

WIDERSTAND IN DER WAND

Der U-Wert – das Bollwerk

Die Wand soll den Hausbewohner vor Kälte schützen – aber in dieser Hinsicht ist Wand bei Weitem nicht gleich Wand

Gerade wenn es darum geht, den U-Wert eines Bauteils zu bestimmen, braucht man ihn, den Durchblick. Nicht nur durch Formeln und Zusammenhänge, sondern auch durch das jeweilige Bauteil.

Der U-Wert – oder lang gesprochen der Wärmedurchlasskoeffizient – in der Einheit $W/(m^2K)$ ist für Architekten, Bauherren, Anlagenmechaniker und viele andere am Bau oder Umbau eines Hauses beteiligte Menschen eine interessante Größe.

Gibt doch dieser Wert Aufschluss über eine Leistung in Watt (W) bezogen auf einen Quadratmeter (m^2) sowie bezogen auf eine Temperaturdifferenz in Kelvin (K) von einem Grad. Der U-Wert gibt also schlichte Auskunft darüber, welche Leistung, z. B. an einer Außenwand, je Quadratmeter abgegeben wird, wenn innen eine Temperatur von z. B. $20^\circ C$ und außen eine Temperatur von $19^\circ C$ herrscht.

AB DURCH DIE WAND

Wird einer Wand beispielsweise ein U-Wert von $1 W/(m^2K)$ zugeordnet, geht durch einen Quadratmeter Fläche ein Watt Energie hindurch, wenn die Temperaturdifferenz der Wandoberflächen ein Kelvin beträgt. Beträgt die Wandfläche aber nicht einen, sondern z. B. fünf Quadratmeter, ist es nicht schwer, den Energiedurchgang für diese Wandfläche festzulegen. Und in Anlehnung an diese Aussage kann man statt einer

Temperaturdifferenz von nur einem Kelvin ($20^\circ C$ auf $19^\circ C$) auch eine Aussage treffen, welche Leistung denn wohl bei 30 Kelvin Differenz abgegeben wird, z. B. bei einer Zimmertemperatur von $20^\circ C$ und einer Außentemperatur von $-10^\circ C$.

Beispiel:

$$1 W/(m^2K) \cdot 5 m^2 \cdot 30 K = 150 W$$

An dieser Wand würden also 150 Watt Leistung abgegeben. Aber wen stört es? Zuerst einmal wird sich kaum einer beim Eintritt in ein Gebäude nach dessen U-Werten erkundigen. Spätestens aber im Winter ist der Hausbesitzer froh, wenn sein Häuschen nicht den eben berechneten U-Wert von $1 W/(m^2K)$ für die Außenwand besitzt. Er freut sich, wenn stattdessen ein U-Wert von beispielsweise $0,5 W/(m^2K)$ sein Haus gegen Auskühlung schützt. Verglichen mit dem ersten Berechnungsbeispiel macht ein um $0,5 W/(m^2K)$ geringerer U-Wert schon ordentlich was aus.

Gegenprobe:

$$0,5 W/(m^2K) \cdot 5 m^2 \cdot 30 K = 75 W$$

An diesen Außenwänden würde nur noch die Hälfte an Wärme verlorengehen. Der Hausbesitzer oder jener, der ein Häuschen errichtet oder kauft, ist an guten (folglich kleinen) U-Werten interessiert. Die Planer, also Architekten, Bauingenieure, Statiker und die Handwerker am Bau wie Maurer, Zimmerleute oder eben Anlagenmechaniker müssen mit den jeweiligen U-Werten umgehen oder eben eigene Leistungen darauf abstimmen. Der Anlagenmechaniker stimmt die Heizungsanlage auf diese U-Werte ab. Vermeintlich schlechte U-Werte führen beispielsweise zu der Auslegung von relativ großen Heizkörpern. Topp-U-Werte eines Niedrigenergiehauses machen nur relativ kleine Heizflächen nötig. Über viele Jahre ein Haus, das „schlechte“ U-Werte aufweist zu beheizen, ist kostenintensiver, als die gleiche Wohnfläche in einem Haus mit sehr guter Wärmedämmung zu temperieren. Dieser Zusammenhang wird für den Otto-Normal-Verbraucher angesichts steigender Energiepreise immer interessanter.

WIE WIRD'S GERECHNET?

Die Berechnung des U-Wertes ist nur auf den ersten Blick fremd. Hat man die Grundzüge verstanden, ist man in der Lage, zum Teil schon per Kopfrechnung Überschlagswerte auszusprechen.

Die Grundformel zur Entwicklung des U-Wertes lautet:

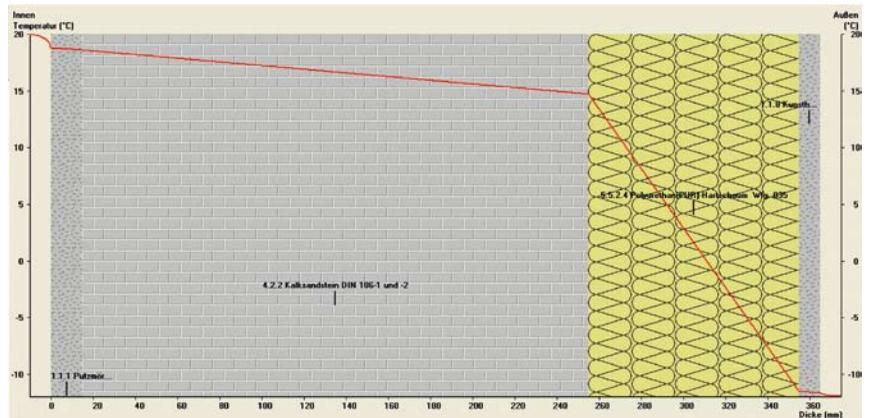
$$U = \frac{1}{R_T}$$

Der U-Wert ergibt sich also aus dem Kehrwert des Wärmedurchlasswiderstandes R_T . Aber wie errechnet sich dann R_T ? Für diesen Wert gilt folgende Gleichung:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n + R_{se}$$

Umgangssprachlich könnte man sagen: Addiere alle Einzelwiderstände zu einem Gesamtwiderstand (R_T) auf. Die Einzelwiderstände setzen sich zusammen aus dem ersten (R_{si}) und letzten (R_{se}) vom gleichen Typ, sowie die „Schichtwiderstände“ 1 (R_1) bis zur letzten (n-ten) Schicht (R_n). Die als Übergangswiderstände bezeichneten R_{si} und R_{se} ergeben sich aus Tabellen. Für R_{si} , also den inneren Übergangswiderstand, sind nur drei Werte relevant. Je nach Wärmestrom ergeben diese sich wie folgt:

▲ Für den Wärmestrom aufwärts gilt: $R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$ (beispielsweise an einer Decke)



So stellt sich die Wand im Schnitt dar, der hier rechnerisch zu Leibe gerückt wird

► Für den Wärmestrom horizontal gilt: $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ (beispielsweise an einer Außenwand)

▼ Für den Wärmestrom abwärts gilt: $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ (beispielsweise an einem Fußboden)

Für R_{se} , also den externen (äußeren) Übergangswiderstand, gilt:

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Es fehlen als letzte Größen also nur noch R_1 bis R_n . Hierfür sieht es formeltechnisch so aus:

$$R_{1,2,3\dots} = \frac{d_{1,2,3\dots}}{\lambda_{1,2,3\dots}}$$

Das heißt: Dicke der betrachteten Schicht geteilt durch den Lambda-Wert dieser Schicht ergibt den Widerstand der jeweiligen Schicht. Die Dicke der Schicht lässt sich ja noch ausmessen oder irgendwie bestimmen. Aber was hat es mit dem Lambda-Wert (λ -Wert) auf sich?

Der Lambda-Wert gibt Aufschluss über die Wärmeleitfähigkeit eines Stoffes. Gute Wärmeleiter wie Kupfer haben einen Lambda-Wert von beispielsweise 380 W/(mK) . Demgegenüber hat eine gebräuchliche Isolierung einen Wert von $0,035 \text{ W/(mK)}$.

DIE KLASSISCHE AUSSENWAND

Um das Gefühl für einen konkreten Wert zu bekommen, sei eine klassische Außenwand gegeben mit folgenden Schichten, aufgezählt von innen nach außen:

Schicht 1:

1,5 cm Innenputz mit λ -Wert von $0,87 \text{ W/(mK)}$



| | | |
|----------------|---|-----------------|
| Kehrwert | = | reciprocal |
| Leitfähigkeit | = | conductivity |
| Wärmedurchgang | = | heat transition |
| Widerstand | = | resistance |

Schicht 2:

24 cm Kalksandstein mit
λ-Wert von 0,56 W/(mK)

Schicht 3:

10 cm Wärmedämmung mit
λ-Wert von 0,035 W/(mK)

Schicht 4:

1,0 cm Außenputz mit
λ-Wert von 0,70 W/(mK)

Die Werte werden gesammelt:

$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ (horizontal innen)

$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ (extern, außen)

Für Schicht 1 gilt:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,015\text{m}}{0,87\text{W l(mK)}} = 0,017 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Für Schicht 2 gilt:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,24\text{m}}{0,56\text{W l(mK)}} = 0,429 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Für Schicht 3 gilt:

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_3} = \frac{0,10\text{m}}{0,035\text{W l(mK)}} = 2,857 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Für Schicht 4 gilt:

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_4} = \frac{0,01\text{m}}{0,70\text{W l(mK)}} = 0,014 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Die Addition der Widerstände ergibt den Gesamtwiderstand.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se}$$

$$R_T = 0,13 + 0,017 + 0,429 + 2,857 + 0,014 + 0,04$$

(die Einheit ist jeweils $\text{m}^2\text{K/W}$)

$$R_T = 3,487 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Der Widerstand, Wärme abzugeben, beträgt somit also $3,487 \text{ m}^2\text{K/W}$. Der Kehrwert des Wärmedurchlasswiderstandes ergibt den U-Wert:

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

$$U = \frac{1}{3,487\text{m}^2\text{K/W}} = 0,287 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

An dieser, schon recht gut isolierenden Außenwand, würden bei einer angenommenen Fläche von 10 Quadratmetern und

einer Temperaturdifferenz zwischen drinnen und draußen von 30 Kelvin

$$0,287 \text{ W/(m}^2\text{K)} \cdot 10 \text{ m}^2 \cdot 30 \text{ K} = 86 \text{ W}$$

rund 86 Watt abgegeben.

Es ist schon durch bloßes Hinschauen relativ klar, dass Wärmedämmungen ein Gebäude gegen Auskühlung schützen. Schaut man sich die Formel zur Berechnung des U-Wertes an, wird schnell deutlich: Der größte Wärmedurchgangswiderstand – hier im Beispiel Schicht 3 mit $2,857 \text{ m}^2\text{K/W}$ – wird auch durch die Wärmedämmschicht erreicht. Alle Widerstände zusammen ergeben den Gesamtwiderstand und der Kehrwert ergibt den U-Wert. •



Der Aufbau einer Wand entscheidet über den U-Wert und somit darüber, wie gut oder schlecht diese vor Wärmeverlusten schützt

