

Studie zur „Warmen Kante“:

# Thermische Bewertung des Isolierglasrandverbundes

Relativ zum Glaszentrum bildet der Randverbund von Isolierglas eine Wärmebrücke. Dies zeigt sich offensichtlich durch die Bildung von Tauwasser im Randbereich und weniger offensichtlich durch einen zusätzlichen Wärmeverlust. Steigende Anforderungen an die Wärmedämmung haben deshalb in letzter Zeit das Interesse an einem thermisch verbesserten Randverbund verstärkt. Neben dem ursprünglichen Ziel, die Tauwassergefahr am Scheibenrand zu verringern, steht nun der zusätzliche Wärmeverlust im Vordergrund.

Derzeit werden unterschiedliche thermisch verbesserte Randverbundsysteme angeboten und mit verschiedenen Kennzahlen, wie z. B. einem effektiven k-Wert am Glasrand, einem  $\Psi$ -Wert nach 10 211 usw. bewertet. Ein direkter Vergleich dieser Werte und damit eine faire Beurteilung der Leistungsfähigkeit ist damit nicht möglich. Es ist daher notwendig, eine allgemeine Berechnungsgrundlage zu schaffen.

## Regelwerke

Der zusätzliche Wärmeverlust durch lineare Wärmebrücken, wie z. B. der Übergang Glas – Rahmen, wird entsprechend der Grundsatznorm DIN EN ISO 10 211-1:11-1995 durch den linearen Wärmedurchgangskoeffizienten ( $\Psi$ -Wert) charakterisiert. Der  $\Psi$ -Wert hat die Einheit W/mK. Diese Darstellung wurde in der für Fenster gültigen Norm E DIN EN ISO 10 077-1

übernommen. Für das Fenster gilt dann, siehe Bild 1:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \Psi_g}{A_g + A_f}$$

Das bedeutet, daß bei der Berechnung des U-Wertes anders als beim k-Wert auch der Einfluß des Übergangs „Glas-Rahmen“ durch den Wert  $\Psi_{fg}$  berücksichtigt wird. Dieser Wert hängt von der Art des Rahmens, von der Art des Isolierglases und eben auch von der Art des Isolierglas-Randverbundes ab und kann durch Messung oder zukünftig auch durch Rechnung nach EN ISO 10 077-2 bestimmt werden. Diese Norm regelt die Randbedingungen der zweidimensionalen Wärmestromberechnung, ist aber noch nicht fertiggestellt. Der Entwurf wird zur Zeit für die abschließende Umfrage („formal vote“) überarbeitet und wird ein Berechnungsbeispiel zum Glasrand enthalten.

## Berechnung

Nach E DIN EN ISO 10 077-2 ergibt sich der  $\Psi$ -Wert aus

$$\Psi = L_{\Psi}^{2D} - l_f U_f - l_g U_g$$

hierbei gilt für den U-Wert des Rahmens:

$$U_f = (L_f^{2D} - l_p U_p) / l_f$$

Dabei ist:

- $\Psi$  der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient, in W/(mK),
- $L^{2D}$  der zweidimensionale thermische Leitwert, in W/(mK),
- $U_g$  der Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung, in W/(m<sup>2</sup>K),
- $U_f$  der Wärmedurchgangskoeffizient des Profils, in W/(m<sup>2</sup>K),
- $U_p$  der Wärmedurchgangskoeffizient der Füllung, in W/(m<sup>2</sup>K),
- $l_g$  die sichtbare Breite der Verglasung, in m,

- $l_f$  die projizierte Breite des Rahmenprofils, in m,
- $l_p$  die sichtbare Breite der Füllung, in m

Da sich der gesuchte  $\Psi$ -Wert letztlich aus der Differenz der berechneten  $L^{2D}$ -Werte ergibt, stellen sich hohe Anforderungen an das Berechnungsverfahren. Die Diskretisierung des betrachteten Querschnitts und die Lösung der damit verbundenen Gleichungssysteme führt dabei zu einem Zielkonflikt zwischen

- Modellierung und Elementierung
  - Numerik und Konvergenzverhalten
- Um den Berechnungsfehler zu minimieren, muß dieser Konflikt durch einen sinnvollen Kompromiß gelöst werden. Die Grundlagennorm DIN EN ISO 10 211-1:1995-11 gibt hierzu Hinweise und stellt Anforderungen an das Verfahren. Werden diese Anforderungen eingehalten, so ergibt sich für den absoluten Fehler des  $\Psi$ -Wertes ein für die vorliegende Untersuchung nicht akzeptabler Wert von  $\Delta\Psi = \pm 0,02$  W/mK. Es ist deshalb unbedingt notwendig, unabhängige Fehler in der Berechnung der  $L^{2D}$ -Werte zu vermeiden.

## Ergebnis

Es wurden sechs unterschiedliche thermisch verbesserte Randverbundsysteme und zum Vergleich ein konventioneller Randverbund mit Al-Abstandhalter untersucht. Da der  $\Psi$ -Wert nur in Verbindung mit Glas und Rahmen sinnvoll ist, wurden zwei heute übliche Verglasungen (Zweifach- bzw. ein Dreifach-Isolierglas) und drei unterschiedliche Rahmen ähnlich EN ISO

10 077-2 verwendet. Für jedes Randverbund-System wurden somit sechs  $\Psi$ -Werte ermittelt. Die Einzelheiten und Bezeichnungen sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Das Ergebnis der Untersuchung zeigt das Diagramm in Bild 2. Die Berechnung wurde mit dem Programm WINISO durchgeführt. Die ermittelten  $\Psi$ -Werte liegen je nach Glas-Rahmen-Kombinationen und Randverbund-System zwischen 0,04 W/mK und 0,11 W/mK. Für den Einfluß von Verglasung und Rahmen auf den  $\Psi$ -Wert gilt allgemein:

- der  $\Psi$ -Wert bei Zweifach- bzw. Dreifachverglasung unterscheidet sich nur gering.
- der  $\Psi$ -Wert unterscheiden sich bei Holz- und Kunststoffrahmen kaum, während er beim Aluminiumrahmen signifikant höher liegt.

Damit sind für jedes Randverbund-System zwei Kennwerte ausreichend:

- ein  $\Psi$ -Wert für Holz- oder Kunststoffprofile
- ein  $\Psi$ -Wert für Aluminiumprofile

Das Randverbund-System des Isolierglases hat natürlich einen wesentlichen Einfluß auf die  $\Psi$ -Werte. Thermisch verbesserte Randverbund-Systeme liegen hier relativ zum Aluminiumabstandhalter um 30 % bis 50 % günstiger. Dies bedeutet für ein Fenster mit Standardabmessungen ohne Sprossen eine Verbesserung des U-Wertes zwischen 0,1 W/m<sup>2</sup>K und 0,3 W/m<sup>2</sup>K. Bei Sprossen bzw. kleinen Fenstern ist der Einfluß noch erheblich bedeutsamer.

Daß die Entwicklung der „Warmen Kante“ noch nicht abgeschlossen ist, zeigt ein nachträglich untersuchtes System. Die Einzelheiten des Forschungsvorhabens „Warm Edge“ finden sich im Abschlußbericht des i.f.t. vom Juli 1999.

Thermisch verbesserte Isolierglas-Randverbund-Systeme wirken sich sowohl auf den Wärmeverlust als auch auf die Oberflächentemperatur am Glasrand günstig aus. Der Kennwert „linearer Wärmedurchgangskoeffi-

Bezeichnung	Verglasung	
	Zweifach	Dreifach
Rahmen		
Holz	1,3 W/m <sup>2</sup> K	H2
PVC mit Stahl	1,9 W/m <sup>2</sup> K	K2
Aluminium	2,0 W/m <sup>2</sup> K	A2
	1,2 W/m <sup>2</sup> K	0,8 W/m <sup>2</sup> K
	H3	H3
	K3	K3
	A3	A3

Tabelle 1: Bezeichnung der Glas – Rahmen – Kombinationen

zient“ oder kurz  $\Psi$ -Wert wird zukünftig beim Wärmedurchgangskoeffizient UW des Fensters berücksichtigt und kann nach DIN EN ISO 10 077-2 berechnet werden. Ein Vergleich unterschiedlicher Systeme ist nur zulässig, wenn die dort beschriebenen Randbedingungen und Berechnungskriterien sorgsam eingehalten werden. Ein Vergleich mit früher ermittelten  $\Psi$ -Werten ist wegen der unterschiedlichen Definitionen nicht sinnvoll.

Heute verfügbare thermisch verbesserte Randverbund-Systeme verringern

den  $\Psi$ -Wert relativ zu einem konventionellen Randverbund zwischen 30 % und 50 %. Je nach Rahmen und Verglasung bedeutet dies für ein Fenster üblicher Größe eine Verbesserung des U-Wertes zwischen 0,1 W/m<sup>2</sup>K und 0,3 W/m<sup>2</sup>K. Gleichzeitig wird die Gefahr der Tauwasserbildung im Randbereich des Isolierglases deutlich verringert. □

Prof. Dr. rer. nat. Franz Feldmeier,  
Fachhochschule Rosenheim,  
(E-Mail: feldmeier@fh-rosenheim.de)

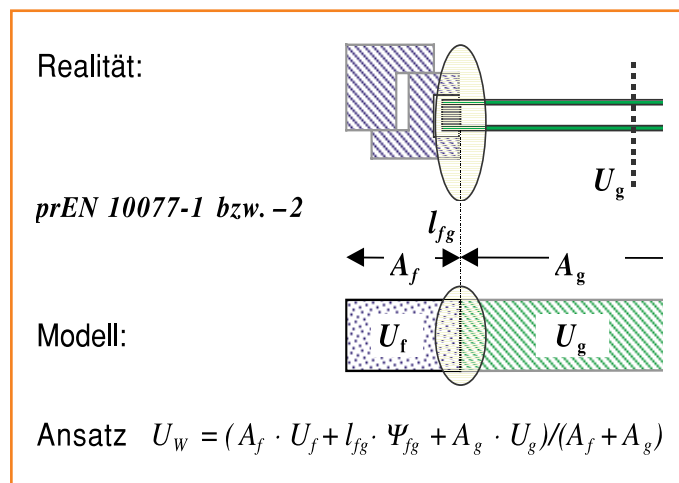


Bild 1: Bei der Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten eines Fensters nach E DIN ISO 10 007-1 (U<sub>w</sub>-Wert) wird zukünftig auch der Übergang Glas-Rahmen durch einen  $\Psi$ -Wert berücksichtigt.

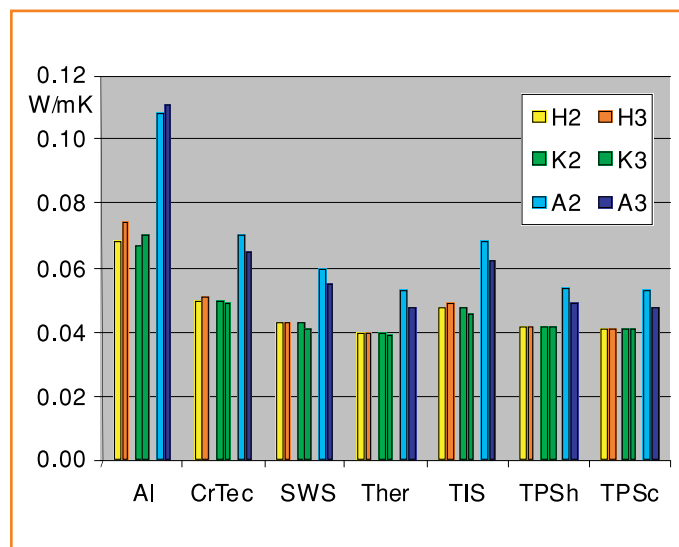


Bild 2: Linearer Wärmedurchgangskoeffizient für unterschiedliche Abstandhalter-systeme