

Geneigt ist anders – U-Werte geneigter Verglasungen

Sollten U-Werte künftig auch bei nicht senkrechten Fällen angegeben werden? Diese Frage sorgt derzeit für Diskussionsstoff. ift-Experte Michael Rossa sagt Ihnen hier alles Wissenswerte dazu.

GFF-Experten

Autor: Dipl.-Phys. Michael Rossa, ift
Grafiken: GFF; Quelle: ift Rosenheim

Tatsache ist: Bei geneigten Verglasungen, wie zum Beispiel bei Dachflächenfenstern, erhöht sich der U_g -Wert des Mehrscheibenisoliertes aus physikalischen Gründen. Die Veränderung ist derart groß, dass sie für bauphysikalische Betrachtungen und Berechnungen zum Wärmeschutz von Gebäuden nicht vernachlässigt werden kann. Die größten Effekte treten beim Zweifachisoliertes auf (siehe Grafiken unten). Ursache für die Zunahme des U_g -Werts ist die Konvektion im Scheibenzwischenraum, die sich mit der Neigung des Glases verän-

dert und zu einem erhöhten Wärmetransport über den Scheibenzwischenraum führt. Für den Fall der freien Konvektion – wie dies im Scheibenzwischenraum der Fall ist – wird diese Wärmeübertragung durch die so genannte Nusselt-Zahl beschrieben.

Formel (1): $Nu = A * (Gr * Pr)^n$ (Erläuterung: Nu = Nusselt-Zahl, Gr = Grashof-Zahl, Pr = Prandtl-Zahl)

Für den senkrechten Einbaufall sind die Parameter $A = 0,035$ und $n = 0,38$ als Referenzparameter in DIN EN 673 festgelegt. Für geneigte Isoliergläser nehmen die Faktoren

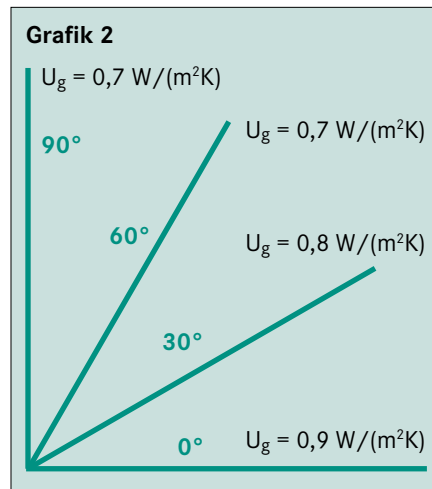
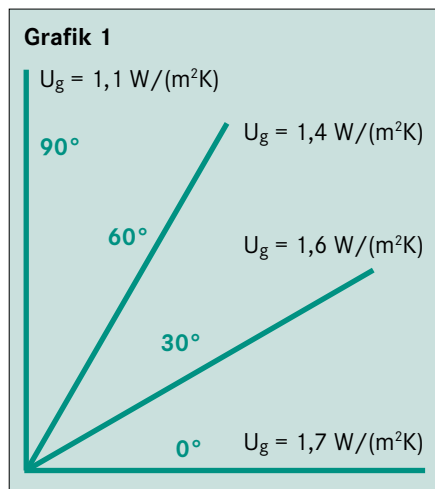
A und n aber andere Werte an. Der Wärmetransport über das Gas im SZR erfolgt nicht ausschließlich durch die Konvektion, sondern auch durch die Wärmeleitung über das Füllgas. Der Wärmetransport wird durch die folgende Formel beschrieben:

Formel (2): $h_g = Nu * \lambda / s$

Hierbei ist h_g der Wärmedurchlasskoeffizient des Gases, λ die Wärmeleitfähigkeit des Füllgases und s der Scheibenzwischenraum. Zusätzlich ist auch noch der Transport von Wärme über Strahlung zu beachten, der sich bei geneigten Verglasungen unter den vorgegebenen Randbedingungen gemäß EN 673 nicht verändert. Aus Gleichung 2 ist sofort ersichtlich, dass im Fall $Nu = 1$ der Wärmetransport ausschließlich über die Wärmeleitung über das Füllgas erfolgt. Erst wenn die Nusselt-Zahl > 1 ist, wird Wärme zusätzlich über Konvektion transportiert. Ergibt sich in der Berechnung dagegen eine Nusselt-Zahl < 1 , so ist diese in der Berechnung gleich 1 zu setzen.

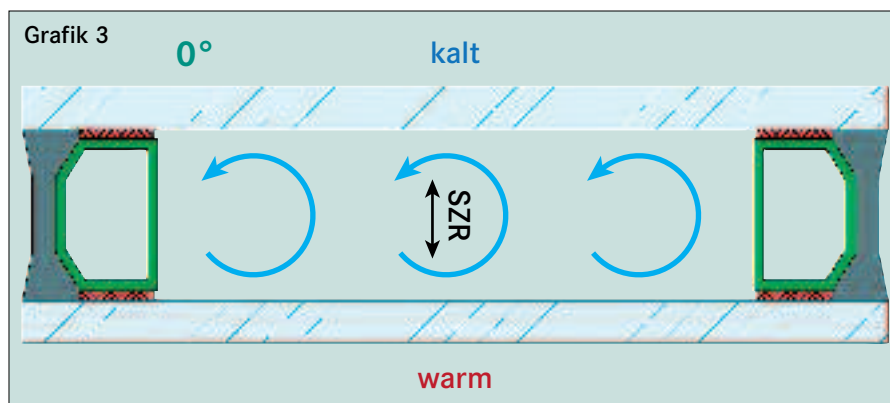
Wird die Verglasung geneigt, verändern sich die Koeffizienten A und n in Formel 1 und die Nusselt-Zahl wird größer. Konkret bedeutet dies, dass bei gleichem Zwischenraum die Nusselt-Zahl bei geneigten Verglasungen größer wird und damit auch der Wärmedurchlasskoeffizient h . Als Folge nimmt der U_g -Wert der Verglasung zu. Bei einem Zwei-Scheiben-Isolierglas beträgt die U_g -Wert-Differenz zwischen senkrechter und waagerechter Einbaulage etwa $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Bei Dreifachverglasungen fällt die Differenz mit ca. $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ geringer aus. So viel zur physikalische Theorie.

Wie ist nun vom Glashersteller die Deklaration der Leistungseigenschaft U-Wert in der Praxis vorzunehmen? Für das Isolierglas verweist die Produktnorm EN 1279-5 für Mehrscheibenisoliertes auf das Rechenverfahren nach EN 673 zur Berechnung des U_g -Werts. In allen Fällen, in denen der U_g -Wert zu Werbezwecken angegeben wird, sind die in Abschnitt 8 der DIN EN 673 angegebenen Referenzwerte zu verwenden. Gleiches gilt für die CE-Kennzeichnung des Isolierglases. **Merke:** Die Deklaration des U_g -Werts erfolgt



Die Grafiken 1 und 2 zeigen die Veränderung des U_g -Werts nach DIN EN 673 in Abhängigkeit vom Neigungswinkel für ein Isolierglas mit einem U_g -Wert von $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und für ein Standard-Dreifachisoliertes mit einem U_g -Wert von $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Grafiken: GFF, Quelle: ift



Grafik 3: Konvektion, waagerechter Einbau.



Besuchen Sie unseren
Stand: Halle 10 - D41
28 Sept - 1 Okt 2010

glasstec
INTERNATIONAL TRADE FAIR FOR GLASS
PRODUCTION • PROCESSING • PRODUCTS

Wir messen alles!

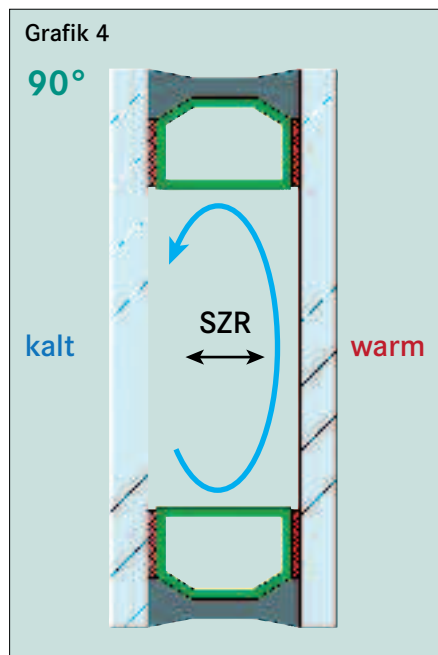


www.prodim.eu



Prodim International BV
Postfach 107 - 5700 AC Helmond (NL)
T: +31 (0)492 579 050
F: +31 (0)492 579 059
info@prodim.eu





Konvektion, senkrechter Einbau.

für den senkrechten Fall. Das Messverfahren für den U_g -Wert mit dem Plattenmessgerät nach DIN EN 674 schreibt ebenfalls für die Messung zwingend die senkrechte Einbaulage vor.

Für die Bemessung von Gebäuden zum Wärmeschutz sind die mit den Referenzwerten nach EN 673 und EN 674 ermittelten U_g -Werte meist nicht genau genug. In den Fällen ist nach EN 673 ein Wert unter Angabe der Lage (Neigung) der Verglasung und der genauen Randbedingungen nach EN 673 zu bestimmen. Für die Berechnung ist zu beachten, dass sich der innere Wärmeübergangskoeffizient bei geneigtem Einbau ebenfalls verändert. Ein Verweis auf die zu verwendenden Übergangskoeffizienten findet sich auch in der DIN EN 673. Der Effekt auf den U_g -Wert ist jedoch gering und macht sich typischerweise meist nur in der zweiten Nachkommastelle bemerkbar. Welche Empfehlung kann daraus abgeleitet werden?

Grundsätzlich sollten Glashersteller ihre Kunden darauf hinweisen, dass der deklarierte U_g -Wert für den senkrechten Fall bemessen wurde und sich in geneigter Einbaulage erhöht. Unterlässt der Hersteller dies, läuft er Gefahr, dass der deklarierte U_g -Wert als Beschaffenheitsangabe und die Abweichung von diesem Wert als Mangel seines Produkts bewertet wird.

Merke: Die Angabe im CE-Zeichen erfolgt ausschließlich für die senkrechte Einbaulage.

Fenster, Dachflächenfenster und Fassaden

Wie ist der Wärmedurchgangskoeffizient bei Fenstern, Dachflächenfenstern und Fassa-

Grafik 5

$$U_w = \frac{U_g(\alpha) \times A_g + U_f \times A + I_g \times \Psi_g}{A_w}$$

Fensterabmessung A_w : 1,23 m × 1,48 m

lichtes Glasmaß A_g : 1,27 m²

Rahmenfläche A_f : 0,55 m²

sichtbare Umfangslänge der Verglasung I_g : 4,54 m

$U_f = 1,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ – unabhängig von der Einbaulage, 90°

$\Psi = 0,08 \text{ W/(mK)}$ – unabhängig von der Einbaulage, 90°

$U_g(\alpha = 90^\circ) = 1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ – senkrechter Fall

$U_g(\alpha = 30^\circ) = 1,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ – Neigungswinkel 30°, berechnet nach EN 673

Rechenbeispiel: Für die Berechnung wurde ein Zweifachisolierglas mit 16 Millimeter Scheibenzwischenraum und 90 Prozent Argon-Gasfüllung mit einem Emissionsgrad von 0,03 verwendet.

den anzugeben? Der Wärmedurchgangskoeffizient U_w von Fenstern ist nach EN ISO 10077, Tabelle F.1, oder durch Berechnung nach EN ISO 10077-1 und ggf. nach EN ISO 10077-2 zu bestimmen. Bei geneigten Konstruktionen ist hier nur der Fall des Dachflächenfensters relevant. Als Referenzverfahren für die Messung des U_w -Werts ist das Heizkastenverfahren nach EN ISO 12567-1 für Fenster und Türen und EN ISO 12567-2 für Dachflächenfenster anzuwenden. Das Referenzverfahren für die Ermittlung des U_w -Werts schreibt die senkrechte Einbaulage bei Fenstern und auch bei Dachflächenfenstern vor.

Merke: Der U_w -Wert als Angabe zu Werbezwecken und im CE-Zeichen muss daher für die senkrechte Einbaulage erfolgen.

Wird ein Bemessungswert für die tatsächliche Einbaulage gefordert, kann auch der U_w -Wert für die geneigte Einbaulage rechnerisch nach EN ISO 10077-1 ermittelt werden. Hierzu sind der ermittelte U-Wert für die Profile U_f und der ψ -Wert für den senkrechten Fall zu verwenden und der U_g -Wert (in der Formel mit $U_g(\alpha)$ bezeichnet) für den Winkel der Fensterneigung. Wie diese Berechnung funktioniert, zeigt das Beispiel aus Grafik 5. Für die Berechnung wurde ein Zweifachisolierglas mit 16 Millimeter Scheibenzwischenraum und 90 Prozent Argon-Gasfüllung mit einem Emissionsgrad von 0,03 verwendet. Im senkrechten Fall ergibt sich ein U_w -Wert von 1,4 W/(m²K) für das Fenster. Für die Einbaulage 30 Grad ergibt sich ein U_w -Wert von 1,8 W/(m²K). Alternativ besteht auch die Möglichkeit, mit dem U_g -Wert der Verglasung für den geneigten Fall über Tabelle F.1 der EN ISO 10077-1:2006 den U_w -Wert zu ermitteln. Fassaden sind bis zu einem Winkel von ±15 Grad in der Produktnorm EN 13830 geregelt. In diesen Fällen ist die Auswirkung auf den U_g -Wert noch gering. Fassaden mit größeren Winkeln sind nicht mehr über die Produktnorm Fassaden geregelt. Sie benöti-

gen national eine Zustimmung im Einzelfall oder eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung. Die Regelungen für die Berechnung des Wärmedurchgangs sind in EN 13947 festgelegt.

Merke: Daraus folgt – wie beim Fenster – dass der im CE-Zeichen angegebene U_{cw} -Wert für den senkrechten Einbaufall anzugeben ist. Werden objektbezogene U_{cw} -Werte für geneigte Fassaden benötigt, so fordert die Norm: U_{cw} -Werte für die geneigte Fassade sind so zu ermitteln, dass die Wärmedurchgangskoeffizienten U_m , U_i , U_f (U-Werte für Pfosten, Rahmen, Riegel) und der ψ -Wert unabhängig von der konkreten Einbausituation für den senkrechten Fall bemessen werden. Für den U_g -Wert des Mehrscheibenisolierglases wird die tatsächliche Einbaulage berücksichtigt.

Merke: Auch bei Fassaden wird nur der Einfluss auf den U_g -Wert der Verglasung berücksichtigt. Fenster- und Fassadenhersteller sollten ihre Kunden ggf. darauf hinweisen, dass sich im geneigten Fall der U-Wert verändern kann. An der bisherigen Praxis für die Angabe im CE-Zeichen ändert sich hierdurch jedoch absolut nichts!

Kennt die EnEV geneigte Verglasungen?

Derzeit ist für eine Bestimmung der wärmetechnischen Eigenschaften im Rahmen der EnEV 2009 die Verwendung so genannter nationaler Bemessungswerte gefordert. Diese sind in DIN V 4108-4:2007 festgelegt. Aus der Festlegung folgt, dass im Kontext der EnEV die U-Werte für den senkrechten Einbaufall heranzuziehen sind.

Merke: Die EnEV fordert U-Werte für den senkrechten Einbaufall.

Ein vereinfachtes Verfahren mit Korrekturfaktoren für den U-Wert in Abhängigkeit von der Neigung würde aufwändige Berechnungen überflüssig machen.