

Postvertriebsstück – Entgelt bezahlt – 79876
1862-0973



Informationsdienst

Bauen + Energie⁺

– für Planer, Baugewerbe und Energieberater



Liebe Leserin, lieber Leser,

im letzten Editorial war offensichtlich mein Wunsch Vater des Gedankens. Wie Sie sicher schon mehrmals gelesen haben: Die EnEV-Novellierung kommt nicht mehr in dieser Legislaturperiode.

Der (nach der Bundestagswahl vielleicht sogar neu zusammengesetzte) Umweltausschuss wird die EnEV voraussichtlich erst Ende September beraten, der Bundesrat dann frühestens im Oktober. Unter Berücksichtigung des weiteren formalen Ablaufs gehen heute alle Fachleute davon aus, dass die EnEV 2012 als EnEV 2014 auf keinen Fall vor Juli 2014 in Kraft treten wird.

Damit bleibt also noch ein Jahr, sich vorerst auf die wichtigen Herausforderungen wie z.B. die Verbesserung der Energieeffizienz zu konzentrieren. Ich hoffe, die beiden ausführlichen Artikel dieser Ausgabe leisten dazu einen Beitrag.

**Ihnen eine gute Zeit
Thomas Königstein**

INHALT

Bautechnik

Das Fenster – Teil 2 2

Anlagentechnik

LED-Straßenbeleuchtung..... 8

Impressum 12

Bau und Immobilien

 **Bundesanzeiger
Verlag**

In Kooperation mit dem
Fraunhofer IRB  **Verlag**

August 2013
8. Jahrgang – Heft 8

ENERGIE
+ BILDUNG

Bautechnik

Das Fenster – Teil 2

Abstandhalter und warme Kante

Ingrid Quel, Beratungsbüro für warme Kante und Glas, Herrenberg

Kaum eine Wärmebrücke in der Gebäudehülle lässt sich in der Planungsphase so einfach beseitigen wie diejenige, die von herkömmlichen Abstandhaltern im Randbereich von Verglasungen gebildet wird. Umso erstaunlicher ist es, dass diese wärmetechnisch nachteiligen Abstandhalter aus Aluminium oder Stahl in neuen Fenstern immer noch zum Einsatz kommen.

Bereits in den neunziger Jahren wurden die ersten wärmetechnisch verbesserten Abstandhaltersysteme entwickelt. Im Lauf der vergangenen 20 Jahre ist der Marktanteil dieser sog. „Warme-Kante“-Systeme im deutschsprachigen Raum auf mehr als 50 % angestiegen. Damit ist die warme Kante nicht nur Stand der Technik, sondern sollte bereits zu den allgemein anerkannten Regeln der Technik gezählt werden.

Dass Architekten, Bauherren und andere Beteiligte im Baugewerbe die warme Kante trotzdem nicht vehementer einfordern, kann nur an der Unkenntnis der Zusammenhänge liegen.

Vermutlich ist manchem Auftraggeber nicht klar, dass das vermeintlich preisgünstigere Fenster eventuell auf warme Kante verzichtet. Später jedoch klagt der Nutzer der neuen Fenster während der Heizperiode über Tauwassererscheinungen an der raumseitigen Glaskante, die er bei entsprechend tiefen Außentemperaturen auch durch intensivstes Lüften nicht wegbekommt. Das Risiko einer juristischen Klärung der Frage, ob die Fenster nicht automatisch einen wärmetechnisch verbesserten Randverbund haben müssten, darf nicht unterschätzt werden.

Aufgaben und Funktion des Abstandhalters

Isolierglas besteht aus zwei oder mehr Glasscheiben. Der Abstand der Schei-

ben wird durch ein am Scheibenrand umlaufendes Abstandhalterprofil vorgegeben. Beim Isolierglas-Hersteller wird der trockenmittelbefüllte Abstandhalterraum an beiden Kontaktflächen zum Glas mit der Primärdichtung (Butyl) beschichtet und auf die erste Scheibe aufgesetzt. Anschließend wird die zweite Scheibe herangefahren und darüber positioniert. Nach Gasfüllung und Verpressung wird die hinter dem Abstandhalterrahmen zum Außenraum hin verbleibende Fuge mit Sekundärdichtung (Polysulfid, Polyurethan oder Silikon) versiegelt. So entsteht der hermetisch abgeschlossene Scheibenzwischenraum (SZR), auf dem die grundlegende Dämmwirkung von Isolierglas beruht. Bei Dreifach-Wärmedämmglas kommt auf dieselbe Weise eine dritte Scheibe hinzu.

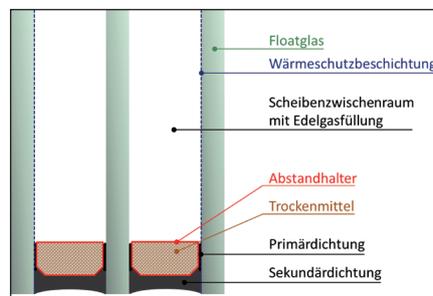


Abb.1: Mehrscheiben-Wärmedämmglas mit zweistufigem geklebtem Randverbund

Dieser sog. zweistufige Isolierglas-Randverbund ist seit vielen Jahren in der Praxis bewährt. Während der gesamten Lebensdauer der Scheibe

muss er das Eindringen von Feuchtigkeit in den SZR bzw. den Verlust der Edelgasfüllung aus dem SZR heraus verhindern. Der Abstandhalter ist ein Bestandteil des Randverbunds und weist zur Erfüllung dieser Anforderungen eine Vielzahl von Eigenschaften auf.

Er muss beispielsweise zur Außenseite hin komplett diffusionsdicht und widerstandsfähig gegenüber mechanischen und chemischen Belastungen sein. Außerdem muss er Sonneneinstrahlung und große Temperaturunterschiede unverändert überdauern.

Der Abstandhalter wird zur Kennzeichnung der Verglasung bedruckt, Sprossen werden an ihm befestigt, und den vielfältigen Anforderungen an die Ästhetik soll er auch noch genügen. Auf sein Erscheinungsbild wird teilweise erstaunlich viel Wert gelegt und die verfügbaren Farbpaletten lassen keine Wünsche offen.

Aluminium-Abstandhalter

All diese Aufgaben haben Abstandhalter aus Aluminium oder Stahl über Jahrzehnte problemlos gemeistert. Ihr einziger, aber entscheidender Nachteil ist ihre hohe Wärmeleitfähigkeit.

Man stelle sich nur einmal bildlich vor, wie die Scheiben eines Dreifach-Wärmedämmglases am Rand herum direkt leitend mit Aluminium verbunden sind. Das beidseitig am Abstandhalter aufgetragene und auf 0,2–0,3 mm Dicke

verpresste Butyl kann wärmetechnisch dabei vernachlässigt werden. Aufgrund der enorm hohen Wärmeleitfähigkeit des Aluminiums von 160 bis 200 W/(mK) entspricht die hochdämmende Dreifach-Verglasung im Randbereich wärmetechnisch praktisch einer Einfachscheibe. Stahl mit einer Wärmeleitfähigkeit von 50 bis 60 W/(mK) ist da als Abstandhalter nur unwesentlich besser.

Ein weiteres Beispiel sind die im Nichtwohnbau gebräuchlichen Aluminium-Fenstersysteme. Aufgrund massiver Schwitzwasserprobleme hat man bereits in den 70er Jahren begonnen, sie in eine Innen- und eine Außenschale aufzutrennen und durch Kunststoff-Dämmstege zu „isolieren“. Der Aufwand für diese thermische Trennung steigt mit den Energiespar-Anforderungen stetig weiter, die Konstruktionen werden immer komplexer. Dort heute noch ein Isolierglas mit einem Aluminium-Abstandhaltereinzubauen und damit die Aluminium-Halbschalen am Glasrand wieder kurzzuschließen, kann das sinnvoll sein? Wohl kaum!

Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter

Durch Einsatz von Materialien mit deutlich geringerer Wärmeleitfähigkeit als Aluminium oder Stahl werden die Wärmeverluste im Randbereich der Isolierglasscheibe bei wärmetechnisch verbesserten Abstandhaltern mehr als halbiert. Allerdings lässt sich aus dem reinen Materialkennwert der Wärmeleitfähigkeit alleine keine Aussage zur wärmetechnischen Leistungsfähigkeit von Abstandhaltern ableiten. Auch die Dicken, mit der die Materialien in Wärmestromrichtung für Wärmeleitung zur Verfügung stehen, spielen eine gewichtige Rolle.

Deshalb wird ein wärmetechnisch verbesserter Abstandhalter gemäß Definition in DIN EN ISO 10077-1:2010-05 Anhang E nicht durch die Wärmeleitfähigkeit bestimmt, sondern durch das Kriterium

$$\Sigma (d \cdot \lambda) \leq 0,007 \text{ W/K,}$$

wobei sich die Summe auf alle Wärmeströme parallel zur Hauptwärme-

stromrichtung bezieht und die Dicken d_1, d_2, \dots der Einzelmaterialien senkrecht dazu gemessen werden.

Material	Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)
Aluminium	160
Stahl	50
Nichtrostender Stahl	17
Glas	1
Polysulfid	0,4
Molekularsieb (Trocknungsmittel)	0,1
Polycarbonat	0,2
PVC	0,17

Tab. 1: Beispiele für die Wärmeleitfähigkeit von Materialien nach DIN EN ISO 10077-2 Anhang A

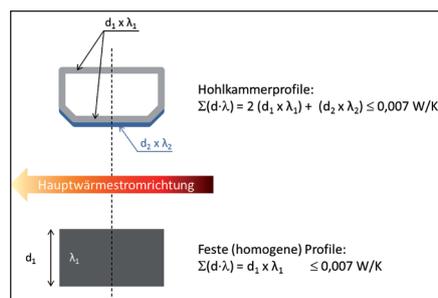


Abb. 2: Kriterium für wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter und Beispiele zur Bestimmung nach DIN EN ISO 10077-1:2010-05

Die Definition sieht zwar etwas abstrakt aus, hat aber den großen Vorteil, dass sie sich für eine erste Beurteilung von Abstandhaltern mit dem Taschenrechner oder auch im Kopf nachrechnen lässt. Abstandhalter-Lösungen, die eine wärmetechnische Verbesserung z.B. durch einen Kunststoff-Korpus nur vortäuschen, können mit dem Kriterium rasch identifiziert werden: 0,05 mm Aluminium in Querrichtung von Scheibe zu Scheibe genügen bereits, um außerhalb des Kriteriums zu liegen.

Die Wärmeleitfähigkeit von Edelstahl ist mit Werten von teilweise unter 15 W/(mK) um mehr als eine Zehnerpotenz geringer als diejenige von Aluminium. Da Edelstahl-Abstandhalter außerdem mit viel geringeren Wandstärken auskommen, sind sie

wärmetechnisch deutlich besser als Profile aus Aluminium oder Stahl. Ab einer Wandstärke von ca. 0,2 mm und geringer erfüllen sie das Kriterium für warme Kante.

Bei Kunststoff-Metall-Verbundprofilen wird die Leistungsfähigkeit optimiert, indem Profilbereiche durch Kunststoffe ersetzt werden bis hin zu Lösungen, bei denen der Edelstahl in extrem dünner Ausführung nur noch als Diffusionssperre dient. Manche Systeme gehen fertigungstechnisch andere Wege und kommen von der Rolle oder, ganz ohne Metall, aus dem Fass. Dem Markt steht inzwischen eine Vielzahl von langjährig in der Praxis bewährten Warme-Kante-Systemen zur Verfügung.



Abb. 3: Bei der großen Auswahl an wärmetechnisch verbesserten Abstandhaltersystemen lässt sich für jede Anwendung eine Lösung finden

Leistungsfähigkeit der wärmetechnisch verbesserten Abstandhalter

Das Kriterium für wärmetechnisch verbesserten Randverbund ist eine vereinfachte Betrachtung, die lediglich der Grenzziehung zwischen „kalter“ und „warmer Kante“ dient. Die geometrischen Details der Profile, insbesondere im Bereich der Anlageflächen an die Glasscheiben, werden dabei nicht berücksichtigt.

Da auch diese Feinheiten wärmetechnischen Einfluss haben, eignet sich die Definition nicht für einen Vergleich der Warme-Kante-Systeme untereinander. Für diesen letztgenannten Zweck müssen die Vorgänge schon genauer betrachtet werden.

Finite-Elemente-Methode

Das ist nur mit Spezialsoftware für Berechnungen nach der Finite-Elemente-Methode (FEM) möglich, mit der die wärmetechnischen Vorgänge an Fenstern simuliert werden.

Das Verfahren ist in der Norm DIN EN ISO 10077-2:2012 „Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen“ beschrieben. Als Ergebnis erhält man den flächenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten U_f des Fensterrahmens in $W/(m^2K)$ sowie den linearen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ_g (Psi) in $W/(mK)$, der die zusätzlichen Verluste infolge des kombinierten wärmetechnischen Einflusses von Glas, Abstandhalter und Rahmen beschreibt.

Hierbei ist wichtig zu verstehen, dass es sich bei dem linearen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ_g nicht um eine unveränderliche Materialeigenschaft des Abstandhalters, sondern um die Beschreibung eines physikalischen Vorgangs handelt. Je nach Art der benachbarten Materialien sowie der Eigenschaften von Verglasung und Fensterrahmen sucht sich der Wärmestrom den Weg des geringsten Widerstandes.

Deshalb können sich für ein und dasselbe Abstandhaltersystem in verschiedenen Rahmen und/oder mit verschiedenen Glasaufbauten unterschiedliche Ψ_g -Werte ergeben. Da sich bei zunehmender Wärmedämmung der Rahmen- und Glasflächen der Wärmestrom mehr und mehr auf den Glasrand verlagert, kann der Ψ_g -Wert bei gleichem Abstandhalter beispielsweise in einem sehr gut dämmenden Fensterprofil durchaus höher sein als bei einem schlechten Rahmen desselben Rahmenmaterials.

Wie in der Ausgabe Bauen+Energie Juni 2013 bereits detailliert beschrieben, errechnet sich aus den so ermittelten Größen U_f und Ψ_g zusammen mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten der Verglasung U_g der gesamte Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters nach folgender Formel:

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

Allerdings wäre die Berechnung des Ψ_g -Wertes für jede einzelne Glas-Rahmen-Kombination in der Praxis kaum

umsetzbar, der Aufwand wäre enorm. Die Modellierung des Fensterquerschnittes für die FEM-Berechnung hat insbesondere im Randverbundbereich wegen teilweise sehr dünner Materialschichten ihre Tücken.

Glaseinstand

Empfehlenswert ist die detaillierte Berechnung aber für alle Systeme mit tiefem (großem) Einstand des Glaspaketes im Fensterrahmen, weil dies ebenfalls zur Reduzierung des Wärmebrückeneffekts und damit zu niedrigeren Ψ_g -Werten beiträgt. Von diesem Effekt machen insbesondere die vom PHI (Passivhaus Institut Darmstadt) zertifizierten Passivhaus-Fenstersysteme Gebrauch, die zusätzlich zur Verwendung von warmer Kante den Randbereich der Scheibe mit einem tiefen Glaseinstand weit einpacken.



Abb. 4: PHI-zertifiziertes Fenster von Freisinger mit 30 mm Glaseinstand

Werte für Ψ_g

Zur Vereinfachung des Verfahrens gibt die Norm DIN EN ISO 10077-1 im Anhang E Standardwerte für Ψ_g für typische Kombinationen von Abstandhaltern, Rahmen- und Verglasungsarten vor. Diese können verwendet werden, wenn keine Ergebnisse aus detaillierten Berechnungen vorliegen. Es entspricht den Grundsätzen von Normierung, dass Werte aus vereinfachten Verfahren auf der sicheren Seite liegen müssen. Deshalb sind die für warme Kante vorgegebenen Standardwerte relativ ungünstig (hoch). Sie entsprechen einem Abstandhalterprofil, das gerade so eben noch das Kriterium für „wärmetechnisch verbessert“ erfüllt.

Beispielsweise kann bei Holz- oder PVC-Fenstern anstelle des Wertes $\Psi_g = 0,08 W/(mK)$ für konventionelle Ab-

standhalter bei Einsatz von warmer Kante pauschal $\Psi_g = 0,06 W/(mK)$ verwendet werden.

Beispielfenster

In „Das Fenster–Teil 1“ (Bauen+Energie Juni 2013) findet sich das Beispiel eines Fensters, das trotz einer Verglasung von $U_g = 0,7 W/(m^2K)$ in der Prüffensterabmessung 1,23 m x 1,48 m nur einen Fensterwert $U_w = 1,02 W/(m^2K)$ erreicht. Die Gründe dafür liegen

1. im Rahmenwert, der mit $U_f = 1,1 W/(m^2K)$ deutlich höher ist als der Glaswert und mit 1/3 der Fensterfläche zu Buche schlägt und
2. im Aluminium-Abstandhalter, der mit $\Psi_g = 0,08 W/(mK)$ für erhebliche Wärmeverluste am Glasrand sorgt.

Durch den Standardwert für warme Kante von $\Psi_g = 0,06 W/(mK)$ verbessert sich dieser Fensterwert auf $U_w = 0,97 W/(m^2K)$, also um 5 %.

Fenster	DIN EN ISO 10077-1:2010-05 Anh. E, Werte aus Tabellen E.1/E.2		BF-Datenblätter 'Psi-Werte Fenster'
	Ψ_g in $W/(mK)$		
Rahmenwerkstoff	Typische Abstandhalter aus Aluminium und Stahl	Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter	Größenordnung von... bis
Holz oder PVC	0,08	0,06	0,03 bis 0,06
Metallrahmen mit wärmetechnischer Trennung	0,11	0,08	0,04 bis 0,07

Tab. 2: Auszug aus DIN EN ISO 10077-1: 2010-05 – Die Werteangaben gelten für Zwei- oder Dreifachverglasung mit niedrigem Emissionsgrad (eine beschichtete Scheibe bei Zweifach-Iso, zwei beschichtete Scheiben bei Dreifach-Iso), mit Luft- oder Gasfüllung im Scheibenzwischenraum. Die Werte der BF-Datenblätter sind zu finden bei www.bundesverband-flachglas.de

Die heute erhältlichen Warme-Kante-Systeme sind jedoch um einiges leistungsfähiger. Tab. 2 gibt im Vergleich mit den Normwerten die Größenordnung der sogenannten „repräsentativen Psi-Werte“ von Warme-Kante-Systemen an.

Wählt man beispielsweise für Holz- oder PVC-Fenster den Wert von $\Psi_g = 0,04 \text{ W/(mK)}$ – in diesem Wertebereich findet sich heute das größte Angebot an Warme-Kante-Systemen – wird der U_w -Wert des Beispielfensters gegenüber Aluminium-Abstandhaltern um $0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ auf $0,92 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ verbessert. Das sind stolze 10 % des Fensterwertes. Durch Optimierung an anderer Stelle des Fensters, z.B. im Rahmenprofil, könnte dieser Vorteil nur mit enorm viel mehr Aufwand und Kosten erzielt werden.

Rundung von U_w

Anders ist das bei Rundungsvorteilen, die im Wettkampf um die beste warme Kante oft genutzt werden. Es kann Fälle geben, bei denen mit dem Warme-Kante-System A gegenüber dem Warme-Kante-System B ein real nur um $0,01$ oder $0,02 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ besserer U_w -Wert erreicht wird, aber durch Rundung eine scheinbare Verbesserung um $0,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ entsteht, z.B.:

$$U_w(A) = 1,16 = 1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U_w(B) = 1,14 = 1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Deshalb werden die Ψ_g -Wert-Unterschiede der Warme-Kante-Systeme in ihrer Bedeutung leider oft überbewertet. Sie unterscheiden sich untereinander nicht im selben Maße wie alle zusammen vom Aluminium-Abstandhalter.

$\Delta \Psi_g$ W/(mK)	ΔU_w W/(mK)
0,04	0,1
0,01	0,025
0,004	0,01
0,001	0,0025

Tab. 3: Faustregel für die Auswirkung einer Ψ_g -Wert-Verbesserung auf den Wärmedurchgangskoeffizient U_w von Fenstern: Der Unterschied im Ψ_g -Wert zwischen warmer und kalter Kante beträgt ungefähr $0,04 \text{ W/(mK)}$

Ein Warme-Kante-Abstandhalter mit einem um ein oder zwei Tausendstel besseren Ψ_g -Wert macht aus einem schlechten Fenster kein besseres. Viel wichtiger und in der Summe wirksamer, als in einem Einzelfall einen

Spitzenwert zu fordern, wären die komplette Verbannung der konventionellen Abstandhalter und der flächendeckende Einsatz von warmer Kante in allen Fenstern!

Die repräsentativen Ψ_g -Werte der BF-Datenblätter 'Psi-Werte Fenster'

Arbeitskreis Warme Kante

Um die ausführliche Berechnung des Ψ_g -Wertes nach DIN EN ISO 10077-2 zu vereinfachen, aber auch um für Transparenz und seriöse Werteangaben für die Systeme zu sorgen, wurden vom Arbeitskreis Warme Kante die BF-Datenblätter 'Psi-Werte Fenster' mit repräsentativen Ψ_g -Werten für Warme-Kante-Systeme entwickelt.

Der Arbeitskreis Warme Kante ist ein Unterausschuss des Technischen Ausschusses beim Bundesverband Flachglas, Troisdorf, und existiert bereits

seit 1998. Ihm gehören die führenden Abstandhalterhersteller, aber auch Vertreter der Glasindustrie an.

Der Arbeitskreis wird vom ift Rosenheim und von der Hochschule Rosenheim wissenschaftlich begleitet. Er hat mehrere vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) geförderte Forschungsvorhaben durchgeführt, deren Ergebnisse in die Normierung eingeflossen sind.

Für die Erstellung der Datenblätter 'Psi-Werte Fenster' wurden im Arbeitskreis Regularien festgelegt, die neben dem Prozedere für die Ermittlung der Werte auch die erforderlichen Systemnachweise zur Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit bestimmen. Berechnungs-Software ist so geduldig wie Papier. Ψ_g -Werte lassen sich theoretisch für jede noch so abenteuerliche Konstruktion errechnen.

Der Arbeitskreis will über seine Regularien sicherstellen, dass die Systeme mit Datenblatt 'Psi-Werte Fenster' keine „Papiertiger“ sind, sondern in der Praxis auch funktionieren.

Bei der U_w -Wert-Ermittlung sind die repräsentativen Ψ_g -Werte der Datenblätter präziser und darüber hinaus mit weniger Sicherheitsaufschlag behaftet als die pauschaliereten Werte aus dem Anhang E der DIN EN ISO 10077-1.

Als Ergebnis des neuesten Forschungsvorhabens werden sie seit April 2013 auf Basis einer messtechnisch ermittelten äquivalenten Wärmeleitfähigkeit von Abstandhaltern inklusive Butyl und Trockenmittel berechnet und nicht mehr – wie bisher – aus den Einzelwerten der Abstandhal-

Datenblatt Psi-Werte Fenster
auf Basis messtechnischer Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der Abstandhalter

Produktname	Abstandhalter Bauweise in mm	Material	Dicke d in mm	
One-Box	X	Edelstahl	0,XX	
Repräsentativ für alle Repräsentativ für alle Repräsentativ für alle Repräsentativ für alle	Material mit dämmischer Trennung	Kunststoff	Holz	Holz/Metall
	Zweifach-Wärmedämmglas $U_g \leq 1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0,XXX	0,XXX	0,XXX
Dreifach-Wärmedämmglas $U_g \leq 0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0,XXX	0,XXX	0,XXX	0,XXX
Two-Box-Modell	SZR	Sicherheitsglas (SG) in mm	$\lambda_{22,28} \text{ W/(mK)}$	
		Für alle SZR verwendbar	Box 1 - $h_2 = 3 \text{ mm}$ Box 2 - $h_2 = 7 \text{ mm}$	
			0,XX 0,XX	

Wichtige Hinweise:
Die Basis dieser Wärmeleitfähigkeitswerte nach der Richtlinie WA-17/1 'Wärmeleitfähigkeit von Abstandhaltern' – Ermittlung der Spaltenwerte Wärmeleitfähigkeit durch Messung' umfasst die damit berechneten repräsentativen äquivalenten Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten (Repräsentative Psi-Werte) für alle typischen Rahmenprofile und Glasanordnungen für die Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit U_w von Fenstern. Sie werden unter dem in der Richtlinie WA-06/2 'Wärmeleitfähigkeit von Abstandhaltern – Teil 2: Ermittlung des repräsentativen Psi-Wertes für fensterbautechnische ausgelegte Rahmenprofile, Verglasung, Glasanordnungen, Klebverbindungen, Fugend- und Sekundärdichtung' ermittelt. Diese Richtlinie regelt auch den Gültigkeitsbereich und die Anwendung der repräsentativen Psi-Werte. Zur Vermeidung von Randspaltenverlusten werden die Psi-Werte im Datenblatt auf $0,011 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ angegeben. Von Fenstern zur rechtlichen Bestimmung der Psi-Werte hat eine Gesamtfläche $\geq 1,0 \text{ m}^2/\text{m}^2$, eine Scheibe von weniger als $0,25 \text{ m}^2$ und ein Mindestgewicht. Weitere Informationen sind dem Merkblatt 004/2004 'Kompass Warme Kante für Fenster' des Bundesverband Flachglas zu entnehmen.

Entwicklung der Kennwerte durch:
Hochschule Rosenheim
University of Applied Sciences

Abb. 5: Muster-Datenblatt 'Psi-Werte Fenster' für Warme-Kante-Systeme mit repräsentativen Ψ_g -Werten für Zweifach- und Dreifach-Wärmedämmglas in verschiedenen Rahmenmaterialien sowie Two-Box-Modell Kennwerten

terkomponenten und Randverbund-Materialien.

BF-Merkblatt Nr. 004

Ausführliche Erläuterungen werden in Kürze mit der grundlegend überarbeiteten Auflage des BF-Merkblatts Nr. 004 ‚Kompass Warme Kante für Fenster‘ zur Verfügung gestellt. Das Merkblatt soll Grundlagen zur warmen Kante vermitteln, die bisherigen Ergebnisse aus dem Arbeitskreis vorstellen und insbesondere als Leitfaden für die korrekte Nutzung der BF-Datenblätter ‚Psi-Werte Fenster‘ dienen.

Download-Adresse für die jeweils aktuell gültigen BF-Datenblätter ‚Psi-Werte Fenster‘:

www.bundesverband-flachglas.de/shop/kostenfreie-downloads/bf-datenblaetter/datenblaetter.html

Voraussichtlich Mitte September wird dort auch das Merkblatt Nr. 004 ‚Kompass Warme Kante für Fenster‘ kostenfrei erhältlich sein.

ift-Richtlinie WA-08/2

Die Nutzung der repräsentativen Ψ_g -Werte unterliegt allerdings gewissen Einschränkungen, die in der ift-Richtlinie WA-08/2 detailliert beschrieben sind. Beispielsweise dürfen sie bei außen freiliegendem Glasrand nicht verwendet werden, und der U_f -Wert des Rahmenprofils muss gewisse Mindestwerte einhalten. Für Glasscheiben dicker als 4 mm, müssen die repräsentativen Ψ_g -Werte mit Zuschlägen erhöht werden, wobei die Glasdicke der mittleren Scheibe bei Dreifach-Aufbauten nicht relevant ist.

Erfüllen Fenster die Vorgaben der ift-Richtlinie nicht, muss der individuelle Ψ_g -Wert für jede Glas-Rahmen-Kombination detailliert gemäß DIN EN ISO 10077-2 berechnet werden. Alternativ ist die Verwendung der vergleichsweise unvoreilhaftesten Tabellenwerte aus DIN EN ISO 10077-1 möglich.

Das Two-Box-Modell für wärmetechnische Berechnungen

Im unteren Bereich der Datenblätter sind sogenannte Two-Box-Modell-Kennwerte für den Randverbund angegeben. Beim diesem Modell wird der detaillierte Schnitt durch den Abstandhalter durch ein Rechteck (Box) in SZR-Breite und mit derselben Höhe wie das detaillierte Abstandhaltermodell (h_2) ersetzt. Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{eq,2B}$ dieses Rechtecks muss zum selben Wärmestrom führen wie eine Berechnung des detailliert modellierten Abstandhalters. Die Methodik ist in der bereits erwähnten ift-Richtlinie WA-08/2 näher erläutert.

Durch die vereinfachte Modellierung ist das Two-Box-Modell eine enorme Erleichterung für Vielrechner. Mit der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{eq,2B}$ können für individuelle Fensterberechnungen nach DIN EN ISO 10077-2 zur Modellierung des Isolierglas-Randverbunds einfach zwei Rechtecke (Box 1 und 2) verwendet werden.

Wichtig ist dabei, dass die Bauhöhen der Rechtecke den tatsächlichen Bauhöhen von Dichtstoff und Abstandhalter entsprechen. Die Bauhöhe h_2 des jeweiligen Warme-Kante-Systems findet sich zusammen mit der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit auf dem BF-Datenblatt ‚Psi-Werte Fenster‘. Der geringfügige Einfluss der SZR-Breite auf die äquivalente Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{eq,2B}$ eines Abstandhaltersystems kann dabei vernachlässigt werden.

Berücksichtigung von Wärmebrücken bei Fassaden

Die Datenblätter ‚Psi-Werte Fenster‘ sind nur für Fenster anwendbar.

Für Fassaden gibt es kein vergleichbares Hilfsmittel, sie müssen nach DIN EN ISO 12631 ‚Wärmetechnisches Verhalten von Vorhangfassaden – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten‘ behandelt werden.

Die Ermittlung der Wärmebrücken bei Fassaden ist deutlich komplexer. Die Norm mit Ausgabedatum Januar 2013 beschreibt zwei Verfahren, die zum Wärmedurchgangskoeffizienten U_{cw} führen. Beim ersten, dem vereinfachten Beurteilungsverfahren, werden sämtliche Wärmebrückeneinflüsse zwischen den Füllungen zu einem „all inclusive“-Wert zusammengefasst, der entweder ein flächenbezogener Fugen-U-Wert U_{Tj} oder ein längenbezogener Fugen-Psi-Wert Ψ_{Tj} sein kann.

Beim zweiten Verfahren, dem Verfahren mit Beurteilung der einzelnen Komponenten, werden ähnlich wie beim Fenster die Fassaden-Komponenten (Verglasung, Paneel, Rahmen, Pfosten/Riegel) einzeln betrachtet und die U-Werte der Flächenanteile sowie die Ψ -Werte der Übergangsstellen berechnet. Aufgrund der verschiedenen Fassadenfüllungen sind für dieses Verfahren sechs verschiedene längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ beschrieben (Pfosten-Glas Ψ_{mg} , Riegel-Glas Ψ_{rg} , Rahmen-Glas Ψ_{fg} ,

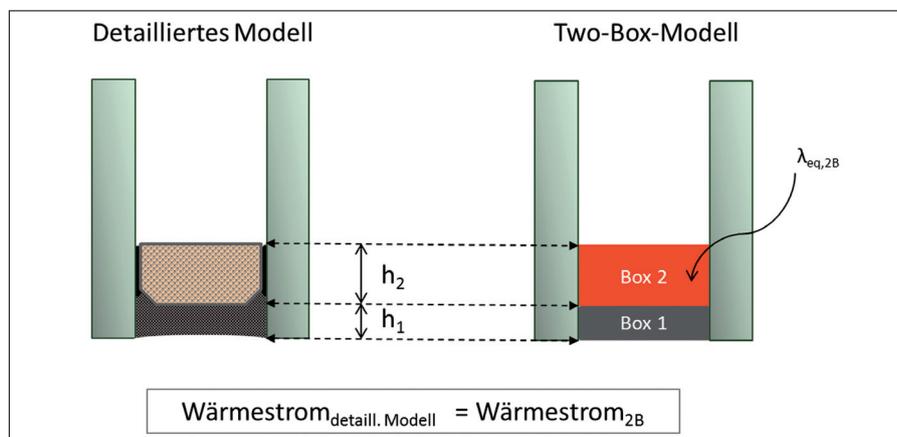


Abb. 6: Schematische Darstellung des Two-Box-Modells: Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{eq,2B}$ von Box 2 beinhaltet die wärmetechnischen Eigenschaften von Abstandhalter, Butyl und Trockenmittel

Vorhangfassaden	DIN EN 12631:2012 Anhang B, Werte aus Tabelle B.1 und B.2	
	Ψ_{mg} und Ψ_{tg} in W/(mK)	
Art von Pfosten/Riegel	Typische Abstandhalter aus Aluminium und Stahl	Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter
Holz-Aluminium	0,11	0,08
Metall mit wärmetechnischer Trennung; $d_i \leq 100$ mm	0,17	0,11
Metall mit wärmetechnischer Trennung; $d_i \leq 200$ mm	0,19	0,12

Tab. 4: Auszug aus DIN EN 12631:2012 – Werteangaben für Zwei- oder Dreifachverglasung mit niedrigem Emissionsgrad (eine beschichtete Scheibe bei Zweifach-Iso, zwei beschichtete Scheiben bei Dreifach-Iso), mit Luft- oder Gasfüllung im Scheibenzwischenraum

Paneel Ψ_p , Pfosten-Rahmen Ψ_{mf} und Riegel-Rahmen Ψ_{tr}).

Analog zur Norm für Fenster finden sich im Anhang B der Norm in den Tabellen B.1 bis B.7 Standardwerte. Die Tabellen B.1 und B.2 enthalten die Werte für Ψ_{mg} und Ψ_{tg} für konventionelle und für wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter bei in Pfosten/Riegel eingebauten Verglasungen. Alternativ können diese Ψ -Werte wie beim U_w -Wert von Fenstern für den Einzelfall detailliert berechnet werden.

Wie Tab. 4 zeigt, sind die Ψ -Werte für Verglasungen, die in Pfosten-Riegel-Fassaden eingebaut sind, generell deutlich höher als für Verglasungen in Fensterrahmen. Die repräsentativen Ψ_g -Werte der BF-Datenblätter ‚Psi-Werte Fenster‘ dürfen an dieser Stelle keinesfalls verwendet werden.

■ Die Verbreitung von warmer Kante

Warme Kante bedeutet mehr Energieeffizienz für Fenster und Fassaden, sie spart wertvolle Heizenergie, minimiert das Tauwasserrisiko und verbessert die U-Werte. Bei all diesem Nutzen stellt sich schon die Frage, warum es so lange dauert, bis sich die warme Kante flächendeckend durchsetzt.

Möglicherweise hat es sich einfach noch nicht überall herumgesprochen, dass der wärmetechnisch verbesserte Randverbund die wirtschaftlichste Maßnahme zur Verbesserung der Fensterwerte ist?

Aus der Historie

Weitere Gründe sind in der Fensterhistorie zu suchen. Vor der Jahrtausendwende war der k_f -Wert die wärmetechnische Kenngröße eines Fensters. Er setzte sich aus den flächengewichteten Werten k_v (Verglasung) und k_r (Rahmen) zusammen. Die Wärmebrückenverluste am Glasrand blieben damals völlig unberücksichtigt.

Das änderte sich im Jahr 2000 mit der Einführung der Europäischen Norm EN 10077. Aus dem k_f -Wert wurde der U_w -Wert (window), bei dem neben U_g (glazing) und U_f (frame) plötzlich die Wärmebrücke am Glasrand mitgerechnet wurde. Durch die zusätzlich berücksichtigten Wärmeverluste war der U_w -Wert gegenüber dem k_f -Wert desselben Fensters plötzlich schlechter, ohne dass es sich tatsächlich konstruktiv geändert hätte. Dass man diese Verschlechterung mit Hilfe von wärmetechnisch verbesserten Abstandhaltern wieder verringern konnte, war zur damaligen Zeit schwer vermittelbar.

Über viele Jahre der wärmetechnischen Fensterrevolution war es ausreichend, immer nur die Verglasung zu verbessern – eine Tendenz, die teilweise bis heute anhält. Da der U_g -Wert jedoch nur für die ungestörte Mitte der Verglasung gilt und der Randverbund dabei ignoriert wird, kommt die warme Kante bei diesen eingefahrenen Denkschienen einfach nicht vor. Wie bereits in Teil 1 (Bauen+Energie Juni 2013) dargestellt, war es ja durchaus

üblich, einfach den Wert der Verglasung als Gesamtwert für das Fenster zu verwenden – erschreckend, dass das heute immer noch gelegentlich der Fall sein soll!

Fehlende gesetzliche Vorgaben

Ein weiterer Grund für die fehlende vollständige Marktdurchdringung ist sicherlich im nicht vorhandenen gesetzlichen Zwang zu suchen. Es ist immer noch zulässig, aus Kostengründen, gegen jede Vernunft, Aluminium-Abstandhalter einzubauen, wenn die geforderten Gesamtwerte trotzdem stimmen. Dieses Zögern des Marktes bei der Nutzung von warmer Kante verhindert aber die Optimierung des Fertigungsprozesses beim Isolierglashersteller und damit eine wirtschaftliche Herstellung.

Durch wechselnde Randverbundvorgaben ihrer Kunden sehen sich einige Produzenten zu ineffizienten Profilwechseln und zur Bevorratung von manchmal drei oder vier verschiedenen Warme-Kante-Systemen gezwungen. Werden diese, natürlich zusätzlich zum Aluminium-Abstandhalter, auch noch in allen SZR-Breiten und in verschiedenen Farben gefordert, ergibt sich ein logistischer Albtraum.

Erst die zunehmende Verbreitung von Dreifach-Wärmedämmgläsern im deutschsprachigen Raum hat hier die Warme-Kante-Verbreitung weiter beflügelt. Trotzdem finden sich die wärmetechnisch längst überholten Aluminium-Abstandhalter gelegentlich auch noch in solchen ansonsten hochmodernen Verglasungen.

■ Fazit

Auch wenn der Abstandhalter im Isolierglas-Randverbund gegenüber der ganzen Gebäudehülle im ersten Moment vergleichsweise winzig und unbedeutend erscheint, hat er für die Energiebilanz des Bauwerks doch messbare Auswirkungen. Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter, sogenannte Warme-Kante-Systeme, sind auf jeden Fall ein sinnvoller und wirtschaftlicher Beitrag zur Erhöhung der Energieeffizienz in Neubau und Sanierung.