

Professor Ulrich Sieberath, Institutsleiter ift Rosenheim

M.BP. Dipl.-Ing. (FH) Manuel Demel, Produktingenieur Bauphysik, ift Rosenheim

Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Benitz-Wildenburg, Leiter PR & Kommunikation

Ermittlung des U-Wertes von Fenstern und Außentüren gemäß Produktnorm EN 14351-1

Vorstellung normkonformer Bestimmungsverfahren und vereinfachter Nachweise

Die Verminderung des Energiebedarfs im Gebäudebereich ist eine der wichtigsten Aufgaben der Energiewende. Moderne Fenster erzielen auf der Süd-, West- und Ostseite zwar über die gesamte Heizperiode spürbare Nettoenergiegewinne, die bei Passiv- und Plusenergiehäusern intelligent genutzt werden. Hier kommt es maßgeblich auf ein gutes Verhältnis des U-Wertes des Glases (U_g) und des Gesamtenergiedurchlassgrades an (g -Wert) an. Dennoch bleibt die Bestimmung der Wärmeverluste für die Gebäudeplanung wichtig, deren relevante Kenngröße auch bei Fenstern und Außentüren der Wärmedurchgangskoeffizient (U_w für Fenster und U_D für Türen) ist, der sich allerdings aus den Komponenten Fensterrahmen, Verglasung und dem Glaseinbau ergibt. Daneben muss aber auch auf einen nahezu wärmebrückenfreien Einbau geachtet werden, der aber hier nicht näher behandelt wird.

Die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern wird in der Produktnorm EN 14351-1 eindeutig festgelegt und kann mittels Messungen, Berechnungen oder über ein tabellarisches Verfahren bestimmt werden. Im Kommentar zur EN 14351-1 [1] werden die Verfahren ausführlich mit allen notwendigen Tabellen der normativen Verweise sowie mit Grafiken und Berechnungsbeispielen ausführlich beschrieben. Der nachfolgende Text ist ein verkürzter Auszug.

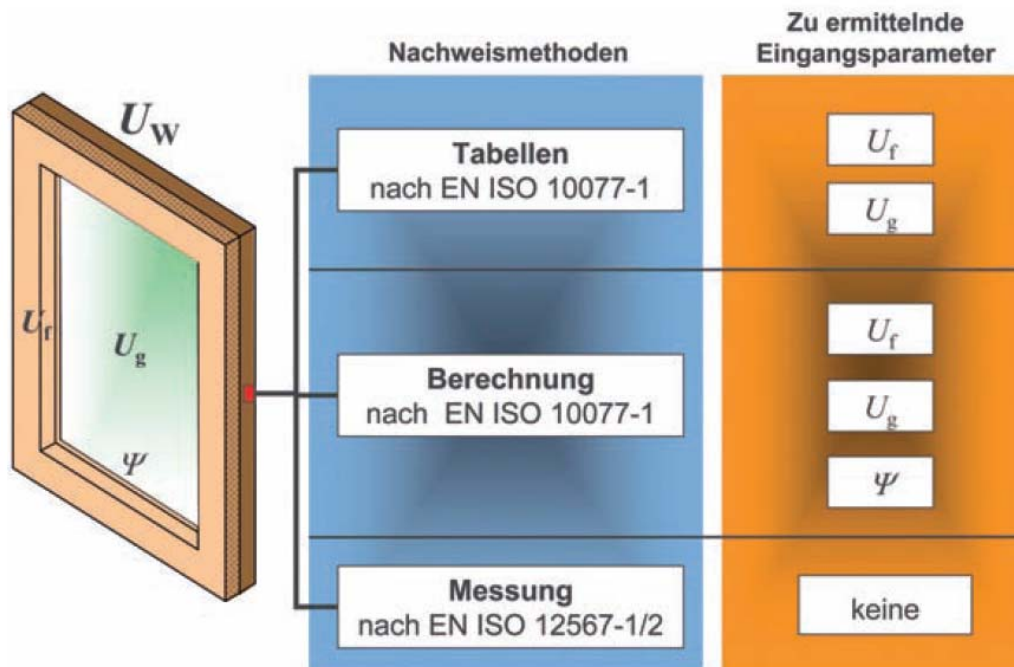


Bild 1 Zulässige Verfahren zur Ermittlung des U-Wertes (aus [1])

Neben dem einfachen Tabellenverfahren ist auch eine eigenverantwortliche Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten mittels Berechnung durch den Hersteller möglich. Hierzu müssen die Eingangsdaten (Rahmenwert U_f) sowie die Grundlagen (Berechnungsverfahren, Software etc.) für die Ermittlung der Eigenschaften durch eine notifizierte Prüfstelle ermittelt werden.

Bestimmung des U-Wertes durch Messung

Das Referenzverfahren ist die Messung nach ISO 12567 Teil 1 und 2 (Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels Heizkastenverfahren), die unter anderem auch im ift Rosenheim im Labor Bauphysik seit vielen Jahren durchgeführt wird.

Bestimmung des U-Wertes durch Berechnung

Für die Berechnung des U-Wertes nach EN ISO 10077-1 (Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten) werden folgende Kenngrößen benötigt:

- U_f -Wert des Rahmens (f = frame)
- U_g -Wert der Verglasung (g = glazing)
- Ψ -Wert des Abstandhalters, z.B. Aluminium, Edelstahl, Kunststoff

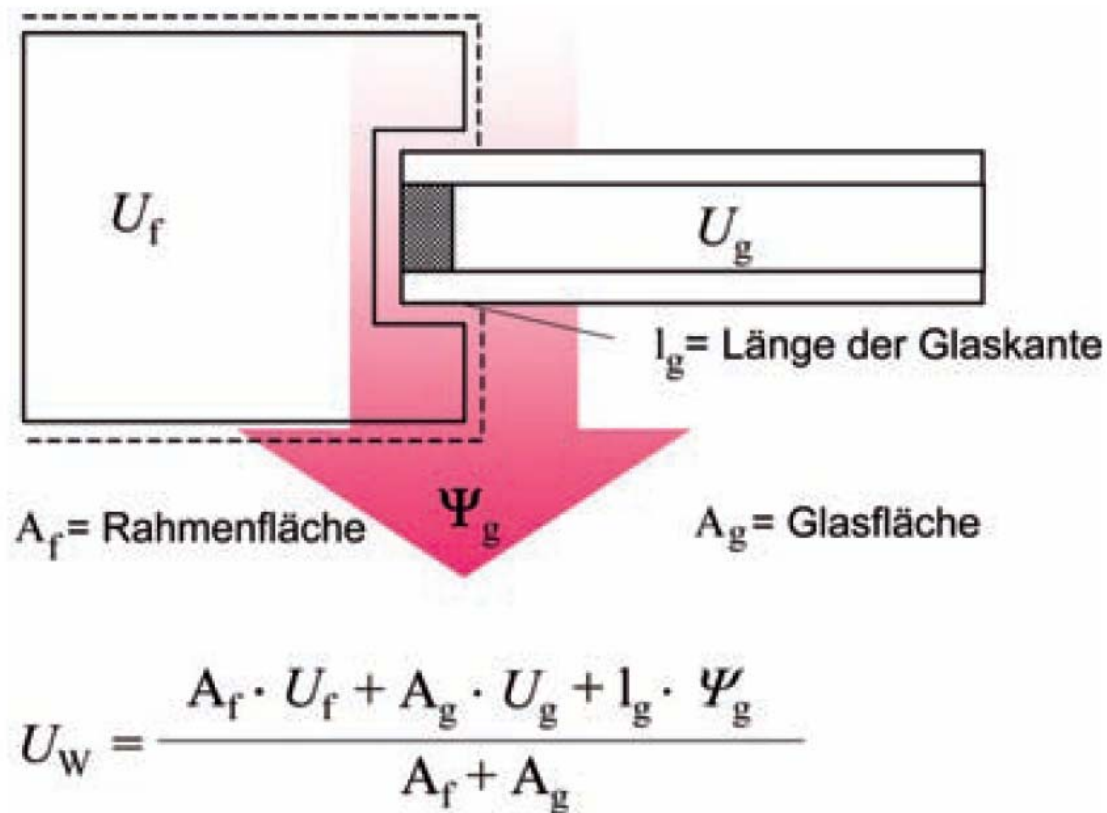


Bild 2 Rechnerische Bestimmung des U-Wertes nach der Flächenformel gemäß EN ISO 10077-1 [2]

Im Rahmen der CE-Kennzeichnung ist darauf zu achten, dass die Berechnung des U_W - bzw. U_D -Wertes auf Basis der Flächenformel durch den Hersteller selber durchgeführt werden darf. Es ist jedoch zu beachten, dass die Eingangsparameter (U_g , U_f , Ψ) von einer notifizierten Prüfstelle ermittelt wurden bzw. durch Normen-Tabellen abgesichert sind. Ebenso sollte die verwendete Berechnungssoftware von einer notifizierten Stelle überprüft werden. Die Tabellenwerte dürfen vom Hersteller eigenverantwortlich genutzt werden.

Die Eingangsparameter für die Berechnung können ebenfalls nach verschiedenen Methoden (Messung, Rechnung, Tabelle) ermittelt werden.

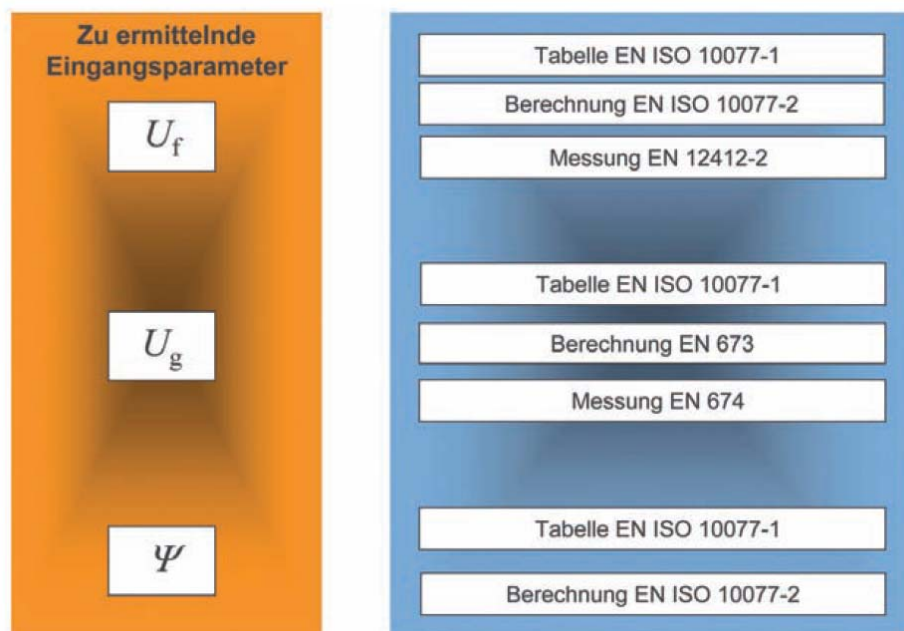


Bild 3 Eingangsparameter für die Berechnung des U-Wertes für Fenster U_w

Wärmedurchgangskoeffizient des Glases U_g

Der Wärmedurchgangskoeffizient U_g von Mehrscheiben-Isolierglas wird durch den Glashersteller im Rahmen der CE-Kennzeichnung nach EN 1279-5 deklariert. Dieser kann direkt vom Fensterhersteller für die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten verwendet werden. Eine separate Ermittlung des U_g -Wertes ist nicht notwendig. Bei Verbundfenstern, bei denen mehrere Scheiben bzw. Isoliergläser hintereinander in der Konstruktion eingesetzt sind, erfolgt die Berechnung des U_g -Wertes des kompletten Glasaufbaus anhand der U_g -Werte der Einzelgläser.

Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens U_f

Die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten des Profils U_f erfolgt durch eine Messung des kompletten Profils nach EN 12412-2 oder durch eine Berechnung mit Finite-Elemente-Programmen (FEM) auf der Basis der EN ISO 10077-2. In der Praxis ist es üblich, Profilsysteme zu produzieren, die eine große Anzahl verschiedener Geometrien enthalten, weisen aber gleichzeitig vergleichbare wärmetechnische Eigenschaften auf. In diesen Rahmengruppen sind die wichtigsten Einflussgrößen, beispielsweise die Abmessung, der Werkstoff und die Art der wärmetechnischen Trennung, annähernd gleich. Der Wärmedurchgangskoeffizient kann deshalb vereinfachend beurteilt werden. Detaillierte Verfahren werden in ift-Richtlinien beschrieben [5], die somit wesentliche Vereinfachungen bei der Beurteilung von kompletten Rahmenprofilssystemen ermöglichen und deshalb auch in EN ISO 10077-1 zitiert werden.

Linearer Wärmedurchgangskoeffizient des Randverbundes/Abstandhalters Ψ

Die zur Berechnung des U_w -Wertes notwendigen linearen Wärmedurchgangskoeffizienten können als Pauschalwerte den Tabellen E.1 und E.2 der EN ISO 10077-1 entnommen werden. Sollen bessere Ψ -Werte, abweichend von den genannten Tabellen verwendet werden, so sind diese durch eine detaillierte Rechnung einer notifizierten Stelle nach EN ISO 10077-2 nachzuweisen. In der Regel werden die Ψ -Werte von wärmetechnisch verbesserten Randverbundsystemen durch den Hersteller des Randverbundes nachgewiesen. Als Basis für die Ermittlung steht die ift-Richtlinie WA-08/2 zur Verfügung. Eine Auswahl aktueller Datenblätter mit den Ψ -Werten für unterschiedliche Systeme und Rahmenmaterialien finden sich unter <http://www.bundesverband-flachglas.de/shop/kostenfreie-downloads/bf-datenblaetter/datenblaetter.html>

Februar 2013 - Nr.X - Änderungsindex X

ARBEITSKREIS 'WARME KANTE'

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

Produktname	Abstandhalter Bauhöhe in mm	Material	Dicke d in mm
	X	Edelstahl	0,XX

Repräsentative Rahmenprofile	Material mit thermischer Trennung			
	Kunststoff	Holz	Holz/Metall	
Repräsentatives Psi-Wert Zweischichten-Isolierglas $U_{g,2} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	0,XXX	0,XXX	0,XXX	0,XXX
Repräsentatives Psi-Wert Dreischichten-Isolierglas $U_{g,3} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	0,XXX	0,XXX	0,XXX	0,XXX

New Box Modell Kernweite	Scheibenabstand (SZA) in mm	$\lambda_{s,20}$ in W/mK	
		Box 1 - $h_1 = 2 \text{ mm}$	Box 2 - $h_2 = 7 \text{ mm}$
	Für alle SZA verwendbar	0,XX	0,XX

Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit wurde nach der ift-Richtlinie WA 17/1 "Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter - Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit durch Messung" ermittelt. Die damit beschriebenen repräsentativen linearen Wärmedurchgangskoeffizienten (repräsentativer Psi-Wert) gelten für typische Rahmenprofile und sind ungeeignet für die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w von Fenstern. Sie werden unter dem in der ift-Richtlinie WA-08/2 "Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter - Teil 1: Ermittlung des repräsentativen Psi-Wertes für Fensterbauweisen" festgelegten Rahmenprofilen (Dachfenster, Verdrehung, Glasrand, Holzfensterbau, Primär- und Sekundärsichtseite) ermittelt. Diese Richtlinie regelt auch den Gültigkeitsbereich und die Anwendung der repräsentativen Psi-Werte. Zur Vermeidung von Rundungsfehlern wurden die Psi-Werte in Datenblatt auf 0,001 W/mK angegeben. Das Verfahren zur rechnerischen Bestimmung der Psi-Werte bei einer Genauigkeit von $\pm 0,002 \text{ W/mK}$, Unterschreite von weniger als 0,001 W/mK sind nicht signifikant. Weitere Informationen sind dem Merkblatt 004/2008 "Kompas 'Warme Kante' für Fenster" des Bundesverband Flachglas zu entnehmen.

Ermittlung der Kernweite durch:
Hochschule Rosenheim
University of Applied Sciences

Bild 4 Musterbeispiel für Datenblatt Ψ -Werte Fenster des Arbeitskreises „Warme Kante“ gemäß ift-Richtlinie WA-08/2

Bestimmung des U-Wertes durch Tabellen

Neben der Messung bzw. Berechnung können die U-Werte für die CE-Kennzeichnung auch einfach mithilfe von Tabellen bestimmt werden. Hierfür stehen die entsprechenden Tabellen aus EN ISO 10077-1 zur Verfügung. Bei der Ermittlung des U-Wertes gemäß Tabelle wurden ausdrücklich nur die Tabellen mit 30 % Rahmenanteil herangezogen, um eine Vergleichbarkeit der U-Werte nach dieser vereinfachten Methode sicherzustellen. Zwischenwerte können interpoliert werden.

Fenster mit Sprossen

Sprosseneinteilungen werden beim Tabellenverfahren nach EN ISO 10077-1 nicht berücksichtigt. Die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten bei Sprossenfenstern wird durch die überarbeitete Fassung der EN 14351-1:2006+A1:2010 anhand eines tabellarischen Ermittlungsverfahrens berücksichtigt, das eine Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Sprossenfenstern mittels Zuschlagsfaktoren für den Wärmedurchgangskoeffizienten U_W ermöglicht. Bei einem Sprossenfenster wird zunächst der Wärmedurchgangskoeffizient desselben Fensters ohne Sprossen ermittelt und anschließend mit dem tabellarischen Wert zusätzlich beaufschlagt.

Größenabhängigkeit

In der Baupraxis zeigt sich bei Fenstern eine breite Variation mit unterschiedlichen Größen und Gestaltungsvarianten. Zur Vereinfachung hat man im Rahmen der Normung, deshalb die Möglichkeit geschaffen den U-Wert für Standardabmessungen zu ermitteln und anzugeben. Diese sind für Fenster $\leq 2,3 \text{ m}^2$ gleich $1,23 \text{ m} \times 1,48 \text{ m}$ bzw. für Fenster $> 2,3 \text{ m}^2$ gleich $1,48 \text{ m} \times 2,18 \text{ m}$ (Fenstertür). Für Türen $\leq 3,6 \text{ m}^2$ gleich $1,23 \text{ m} \times 2,18 \text{ m}$ bzw. für Türen $> 3,6 \text{ m}^2$ gleich $2,0 \text{ m} \times 2,18 \text{ m}$. Für Fenster mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten der Verglasung $U_g < 1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ darf immer mit dem Standardmaß $1,23 \times 1,48$ gearbeitet werden. Zu beachten ist, dass hierbei eine Abweichung von $\pm 25 \%$ je Einzelmaß zulässig ist. Im Rahmen der CE-Kennzeichnung sind also diese Standardgrößen bei der Deklaration des Wärmedurchgangskoeffizienten U_W bzw. U_D zugrunde zu legen. Wenn jedoch eine genaue Berechnung des Wärmeverlustes eines bestimmten Gebäudes gefordert wird, muss der Hersteller genaue berechnete oder durch Prüfung ermittelte Werte der entsprechenden Größe zur Verfügung stellen. Dies bedeutet, dass eine größenabhängige Angabe des U_W -Wertes möglich ist. Im Rahmen der CE-Kennzeichnung ist dann für den Verwendungszweck das jeweilige Objekt und Fenster rückverfolgbar anzugeben. Ebenso ist es dann notwendig, dass für alle im Objekt eingebauten Elemente ein größenabhängiger Nachweis erfolgt. Eine Mischung zwischen größenabhängigen und U-Werten für die Standardabmessungen im jeweiligen Objekt ist dann nicht möglich.

Abhängigkeit des U-Wertes von der Fensterteilung

Im praktischen Umgang stellt sich oft die Frage, ob der an einem Einfachfenster Dreh-/Kipp ermittelte U_W -Wert auch für andere Fensterteilungen wie z.B. eine Festverglasung oder auch ein Fenster mit Oberlicht verwendet werden darf. Hierzu enthält die Produktnorm EN 14351-1 keine direkten Aussagen. Anhaltspunkte ergeben sich jedoch aus dem informativen Anhang F, der eine mögliche Auswahl von repräsentativen Probekörpern beschreibt. So kann das Dreh-/Kippfenster bzw. die Dreh-/Kippfenstertüre als repräsentativer Probekörper angesehen werden, mit dem auch weitere Arten von Fenstern und Fenstertüren wie festverglaste Fenster, einflügelige Dreh-, Kipp- oder Klappfenster sowie eine Parallel-Abstell-Schiebekipptür (PSK) abgedeckt sind. Auch Kombinationen können mit dem einflügeligen Dreh-/Kippfenster abgedeckt werden. Für ein zweiflügeliges Stulpfenster (Fenster mit aufgehendem Mittelstück) kann der an dem einflügeligen Einfachfenster ermittelte U_W -Wert aber nicht verwendet werden. Hier ist eine separate Ermittlung notwendig. Selbstverständlich ist bei der Übertragung vorauszusetzen, dass die Rahmenprofile, das Mehrscheiben-Isolierglas bzw. die Füllung sowie das Randverbundsystem wärmetechnisch gleichwertig sind. Für Fenster mit Rollladenkasten gilt die Standardgröße für das Fenster alleine; d.h., dass der Rollladenkasten zusätzlich zu berücksichtigen ist.







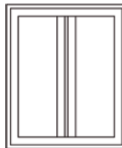
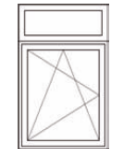
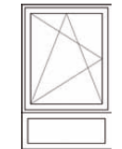

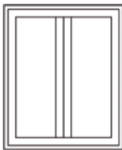
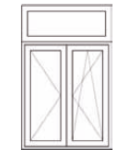

Fensterart				Repräsentative Probekörper
				
1-flg. Dreh-/Kippfenster	1-flg. Drehfenster	1-flg. Klappfenster	1-flg. Kippfenster	
				
Festverglasung	1-flg. Fenster mit Setzpfosten			
				
Fenster mit Oberlicht	Fenster mit Unterlicht	Fenster mit Seitenteil		
				
2-flg. Fenster Stulp	2-flg. Fenster Stulp m. Oberlicht			

Bild 5 Beispielhafte Darstellung zur vereinfachten Ermittlung von U_W anhand repräsentativer Probekörper in Abhängigkeit von der Fensterteilung

Vom Nennwert zum Bemessungswert

In Deutschland erfolgt die Berechnung des Primärenergiebedarfs von Gebäuden entsprechend der Energieeinsparverordnung (EnEV), wobei für die wärmetechnischen Eigenschaften der am Gebäude verwendeten Konstruktionen sogenannte Bemessungswerte anzuwenden sind. Der Bemessungswert berücksichtigt evtl. Zuschläge, die in Abhängigkeit der Nutzung unterschiedlich ausfallen können. Des Weiteren können die Bemessungswerte in den Mitgliedstaaten der EU unterschiedlich sein, da u. U. andere Randbedingungen für die Ermittlung der Bemessungswerte gelten. Im Rahmen des CE-Zeichens erfolgt die Deklaration des sogenannten Nennwertes. Dieser ist einheitlich in Europa. Die Ermittlung des Bemessungswertes in Deutschland ist in DIN V 4108-4 geregelt. Der Bemessungswert ergibt sich aus dem im Rahmen des CE-Kennzeichens deklarierten Nennwert. Für Fenster und Türen entspricht in Deutschland der Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten dem Nennwert. Dies macht es dem Planer einfach, da keine besonderen Aufschläge zu berücksichtigen sind. Im Rahmen des Nachweises nach Energieeinsparverordnung EnEV ist es ausreichend, wenn die Wärmedurchgangskoeffizienten für Fenster U_w und Außentüren U_D an den entsprechend Produktnorm festgelegten Standardabmessungen ermittelt werden.

Autoren:



Prof. Ulrich Sieberath

ist der Leiter des ift Rosenheim. Seit mehr als 30 Jahren ist er in der Fenster-, Fassaden-, Tür- und Glasbranche tätig und stellt seine umfangreiche Erfahrung und Sachkenntnis in einer Vielzahl von technischen Ausschüssen und Fachgremien sowie als Gutachter, Fachreferent, Autor und Lehrbeauftragter national und international zur Verfügung.



M.BP. Dipl.-Ing. (FH) Manuel Demel

ist im ift Rosenheim als Produktingenieur "Fenster und Fassaden" mit dem Fokus auf bauphysikalische Themen tätig. Er vertritt das ift Rosenheim in mehreren Normen- und Fachausschüssen sowie in Seminaren.



Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Benitz-Wildenburg leitet im ift Rosenheim den Bereich PR & Kommunikation. Als Schreiner, Holzbauingenieur und Marketingexperte ist er seit 30 Jahren in der Holz- und Fensterbranche in verschiedenen Funktionen tätig. Als Lehrbeauftragter, Referent und Autor gibt er seine Erfahrung weiter.

Literatur und Normen

- [1] Kommentar zur DIN EN 14351-1 Fenster und Türen - Produktnorm, Leistungseigenschaften, ift Rosenheim, 11/2013
- [2] EN ISO 10077 "Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten"
- [3] EN ISO 12567 Teil 1 und 2 „Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern und Türen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahren – Teil 1: Komplette Fenster und Türen“ und Teil 2: Dachflächenfenster und andere auskragende Fenster“.
- [4] EN ISO 10077-1:2006 „Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 1: Allgemeines“.
- [5] ift-Richtlinien zur Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten des Fensterrahmens U_f (WA-01/2 für Metallrahmen mit thermischer Trennung und WA-02/3 für Kunststoffprofile)
- [6] ift-Forschungsbericht „Einfluss von Sprossenkonstruktionen auf den Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern“, ift Rosenheim, 2001