

8.1 Ermittlung der Transmissionswärmeverluste

Wärmeleitfähigkeit λ

Jeder Baustoff besitzt eine bestimmte Wärmeleitfähigkeit. So weisen z. B. Metalle eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit auf und leichte und poröse Stoffe eine eher geringe. Die entsprechende physikalische Größe ist der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]. Dieser Wert gibt die Wärmeleistung in Watt an, die durch 1 m² einer 1 m dicken Stoffschicht geleitet wird, wenn die beiden gegenüberliegenden Oberflächen einen Temperaturunterschied von 1 K (1°C) aufweisen. Es findet ein Wärmestrom von der wärmeren zur kalten Seite statt, dabei gelangt in den Stoffschichten eines Bauteiles Wärme durch Leitung, Konvektion und Strahlung von einer Baustoffschicht zur nächsten.

Wärmedurchlasswiderstand R

Der Wärmedurchlasswiderstand R, auch als Wärmedämmwert bezeichnet, wird als Quotient aus der Schichtdicke des Baustoffes und seinem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit berechnet. Bei geschichteten Wänden setzt sich der gesamte Wärmedämmwert aus den Wärmedurchlasswiderständen der einzelnen Schichten 1 bis n zusammen.

$$R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_n}{\lambda_n} \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

Wärmeübergangswiderstände R_{si} und R_{se}

An der Grenzschicht zwischen Innen- bzw. Außenluft wird beim Wärmeübergang von der Luft zur Wand eine Temperaturänderung hervorgerufen. Von der leicht bewegten Raumluft wird dabei Wärme an die Wandoberflächen übertragen. Daran ist auch Wärmeleitung in den angrenzenden Luftschichten beteiligt. Erfasst wird dieser Wärmeaustausch durch den Wärmeübergangswiderstand R_s . Er gibt die Wärmeleistung in Watt an, die je Quadratmeter Wandfläche durch Strahlung, Leitung und Konvektion übertragen wird, wenn der Temperaturunterschied zwischen Luft und Wandoberfläche 1 K beträgt. Die Wärmeübergangswiderstände von der Raumluft zur Bauteiloberfläche R_{si} bzw. zur Außenumgebung R_{se} sind in Tabelle 8.1-1 angegeben. Dabei muss beachtet werden, dass der Wärmeübergangswiderstand abgedeckter Außenoberflächen wie z. B. bei Dächern oder Vorhangfassaden als stark belüftete

Luftschicht gilt. Hier wird für R_{se} der gleiche Wert angenommen, wie der auf der raumseitigen Oberfläche vorhandene R_{si} -Wert bei einer horizontalen Richtung des Wärmestroms (siehe Zeile 3, Tabelle 8.1-1).

Tab. 8.1-1: Wärmeübergangswiderstände R_s , nach [1].

| Wärmeübergangswiderstand [(m ² K)/W] | Richtung des Wärmestroms | | |
|---|--------------------------|------------|---------|
| | Aufwärts | Horizontal | Abwärts |
| R_{si} -Innenraum | 0,10 | 0,13* | 0,17 |
| R_{se} -Außenluft, nicht abgedeckt | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| R_{se} -Außenluft, abgedeckt und hinterlüftet | 0,13 | 0,13 | 0,13 |

*auch gültig für geneigte Bauteilflächen über ± 30° zur horizontalen Ebene

Wärmedurchgangswiderstand R_T

Werden der innere und der äußere Wärmeübergangswiderstand zum Wärmedurchlasswiderstand der Wand hinzugezählt, so ergibt sich der Wärmedurchgangswiderstand R_T :

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

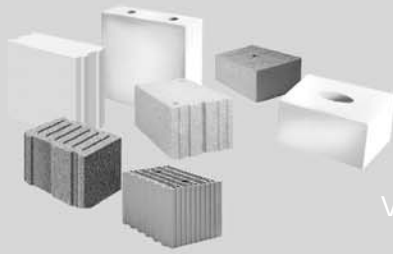
Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)

Nach der Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes kann der Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K] durch Bildung des Kehrwertes bestimmt werden. Der Wärmedurchgangskoeffizient, auch U-Wert genannt, dient der Berechnung des Transmissionswärmeverlusts nach der Energieeinsparverordnung.

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{(R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + R_{se})} \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Die U-Werte sind auf zwei wertanzeigende Stellen (meist zwei Nachkommastellen) zu runden. Weiterhin wird der U-Wert mit einem Index versehen:

- AW Außenwand
- w Fenster (window)
- G Erdreich (ground)
- D Dach
- u unbeheizt
- nb niedrig beheizt



Ruhende und belüftete Luftschichten

Befindet sich im Bauteil eine ruhende Luftschicht, ergibt sich deren Wärmedurchlasswiderstand R in Abhängigkeit von der Dicke der Luftschicht und der Richtung des Wärmestroms nach Tabelle 8.1-2.

Tab. 8.1-2: Wärmedurchlasswiderstand R [m^2K/W] von ruhenden Luftschichten in Abhängigkeit von der Dicke der Luftschicht und der Richtung des Wärmestroms (Zwischenwerte dürfen interpoliert werden), nach [1].

| Dicke der Luftschicht [mm] | Richtung des Wärmestroms | | |
|----------------------------|--------------------------|-------------|---------|
| | aufwärts | horizontal* | abwärts |
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 0,11 | 0,11 | 0,11 |
| 7 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| 10 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 15 | 0,16 | 0,17 | 0,17 |
| 25 | 0,16 | 0,18 | 0,19 |
| 50 | 0,16 | 0,18 | 0,21 |
| 100 | 0,16 | 0,18 | 0,22 |
| 300 | 0,16 | 0,18 | 0,23 |

* auch gültig für geneigte Bauteilflächen über $\pm 30^\circ$ zur horizontalen Ebene

Diese Kennwerte gelten nur für den Fall, dass die Luftschicht von der Umgebung weitestgehend abgeschlossen ist. D. h., dass 500 mm^2 Belüftungsöffnungen pro laufendem Meter vertikalem Luftspalt bzw. m^2 Oberfläche bei horizontaler Luftschicht nicht überschritten werden dürfen. Dies bedeutet z. B., dass bei kerngedämmten, zweischaligem Mauerwerk mit Entwässerungsöffnungen in Form nicht vermörtelter Stoßfugen im Sockelbereich von einer ruhenden Luftschicht zwischen Dämmung und Vormauerung ausgegangen werden kann. Sind Luftschichten vorhanden, die als schwach belüftet anzusehen sind – Lüftungsöffnungen zwischen 500 und 1500 mm^2 pro m bzw. m^2 , wird mit der Hälfte des in Tabelle 8.1-2 angegebenen Wertes gerechnet.

Dabei ist hier eine Ausnahme bei Außenschichten (zwischen Luftschicht und Umgebung) mit R -Werten $>0,15 m^2K/W$ zu beachten: Der Wärmedurchlasswiderstand dieser Außenschicht darf nur mit einem Höchstwert von $0,15 m^2K/W$ angesetzt werden. In der Baupraxis werden schwach belüf-

tete Luftschichten in der Regel kaum zu finden sein. Anders verhält es sich mit stark belüfteten Luftschichten. Diese befinden sich z. B. unterhalb einer Dacheindeckung oder ggf. in der darunter liegenden unteren Belüftungsebene zwischen Wärmedämmung und z. B. Unterspannbahn. Sie weisen definitionsgemäß Öffnungen zur Außenumgebung, und zwar $>1500 mm^2$ Belüftungsöffnung pro laufendem Meter vertikalem Luftspalt bzw. m^2 Oberfläche bei horizontaler Luftschicht auf.

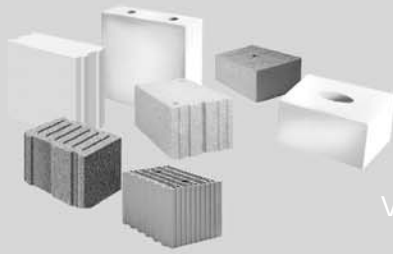
Zweischaliges Mauerwerk mit belüfteter Luftschicht nach DIN 1053:1996-11 fällt unter die Definition „stark belüftet“. Die Luftschicht und die Vormauerschale werden somit bei der U-Wert Ermittlung nicht berücksichtigt und statt dessen wird der äußere Wärmeübergangswiderstand R_{se} nach Tabelle WA2/1, Zeile 3, Spalte 1 von $0,13 m^2K/W$, angesetzt.

Erdberührte Bauteile

Für diesen, in DIN EN ISO 13370:1998-12 „Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmeübertragung über das Erdreich“ exakt geregelten Fall, lässt die DIN 4108-2:2003-07 eine vereinfachte Betrachtung zu. Grundsätzlich werden die raumseitig hinter der Gebäudeabdichtung liegenden Materialschichten analog der Vorgehensweise bei luftberührten Bauteilen berücksichtigt. Im Erdreich liegende, äußere Wärmedämmschichten z.B. aus extrudiertem Polystyrol oder Schaumglas werden als sog. Perimeterdämmung bezeichnet und werden bei der U_G -Wert Ermittlung dann voll angerechnet, wenn diese Dämmung nicht ständig im Grundwasser liegt, lang anhaltendes Stauwasser oder drückendes Wasser vermieden wird und die Dämmplatten dicht gestoßen und im Verband verlegt eben auf dem Untergrund aufliegen.

Wärmebrückeneffekte

Wärmebrücken sind sowohl unter energetischen als auch hygienischen Gesichtspunkten Schwachstellen in der Gebäudekonstruktion. Der Anteil von Wärmebrücken an den Transmissionswärmeverlusten kann je nach Randbedingungen bis zu 20% und mehr betragen. Gleichzeitig steigt das Risiko der Schimmelpilzbildung. Mit zunehmender Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes gewinnt der Beitrag von Wärmebrücken



am Transmissionswärmeverlust an Bedeutung. Seit der Einführung der EnEV müssen Wärmebrücken daher sowohl bei der Energiebilanz eines Gebäudes, als auch aus hygienischen Gründen berücksichtigt werden.

Wärmebrücken

Wärmebrücken sind örtlich begrenzte Bereiche mit einer im Vergleich zu anderen Bauteilbereichen erhöhten Wärmestromdichte. Durch den lokal erhöhten Wärmeabfluss sinkt die Oberflächentemperatur auf der Bauteilinnenseite. Dadurch kommt es zu einer hohen relativen Luftfeuchtigkeit in der Nähe der Wandoberfläche oder zu Tauwasser auf der Bauteiloberfläche. Unter bestimmten Randbedingungen (rel. Luftfeuchtigkeit >80%, Temperatur, Nahrungsangebot, Dauer der Einwirkung) kann es zur Schimmelpilzbildung kommen. Dies ist nicht nur ein optischer Mangel, sondern kann auch zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen wie z. B. allergischen Reaktionen, führen.

Prinzipiell lassen sich Wärmebrücken in zwei Gruppen einteilen. Dies sind geometrisch bedingte Wärmebrücken (Abb. 8.1-1) und stofflich bedingte Wärmebrücken (Abb. 8.1-2).

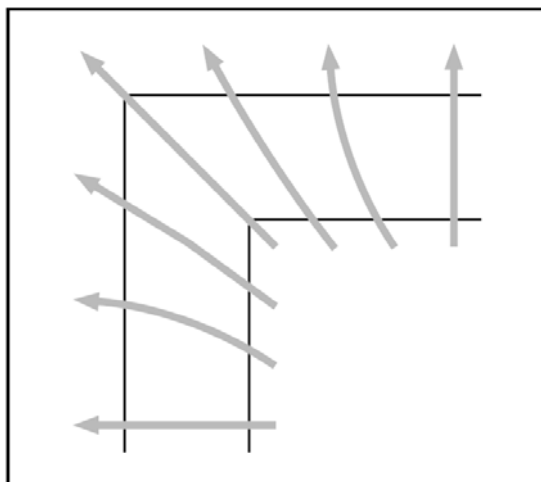


Abb. 8.1-1: Wärmestromverlauf durch eine zweidimensionale, monolithische Außenwanddecke, aus [1].

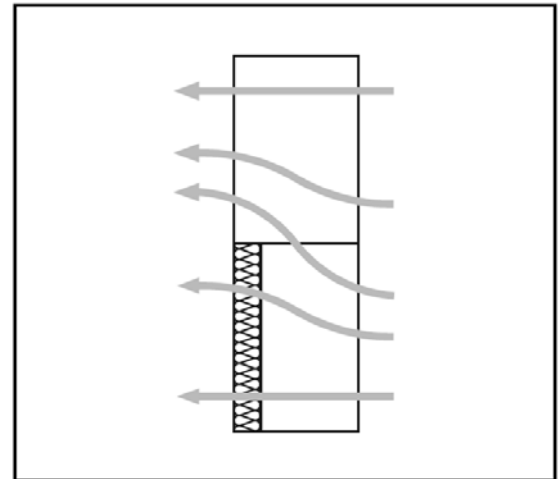


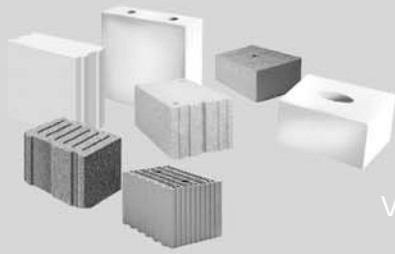
Abb. 8.1-2: Wärmestromverlauf in einem aus zwei nebeneinander liegenden Bereichen zusammengesetzten Außenbauteil, aus [1].

In der Praxis findet man häufig eine Überlagerung der beiden Phänomene. Ein typischer Vertreter einer geometrischen Wärmebrücke ist eine Außenecke. Im ungestörten Bauteilbereich sind die Flächen der wärmeaufnehmenden Innenoberfläche und der wärmeabgebenden Außenoberfläche gleich groß. Im Gegensatz dazu ist die wärmeabgebende Außenoberfläche im Eckbereich wesentlich größer als die wärme aufnehmende Innenoberfläche. Das Resultat ist ein erhöhter Wärmestrom im Eckbereich.

Stofflich bedingte Wärmebrücken werden charakterisiert durch nebeneinanderliegende Bauteilbereiche mit deutlich unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten. Beispiele hierzu sind der Anschluss einer Decke an eine Außenwand, eine Stahlbetondecke im Balkonbereich oder eine Stahlbetonstütze im Mauerwerk bei einer Skelettkonstruktion.

Die aus den zuvor angesprochenen Wärmebrücken resultierenden zusätzlichen Verluste werden im Rahmen der U-Wert Ermittlung nicht berücksichtigt, sondern über die gesonderte Berechnung der längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ bewertet.

Die Mauersteinhersteller bieten umfangreiche Wärmebrückenkataloge zur Planung und Nachweisführung von produktspezifischen Wärmebrückendetails an. Auf Grund der ständigen Erweiterung und Aktualisierung dieser Planungshilfen



wird an dieser Stelle auf eine weitergehende Betrachtung der Thematik nicht eingegangen und auf die Mitgliedsunternehmen der DGfM verwiesen.

- Stand: 08/2009
Quelle: [1] Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel: EnEV Energieeinsparverordnung, 10/2007
[2] Hauser, G.; Maas, A.: *Energiesparverordnung*. Hrsg.: Bundesverband Kalksandsteinindustrie e. V., Hannover 2007
[3] Bundesverband Porenbeton: *Wärmebrückeneffekte*, 2002