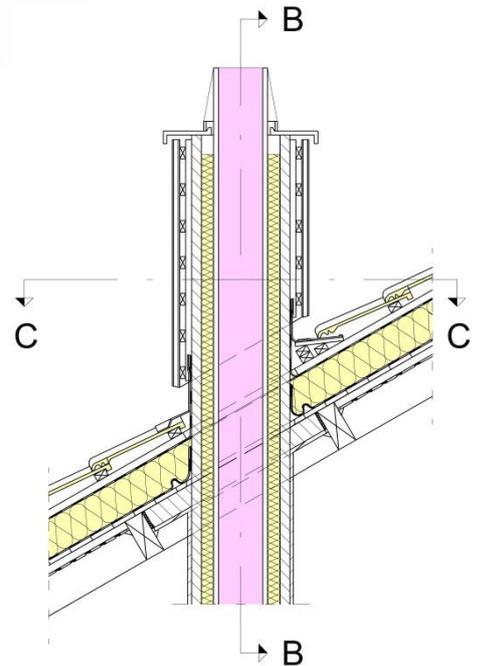
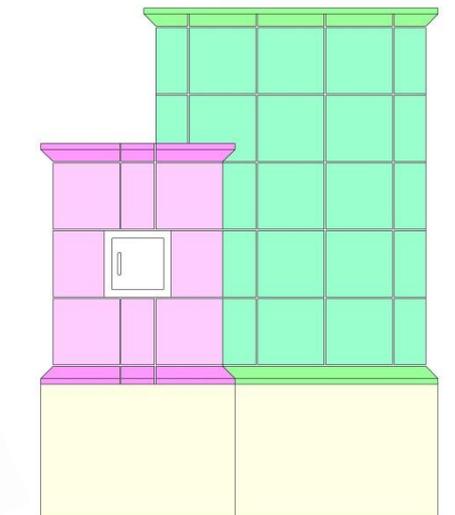
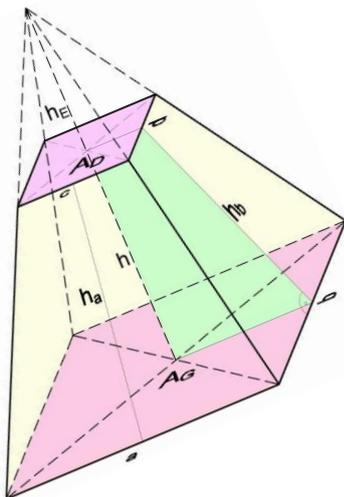
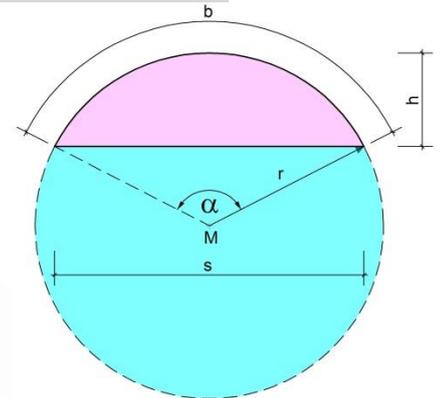
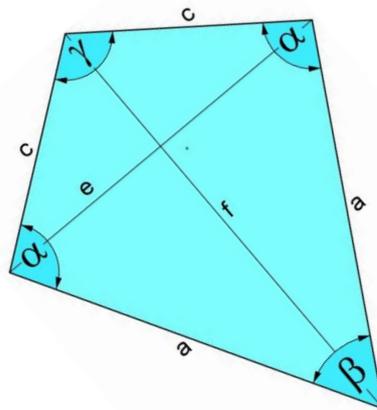
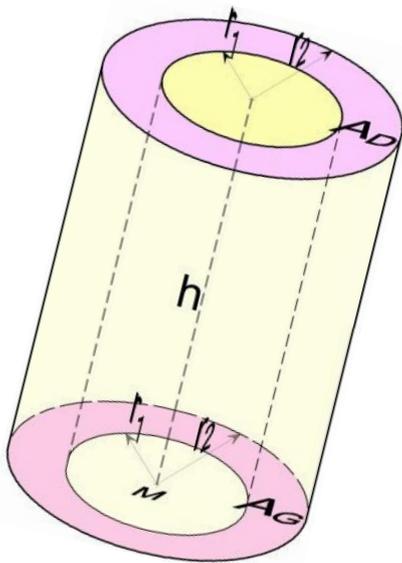


# Formelsammlung

## Angewandte Mathematik

### TFBS für Bautechnik und Malerei

#### Absam



## Vorsätze bei Einheiten

Vorsatz		Bedeutung	Faktor
<b>Exa</b>	<b>E</b>	<b>Trillion</b>	<b><math>10^{18}</math></b>
<b>Peta</b>	<b>P</b>	<b>Billiarde</b>	<b><math>10^{15}</math></b>
<b>Tera</b>	<b>T</b>	<b>Billion</b>	<b><math>10^{12}</math></b>
<b>Giga</b>	<b>G</b>	<b>Milliarde</b>	<b><math>10^9</math></b>
<b>Mega</b>	<b>M</b>	<b>Million</b>	<b><math>10^6</math></b>
<b>Kilo</b>	<b>k</b>	<b>Tausend</b>	<b><math>10^3</math></b>
<b>Hekto</b>	<b>h</b>	<b>Hundert</b>	<b><math>10^2</math></b>
<b>Deka</b>	<b>da</b>	<b>Zehn</b>	<b><math>10^1</math></b>
<b>Dezi</b>	<b>d</b>	<b>Zehntel</b>	<b><math>10^{-1}</math></b>
<b>Zenti</b>	<b>c</b>	<b>Hundertstel</b>	<b><math>10^{-2}</math></b>
<b>Milli</b>	<b>m</b>	<b>Tausendstel</b>	<b><math>10^{-3}</math></b>
<b>Mikro</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b>Millionstel</b>	<b><math>10^{-6}</math></b>
<b>Nano</b>	<b>n</b>	<b>Milliardenstel</b>	<b><math>10^{-9}</math></b>
<b>Piko</b>	<b>p</b>	<b>Billionstel</b>	<b><math>10^{-12}</math></b>
<b>Femto</b>	<b>f</b>	<b>Billiardenstel</b>	<b><math>10^{-15}</math></b>
<b>Atto</b>	<b>a</b>	<b>Trillionstel</b>	<b><math>10^{-18}</math></b>

# Gebräuchliche Einheiten und Vorsatzzeichen in der Bautechnik

Länge									
<b>Tm</b>	<b>Gm</b>	<b>Mm</b>	<b>km</b>	<b>hm</b>	<b>dam</b>	<b>m</b>	<b>dm</b>	<b>cm</b>	<b>mm</b>
Terameter	Gigameter	Megameter	Kilometer	Hektometer	Dekameter	Meter	Dezimeter	Zentimeter	Millimeter
↑ 1000 ↑ 1000 ↑ 1000			↑ 1000			↑ 10 ↑ 10 ↑ 10 ↑ 10 ↑ 10			

Fläche									
			<b>km<sup>2</sup></b>	<b>ha</b>	<b>a</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>dm<sup>2</sup></b>	<b>cm<sup>2</sup></b>	<b>mm<sup>2</sup></b>
			Quadrat-kilometer	Hektar	Ar	Quadrat-meter	Quadrat-dezimeter	Quadrat-zentimeter	Quadrat-millimeter
			↑ 100 ↑ 100 ↑ 100			↑ 100 ↑ 100 ↑ 100 ↑ 100			

Volumen									
						<b>m<sup>3</sup></b>	<b>dm<sup>3</sup> ≙ ℓ</b>	<b>cm<sup>3</sup></b>	<b>mm<sup>3</sup></b>
						Kubikmeter	Kubik-dezimeter oder Liter	Kubik-zentimeter	Kubik-millimeter
						↑ 1000 ↑ 1000 ↑ 1000 ↑ 1000			

Masse									
			<b>kg</b>		<b>dag</b>	<b>g</b>			<b>mg</b>
			Kilogramm		Dekagramm	Gramm			Milligramm
			↑ 10 ↑ 10 ↑ 10			↑ 10 ↑ 10 ↑ 10 ↑ 10			
						↑ 1000 ↑ 1000			

Gewichtskraft									
<b>TN</b>	<b>GN</b>	<b>MN</b>	<b>kN</b>			<b>N</b>			
Terranewton	Giganewton	Meganewton	Kilonewton			Newton			
↑ 1000 ↑ 1000 ↑ 1000			↑ 1000			↑			

Energie									
<b>TJ</b>	<b>GJ</b>	<b>MJ</b>	<b>kJ</b>			<b>J</b>			
Terrajoule	Gigajoule	Megajoule	Kilojoule			Joule			
↑ 1000 ↑ 1000 ↑ 1000			↑ 1000			↑			

Datengröße									
<b>TB</b>	<b>GB</b>	<b>MB</b>	<b>kB</b>			<b>B</b>			
Terrabyte	Gigabyte	Megabyte	Kilobyte			Byte			
↑ 1000 ↑ 1000 ↑ 1000			↑ 1000			↑			

## Griechisches Alphabet

Zeichen Groß-, Kleinbuchstaben	Alternative Schreibweise	Name (altgriechische Schreibung)
A, α		Alpha (ἄλφα)
B, β	β	Beta (βῆτα)
Γ, γ		Gamma (γάμμα)
Δ, δ		Delta (δέλτα)
E, ε	ε	Epsilon (ἕ ψιλόν)
Z, ζ		Zeta (ζῆτα)
H, η		Eta (ἦτα)
Θ, θ	ϑ	Theta (θῆτα)
I, ι		Iota (ιώτα)
K, κ	κ	Kappa (κάππα)
Λ, λ		Lambda (λάμβδα)
M, μ		My (μῦ)
N, ν		Ny (νῦ)
Ξ, ξ		Xi (ξῖ)
O, ο		Omikron (ὄ μικρόν)
Π, π	ϖ	Pi (πί)
P, ρ	ρ	Rho (ῥῶ)
Σ, σ	ς, Ϛ	Sigma (σίγμα)
T, τ		Tau (ταῦ)
Υ, υ		Ypsilon (ῥ ψιλόν)
Φ, φ	φ	Phi (φῖ)
Χ, χ		Chi (χῖ)
Ψ, ψ		Psi (ψῖ)
Ω, ω		Omega (ὦ μέγα)

**Internationales Einheitensystem SI**  
Système international d'unités

**1. Länge**

Größe	Größensymbol	Einheit	Einheitenzeichen
Länge	$l$	Meter	m

**Die wichtigsten Grundeinheiten und ihre Umrechnung:**

**Länge:**

**Umrechnungsfaktor ist 10 (d.h. Komma um eine Stelle verschieben)**

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$$

$$1 \text{ m} = 10 \text{ dm}$$

$$1 \text{ dm} = 10 \text{ cm}$$

$$1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$$

**Fläche:**

**Umrechnungsfaktor ist 100 (d.h. Komma um zwei Stellen verschieben)**

$$1 \text{ km}^2 = 100 \text{ ha}$$

$$1 \text{ ha} = 100 \text{ a}$$

$$1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2$$

$$1 \text{ dm}^2 = 100 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ cm}^2 = 100 \text{ mm}^2$$

**Rauminhalt / Volumen:**

**Umrechnungsfaktor ist 1000 (d.h. Komma um drei Stellen verschieben)**

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3 \text{ oder Liter } [ \ell ]$$

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

$$1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3$$

$$1 \text{ Hektoliter} = 100 \text{ Liter}$$

$$1 \text{ Liter} = 100 \text{ Zentiliter}$$

$$1 \text{ Zentiliter} = 10 \text{ Milliliter}$$

## 2. Masse

Größe	Größensymbol	Einheit	Einheitenzeichen
Masse	m	Kilogramm	kg

**Die wichtigsten Grundeinheiten und ihre Umrechnung:**

**1t = 1000 kg**

**1 kg = 100 dag**

**1 dag = 10 g**

**1 g = 1000 mg**

**1 kg**

**100 dag**

**1000 g**

**Weitere Einheitenzeichen:**

**Tonne: t**

**Dekagramm: dag**

**Gramm: g**

**Milligramm: mg**

## 3. Zeit

Größe	Größensymbol	Einheit	Einheitenzeichen
Zeit	t	Sekunde	s

**Die wichtigsten Grundeinheiten und ihre Umrechnung:**

**Zeit:**

**1 Jahr = 12 Monate**

**1 Monat = 28 – 31 Tage**

**1 Tag = 24 Stunden**

**1 Stunde = 60 Minuten**

**1 Minute = 60 Sekunden**

**Weitere Einheitenzeichen: Jahr:.....a    Monat:.....M    Tag:.....d**

**Stunde:.....h    Minute:.....min**

**Umrechnung von Zeiteinheiten zu Dezimalstunden:**

$$\begin{array}{r}
 1 \text{ h } 45 \text{ min } 10 \text{ s} \qquad 1,00 \text{ h} \\
 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad + \\
 45/60 = 0,75 \text{ h} \\
 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad + \\
 10/3600 = 0,003 \text{ h} \\
 \hline
 \Sigma \qquad \qquad \qquad = 1,753 \text{ h} \\
 \hline
 \hline
 \end{array}$$

**Umrechnung von Zeiteinheiten in Dezimalangaben zu Stunden, Minuten und Sekunden:**

$$\begin{array}{r}
 1,605 \text{ h} \qquad \qquad \qquad 1,00 \text{ h} \\
 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad 0,605 \text{ h} \cdot 60 = 36,30 \text{ min} \\
 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad 0,30 \text{ min} \cdot 60 = 18,00 \text{ s} \\
 \hline
 \text{Ergebnis: } \underline{\underline{1 \text{ h } 36 \text{ min } 18 \text{ s}}}
 \end{array}$$

## 4. Stromstärke

Größe	Größensymbol	Einheit	Einheitenzeichen
<b>Stromstärke</b>	<b>I</b>	<b>Ampere</b>	<b>A</b>

**Abgeleitete Einheiten:**

Größe	Größensymbol	Einheit	Einheitenzeichen
<b>Leistung</b>	<b>P</b> Elektrotechnik <b>Q̇</b> Wärmetechnik	<b>Watt</b>	<b>W</b>
<b>Elektr. Spannung</b>	<b>U</b>	<b>Volt</b>	<b>V</b>
<b>Elektr. Widerstand</b>	<b>R</b>	<b>Ohm</b>	<b>Ω</b>

## 5. Thermodynamische Temperatur

Größe	Größensymbol	Einheit	Einheitenzeichen
<b>Temperatur</b>	<b>T</b>	<b>Kelvin</b>	<b>K</b>

**Die wichtigsten Umrechnungsfaktoren:**

$$\begin{array}{ll}
 0^\circ\text{C} & = 273,15 \text{ K} & 0 \text{ K} & = -273,15^\circ\text{C} \\
 100^\circ\text{C} & = 373,15 \text{ K} & 100 \text{ K} & = -173,15^\circ\text{C}
 \end{array}$$

**Abstände der Gradeinheiten sind bei beiden Skalen gleich!**

**Zusammenhang von °C und Fahrenheit**

$$F = \frac{^\circ\text{C} \cdot 9}{5} + 32$$

$$^\circ\text{C} = \frac{(F - 32) \cdot 5}{9}$$

## 6. Stoffmenge

Größe	Größensymbol	Einheit	Einheitenzeichen
<b>Stoffmenge</b>	<b>n</b>	<b>Mol</b>	<b>mol</b>

## 7. Die Lichtstärke

Größe	Größensymbol	Einheit	Einheitenzeichen
<b>Lichtstärke</b>	<b>I<sub>v</sub></b>	<b>Candela</b>	<b>cd</b>

## Maßstabsrechnungen

### Zeichnungslänge mit gegebenem Maßstab ausrechnen

Um die Zeichnungslänge zu erhalten, muss die wirkliche Länge durch die Maßstabszahl dividiert werden.

$$ZL = \frac{WL}{MZ}$$

ZL.....Zeichnungslänge

WL.....Länge in der Wirklichkeit

MZ.....Maßstabszahl

Maßstabszahl

Beispiel: M 1 : 50

### Länge in der Wirklichkeit mit gegebenem Maßstab ausrechnen

Um die Länge in der Wirklichkeit zu erhalten, muss die Zeichnungslänge mit der Maßstabszahl multipliziert werden.

$$WL = ZL \cdot MZ$$

WL.....Länge in der Wirklichkeit

ZL.....Zeichnungslänge

MZ..... Maßstabszahl

Maßstabszahl

Beispiel: M 1 : 50

### Berechnung der Maßstabsgröße (Maßstabszahl)

Um die Maßstabszahl zu erhalten, muss die wirkliche Länge (oder Breite) durch die Zeichnungslänge dividiert werden.

$$MZ = \frac{WL}{ZL}$$

ZL.....Zeichnungslänge

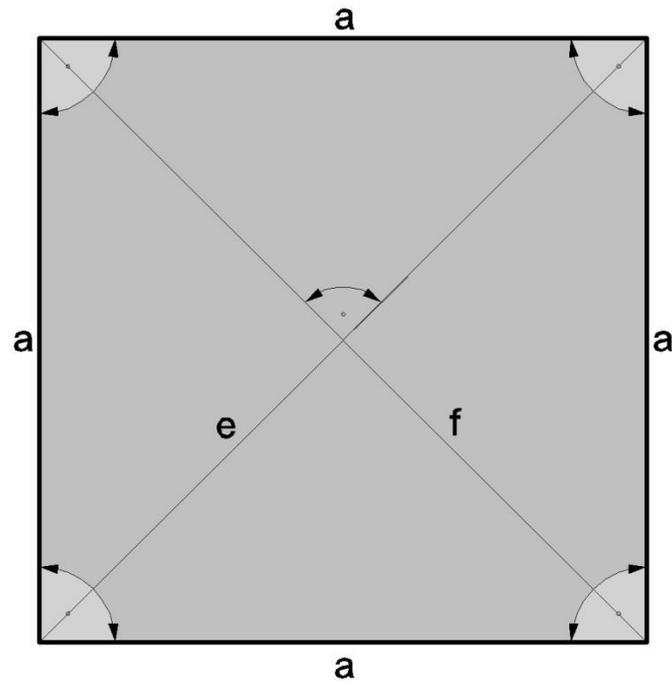
WL.....Länge in der Wirklichkeit

MZ.....Maßstabszahl

Maßstabszahl

Beispiel: M 1 : 50

# Quadrat



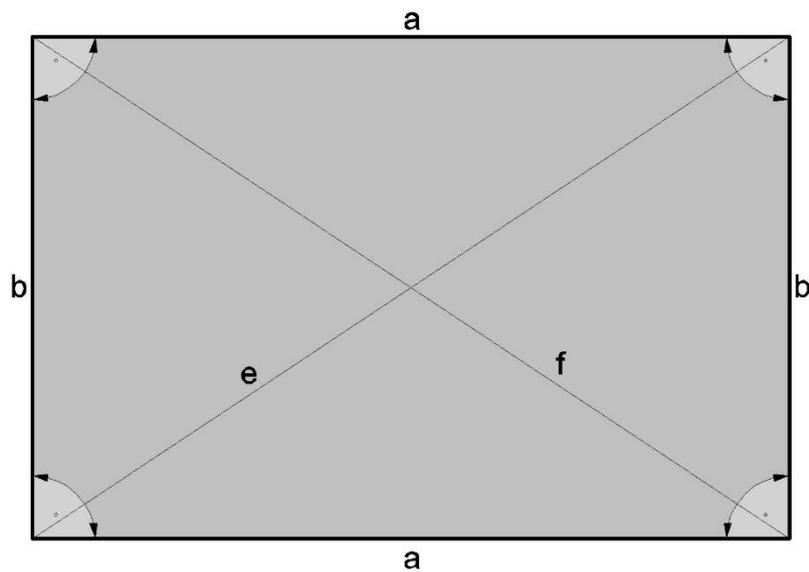
$$U = 4 \cdot a$$

$$A = a^2$$

$$e = a \cdot \sqrt{2}$$

$$e = f$$
$$e \perp f$$

# Rechteck

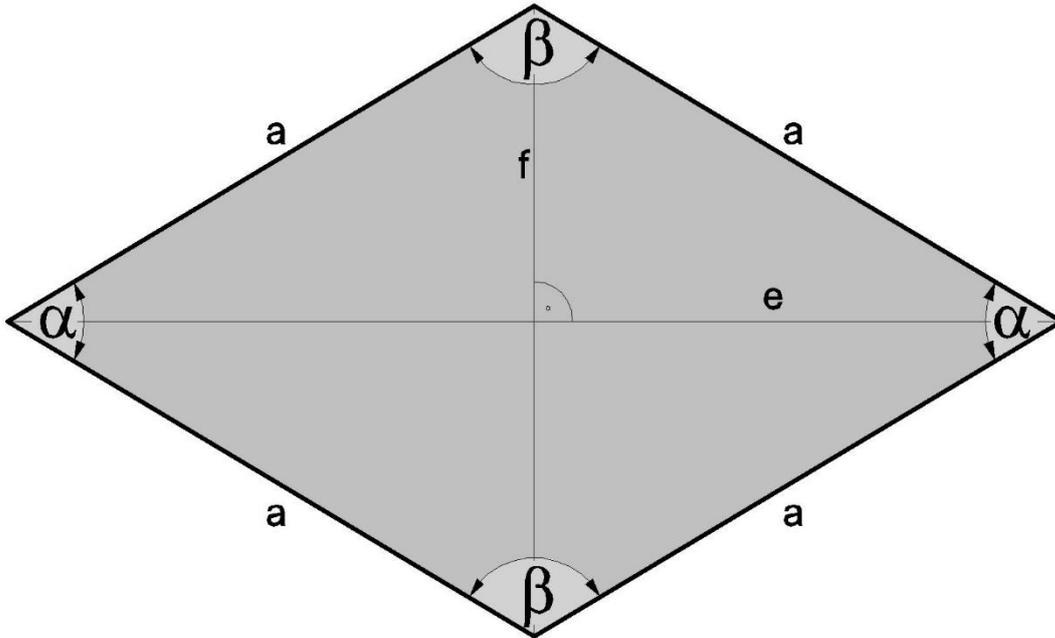


$$U = 2 \cdot (a + b)$$

$$A = a \cdot b$$

$$e = f$$

## Raute (Rhombus)



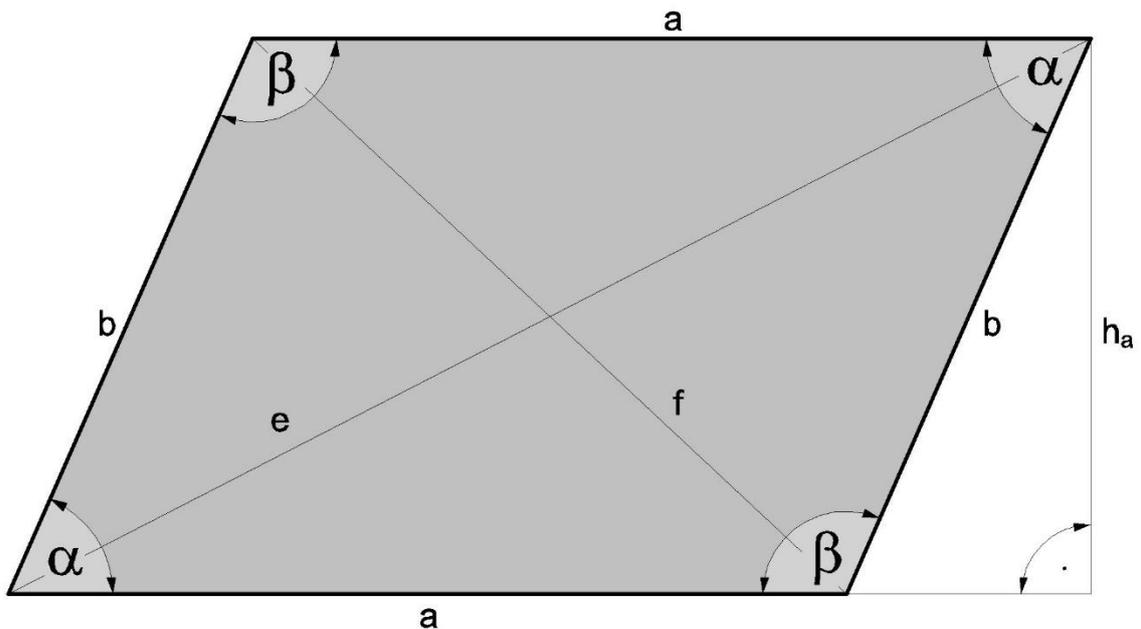
$$U = 4 \cdot a$$

$$A = \frac{e \cdot f}{2}$$

$$e \perp f$$

$$e^2 + f^2 = 4 \cdot a^2$$

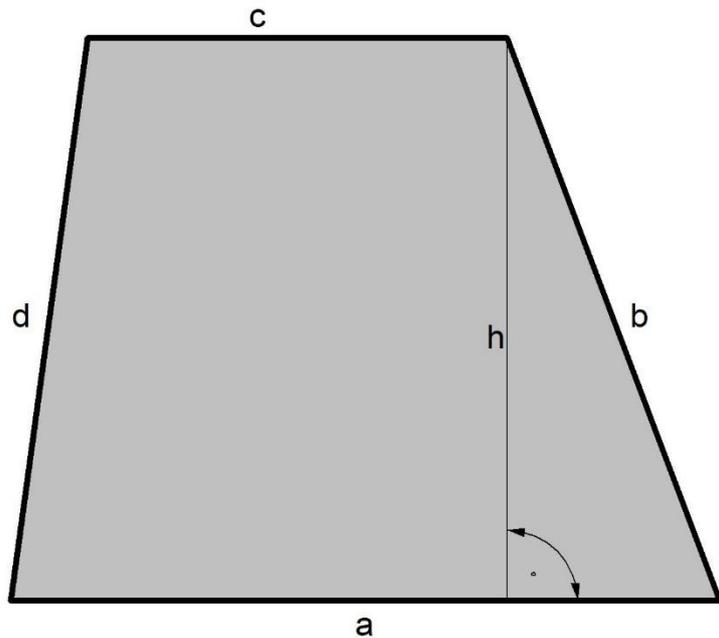
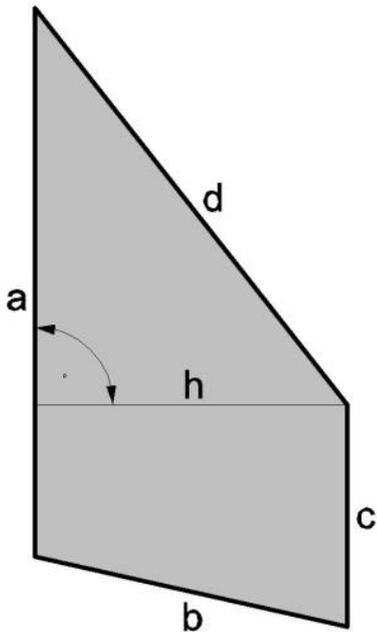
## Parallelogramm (Rhomboid)



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

$$A = a \cdot h_a$$

# Trapez



$$U = a + b + c + d$$

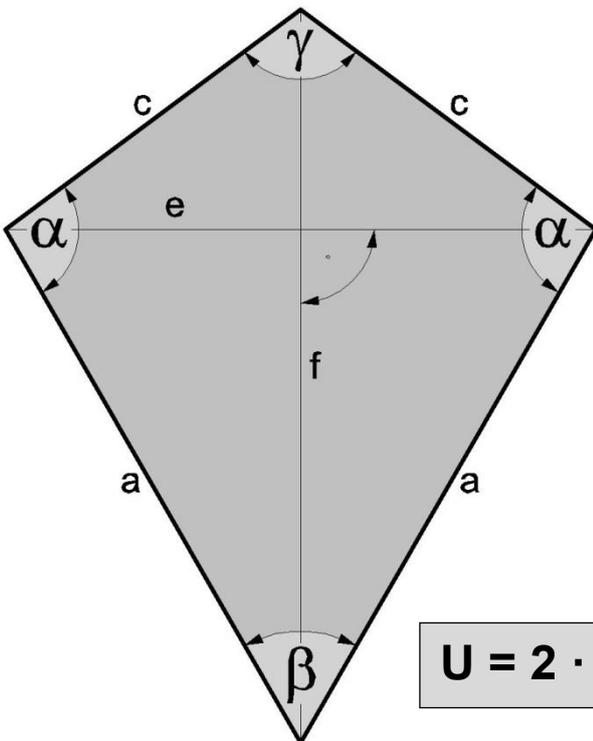
$$A = \frac{(a + c)}{2} \cdot h$$

$$a \parallel c$$

**Beachte!**  $a$  und  $c$  in dieser Formel bezeichnen immer die parallelen Seiten eines Trapezes!

$h$  ist der Normalabstand der parallelen Seiten.

# Deltoid

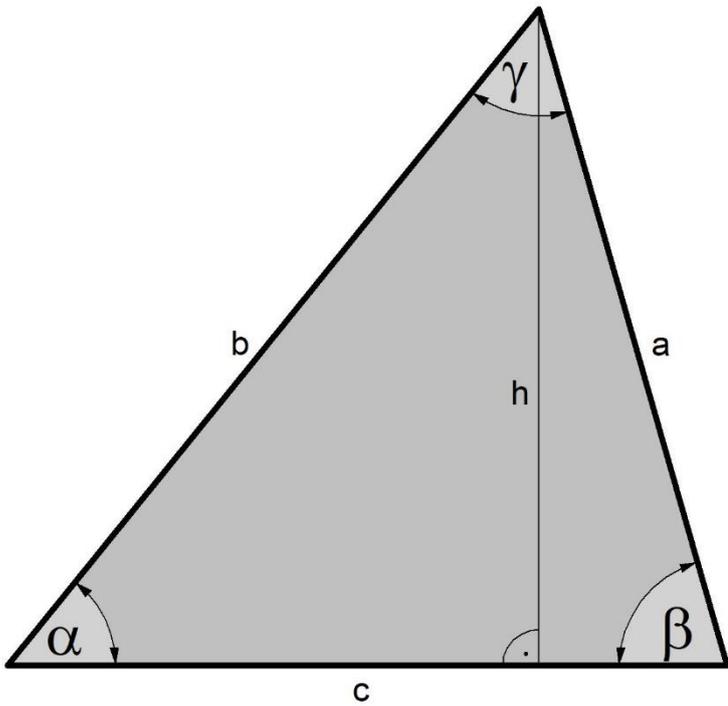


$$U = 2 \cdot (a + b)$$

$$A = \frac{e \cdot f}{2}$$

$$e \perp f$$

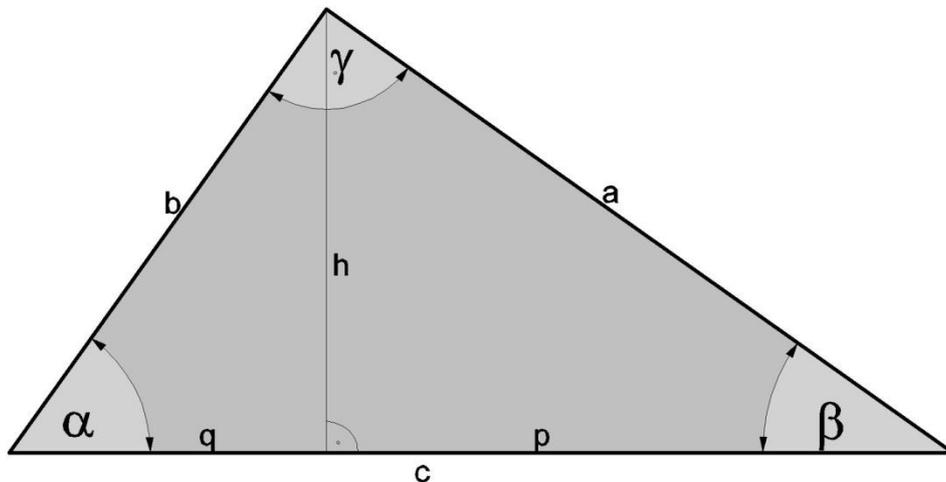
## Allgemeines Dreieck



$$A = \frac{a \cdot h_a}{2} = \frac{b \cdot h_b}{2} = \frac{c \cdot h_c}{2}$$

$$U = a + b + c$$

## Rechtwinkeliges Dreieck



$$U = a + b + c$$

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

$$\gamma = 90^\circ$$

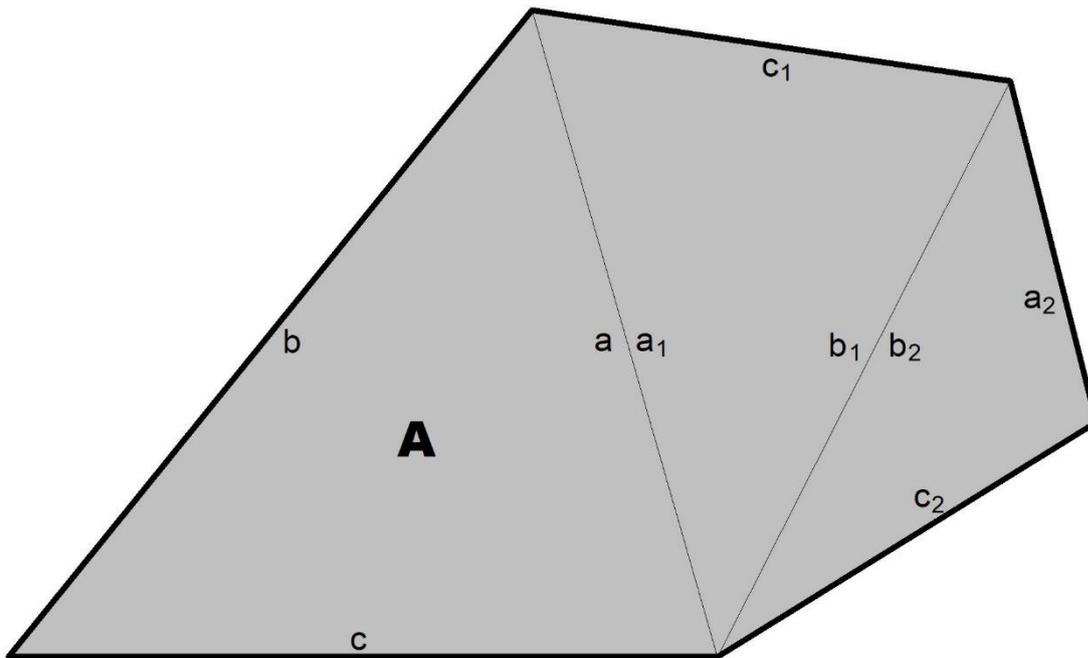
**a,b..... Katheten (sie bilden den „Rechten Winkel“)**

**c..... Hypotenuse (sie ist die längste Seite und liegt dem „Rechten Winkel“ gegenüber)**

## Flächenberechnung nach Heron

**Voraussetzung: drei Seiten eines Dreieckes sind gegeben.**

**Die Heron'sche Flächenformel wird im Bauwesen verwendet, um die Fläche unregelmäßiger Grundstücke zu berechnen, indem diese in Dreiecke mit bekannten Seitenlängen unterteilt werden (z.B. gemessen mit Maßband).**



**Für jedes Teildreieck ist zu rechnen:**

$$A = \sqrt{s \cdot (s - a) \cdot (s - b) \cdot (s - c)}$$

**Der Hilfwert  $s$  (Substitution) dient nur zur Vereinfachung der Gleichung und berechnet sich:**

$$s = \frac{a + b + c}{2}$$

## Pythagoreischer Lehrsatz

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

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

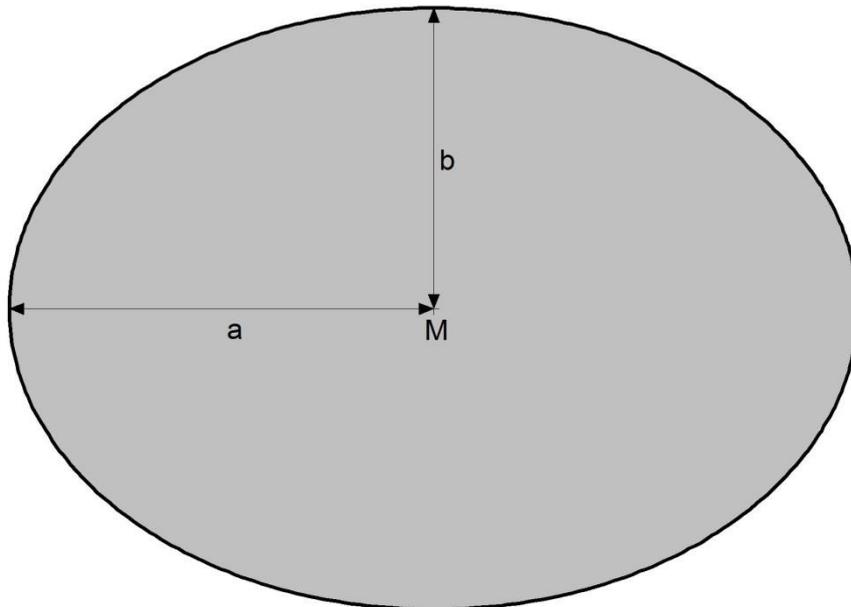
$$a = \sqrt{c^2 - b^2}$$

$$b = \sqrt{c^2 - a^2}$$

**Höhensatz:**  $h^2 = q \cdot p$

**Kathetensatz:**  $a^2 = c \cdot p$   
 $b^2 = c \cdot q$

## Ellipse



$$A = a \cdot b \cdot \pi$$

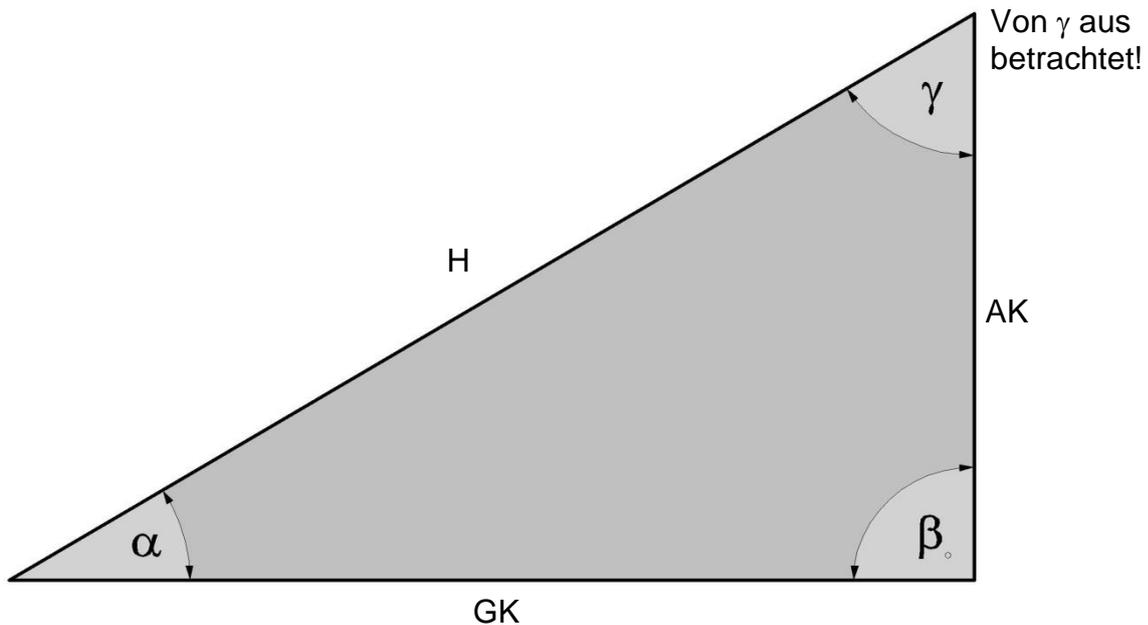
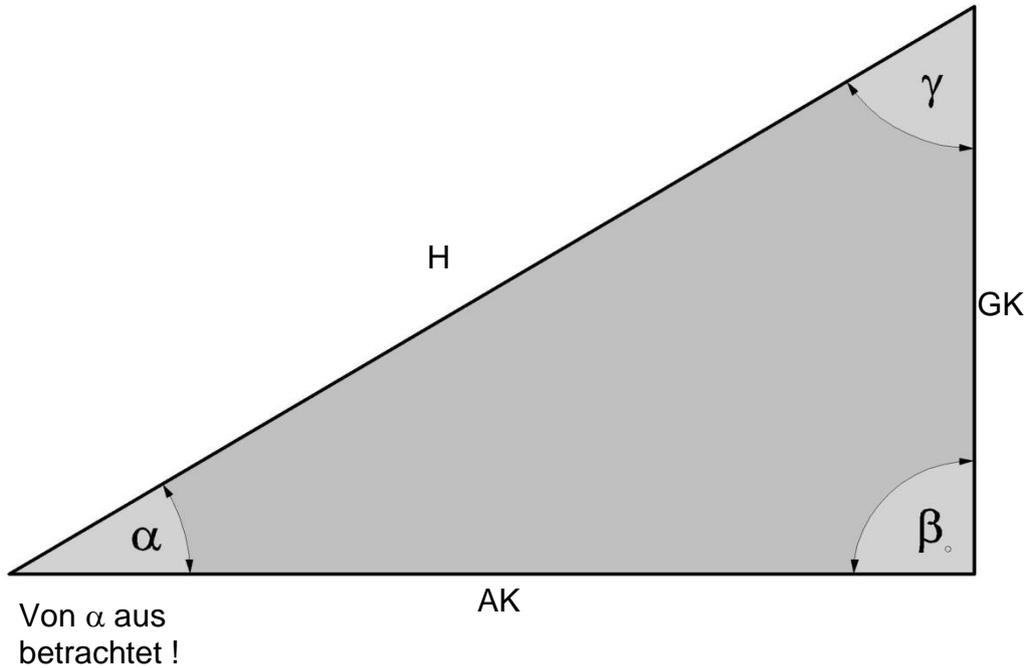
**Näherungsformel**

$$U = (a + b) \cdot \pi$$

**Näherungsformel**

# Winkelfunktionen

Anwendung nur bei rechtwinkligen Dreiecken möglich!



**H.....Hypotenuse**

**GK.....Gegenkathete (liegt dem Betrachtungswinkel gegenüber)**

**AK.....Ankathete (grenzt an den Betrachtungswinkel)**

## Winkelfunktionen

$$\tan \alpha = \frac{GK}{AK}$$

$$\sin \alpha = \frac{GK}{H}$$

$$\cos \alpha = \frac{AK}{H}$$

**Ableitungen:**

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{GK}{AK} \right)$$

$$GK = AK \cdot \tan \alpha$$

$$AK = \frac{GK}{\tan \alpha}$$

$$\alpha = \sin^{-1} \left( \frac{GK}{H} \right)$$

$$GK = H \cdot \sin \alpha$$

$$H = \frac{GK}{\sin \alpha}$$

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{AK}{H} \right)$$

$$AK = H \cdot \cos \alpha$$

$$H = \frac{AK}{\cos \alpha}$$

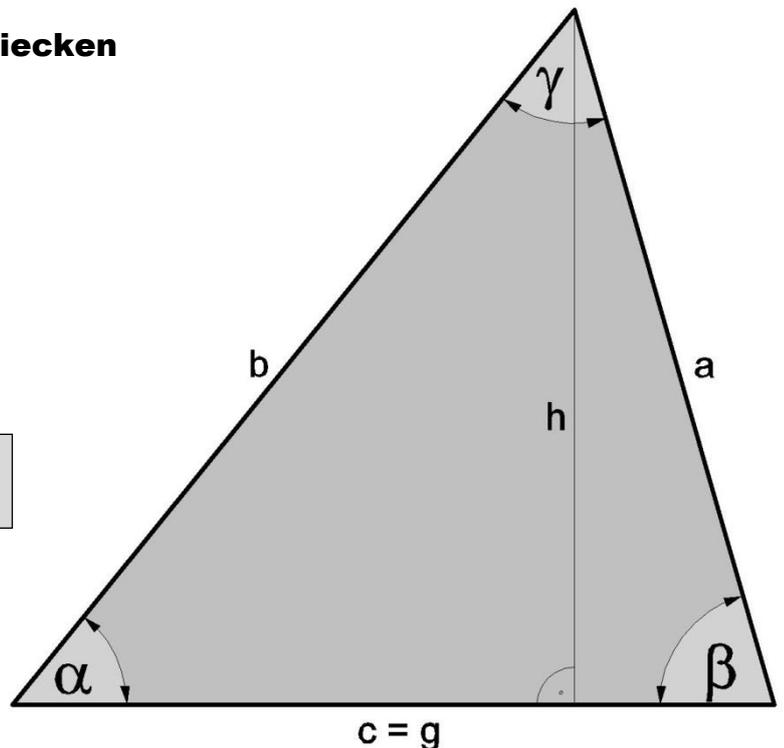
## Der Sinussatz

**Anwendung auch bei allgemeinen Dreiecken möglich!**

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$

**Verhältnisgleichung:**

$$\sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma = a : b : c$$



## Der Kosinussatz

**Anwendung auch bei allgemeinen Dreiecken möglich!**

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha$$

## Neigungsberechnung in % bzw. ‰



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

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

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

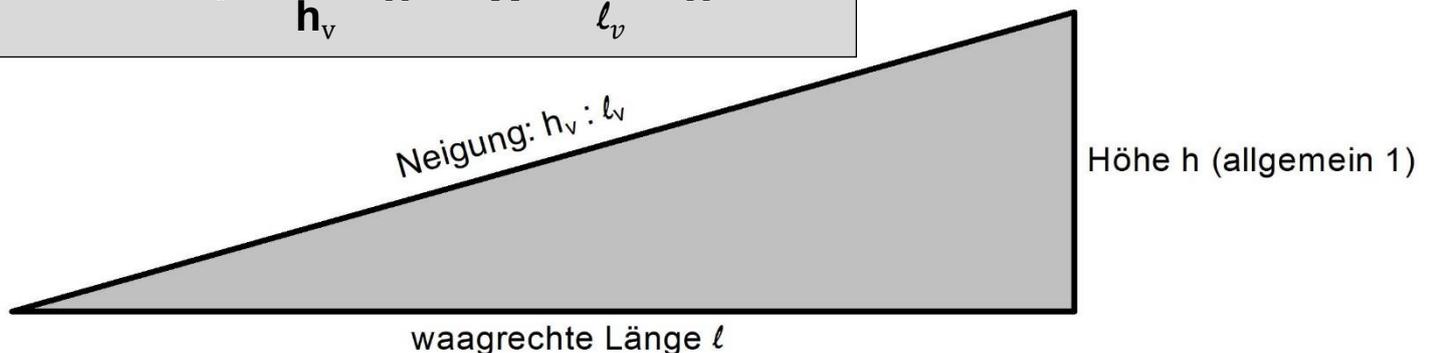
**h..... Höhenunterschied**  
**l ..... Waagrechte Länge**  
**%..... Neigung**

**Bei der Berechnung mit Promille ist % mit ‰ und der Faktor 100 mit 1000 zu ersetzen!**

## Neigungsberechnung mit Verhältniszahlen

$$\frac{h_v}{l_v} = h : l = h_v : l_v \text{ (oder } 1 : n)$$

$$l = \frac{l_v}{h_v} \cdot h \quad h = \frac{h_v}{l_v} \cdot h$$

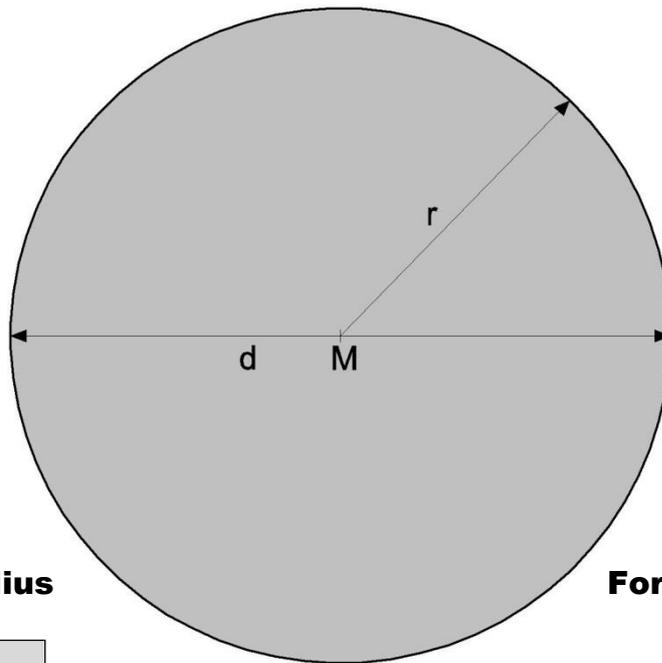


**Beispiele für Neigungsangaben mit unterschiedlichen Höhenangaben sind:**

**$h_v : l_v = 2 : 5$  .....z.B. bei steileren Zufahrtsrampen**

**$h_v : l_v = 4 : 20$ ..... z.B. in Zugangsbereichen**

## Kreis



### Formeln mit Radius

$$U = 2 \cdot r \cdot \pi$$

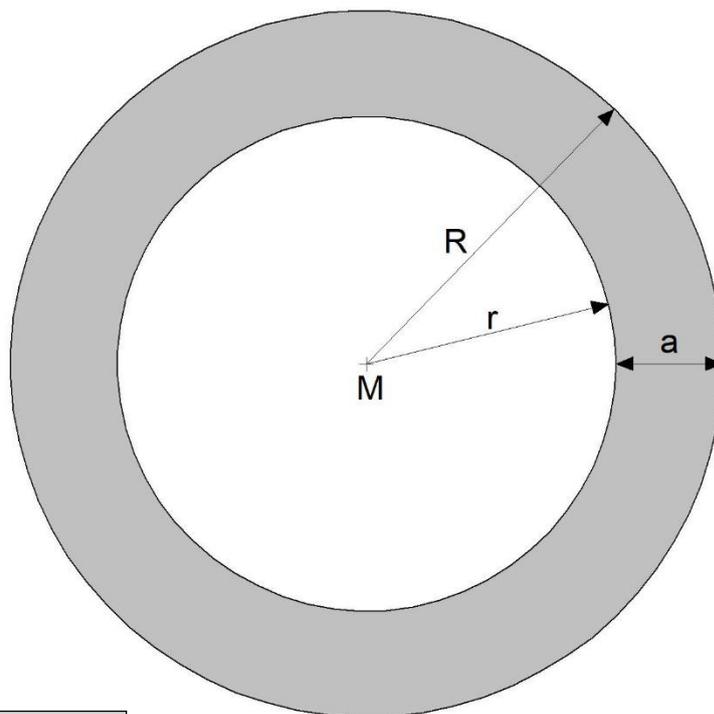
$$A = r^2 \cdot \pi$$

### Formeln mit Durchmesser

$$U = d \cdot \pi$$

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

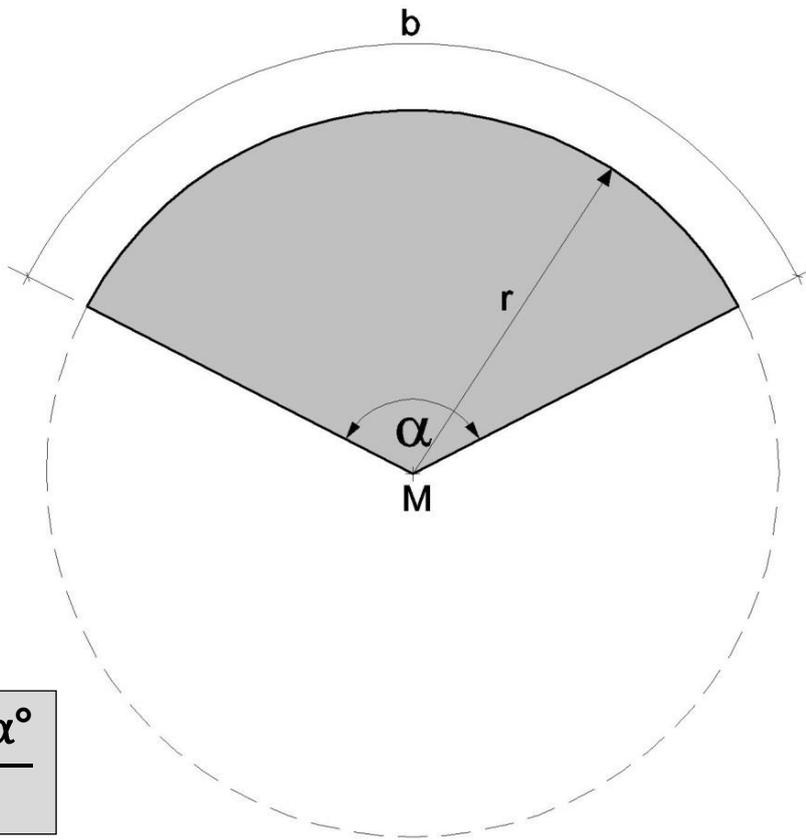
## Kreisring



$$U = 2 \cdot \pi \cdot (R + r)$$

$$A = \pi \cdot (R^2 - r^2)$$

## Kreissektor (Kreisausschnitt)

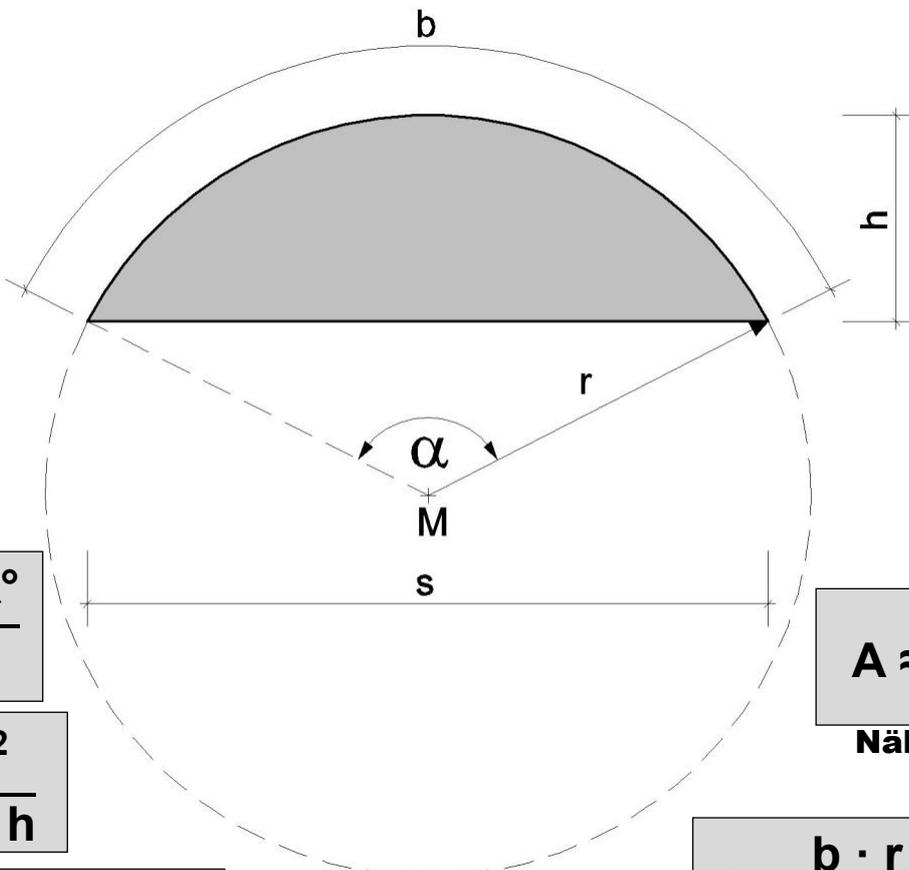


$$b = \frac{r \cdot \pi \cdot \alpha^\circ}{180^\circ}$$

$$A = \frac{r^2 \cdot \pi \cdot \alpha^\circ}{360^\circ}$$

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

## Kreissegment (Kreisabschnitt)



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

$$r = \frac{h}{2} + \frac{s^2}{8 \cdot h}$$

$$s = 2 \cdot \sqrt{h \cdot (2 \cdot r - h)}$$

$$A \approx \frac{2}{3} \cdot s \cdot h$$

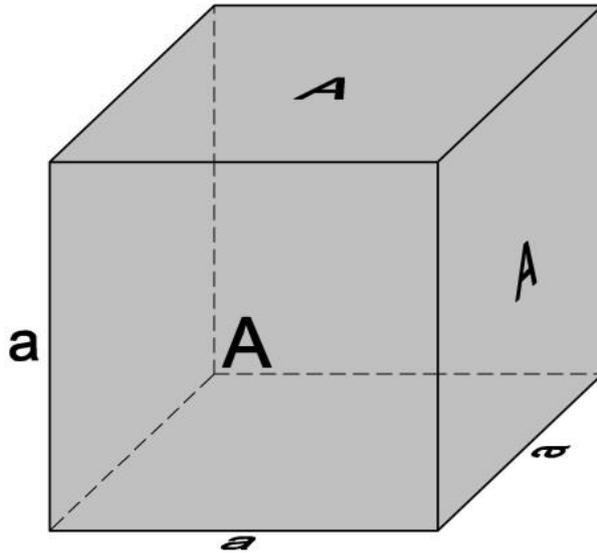
**Näherungsformel**

$$A = \frac{b \cdot r - s \cdot (r - h)}{2}$$

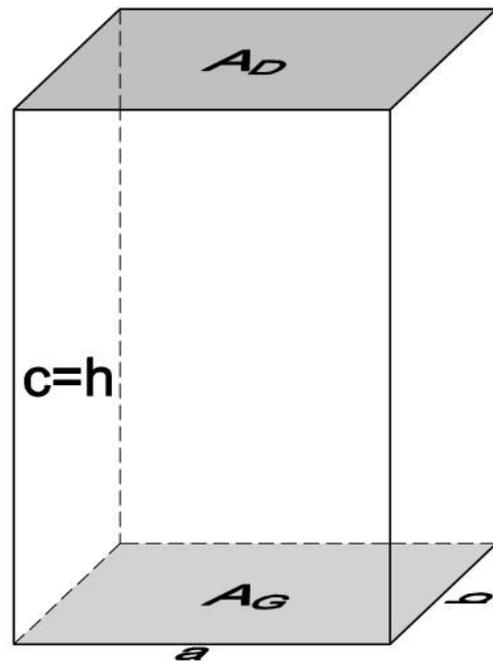
# Prisma

**Kennzeichen: Gerade Körper mit gleicher Grund- und Deckfläche**  
**Grund- und Deckfläche sind Vielecke**

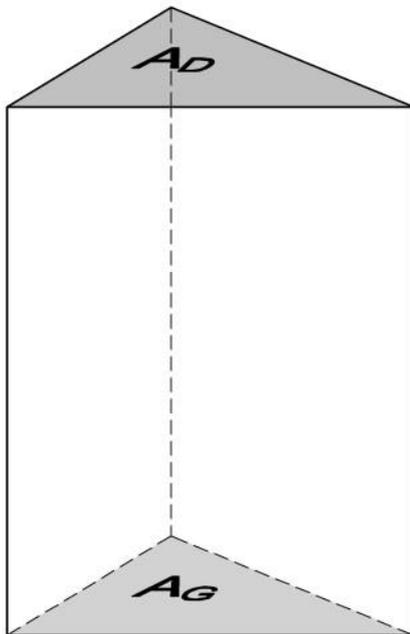
**Sonderform: Würfel**



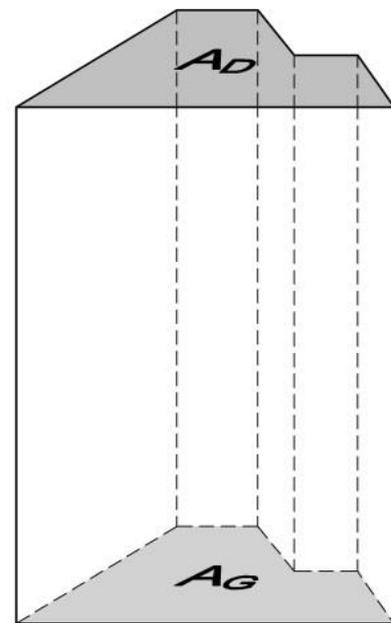
**Sonderform: Quader**



**Sonderform: Dreiseitiges Prisma**



**Allgemeines Prisma**

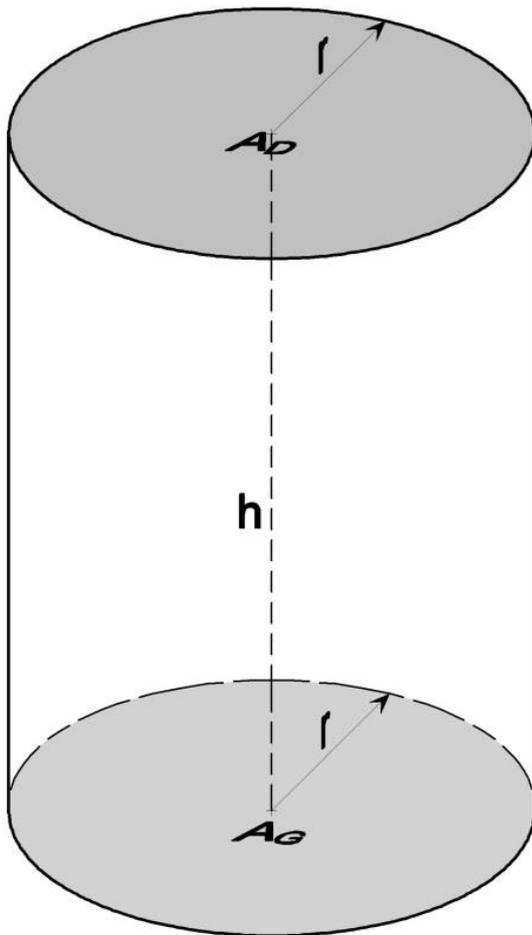


$$V = A_G \cdot h$$

$$A_M = U_{A_G} \cdot h$$

$$A_O = A_M + 2 \cdot A_G$$

## Kreiszyylinder

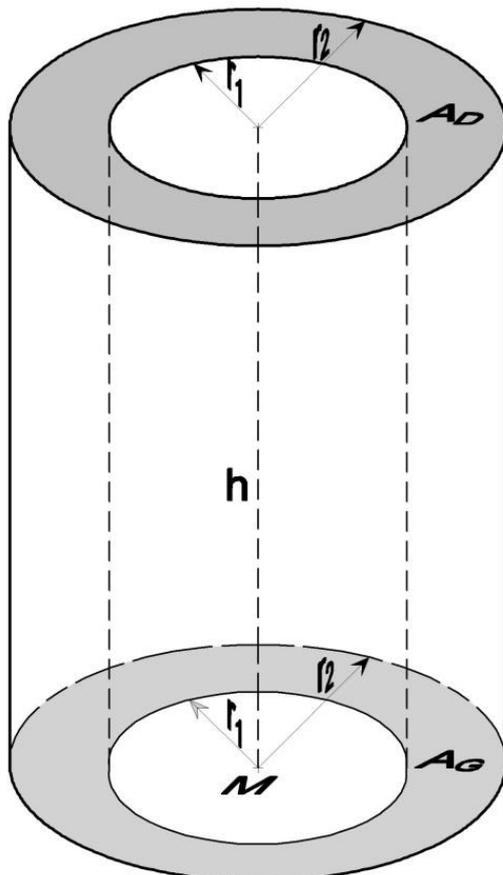


$$V = A_G \cdot h \rightarrow r^2 \cdot \pi \cdot h$$

$$A_M = U_{A_G} \cdot h \rightarrow 2 \cdot r \cdot \pi \cdot h$$

$$A_O = A_M + 2 \cdot A_G$$

## Hohlzylinder



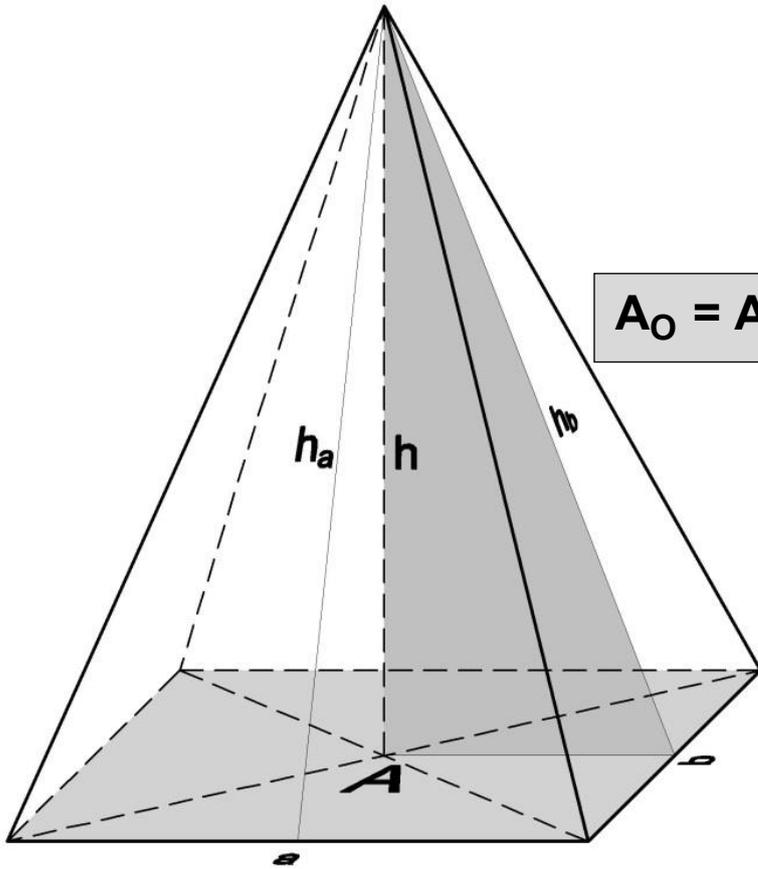
$$V = h \cdot \pi \cdot (r_2^2 - r_1^2)$$

$$A_M = 2 \cdot h \cdot \pi \cdot (r_2 + r_1)$$

$$A_M = 2 \cdot r_1 \cdot \pi \cdot h$$

Für Innenwandfläche

## Allgemeine gerade Pyramide

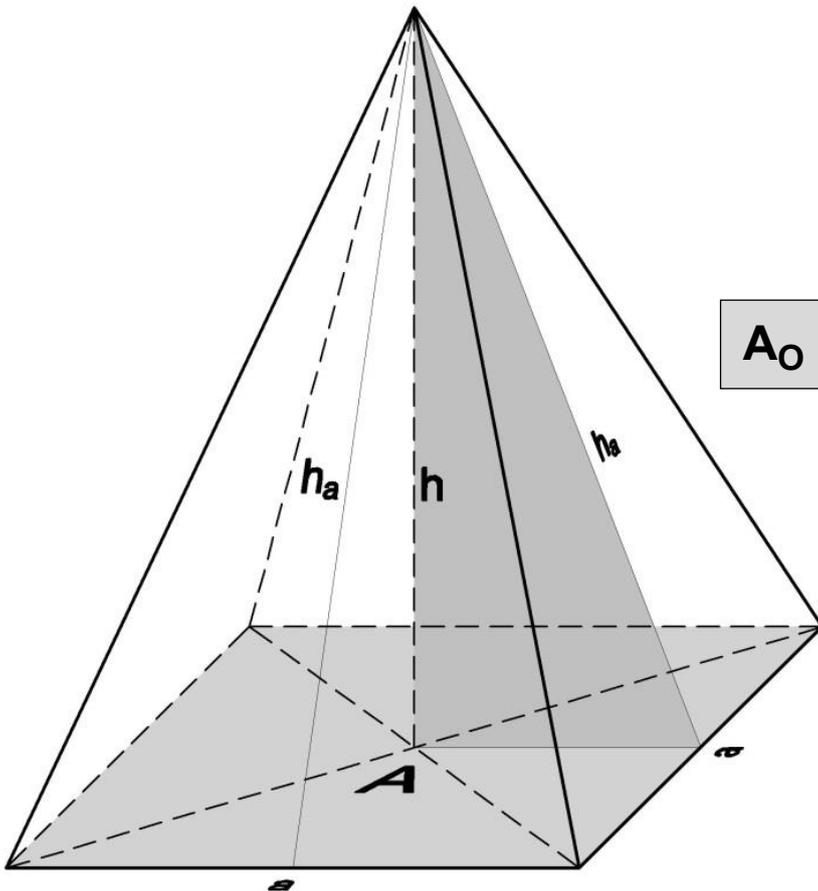


$$V = \frac{A_G \cdot h}{3} \rightarrow \frac{a \cdot b \cdot h}{3}$$

$$A_M = a \cdot h_a + b \cdot h_b$$

$$A_O = A_G + A_M \rightarrow a \cdot b + a \cdot h_a + b \cdot h_b$$

## Regelmäßige gerade Pyramide

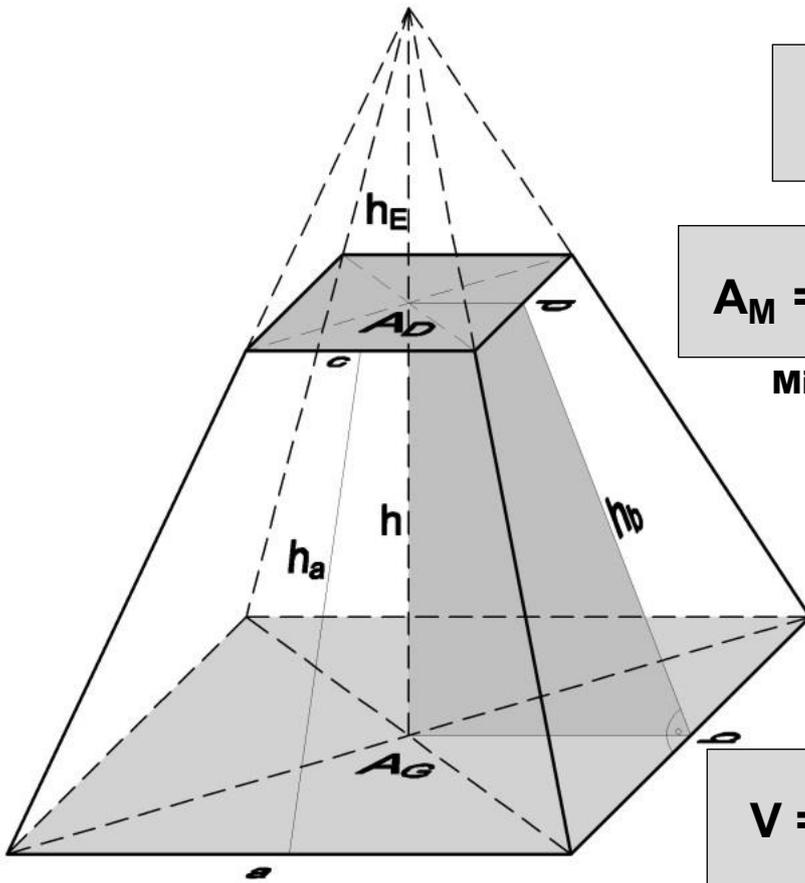


$$V = \frac{A_G \cdot h}{3} \rightarrow \frac{a^2 \cdot h}{3}$$

$$A_M = 2 \cdot a \cdot h_a$$

$$A_O = A_G + A_M \rightarrow a^2 + 2 \cdot a \cdot h_a$$

## Gerader Pyramidenstumpf



$$V = \frac{A_G \cdot (h + h_E)}{3} - \frac{A_D \cdot h_E}{3}$$

$$A_M = \left( \frac{a + c}{2} \cdot h_a + \frac{b + d}{2} \cdot h_b \right) \cdot 2$$

Mit bekannter Ergänzungspyramide

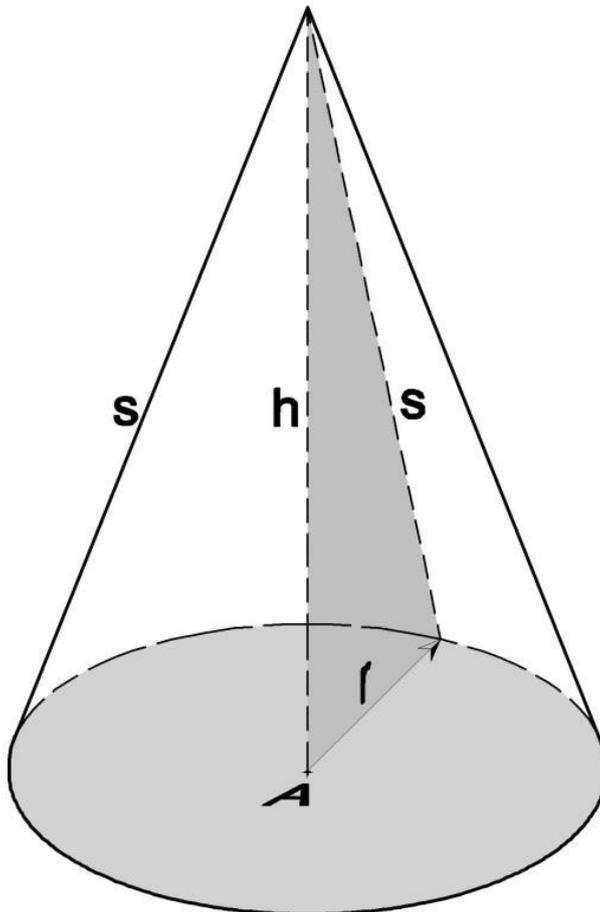
$$V \approx \frac{A_G + A_D}{2} \cdot h$$

Näherungsformel

$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_G + A_D + \sqrt{A_G \cdot A_D})$$

Ohne Ergänzungspyramide

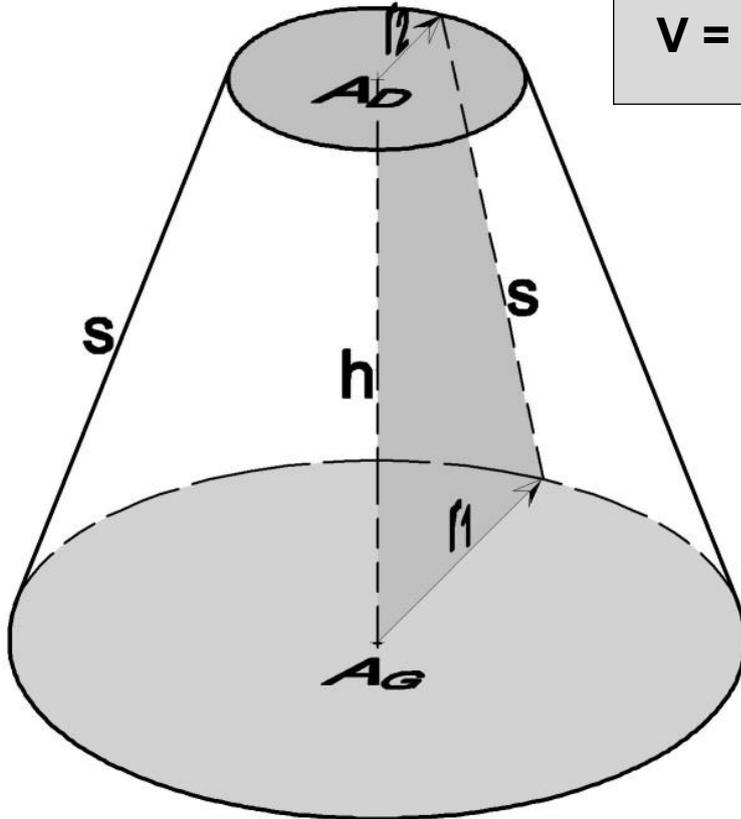
## Gerader Kegel



$$V = \frac{A_G \cdot h}{3} \rightarrow \frac{r^2 \cdot \pi \cdot h}{3}$$

$$A_M = r \cdot s \cdot \pi$$

## Gerader Kegelstumpf



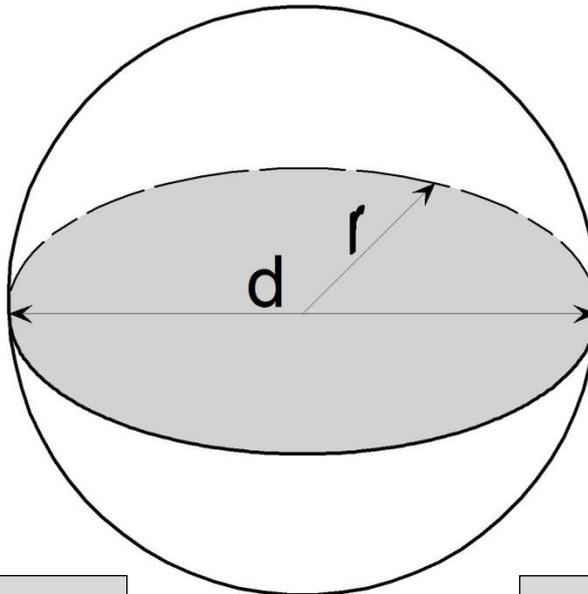
$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_G + A_D + \sqrt{A_G \cdot A_D})$$

$$A_M = s \cdot \pi \cdot (r_2 + r_1)$$

$$V \approx \frac{A_G + A_D}{2} \cdot h$$

Näherungsformel

## Kugel



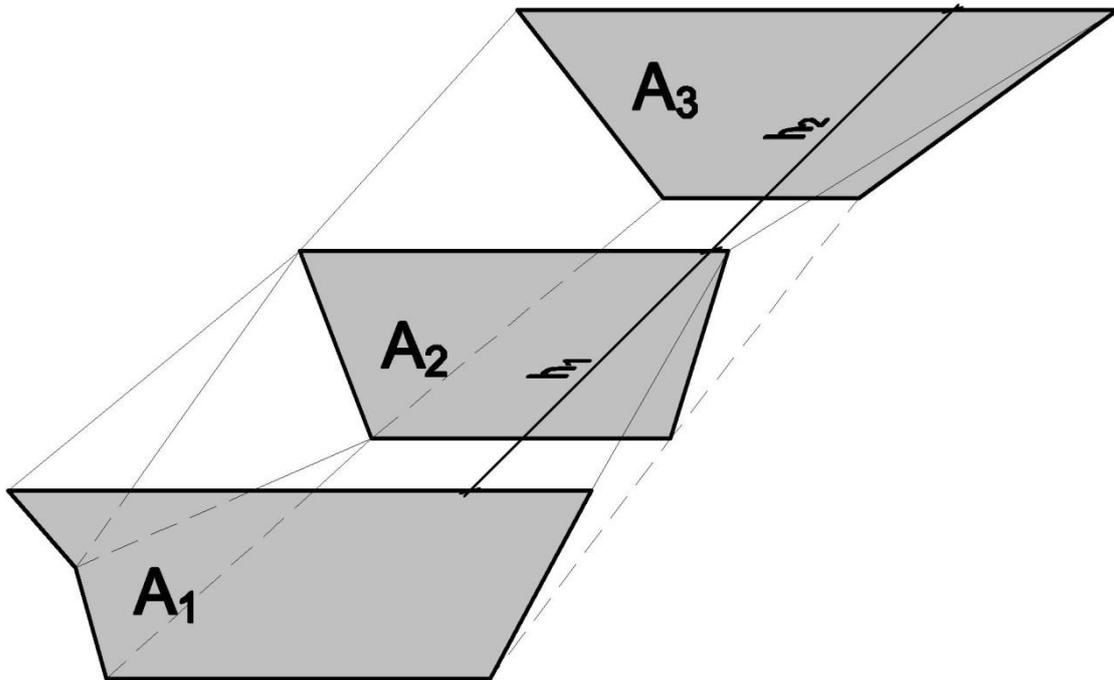
$$V = \frac{4 \cdot r^3 \cdot \pi}{3}$$

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

$$A_O = 4 \cdot r^2 \cdot \pi$$

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

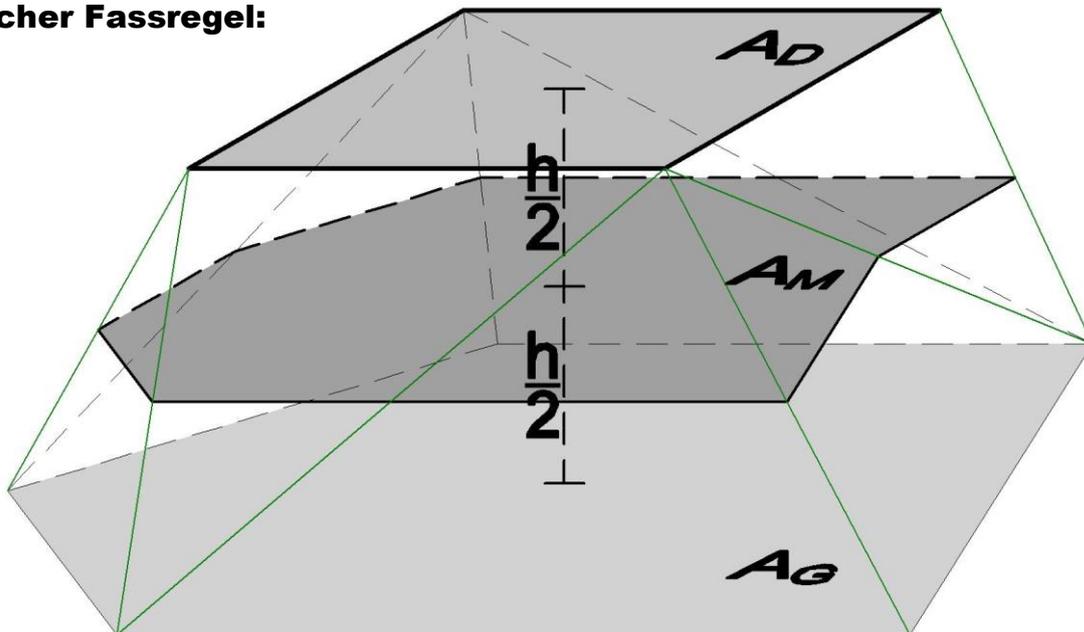
## Das Prismaatoid



**Näherungsformel:**

$$V \approx \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot h_1 + \frac{A_2 + A_3}{2} \cdot h_2 + \dots$$

**Genauere Berechnung mittels  
Kepler'scher Fassregel:**



$$V = \frac{h}{6} \cdot (A_G + 4 \cdot A_M + A_D)$$

**Treppenberechnung**  
**(ÖNORM B5371; Gebäudetreppen – Abmessungen)**

**Schrittmaßregel:**

$$\begin{array}{rcccccc} 2 \text{ Stufenhöhen} & + & 1 \text{ Auftrittsbreite} & = & \text{Schrittmaß} \\ 2h & + & a & = & 62 \pm 3\text{cm} \end{array}$$

**Sicherheitsregel:**

$$\begin{array}{rcccc} \text{Stufenhöhe} & + & \text{Stufenauftritt} & \approx & 46 \\ h & + & a & \approx & 46 \end{array}$$

**Bequemlichkeitsregel:**

$$\begin{array}{rcccc} \text{Stufenauftritt} & - & \text{Stufenhöhe} & \approx & 12 \\ a & - & h & \approx & 12 \end{array}$$

## Treppenberechnung – „freie“ Berechnung

$$\text{Stufenanzahl}(n) = \frac{\text{Geschoßhöhe(GH)}}{\text{angenommene Stufenhöhe}(h_x)}$$

**Die Stufenanzahl muss auf ganze Zahlen gerundet werden**

$$\text{Stufenhöhe}(h) = \frac{\text{Geschoßhöhe(GH)}}{\text{Stufenanzahl}(n)}$$

**Die errechnete Stufenhöhe darf nicht gerundet werden**

$$\text{Stufenauftritt}(a) = \text{Schrittmaß}(62) - 2 \text{ Stufenhöhen}(2 \cdot h)$$

$$\text{Treppenlauflänge}(\ell) = \text{Stufenauftritt}(a) \cdot (\text{Stufenanzahl} - 1)$$

**Für Treppenlauflänge horizontal (Grundriss)**

$$\text{Neigung der Treppe: } \tan \alpha = \frac{\text{Stufenhöhe}(h)}{\text{Stufenauftritt}(a)}$$

$$\text{Lauflinienlänge}(c) = \frac{\text{Treppenlauflänge}(\ell)}{\cos \alpha}$$

**Für Lauflinienlänge geneigt (Schnitt)**

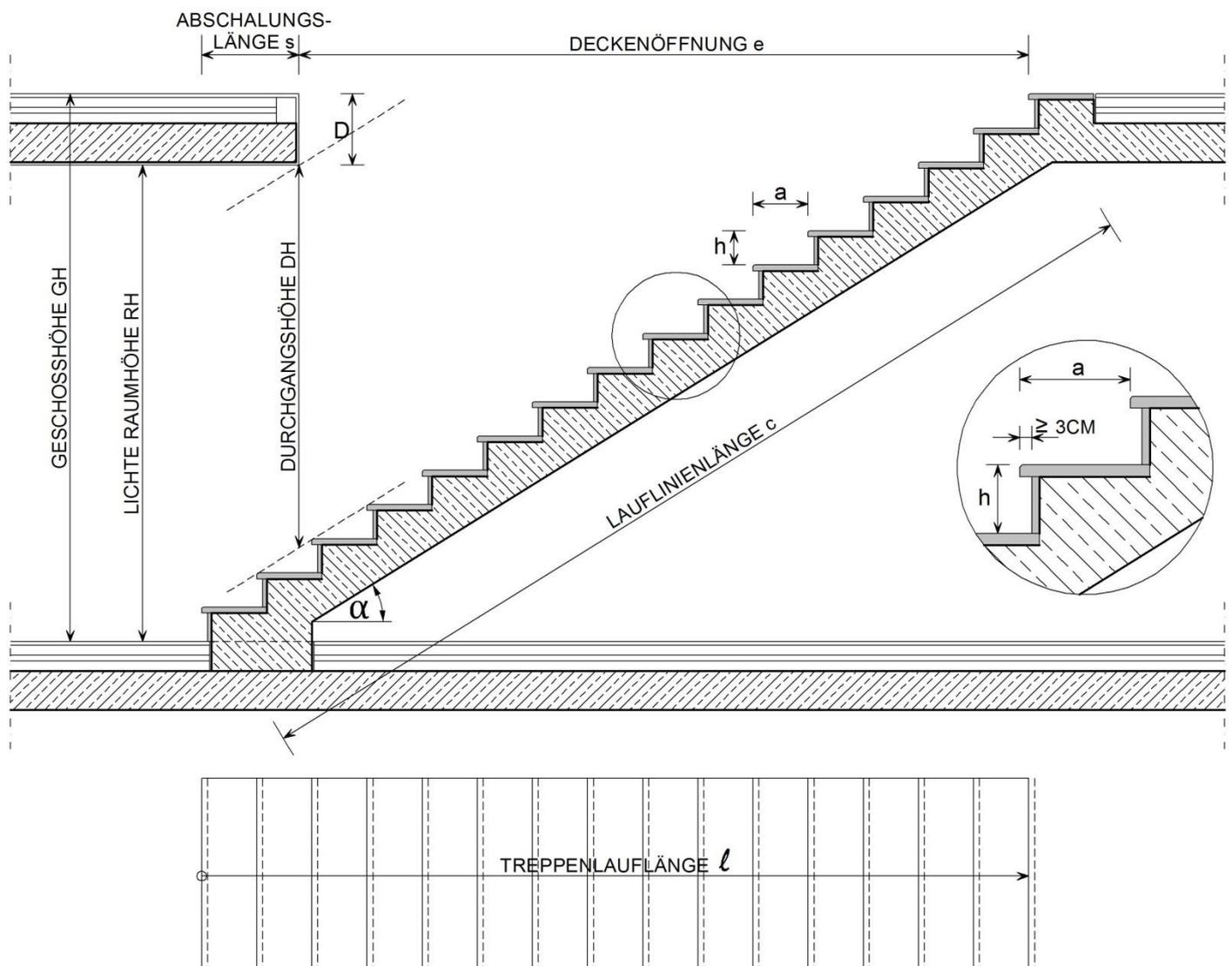
$$\text{Deckenöffnung (e)} = \frac{\text{Durchgangshöhe(DH)} + \text{Deckendicke gesamt(D)}}{\tan \alpha}$$

$$\text{Podestlänge(p)} = \text{Schrittmaß(62)} \cdot \text{Anzahl der Zwischenschritte} + 1 \text{Stufenauftritt(a)}$$

$$\text{Deckenöffnung(e}_1\text{)} = \text{Deckenöffnung(e)} + \text{Podestlänge(p)} - 1 \text{Stufenauftritt(a)}$$

**Für Deckenöffnung bei Podesttreppe**

$$\text{Abschalungslänge(s)} = \frac{\text{Raumhöhe(RH)} - \text{Durchgangshöhe(DH)}}{\tan \alpha} - 1 \text{Stufenauftritt(a)}$$



# Bewehrungsstahl

## BETONRIPPENSTAHL

Qualität entspricht BSt 550 nach ÖNORM B 4707.

Abmessung	Art.nr.		kg/m
	Länge 14 m	Länge 7 m	
6 mm	BS06	BS06 7	0,22
8 mm	BS08	BS08 7	0,40
10 mm	BS10	BS10 7	0,62
12 mm	BS12	BS12 7	0,89
14 mm	BS14	BS14 7	1,21
16 mm	BS16	BS16 7	1,58
20 mm	BS20	BS20 7	2,47
26 mm	BS26	BS26 7	4,17
30 mm	BS30		5,55
36 mm	BS36		7,99
40 mm	BS40		9,87

# Bewehrungsstahl

## ÖMAT-SCHLAUFENMATTE

Geschweißte Bewehrungsmatten nach ÖNORM B 4707,  
 Stahlgruppe M 550, mit gerippten Längs- und Querdrähten und Randschlaufen.  
 Mattengröße: 6 x 2,40 m, 14,4 m<sup>2</sup>

Type Art.nr.	Stahlquerschnitt				Abstand der Drähte		Durchmesser der Drähte			Masse je m <sup>2</sup>
	Nennquerschnitt *)		bei Überdeckung				längs	quer	D	d
			Ü1=20 cm	Ü2=40 cm						
	längs	quer	längs	längs						
cm <sup>2</sup> /m	cm <sup>2</sup> /m	cm <sup>2</sup> /m	cm <sup>2</sup> /m	mm	mm	mm	mm	mm	kg	
CS 70	2,57	0,94	2,79	3,07	150	300	7	6	6	2,80
CS 80	3,35	0,94	3,48	3,83	150	300	8	6	6	3,30
CS 90	4,24	0,94	4,27	4,70	150	300	9	6	6	3,86
CS 100	5,24	1,28	5,34	5,87	150	300	10	7	7	4,92
AS 90	6,36	1,28	6,48	7,13	100	300	9	7	7	5,74
AS 100	7,85	1,68	7,84	8,62	100	300	10	7	8	7,04
CQS 50	1,31	1,31	1,52	1,67	150	150	5	5	5	2,16
CQS 60	1,88	1,88	2,18	2,40	150	150	6	6	6	3,11
CQS 70	2,57	2,57	2,79	3,07	150	150	7	6	7	4,10
CQS 80	3,35	3,35	3,48	3,83	150	150	8	6	8	5,24
CQS 90	4,24	4,24	4,27	4,70	150	150	9	6	9	6,54
CQS 100	5,24	5,24	**)	5,87	150	150	10	7	10	8,12
AQS 90	6,36	6,36	6,48	7,13	100	100	9	7	9	9,90
AQS 100	7,85	7,85	**)	8,62	100	100	10	7	10	12,11
AS 30	0,71	0,24	0,77	0,85	100	300	3	3	3	0,75
AQS 30	0,71	0,71	0,77	0,85	100	100	3	3	3	1,14

\*) Unter Nennquerschnitt ist der Stahlquerschnitt im Mittelbereich der Matte zu verstehen.

\*\*\*) Empfohlene Überdeckung 40 cm

Verlegeart 1

Tragstoß mit 20 cm Überdeckung

Verlegeart 2

Tragstoß mit 40 cm Überdeckung

# Bewehrungsstahl

## DISTANZSTREIFEN

Stahl nach ÖNORM B 4707, BSt 500

Verlegebedarf ca. 1 Stück pro m<sup>2</sup> obere Bewehrung

Unterstellungslänge 2,0 m

Type Art.Nr.	Höhe mm	Gewicht kg/Stk
DIS030	30	0,47
DIS040	40	0,50
DIS050	50	0,51
DIS060	60	0,53
DIS070	70	0,54
DIS080	80	0,72
DIS090	90	0,74
DIS100	100	0,76
DIS110	110	0,78
DIS120	120	0,80
DIS130	130	0,83
DIS140	140	0,94
DIS150	150	0,97
DIS160	160	1,00
DIS170	170	1,03
DIS180	180	1,06
DIS190	190	1,08
DIS200	200	1,11
DIS220	220	1,07
DIS240	240	1,11
DIS260	260	1,15
DIS280	280	1,19
DIS300	300	1,23
DIS350	350	1,58
DIS400	400	1,70
DIS450	450	2,21
DIS500	500	2,36

## Dichte

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

**$\rho$ .....Dichte in kg/dm<sup>3</sup> bzw. kg/m<sup>3</sup> (sprich: "rho")**

**$m$ .....Masse in kg**

**$V$ .....Volumen in dm<sup>3</sup> bzw. m<sup>3</sup>**

### Dichte von festen und flüssigen brennbaren Stoffen in $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

	frisch	lufttrocken
Weichholz	0,75 – 0,9	0,45 – 0,6
Hartholz	0,90 – 1,1	0,75 – 0,82
	Rohdichte	Schüttdichte
Braunkohlebrikett	1,25	0,70 – 0,80
Steinkohle	1,20 – 1,50	0,75 – 0,85
Steinkohlebrikett	1,20 – 1,40	0,70 – 0,80
Anthrazit	1,35 – 1,70	0,50 – 0,65
Koks	1,60 – 1,90	0,45 – 0,70
Heizöl EL	0,85	
Kohlenstoff	3,51	
Graphit	2,26	
Schwefel	2,07	
Ruß	1,6 – 1,7	
Teer (Steinkohle)	1,1 – 1,2	

### Dichte von Gasen in $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3_n}$ bei 0°C und 1013 mbar

Sauerstoff	O <sub>2</sub>	1,429	Methan	CH <sub>4</sub>	0,717
Stickstoff	N <sub>2</sub>	1,250	Äthan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,356
Wasserstoff	H <sub>2</sub>	0,090	Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1,964
Luft		1,293	Butan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2,590
Wasserdampf	H <sub>2</sub> O	0,803	Erdgas H		0,800
Kohlenmonoxid	CO	1,977	Stadtgas		0,550
Schwefeldioxid	SO <sub>2</sub>	2,857			

### Mittlere Dichte von Abgasen in $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3_n}$

Koks	1,350
Steinkohle	1,330
Heizöl EL	1,290
Erdgas, Stadtgas	1,250

## Dichte

<b>Dichte von verschiedenen Baumaterialien in <math>\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}</math></b>			
<b>Putze, Estriche</b>	$\rho$ in $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	<b>Wärmedämmstoffe</b>	$\rho$ in $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Kalkmörtel, Kalkzementmörtel	1800	Holzwole- Leichtbauplatten	400-570
Zementmörtel, Zementestrich	2000	Polystyrol Hartschaum (EPS)	15-30
Kalkgipsmörtel, Gipsmörtel	1400	Polystyrol Hartschaum extrudiert (XPS)	30-50
Gussasphaltestrich	2300	Hartschaum (PU)	30-40
<b>Bauteile, Bauplatten</b>		Mineralfasermatte	14-25
		Korkplatten	120-140
Normalbeton, auch bewehrt	2400	Holzfasерplatten	200
Leichtbeton - Stahlleichtbeton	800-2000	Kokosfasermatten	90
Dampfgehärteter Gasbeton	400-800	Schaumglas	120
Wandbauplatten aus Leichtbeton	800-1400	<b>Holz, Holzwerkstoffe</b>	
Gipskartonplatten	900		
<b>Mauerwerk mit Mörtelfugen</b>		Fichte Kiefer, Tanne	600
		Buche, Eiche	800
Vollklinker	2000	Spanplatten	700
Hochlochklinker	1800	<b>Beläge, Abdichtstoffe</b>	
Vollziegel, Hochlochziegel	1200-2000		
Leichtlochziegel W	700-1000	Linoleum	1000
Kalksandsteine	1000-2200	Kunststoffbeläge	1500
Gasbetonmauerwerk	500-800	Bitumen	1100
Hohlblocksteine aus Leichtbeton	500-1400	Asphaltmastix	2000

Sonstige Stoffe	$\rho$ in $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Sonstige Stoffe	$\rho$ in $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Lose Schüttungen aus:			
Blähperlite	$\leq 100$	Blähglimmer	$\leq 100$
Hüttenbims	$\leq 600$	Blähton, Blähschiefer	$\leq 400$
Bimskies	$\leq 1000$	Schaumlava	$\leq 1200$
Sand, Kies, Splitt	1800	Fliesen	2000
Glas	2500	Granit, Basalt, Marmor	2800
Sandstein, Muschelkalk	2600	Keramik	2000
Wärmedämmender Putz	600	Stahl	7850
Kupfer	8900	Aluminium	2700

## Gewichtskraft

$$F_G = m \cdot g$$

**F<sub>G</sub>.....Gewichtskraft in Newton [N]**

**m.....Masse in kg**

**g..... Erdbeschleunigung in m/s<sup>2</sup> (9,81 m/s<sup>2</sup>)**

## Längen- und Volumenänderung von Stoffen

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

**Δl.....Längenausdehnung in mm**

**l<sub>0</sub>..... Ausgangslänge in mm**

**α.....Längenausdehnungswert in K<sup>-1</sup>**

**ΔT.....Temperaturunterschied in K**

Längenausdehnungswerte von festen Stoffen	
Stoff	α in K <sup>-1</sup>
Aluminium	0,000024
Beton	0,000012
Kalksandstein	0,0000078
Klinker	0,0000028-0,0000048
Kupfer	0,000017
Schamotte	0,0000050-0,0000068
Stahl- oder Eisenwerkstoffe	
Invar (64% Eisen, 36% Nickel)	0,000001
Gusseisen	0,0000104
Stahl	0,000012
Ziegel	0,0000036-0,0000058
Zink	0,000029

## Volumenänderungen von Flüssigkeiten (ohne Wasser)

$$\Delta V = V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

$\Delta V$ .....Volumenänderung in dm<sup>3</sup> (l)

$V_0$ ..... Ausgangsvolumen in dm<sup>3</sup>

$\beta$ .....Volumenausdehnungswert in dm<sup>3</sup>/K.dm<sup>3</sup>

$\Delta T$ .....Temperaturunterschied in Kelvin

Volumenausdehnungswerte von Flüssigkeiten	
Stoff	$\beta$ in $\frac{\text{dm}^3}{\text{K} \cdot \text{dm}^3}$
Aceton	0,00149
Benzol	0,00123
Benzin	0,00114
Alkohol	0,00110
Petroleum	0,00096
Heizöl EL	0,00086
Glycerin	0,00050
Quecksilber	0,00018

## Volumenänderungen von Wasser

$$\Delta V = m \cdot (V_2 - V_1)$$

**$\Delta V$ ..... Volumenänderung in dm<sup>3</sup> (l)**

**m..... Masse des Wassers in kg**

**$v_2$ .....Spezifisches Volumen des Wassers im  
Endzustand in dm<sup>3</sup>/kg**

**$v_1$ .....Spezifisches Volumen des Wassers im  
Ausgangszustand in dm<sup>3</sup>/kg**

### Spezifische Dichten und Volumina von Wasser bei verschiedenen Temperaturen

Temperatur in °C	$\rho$ in $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$	V in $\frac{\text{dm}^3}{\text{kg}}$	Temperatur in °C	$\rho$ in $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$	V in $\frac{\text{dm}^3}{\text{kg}}$
0	0,9998	1,0002	27	0,9965	1,0035
1	0,9999	1,0001	28	0,9962	1,0038
2	0,9999	1,0001	29	0,9959	1,0041
3	1,0000	1,0000	30	0,9956	1,0044
4	1,0000	1,0000	31	0,9953	1,0047
5	1,0000	1,0000	32	0,9950	1,0050
6	0,9999	1,0001	33	0,9947	1,0053
7	0,9999	1,0001	34	0,9944	1,0057
8	0,9999	1,0002	35	0,9940	1,0060
9	0,9998	1,0002	36	0,9937	1,0064
10	0,9997	1,0003	37	0,9933	1,0067
11	0,9996	1,0004	38	0,9930	1,0071
12	0,9995	1,0005	39	0,9926	1,0075
13	0,9994	1,0006	40	0,9922	1,0079
14	0,9992	1,0008	45	0,9902	1,0099
15	0,9991	1,0009	50	0,9880	1,0121
16	0,9989	1,0011	55	0,9857	1,0145
17	0,9988	1,0012	60	0,9832	1,0171
18	0,9986	1,0014	65	0,9806	1,0198
19	0,9984	1,0016	70	0,9778	1,0227
20	0,9982	1,0018	75	0,9748	1,0258
21	0,9980	1,0020	80	0,9718	1,0290
22	0,9978	1,0022	85	0,9686	1,0324
23	0,9975	1,0025	90	0,9653	1,0359
24	0,9973	1,0027	95	0,9619	1,0396
25	0,9970	1,0030	100	0,9584	1,0435
26	0,9968	1,0032			

## Volumenänderungen von Gasen

$$V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1}$$

**V<sub>1</sub>..... Anfangsvolumen in m<sup>3</sup>**

**V<sub>2</sub>..... Endvolumen in m<sup>3</sup>**

**T<sub>1</sub>..... Anfangstemperatur in Kelvin**

**T<sub>2</sub>..... Endtemperatur in Kelvin**

## Umrechnung in Kelvin

$$T = 273 + \vartheta$$

## Gasdichte bei Temperaturänderung

$$\rho_2 = \frac{\rho_1 \cdot T_1}{T_2}$$

**ρ<sub>1</sub>.....Anfangsdichte in kg/m<sup>3</sup>**

**ρ<sub>2</sub>.....Enddichte in kg/m<sup>3</sup>**

**T<sub>1</sub>.....Anfangstemperatur in Kelvin**

**T<sub>2</sub>.....Endtemperatur in Kelvin**

## Arbeit, Energie

$$W = F \cdot s$$

**Die Einheit ist 1 Nm = 1 Joule Energie**

**W.....Arbeit in Nm**

**F.....Kraft in N**

**s.....Weg in m**

## Mechanische Leistung

$$P = \frac{W}{t}$$

**P.....Leistung in W (Watt)**

**W.....Arbeit in J oder Nm**

**t.....Zeit in s**

**Einheiten der elektrischen Arbeit sind  
Wattsekunde (Ws) und Kilowattstunde (kWh)**

**1 Wattsekunde entspricht 1 Joule**

**1 Kilowattstunde entspricht 3600 kJ**

## Wärmeleistung

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

**$\dot{Q}$ .....Wärmeleistung in W**

**Q.....Wärmemenge in J**

**t.....Zeit in s**

## Umrechnung von kJ in kWh

Heizwert  $\neq$  Brennwert ( $H_i \neq H_s$ )

Maßeinheiten: kJ/kg, kJ/m<sup>3</sup>, kWh/kg, kWh/m<sup>3</sup>

**1 W = 1J/s = 1Nm/s (Leistung)**

**1Ws = 1J**

**1 kWh = 1 kJ/s • 3600s = 3600 kJ**

**Umrechnung: kJ/kg  $\xleftrightarrow{3600}$  kWh/kg**

## Wärmemenge und spezifische Wärmekapazität

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

**Q..... Wärmemenge in kJ**

**m..... Masse in kg**

**c.....Spezifische Wärmekapazität in kJ/(kg · K)**

**ΔT.....Temperaturunterschied in Kelvin**

**Bei Gasen:**

$$Q = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T$$

**Q..... Wärmemenge in kJ**

**V.....Volumen in m<sup>3</sup>**

**ρ.....Dichte des Gases in kg/m<sup>3</sup> (temperaturabhängig)**

**c<sub>p</sub>.....Spezifische Wärmekapazität in kJ/(kg · K)**

**ΔT.....Temperaturunterschied in Kelvin**

### Spezifische Wärmekapazität verschiedener Stoffe (Mittelwerte)

Stoffe	c in $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	c <sub>p</sub> in $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
Abgase	–	1,03
Aluminium	0,90	
Baustahl	0,46	
Beton	0,88	
Gasbeton	0,80	
Glas (Duran)	1,15	
Gusseisen	0,55	
Edelstahl	0,40	
Heizöl EL	1,89	
Holz	2,1 – 2,9	
Kalksandstein	0,84 – 1,26	
Kupfer	0,39	
Luft	–	1,01

## Spezifische Wärmekapazität verschiedener Stoffe (Mittelwerte)

Stoffe	$c$ in $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	$c_p$ in $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
Mauerziegel	0,84 – 1,26	
Schamotte	0,84	
Schamotte bei 500°C	1,13	
Speichersteine	0,92	
Speichersteine bei 600°C	1,21	
Wasser	4,19	

## Mischtemperaturen

$$T_M = \frac{m_1 \cdot c_1 \cdot T_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot T_2}{m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2}$$

**$T_M$ .....Mischtemperatur in °C**

**$m_1$ .....Masse Stoff 1 in kg**

**$m_2$ .....Masse Stoff 2 in kg**

**$c_1$ .....Spezifische Wärmekapazität Stoff 1 in kJ/(kg · K)**

**$c_2$ .....Spezifische Wärmekapazität Stoff 2 in kJ/(kg · K)**

**$T_1$ .....Temperatur von Stoff 1 in °C**

**$T_2$ .....Temperatur von Stoff 2 in °C**

**Sofern  $c_1 = c_2$  ist ( sprich zwei gleiche Stoffe vermischt werden und damit die gleiche spezifische Wärmekapazität aufweisen ) vereinfacht sich die Formel zu:**

$$T_M = \frac{m_1 \cdot T_1 + m_2 \cdot T_2}{m_1 + m_2}$$

## Wärmepreis - Heizwerte

$$WP = \frac{BP \cdot Q}{H_1 \cdot \eta_w}$$

- WP..... Wärmepreis bei Wärmeverlusten in Euro(€)**  
**BP.....Brennstoffpreis in Euro/kg oder Euro/m<sup>3</sup>**  
**Q.....Zu erzeugende Wärmemenge in kJ**  
**H<sub>1</sub>.....Heizwert des Brennstoffes in kJ/kg oder kJ/m<sup>3</sup>**  
**η<sub>w</sub>.....Wirkungsgrad des Wärmeezeugers als  
 Dezimalzahl (sprich: "eta")**

Brennstoff	Heizwert kJ/kg bzw. kJ/m <sup>3</sup>	Brennstoffpreis in Euro (Stand März 2018)
Holz Mittelwert	15 000	
Holz-Brikks	18 000	
Holz (Buche 33cm)	15 500	0,54 €/kg – aktuell: _____
Pellets	17 640	0,27 €/kg – aktuell: _____
Braunkohlebrikett	19 500	0,60 €/kg – aktuell: _____
Anthrazit	33 200	0,40 €/kg – aktuell: _____
Koks	29 800	0,60 €/kg – aktuell: _____
Heizöl EL	42 800	0,70 €/Liter – aktuell: _____
Erdgas H	36 900	0,40 €/m <sup>3</sup> – aktuell: _____
Propan	93 560	0,94 €/kg - aktuell: _____
Flammkohle	29 000 – 31 100	
Fettkohle	30 700 – 31 500	
Esskohle	31 100	
Stadtgas A	14 000	
Erdgas L	31 700	
Butan	123 660	

## Näherungsweise Rauchfangquerschnittsermittlung

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

**A.....Rauchfangquerschnitt in m<sup>2</sup>**

**$\dot{V}$ .....Förderleistung in m<sup>3</sup>/s**

**v.....Strömungsgeschwindigkeit in m/s**

## Strömungsgeschwindigkeit

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

## Förderleistung

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

## Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert

**Der U-Wert ist ein Maß für die „Wärmedämmfähigkeit“ von Körpern (Gasen oder Flüssigkeiten).**

**Je geringer der U-Wert eines Bauteiles (z.B. Wand oder Decke) ist, desto besser ist seine Wärmedämmfähigkeit.**

### **Berechnung:**

- **Ermittlung des Wärmedurchlasswiderstandes R**

**Die Summe der Einzelwiderstände der Bauteilschichten ergibt den Gesamtdurchlasswiderstand R**

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

**R.....Wärmedurchlasswiderstand in m<sup>2</sup>K/W**

**d.....Dicke der Bauteilschicht in m**

**$\lambda$ .....Wärmeleitfähigkeit lt. Tabelle in W/mK**

- **Wärmeübergangswiderstände lt. Tabelle**

**R<sub>SE</sub>.....Wärmeübergangswiderstand außen(extern) in m<sup>2</sup>K/W**

**R<sub>SI</sub>.....Wärmeübergangswiderstand innen(intern) in m<sup>2</sup>K/W**

- **Die Summe des Wärmedurchlasswiderstandes und der Wärmeübergangswiderstände ergibt den Wärmedurchgangswiderstand R<sub>T</sub>**

$$R_T = \sum R + R_{SE} + R_{SI}$$

**R<sub>T</sub>.....Wärmedurchgangswiderstand in m<sup>2</sup>K/W**

- **Der Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert ist der Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes.**

$$U = \frac{1}{R_T}$$

**U.....Wärmedurchgangskoeffizient in W/m<sup>2</sup>K**

**R<sub>T</sub>.....Wärmedurchgangswiderstand in m<sup>2</sup>K/W**

### Wärmeübergangswiderstände R<sub>se</sub>, R<sub>si</sub>

Wärmeübergangswiderstand m <sup>2</sup> · K/W	Richtung des Wärmestromes		
	Aufwärts	Horizontal	Abwärts
R <sub>Si</sub>	0,10	0,13	0,17
R <sub>Se</sub>	0,04	0,04	0,04

**ANMERKUNG 1**

Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte. Für die Angabe des Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilkomponenten und in anderen Fällen, in denen von der Richtung des Wärmestromes unabhängige Werte gefordert werden oder die Richtung des Wärmestromes variieren kann, wird empfohlen, die Werte für den horizontalen Wärmestrom zu verwenden.

**ANMERKUNG 2**

Die Wärmeübergangswiderstände beziehen sich auf Oberflächen die mit der Luft in Berührung sind. Der Wärmeübergangswiderstand ist nicht anwendbar, wenn die Oberfläche ein anderes Material berührt.

## Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ (lambda)

Baustoffgruppe	Baustoff	Dichte in kg/m <sup>3</sup>	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ in W/mK
<b>Mauerwerk</b>	Vollziegel	1700	<b>0.76</b>
	Hohlziegel	1000	<b>0.45</b>
	Blähton (Leca)	800	<b>0.29</b>
	Gasbeton (Ytong)	800	<b>0.20</b>
	Holzspan-Beton (Durisol)	800	<b>0.24</b>
	Hohlziegel porosiert	800	<b>0,25</b>
<b>Beton</b>	Stahlbeton	2500	<b>2.30</b>
	Beton	2200	<b>1.60</b>
	Estrichbeton	2000	<b>1.40</b>
	Blähbeton	800	<b>0.30</b>
	Porenbeton	600	<b>0.20</b>
	EPS-Beton	500	<b>0.20</b>
<b>Putze</b>	Kalkzementputz (maschinell)	1500	<b>0.60</b>
	Gipsputz	1300	<b>0,60</b>
	Kalkputz	1600	<b>0.70</b>
	Kalk-Gips-Putz	1400	<b>0.60</b>
	Leichtgrundputz	1200	<b>0.40</b>
	Perlite-Putz	500	<b>0.13</b>
	EPS-Putz	300	<b>0.09</b>
	Thermoputz (Iso-Mörtel)	400	<b>0.15</b>
<b>Natursteine</b>	Granit, Marmor	2500-3000	<b>3.50</b>
	Kalkstein	2000-2500	<b>2.50</b>
	Sandstein	2000-2500	<b>2.00</b>
	Kies-Schüttung	1800	<b>0.70</b>
<b>Holz</b>	Hartholz	800	<b>0.20</b>
	Weichholz	600	<b>0.15</b>
<b>Platten</b>	Gipskartonplatten	900	<b>0.21</b>
	Holzspanplatten	700	<b>0.13</b>
	Gipswandbauplatten	600	<b>0.29</b>
	Holz-Leichtbauplatte zementiert (Heraklith)	360	<b>0.08</b>
	Sperrholzplatte	600	<b>0,45</b>

## Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ (lambda)

Baustoffgruppe	Baustoff	Dichte in kg/m <sup>3</sup>	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ in W/mK
<b>Dämmstoffe</b>	EPS (Polystyrol- Hartschaum)	15-30	<b>0.040</b>
	XPS (Polystyrol- Hartschaum extrudiert)	30-50	<b>0.033</b>
	PU-Hartschaum	30-40	<b>0.030</b>
	Mineralfasermatte	15-25	<b>0.042</b>
	Mineralfaserplatten	15-150	<b>0.039</b>
	Korkplatten	120-140	<b>0.041</b>
	Holzfasernplatten	200	<b>0.055</b>
	Holzwohle gebunden	40	<b>0.064</b>
	Kokosfasermatten	90	<b>0.050</b>
	Kokosfaserplatten	140	<b>0.046</b>
	Holzwohle-Leichtbauplatten	250	<b>0.062</b>
	Schaumglas	120	<b>0.050</b>
	Schafwolle	10-30	<b>0,04</b>
	Baumwolle	25-30	<b>0,04</b>
	Flachs	20	<b>0,042</b>
	Kokosmatten	60-90	<b>0,055</b>
	Zelluloseflocken eingebl.	40	<b>0,04</b>
<b>Trittschalldämmung</b>	Kokos-Rollfilz	130	<b>0.045</b>
	Bitumen-Korkfilz	200	<b>0.050</b>
	Polystyrol	15	<b>0.040</b>
	Mineralwolle	70-130	<b>0.036</b>
<b>Sonstige Baustoffe</b>	Glas	2500	<b>0.81</b>
	Stahl	7850	<b>50.00</b>
	Fliesen	2000	<b>1.00</b>
	Linoleum	1000	<b>0.18</b>
	Kunststoffbodenbelag	1600	<b>0.24</b>
	Textilbodenbelag	-	<b>0.06</b>
	Bitumen	1200	<b>0.17</b>
	Dachpappe/Pappe	1200	<b>0.17</b>
	Aluminium	2800	<b>208.00</b>
	Kupfer	8900	<b>372.00</b>
	Polyestervlies	20	<b>0.04</b>

## Taupunkttemperatur $\vartheta_T$ der Luft in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte der Luft

Lufttemperatur $\vartheta$ in °C	Taupunkttemperatur $\vartheta$ in °C bei einer relativen Luftfeuchte von														
	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
<b>30</b>	10,5	12,9	14,9	16,8	18,4	20,0	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2	29,1	30,0
<b>29</b>	9,7	12,0	14,0	15,9	17,5	19,0	20,4	21,7	23,0	24,1	25,2	26,2	27,2	28,1	29,0
<b>28</b>	8,8	11,1	13,1	15,0	16,6	18,1	19,5	20,8	22,0	23,2	24,2	25,2	26,2	27,1	28,0
<b>27</b>	8,0	10,2	12,2	14,1	15,7	17,2	18,6	19,9	21,1	22,2	23,3	24,3	25,2	26,1	27,0
<b>26</b>	7,1	9,4	11,4	13,2	14,8	16,3	17,6	18,9	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2	25,1	26,0
<b>25</b>	6,2	8,5	10,5	12,2	13,9	15,3	16,7	18,0	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2	24,1	25,0
<b>24</b>	5,4	7,6	9,6	11,3	12,9	14,4	15,8	17,0	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3	23,1	24,0
<b>23</b>	4,5	6,7	8,7	10,4	12,0	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3	22,2	23,0
<b>22</b>	3,6	5,9	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,2	22,0
<b>21</b>	2,8	5,0	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2	21,0
<b>20</b>	1,9	4,1	6,0	7,7	9,3	10,7	12,0	13,2	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3	19,2	20,0
<b>19</b>	1,0	3,2	5,1	6,8	8,3	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3	18,2	19,0
<b>18</b>	0,2	2,3	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,2	18,0
<b>17</b>	-0,6	1,4	3,3	5,0	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,3	16,2	17,0
<b>16</b>	-1,4	0,5	2,4	4,1	5,6	7,0	8,2	9,4	10,5	11,6	12,6	13,5	14,4	15,2	16,0
<b>15</b>	-2,2	-0,3	1,5	3,2	4,7	6,1	7,3	8,5	9,6	10,6	11,6	12,5	13,4	14,2	15,0
<b>14</b>	-2,9	-1,0	0,6	2,3	3,7	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4	13,2	14,0
<b>13</b>	-3,7	-1,9	-0,1	1,3	2,8	4,2	5,5	6,6	7,7	8,7	9,6	10,5	11,4	12,2	13,0
<b>12</b>	-4,5	-2,6	-1,0	0,4	1,9	3,2	4,5	5,7	6,7	7,7	8,7	9,6	10,4	11,2	12,0
<b>11</b>	-5,2	-3,4	-1,8	-0,4	1,0	2,3	3,5	4,7	5,8	6,7	7,7	8,6	9,4	10,2	11,0
<b>10</b>	-6,0	-4,2	-2,6	-1,2	0,1	1,4	2,6	3,7	4,8	5,8	6,7	7,6	8,4	9,2	10,0
<b>Raumzustand</b>	zu trocken	trocken	normal feucht				feucht			zu feucht	zu nass				
<b>Behaglichkeit</b>	unbehaglich	noch behaglich	besonders behaglich				noch behaglich			unbehaglich					

## OIB Grenzwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert)

Bauteil	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]
WÄNDE gegen Außenluft	0,35
Kleinflächige WÄNDE gegen Außenluft (z.B. bei Gaupen), die 2% der Wände des gesamten Gebäudes gegen Außenluft nicht überschreiten, sofern die ÖNORM B 8110-2 (Kondensatfreiheit) eingehalten wird.	0,70
TRENNWÄNDE zwischen Wohn- oder Betriebseinheiten	0,90
WÄNDE gegen unbeheizte, frostfrei zu haltende Gebäudeteile (ausgenommen Dachräume)	0,60
WÄNDE gegen unbeheizte oder nicht ausgebaute Dachräume	0,35
WÄNDE gegen andere Bauwerke an Grundstücks- bzw. Bauplatzgrenzen	0,50
ERDBERÜHRTE WÄNDE UND FUSSBÖDEN	0,40
FENSTER, FENSTERTÜREN, VERGLASTE oder UNVERGLASTE TÜREN (bezogen auf Prüfnormmaß) und sonstige vertikale TRANSPARENTE BAUTEILE gegen unbeheizte Gebäudeteile	2,50
FENSTER und FENSTERTÜREN in Wohngebäuden gegen Außenluft (bezogen auf Prüfnormmaß)	1,40
Sonstige FENSTER, FENSTERTÜREN und vertikale TRANSPARENTE BAUTEILE gegen Außenluft, VERGLASTE oder UNVERGLASTE AUSSENTÜREN (bezogen auf Prüfnormmaß)	1,70
DACHFLÄCHENFENSTER gegen Außenluft	1,70
Sonstige TRANSPARENTE BAUTEILE horizontal oder in Schrägen gegen Außenluft	2,00
DECKEN gegen Außenluft, gegen Dachräume (durchlüftet oder ungedämmt) und über Durchfahrten sowie DACHSCHRÄGEN gegen Außenluft	0,20
INNENDECKEN gegen unbeheizte Gebäudeteile	0,40
INNENDECKEN gegen getrennte Wohn- und Betriebseinheiten	0,90

Für Dachschrägen mit einer Neigung von mehr als 60° gegenüber der Horizontalen gelten die jeweiligen Anforderungen für Wände.

## Klimadaten für Orte in Tirol

Katastral- gemeinde- nummer	Katastral- gemeinde	<i>ELEV</i> MIN	<i>ELEV</i> MAX	Ø <i>ELEV</i> MIN	Klimaregion gemäß ÖNORM B 8110-5
81001	Absam	564	2505	-12,7	NF
86008	Ehrwald	877	2664	-14,5	NF
83004	Ellmau	708	2081	-13,1	NF
84003	Galtür	1569	3139	-17,2	ZA
87107	Gerlos	1184	2906	-13,9	ZA
81007	Hall in Tirol	560	648	-12,7	NF
82104	Hochfilzen	872	2248	-14,6	ZA
86017	Höfen	849	1794	-14,0	NF
80002	Imst	716	2624	-12,2	NF
81113	Innsbruck	572	580	-10,8	NF
84005	Ischgl	1339	2886	-15,7	ZA
85015	Iselsberg	942	2691	-13,4	SB
87005	Jenbach	525	1940	-12,5	NF
82105	Jochberg	840	2120	-14,0	ZA
85102	Kals	798	3511	-13,2	ZA
83007	Kirchbichl	490	1030	-12,3	NF
82108	Kitzbühel	758	1828	-13,7	ZA
81010	Kolsaß	545	727	-12,7	NF
82109	Kössen	586	1686	-13,5	NF
83008	Kufstein	481	2081	-12,2	NF
83108	Kundl	510	1292	-12,4	NF
84007	Landeck	774	2389	-11,5	NF
80102	Längenfeld	1150	3253	-13,5	NF
81203	Matrei am Brenner	1012	1068	-14,4	NF
85104	Matrei in Osttirol	929	1216	-13,3	SB
87113	Mayrhofen	604	3197	-11,8	ZA
84108	Nauders	1096	2872	-13,8	ZA
80105	Ötz	770	2515	-12,3	NF
81124	Patsch	770	2100	-12,7	NF
84111	Prutz	880	1910	-12,0	NF
83114	Radfeld	510	1387	-12,4	NF
87007	Schwaz	535	2201	-12,5	NF
81131	Seefeld	1039	2017	-14,5	NF
85209	Sillian	1091	2465	-14,4	SB
80110	Sölden	1355	3575	-14,6	ZA
84010	St. Anton am Arlberg	1223	2946	-15,3	NF
85106	St. Jakob in Defereggental	1370	3158	-17,2	ZA
82114	St. Johann in Tirol	650	1890	-13,5	NF
81209	Steinach	1065	2375	-14,5	ZA
86036	Tannheim	1038	2080	-15,5	NF
81133	Telfes	801	2490	-13,0	NF
81310	Telfs	611	2339	-13,0	NF
80112	Umhausen	927	3106	-12,8	NF
86038	Vils	809	1859	-14,6	NF
87011	Vomp	535	2499	-12,6	NF
81020	Wattens	545	867	-12,8	NF
87013	Weerberg	675	2634	-12,8	NF
83020	Wörgl	505	1001	-12,5	NF
84015	Zams	764	2787	-11,6	NF
87124	Zell am Ziller	566	648	-11,9	ZA

## Klimadaten für Orte in Vorarlberg

Katastral- gemeinde- nummer	Katastral- gemeinde	ELEVMIN	ELEVMAX	θELEVMIN	Klimaregion gemäß ÖNORM B 8110-5
92101	Altach	410	513	-12,2	W
91003	Bezau	628	1952	-13,8	W
90002	Bludenz	558	1967	-13,6	W
91103	Bregenz	396	712	-10,0	W
91104	Buch	472	932	-11,8	W
90005	Bürs	550	2305	-13,6	W
90007	Dalaas	833	2546	-13,5	W
91006	Damüls	1225	1967	-16,6	W
92001	Dornbirn	404	1792	-11,5	W
92105	Feldkirch	462	559	-12,7	W
90008	Fontanella	977	2211	-15,4	W
92106	Frastanz	469	1994	-12,8	W
90102	Gaschurn	928	3049	-12,4	W
92110	Götzis	411	1521	-12,3	W
91110	Hard	396	408	-10,0	W
91008	Hittisau	687	1501	-13,4	W
92004	Hohenems	408	1530	-12,1	W
91113	Hörbranz	396	781	-10,5	W
91115	Langen	472	1013	-11,8	W
92005	Lustenau	400	411	-11,4	W
91012	Mittelberg	979	2262	-15,6	W
92117	Rankweil	425	837	-12,5	W
92119	Röthis	431	695	-12,6	W
91016	Schoppernau	824	2149	-15,7	W
90104	Schruns	667	2326	-12,0	W
90108	Tschagguns	667	2579	-12,0	W
92126	Übersaxen	786	1504	-13,9	W
91021	Warth	1318	2262	-16,6	W
91123	Wolfurt	406	784	-11,2	W

## Jahresnutzungsgrad $\eta_a$ (%)

$$\eta_a = \frac{\eta_K \cdot f_s}{1 + q_B \cdot \left( \frac{b}{b_a} - 1 \right)}$$

**$\eta_a$ ..... Jahresnutzungsgrad [%]**

**$\eta_K$ ..... Kesselwirkungsgrad [%]**

**$f_s$ ..... Verschmutzungsfaktor**

**$q_B$ ..... relativer Bereitschaftswärmeverlust [%]**

**$b$ ..... Einschaltdauer der Heizungsanlage [h/a]**

**$b_a$  ..... tatsächliche Brennerlaufzeit [h/a]**

## Verbrennungsgleichungen für die brennbaren Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Schwefel

### 1 kg Kohlenstoff verbrennt mit:

<p>2,67 kg O<sub>2</sub> zu 3,67 kg CO<sub>2</sub> 1,333 kg O<sub>2</sub> zu 2,333 kg CO</p>	<p>1,867 m<sup>3</sup> O<sub>2</sub> zu 1,867 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> 0,93 m<sup>3</sup> O<sub>2</sub> zu 1,867 m<sup>3</sup> CO</p>
--	---

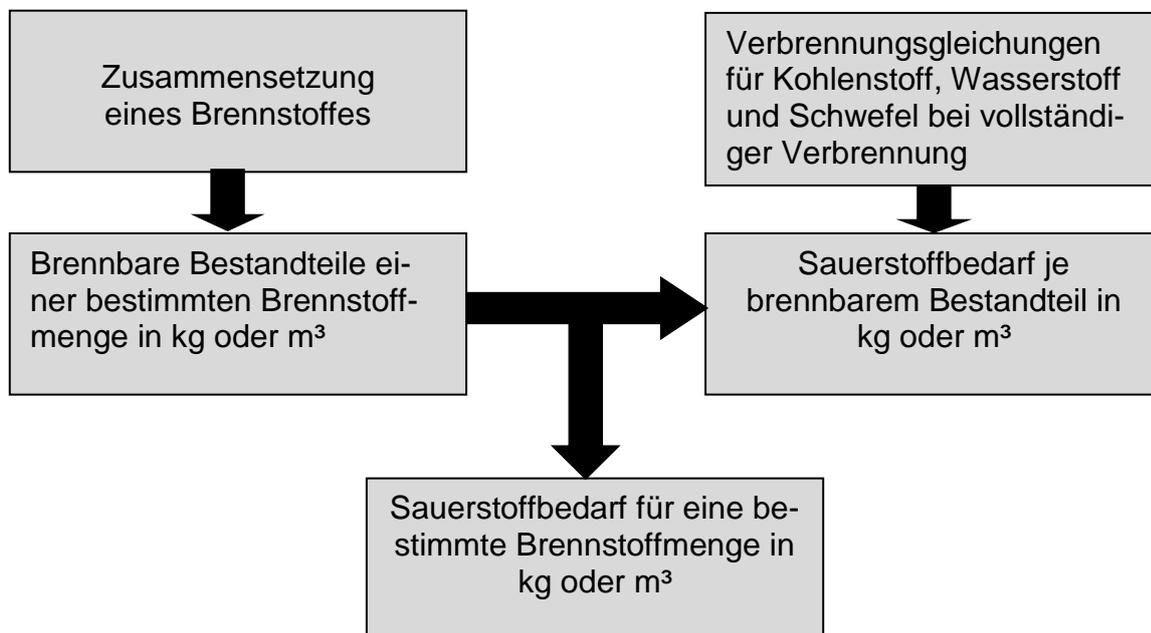
### 1 kg Wasserstoff verbrennt mit:

<p>8 kg O<sub>2</sub> zu 9 kg H<sub>2</sub>O</p>	<p>5,6 m<sup>3</sup> O<sub>2</sub> zu 11,2 m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O</p>
--	---

### 1 kg Schwefel verbrennt mit:

<p>1 kg O<sub>2</sub> zu 2 kg SO<sub>2</sub></p>	<p>0,7 m<sup>3</sup> O<sub>2</sub> zu 0,7 m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub></p>
--	--

## Theoretischer Sauerstoffbedarf



## Theoretischer Luftbedarf

$$V_{L, th} = \frac{O_{2, th} \cdot 100}{21}$$

**V<sub>L,th</sub>..... Theoretischer Luftbedarf in m<sup>3</sup>**

**O<sub>2th</sub>.....Theoretischer Sauerstoffbedarf in m<sup>3</sup>**

## Praktischer Luftbedarf

$$V_{L, pr} = V_{L, th} \cdot n$$

**$V_{L,pr}$ .....Praktischer Luftbedarf in  $m^3$**

**$V_{L,th}$ .....Theoretischer Luftbedarf in  $m^3$**

**$n$ .....Luftüberschusszahl**

## Luftüberschusszahlen

**Holz..... 2,0**

**Braunkohlebrikett..... 1,5 – 2,0**

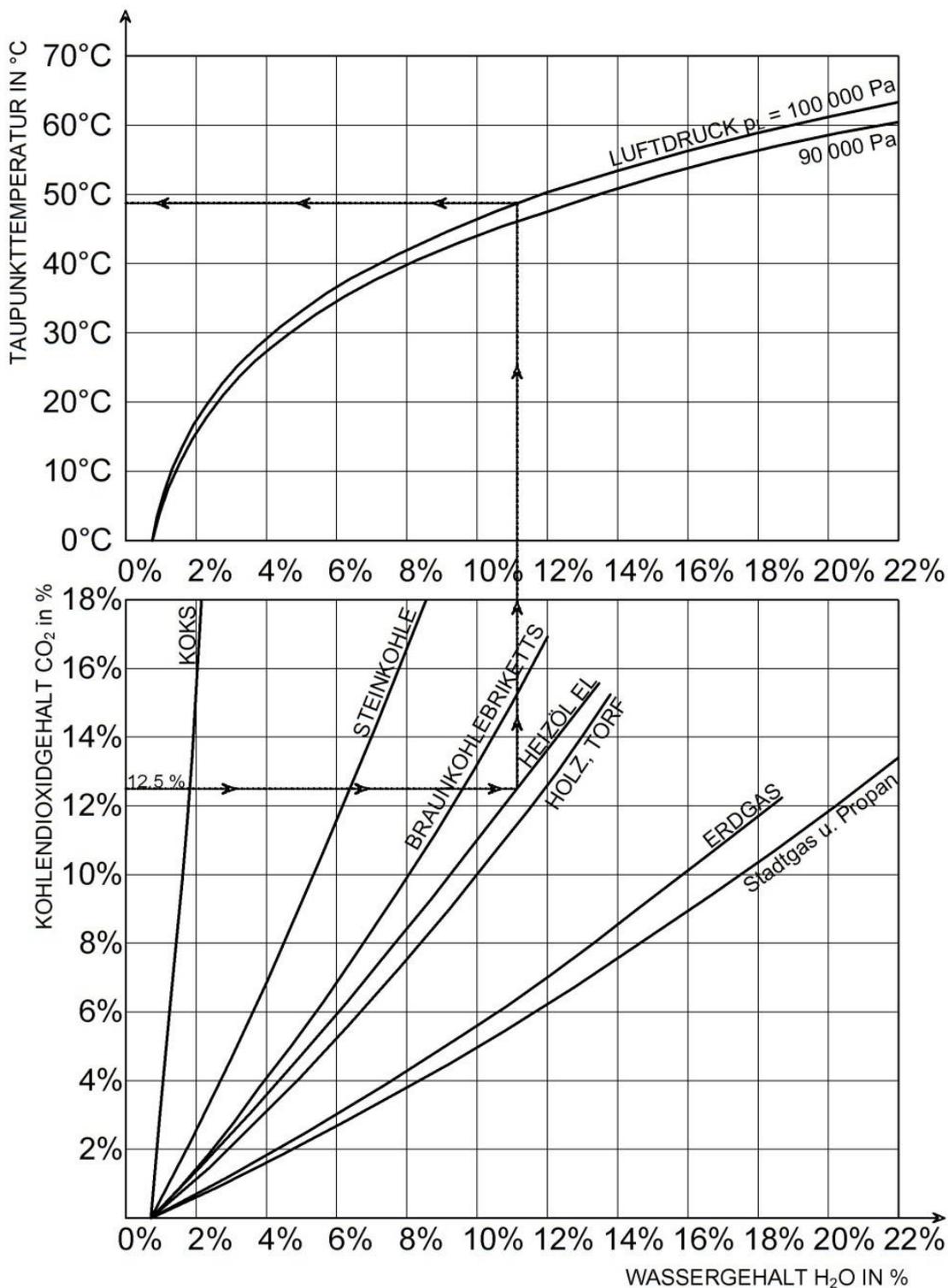
**Steinkohle..... 1,5 – 2,0**

**Koks..... 1,5 – 2,0**

**Heizöl EL..... 1,1 – 1,5**

**Gasförmige Brennstoffe..... 1,1 – 1,5**

# Wassergehalt und Wasserdampftaupunkttemperatur $\vartheta_p$ von Abgasen



Maximale CO <sub>2</sub> - Werte von Abgasen			
Brennstoff	CO <sub>2</sub> max in %	Brennstoff	CO <sub>2</sub> max in %
Koks	20,7	Braunkohlebriketts	18,9
Steinkohle	18,7	Heizöl EL	15,3
Holz, Torf	20,2	Erdgas	11,9
Stadtgas u. Propan	11,9		

## Berechnung des Abgasverlustes $q_a$ Vereinfachte Berechnung nach Siegert

$$q_a = k \cdot \frac{\theta_A - \theta_L}{CO_{2gem}}$$

$q_a$  .....Abgasverlust in%

$k$ .....Siegert'sche Beiwert aus Diagramm

$\theta_A$  .....Abgastemperatur in °C (sprich: theta A)

$\theta_L$  .....Zulufttemperatur/Verbrennungslufttemperatur in °C

$CO_{2gem}$ .....Kohlendioxid-Gehalt des Abgases in % gemessen

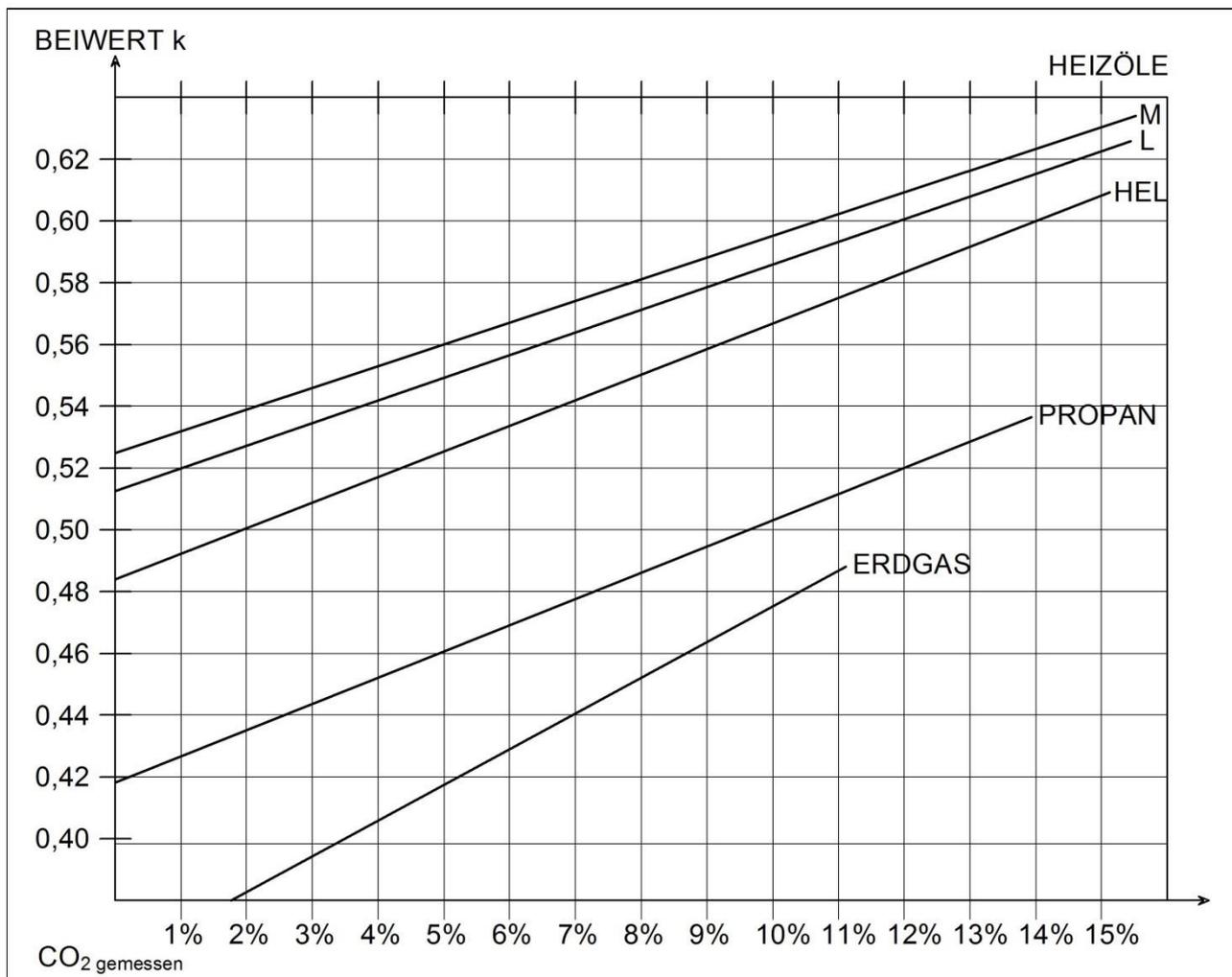
## Feuerungstechnischer Wirkungsgrad $\eta_f$ nach Siegert

$$\eta_f = 100 - q_a$$

$\eta_f$  .....Feuerungstechnische Wirkungsgrad in % (sprich: eta f)

$q_a$  .....Abgasverlust in%

## Diagramm zur Ermittlung des Siegert'schen Beiwertes $k$



## Berechnung des Abgasverlustes $q_a$ „Siegert'sche Formel“

$$q_a = (\theta_A - \theta_L) \cdot \left( \frac{A_2}{21\% - O_2} + B \right)$$

$q_a$  .....Abgasverlust in%

$\theta_A$  .....Abgastemperatur in °C (sprich: theta A)

$\theta_L$  .....Zulufttemperatur/Verbrennungslufttemperatur in°C

$O_2$  .....Sauerstoff-Gehalt des Abgases in %

$A_2, B$ .....Siegert Konstanten

### Werte zur Bestimmung der Abgasverluste

Feste Brennstoffe							
Biomasse Wasser- gehalt		0%	10%	20%	30%	40%	50%
	A2	0,6572	0,6682	0,6824	0,7017	0,7290	0,7709
	B	0,0093	0,0107	0,0125	0,0149	0,0183	0,0235
Braunkohle Wasser- gehalt							
		0%	10%	20%	30%	40%	
	A2	0,6717	0,6809	0,6936	0,7070	0,7281	
	B	0,0073	0,0084	0,0097	0,0115	0,0140	
Steinkohle u. Koks Wassergehalt							
		0%	5%	10%	15%	20%	
	A2	0,6901	0,6932	0,6967	0,7006	0,7050	
	B	0,0054	0,0057	0,0061	0,0065	0,0069	
Flüssige Brennstoffe							
Heizöl		Extra- Leicht	Leicht	Mittel	Schwer		
	A2	0,6642	0,6655	0,6687	0,6736		
	B	0,0086	0,0082	0,0079	0,0076		
Gasförmige Brennstoffe							
Gasart		Erdgas H	Propan	Butan			
	A2	0,6440	0,6335	0,6247			
	B	0,0111	0,0092	0,0089			

# Heizwert / Brennwert - Verbandsformel

## Heizwertberechnung nach Dulong

$$H_I = 33900 \cdot C + 120000 \cdot \left( H - \frac{O_2}{8} \right) + 9300 \cdot S - 2500 \cdot H_2O$$

## Heizwertberechnung nach Boje

$$H_I = 34800 \cdot C + 93900 \cdot H + 6300 \cdot N + 10500 \cdot S - 10800 \cdot O - 2440 \cdot H_2O$$

**C, H, S, O, H<sub>2</sub>O....** Gehalt des Brennstoffes an Kohlenstoff, Wasserstoff, Schwefel, Sauerstoff und Wasser  
in % (Dezimalzahl einsetzen!)

**H<sub>I</sub>** (von „inferior“) .....**Heizwert**

**H<sub>S</sub>** (von „superior“).....**Brennwert**

$$H_S = H_I + m_W \cdot r_o(\vartheta_o)$$

**H<sub>S</sub>**.....**Brennwert**

**H<sub>I</sub>**.....**Heizwert**

**m<sub>W</sub>** .....**Masseanteil des Wassers im Abgas bezogen auf die eingesetzte Brennstoffmasse. Er ergibt sich aus dem Wassergehalt im Brennstoff und dem aus der Verbrennung des Wasserstoffanteils H entstehenden Wasserdampf.**

$$m_W = 9 \cdot H + H_2O$$

**r<sub>o</sub>**.....**Verdampfungsenthalpie (Fixwert mit 2256kJ/kg)**

feste Brennstoffe	Rohzusammensetzung in Gew. - %						
	C	H	O	N	S	Asche	Wasser
Steinkohle (Ruhr/Aachen)	73 - 83	3,4 - 5,3	1,8 - 6,5	1,1	0,9	4 - 7	3 - 5
Braunkohle (Rheinland)	25 - 32	2	9 - 12	0,3	0,2	3	50 - 60
Braunkohle (Sachsen/Thüringen)	29,3	2,5	9,2	0,3	1,0	5,7	52
Holz (lufttrocken)	44	5	35	0,5	0	0,5	15
flüssige Brennstoffe	Rohzusammensetzung in Gew. - %						
	C		H		S		
Benzin	85		15		-		
Heizöl EL	86		13		0,05		
Heizöl S	85		11		1,00		
gasförmige Brennstoffe	volumetrische Zusammensetzung Vol. - %						
	H <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
Erdgas (trocken)	-	-	90	2	1	7	
Stadtgas	51	18	19	2	4	6	

## Luftüberschuss – Luftverhältniszahl $\lambda$

$$\lambda = 1 + a \cdot \left( \frac{\text{CO}_2 \text{ max}}{\text{CO}_2 \text{ gem}} - 1 \right)$$

**oder vereinfacht:**

$$\lambda = \frac{\text{CO}_2 \text{ max}}{\text{CO}_2 \text{ gem}}$$

$\lambda$ .....**Luftverhältniszahl**

$\text{CO}_2 \text{ max}$ .....**Maximal zulässiger  $\text{CO}_2$  Wert**

$\text{CO}_2 \text{ gem}$ .....**Mit Messgerät festgestellter  $\text{CO}_2$ -Gehalt**

$a$ .....**Berichtigungsfaktor zwischen  $V_{\text{Athtr}}$  und  $L_{\text{th}}$**

## Berichtigungsfaktor $a$

	HEL	HL	HM	HS	Erd- gas H	Flüs- sigg.	Holz (w25%)	Koks	Braunk.	Steink.
$a =$ $V_{\text{Athtr}} / V_{\text{Lth}}$	0,93	0,94	0,94	0,95	0,9	0,91	0,98	0,99	0,96	0,98

# Leckratenberechnung

## Überdruck Abgasanlagen:

Zulässige Leckrate lt. ÖNORM B8201 bei 200 Pa Überdruck:

$$L = 0,006 \text{ l/(s/m}^2\text{)}$$

## Unterdruck Abgasanlagen:

Zulässige Leckrate lt. ÖNORM B8201 bei 40 Pa Überdruck:

$$L = 2,0 \text{ l/(s/m}^2\text{)}$$

$$V_z = L \cdot A_i$$

$V_z$ .....zulässiger Volumenstrom in l/s

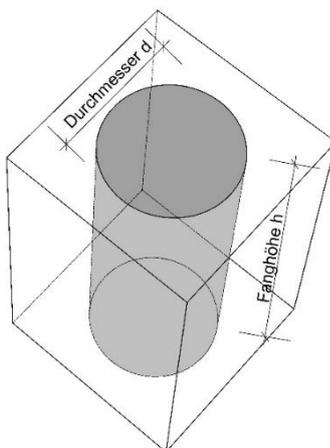
$L$ .....zulässige Leckrate in l/(s/m<sup>2</sup>)

$A_i$ .....innere Oberfläche des Fanges in m<sup>2</sup>

## Berechnung von $A_i$ :

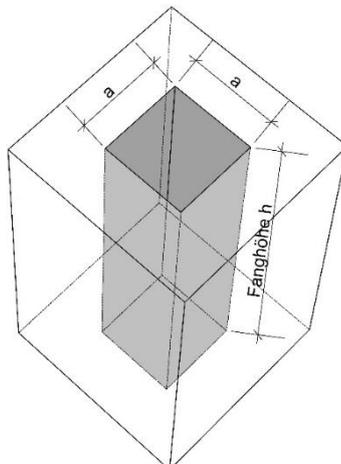
### Runde Fänge

$$A_i = d \cdot \pi \cdot h$$



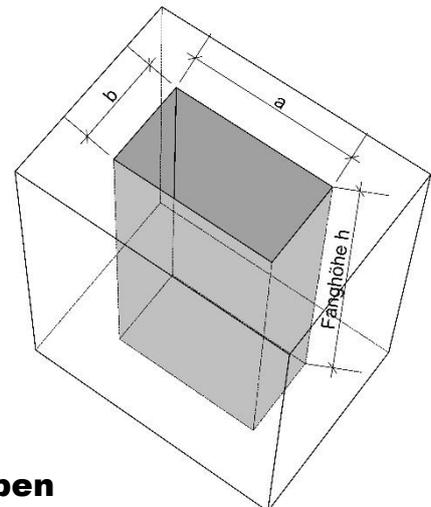
### Quadratische Fänge

$$A_i = 4 \cdot a \cdot h$$



### Rechteckige Fänge

$$A_i = (2 \cdot a + 2 \cdot b) \cdot h$$



**Im Prüfprotokoll ist die Leckrate in l/s anzugeben**

**Die Umrechnung von m<sup>3</sup>/h in l/s erfolgt durch die Division mit 3,6**

**Bsp.: 20 m<sup>3</sup>/h : 3,6 = 5,56 l/s**

## Gebäudeheizlast: Formelzeichen

Formelzeichen	Benennung	Einheit
$\Phi_{HL,G}$	Normheizlast des Gebäudes	-
$\Phi_{HL,R}$	Normheizlast eines Raumes	W
$\Phi_T$	Transmissionswärmeverlust des Raumes	W
$\Phi_V$	Lüftungswärmeverlust des Raumes	W
$\Phi_{RH}$	Zuschlag für unterbrochenen Heizbetrieb im Raum	W
$f_{\Delta\theta}$	Faktor für erhöhte Innentemperatur	-
$f_K$	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung der Wärmebrückendämmung	-
A	Bauteilfläche	m <sup>2</sup>
U	Wärmedurchgangskoeffizient des zu berechnenden Bauteiles	W/m <sup>2</sup> K
$\vartheta_{int}$	Norm Innentemperatur des beheizten Raumes	°C
$\vartheta_e$	Norm-Außentemperatur (sprich: "theta")	°C
$\dot{V}_{min}$	Hygienisch erforderlicher Luftvolumenstrom für den beheizten Raum	m <sup>3</sup> /h
$n_{min}$	Mindestluftwechsel	1/h
$V_i$	Raumvolumen bezogen auf die Innenabmessungen	m <sup>3</sup>
$A_i$	Raumfläche bezogen auf die Innenabmessungen	m <sup>2</sup>
$f_{RH}$	Wiederaufheizfaktor	-

## Normheizlast eines Raumes $\Phi_{HL,R}$

$$\Phi_{HL,R} = (\Phi_T + \Phi_V) \cdot f_{\Delta\theta} + \Phi_{RH}$$

- $\Phi_{HL,R}$ .....Raumheizlast in W**
- $\Phi_T$ .....Transmissionswärmeverlust in W**
- $\Phi_V$ ..... Lüftungswärmeverlust in W**
- $f_{\Delta\theta}$ .....Korrekturfaktor für erhöhte Raumtemperatur**
- $\Phi_{RH}$ ..... Zuschlagsleistung für die Wiederaufheizung in W**

## Korrekturfaktor für Räume mit erhöhter Temperatur

Norm- Innentemperatur des Raumes	$f_{\Delta\theta}$
normal	1,0
erhöht ( $\geq 24^\circ\text{C}$ )	1,2

## Transmissionswärmeverlust

$$\Phi_T = f_k \cdot A \cdot U \cdot (\vartheta_{int} - \vartheta_e)$$

- $\Phi_T$  ..... **Transmissionswärmeverlust W**  
 $f_k$  ..... **Temperaturkorrekturfaktor**  
**A**..... **Bauteilfläche m<sup>2</sup>**  
**U**..... **Wärmedurchgangskoeffizient W/(m<sup>2</sup>K)**  
 $\vartheta_{int}$  ..... **Norm-Innentemperatur des beheizten Raumes in °C**  
 $\vartheta_e$  ..... **Norm- Außentemperatur in °C (siehe Tab. Klimadaten)**

## Temperaturkorrekturfaktoren $f_k$

Wärmeverlust		Temperaturkorrekturfaktor $f_k$	
		Wärmebrücken ge- dämmt	Wärmebrücken nicht gedämmt
direkt nach außen	Wände	1.00	1.40
	Fenster, Türen	1.00	-
an einen unbeheizten Raum		0.80	1.12
an das Erdreich		0.30	0.42
über das Dach		0.90	1.26
an eine angrenzende Wohneinheit		0.30	-
an ein angrenzendes Gebäude		0.50	0.70

## Norm Raumtemperatur $\vartheta_{int}$ für beheizte Räume

Gebäude- und Raumart	Raum- tempera- tur $\vartheta_{int}$	Gebäude- und Raumart	Raum- temperatur $\vartheta_{int}$
<b>Wohnhäuser</b> Wohn und Schlafräume Küchen Bäder WC beheizte Nebenräume Treppenhäuser	20°C	<b>Geschäftshäuser</b> Verkaufsräume und Läden allgem. Lebensmittelverkaufsräume Haupttreppenhäuser Nebentreppenhäuser WC Nebenräume	20°C
	20°C		18°C
	24°C		20°C
	15°C		15°C
	15°C		15°C
	15°C		15°C
	10°C		15°C
<b>Verwaltungsgebäude</b> Büroräume und Sitzungszimmer WC	20°C	<b>Hotels und Gaststätten</b> Hotelzimmer, Sitzungszimmer Haupttreppenhäuser Nebenräume	20°C
	15°C		20°C
			15°C
<b>Werkstätten</b> für sitzende Beschäftigung allgemein mindestens	20°C	<b>Schwimmbäder</b> Öffentliche Hallenbäder mindestens 2K über der Wassertemperatur	
	15°C		
<b>Garagen und sonstige frostfrei zu haltenden Räume</b>	5°C	Sonstige Baderäume	24°C

## Lüftungswärmeverlust

$$\phi_V = 0,34 \cdot \dot{V}_{\min} \cdot (\vartheta_{\text{int}} - \vartheta_e)$$

$\Phi_V$  .....Lüftungswärmeverlust in W

$\dot{V}_{\min}$  .....Hygienisch erforderlicher Luftvolumenstrom in m<sup>3</sup>/h

$\vartheta_{\text{int}}$  .....Raumtemperatur in °C

$\vartheta_e$  .....Außentemperatur in °C

## Hygienisch erforderlicher Luftvolumenstrom

$$\dot{V}_{\min} = n_{\min} \cdot V_i$$

$\dot{V}_{\min}$ .....Hygienisch erforderlicher Luftvolumenstrom in m<sup>3</sup>/h

$n_{\min}$  .....Mindestluftwechselzahl in 1/h

$V_i$  .....Raumvolumen in m<sup>3</sup>

## Mindestluftwechselzahlen

Raumart	$n_{\min}$ in 1/h
Bewohnbarer Raum	0.5
Küche, Bad oder WC	1.5
Bürraum	1.0
Besprechungszimmer	2.0
Schulungsraum	2.0

## Zuschlag für unterbrochenen Heizbetrieb

$$\phi_{RH} = A_i \cdot f_{RH}$$

$\Phi_{RH}$  .... Zuschlag für unterbrochenen Heizbetrieb in W

$A_i$  .....Raumfläche in m<sup>2</sup>

$f_{RH}$ ..... Korrekturfaktor für unterbrochenen Heizbetrieb in W/m<sup>2</sup>

**Korrekturfaktoren  $f_{RH}$  für unterbrochenen Heizbetrieb  
für eine Luftwechselrate  $n = 0,1 \text{ h}^{-1}$**

Wiederaufheizzeit in Stunden	$f_{RH}$ in $\text{W/m}^2$								
	Temperaturabfall während der Absenkung								
	1K			2K			3K		
	Gebäudemasse								
	leicht	mittel	schwer	leicht	mittel	schwer	leicht	mittel	schwer
<b>1</b>	8	8	8	18	21	21	26	34	34
<b>2</b>	5	5	5	10	15	15	15	25	25
<b>3</b>	3	3	3	7	12	12	9	19	20
<b>4</b>	2	2	2	5	9	10	7	17	19

**Korrekturfaktoren  $f_{RH}$  für unterbrochenen Heizbetrieb  
für eine Luftwechselrate  $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$**

Wiederaufheizzeit in Stunden	$f_{RH}$ in $\text{W/m}^2$								
	Temperaturabfall während der Absenkung								
	1K			2K			3K		
	Gebäudemasse								
	leicht	mittel	schwer	leicht	mittel	schwer	leicht	mittel	schwer
<b>1</b>	10	13	14	21	27	28	32	42	44
<b>2</b>	7	10	11	13	21	23	21	32	34
<b>3</b>	5	9	10	10	18	20	15	26	28
<b>4</b>	4	8	9	8	16	18	13	24	26

## Ermittlung von Holzfeuchtigkeit und Wassergehalt:

$$u = \frac{m_u - m_o}{m_o} \cdot 100\%$$

$$m_w = m_u - m_o$$

**u..... Holzfeuchte in %**

**m<sub>u</sub> .... Gesamtmasse der feuchten Probe (Nassgewicht) in kg**

**m<sub>o</sub>.....Trockenmasse einer Normprobe gleicher Größe (Darrgewicht) in kg**

**m<sub>w</sub> .....Wassermasse**

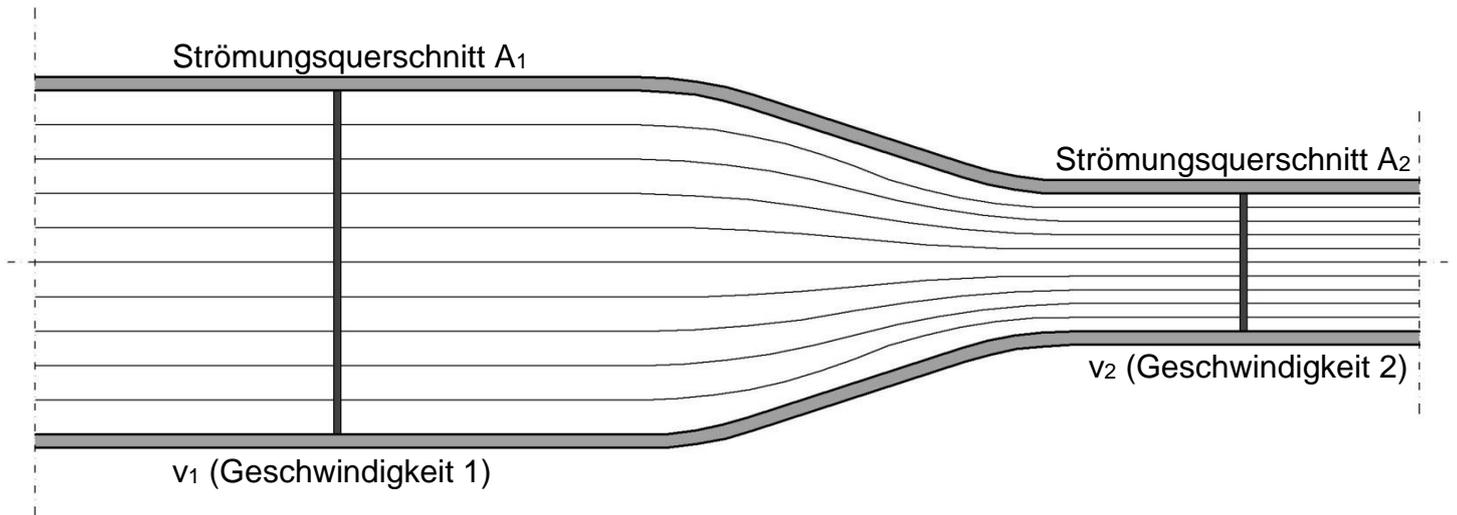
**w .....Wassergehalt**

$$W = \frac{m_u - m_o}{m_u} \cdot 100\%$$

Die Holzfeuchte (bzw. der Wassergehalt) hat einen grundlegenden Einfluss auf den Brennwert:

- waldfrisches Brennholz  
hat einen Brennwert von 6,8 MJ/kg
- lufttrockenes Brennholz 14,4–15,8 MJ/kg
- thermisch getrocknete  
Holzpellets oder Holzbriketts 17,5–18 MJ/kg.

# Strömungslehre



$$V_S = A \cdot v = \text{konstant}$$

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

**A<sub>1</sub> ..... Strömungsquerschnitt an der Stelle 1 (m<sup>2</sup>)**

**A<sub>2</sub> ..... Strömungsquerschnitt an der Stelle 2 (m<sup>2</sup>)**

**v<sub>1</sub> ..... Strömungsgeschwindigkeit an der Stelle 1 (m/s)**

**v<sub>2</sub> ..... Strömungsgeschwindigkeit an der Stelle 2 (m/s)**

**V<sub>S</sub> ..... Volumenstrom (m<sup>3</sup>/s)**

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

**v ..... Strömungsgeschwindigkeit (m/s)**

**V .....Volumenstrom (m<sup>3</sup>/s)**

**A.....Strömungsquerschnitt (m<sup>2</sup>)**

## Berechnung des Ruhedruckes

$$\rho_h = g \cdot H \cdot (\rho_L - \rho_G)$$

$\rho_h$  ..... Ruhedruck (Pa)

$g$  ..... Erdbeschleunigung (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$H$  ..... wirksame Höhe (m)

$\rho_L$  ..... Dichte der Luft (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_G$  ..... Gasdichte (kg/m<sup>3</sup>)

Die wirksame Höhe wird immer lotrecht gemessen.

Luft- und Gasdichte werden nach folgenden Formeln berechnet:

$$\rho_L = \frac{1,293}{f_t \cdot f_s}$$

$$\rho_G = \frac{1,282}{f_t \cdot f_s}$$

$\rho_L$  ..... Dichte der Luft (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_G$  ..... Gasdichte (kg/m<sup>3</sup>)

$f_t$  ..... Temperaturkorrekturfaktor

$f_s$  ..... Seehöhen-Korrekturfaktor lt. Tabelle

**Temperaturkorrekturfaktor:**

$$f_t = \frac{(273 + t_L)}{273}$$

$f_t$  ..... Temperatur-Korrekturfaktor

$t_L$  ..... Temperatur der angesaugten Luft in °C

## Seehöhen-Korrekturfaktor fs

Seehöhe	fs	Seehöhe	fs	Seehöhe	fs	Seehöhe	fs
0 m	1,000	650 m	1,084	1110 m	1,149	1570 m	1,216
200 m	1,025	660 m	1,086	1120 m	1,150	1580 m	1,218
210 m	1,027	670 m	1,087	1130 m	1,151	1590 m	1,219
220 m	1,028	680 m	1,089	1140 m	1,153	1600 m	1,221
230 m	1,029	690 m	1,090	1150 m	1,154	1610 m	1,222
240 m	1,030	700 m	1,091	1160 m	1,156	1620 m	1,224
250 m	1,032	710 m	1,093	1170 m	1,157	1630 m	1,226
260 m	1,033	720 m	1,094	1180 m	1,159	1640 m	1,227
270 m	1,034	730 m	1,095	1190 m	1,160	1650 m	1,229
280 m	1,036	740 m	1,097	1200 m	1,162	1660 m	1,230
290 m	1,037	750 m	1,098	1210 m	1,163	1670 m	1,232
300 m	1,038	760 m	1,099	1220 m	1,164	1680 m	1,233
310 m	1,039	770 m	1,101	1230 m	1,166	1690 m	1,235
320 m	1,041	780 m	1,102	1240 m	1,167	1700 m	1,236
330 m	1,042	790 m	1,104	1250 m	1,169	1710 m	1,238
340 m	1,043	800 m	1,105	1260 m	1,170	1720 m	1,239
350 m	1,045	810 m	1,106	1270 m	1,172	1730 m	1,241
360 m	1,046	820 m	1,108	1280 m	1,173	1740 m	1,242
370 m	1,047	830 m	1,109	1290 m	1,175	1750 m	1,244
380 m	1,049	840 m	1,110	1300 m	1,176	1760 m	1,246
390 m	1,050	850 m	1,112	1310 m	1,178	1770 m	1,247
400 m	1,051	860 m	1,113	1320 m	1,179	1780 m	1,249
410 m	1,052	870 m	1,115	1330 m	1,181	1790 m	1,250
420 m	1,054	880 m	1,116	1340 m	1,182	1800 m	1,252
430 m	1,055	890 m	1,117	1350 m	1,183	1810 m	1,253
440 m	1,056	900 m	1,119	1360 m	1,185	1820 m	1,255
450 m	1,058	910 m	1,120	1370 m	1,186	1830 m	1,257
460 m	1,059	920 m	1,122	1380 m	1,188	1840 m	1,258
470 m	1,060	930 m	1,123	1390 m	1,189	1850 m	1,260
480 m	1,062	940 m	1,124	1400 m	1,191	1860 m	1,261
490 m	1,063	950 m	1,126	1410 m	1,192	1870 m	1,263
500 m	1,064	960 m	1,127	1420 m	1,194	1880 m	1,264
510 m	1,066	970 m	1,129	1430 m	1,195	1890 m	1,266
520 m	1,067	980 m	1,130	1440 m	1,197	1900 m	1,268
530 m	1,068	990 m	1,131	1450 m	1,198	1910 m	1,269
540 m	1,070	1000 m	1,133	1460 m	1,200	1920 m	1,271
550 m	1,071	1010 m	1,134	1470 m	1,201	1930 m	1,272
560 m	1,072	1020 m	1,136	1480 m	1,203	1940 m	1,274
570 m	1,074	1030 m	1,137	1490 m	1,204	1950 m	1,275
580 m	1,075	1040 m	1,139	1500 m	1,206	1960 m	1,277
590 m	1,076	1050 m	1,140	1510 m	1,207	1970 m	1,279
600 m	1,078	1060 m	1,141	1520 m	1,209	1980 m	1,280
610 m	1,079	1070 m	1,143	1530 m	1,210	1990 m	1,282
620 m	1,080	1080 m	1,144	1540 m	1,212	2000 m	1,283
630 m	1,082	1090 m	1,146	1550 m	1,213	2010 m	1,285
640 m	1,083	1100 m	1,147	1560 m	1,215	2020 m	1,287

Der Ruhedruck eines Fangsystems entspricht dem Druckunterschied zwischen der Abgassäule im Fangsystem und einer (gleich groß gedachten) Luftsäule außerhalb des Fangsystems.

### Ruhedruck im Fangsystem (erweiterte Formel mit TL und TAM)

$$p_H = H \cdot g \cdot \left( \frac{\rho_{Ln} \cdot 273,15}{T_L} - \frac{\rho_{An} \cdot 273,15}{T_{Am}} \right)$$

**$p_h$  ..... Ruhedruck im Rauchfang (Pa)**

**$g$  ..... Erdbeschleunigung (9,81 m/s<sup>2</sup>)**

**$H$  ..... wirksame Rauchfanghöhe (m)**

**$\rho_{Ln}$  ..... Dichte der Luft im Normzustand (kg/m<sup>3</sup>)**

**$T_L$  ..... Temperatur der Luft (K)**

**$\rho_{An}$  ..... Dichte des Gases im Normzustand (kg/m<sup>3</sup>)**

**$T_{Am}$  ..... mittlere Temperatur der Abgase (K)**

### Mittlere Abgastemperatur (in Abhängigkeit von PH)

$$T_{Am} = \frac{\rho_{An} \cdot 273,15}{\left( \frac{\rho_{Ln} \cdot 273,15}{T_L} - \frac{p_h}{H \cdot g} \right)}$$

**$T_{Am}$  ..... mittlere Temperatur der Abgase (K)**

**$p_h$  ..... Ruhedruck im Rauchfang (Pa)**

**$H$  ..... wirksame Rauchfanghöhe (m)**

**$g$  ..... Erdbeschleunigung (9,81 m/s<sup>2</sup>)**

**$\rho_{Ln}$  ..... Dichte der Luft im Normzustand (kg/m<sup>3</sup>)**

**$T_L$  ..... Temperatur der Luft (K)**

**$\rho_{An}$  ..... Dichte des Gases im Normzustand (kg/m<sup>3</sup>)**

### Mittelwerte der Gasdichten im Normzustand

Trockene Luft	1,293 kg/m <sup>3</sup> n	Abgas von Heizöl HEL	1,292 kg/m <sup>3</sup> n
Abgase Steinkohle	1,330 kg/m <sup>3</sup> n	Abgase von Erdgas	1,250 kg/m <sup>3</sup> n

## Berechnungen zum offenen Kamin Formel nach Barlach

Rauchfang(Kamin)querschnitt:

$$F_S = \frac{F_{\ddot{o}} \cdot e}{\sqrt{h}}$$

Feuerraumöffnungsquerschnitt:

$$F_{\ddot{o}} = \frac{F_S \cdot \sqrt{h}}{e}$$

Wirksame Rauchfanghöhe:

$$h = \left( \frac{F_{\ddot{o}} \cdot e}{F_S} \right)^2$$

**e** .....Einflussfaktor für die Strömungsgeschwindigkeit im Kamin

**F<sub>ö</sub>** .....Feuerraumöffnungsquerschnitt in m<sup>2</sup>

**F<sub>s</sub>** .....Rauchfang(Kamin)querschnitt in m<sup>2</sup>

**h** .....wirksame Rauchfanghöhe in m

**Stündliche Luftmenge V<sub>L</sub> (offener Kamin)**

$$V_L = \lambda \cdot 4,0 \cdot f_s \cdot f_t \cdot (7,06 \cdot F_{\ddot{o}} + 1,89)$$

**V<sub>L</sub>**.....Verbrennungsluftvolumenstrom in m<sup>3</sup>/h

**λ**.....Luftüberschusszahl (20 bei ortsfest gesetztem offenen Kamin)

**4,0**.....theoretischer Luftbedarf pro kg Holz (15% Wassergehalt) in m<sup>3</sup>/kg

**f<sub>s</sub>**.....Seehöhen-Korrekturfaktor

**f<sub>t</sub>**.....Temperatur-Korrekturfaktor

**F<sub>ö</sub>**.....Feuerraumöffnung in m<sup>2</sup>

**(7,06 · F<sub>ö</sub> + 1,89)** ... Brennstoffumsatz in kg/h

**Querschnitt Verbrennungsluftzufuhr A<sub>L</sub>**

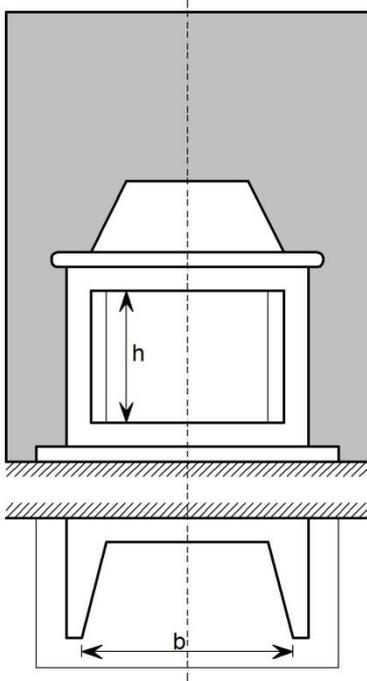
$$A_L = \frac{V_L}{0,36 \cdot v}$$

**V<sub>L</sub>**.....Verbrennungsluftvolumenstrom in m<sup>3</sup>/h

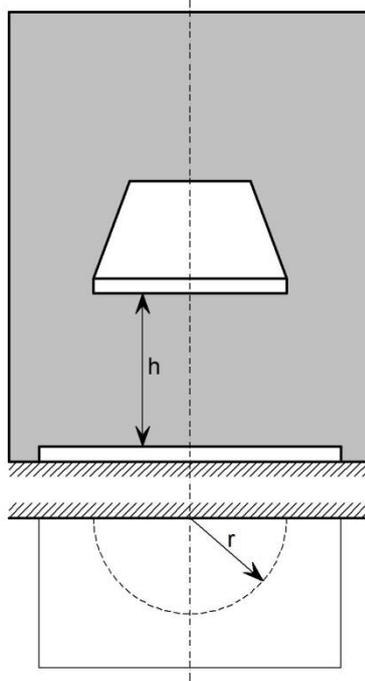
**A<sub>L</sub>**.....Querschnittsfläche der Zuluftöffnung in cm<sup>2</sup>

**v**.....Luftgeschwindigkeit in m/s (sollte 2m/s betragen)

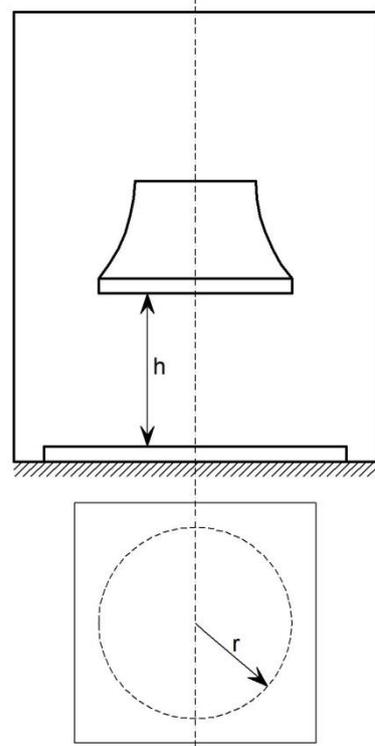
## Querschnittsberechnung



$$F_{\ddot{O}} = b \cdot h$$



$$F_{\ddot{O}} = r \cdot \pi \cdot h$$



$$F_{\ddot{O}} = 2 \cdot r \cdot \pi \cdot h$$

### Feuerraumöffnung als liegendes Rechteck:

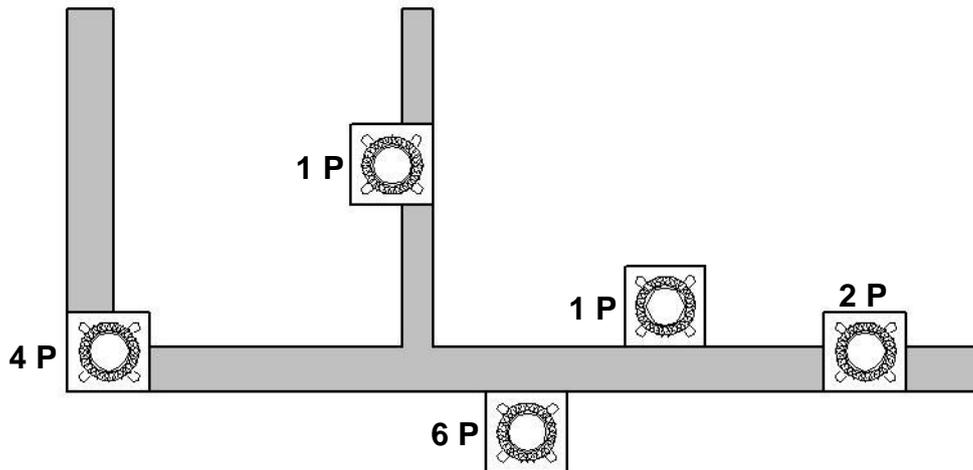
- die maximale Höhe der Feuerraumöffnung ist um 25% geringer als die Breite (entspricht einem Breiten/Höhenverhältnis von 4/3)
- die ideale Tiefe des Feuerraums beträgt 2/3 der Breite

### Feuerraumöffnung als stehendes Rechteck:

- die maximale Höhe der Feuerraumöffnung ist um 33% größer als die Breite (entspricht einem Breiten/Höhenverhältnis von 3/4)
- die ideale Tiefe des Feuerraums beträgt 3/4 der Breite

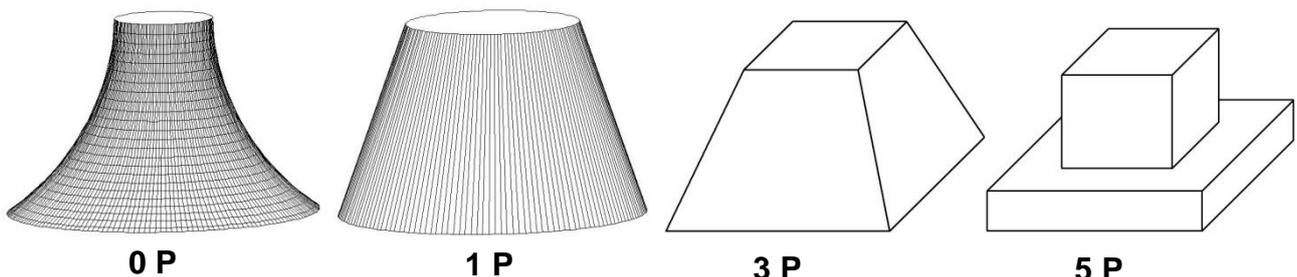
## Ermittlung des Einflussfaktors (e)

Bezeichnung	Punkte
<b>Temperaturverlust im Rauchfang bei der Lage</b>	
im Inneren des Hauses	1
an der Außenwand	
mit 1 Außenwange	2
mit 2 Außenwangen	4
mit 3 Außenwangen	6



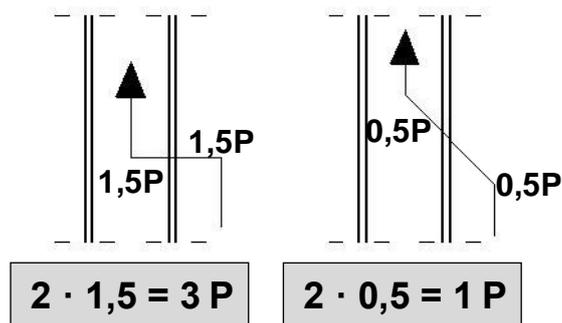
Bezeichnung	Punkte
<b>Reibungswiderstand im Rauchfang</b>	
aus Metall	1
aus Formstücken	2
gemauert	3

Bezeichnung	Punkte
<b>Querschnittsveränderung im offenen Kamin und Verbindungsstück (Rauchsammler)</b>	
düsenförmig	0
kegel(stumpf)förmig	1
pyramiden(stumpf)förmig	3
prismenförmig	5



Bezeichnung	Punkte
<b>Reibungswiderstand im offenen Kamin (Rauchsammler)</b>	
aus Metall	1
aus Formsteinen	2
gemauert	3

Bezeichnung	Punkte
<b>Anzahl der Richtungsänderungen mal Punkte</b>	
stumpfwinkelig oder rund	0,5
recht(eckig)winkelig	1,5



Bezeichnung	Punkte
Absperrvorrichtung	2

Summe der Punkte	Beurteilung der Feuerstätte	Einflussfaktor „e“
bis 3	Sehr gut	0,15
3,5 bis 8	Gut	0,20
8,5 bis 11	Befriedigend	0,25
11,5 bis 15	Genügend	0,30
15,5 bis 20	Ausreichend	0,40
20,5 bis 25	Mangelhaft	0,50
über 25	Unbrauchbar	0,60

## Kachelofenberechnung

### Bestimmung der Nennwärmeleistung bei Vollheizungen

$$P_n = P_{NH}$$

**$P_n$  .....Nennwärmeleistung in kW**

**$P_{NH}$  .....Heizlast nach ÖNORM M 7500 in kW**

## Bestimmung der maximalen Brennstoffmenge

$$m_B = \frac{P_n \cdot t_n}{3,33}$$

$m_B$  ....maximale Brennstoffmenge in kg

$P_n$  .....Nennwärmeleistung in kW

$t_n$ .....Nennheizzeit in h

3,33...Nennheizleistung von Holz in kWh/kg

## Bestimmung der minimalen Brennstoffmenge

$$m_{Bmin} = 0,5 \cdot m_B$$

$m_{Bmin}$  ....minimale Brennstoffmenge in kg

$m_B$  .....max. Brennstoffmenge in kg

## Optimaler Brennstoffumsatz

$$m_{BUopt} = 0,78 \cdot m_B$$

$m_{BUopt}$  ....idealer Brennstoffumsatz (Brenngeschwindigkeit) in kg/h

$m_B$  ..... max. Brennstoffmenge in kg

## Bestimmung der gesamten Brennraum- Innenfläche

$$O_{BR} = 900 \cdot m_B$$

$O_{BR}$  .....Brennraum-Innenfläche  $cm^2$

$m_B$  .....max. Brennstoffmenge in kg

## Bestimmung der Mindestbrennraum- Grundfläche

$$A_{BRmin} = 100 \cdot m_B$$

$$\frac{\text{Tiefe}}{\text{Breite}} = 0,5 \text{ bis } 2$$

$$\text{Mindestbreite} = 23 \text{ cm}$$

$A_{BRmin}$  .....min. Brennraum- Grundfläche in  $\text{cm}^2$

$m_B$  .....max. Brennstoffmenge in kg

## Bestimmung der Mindestbrennraumhöhe

$$H_{BR} = \frac{(900 \cdot m_B - 2 \cdot A_{BR})}{U_{BR}}$$

$$H_{BR} = \geq 25 + m_B$$

$H_{BR}$  .....Brennraumhöhe in cm

$m_B$  .....max. Brennstoffmenge in kg

$A_{BR}$  .....Brennraumgrundfläche in  $\text{cm}^2$

$U_{BR}$  .....Umfang des Brennraumes in cm

## Bemessung der Mindestzuglänge

$$\text{ohne Luftspalt} \quad L_{Zmin} = 1,43 \cdot \sqrt{m_B}$$

$$\text{mit Luftspalt} \quad L_{Zmin} = 1,65 \cdot \sqrt{m_B}$$

$L_{Zmin}$  .....Mindestzuglänge in m

$m_B$  .....max. Brennstoffmenge in kg

## Gasschlitz

$$A_{GS} = m_B \quad \text{Höhe des Gasschlitzes mind. 3 cm}$$

$m_B$  ....max. Brennstoffmenge in kg

$A_{GS}$  ....Fläche Gasschlitz in  $\text{cm}^2$

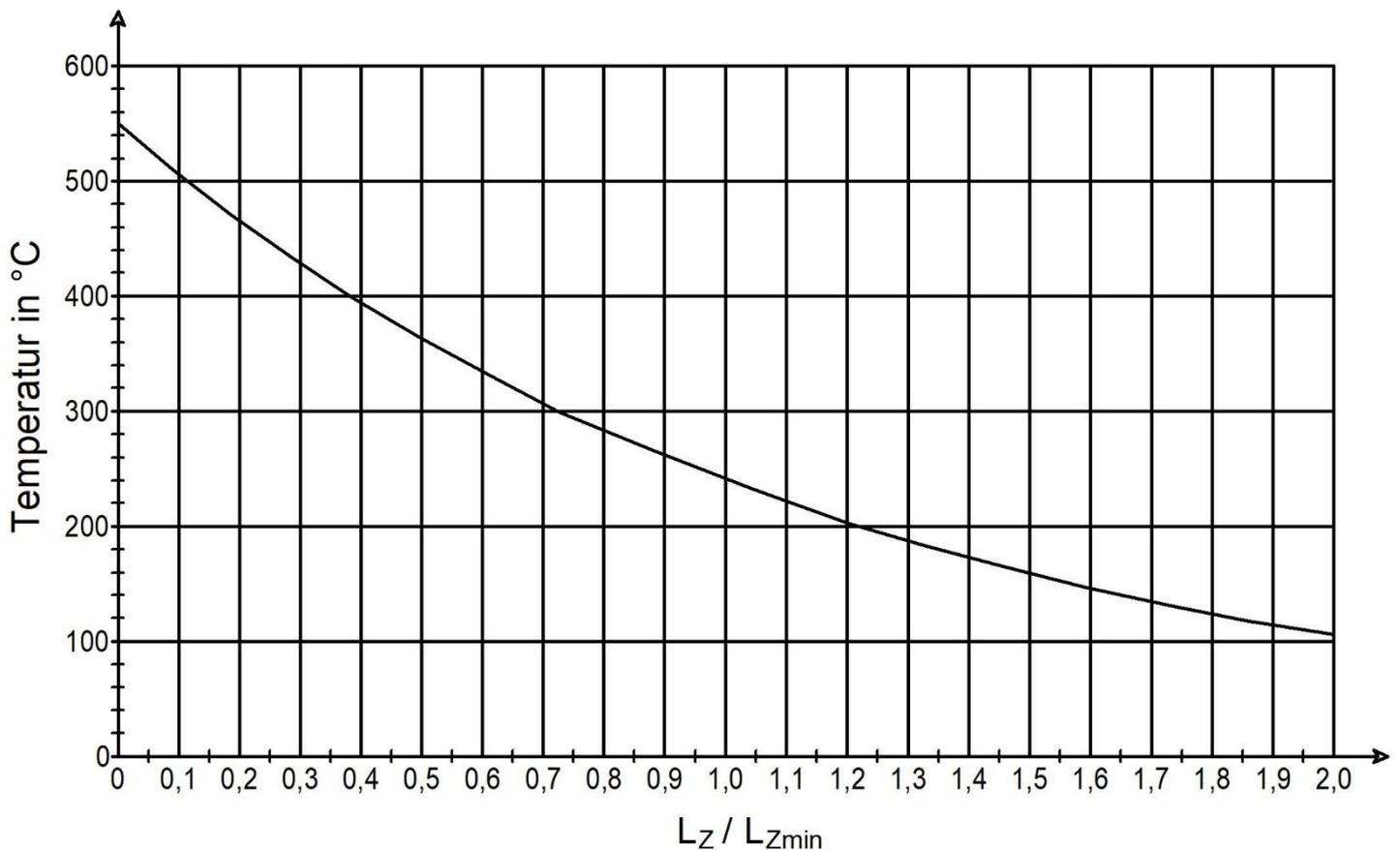
## Ermittlung der Verbrennungs- und Abgastemperaturen

$$\frac{L_z}{L_{zmin}} \rightarrow T_{Verb} \text{ lt. Diagramm}$$

$L_z$ ..... gewählte Heizzuglänge in m

$L_{zmin}$  .....Mindestzuglänge in m

$T_{Verb}$  .....Abgastemperatur beim Verbindungsstück



## Berechnung Verbrennungsluftvolumenstrom

$$V_L = \lambda \cdot 4,0 \cdot f_s \cdot f_t \cdot 0,78 \cdot m_{Bmax}$$

**$V_L$ .....Verbrennungsluftvolumenstrom in  $m^3/h$**

**$\lambda$ .....Luftüberschusszahl (2,95)**

**4,0.....theoretischer Luftbedarf pro kg Holz (15% Wassergehalt) in  $m^3/kg$**

**$f_s$ .....Seehöhen-Korrekturfaktor (Tabelle)**

**$f_t$ .....Temperatur-Korrekturfaktor**

**0,78.....Faktor zur Berechnung des Brennstoffumsatzes in 1/h**

**$m_{Bmax}$ .....maximale Brennstoffmenge in kg**

## Temperaturkorrekturfaktor

$$f_{tVerb} = \frac{(273 + t_L)}{273}$$

**$f_t$ .....Temperatur-Korrekturfaktor**

**$t_L$ .....Temperatur der angesaugten Luft in  $^{\circ}C$**

## Berechnung Verbrennungsluftquerschnittsfläche

$$A = \frac{V_L}{v \cdot 0,36}$$

**$A$ .....erforderliche (runde) Querschnittsfläche in  $cm^2$**

**$V_L$ .....Verbrennungsluftvolumenstrom in  $m^3/h$**

**$v$ .....Strömungsgeschwindigkeit in m/s**

## Berechnung Strömungsgeschwindigkeit

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

**$v$ .....Strömungsgeschwindigkeit in m/s**

**$V$ .....Volumenstrom in  $m^3/s$**

**$A_L$ .....Strömungsquerschnitt**

## Berechnung Ausdehnung von Gasen bei Temperaturänderung mit Verhältnisgleichung

$$T_1 = 273 + t$$

$$t = T_1 - 273$$

**T<sub>1</sub>....Temperatur in Kelvin**

**t.....Temperatur in °Celsius**

$$V_1 : V_2 = T_1 : T_2$$



$$V_1 \cdot T_2 = V_2 \cdot T_1$$

**V<sub>1</sub>....Volumenstrom an der Stelle 1 in m<sup>3</sup>/s**

**V<sub>2</sub>....Volumenstrom an der Stelle 2 in m<sup>3</sup>/s**

**T<sub>1</sub>....Temperatur an der Stelle 1 in Kelvin**

**T<sub>2</sub>....Temperatur an der Stelle 2 in Kelvin**

# Belagseinteilung von Wänden und Böden

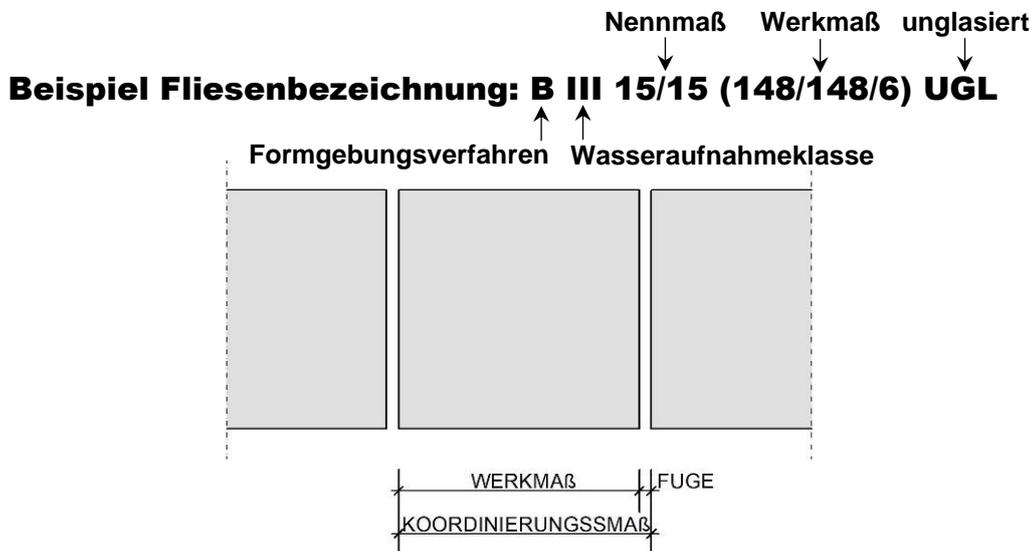
**Definitionen: Für die Verlegelänge ist das Naturmaß zu nehmen!  
(von Putz zu Putz)**

**W..... Das Werkmaß beschreibt die tatsächliche Abmessung der Fliese.**

**Angabe in Millimeter (z.B. 148/148)**

**N.....Das Nennmaß beschreibt die Größe der Fliese oder Platte.  
Angabe in Zentimeter (z.B. 15/15)**

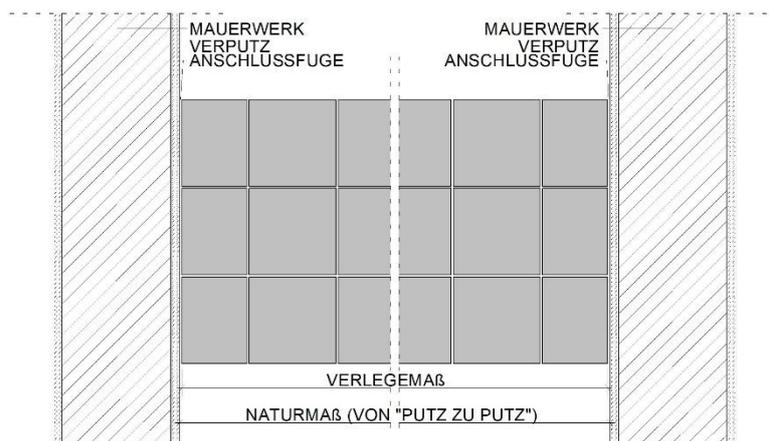
**C.....Das Koordinierungsmaß setzt sich aus Werkmaß plus Fuge zusammen. Angabe in Millimeter**



## 1. Verlegemaß (V) = Außenkante Belag bis Außenkante Belag

**Variante 1:** Fliesen werden nur an einer Wand bzw. am Boden verlegt (an den anschließenden Wänden werden keine Fliesen verlegt).

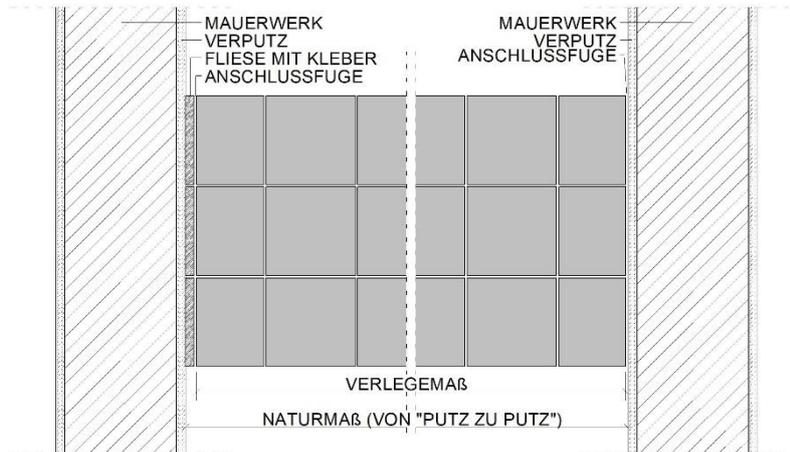
### Verlegemaß = Naturmaß - 2 Anschlussfugen



**Variante 2:** Fliesen werden an einer Wand bzw. am Boden sowie an einer weiteren anschließenden Wand verlegt.

**Verlegemaß = Naturmaß - 2 Anschlussfugen - 1 seitliche Belagsstärke**

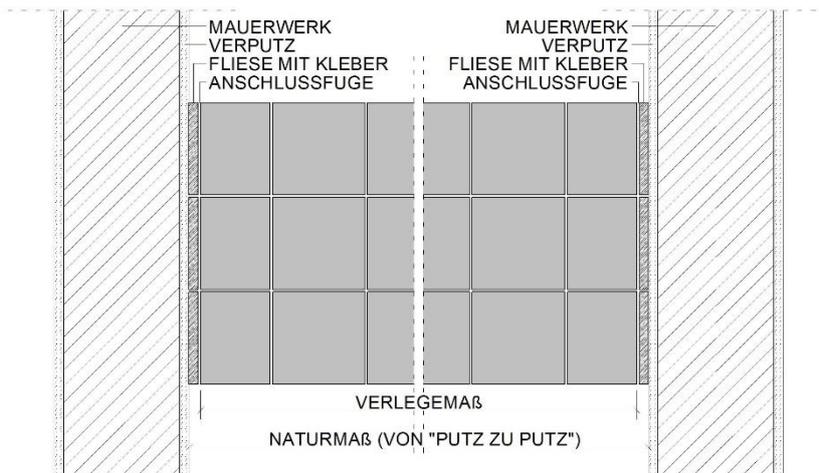
**Belagstärke = Fliesendicke + 3 mm Kleber**



**Variante 3:** Fliesen werden an einer Wand bzw. am Boden sowie an zwei weiteren anschließenden Wänden verlegt.

**Verlegemaß = Naturmaß - 2 Anschlussfugen - 2 seitliche Belagsstärken**

**Belagstärke = Fliesendicke + 3 mm Kleber**



**Variante 4:** Fliesen werden an der Wand nicht über die gesamte Raumhöhe verlegt (z.B. von der Oberkante Türstock bis zum fertigen Boden):

**Verlegemaß = Naturmaß bis Verlegehöhe - 1 Anschlussfuge**

## 2. Koordinierungsmaß (C) = Teilermaß

$$C = W + FB$$

Koordinierungsmaß = Werkmaß + Fuge

## 3. Anzahl der ganzen Fliesen ( $n_{FL}$ )

$$n_{FL} = \frac{V}{C}$$

Anzahl Fliesen =  $\frac{\text{Verlegemaß}}{\text{Koordinierungsmaß}}$

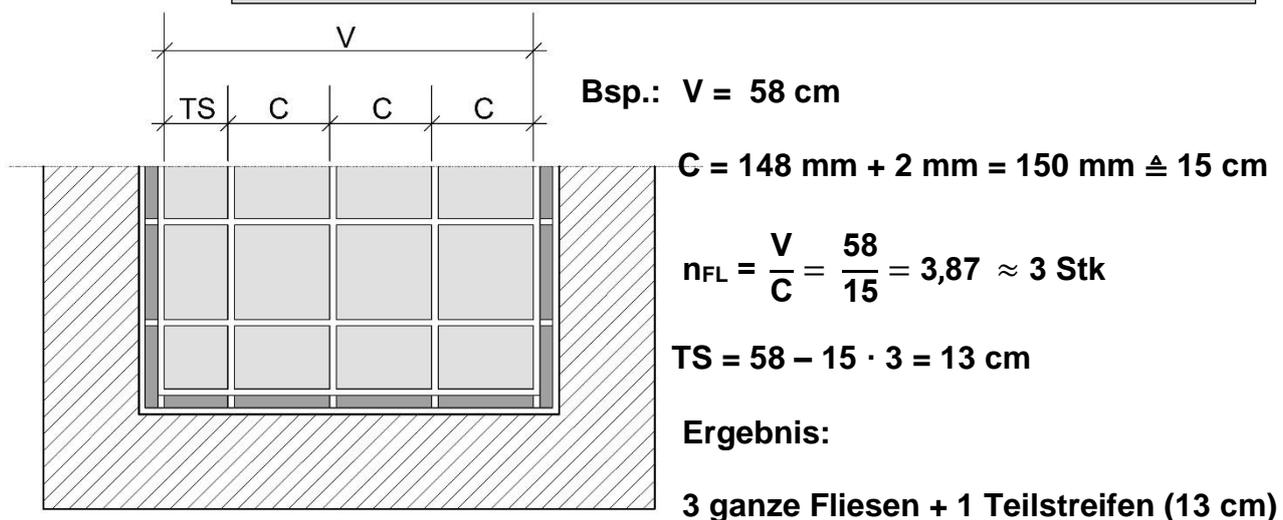
Dezimalzahl als Ergebnis muss abgerundet werden. Bei zu kleinen Randstreifen wird die Anzahl um eine Fliese reduziert:

## 4. Entscheidung ob asymmetrische oder symmetrische Verlegung

Asymmetrische Verlegung:

$$TS = V - C \cdot n_{FL}$$

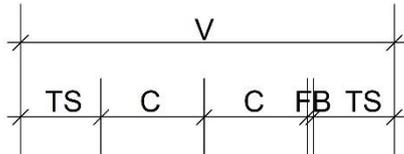
Teilstreifen = Verlegemaß - Koordinierungsmaß · Fliesenanzahl



## Symmetrische Verlegung:

$$TS = \frac{V - C \cdot (n_{FL} - 1) - FB}{2}$$

$$\text{Teilstreifen} = \frac{\text{Verlegema\ss} - \text{Koordinierungsma\ss} \cdot (\text{Fliesenanzahl} - 1) - \text{Fugenbreite}}{2}$$



Bsp.:  $V = 58 \text{ cm}$

$$C = 148 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 150 \text{ mm} \hat{=} 15 \text{ cm}$$

$$FB = 2 \text{ mm} \hat{=} 0,2 \text{ cm}$$

$$n_{FL} = \frac{V}{C} = \frac{58}{15} = 3,87 \approx 3 \text{ Stk}$$

Reduzierung um 1 Fliese, da die Teilstreifen sonst sehr schmal werden  
( $<$  halbe Fliese, in diesem Bsp.: 6,4 cm)

$$TS = \frac{58 - 15 \cdot (3 - 1) - 0,2}{2} = 13,9 \text{ cm}$$

Ergebnis:

2 ganze Fliesen + 2 Teilstreifen (13,9 cm)

# Inhaltsverzeichnis

## A

Abgasverlust nach Siegert .....	54
Abgasverlust nach Siegert vereinfacht .....	53
Abgasverluste Beiwerte .....	54
Arbeit, Energie .....	37
Ausdehnung von Gasen bei Temperaturänderung - Verhältnisgleichung .....	75

## B

Belagseinteilung von Fliesen .....	76, 77, 78, 79
Betonrippenstahl .....	28
Bewehrungsstahl .....	28, 29, 30
Brennraumgrundfläche Bestimmung .....	72
Brennraumhöhe Bestimmung .....	72
Brennrauminnenfläche Bestimmung .....	71
Brennstoffmenge maximal - Bestimmung .....	71
Brennstoffmenge minimal - Bestimmung .....	71
Brennstoffumsatz optimal .....	71

## D

Deltoid .....	10
Dichte .....	31, 32
Distanzstreifen .....	30
Dreieck allgemein .....	11
Dreieck rechtwinkelig .....	11

## E

Einheiten in der Bautechnik und gebr. Vorsatzzeichen .....	2
Ellipse .....	13

## F

Feuerungstechnischer Wirkungsgrad nach Siegert .....	53
Förderleistung .....	42

## G

Gasdichte bei Temperaturänderung .....	37
Gasschlitz .....	73
Gebäudeheizlast: Formelzeichen .....	58
Gewichtskraft .....	34
Griechisches Alphabet .....	3

## H

Heizwert / Brennwert .....	55
Heizwerte .....	41
Heron'sche Flächenberechnung .....	12

Hohlzylinder .....	20
Holzfeuchte von Brennholz .....	62
Holzfeuchtigkeit und Wassergehalt .....	62
Hygienisch erforderlicher Luftvolumenstrom .....	60

---

## I

Internationales Einheitensystem SI .....	4
--	---

---

## J

Jahresnutzungsgrad.....	49
-------------------------	----

---

## K

Kachelofenberechnung .....	70
Kegel gerade .....	22
Kegelstumpf gerade .....	23
Kepler`sche Fassregel .....	24
Klimadaten für Orte in Tirol .....	48
Klimadaten für Orte in Vorarlberg.....	49
Korrekturfaktor für Räume mit erhöhter Temperatur .....	58
Korrekturfaktoren für unterbrochenen Heizbetrieb $n = 0,1 \text{ h}^{-1}$ .....	61
Korrekturfaktoren für unterbrochenen Heizbetrieb $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ .....	61
Kosinussatz .....	15
Kreis .....	17
Kreisring .....	17
Kreissegment (Kreisabschnitt) .....	18
Kreissektor (Kreisausschnitt).....	18
Kreiszylinder.....	20
Kugel.....	23

---

## L

Längen- und Volumenänderung von Stoffen.....	34
Leckratenberechnung.....	57
Luftüberschuss – Luftverhältniszahl .....	56
Luftüberschuss – Luftverhältniszahl Berichtigungsfaktor a.....	56
Luftüberschusszahlen .....	51
Lüftungswärmeverlust .....	60

---

## M

Masse.....	5
Mechanische Leistung.....	38
Mindestbrennraumhöhe Bemessung .....	7
Mindestluftwechselzahlen .....	60
Mindestzuglänge Bemessung .....	72
Mischtemperaturen.....	40

---

## N

Neigungsberechnung in% .....	16
Neigungsberechnung mit Verhältniszahlen .....	16
Nennwärmeleistung bei Vollheizungen .....	70

Norm Raumtemperatur $\vartheta_{\text{int}}$ für beheizte Räume .....	59
Normheizlast eines Raumes .....	58

---

## O

Offener Kamin Ber. nach Barlach.....	67
Offener Kamin Einflussfaktoren.....	69, 70
Offener Kamin Querschnittsberechnung .....	68
OIB Grenzwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten .....	47

---

## P

Parallelogramm (Rhomboid) .....	9
Praktischer Luftbedarf .....	51
Prisma .....	19
Prismatoid .....	24
Pyramide allgemein, gerade.....	21
Pyramide regelmäßig, gerade .....	21
Pyramidenstumpf gerade .....	22
Pythagoreischer Lehrsatz.....	13

---

## Q

Quadrat .....	8
---------------	---

---

## R

Rauchfangquerschnittsermittlung näherungsweise .....	42
Raute (Rhombus) .....	9
Rechteck .....	8
Ruhedruck.....	64

---

## S

Schlaufenmatte .....	29
Seehöhen-Korrekturfaktoren .....	65
Siebert'scher Beiwert $k$ .....	53
Siebert'sche Formel .....	54
Sinussatz.....	15
Stoffmenge .....	6
Strömungslehre .....	63
Stromstärke .....	6
Strömungsgeschwindigkeit.....	42
Strömungsgeschwindigkeit KO Berechnung .....	74

---

## T

Taupunkttemperatur $\vartheta_T$ der Luft in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte der Luft ....	46
Temperaturkorrekturfaktor.....	74
Temperaturkorrekturfaktoren.....	59
Theoretischer Luftbedarf .....	50
Theoretischer Sauerstoffbedarf .....	50
Thermodynamische Temperatur .....	6
Transmissionswärmeverlust.....	59
Trapez .....	10

Treppenberechnung.....	25, 26, 27
------------------------	------------

---

## **U**

Umrechnung °C - Fahrenheit .....	6
Umrechnung in Kelvin .....	37
Umrechnung von kJ in kWh .....	38
U-Wert.....	42

---

## **V**

Verbrennungs- und Abgastemperaturen Ermittlung .....	73
Verbrennungsgleichungen .....	50
Verbrennungsluftquerschnittsfläche Berechnung.....	74
Verbrennungsluftvolumenstrom Berechnung .....	74
Volumenänderungen von Flüssigkeiten .....	35
Volumenänderungen von Gasen.....	37
Volumenänderungen von Wasser .....	36
Vorsätze bei Einheiten .....	1

---

## **W**

Wärmedurchgangskoeffizient.....	42
Wärmeleistung .....	38
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ .....	44, 45
Wärmemenge und spezifische Wärmekapazität .....	39
Wärmepreis.....	41
Wärmeübergangswiderstände .....	43
Wassergehalt und Wassertaupunkt von Abgasen.....	52
Winkelfunktionen .....	14, 15

---

## **Z**

Zeit .....	5
Zuschlag für unterbrochenen Heizbetrieb .....	60

TIROLER FACHBERUFSSCHULE

RAUM



ZEIT

FÜR BAUTECHNIK + MALEREI

Eichatstraße 18a, 6067 Absam

Tel: +43 (0)5223 54356

e-mail: [bautechnik@tsn.at](mailto:bautechnik@tsn.at)

HP: [www.tfbs-bau.tsn.at](http://www.tfbs-bau.tsn.at)