

Publikation – ift Rosenheim

Dipl.-Ing. (FH) Klaus Specht, *Stv. Prüfstellenleiter Bauphysik*
Was bringt das Zehntel beim U-Wert?
Einfluss der Energieströme am Bauteil Fenster



Seite 1 von 10

Dipl.-Ing. (FH) Klaus Specht Stv. Prüfstellenleiter Bauphysik ift Rosenheim	Autor
Was bringt das Zehntel beim U-Wert? Einfluss der Energieströme am Bauteil Fenster	Headline
	Subline
Wärmedurchgangskoeffizient, Fenster, Fassade, Rahmen, Glas, Berechnung, Messung, Tabelle, U – Wert, U_w , U_g , Ψ , U_f , prEN ISO 10077-2	Stichwörter/ Schlagwörter
max. 13.000 (mit Leerzeichen)	Zeichen
max. 2 – 4	Bilder (separate Dateien!)

Was bringt das Zehntel beim U-Wert? Einfluss der Energieströme am Bauteil Fenster

Anforderungen

Mit dem Inkrafttreten der neuen EnEV am 01. 09. 2009 sind die wärmetechnischen Anforderungen der Bauteile Fenster, Fassaden, Türen, Tore um ca. 30 % im Vergleich zur Fassung 2002 erhöht worden. Die Folgende Tabelle zeigt die aktuellen Anforderungen ausgewählter Bauteile.

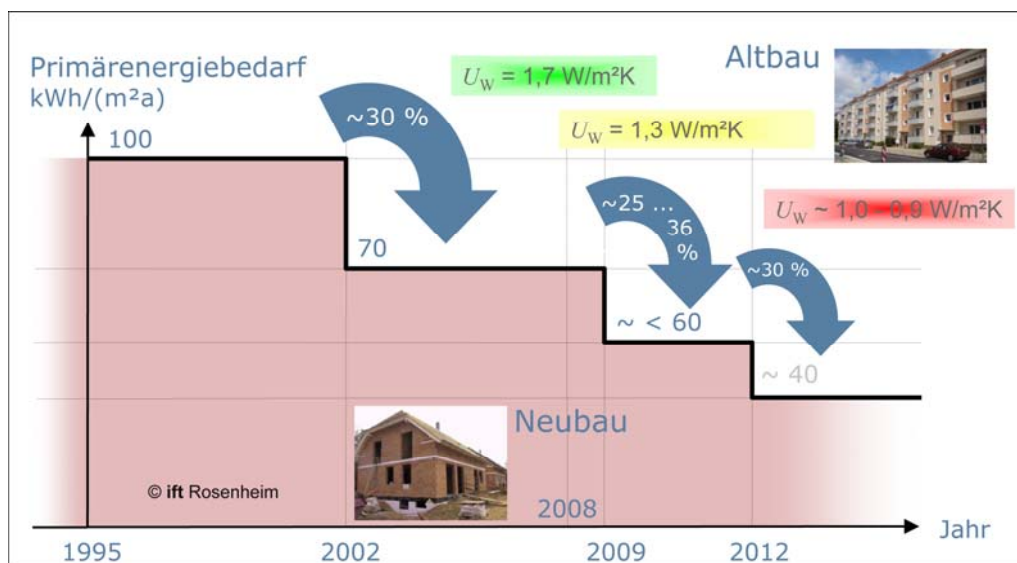


Bild 1 Anforderungen der neuen EnEV, exemplarisch für Altbausanierung

Mit der 12. Staffel der ??? hat das DIBt im Rahmen der Auslegungsfragen die Festlegung getroffen, dass die Anforderungen beim Bauteilverfahren gemäß EnEV 2009 erfüllt sind, wenn die mit 3 wertanzeigende Stellen genannten Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten für Fenster- und Fenstertüren mit 2 wertanzeigenden Stellen nachgewiesen sind. Dies gilt auch für die in der Unternehmererklärung abzugebende Bestätigung. Am Beispiel Fenster sind die Anforderungen bei der energetischen Sanierung gemäß EnEV/Bauteilverfahren mit $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ dann erfüllt, wenn ein Wert von $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ nachgewiesen wird.

Zurzeit wird die EnEV mit dem Ziel erneut überarbeitet, die Anforderungen weiter zu erhöhen, um die gesetzten Klimaziele der europäischen „Energy Performance Directive“, zu erreichen. Für Fenster kann mit der EnEV 2012 im Sanierungsfall mit einem U_w Wert zwischen $0,90$ bis $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ gerechnet

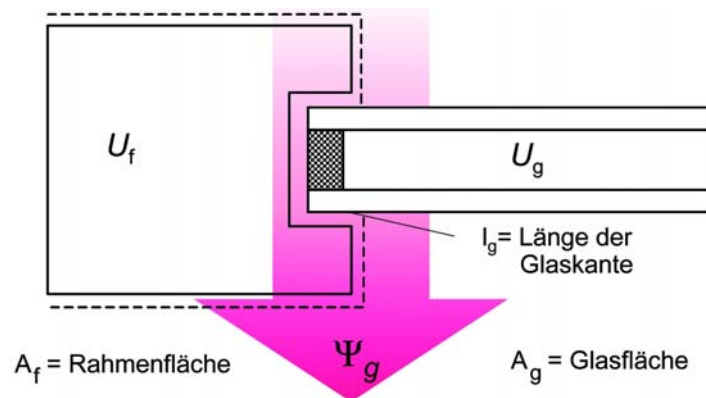
werden. Im Rahmen der KfW Förderungen gilt seit dem 1. März 2011 für die Förderungen von Einzelmaßnahmen (Programm 430) bereits heute bei der Erneuerung von Fenstern ein maximaler U_w des Fensters von $0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$. Auch für die Förderung von Neubauten werden mit den Energiestufen KfW 55 bzw. KfW 40 die Anforderungen an die Wärmedämmung verschärft und somit auch an den Wärmedurchgangskoeffizienten U_w des Fensters.

Energetische Optimierung von Verglasung, Rahmenprofil und Abstandhalter

Das Amendment zur Produktnorm „Fenster und Türen“, DIN EN 14351-1/A1: 2010-08 kann der Nachweis des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w über das Tabellenverfahren nach EN ISO 10077-1:2006, über Berechnung nach EN ISO 10077-1:2006 in Verbindung mit EN ISO 10077-2:2003 oder über eine Messung nach EN ISO 12567-1 : 2000 zu erfolgen. Die wärmetechnische Qualität eines Fenster (U_w -Wert) ergibt sich auch der Bewertung und Bestimmung aus Einzeldaten von Rahmenprofil (U_f -Wert), Verglasung (U_g -Wert) und dem längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient des Abstandhalterprofils (Ψ -Wert) des Abstandhalterprofil der Isolierverglasung. Den wärmetechnisch größten Einfluss auf den U_w - Wert des Fensters nimmt wegen des großen Flächanteils die Verglasung ein. Ändert man nun die einzelnen Komponenten eines Fensters, so ist deren wärmetechnische Auswirkung auf den Gesamt U_w -Wert des Fensters unterschiedlich. Bei einem Standardfenster von $123 \times 148 \text{ cm}$ kann der Einfluss auf den Wärmedurchgangskoeffizient U_w Wert um $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ wie folgt angenommen werden:

- Veränderung der Verglasung um $\Delta U_g = 0,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$,
- Veränderung des Rahmenprofils um $\Delta U_f = 0,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- Veränderung des Abstandhalterprofils um $\Delta \Psi = 0,04 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Fenster, die die Anforderungen der EnEV 2012 erfüllen wollen, also mit einem U_w von $0,95 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ oder niedriger werden standardmäßig mit Dreifach-Isolierverglasung und optimierten Abstandhalterprofilen ausgeführt werden. Auch die Möglichkeiten klassische Konstruktionen durch eine Optimierung der Dämmzone energetisch zu verbessern stößt zunehmend an Grenzen.



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

Bild 2 Ermittlung des U-Wertes für Fenster (U_w -Wert)

Rahmenprofile

Für ein Fenster mit dem Normmaß B x H von 1,23 m x 1,48 m in Verbindung mit einer 2-Fach Isolierverglasung $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ und warmer Kante ist ein U_f Wert von $1,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ erforderlich, um ohne Dreifachglas die Anforderungen der EnEV 2009 zu erfüllen und der sich deshalb auch als Branchenstandard etabliert hat. In Zukunft müssen sich die U_f Werte der Rahmen weiter verbessern, damit auch die erwarteten Anforderungen der EnEV 2012 erfüllt werden können, denn mit einer Dreifach-Fach Isolierverglasung ($U_g = 0,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) und warmer Kante muss das Rahmenprofil schon einen U_f Wert von $1,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ haben, um einen U_w -Wert von ca. $0,9 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ oder niedriger zu erreichen. Im Grenzbereich können die energetischen Zielwerte manchmal auch durch ein optimiertes Nachweisverfahren erreicht werden, beispielsweise durch eine Messung von Rahmenprofilen, das immer noch die realistischsten und besten Ergebnisse liefert. Zurzeit werden noch bestehende Profilkonstruktionen optimiert, beispielsweise die Veränderung des Glaseinstandes von 15 mm auf 18 mm oder die Erhöhung der Rahmenprofilstärke auf 36 mm, mit der dann auch den Einsatz einer Dreifachverglasung erleichtert. Als Faustformel kann je mm Mehreinstand der Verglasung eine Verbesserung von ca. $\Delta U_f = 0,01 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ erreicht werden. Die Füllungsdicke beeinflusst das Ergebnis um ca. $\Delta U_f = 0,01 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ je 2 mm Dickenänderung. Generell kann durch einen geringeren Rahmenanteil das wärmetechnisch Verhalten des Gesamtfensters verbessert werden, weil dann der Glasanteil höher wird, der wiederum auch die solaren Gewinne verbessert. Diese Maßnahmen alleine werden jedoch nicht ausreichen, um die Anforderungen der EnEV 2012 zu erfüllen.

Holzrahmen

Mit der Neuausgabe der prEN ISO 10077-2:2010 stehen für die Holzrahmenprofile neue Wärmeleitfähigkeitswerte zur Verfügung. So können nach Einführung der Norm auch bei einem rechnerischen Nachweis U_f - Werte von 1,3 $W/m^2 K$ bei einer Rahmenprofildicke von 68 mm für ausgesuchte Holzarten erreicht werden. Der Trend geht dennoch zu größeren Profiltiefen, die das Dämmverhalten verbessern und den Einsatz von Dreifachverglasungen als Sonderverglasungen (Einbruchhemmung oder Absturzsicherung) ermöglichen. Bei Verbundprofilen werden Dämmstoffe mit deutlich niedrigeren Wärmeleitfähigkeiten eingesetzt. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass neue Holzarten mit niedriger Wärmeleitfähigkeit durch thermische oder chemische Modifizierung für Fenster verwendbar sind. Der Einsatz von thermisch getrennten oder außenliegenden Regenschutzschienen kann das betreffende Profil im Vergleich zu thermisch ungetrennten Profilen um bis zu 0,3 W/m^2K verbessern.

Abhängigkeit U-Werte für Fenster, Glas, Rahmen

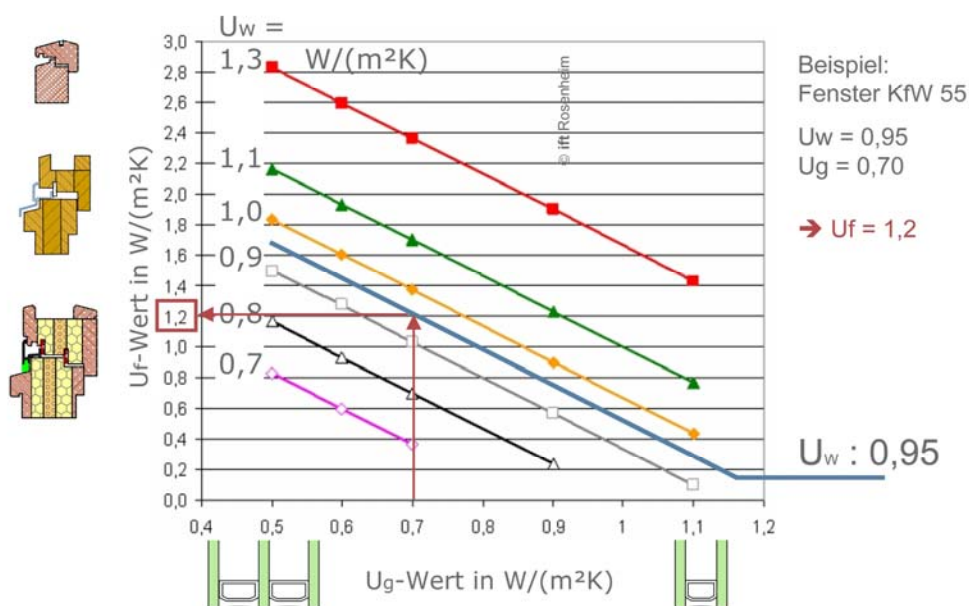


Bild 3 U-Werte Fenster U_w in Abhängigkeit vom Wärmedurchgangskoeffizient Rahmen (U_f) und Glas (U_g)(Auszug Vortrag Ulrich Sieberath auf ift Fachtagung Holzfenster 3/2011)

Kunststoffrahmen

Aktuell sind Fünfkammerprofile der wärmetechnische Standard. Auch mit einer klassischen Stahlaussteifung und einer Anschlagdichtung können U_f -Werte von $1,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ erreicht werden. Die wärmetechnische Schwachstelle bei Kunststoffprofilen ist und bleibt aber die Stahlaussteifung. Neben wärmetechnisch optimierten oder getrennten Stahlaussteifungen geht der Trend zu Konstruktionen ohne Stahlaussteifung. Dies ist durch Glasverklebungen im Flügelprofil oder den Einsatz von modifizierten Kunststoffen mit höherer Festigkeit möglich. Damit kann häufig auf Stahlaussteifungen verzichtet werden, die Profile werden schlanker und der Glasanteil wird größer, so dass auch mehr Sonnenenergie genutzt werden kann.

Konstruktionsvariante Überschlagklebung innen (Pos. 4 oder 6)

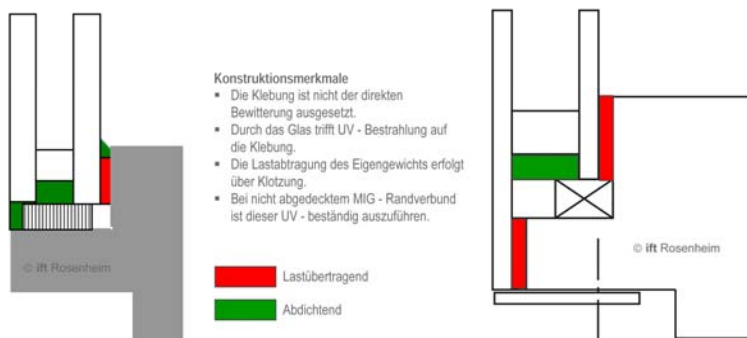


Bild 4 Innovative Fensterkonstruktionen nutzen Klebtechnologien

Metallrahmen

Eine energetische Optimierung bei Metallrahmen kann nur im Bereich der Dämmzone erfolgen. Die maximale Steghöhe im Einstegverbund ist hierbei nahezu ausgereizt. Mit dünneren Stegdicken können noch geringfügige Verbesserungen erreicht werden, was aber zu statischen Problemen führen kann. Im Bereich der Dämmzone und im Glasfalzbereich werden Dämmstoffe mit niedrigsten Wärmeleitfähigkeiten eingesetzt, so dass Rahmenprofile mit einer Ansichtsbreite von ca. 100 mm in Verbindung mit einer wärmetechnisch optimierten Mitteldichtung Wärmedurchgangskoeffizienten von $U_f = 1,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ erreichbar sind. Noch schmalere Ansichtsbreiten erreichen ungünstigere Werte. Um die Anforderungen der aktuellen EnEV 2009 zu erreichen, müssen

deshalb bereits heute Dreifachverglasungen eingesetzt werden.

Isolierverglasung

Die Anforderungen der EnEV 2009 lassen sich noch mit Zweifachverglasung und optimierten Rahmenprofilen (U_f -Wert 1,3 $W/m^2 K$) erreichen. Für bessere U_w -Werte etabliert sich das Dreifachglas mit einem U_g Wert von 0,7 $W/m^2 K$. Die U_g -Werten von bis zu 0,5 $W/m^2 K$, mit Krypton- oder Xenonfüllung werden aus Vertriebsgründen gerne kommuniziert, sind aber in der Praxis selten zu finden, da diese Edelgase knapp und teuer sind. Durch den Einsatz von zwei Beschichtungen mit optimiertem Emmissionsgrad und größerem SZR lassen sich auch mit einer 90% Argonfüllungen U_g Werte von 0,6 $W/m^2 K$ erreichen.

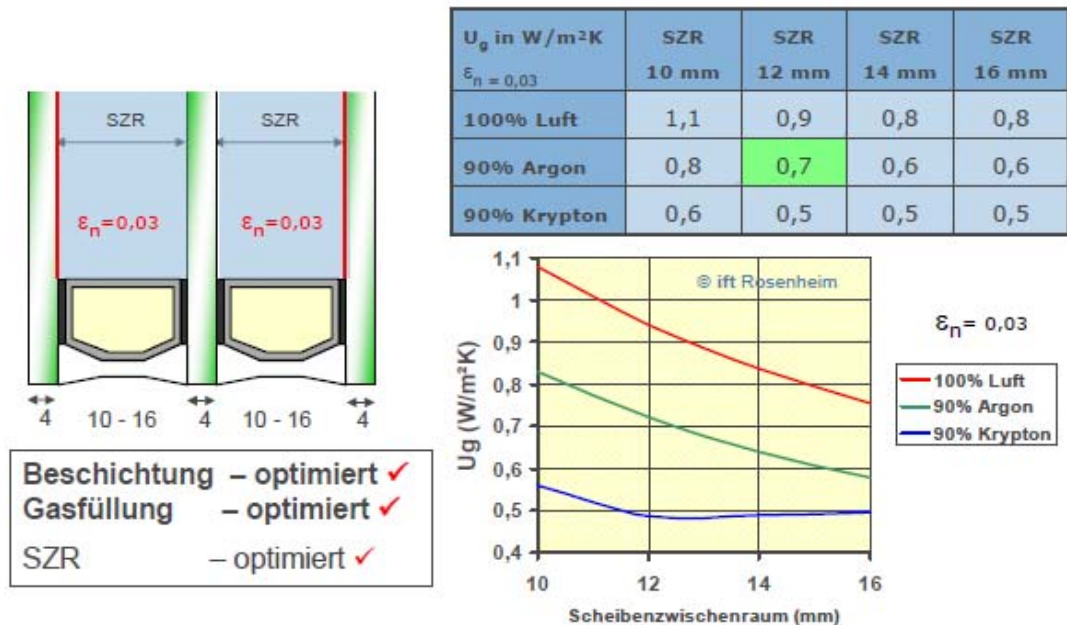


Bild 5 Kennwerte von Dreifachglas

Abstandhalter

Die Ψ -Werte von Abstandhaltern in der Standardausführung (Aluminium), wie auch wärmetechnisch verbesserte Systeme können tabellarisch der EN ISO 10077-1:2006 entnommen werden. Alternativ besteht die Möglichkeit Ψ -Werte für wärmetechnisch verbesserte Abstandhalterprofile den „BF Datenblätter“ zu entnehmen. Im Rahmen einer Untersuchung wurden unterschiedli-

che wärmetechnisch optimierte Abstandhalterprofile in Verbindung mit vier repräsentativen Rahmenprofilmaterialien und einer Zweifach-, bzw. Dreifach-Isolierverglasung untersucht. Die Datenblätter geben tabellarisch den Ψ -Wert des Abstandhalters in Verbindung mit dem Rahmenprofil und der Isolierverglasung an. Die dadurch ermittelten Ψ -Werte können in der Regel auf die Systemrahmenprofile übertragen werden. Dadurch können spezifische Ψ -Werte für den Nachweis der U_w -Werte angesetzt werden. Das Vorgehen ist in der ift Richtlinie WA-08/1 beschrieben. Die „BF Datenblätter stehen kostenfrei im Internet zur Verfügung (<http://www.bundesverband-flachglas.de/shop/kostenfreie-downloads/bf-datenblaetter/>)

Arbeitskreis 'Warme Kante'

April 2008 – ... – Änderungszustand 0

Datenblatt Psi-Werte Fenster

Firmenlogo: _____ Firmenname: _____
 Straße: _____
 PLZ/Ort: _____

	Profilname	Abstandhalter Bauhöhe in mm	Material	Wärmeleitfähigkeit λ in W/mK	Dicke d in mm
Übersicht	
Fugenansicht in Rahmenprofil		Metall mit thermischer Trennung	Kunststoff	Holz	Holz/Metall
Zweifachverglasung Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{Zw}} = 1,1 \text{ W/mK}$	
Dreifachverglasung Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{Dz}} = 0,7 \text{ W/mK}$	
Scheibenelement Dicke		Scheibenelementdicke (SED) in mm	$\lambda_{\text{Glas}} \text{ in W/mK}$		
		16	Satz 1 - $\lambda_1 = 1,1 \text{ W/mK}$		
		12	Satz 2 - $\lambda_2 = \dots \text{ W/mK}$		
		12	0,40	...	
		12	0,40	...	

Die repräsentativen Innere-Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten (repräsentative Psi-Werte) gelten für typische Rahmenprofile und Verglasungen für die Ermittlung der Wärmeübergangskoeffizienten U_g von Fenstern. Sie wurden unter den in der Richtlinie WA-08/1, wärmetechnisch vorgegebenen Anbaubedingungs – Teil 1, Ermittlung des repräsentativen Psi-Wertes für Standard-Rahmenprofil, festgelegten Rahmenbedingungen (Rahmenprofil, Verglasung, Glaszustand, Rückfallüberdeckung, Fimble- und Sekundärdichtstoff) ermittelt. Diese Richtlinie regelt auch den Gültigkeitsbereich und die Anwendung der repräsentativen Psi-Werte. Zur Vermeidung von Missverständnissen wurden die Psi-Werte im Datenblatt auf 0,000 W/mK eingegrenzt. Das Verfahren zur mechanischen Bestimmung der Psi-Werte hat eine Genauigkeit von $\pm 0,003 \text{ W/mK}$. Unterschiede von weniger als 0,005 W/mK sind nicht eingeblendet.

Erstellung der Karte durch:

Bild 6 BF Datenblatt für optimierte Abstandhalterprofile

Energieströme beim Fenster

Bei einem Fenster treten unterschiedlichste „Energieströme“ auf. Die Größe und die Richtung der Energieströme hängt dabei wesentlich von den Randbedingungen wie Lufttemperatur auf der Innenseite bzw. Außenseite, der Windgeschwindigkeit und der solaren Einstrahlung ab.

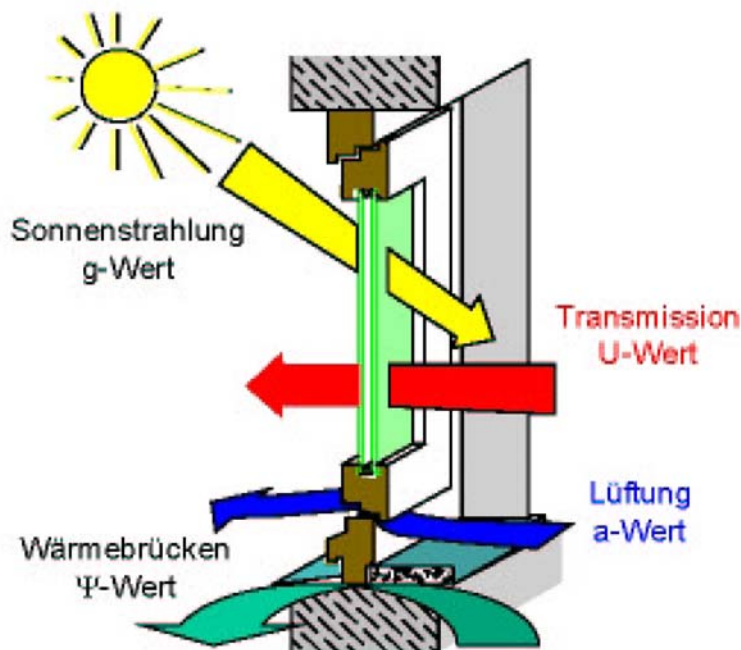


Bild 7 Energieströme bei Fenster und Verglasungen

Wärmedurchgangskoeffizient U_w

Die beschriebenen Einzelmaßnahmen können in der Regel nur Veränderungen des Wärmedurchgangskoeffizienten ΔU_w von $0,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ bewirken. Nur eine sinnvolle Kombination mehrerer Maßnahmen führt zu größeren Verbesserungen U_w führen. Ein Normfenster von $1,23 \times 1,48 \text{ m}$ mit einem U_w -Wert von $1,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ hat bei einer Temperaturdifferenz von 20°C einen Wärmeverlust von 47 Watt. Weitere Wärmeverluste wie über den Wandanschluss sind in dieser Zahl nicht berücksichtigt. Somit müsste, ohne Berücksichtigung der übrigen Wandflächen, mit 47 Watt permanent nachgeheizt werden, um die Raumlufttemperatur konstant zu halten. Ein Fenster mit einem U_w -Wert von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ benötigt bei gleichen Randbedingungen eine konstante Leistung von 33 Watt und spart somit 14 Watt Heizenergie.

Solare Zugewinne

Die Sonne liefert im Idealfall bei klarem Himmel ca. 1000 W/m² Strahlungsleistung, bezogen auf einen senkrechten/rechtwinkligen Einstrahlungswinkel. Ein Normfenster mit 1,23 x 1,48 m und einem Rahmenanteil von 30 % hat eine Verglasungsfläche von ca. 1,23 m² und kann bei einem U_g Wert von 0,61 einen maximalen Energieeintrag von ca. 750 W erreichen. Der Energieeintrag durch solaren Zugewinn kann im Vergleich zum Wärmeverlust somit um den Faktor 20 höher liegen. Bei üblichen deutschen Klima, Sonnenscheindauer, Einstrahlwinkeln und südlicher Ausrichtung ergeben sich pro Jahr Nettogewinne von bis zu ??? kWh/m².

Wärmeverluste durch den Baukörperanschluss

Wird ein Fenster in einem Gebäude eingebaut entsteht im Übergangsbereich zur Außenwand eine Wärmebrücke. Der Energieverlust über diese Wärmebrücke wird über einen Ψ -Wert angegeben, die im Normalfall nach EnEV 2009 ohne Nachweis über einen pauschalen Aufschlag von $\Delta U = 0,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ auf die gesamte Gebäudehülle berücksichtigt wird. Bei einer Ausführung gemäß der konstruktiven Beispielen aus dem Beiblatt 2 der DIN 4108 kann ein reduzierter pauschaler Aufschlag von $\Delta U = 0,05 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ auf die gesamte Gebäudehülle angesetzt werden. Nach Beiblatt 2 werden Referenzwerte für den Nachweis der Gleichwertigkeit für Baukörperanschlüsse Fensterrahmen zur Wand von bis zu $\Psi \leq 0,08 \text{ W/mK}$ angegeben. Wärmetechnisch optimierte Baukörperanschlüsse, beispielsweise bei der Überdämmung des Blendrahmens, können sehr kleine Werte oder sogar negative Werte erreicht werden. Energetisch ist eine Optimierung des Baukörperanschlusses eines Fensters mit Normabmessungen um 0,12 W/mK energetisch gleichwertig zu einer Verbesserung des U_w -Wertes von $\Delta U_w = 0,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Zusammenfassung

Mit der Neufassung der EnEV:2012 werden die Anforderungen an die Bauteile Fenster, Außentüren weiter steigen. Die Anforderung bei der energetischen Gebäudesanierung an das Einzelbauteil Bauteil Fenster wird bei einem U_w - Wert von 0,90 bis 1,0 W/m²K liegen. Die Hersteller sind somit gut beraten bereits heute ihre Fensterkonstruktionen weiter zu entwickeln, um für 2012 wettbewerbsfähig zu sein. Bei einer Betrachtung des gesamten Gebäudes sollten alle Aspekte von Fenstern und Fassaden betrachtet werden, das heißt optimierter Wärmeschutz des Fensters (U_w -Wert), ein wärmebrückenfreier Einbau, die solaren Gewinne (G-Wert) und eine effiziente natürliche Lüftung mit nutzerunabhängiger Lüftungsmöglichkeit zum Feuchteschutz.