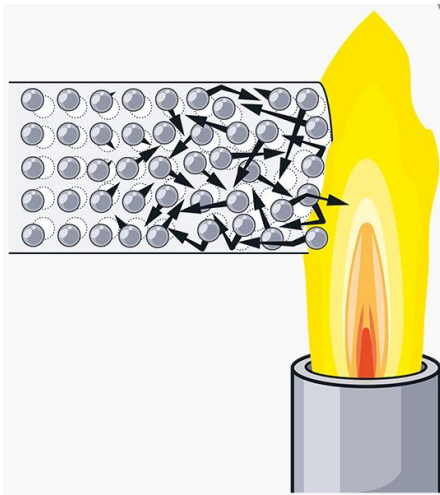


9d Wärmeschutz

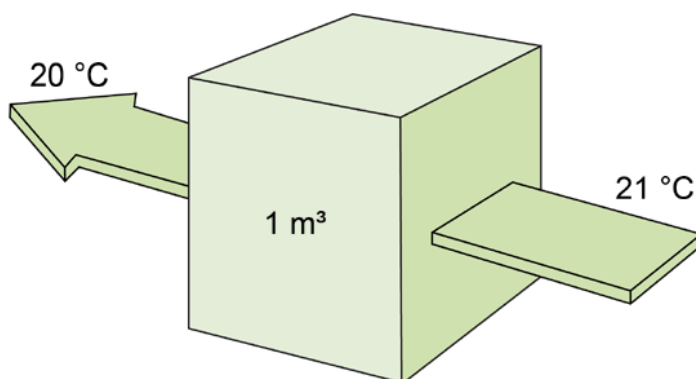
9.1 Wärmeleitfähigkeit λ



Die Wärme wird innerhalb eines Körpers von **wärmeren Molekülen** auf benachbarte **kältere Moleküle weitergegeben**. Voraussetzung für eine Wärmeleitung ist also eine **Temperaturdifferenz**. Die Wärmeleitfähigkeit der Stoffe ist unterschiedlich; sie ist abhängig von **Dichte, Struktur und Feuchte** eines Stoffes. Es gibt daher gute und schlechte Wärmeleiter. Metalle sind bessere Wärmeleiter als Wasser, Wasser hingegen leitet die Wärme etwa 25-mal besser als Luft. Gute **Dämmstoffe** sind deswegen porös und enthalten viele kleine **Lufträume**.

Die **Wärmeleitfähigkeit** (Formelzeichen: λ ; griechischer Buchstabe Lambda) gibt die **Wärmemenge** an, die stündlich durch 1 m^2 einer 1 m dicken Schicht eines Stoffes **hindurchgeleitet** wird, wenn der Temperaturunterschied zwischen den beiden Oberflächen 1 Kelvin beträgt.

Die Einheit für die Wärmeleitfähigkeit λ ist das Watt durch Meterkelvin ($\text{W}/(\text{m} \times \text{K})$)

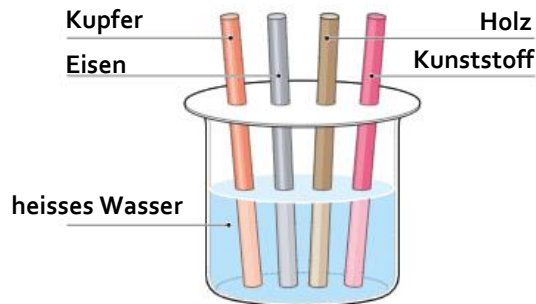


Die Wärmemenge die stündlich infolge Wärmeleitung durch 1 m^2 einer 1 m dicken Schicht eines Stoffes bei einem Temperaturunterschied von 1 Kelvin hindurchgeht, wird von der Wärmeleitfähigkeit λ bestimmt und durch den Wärmedurchlass in $\text{W}/(\text{m} \times \text{K})$ gekennzeichnet.

- Wärmeleitung innerhalb einer Bauteilschicht
- Temperaturabfall innerhalb einer Bauteilschicht von der Grenzfläche A_1 zur Grenzfläche A_2

Je grösser die Wärmeleitfähigkeit eines Stoffes ist, umso schlechter ist dieser Stoff für die Wärmedämmung geeignet. Wärmedämmstoffe haben daher niedrigere Zahlenwerte für die Wärmeleitfähigkeit λ .

Gute Wärmeleiter – schlechte Wärmeleiter



Werte der Wärmeleitfähigkeit nach DIN

In der untenstehenden Tabelle sind die Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit λ für verschiedene Bau- und Dämmstoffe angegeben (nach DIN). Daraus ist die Wirksamkeit der Stoffe für wärmedämmende Zwecke zu erkennen.

Stoff	λ W/(m x K)	Stoff	λ W/(m x K)
Kupfer	380	Gipsputz	0,70
Aluminium	160	Ziegelstein (d=1.20)	0,50
Stahl	50	Porenbeton (d=0.65)	0,21
Normalbeton	2,0	Buche, Eiche	0,20
Zementmörtel	1,6	Fichte, Kiefer	0,13
Kalkzementputz	1,0	Holzwohle-Leichtbauplatten	0,09
Glas	1,0	Faserdämmstoff	0,035
Kalksandstein (d=1.60)	0,79	Polystyrol-Hartschaum	0,040

9.2 Wärmedurchlasswiderstand R

Natürlich ist die **Wärmedämmung** eines Bauteils nicht nur abhängig von der **Wärmeleitfähigkeit** des Baustoffes, sondern auch von der **Dicke** des **Bauteils**. Da man in der Praxis nicht am Wärmedurchlass interessiert ist, sondern im Gegenteil einen möglichst grossen Widerstand gegen Wärmedurchlass haben möchte, wird man diesen **Wärmedurchlasswiderstand** direkt ausrechnen.

Den Widerstand eines Bauteils gegen das Durchdringen der Wärme erhält man aus dem Verhältnis von Bauteildicke d zu Wärmeleitfähigkeit λ . Den **Wärmedurchlasswiderstand** bezeichnet man mit R .

$$\text{Wärmedurchlasswiderstand } R = \frac{\text{Bauteildicke } d}{\text{Wärmeleitfähigkeit } \lambda} \quad R = \frac{d}{\lambda}$$

$$\text{in } \frac{\text{m}^2 \times \text{K}}{\text{W}} \quad (\text{Quadratmeter-Kelvin durch Watt})$$

Die Einheit für den Wärmedurchlasswiderstand R ist Quadratmeter-Kelvin durch Watt.

Bei mehrschichtigen Bauteilen errechnet man den Wärmedurchlasswiderstand aus der Summe der Einzelwiderstände der verschiedenen Schichten.

$$R = \frac{d_1}{\lambda} + \frac{d_2}{\lambda} + \frac{d_3}{\lambda}$$

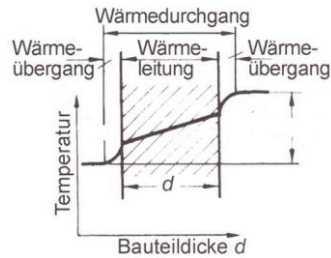
Der Wärmedurchlasswiderstand R kennzeichnet also die Wärmedämmwirkung eines Bauteils. Die Dämmwirkung ist umso grösser, je grösser der Wärmedurchlasswiderstand ist.

9.3 Wärmeübergangskoeffizient h

Die Wärme wird von der Oberfläche des einen Körpers auf einen anderen Körper übertragen, wenn sie miteinander in Berührung kommen und unterschiedliche Temperaturen haben. Diese Übertragung wird als Wärmeübergang bezeichnet. Der Wärmeübergang erfolgt immer vom wärmeren zum kälteren Körper.

Der Wärmeübergangskoeffizient (Formelzeichen: h) gibt die Wärmemenge an, die stündlich zwischen 1 m^2 Körperoberfläche und der berührenden Luft ausgetauscht wird, wenn der Temperaturunterschied zwischen Oberfläche und Luft 1 Kelvin beträgt.

Die Einheit für den Wärmeübergangskoeffizient h ist das Watt durch Quadratmeter.



Die Wärmemenge die stündlich infolge Wärmeübergang zwischen 1m Bauteiloberfläche und der berührenden Luft bei einem Temperaturunterschied von 1 Kelvin ausgetauscht wird, ist durch den Wärmeübergangskoeffizient h bestimmt.

- a) Wärmeübergang von der Luft zum Bauteil
- b) Temperaturabfall von der umgebenden Luft zur Bauteiloberfläche

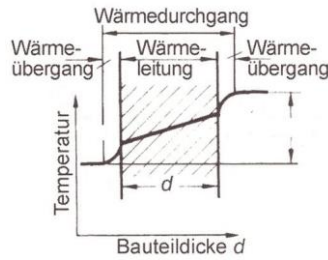
Wärmeübergangskoeffizienten für die Baupraxis sind in der nachfolgenden Tabelle angegeben. Meistens interessiert wegen des gesamten Wärmedurchgangs der Wärmeübergangswiderstand, also der Kehrwert von h . Der Wärmeübergangswiderstand R_s ist abhängig vom Bewegungszustand der Luft, von der Oberflächenbeschaffenheit der Fläche und von den Temperaturverhältnissen.

Rechenwerte der Wärmeübergangskoeffizienten h und Wärmeübergangswiderstände R_s .

Art der Wärmeübergangsfläche	Wärmeübergangskoeffizient h in $\frac{W}{m^2 \times K}$	Wärmeübergangswiderstand R_s in $\frac{m^2 \times K}{W}$
Innenseiten geschlossener Räume bei natürlicher Luftbewegung Wandflächen, Innenfenster, Außenfenster	8	0,13
Fussböden und Decken bei Wärmeübergang von		
a) unten nach oben	8	0,10
b) oben nach unten	6	0,17
Aussenseiten Bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von etwa 2 m/s	23	0,04

9.3 Wärmedurchgang U

Der gesamte Wärmetransport von der Luft auf der einen Seite eines Bauteils zur Luft auf der anderen Seite wird als Wärmedurchgang bezeichnet. Der Wärmedurchgang ergibt sich also aus der Gesamtheit des Wärmeübergangs auf beiden Bauteilseiten zuzüglich der Wärmeleitung durch das Bauteil.



Die Wärmemenge die insgesamt als Wärmedurchgang infolge Wärmeleitung und Wärmeübergang durch Bauteile durchgeht, wird mit dem Wärmedurchgangskoeffizient U in $W/M_2 \times K$.

- a) Wärmedurchgang als Summe aus Wärmeübergängen und Wärmeleitung
- b) Temperaturabfall von der Innen- zur Aussenluft.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Wärmeübergang an der Wandinnenseite} \\ + \\ \text{Wärmeleitung in der Wand} \\ + \\ \text{Wärmeübergang an der Wandaussenseite} \end{array} \right\} = \text{Wärmedurchgang}$$

Der Wärmedurchgang kann mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten berechnet werden. Er wird mit dem Formelzeichen U bezeichnet. Der Wärmedurchgangskoeffizient gibt die Wärmemenge an, die stündlich durch 1 m^2 eines Bauteils von 1 m Dicke übertragen wird, wenn der Temperaturunterschied zwischen der beiderseits angrenzenden Luft 1 Kelvin beträgt.

Die Einheit für den Wärmedurchgangskoeffizient U ist das Watt durch Quadratmeter-Kelvin.

$$\frac{W}{m^2 \times K}$$

Je kleiner der U -Wert ist, umso geringer ist der Wärmedurchgang. Die Berechnung erfolgt nach folgender Gleichung:

$$\text{Wärmedurchgangskoeffizient } U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \quad \text{in} \quad \frac{W}{m^2 \times K}$$

Hierbei sind:

R_{si}	Wärmedurchgangswiderstand an der Bauteil-Innenseite
R	Wärmedurchlasswiderstand aus Gleichung
R_{se}	Wärmedurchgangswiderstand an der Bauteil-Aussenseite

Der Wärmedurchgangskoeffizient U wird in der Praxis vereinfacht bezeichnet als U -Wert (früher: k -Wert).

9.4 Beispiele zur Berechnung des U -Wertes

Beispiele zum Wärmedurchlasswiderstand

1. Kelleraußenwand über dem Erdreich aus Kalksandstein-Steinen ($d=1.6 \text{ kg/dm}^3$) als Verblendmauerwerk ohne Aussen- und Innenputz 36.5 cm dick:

Wärmeleitfähigkeit	$\lambda_R = 0,79 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$
Wärmedurchlasswiderstand	$R = \frac{d}{\lambda_R} = \frac{0,365}{0,79} = 0,46 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$

Wärmedurchgangskoeffizient

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{(0,13 + 0,46 + 0,04) \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}}$$

$$U = \frac{1}{0,63 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}} = 1,59 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

2. Aussenwand aus Ziegelstein ($d=1.20$), 36.5 cm dick

$U =$

3. Eine Aussenwand 36.5 cm aus Porenbeton mit 2 cm Aussenputz aus Kalkzement und 1 cm Innenputz aus Gips.

$U =$