

I. Dokumenteninformationen

Dipl.-Phys. Michael Rossa	Autoren
Geneigt ist anders	Headline
U-Werte geneigter Verglasungen	Subline
	Stichwörter
9815 Zeichen (gesamt inkl. Leerzeichen), 3 Bilder	Bilder Zeichen
	Titel/Rubrik Ausgabe

Dipl.-Phys. Michael Rossa
ift Rosenheim

Geneigt ist anders

U-Werte geneigter Verglasungen

Derzeit wird das Thema der U_g -Werte von geneigten Verglasungen in der Branche diskutiert. Wirklich neu ist dieses Thema jedoch nicht. Der Grund für die derzeitige Diskussion sind aktuelle Rechtsstreitigkeiten und Gutachten, welche die bisherige Praxis in der Branche, die U-Werte prinzipiell nur für den senkrechten Fall anzugeben, in Frage stellt. Dieser Beitrag fasst die wesentlichen Regelungen der Normen für die Angabe des U-Wertes zusammen und gibt Empfehlungen für die Angabe des U-Wertes bei geneigten Verglasungen.

1 Bauphysikalische Grundlagen

Tatsache ist: Bei geneigten Verglasungen, wie z. B. bei Dachflächenfenstern, erhöht sich der U_g -Wert des Mehrscheiben-Isolierglases 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 2-fach Isolierglas auf. Bild 1a und b zeigt die Veränderung des U_g -Wertes nach DIN EN 673 in Abhängigkeit vom Neigungswinkel für ein Isolierglas mit einem U_g -Wert von 1,1 $W/(m^2K)$ und für ein Standard 3-fach Isolierglas mit einem U_g -Wert von 0,7 $W/(m^2K)$.

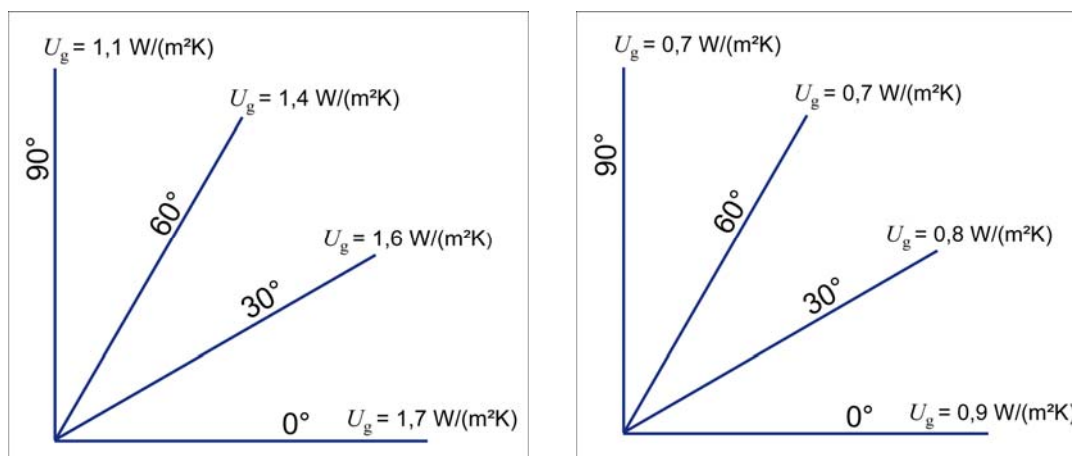


Bild 1a und b U_g -Wert für 2-fach- und 3-fach-Isolierglas in Abhängigkeit von der Neigung, Glasaufbau: 4/16/4 und 4/12/4/12/4 mit 90 % Ar und Emissionsgrad 0,03 mit Beschichtung auf Position 3 bzw. Position 2 und 5.

Ursache für die Zunahme des U_g -Wertes ist die Konvektion im Scheibenzwischenraum, die sich mit der Neigung des Glases verändert und zu einem erhöhten Wärmetransport über den Scheibenzwischenraum führt. Bei freier Konvektion – wie dies im Scheibenzwischenraum der Fall ist – wird die Wärmeübertragung durch die sogenannte Nusselt-Zahl beschrieben.

Formel (1)

$$Nu = A * (Gr * Pr)^n$$

(Erläuterung: Nu = Nusselt-Zahl, Gr = Grashof-Zahl, Pr = Prandtl-Zahl)

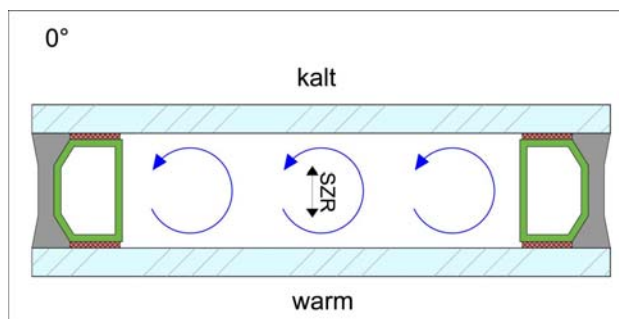


Bild 2 Konvektion, waagerechter Einbau

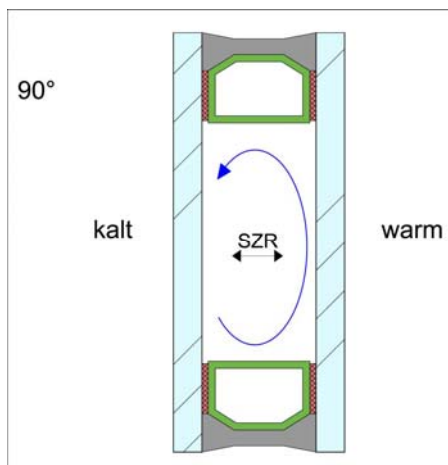


Bild 3 Konvektion, senkrechter Einbau

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 andere Werte an.

Der Wärmetransport über das Gas im Scheibenzwischenraum erfolgt nicht nur durch Konvektion, sondern auch durch die Wärmeleitung über das Füllgas. Der Wärmetransport wird durch die folgende Formel beschrieben:

Formel (2)

$$h_g = Nu * \frac{\lambda}{s}$$

Hierbei ist h_g der Wärmedurchlasskoeffizient des Gases, λ die Wärmeleitfähigkeit des Füllgases und s der Scheibenzwischenraum.

Zusätzlich ist 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 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 Zweischeiben-Isolierglas beträgt die U_g -Wert-Differenz zwischen senkrechter und waagerechter Einbaulage etwa $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Bei 3-fach-Verglasungen fällt die Differenz mit ca. $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ geringer aus. Soviel 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 Mehrscheiben-Isolierglas auf das Rechenverfahren nach EN 673 zur Berechnung des U_g -Wertes. 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 -Wertes erfolgt daher 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 hinreichend genau genug. In diesen 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 ist, dass sich auch der innere Wärmeübergangskoeffizient bei geneigtem Einbau verändert. Ein Verweis auf die zu verwendenden Übergangskoeffizienten findet sich ebenfalls 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 Produktes bewertet wird.

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

2 Fenster, Dachflächenfenster und Fassaden

Wie ist der Wärmedurchgangskoeffizient bei Fenstern, Dachflächenfenstern und Fassaden 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 -Wertes 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 -Wertes schreibt die senkrechte Einbaulage bei Fenster und auch bei Dachflächenfenster vor.

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

Wird ein objektbezogen ein U-Wert für die tatsächliche Einbaulage gefordert, kann auch der U_w -Wert für die geneigte Einbaulage rechnerisch nach EN ISO 10077-1 ermittelt werden. Hierzu ist 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 erfolgt, zeigt das folgende Beispiel:

Rechenbeispiel:

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

Fensterabmessung A_w : 1,23 m x 1,48 m
lichtes Glasmaß A_g : 1,27 m²
Rahmenfläche A_f : 0,55 m²
sichtbare Umfanglänge 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

Für die Berechnung wurde ein 2-fach-Isolierglas mit 16 mm Scheibenzwischenraum und 90 % 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° 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° 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 über die Produktnorm Fassaden geregelt. Sie benötigen national eine Zustimmung im Einzelfall oder eine allgemein bauaufsichtliche Zulassung. Die Regelungen zu Berechnung des Wärmedurchgangs sind in EN 13947 festgelegt. Hierzu legt die Norm fest, dass die zu Vergleichszwecken deklarierten Werte für den senkrechten Einbaufall ermittelt werden.

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 derart 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 Mehrscheiben-Isolierglases wird die tatsächliche Einbaulage berücksichtigt.

Merke: Auch bei Fassaden wird nur der Einfluss auf den U_g -Wert der Verglasung berücksichtigt.

Auch hier ist den Fenster und Fassadenherstellern zu empfehlen, ihre Kunden ggf. darauf hinzuweisen, 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!

3 Kennt die EnEV geneigte Verglasungen?

Derzeit ist für die Bestimmung der wärmetechnischen Eigenschaften im Rahmen der EnEV 2009 die Verwendung sogenannter „nationaler Bemessungswerte“ gefordert. Diese sind in DIN V 4108-4:2007 festgelegt. Aus der Festlegung

$$U_{W,BW} = U_W$$

$$U_{g,BW} = U_g$$

$$U_{CW,BW} = U_{CW}$$

folgt derzeit, dass im Rahmen der EnEV die U -Werte für den senkrechten Einbaufall heranzuziehen sind.

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

Eine Regelung, die angesichts immer höherer Anforderungen an den Wärmeschutz mit immer genaueren Berechnungen und Berücksichtigung kleinster Effekte, wie zum Beispiel dem ψ -Wert beim Fenster, sicherlich bei der nächsten Überarbeitung der EnEV 2012 diskutiert wird. Ein vereinfachtes Verfahren mit Korrekturfaktoren für den U -Wert in Abhängigkeit von der Neigung, die national in DIN V 4108-4 festgelegt werden könnten, wäre auch in der Praxis handhabbar und würde aufwendige Berechnungen überflüssig machen.