

## ***Kompass 'Warme Kante' für Fenster***

# Kompass 'Warme Kante' für Fenster

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.0 Einleitung</b> . . . . .	2
<b>2.0 Grundlagen</b> . . . . .	2
2.1 Was ist 'Warme Kante'? . . . . .	2
2.2 Normen . . . . .	3
2.3 Der Psi-Wert als Kennzeichen für den Randverbund . . . . .	4
<b>3.0 Das neue Forschungsvorhaben</b> . . . . .	5
3.1 Die neuen, repräsentativen Rahmenmodelle . . . . .	5
3.2 Datenblätter für 'Warme Kante'- Systeme und Two-Box-Modell . . . . .	5
3.3 Vorgehen und Berechnungs- grundlagen . . . . .	6
<b>4.0 Der Arbeitskreis 'Warme Kante' stellt sich vor</b> . . . . .	7
4.1 Die Mitglieder des Arbeitskreises (Stand Januar 2008) . . . . .	7
4.2 Die bisherige Tätigkeit des Arbeitskreises . . . . .	7
4.3 Zukünftige Vorhaben und Ausblick . . . . .	7
<b>5.0 Literatur</b> . . . . .	8

## 1.0 Einleitung

'Warme Kante' ist ein Begriff, der im Zusammenhang mit Wärmedämm-Isolierglas und energieeffizienten Fenstersystemen immer häufiger für den Isolierglas-Randverbund verwendet wird. Zu seinem Verständnis ist mehr Wissen zu bauphysikalischen Zusammenhängen und Normen notwendig, als man im ersten Moment vermutet.

Der Kompass 'Warme Kante', erarbeitet vom Arbeitskreis 'Warme Kante' (siehe Kapitel 4), soll über dieses Thema umfassend aufklären und die Grundlagen für eine einheitliche Vorgehensweise am Markt schaffen.

Im Rahmen dieses Kompasses wird im Nachfolgenden 'Warme Kante' für den Einsatz in Fenstern beschrieben. Ein Kompass für 'Warme Kante bei Fassaden' soll zu einem späteren Zeitpunkt folgen.

## 2.0 Grundlagen

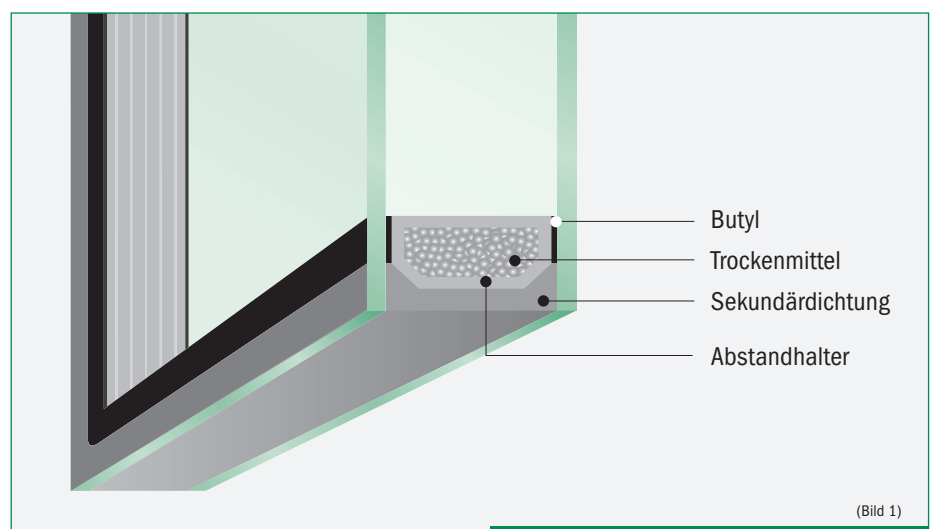
### 2.1 Was ist 'Warme Kante'?

Isolierglas wird im Randverbund mit Hilfe eines Abstandhalter-Profiles 'auf Abstand' gehalten. So entsteht der edelgas- oder luftgefüllte Scheibenzwischenraum, auf dem die Dämmwirkung der Verglasung beruht. Konventionell werden Hohlkammerprofile aus Aluminium als Abstandhalter verwendet.

Aluminium ist ein Werkstoff, der Wärme sehr schnell weiter leitet, es hat einen hohen Wärmeleitfähigkeitswert. Der Abstandhalter stellt eine direkte Verbindung von raum- und außenseitiger Glasscheibe her.

Sind die Abstandhalter der Isolierverglasung aus Aluminium, entsteht dadurch am Bauteil Fenster eine linienförmige Wärmebrücke von beachtlicher Länge: Die Heizwärme wird mehr oder weniger ungebremst ins Freie geleitet, und das rings herum entlang des Übergangsbereichs von Glas zu Rahmen, an jedem Fenster. Das schlägt sich nicht nur in der Energiebilanz des Gebäudes nieder,

(Bild 1)  
Schematischer Aufbau von  
Zweifach-Isolierglas



(Bild 1)

sondern führt an der Glaskante auch zur Abkühlung der raumseitigen Oberflächentemperatur – die Kante wird kalt. Sinkt die Oberflächentemperatur unter die Taupunkttemperatur der umgebenden Luft, fällt dort Tauwasser aus – ein oft von Verbrauchern reklamierter Komfort- und Hygienemangel. Neben der Gesundheitsgefahr für die Bewohner können bei längerem Auftreten von Tauwasser Schäden an den Fensterrahmen entstehen.

Für Isolierglas-Abstandhalter, welche die Wärmebrücke am Glasrand reduzieren, also die raumseitige Glaskante **wärmer** halten, wurde schon in den achtziger Jahren in den USA der Begriff 'warm edge' geprägt. Dieser Begriff wurde als 'Warme Kante' in den deutschen Sprachgebrauch übernommen. 'Warme Kante' ist also eine Kurzbezeichnung für wärmetechnisch verbesserten Randverbund von Isolierglas. Inzwischen sind für 'Warme Kante' eine Vielzahl von Abstandhalter-Lösungen im Markt verfügbar. Mehr und mehr werden diese 'Warme Kante'-Abstandhalter in modernen Wärmedämmgläsern eingesetzt. Insbesondere in Dreifach-Isolierglas ist die Verwendung von 'Warmer Kante' sinnvoll.

Der Isolierglas-Randverbund ist ein bislang wenig beachteter Bereich mit großer Wirkung – seine wärmetechnische Verbesserung mit modernen 'Warme-Kante'-Abstandhaltern ist in jedem Fall eine wirtschaftliche Maßnahme zur Energieeinsparung an Fenstern und Fassaden. Die 'Warme Kante' leistet einen wertvollen Beitrag zur Erhöhung der Energieeffizienz von Gebäuden, indem sie die Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern ( $U_w$ ) reduziert.

### 2.2 Normen

Die Europäische Grundlagennorm zum wärmetechnischen Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen DIN EN ISO 10077 beschreibt in ihrem Teil 1 die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Fenster  $U_w$  aus den Werten für Rahmen  $U_f$ , Verglasung  $U_g$  und dem längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\psi_g$  des Glas-Rahmen-Verbindungsbereichs im vereinfachten Verfahren. Teil 2 der Norm erläutert die detaillierte Berechnung der Einzelwerte  $U_f$  und  $\psi_g$  in einem numerischen Verfahren [1], [2].

In Teil 1 werden zur vereinfachten Ermittlung von  $U_w$  für  $U_f$  und  $U_g$  Tabellenwerte oder auf anderen Wegen ermittelte Eingangswerte verwendet. Für die längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten des Glas-Rahmen-Verbindungsbereichs, die  $\psi_g$ -Werte (sprich Psi-Werte, näheres dazu siehe Kapitel 2.3), stehen im Anhang E zu Teil 1 der Norm zwei Wertetabellen zur Verfügung:

1. Tabelle E.1 mit Werten des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\psi_g$  für typische Abstandhalter aus Aluminium und Stahl
2. Tabelle E.2 mit Werten des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\psi_g$  für Abstandhalter mit wärmetechnisch verbesserter Leistungsfähigkeit.

Was ein Abstandhalter mit wärmetechnisch verbesserter Leistungsfähigkeit ist, wird gemäß Definition in Anhang E nach folgender Gleichung bestimmt:

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

(Bild 2)  
Tauwasser an der raumseitigen Glaskante, häufig ein Grund für Ärger



(Bild 2)

# Kompass 'Warme Kante' für Fenster

Dabei wird nur der Abstandhalter, nicht der gesamte Isolierglas-Randverbund inkl. Dichtstoff betrachtet. Die Hauptrichtung des Wärmestroms über den Abstandhalter geht in eingebautem Zustand von der inneren zur äußeren Glasscheibe – also quer zur Längsrichtung des Abstandhalterprofils – durch diejenigen Profilwandungen oder Abstandhalterteile, die innen mit außen verbinden. Die dort vorgefundenen, senkrecht zur Hauptwärmestromrichtung orientierten Wandstärken  $d$  werden mit der jeweiligen Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  des Materials multipliziert und aufsummiert. Bild 3 zeigt Beispiele der Berechnung. Ist das Ergebnis kleiner oder gleich  $0,007 \text{ W/K}$ , darf das Abstandhaltersystem als wärmetechnisch verbessert, kurz als 'Warme Kante', bezeichnet werden.

In Teil 2 der Norm EN 10077 wird ein numerisches Verfahren beschrieben. Damit können für ein individuelles Rahmensystem über detaillierte Modellierung aller Einzelheiten mit Hilfe von Finite-Elemente-Rechenprogrammen der Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens  $U_f$  sowie der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten  $\psi$  des Glas-Rahmen-Verbindungsbereichs berechnet werden.

Sowohl beim vereinfachten Verfahren gemäß Teil 1 als auch bei der detaillierten Ermittlung nach Teil 2 werden die Ein-

gangsdaten mit folgender Formel zum  $U_w$ -Wert des Fensters zusammengefügt:

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

(Bild 4): Formel zur Berechnung des U-Wertes von Fenstern nach DIN EN 10077-1

Der Wärmedurchgangskoeffizient  $U_g$  bezieht sich auf den Mittenbereich der Verglasung, der von der Wärmebrücke am Rand ungestört ist. Der Wärmedurchgangskoeffizient  $U_f$  beschreibt lediglich den Rahmen, ohne eingesetzte Verglasung. Der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient  $\psi_g$  steht für die Wärmeleitung, die durch die Wechselwirkung von Rahmen, Glas und Abstandhalter entsteht und wird maßgeblich von der Wärmebrückenwirkung des Abstandhalters bestimmt. Der Psi-Wert  $\psi_g$  beschreibt also den physikalischen Vorgang an der Übergangsstelle von Verglasung zu Rahmen und ist deshalb nicht einfach nur eine einzige, feste Kennzahl pro Abstandhaltersystem.

Die einfache Psi-Werte-Tabelle E.2 aus Teil 1 der Norm EN 10077 wird dem Wunsch der Fensterhersteller nach besten Werten nicht immer gerecht – Tabellenwerte für vereinfachte Verfahren liegen auf der sicheren Seite. Die detaillierte Einzelfallberechnung nach Teil 2 würde jedoch viele

Fensterhersteller vor die nahezu unlösbare Aufgabe der Berechnung aller Fenstersystemvarianten mit allen in Frage kommenden Verglasungen und Abstandhaltersystemen stellen. Deshalb hat sich in den letzten Jahren die Verwendung von sogenannten repräsentativen Psi-Werten eingebürgert.

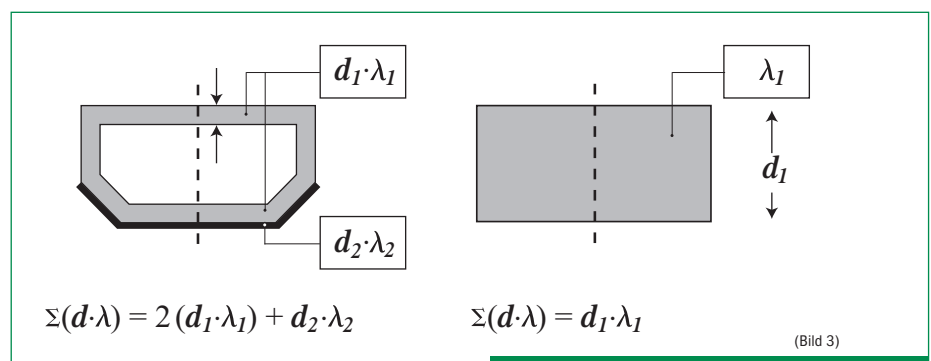
## 2.3 Der Psi-Wert als Kennzeichen für den Randverbund

Wie in Kapitel 2.2 beschrieben, ist der Psi-Wert  $\psi_g$  die kennzeichnende Größe für den Effekt von 'Warmer Kante'. Dieser lineare Wärmedurchgangskoeffizient fließt in die Formel zur  $U_w$ -Wert-Berechnung ein:

Anhand der Psi-Werte lässt sich die Leistungsfähigkeit eines 'Warme-Kante'-Systems bewerten und verschiedene Systeme werden vergleichbar. Allerdings ist der Unterschied von 'Warmer Kante' zu konventionellen Aluminium-Abstandhaltern weitaus größer als die Differenzierung der 'Warme-Kante'-Systeme untereinander.

In einem erneuten Forschungsvorhaben wurden für alle maßgeblichen europäischen 'Warme-Kante'-Systeme neue, repräsentative Psi-Werte ermittelt. Da sie unter exakt gleichen Randbedingungen entstanden, lassen sie einen objektiven Vergleich der wärmetechnischen Leistungsfähigkeiten zu. Der Güteausschuss

(Bild 3)  
Beispiele zur Ermittlung der wärmetechnischen Leistungsfähigkeit von Abstandhaltern



der RAL-Gütegemeinschaft hat die Eingangsdaten für die Berechnung auf Plausibilität geprüft sowie die Systemtauglichkeit für CE-Kennzeichnung über Vorlage von Systemprüfungen nach EN 1279 Teil 2 und 3 nachvollzogen. Die einheitliche Darstellung der Systeme mit geprüften Eingangsvoraussetzungen schafft Transparenz und in weiten Bereichen eine Vereinfachung für die Anwender.

Die repräsentativen System-Psi-Werte können für gängige Fenstersysteme zur vereinfachten  $U_w$ -Wert-Ermittlung herangezogen werden, da sie hinreichend genaue Ergebnisse liefern.

### **3.0 Das neue Forschungsvorhaben**

#### **3.1 Die neuen, repräsentativen Rahmenmodelle**

Bei der Ermittlung typischer Psi-Werte von Isolierglas-Randverbundsystemen wurden bisher die in EN 10077-2 beschriebenen Fensterprofile zu Grunde gelegt und auch im Forschungsprojekt 'Psi-Fenster' (April 2003) verwendet [3], [4]. Seither fand eine stete Weiterentwicklung zu thermisch noch besseren Fensterrahmen und Isolierglas-Abstandhalterprofilen statt. Die in EN 10077-2 beschriebenen Rahmenprofile waren somit nicht mehr aktuell und sollten durch neue ersetzt werden. Hierzu wurden typische Rahmensysteme verschiedener Hersteller ausgewertet und neue, repräsentative Rahmenprofile für die Materialien Metall mit thermischer Trennung, Kunststoff und Holz-Aluminium entwickelt. Der Holzrahmen blieb unverändert. Die neuen repräsentativen Rahmenprofile ergeben mit einem Standard-Aluminium-Abstandhalter die in EN ISO 10077-1:2004 Tabelle E.1 angegebenen Werte. Die neuen Profile stehen als Zeichnungen und in elektronischer Form zur Verfügung und sollen zukünftig bei der Angabe von repräsentativen Psi-Werten von Randverbundsystemen zu Grunde gelegt werden.

#### **3.2 Datenblätter für warme Kante-Systeme und Two-Box-Modell**

Für alle beteiligten Isolierglas-Abstandhaltersysteme oder besser Isolierglas-Randverbundsysteme wurden einheitliche Da-

tenblätter erstellt, die vom Bundesverband Flachglas gemeinsam mit der RAL-Gütegemeinschaft Mehrscheiben-Isolierglas herausgegeben werden. Das Systemdatenblatt enthält neben einer Beschreibung der Abstandhalter-Materialien und ihrer Wärmeleitfähigkeiten die Psi-Werte für Zweifach- und Dreifach-Verglasung in jeweils den vier repräsentativen Rahmenprofilen für Holz, Holz-Aluminium, Kunststoff und Metall mit thermischer Trennung.

Eine positive Systemprüfung nach EN 1279 Teil 2 und 3 ist für die Erstellung des Datenblatts durch den Verband in jedem Fall Voraussetzung. Die Datenblätter werden fortlaufend überprüft und bei Systemveränderungen aktualisiert.

Die Datenblätter stehen auf den Websites von Bundesverband Flachglas und RAL-Gütegemeinschaft Mehrscheiben-Isolierglas zum Download frei zur Verfügung.

Die wichtigsten Bedingungen bei der Ermittlung der repräsentativen Psi-Werte und die Toleranzen an Glas und Randverbund sind:

- Glaseinstand 15 mm, übliche Abweichungen im Glaseinstand von 2 bis 3 mm verändern die Psi-Werte nicht signifikant
- Rückenüberdeckung 3 mm Polysulfid, hiermit haben die Psi-Werte auch für Polyurethan und Silikon, aufgrund der geringeren Wärmeleitfähigkeit dieser Materialien, Gültigkeit.

# Kompass 'Warme Kante' für Fenster

- Glasdicke 4 mm, dickere Glasscheiben führen zu größeren Psi-Werten. Werden im Einzelfall in großem Umfang wesentlich dickere Scheiben verwendet sollte dies berücksichtigt werden, siehe Two-Box-Modell
- $U_g$ -Wert 1,1 W/m<sup>2</sup>K (Zweifachglas) bzw. 0,7 W/m<sup>2</sup>K (Dreifachglas), Abweichungen im Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,1 W/m<sup>2</sup>K wirken sich auf den Psi-Wert nur unwesentlich aus. Für höhere U-Werte (schlechtere Wärmedämmung) von Verglasung und Rahmen liegen die angegebenen Psi-Werte auf der sicheren Seite

Zur Vermeidung von Rundungsfehlern wurden die Psi-Werte im Datenblatt auf 0,001 W/mK angegeben. Das Verfahren zur rechnerischen Bestimmung der Psi-Werte hat eine allgemein akzeptierte Genauigkeit von  $\pm 0,003$  W/mK. Unterschiede in den Psi-Werten von weniger als 0,005 W/mK sind daher nicht signifikant und machen sich bei der Berechnung der Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern ( $U_w$ -Wert) nur in Ausnahmefällen aufgrund der Rundung bemerkbar.

Bei Sonderkonstruktionen werden teilweise detaillierte Isothermenberechnungen durchgeführt. Um diese Berechnungen nach DIN EN ISO 10077-2 zu erleichtern, sind in den Datenblättern auch Angaben für eine vereinfachte Behandlung des Abstandhalterquerschnitts mit Hilfe einer äquivalenten Wärmeleitfähigkeit enthalten (Two-Box-Modell). Diese wird für 12 mm und 16 mm Scheibenabstand angegeben. Äquivalente Wärmeleitfähigkeiten für andere Scheibenabstände können durch Interpolation ermittelt werden.

### 3.3 Vorgehen und Berechnungsgrundlagen

Die Berechnungen wurden mit WINISO® vom Labor für Wärmeschutz an der Hochschule Rosenheim durchgeführt. Die Einzelheiten der Berechnungen wie Randbedingungen, Modellierung und Rechenparameter wurden mit dem ift Rosenheim abgestimmt. Ebenso wurden die Ergebnisse durch das ift Rosenheim validiert.

Die Abstandhaltersysteme wurden bezüglich Geometrie und Materialien nach Herstellerangaben modelliert. Die Wärmeleitfähigkeiten der metallischen Werkstoffe wurden auf der Basis von Prüfzeugnissen mit Normen abgeglichen, die Wärmeleitfähigkeiten der nichtmetallischen Werkstoffe wurden entsprechend Herstellerangaben eingesetzt und durch Prüfzeugnisse nachgewiesen, eine Normung ist hier nicht vorhanden. Anschließend wurden die Psi-Werte für die vier repräsentativen Rahmenprofile mit jeweils 2-Scheibenisolierverglasung 4/16/4 mit einem  $U_g$ -Wert von 1,1 W/m<sup>2</sup>K und ein 3-Scheibenisolierverglasung 4/12/4/12/4 mit einem  $U_g$ -Wert von 0,7 W/m<sup>2</sup>K auf Grundlage eines detaillierten Modells bestimmt.

Die detaillierten Berechnungen wurden mit dem Two-Box-Modell jeweils in gleicher Weise für die vier Rahmenprofile mit Zweifach- und Dreifach-Verglasung wiederholt und die Ergebnisse verglichen. Die Abweichungen lagen in allen Fällen im Rahmen der Rechengenauigkeit.

Im Rahmen der Plausibilitätskontrolle der Eingangsdaten ergab sich ein wissenschaftlich interessanter Aspekt: Für Dünobleche aus nicht rostendem Stahl lagen Prüfzeugnisse mit Werten der Wärmeleitfähigkeit

vor, die von den Werten der DIN EN 10088-1 teilweise stark abwichen [5].

In Zusammenarbeit mit der Firma Netzsch, Selb, wurden daher Messungen mit unterschiedlichen Verfahren an verschiedenen Dünoblechen vorgenommen. Hierbei zeigte sich, dass das übliche Messverfahren (Laser Flash Verfahren) die Wärmeleitfähigkeit senkrecht zur Blechebene bestimmt und diese auf Grund der angenommenen Isotropie des Metalls auch für den maßgebenden Wert in Blechebene verwendet wurde. Messungen mit einem modifizierten Messverfahren in Blechebene lieferten jedoch höhere und mit DIN EN 10088-1 gut übereinstimmende Werte der Wärmeleitfähigkeit. Die geringere Wärmeleitfähigkeit senkrecht zur Blechebene erklärt sich durch eine starke Anreicherung von Gitterfehlern als Folge der Umformung zum Dünoblech.

## 4.0 Der Arbeitskreis 'Warme Kante' stellt sich vor

### 4.1 Die Mitglieder des Arbeitskreises

Der Arbeitskreis 'Warme Kante' ist ein Unterausschuss des Technischen Ausschusses beim Bundesverband Flachglas. Er setzt sich aus Mitgliedern und Fördermitgliedern zusammen. Im Arbeitskreis sind 9 namhafte Hersteller von Abstandhaltern für Isolierglas sowie die Glasindustrie vertreten (Stand Januar 2008).

- Allmetal GmbH
- Edgetech Europe GmbH
- Ensinger GmbH
- Glaswerke Arnold GmbH & Co. KG
- Kömmerling Chem. Fabrik
- Helmut Lingemann GmbH & Co.
- Rolltech A/S
- Saint Gobain Glass Solutions Suisse
- Technoform Glass Insulation GmbH
- Glas Trösch GmbH
- GLASTECH Produktions- und Verfahrenstechnik GmbH (Lisec)

Der Arbeitskreis wird durch Herrn Professor Feldmeier von der Fachhochschule Rosenheim und Herrn Sack vom ift Rosenheim wissenschaftlich begleitet.

### 4.2 Die bisherige Tätigkeit des Arbeitskreises

Mit Unterbrechungen ist der Arbeitskreis bereits seit 1998 tätig und kann eine ganze Reihe von Ergebnissen vorweisen:

- Im Juli 1999 wurde der Abschlussbericht des ift Rosenheim zum ersten 'Forschungsvorhaben Warm Edge' vorgelegt. Dies war der erste seriöse

Systemvergleich von Abstandhaltersystemen mit Berechnungen, die auf gleichen Randbedingungen basieren. Die Ergebnisse bildeten für die Systemhersteller die Grundlage für eigene, systembezogene Psi-Werte-Tabellen. [3]

- In einem zweiten Forschungsvorhaben für das Deutsche Institut für Bautechnik wurden 2002/2003 die wichtigsten Einflüsse auf die Psi-Werte in verschiedenen Rahmensystemen nach DIN EN ISO 10077-2 rechnerisch untersucht und mit experimentellen Ergebnissen verglichen. An diesem Projekt waren insgesamt 6 Prüfinstitute und Rechenstellen sowie 8 Industriepartner beteiligt. Der Bericht wurde im April 2003 durch den Fraunhofer IRB Verlag veröffentlicht. [4]
- Um die Branche und auch die Verbraucher vor Produkten zu schützen, die eine wärmetechnische Verbesserung am Isolierglas-Randverbund nur vortäuschen, wurde im Arbeitskreis eine Definition für 'wärmetechnisch verbesserten Randverbund' gefunden. Diese Definition wurde in die DIN V 4108-4:2004-07, Anhang C, aufgenommen.
- Auch in die Europäische Normierung fand diese Definition Eingang. Sie ist jetzt im Anhang E der DIN EN ISO 10077-1:2006, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten, zu finden, einschließlich einer Tabelle mit systemneutralen, repräsentativen Psi-Werten für wärmetechnisch verbesserten Randverbund. Siehe auch Kapitel 2.2.

### 4.3 Zukünftige Vorhaben und Ausblick

Durch weitere Tätigkeit des Arbeitskreises soll das Verfahren der repräsentativen System-Psi-Werte für vereinfachte  $U_w$ -Wert-Ermittlung europaweit Anerkennung finden.

Mit Hilfe der geschaffenen Gütekriterien für die deklarierten Psi-Werte soll das Thema 'Warme Kante' gefördert und für dauerhaft seriöse und verlässliche Darstellung im Markt gesorgt werden. Unterstützt wird dies durch gemeinsame Pressearbeit und Marketingaktionen.

## 5.0 Literatur

[1] DIN EN ISO 10077-1:2006

Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_w$ .

Teil 1: Allgemeines

[2] DIN EN ISO 10077-2:2003

Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_w$ .

Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen.

[3] Forschungsvorhaben Warm Edge, ift Rosenheim, Abschlussbericht Juli 1999

[4] Psi-Wert Fenster, Forschungsvorhaben Qualitätskriterien für die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\psi_g$  (Psi-Wert) des Übergangs Rahmen-Glasrand-Glas und Vergleich mit experimentellen Daten Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, April 2003  
Fraunhofer IRB Verlag, 2003, ISBN 3-8167-6526-2

[5] DIN EN ISO 10088-1:2005  
Nichtrostende Stähle  
Teil 1: Verzeichnis der nichtrostenden Stähle

**Dieses Merkblatt wurde erarbeitet von:** Arbeitskreis 'Warme Kante' beim Bundesverband Flachglas e.V., · Mülheimer Straße 1 · D-53840 Troisdorf · Telefon: 0 22 41 / 87 27-0 · Telefax: 0 22 41 / 87 27-10 · info@bundesverband-flachglas.de · Internet: www.bundesverband-flachglas.de

**Unter Mitwirkung von:** Fachhochschule Rosenheim · ift Rosenheim

© **Bundesverband Flachglas e. V.** Einem Nachdruck wird nach Rückfrage gerne zugestimmt. Ohne ausdrückliche Genehmigung ist es jedoch nicht gestattet, die Ausarbeitung oder Teile hieraus nachzudrucken oder zu vervielfältigen. Irgendwelche Ansprüche können aus der Veröffentlichung nicht abgeleitet werden.



Bundesverband Flachglas e.V.  
Mülheimer Straße 1  
53840 Troisdorf  
Telefon (02241) 8727-0  
Telefax (02241) 8727-10  
info@bundesverband-flachglas.de