



## Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U nach zukünftig geltenden Normen

### 1. Einleitung

Die DIN 4108-2 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz [1] ist mit Erscheinungsdatum März 2001 veröffentlicht worden. Dieser Normteil ersetzt den bis daher gültigen mit Datum August 1981 und bringt neben verschärften Anforderungen an den Mindestwärmeschutz auch eine verbindliche Neuregelung für die Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten. Diese in der Vergangenheit nach DIN 4108-5 ermittelten sog. k-Werte werden zukünftig nach leicht abgewandelten Rechenregeln der internationalen Norm DIN EN ISO 6946, Bauteile-Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient-Berechnungsverfahren [2] errechnet. Neben geänderten Randbedingungen zum Wärmeübergang an flächigen Bauteilen und in Luftschichten ändert sich auch die Bezeichnung des Wärmedurchgangskoeffizienten zum U-Wert. Spätestens mit der Einführung der Energieeinsparverordnung im Jahr 2002 wird diese schon seit 1996 genormte Vorgehensweise bauordnungsrechtlich relevant.

Der Anwendungsbereich der DIN EN ISO 6946 erstreckt sich auf flächige, luftberührte Bauteile. Er umfasst nicht die Ermittlung der U-Werte von Türen, Fenstern und anderen verglasten Einheiten sowie von erdreichberührten Bauteilen. Hierzu sind andere europäisch harmonisierte Normen anzuwenden, auf die im Folgenden noch näher eingegangen wird.

### 2. U-Wert Ermittlung luftberührter Bauteile

#### 2.1 Standardfälle

Die Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen sind mit Hilfe der **Rechenwerte** der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  der verwendeten Materialien und ihren Schichtdicken  $d$  zu berechnen. Diese Rechenwerte sind z.B. der DIN V 4108 – 4 Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte [3], oder darüber hinaus der DIN EN 12524 Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte [4] zu entnehmen. Für nicht genormte Stoffe sind die Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit z.B. in deren bauaufsichtlichen Zulassungen enthalten oder im Rahmen von Übereinstimmungsnachweisen festgelegt. Der U-Wert eines geschichteten, ebenen Bauteils errechnet sich wie folgt:

$$U = 1 / ( R_{si} + d_1/\lambda_1 + \dots + d_n/\lambda_n + R_{se} )$$

Dabei müssen zwei Stellen hinter dem Komma angegeben werden [2]. Weiterhin wird der U-Wert mit einem Index versehen. Die in DIN 4108 benutzten Indizes lauten:

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

Die Wärmeübergangswiderstände von der Bauteiloberfläche zur Raumluft  $R_{si}$  bzw. Außenumgebung  $R_{se}$  sind vereinfachend der Tabelle 1 zu entnehmen oder

aber nach Anhang A der DIN EN ISO 6946 exakt zu ermitteln. Dabei muss beachtet werden, dass der Wärmeübergangswiderstand abgedeckter Außenoberflächen wie z.B. bei Dächern oder Vorhangfassaden mit dem in der Vergangenheit bekannten  $1/\alpha_a$  – Wert von 0,08

$\text{m}^2 \text{K/W}$  zukünftig wie eine stark belüftete Luftschicht angesetzt werden muss. Dann wird  $R_{se}$  die gleiche Größenordnung annehmen, wie der auf der raumseitigen Oberfläche vorhandene  $R_{si}$  – Wert (siehe Zeile 3, Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Wärmeübergangswiderstände  $R_s$ , nach [2].

Wärmeübergangswiderstand [ $\text{m}^2 \text{K} / \text{W}$ ]	Richtung des Wärmestroms		
	Aufwärts	Horizontal	Abwärts
$R_{si}$ – Innenraum	0,10	0,13	0,17
$R_{se}$ – Außenluft	0,04	0,04	0,04
$R_{se}$ – Außenluft, abgedeckt	0,10	0,13	0,17

Befinden sich im Bauteil eine ruhende Luftschicht, ergibt sich deren Wärmedurchlasswiderstand  $d/\lambda$  in Abhängigkeit der Dicke der Luftschicht und der Richtung des hindurch fließenden Wärmestroms nach Tabelle 2. Diese Kennwerte gelten nur für den Fall, dass die Luftschichten von der Umgebung weitestgehend abgeschlossen sind. D.h., dass 500  $\text{mm}^2$  Belüftungsöffnung pro laufen-

dem Meter vertikalem Luftspalt bzw.  $\text{m}^2$  Oberfläche bei horizontaler Luftschicht nicht überschritten werden darf. 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.

**Tabelle 2:** Wärmedurchlasswiderstand [ $\text{m}^2 \text{K/W}$ ] von ruhenden Luftschichten in Abhängigkeit der Dicke der Luftschicht und der Richtung des Wärmestroms, nach [2] (Zwischenwerte dürfen interpoliert werden).

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

Sind Luftschichten vorhanden, die als schwach belüftet anzusehen sind, wird mit der Hälfte des in Tabelle 2 angegebenen Wertes gerechnet. Hier ist eine Ausnahme bei Außenschichten (zwischen Luftschicht und Umgebung) mit  $d/\lambda$  -

Werten  $> 0,15 \text{ m}^2 \text{K/W}$  zu beachten: Der Wärmedurchlasswiderstand der Luftschicht darf nur mit einem Höchstwert von  $0,15 \text{ m}^2 \text{K/W}$  angesetzt werden. In der Baupraxis werden schwach belüftete Luftschichten in der Regel kaum zu

finden sein. Anders verhält es sich mit stark belüfteten Luftschichten. Diese befinden z.B. unterhalb einer Dacheindeckung aus Dachziegeln oder aber falls vorhanden in der darunter liegenden unteren Belüftungsebene. Sie weisen definitionsgemäß Öffnungen zur Außenumgebung  $> 1500 \text{ mm}^2$  Belüftungsöffnung pro laufendem Meter vertikalem Luftspalt bzw.  $\text{m}^2$  Oberfläche bei horizontaler Luftschicht auf. So fällt zweischaliges Mauerwerk mit belüfteter Luftschicht nach DIN 1053 ebenfalls unter diese Definition. Der Rechenwert des Wärmedurchlasswiderstands einer derartigen Luftschicht ist gleichzusetzen dem Wärmeübergangswiderstand nach Tabelle 1, Zeile 3  $R_{\text{se,abgedeckt}}$ , da alle weiteren außenseitigen Schichten bei der  $U_{\text{AW}}$ -Wert Ermittlung nicht mehr berücksichtigt werden.

## 2.2 Sonderfälle

Der Wärmedurchlasswiderstand eines Bauteils zusammengesetzt aus homogenen und inhomogenen Schichten sollte nach DIN EN ISO 6946 nach einem recht komplizierten Muster mit einer Grenzwert- und Fehlerbetrachtung erfolgen. Dieser Fall trifft für die U-Wert Berechnung typischer Sparrendächer zu, da Dämmschichten neben Holzsparren anderer Höhe liegen können oder aber bei Unter-/Übersparrendämmungen Felder übergreifende Schichtungen vorliegen. Für diesen Fall wird empfohlen, zukünftige Berechnungen für den Sparren- und den Gefachebereich jeweils getrennt durchzuführen und dabei eine homogene Schichtung anzunehmen. Der Fehler zwischen diesen beiden Verfahren ist äußerst gering und beträgt bei  $U_{\text{D}}$ -Werten der Dächer zwischen  $0,15$  und  $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  maximal  $5 \%$ . Bei Sparren/Gefach Anteilen  $< 10\%/90\%$  liegt er unter  $3 \%$  und findet sich erst an 3. Stelle hinter dem Komma wieder. Die Ermittlung des richtigen Flächenanteils ist für die korrekte  $U_{\text{D}}$ -Wert Ermittlung daher von größerer Bedeutung.

Ebenfalls kompliziert gestaltet sich die vereinfachte „exakte“ Berechnung keilförmiger Schichten, z.B. Flachdachdämmungen mit Gefälle. Auch hier wird empfohlen, abschnittsweise mittlere, auf der sicheren Seite liegende homogene Schichtdicken bei der U-Wert Ermittlung anzusetzen.

U-Wert Korrekturen für Bauteile mit Dämmschichten, an deren Rückseite eine Luftzirkulation auftreten kann (z.B. nicht sorgfältig aufgebraute WDVS) können je nach Ausführung mit  $\Delta U$  Werten beaufschlagt werden. Dies trifft ebenso für punktuelle, eine Dämmschicht durchdringende Befestigung zu. Auf diese Fälle wird im Einzelnen allerdings nicht weiter eingegangen, da hierzu Regelungen an anderer Stelle getroffen sind

Bei Einsatz von Umkehrdächern aus extrudierten Polystyrolplatten, die nicht langfristig durch Wasser überstaut sein dürfen und gleichzeitig mit einer Kieschicht oder einem anderen geeigneten Material abgedeckt sind, werden Korrekturen erforderlich, die in DIN 4108-2 festgelegt sind. Grundsätzlich wird der in bekannter Weise ermittelte Wärmedurchgangskoeffizient  $U_{\text{D}}$  mit einem Zuschlag  $\Delta U$  versehen. Dieser ergibt sich in Abhängigkeit des raumseitigen, unterhalb der Abdichtung liegenden Anteils des gesamten Wärmedurchlasswiderstands wie folgt:

Raumseitiger Anteil des Wärmedurchlasswiderstands [%]	$\Delta U$ [ $\text{W}/\text{m}^2 \text{ K}$ ]
$< 10$	0,05
10 – 50	0,03
$> 50$	0

## 3. U-Wert Ermittlung von Türen, Fenstern und verglasten Bauteilen

Die Ermittlung der U-Werte vorwiegend transparenter Bauteile hat nach DIN EN ISO 10077-1 Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

– Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten [5] zu erfolgen. Dabei muss darauf hingewiesen werden, dass Dachflächenfenster auf Grund ihrer komplexen Rahmenkonstruktion sowie Vorhang- und Ganzglasfassaden hier nicht geregelt werden. Die zukünftigen  $U_w$ -Werte ( $w$  steht für window) setzen sich aus dem  $U_g$  – Wert der Verglasung, dem  $U_f$ -Wert des Rahmens und dem längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\Psi_g$  des Glas-Abstandhalter-Verbundes zusammen. Die in der Vergangenheit praktizierte  $k$ -Wert Ermittlung mit der Festlegung von 5 verschiedenen Rahmenmaterialgruppen und konstanten Glas-/Rahmenanteilen wird hinfällig. Neben der Materialwahl beeinflusst zukünftig auch die Fenstergröße durch die Berücksichtigung des Randverbunds entscheidend den  $U_w$ -Wert. Derzeit wird diskutiert, ob weiterhin tabellierte  $U$ -Werte für Fenster in der DIN 4108-4 aufgeführt werden, oder aber ob ausschließlich die Fensterhersteller diese Angaben zu machen haben. DIN 10077 enthält im informativen Anhang Anhaltswerte für  $U_w$  verschiedenster Fensterkonstruktionen in Abhängigkeit der Glas-/Rahmenanteile sowie Korrekturen für sog. Abschlüsse z.B. geschlossene Rollläden. Es lässt sich allerdings feststellen, dass die  $U_w$ -Werte insgesamt um etwa  $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  gegenüber derzeitiger Regelung ansteigen werden, also in der Vergangenheit eine zu optimistische Festlegung der Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgte.

#### **4. U-Wert Ermittlung erdreichberührter Bauteile**

Diesen, normalerweise nach DIN EN ISO 13370 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmeübertragung über das Erdreich [6] zu behandelnden Fall regelt die DIN 4108-2 auf vereinfachende Weise. Grundsätzlich werden die raumseitig der Gebäudeabdichtung liegenden berücksichtigt. Im Erdreich liegende,

Materialschichten analog der Vorgehensweise bei luftberührten Bauteilen 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 [1].

#### **5. Literatur**

- [1] DIN 4108-2: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, Ausgabe März 2001. Beuth Verlag, Berlin.
- [2] DIN EN ISO 6946: Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren, Ausgabe 1996. Beuth Verlag, Berlin.
- [3] DIN V 4108 - 4: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte, Ausgabe Oktober 1998. Beuth Verlag, Berlin.
- [4] DIN EN 12524: Baustoffe und –produkte - Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte, Ausgabe 2000. Beuth Verlag, Berlin.
- [5] DIN EN ISO 10077-1 Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten-Teil 1: Vereinfachtes Verfahren, Ausgabe 2000. Beuth Verlag, Berlin.
- [6] DIN EN ISO 13370 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmeübertragung über das Erdreich – Berechnungsverfahren, Ausgabe 1998. Beuth Verlag, Berlin.

Bonn, Mai 2001  
Gi-GdJ AMz