

Ingrid Meyer-Quel

# Wärmebrücken an Fenstern und Fassaden

## Neue BF-Datenblätter Psi-Werte

Dass konventionelle Aluminium- oder Stahl-Abstandhalter im Randverbund von Mehrscheiben-Isoliergläsern lineare Wärmebrücken von erheblichem Ausmaß verursachen und zu Tauwasser an der raumseitigen Glaskante führen können, hat sich mittlerweile herumgesprochen. Deshalb kommen heutzutage überwiegend wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – sog. »Warme Kante« – zum Einsatz.

Insbesondere bei hochdämmenden Fenstersystemen wird zusätzlich noch der Isolierglasrandverbund durch einen erhöhten Glaseinstand tiefer im Rahmenprofil eingepackt.

Beides zusammen minimiert die Wärmeverluste im Übergangsbereich von Glas zu Rahmen – ein wichtiger Beitrag zur Energieeinsparung und zum Klimaschutz.

Darüber hinaus können Einbauten im Scheibenzwischenraum (SZR) wie beispielsweise Sprossen ebenfalls zur Bildung von Wärmebrücken führen.

### Wärmebrücke Isolierglas-Randverbund

Man sollte meinen, dass Aluminium-Abstandhalter in modernen Funktionsgläsern nichts mehr zu suchen haben.

Wohl aufgrund des schieren Preisdrukks werden sie jedoch immer noch hier und da für die Produktion von Wärmeschutzverglasungen verwendet. Schade, denn damit wird ein wirtschaftlich sinnvolles Energieeinsparpotenzial für die nächsten 25 Jahre einfach verschenkt.

Nachbessern geht bei Isolierglas-Randverbund eben nicht (Abb. 1).

Kommt es dann zu Tauwasserproblemen an der raumseitigen Glaskante, stellt sich die Frage, ob der Aluminium-Abstandhalter zum Zeitpunkt des Fenstereinbaus überhaupt noch den anerkannten Regeln der Technik entspricht.

Schließlich hat sich der Marktanteil der Warmen Kante in den vergangenen Jahren kontinuierlich auf inzwischen 60 % bis 70 % hochgeschraubt.

Da kann von einem Nischenprodukt nicht mehr die Rede sein.

### Übersicht über die Systeme für Warme Kante

Aluminium-Abstandhalter werden als 6-m-Stangen beim Isolierglashersteller angeliefert.

Dieser verarbeitet sie zu Rahmen, die mit Trockenmittel befüllt, beidseitig mit Butyl beschichtet und an der Isolierglaslinie auf die Scheiben aufgesetzt werden.

In der anschließenden Gasfüllpresse wird das Scheibenpaket zunächst gasgefüllt, dann verpresst und danach mit Sekundärdichtstoff versiegelt.

Genauso werden auch alle Warme-Kante-Hohlkammerprofile (»Stangen«) verarbeitet, egal ob es sich um reine

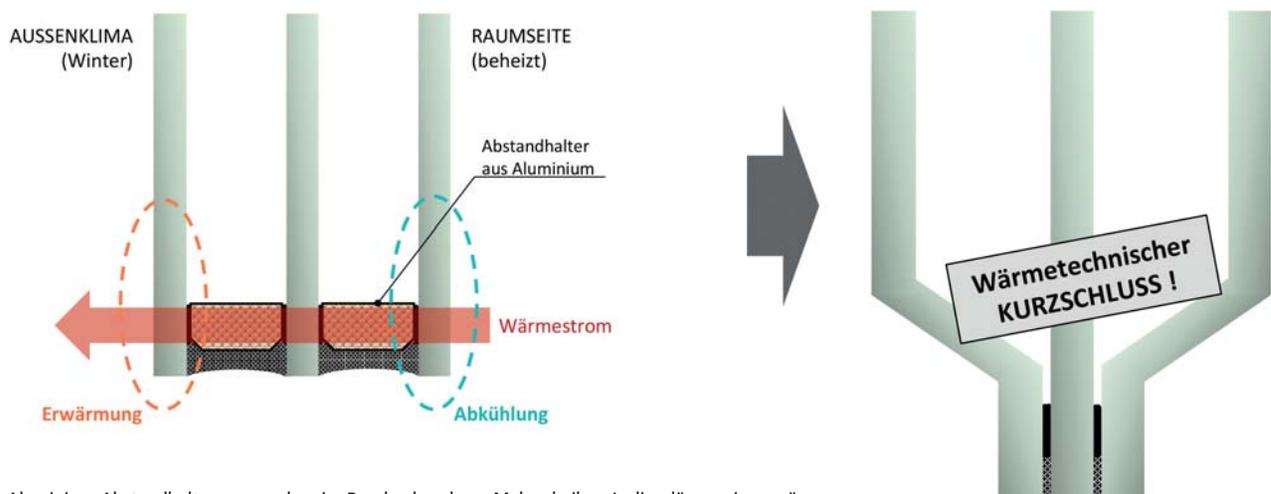


Abb. 1: Aluminium-Abstandhalter verursachen im Randverbund von Mehrscheiben-Isoliergläsern einen wärmetechnischen Kurzschluss; dadurch entsteht auf der raumseitigen Glasoberfläche ein großes Temperaturgefälle vom Zentrum der Scheibe zum Randbereich

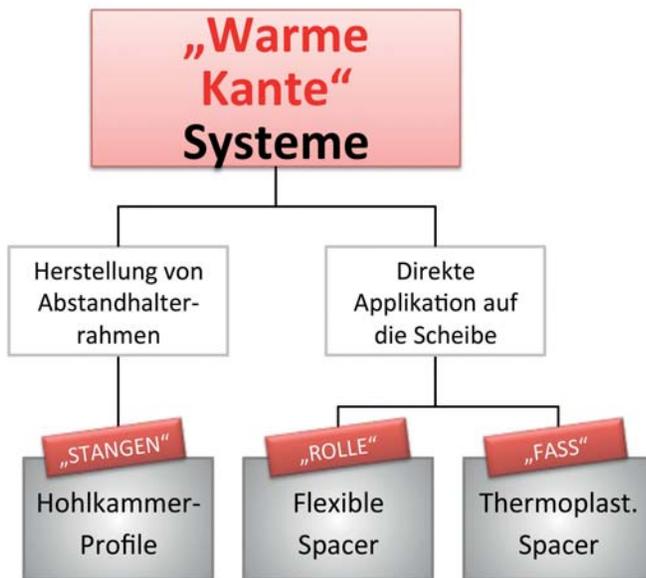


Abb. 2: Gliederung der Warme-Kante-Systeme nach dem Prinzip der Verarbeitung

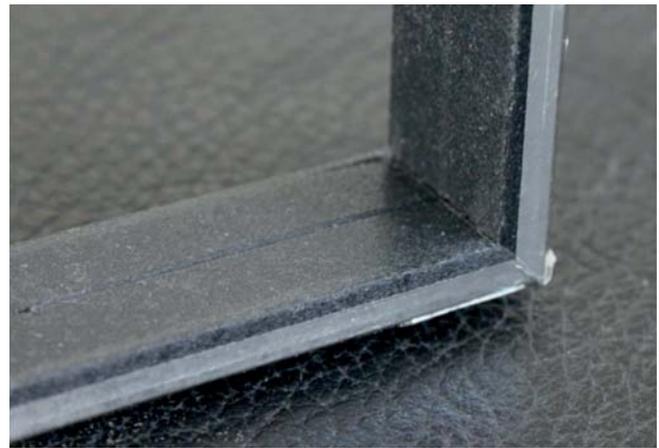


Abb. 3: Wegen ihrer vorteilhaften Psi-Werte finden Profile aus glasfaserverstärktem Kunststoff mit einer mehrschichtigen Verbundfolie als Diffusionssperre an der nach außen gewandten Seite zunehmend Verbreitung; sie können aber nicht wie Aluminium-, Edelstahl- oder andere Kunststoff-Abstandhalter kalt gebogen werden, sondern müssen zum Biegen erwärmt oder – wie hier im Bild – ähnlich wie PVC-Fensterprofile auf Gehrung gesägt und geschweißt werden

Edelstahl-Abstandhalter oder um Hybridprofile aus Kunststoff mit einer Diffusionssperre handelt.

Diesem Verarbeitungsprinzip gegenüber stehen Systeme, bei denen mit Hilfe von automatisierten Applikatoren direkt an der Isolierglaslinie ein Abstandhalter auf die Scheibe aufgebracht wird.

Entweder ist das ein bereits vorgeformtes flexibles Profil von der Rolle, oder der Abstandhalter kommt als thermoplastisches Material aus dem Fass und wird in der geforderten SZR-Breite und Bauhöhe direkt auf die Scheibe extrudiert.

Auch diese beiden Verfahrensprinzipien benötigen jeweils noch eine Sekundärversiegelung mit Isolierglas-Dichtstoff (Abb. 2).

Für die meisten Arten von Warmer Kante gibt es inzwischen eine Vielzahl von Anbietern und Produkten.

Einen guten Überblick bieten die vom Bundesverband Flachglas (BF) veröffentlichten Datenblätter mit repräsentativen Psi-Werten für Fenster (Tab. 1).

### Ermittlung des $U_w$ -Wertes von Fenstern

Nach den Vorgaben der DIN EN ISO 10077 wird der  $U_w$ -Wert von Fenstern aus den beiden flächenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_f$  und  $U_g$  und dem längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\Psi_g$  zusammengesetzt.

Für die Bestimmung der drei Komponenten sind mehrere Wege möglich. Der  $\Psi_g$  (Psi)-Wert beschreibt die zusätzlichen Verluste infolge des kombinierten wärmetechnischen Einflusses

Tab. 1: Die derzeit im Markt verfügbaren Warme-Kante-Systeme mit Größenordnung ihrer wärmetechnischen Leistungsfähigkeit (Stand März 2016)

Art der Warmen Kante	Produkte	Größenordnung Psi-Werte Fenster* [W/(mK)]
Profilstange, gesteckt oder konventionell gebogen	Edelstahl-Abstandhalter: - Nirotec 017; Nirotec 0,15 - Chromatech, Chromatech plus - GTS / GTM	0,051 bis 0,047
	Hybridprofile Kunststoff/Edelstahl: - Nirotec EVO - TGI Spacer, TGI Spacer M - Thermix TX.N plus	0,041 bis 0,038
Profilstange, gesteckt, warm gebogen oder mit geschweißter Gehrungsecke	Kunststoffprofile mit Verbundfolien: - Swisspacer Advance - Swisspacer Ultimate - Thermobar - Multitech - Multitech G	0,039 bis 0,031
Flexible Spacer	Silikonschaumprofile auf Rolle: - Super Spacer TriSeal Premium - Super Spacer TriSeal Premium Plus	0,033 bis 0,032
Thermoplastische Spacer	Thermoplastisches Material im Fass: - Ködispace - Ködispace 4SG - IGK 611 - Butylver TPS	0,040 bis 0,036

\* Quelle: BF-Datenblätter »Psi-Werte Fenster«, repräsentativer Psi-Wert für PVC-Rahmen mit Zweifach-Isolierglas

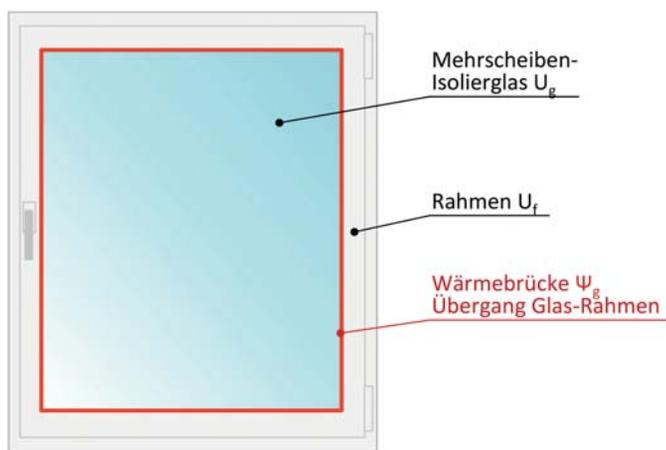


Abb. 4: Bei der Ermittlung des  $U_w$ -Wertes von Fenstern wird eine einzige lineare Wärmebrücke eingerechnet

von Glas, Abstandhalter und Rahmen (Abb. 4, Tab. 2).

Die Einbau-Wärmebrücke, die sich geometrisch und materialbedingt entlang der Einbaulinie eines Fensters in der Wand bildet, findet im  $U_w$ -Wert keinen Niederschlag.

Sie wird erst bei der Gebäudeberechnung einkalkuliert. Dieses Vorgehensweise ist sinnvoll, denn sonst hätte ja ein- und dasselbe Fenster je nach Wandaufbau und Einbauweise einen unterschiedlichen  $U_w$ -Wert.

### BF-Datenblätter mit repräsentativen Psi-Werten für Fenster

Die BF-Datenblätter vom Bundesverband Flachglas (BF) mit repräsentativen Psi-Werten für Fenster sind seit langem bekannt.

Ihre Nutzung ist deutlich einfacher als eine detaillierte Berechnung von Fenstern nach DIN EN ISO 10077-2.

Abb. 5: Die BF Datenblätter »Psi-Werte Fenster« weisen für vier verschiedene Fensterarten jeweils zwei repräsentative Psi-Werte aus

Gleichzeitig liefern sie präzisere und vorteilhaftere Werte als die pauschale »worst-case«-Tabelle der DIN EN ISO 10077-1 mit Psi-Werten für wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter.

Deshalb werden die BF-Datenblätter inzwischen über Deutschland hinaus europaweit gerne verwendet.

Werden die Vorgaben der ift-Richtlinie WA-08/3 für den zulässigen Anwendungsbereich beachtet, ist die Nutzung der BF-Datenblätter normkonform: Die Norm DIN EN ISO 10077-2 lässt in Anhang C ausdrücklich zu, dass repräsentative  $\Psi$ -Werte thermisch verbesserter Abstandhalter auf der Grundlage repräsentativer Profilabschnitte sowie repräsentativer Glaseinheiten festgelegt werden können (Abb. 5).

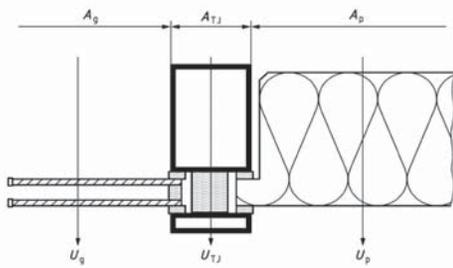
Unter den nachfolgenden Bedingungen können Fensterbauer die BF-Datenblätter »Psi-Werte Fenster« für die Herstellerdeklaration des  $U_w$ -Wertes entsprechend der Produktnorm für Fenster DIN EN 14351-1 verwenden:

- Die tatsächlich verwendeten Rahmenprofile müssen mit den repräsentativen Rahmenprofilen vergleichbar sein.  $U_f$ -Werte und Glaseinstände müssen die Anforderungen nach Tabelle 2 erfüllen;
- Bei Zweifach-Isolierglas gilt:  $U_g \geq 1,0$  W/(m<sup>2</sup>·K), Argon- oder Luftfüllung, bei Dreifach-Isolierglas gilt:  $U_g \geq 0,5$  W/(m<sup>2</sup>·K), Argon- oder Luftfüllung;
- Sind die Glasscheiben dicker als 4 mm, müssen die repräsentativen Psi-Werte mit Zuschlägen erhöht werden, und zwar

Tab. 2: Zulässige Wege zur Bestimmung der Eingangsdaten für den  $U_w$ -Wert von Fenstern

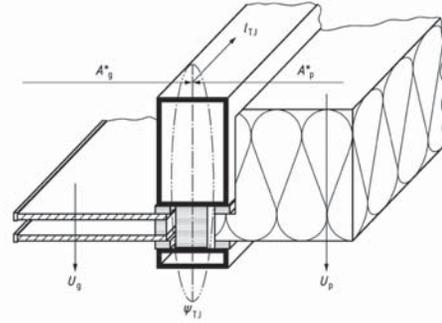
Wert	Einheit	Bezeichnung	Herkunft
$U_g$	W/(m <sup>2</sup> ·K)	Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung	(1) berechnet nach EN 673
$U_f$	W/(m <sup>2</sup> ·K)	Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens	(1) berechnet nach DIN EN ISO 10077-2 oder (2) aus Anhang D der DIN EN ISO 10077-1 oder (3) gemessen nach DIN EN 12412-21
$\Psi_g$	W/(m·K)	Linearer Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmen-/Glas-Übergangsbereichs	(1) berechnet nach DIN EN ISO 10077-2 oder (2) aus den Tabellen im Anhang E der DIN EN ISO 10077-1 oder (3) BF-Datenblätter »Psi-Werte Fenster« mit repräsentativen $\Psi$ -Werten thermisch verbesserter Abstandhalter, ermittelt gemäß ift-Richtlinie WA-08/3

a) Fugenverluste flächenbezogen betrachtet:



$$U_{cw} = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_p \cdot U_p + \sum A_{TJ} \cdot U_{TJ}}{\sum A_g + \sum A_p + \sum A_{TJ}}$$

b) Fugenverluste längenbezogen betrachtet:



$$U_{cw} = \frac{\sum A_g^* \cdot U_g + \sum A_p^* \cdot U_p + \sum L_{TJ} \cdot \Psi_{TJ}}{\sum A_g^* + \sum A_p^*}$$

Abb. 6: Beim »Vereinfachten Beurteilungsverfahren« muss der Fugenwert, egal ob flächen- oder längenbezogen, immer detailliert nach DIN EN ISO 10077-2 berechnet werden; der Gesamt-Wärmedurchgangskoeffizient einer Vorhangfassade  $U_{cw}$  wird dann als flächengewichteter Mittelwert aus allen Einzelwerten berechnet

- pro mm größerer Glasdicke der Außenscheibe um 0,001 W/(m·K) und
- pro mm größerer Glasdicke der Innenscheibe um 0,002 W/(m·K); die Glasdicke der mittleren Scheibe bei Dreifach-Aufbauten ist nicht relevant;
- bei außen freiliegendem Glasrand dürfen die repräsentativen Psi-Werte nicht genutzt werden.

### Ermittlung des $U_{cw}$ -Wertes von Fassaden

Bei Fassaden ist die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten naturgemäß komplexer.

In Pfosten-Riegel-Fassaden können Festverglasungen, Fensterelemente oder Paneele eingebaut sein. Am Übergangsbereich zwischen den Fassadenfüllungsflächen und Pfosten-Riegel-Flächen entstehen verschiedenste Wärmebrücken.

Der Wärmedurchgangskoeffizient  $U_{cw}$  von Vorhangfassaden wird nach DIN EN ISO 12631 ermittelt. Prinzipiell sind zwei unterschiedliche Vorgehensweisen zulässig:

- Beim sog. »Vereinfachten Beurteilungsverfahren« werden sämtliche Einflüsse zwischen Füllungen zu einem »all inclusive«-Wert zusammengefasst, der die Verluste durch Rahmenprofile, Silikonfugen usw. sowie sämtliche Wärmebrücken zusammenfasst. Er kann entweder ein flächenbezogener Fugen-U-Wert  $U_{TJ}$  oder ein längenbezogener Fugen-Psi-Wert  $\Psi_{TJ}$  sein.

Seine Bestimmung ist nur mit detaillierten zwei- oder dreidimensionalen FEM-Berechnungen möglich. Das Verfahren ist für alle Arten von Vorhangfassaden anwendbar (Abb. 6, Tab. 3).

- Beim »Verfahren mit Beurteilung der einzelnen Komponenten« werden ähnlich wie beim Fenster die Fassaden-Komponenten (Verglasung, Paneel, Rahmen, Pfosten/Riegel) an einem repräsentativen Element einzeln betrachtet und die U-Werte der Flächen sowie die  $\Psi$ -Werte der Übergangslinien ermittelt. Aufgrund der diversen möglichen Fassadenfüllungen sind für dieses Verfahren sechs verschiedene längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten  $\Psi$  beschrieben: Pfosten-Glas  $\Psi_{mg}$ , Riegel-Glas  $\Psi_{tg}$ , Rahmen-Glas  $\Psi_{fg}$ , Paneel  $\Psi_p$ , Pfosten-Rahmen  $\Psi_{mf}$  und Riegel-Rahmen  $\Psi_{tf}$  (Abb. 7 und 8).

Dieses Verfahren ist für Structural-Glazing-Fassaden und hinterlüftete Fassaden nicht geeignet. Für andere

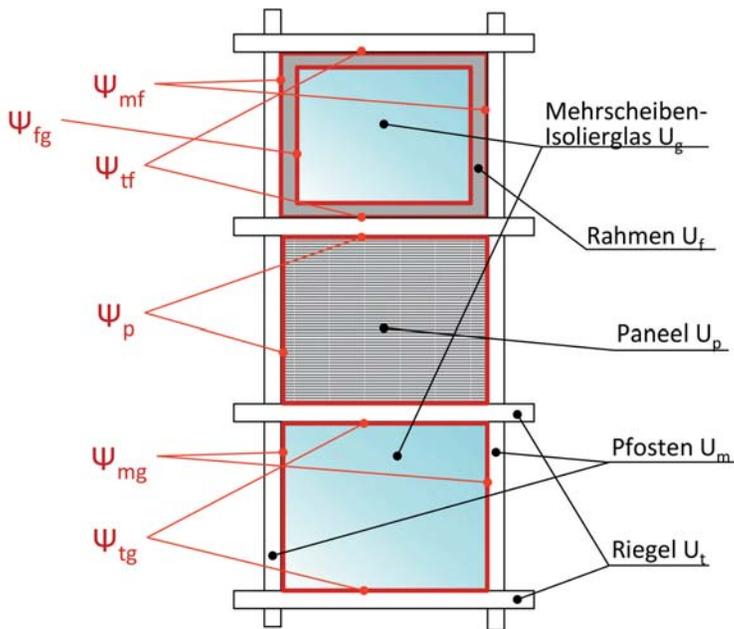


Abb. 7: Anhand eines repräsentativen Fassadenelements mit unterschiedlichen Füllungen müssen bei der Bestimmung des  $U_{cw}$ -Wertes einer Pfosten-Riegel-Fassade bis zu sechs verschiedene Wärmebrücken ermittelt werden

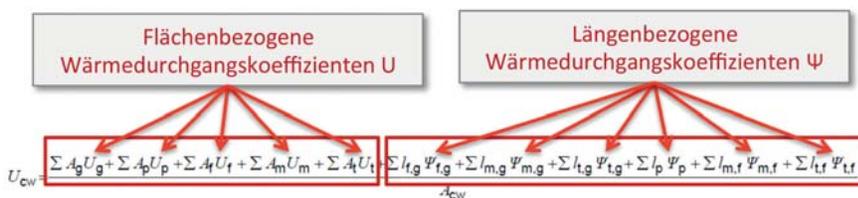


Abb. 8: Die flächen- und längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten werden gewichtet nach ihrem Auftreten zum Gesamtwert  $U_{cw}$  der Fassade aufsummiert

Tab. 3: Wege zur Bestimmung der Eingangsdaten für den  $U_{cw}$ -Wert von Pfosten-Riegel-Fassaden nach dem vereinfachten Beurteilungsverfahren

Wert	Einheit	Bezeichnung	Herkunft
$U_g$	W/(m <sup>2</sup> K)	Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung	EN 673, EN 674, EN 675
$U_p$	W/(m <sup>2</sup> K)	Wärmedurchgangskoeffizient des Paneels	ISO 6946
$U_{Tj}$ bzw. $\Psi_{Tj}$	W/(m <sup>2</sup> K) bzw. W/(mK)	Flächenbezogener bzw. linearer Wärmedurchgangskoeffizient der Fuge	(1) berechnet nach ISO 10211 und ISO 10077-2 oder (2) gemessen nach ISO 12567

Tab. 4: Wege zur Bestimmung der Eingangsdaten für den  $U_{cw}$ -Wert von Pfosten-Riegel-Fassaden nach dem Verfahren mit Beurteilung der einzelnen Komponenten

Wert	Einheit	Bezeichnung	Herkunft
$U_g$	W/(m <sup>2</sup> K)	Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung	EN 673, EN 674, EN 675
$U_p$	W/(m <sup>2</sup> K)	Wärmedurchgangskoeffizient des Paneels	ISO 6946
$U_f$	W/(m <sup>2</sup> K)	Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens	EN 12412 oder ISO 10077-1 oder ISO 10077-2
$U_m$	W/(m <sup>2</sup> K)	Wärmedurchgangskoeffizient des Pfostens	EN 12412 oder ISO 10077-2 (zuzüglich $\Delta U$ für Schraubeneinfluss)
$U_t$	W/(m <sup>2</sup> K)	Wärmedurchgangskoeffizient des Riegels	EN 12412 oder ISO 10077-2 (zuzüglich $\Delta U$ für Schraubeneinfluss)
$\Psi_{fg}$	W/(mK)	Linearer Wärmedurchgangskoeffizient Rahmen-Glas	ISO 12631, Tabellen B.3 und B.4 oder berechnet nach ISO 10077-2 oder: BF Datenblätter »Psi-Werte Fenster«
$\Psi_{mg}$	W/(mK)	Linearer Wärmedurchgangskoeffizient Pfosten-Glas	ISO 12631, Tabellen B.1 und B.2 oder berechnet nach ISO 10077-2 oder: BF Datenblätter »Psi-Werte Fassaden«
$\Psi_{tg}$	W/(mK)	Linearer Wärmedurchgangskoeffizient Riegel-Glas	ISO 12631, Tabellen B.1 und B.2 oder berechnet nach ISO 10077-2 oder: BF Datenblätter »Psi-Werte Fassaden«
$\Psi_p$	W/(mK)	Linearer Wärmedurchgangskoeffizient Paneel-Pfosten/Riegel	ISO 12631, Tabelle B.5 oder berechnet nach ISO 10077-2
$\Psi_{mf}$	W/(mK)	Linearer Wärmedurchgangskoeffizient Rahmen-Pfosten	ISO 12631, Tabellen B.6 oder B.7 oder berechnet nach ISO 10077-2
$\Psi_{tf}$	W/(mK)	Linearer Wärmedurchgangskoeffizient Rahmen-Riegel	ISO 12631, Tabellen B.6 oder B.7 oder berechnet nach ISO 10077-2

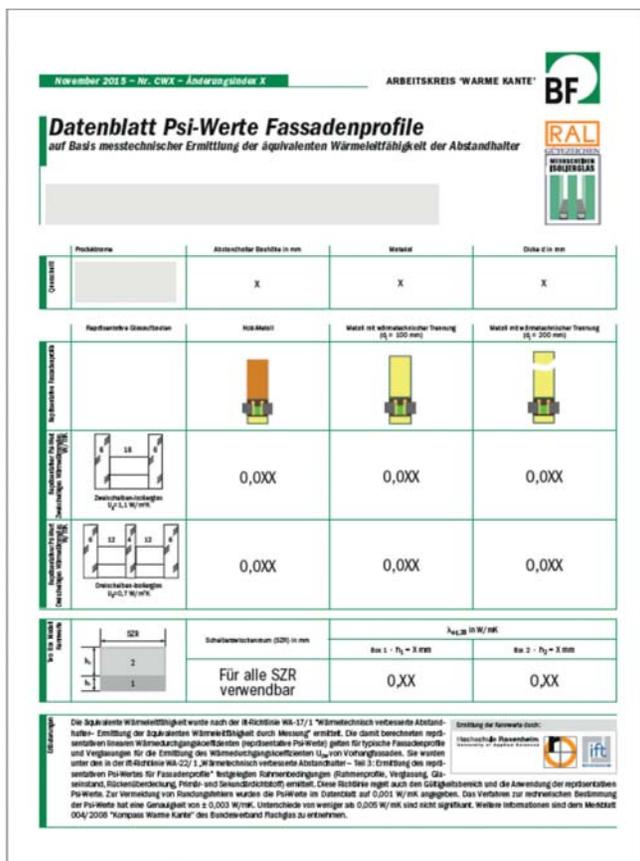


Abb. 9: Die BF-Datenblätter »Psi-Werte Fassadenprofile« weisen für drei Fassadenprofilarten jeweils zwei repräsentative Psi-Werte aus

Vorhangfassaden wie z.B. Elementfassaden oder Pfosten-Riegel-Fassaden ist es anwendbar.

Analog zur Norm für Fenster finden sich im Anhang B der Norm in den Tabellen B.1 bis B.7 Standardwerte für die Psi-Werte.

Alternativ können diese  $\Psi$ -Werte wie beim  $U_w$ -Wert von Fenstern für den Einzelfall nach ISO 10077-2 detailliert berechnet werden.

Seit kurzem gibt es auch hier – zumindest für die Psi-Werte der Festverglasungen  $\Psi_{mg}$  und  $\Psi_{tg}$  – die Möglichkeit, Datenblätter mit repräsentativen Psi-Werten für wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter zu nutzen (Tab. 4).

### BF-Datenblätter mit repräsentativen Psi-Werten für Fassadenprofile

In einem Forschungsprojekt des Arbeitskreises »Warme

Kante« beim Bundesverband Flachglas wurden Grundlagen für die Ermittlung von repräsentativen Psi-Werten für Festverglasungen in Pfosten-Riegel-Fassaden erarbeitet.

Seit kurzem stehen BF-Datenblätter mit repräsentativen Psi-Werten für Fassadenprofile zur Verfügung. Sie sind analog zu den Datenblättern »Psi-Werte Fenster« aufgebaut.

Im mittleren Bereich werden für die drei repräsentativen Fassadenprofile (Holz-Metall, Metall mit wärmetechnischer Trennung für zwei Profiltiefen) jeweils für Zweischeiben- und für Dreischeiben-Isolierglas insgesamt sechs repräsentative Psi-Werte angegeben.

Dabei handelt es sich um die Psi-Werte für die Wärmebrücke am Rand von fest eingebauten Verglasungen in Pfosten- und Riegel-Profilen,  $\Psi_{mg}$  und  $\Psi_{tg}$  (Abb. 9).

Die ift-Richtlinie WA-22/1 regelt, unter welchen Bedingungen Fassadenbauer die BF-Datenblätter »Psi-Werte Fassadenprofile« für die Herstellerdeklaration des  $U_{cw}$ -Wertes entsprechend der Produktnorm für Vorhangfassaden DIN EN 13830 verwenden können.

Die berechneten repräsentativen  $\Psi$ -Werte können für folgende  $U_g$ -Werte verwendet werden:

- 2-fach-Isolierglas:  $U_g \geq 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  mit Argon oder Luftfüllung
- 3-fach-Isolierglas:  $U_g \geq 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  mit Argon oder Luftfüllung

Der tatsächliche Glaseinstand muss mindestens 13 mm betragen.

Bei außen freiliegendem Glasrand und bei SSG (Structural Sealant Glazing)-Systemen dürfen die repräsentativen  $\Psi$ -Werte nicht verwendet werden.

Sind die Glasscheiben dicker als 6 mm, müssen die repräsentativen  $\Psi$ -Werte mit Zuschlägen gemäß Tab. 5 erhöht werden. Die Glasdicke der mittleren Scheibe bei Dreifach-Aufbauten ist nicht relevant. Sind die Glasdicken geringer als 6 mm, dürfen die Korrekturwerte nach Tab. 6 von den repräsentativen  $\Psi$ -Werten abgezogen werden.

Die tatsächlich verwendeten Fassadenprofile müssen mit den repräsentativen Profilen der Datenblätter »Psi-Werte Fassade« vergleichbar sein.

$U_m$ - und  $U_t$ -Werte der tatsächlichen Fassadenprofile müssen (inkl. des Schraubeneinflusses) den Anforderungen nach Tab. 6 genügen.

Für den Einbau von Verglasungen in Pfosten-Riegel-Fassaden bieten die Datenblätter »Psi-Werte Fassadenprofile« im Rahmen ihres Anwendungsbereichs eine vergleichsweise einfache und pragmatische Lösung für die Psi-Werte  $\Psi_{mg}$  und  $\Psi_{ig}$ .

Sie sind präziser und in der Regel vorteilhafter als die pauschalierten Tabellenwerte aus dem Anhang B der DIN EN ISO 12631.

Tab. 5: Korrekturwerte zur Berücksichtigung des Einflusses der Glasdicke bei Fassaden

Material	$\Delta\Psi$ in $\text{W}/(\text{mK})$ pro mm Dicke der	
	Außenscheibe	Innenscheibe
Holz-Metall	0,001	0,001
Metall mit wärmetechnischer Trennung	0,001	0,000

Tab. 6: Fassadenprofil-Vorgaben für die Anwendung der repräsentativen  $\Psi$ -Werte für Fassaden

Material	$U_m$ bzw. $U_t$ in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
Holz-Metall	für 2-fach-Glas: $\geq 1,3$ für 3-fach-Glas: $\geq 0,9$
Metall mit wärmetechnischer Trennung	für 2-fach-Glas: $\geq 1,3$ für 3-fach-Glas: $\geq 0,9$

## Wärmetechnische Behandlung von Sprossenfenstern

Sprossen sind für manche Regionen oder Baustile ein unverzichtbares Gestaltungsmittel für die Gebäudeansichten.

Aber nicht nur Aluminium-Abstandhalter im Randverbund, auch Sprossen im Scheibenzwischenraum von Zweifach- oder Dreifach-Isoliergläsern können Wärmebrücken verursachen. Sprossen sind wärmetechnische »Störstellen«, die bei der Ermittlung des  $U_w$ -Wertes von Fenstern berücksichtigt werden müssen.

In der Produktnorm für Fenster DIN EN 14351-1 werden im Anhang J Aufschläge für Sprossenfenster vorgegeben (Abb. 10).

Dabei wird bei den Pauschalzuschlägen nicht unterschieden, ob es sich um Wiener Sprossen handelt, die außen noch mit einer Deckleiste abgedeckt werden oder um reine Ziersprossen im Scheibenzwischenraum (SZR), die in der Draufsicht sichtbar bleiben.

Zwischen konventionellen Sprossen aus Aluminium und wärmetechnisch verbesserten Sprossen aus Kunststoff wird ebenfalls nicht differenziert.

Ob sich bei Dreifach-Isolierglas Sprossen in beiden Scheibenzwischenräumen befinden oder nur in einem, spielt bei der Ermittlung des Aufschlags auch keine Rolle.

Diese Zuschläge auf den  $U_w$ -Wert sind zwar einfach anzuwenden, jedoch für Sprossenfenster in vielen Fällen unangemessen hoch.

## Sprossen-Psi-Werte anstelle von $U_w$ -Aufschlägen

Mit einer detaillierten Berechnung nach DIN EN ISO 10077-2 und der Ermittlung von linearen Wärmedurchgangskoeffizienten für Sprossen

Bild / Beschreibung	$\Delta U_w$ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
 Bild J.1 – Befestigte Sprosse(n)	0,0
 Bild J.2 – Einfache Kreuzsprosse im Mehrscheiben-Isolierglas	0,1
 Bild J.3 – Mehrfach Kreuzsprossen im Mehrscheiben-Isolierglas	0,2
 Bild J.4 – Fenstersprosse	0,4

Abb. 10: Aufschläge  $\Delta U_w$  auf den Wärmedurchgangskoeffizienten für Sprossenfenster in Abhängigkeit von Art und Ausführung der Sprossen, gemäß DIN EN 14351-1

(Sprossen-Psi-Werte) ergeben sich in den allermeisten Fällen vorteilhaftere  $U_w$ -Werte als bei Anwendung der pauschalen Zuschläge.

Allerdings wäre diese Vorgehensweise der Berechnung von Einzelfällen mit erheblichem Aufwand verbunden, zumal die Variantenvielfalt von Sprossen deutlich größer ist als bei einem Abstandhaltersystem.

In einem Forschungsvorhaben am ift Rosenheim, initiiert und finanziert durch die ad hoc Gruppe »Sprossen« des BF, wurde das Thema Sprossen wärmetechnisch untersucht.

Im September 2015 erschien der Abschlussbericht »Erarbeitung von vereinfachten Tabellen zur Berücksichtigung des Einflusses von Sprossen im Rahmen der Ermittlung des U-Wertes von Fenstern«.

Durch beispielhafte Berechnungen wurden die Einflussgrößen auf Sprossen-Psi-Werte analysiert und pauschale Sprossen-Psi-Werte für Klassen und Ausführungen von Sprossen ermittelt, die zur Aufnahme in die DIN EN ISO 10077-1 vorgeschlagen wurden.

Analog zur Wärmebrücke am Glasrand wird der pauschale Sprossen-Psi-

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \psi_g + l_{gb} \cdot \psi_{gb}}{A_w} \longrightarrow \Delta U_w = \frac{l_{gb} \cdot \psi_{gb}}{A_w}$$

Abb. 11: Formel zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_w$  von Sprossenfenstern sowie, daraus abgeleitet, Formel zur Ermittlung des Aufschlages  $\Delta U_w$  für Sprossen je nach verbauter Sprossenlänge

Tab. 7: Werte für den längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\Psi_{gb}$  für Sprossen aus Metall ( $\lambda \leq 160 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ) im Scheibenzwischenraum

Verglasung	Abstand a	$\Psi_{gb}$ -Wert in $\text{W/(m}^2\text{K)}$	
		Verglasung ohne low-E coating	Verglasung mit low-E coating
Zweifach	$\geq 2 \text{ mm}$	0,03	0,07
	$\geq 4 \text{ mm}$	0,01	0,04
Dreifach mit Sprosse in einem SZR	$\geq 2 \text{ mm}$	–	0,03
	$\geq 4 \text{ mm}$	–	0,01
Dreifach mit Sprosse in beiden SZR	$\geq 2 \text{ mm}$	–	0,05
	$\geq 4 \text{ mm}$	–	0,02

Tab. 8: Werte für den längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\Psi_{gb}$  für Sprossen aus Kunststoff ( $\lambda \leq 0,30 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ) im Scheibenzwischenraum

Verglasung	Abstand a	$\Psi_{gb}$ -Wert in $\text{W/(m}^2\text{K)}$	
		Verglasung ohne low-E coating	Verglasung mit low-E coating
Zweifach	$\geq 2 \text{ mm}$	0,00	0,04
	$\geq 4 \text{ mm}$	0,00	0,02
Dreifach mit Sprosse in einem SZR	$\geq 2 \text{ mm}$	–	0,02
	$\geq 4 \text{ mm}$	–	0,01
Dreifach mit Sprosse in beiden SZR	$\geq 2 \text{ mm}$	–	0,03
	$\geq 4 \text{ mm}$	–	0,02

Wert  $\Psi_{gb}$  (gb = glazing bar) mit der Gesamtlänge der verbauten Sprossen multipliziert und anteilig auf den  $U_w$ -Wert aufgeschlagen (Abb. 11).

Ergebnis des Forschungsvorhabens sind zwei Tabellen, die in folgendem Anwendungsbereich gültig sein sollen (Abb. 12, Tabellen 7 und 8):

- Für Sprossen (Hohlkammerprofile) aus Metall und Kunststoff,
- Sprossenbreite  $b \leq 30 \text{ mm}$ ,
- Abstand  $a \geq 2 \text{ mm}$  und  $a \geq 4 \text{ mm}$ .

Beispielrechnungen zeigen, dass mit dem genaueren Ansatz, Sprossen mit pauschalen Sprossen-Psi-Werten anstelle von Pauschalzuschlägen auf den  $U_w$ -Wert zu betrachten, in aller Regel bessere  $U_w$ -Werte von Sprossenfenstern erzielt werden können. Die unangemessene Benachteiligung von Sprossenfenstern durch die hohen Aufschläge  $\Delta U_w$  kann so vermieden werden.

### Fazit

Die gestiegenen Anforderungen an die Wärmedämmleistung von Bauteilen der thermischen Gebäudehülle zwingen zu einer präzisen Betrachtung einschließlich der Berücksichtigung von linearen und punktförmigen Wärmebrücken.

Dabei ist die Bestimmung der wärmetechnischen Kennwerte von Fenstern und Fassaden eine Gratwanderung zwischen vereinfachten Verfahren und detaillierten Berechnungsverfahren.

Der Aufwand für die detaillierte Berechnung steht nicht immer in einem sinnvollen Verhältnis zum Nutzen in Form von besseren Werten.

Die BF-Datenblätter mit repräsentativen Psi-Werten für Fenster und für Fassadenprofile erlauben ebenso wie die pauschalierten Sprossen-Psi-Werte eine pragmatische und doch vergleichsweise präzise Vorgehensweise.

### Quellen, Normen und Richtlinien

- BF-Datenblätter »Psi-Werte Fenster« und »Psi-Werte Fassadenprofile«, Bundesverband Flachglas, <http://www.bundesverband-flachglas.de/downloads/datenblaetter/>
- Merkblatt Nr. 004/2008 – Änderungsindex 3 – 2016 Kompass »Warme Kante«, Bundesverband Flachglas, Troisdorf, 2016
- ift-Forschungsbericht »Psi-Werte von Sprossen – Erarbeitung von vereinfachten Tabellen zur Berücksichtigung des Einflusses von Sprossen im Rahmen der Ermittlung des U-Wertes von Fenstern«, Rosenheim, ift Rosenheim, September 2015 (unveröffentlicht)
- DIN EN ISO 10077-1:2010 Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 1: Allgemeines
- DIN EN ISO 10077-2:2012 Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wär-

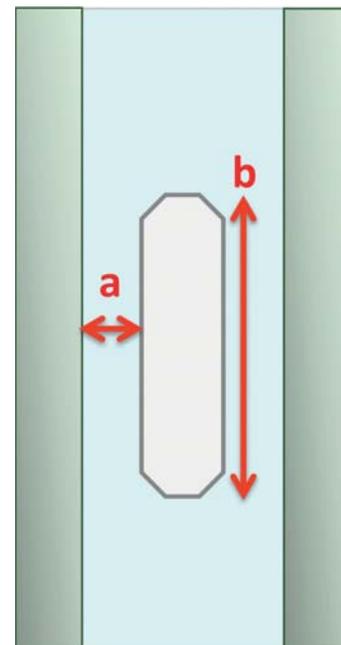


Abb. 12: Der wärmetechnische Einfluss von Sprossen im Scheibenzwischenraum wird maßgeblich vom Abstand a der Sprosse zur Glasoberfläche und von ihrer Breite b bestimmt; darüber hinaus ist auch die Wärmeleitfähigkeit des Sprossenmaterials für die Wärmebrückenwirkung bedeutend

medurchgangskoeffizienten – Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen

DIN EN ISO 12631:2013 Wärmetechnisches Verhalten von Vorhangfassaden – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

DIN EN 14351-1:2010 Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 1: Fenster und Außentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit

ift-Richtlinie WA-08/3 Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – Teil 1: Ermittlung des repräsentativen  $\Psi$ -Wertes für Fensterrahmenprofile, Rosenheim, Februar 2015

ift-Richtlinie WA-22/1 Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – Teil 3: Ermittlung des repräsentativen  $\Psi$ -Wertes für Fassadenprofile, Rosenheim, Januar 2016

### Die Autorin



Ingrid Meyer-Quel

Beratungsbüro für warme Kante und Glas

Stuttgarter Straße 5  
71032 Böblingen

Tel.: 07031/4634898

E-Mail: [info@warmekanteberater.de](mailto:info@warmekanteberater.de)  
[www.warmekanteberater.de](http://www.warmekanteberater.de)