_1 + l_2 + l_3$$

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

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

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

Kreis

| | | |
|-----|-------------|----------|
| d | Durchmesser | in m |
| r | Radius | in m |
| U | Umfang | in m |
| A | Fläche | in m^2 |

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

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

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

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

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

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

$$U = \pi \cdot d$$

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