

Fenster und Fassaden in der Energieeinsparverordnung 2009

Ist Dreifach-Isolierglas die Antwort

Wolfgang Böttcher*

Durch die Novellierung der Energieeinsparverordnung 2009 werden die Beschlüsse der Bundesregierung zum integrierten Energie- und Klimaprogramm im Gebäudebereich umgesetzt. Ziel ist es, den Energiebedarf für Heizung und Warmwasser um etwa 30 % zu senken. In weiteren Schritten sollen ab 2012 bis 2020 die energetischen Anforderungen nochmals erhöht werden, mit der Zielstellung eines „Plusenergiehauses“.

Gebäudehülle“. Maximale U-Werte für Glas oder Fenster im Einzelnen sind hier nicht definiert. Dieses Verfahren nimmt Einfluss auf die maximalen Fensterflächen der Gebäudehülle [1].

Neu ist, dass die Höchstwerte für den Primärenergiebedarf auch für Wohngebäude mithilfe eines Referenzgebäudes ermittelt werden. Das Gebäude wird mit einer „Referenz-

Ausstattung“ von Gebäudehülle und Anlagentechnik berechnet. Das tatsächlich zu errichtende Gebäude darf aber von dieser Ausstattung abweichen, muss dabei aber maximal den Primärenergiebedarf des theoretischen Referenzgebäudes, das für Fenster- und Fassadenbauteilen mit entsprechenden Referenzwerten (U_w) hinterlegt ist, aufweisen.

		Referenzausführung / Wert (Maßeinheit)	
1.4	Fenster, Fenstertüren	Wärmedurchgangskoeffizient	U _w = 1,30 W / (m²K)
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung	g = 0,60
1.5	Dachflächenfenster	Wärmedurchgangskoeffizient	U _w = 1,40 W / (m²K)
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung	g = 0,60
1.6	Lichtkuppeln	Wärmedurchgangskoeffizient	U _w = 2,70 W / (m²K)
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung	g = 0,64
1.7	Außentüren	Wärmedurchgangskoeffizient	U = 1,80 W / (m²K)

Tabelle 1: Auszug aus Anlage 1, Tabelle 1 der EnEV 2009, Ausführung des Referenzgebäudes.

Damit stellen sich Fragen nach den Auswirkungen, die sich durch die Anforderungsänderungen an Fenster, Fassaden und die Verglasungen ergeben. Für den Neubau gibt es neben den Höchstwerten des Jahres-Primärenergiebedarfs

Neu ist auch, dass ein Referenzwert ($\leq 0,6$) für den Gesamtenergiedurchlassgrad (g, DIN EN 410-12/98) für die Verglasung angegeben wird. Damit finden solare Gewinne durch das Glas eine stärkere Bedeutung und es wurde eine Bewertung aufgegriffen, die in früheren Verordnungen durch einen „äquivalenten k-Wert“ die Bilanzierung von Wärmeverlusten und Gewinnen berücksichtigte.

Zeile	Bauteile	Maßnahme nach	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 19°C	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis < 19°C
			Höchstwerte des Wärmedurchgangskoeffizienten U max.	
	1	2	3	4
2a	Außen liegende Fenster, Fenstertüren	Nr. 2 a und b	1,30 W / (m²K)	1,90 W / (m²K)
2b	Dachflächenfenster	Nr. 2 a und b	1,40 W / (m²K)	1,90 W / (m²K)
2c	Verglasungen	Nr. 2 c	1,10 W / (m²K)	keine Anforderungen
2d	Vorhangfassaden	Nr. 6 Satz 1	1,50 W / (m²K)	1,90 W / (m²K)
2e	Glasdächer	Nr. 2 a und c	2,00 W / (m²K)	2,70 W / (m²K)

Tabelle 2: Auszug aus Anlage 3, Tabelle 1 der EnEV 2009, Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen.

Maximalanforderungen an die Qualität der Gebäudehülle durch den Höchstwert des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes H_T' - eine Art „mittlerer U-Wert der

Die genannten Werte sind ausschließlich Referenzwerte und keine Maximalanforderungen. Kommen schlechtere Werte zur Anwendung können diese durch „bessere“ Werte anderer Bauteile kompensiert werden.

In der Renovation bei Änderungen von Außenbauteilen im Gebäudebestand sind Maximalwerte für Bauteile (Fenster, Türen, Glas) vorgegeben. Für Sonderfälle der Konstruktionen und Zusatzfunktionen sind auch höhere Werte genannt.

* Wolfgang Böttcher, Leiter Anwendungstechnik, SAINT-GOBAIN Deutsche Glas GmbH

In der amtlichen Fassung der EnEV 2009 sind die U-Werte mit zwei Nachkommastellen angegeben, was eine Verschär-

fung der Anforderungen bedeutet. Im Widerspruch dazu steht, dass in den Normen (EN 673 § 9.1; EN ISO 10077-1 § 7.5) zur Berechnung der U-Werte auf eine Nachkommastelle, bzw. zwei Werteanzeigende Ziffern gerundet wird. Die Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz hat über Auslegungsfragen zur Energieeinsparver-

Messungen nach EN 12412-2 möglich. In der Regel ergeben Messungen oder Berechnungen bessere Werte, da Tabellenwerte aus Normen „Sicherheitszuschläge“ beinhalten. Für Verglasungen bestehen vergleichbare Möglichkeiten der Berechnungen (EN 673) bzw. der Messung (EN 674 oder 675).



Art der Verglasung	U _g W(m ² K)	Wärmedurchgangskoeffizienten für typische Arten von Abstandhaltern U _f W(m ² K)													
		0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0	
	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3	3,2	
	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	3,0	
	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,9	
	0,7	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	2,7	
	0,6	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,6	
	0,5	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,6	1,7	2,5	

Tabelle 3: Auszug aus EN ISO 10077-1:2006, Tabelle F3 - Wärmedurchgangskoeffizient für vertikale Fenster mit einem Flächenanteil des Rahmens von 30 % an der Gesamtfensterfläche und mit wärmetechnisch verbesserten Abstandhaltern.

ordnung [2] eine Korrektur zu einer Nachkommastelle vorgenommen.

Wie die konträren Anforderungen solare Gewinne und der sommerliche Wärmeschutz in Einklang gebracht werden, ist ebenso eine Planungsaufgabe, wie generell anzumerken ist, dass die komplexe Berechnung eines Gebäudes mit den daraus resultierenden Bauteilanforderungen eine Aufgabe der Fachplaner darstellt.

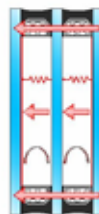
Dass heute schon Bauteilwerte mit Eigenschaften weit unter denen der EnEV 2009 gefordert werden, ist mit der Tendenz steigender Energiepreise, dem gestiegenen Umweltbewusstsein vieler Bauherren verbunden mit dem Wunsch nach weiterer Energieeinsparung, aber auch mit den Förderrichtlinien der KfW-Bank zu begründen. Energieeffizientes Bauen wird besonders gefördert. Die Investition in einen hohen Wärmeschutzstandard und alternative Heizenergien lohnt sich auch, weil die Unterhaltskosten des Hauses dauerhaft niedrig bleiben.

Mit den vorher beschriebenen Änderungen und Anforderungen der EnEV 2009 ist es notwendig, die Auswirkungen auf Fenster, Fassaden und Glas neu zu bewerten. Aus dem Zusammenspiel Rahmen und Glas ergibt sich die Bewertung der Energieeffizienz des gesamten Bauteils.

Es bestehen verschiedene Möglichkeiten, die Leistungseigenschaften für komplexe Fenster- und Fassadenelemente, Einzelkomponenten der Konstruktion wie Rahmen, Übergang Glas zu Rahmen und für die Verglasung festzulegen. Zur Ermittlung der Eigenschaften der Rahmenprofile stehen Tabellenwerte nach EN ISO 10077-1 zur Verfügung, alternativ sind Berechnungen nach EN ISO 10077-2 oder

Eigenschaften von Mehrscheiben-Isolierglas

Der Energietransport durch eine Isolierglaseinheit ist abhängig von der Wärmeleitung durch das Glas und den Wärmeübergängen infolge von Luftbewegungen vor und hinter den Glasflächen. Zwischen den Glasoberflächen des Scheibenzwischenraumes der Isolierglaseinheit findet ein Strahlungsaustausch statt. Beschichtete Glasoberflächen können mit low-E-Schichten den Strahlungsaustausch gegenüber anderen Einflussgrößen stark verringern und somit die Wärmedämmung der Isolierglaseinheit verbessern. Die Wärmeleitfähigkeit des im Scheibenzwischenraum eingefüllten Spezialgases (Argon, Krypton) und die Emissivität der Glasoberfläche sind die beiden bestimmenden Kenngrößen für die Verbesserung der Wärmedämmung. Zu beachten ist, dass der U-Wert von der Neigung der Verglasung abhängig ist [3], und die Werteangaben in der Regel für den vertikalen Einbau gelten.



Einflussgrößen beim Wärmetransport durch ein Dreifach - Isolierglas

- Strahlung, IR-Emissivität der Beschichtung
- Konvektion, Abstand Scheibenzwischenraum, Gasart
- Wärmeleitung, Gasart, Füllgrad
- Wärmeleitung Glasrand, Wärmeleitung Abstandhalterprofil, Rahmenprofil

Bild1: Wärmetransport Mehrscheiben-Isolierglas.

Zwei Scheibenzwischenräumen mit Spezialgasfüllungen und zwei Beschichtungen mit niedriger Emissivität (0,03 - 0,01) erklären die Verbesserung der Wärmedämmung von Dreifach-Isolierglas. War bisher die Doppelverglasung mit

Weitere Produktverbesserungen sind durch Optimierungen der low-E-Schichten bei der Lichttransmission und den g-Werten zu erwarten. Die seit Jahrzehnten diskutierte Vakuumverglasung kann auch keine niedrigeren Ug-Werte


SGG CLIMAPLUS ULTRA N						
Wärmedurchgangskoeffizient - Ug-Wert (W/m²K) nach EN 673-6/2003 - für senkrechte Verglasung						
	Lichttransm. 80 % g - Wert 63 %	SZR 10 mm	SZR 12 mm	SZR 15/16 mm	SZR 18 mm	SZR 20 mm
	SZR Luft	1,8	1,6	1,4	1,4	1,4
	SZR Argon	1,5	1,3	1,1	1,1	1,2
	SZR Krypton	1,0	1,1			
SGG PLT ULTRA N / Beschichtungen Pos. 3 - Emissivität 0,03 / Glasdicke 4 mm						

Tabelle 4: Strahlungsphysikalische Eigenschaften Zweifach-Isolierglas.

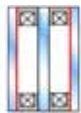
SGG CLIMATOP ULTRA N				
Wärmedurchgangskoeffizient - Ug-Wert (W/m²K) nach EN 673-6/2003 - für senkrechte Verglasung				
	Lichttransm. 71 % g-Wert 50 %	SZR 2 x 8 mm	SZR 2 x 10 mm	SZR 2 x 12 mm
	SZR Luft	1,3	1,1	0,9
	SZR Argon		0,8	0,7
	SZR Krypton	0,7	0,6	0,5
SGG PLT ULTRA N / Beschichtungen Pos. 2 + 5 - Emissivität 0,03 / Glasdicke 4 mm				

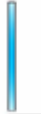
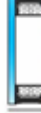
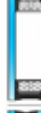

Tabelle 5: Strahlungsphysikalische Eigenschaften Dreifach-Isolierglas.

Grenzwerten von Ug 1,1 - 0,9 W/m²K der Maßstab, können Dreifach-Verglasungen Ug-Werte von 0,8 - 0,4 W/m²K erreichen.

Mit den erreichbaren Werten sind die wärmetechnischen Eigenschaften von Mehrscheiben-Isoliergläsern weitgehend ausgeschöpft. Neben der Reduzierung der Energieverluste

als eine Dreifach-Isolierglas erreichen. Sie hat zwar den Vorteil, dass sie leichter und dünner, jedoch derzeit nicht verfügbar ist.

Bei der Bewertung von Ug und g-Wert ist zu beachten, dass die Regelwerke verschiedene Rechenverfahren mit entsprechenden Toleranzen, z. B. für die Beschichtung des Basisglases, ermöglichen. Bei Produktvergleichen ist es daher wichtig gleiche Bemessungsregeln zu verwenden.

Raumseitige Oberflächentemperaturen von Mehrscheiben-Isolierglas	
 Einfachglas Ug 5,5 W/m²K	-1,5 °C
 Isolierglas Ug 3,0 W/m²K	9,1 °C
 Wärmeschutz-Isolierglas Ug 1,1 W/m²K	15,3 °C
 Dreifach-Isolierglas Ug 0,7 W/m²K	17,5 °C

Aussentemperatur: -10°C
Innentemperatur: +20°C

Bild 2: Raumseitige Oberflächentemperaturen von verschiedenen Verglasungen.

führt die verbesserte Wärmedämmung durch Erhöhung der raumseitigen Oberflächentemperaturen auch zu einem verbesserten Behaglichkeitsklima.

Der Glasrand, ein wichtiges Detail

Durch die Abstandhalterprofile im Isolierglas-Randverbund entsteht am Bauteil Fenster eine linienförmige Wärmebrücke von beachtlicher Länge. Der Psi-Wert (ψ) ergibt sich aus den Eigenschaften des Rahmenprofils, der Geometrie der Glaseinfassung und des Isolierglas-Randverbundes einschließlich der Wärmeleitfähigkeit des Abstandhalterprofils. Übliche metallische Aluminium-Abstandhalterprofile führen an der Glaskante zur Abkühlung der raumseitigen Oberflächentemperatur - der Glasrandbereich wird kalt.

Mit thermisch optimierten Abstandhalterprofilen (warm edge) lässt sich nicht nur die Tauwasserproblematik besser beherrschen, auch eine Verbesserung des Uw-Wertes von bis zu 0,2 W/m²K, je nach Glasgröße, ist für das gesamte Fenster möglich. Beide Wirkungen werden in EN 10211-1 beschrieben:

Oktober 2009 - Nr. 8 - Auswahlpfeiler 1

ARBEITSKREIS "WÄRME KANTE" **BF**

**Datenblatt
Psi-Werte Fenster**

SAINT-GOBAIN GLASS SOLUTIONS DURSLAG
Zergleichenlösung für die Fenster, Alt- und Neubauelemente
Sonnenschutzmaßnahme 35
EN - RGE-Fensterfenster

Verbauteile	Abstände/Abstände in mm	Material	Wärmefähigkeit in W/m²K	Werte in W/m²K
Selbstspanner V	10	Einkassiert Kunststoff	15 0,30	0,01 0,0

Abstand mit Beschichtung	U-Wert	g-Wert	U _g	U _g (max)
Dreifach-Isolierglas Light 2-Wechs	0,039	0,034	0,032	0,035
Dreifach-Isolierglas Light 2-Wechs	0,034	0,032	0,031	0,033

U _g (max)	Wärmefähigkeit in W/m²K	
	U _g (max) = 0,18	U _g (max) = 0,18
16	0,40	0,18
12	0,40	0,18

Tabelle 6: Kennwerte Psi-Werte SGG Swisspacer V mit verschiedenen Rahmenmaterialien

- Der Wärmeverlust durch den linearen Wärmedurchgangskoeffizienten ψ (Psi-Wert) W/mK.
- Die Tauwassergefahr durch den dimensionslosen Temperaturfaktor f .

Sinkt die Oberflächentemperatur unter die Taupunkttemperatur der umgebenden Luft, fällt dort Tauwasser an - ein oft von Verbrauchern reklamierter Komfort- und Hygienemangel. Neben der Gesundheitsgefahr für die Bewohner können bei längerem Auftreten von Tauwasser Schäden an den Fensterrahmen und Schimmelbildung entstehen.

Isothermenberechnungen zeigen, dass konventionelle Abstandhalterprofile eine wesentliche Ursache für die Wärmebrücke am Übergang vom Glas zum Rahmenprofil sind.

Solare Gewinne reduzieren den Energieverbrauch

Eine weitere Größe der strahlungsphysikalischen Eigenschaften einer Verglasung hat jedoch an Bedeutung gewonnen (vgl. Referenzwert g-Wert). Der Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert nach DIN EN 410: 12-1998) ist für die Berücksichtigung der solaren Gewinne notwendig. Grundsätzlich liegt dieser bei Sonnenschutzverglasungen im niedrigen Bereich ($< 0,45$) bzw. er sinkt im Vergleich zu Standardverglasungen mit 4 mm Glasdicke bei höheren

Glastyp	Lichttransmission (%) EN 410	G-Wert EN 410	Ug-Wert W / (m²K) EN 673
SGG Climaplus UN	80	63	1,1
SGG Climaplus ONE	71	50	1,0
SGG Climaplus Cool Lite SKN 165	60	33	1,1
Zweifach: SZR 16 mm Argongas			
Dreifach: SZR : 2 x 12 mm Argongas			
SGG Climatop UN	71	0,50	0,7
SGG Climatop LUX	73	0,62	0,8
SGG Climatop Cool Lite SKN 165	54	0,30	0,7

Tabelle 7: Mehrscheiben-Isolierglas SGG Climaplus, SGG Climatop, typische Glasaufbauten mit unterschiedlichen strahlungsphysikalischen Eigenschaften

Glasdicken oder zusätzlichen low-E-Schichten (Dreifach-Isolierglas).

Neuere Entwicklungen in der Beschichtungstechnologie ermöglichen bei Dreifach-Isolierglas vergleichbare g-Werte zum Zweifach-Isolierglas. Sind solare Energiegewinne in der Heizperiode erwünscht, so kann der Energieeintrag in der Übergangszeit und im Sommer zur Überhitzung der Innenräume führen.

Sommerlicher Wärmeschutz ist auch wichtig

Solares Bauen erfordert eine auf solare Gewinne optimierte Lage des Gebäudes, hohe g-Werte der Verglasung, keine Verschattung durch andere Gebäude oder Bepflanzungen sowie schnelle Heizsysteme, aber auch steuerbare zusätzliche Verschattungseinrichtungen.

Zu beachten ist, dass in der EnEV 2009, § 3, Absatz 4, der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes mit Einhaltung der höchstzulässige Sonneneintragskennwerte der in der DIN 4108-2: 2003-07 Abschnitt 8 festgelegten Werte gefordert ist. Ziel ist es die solaren Erträge in der warmen Jahreszeit zu begrenzen und die Überhitzung der Räume zu vermeiden. Eine Forderung, die zwar durch ein Sonnenschutz-Isolierglas zu erfüllt werden kann, jedoch die solaren Gewinne reduziert. Eine sorgfältige Abwägung der Produktvorteile Sonnenschutz-Isolierglas zu einem höheren solaren Gewinn ist daher notwendig.

Mehrscheiben-Isolierglas mit variabler Beschattung

Eine interessante Alternative die beiden Forderungen gleichermaßen berücksichtigt ist ein Mehrscheiben-Isolierglas mit einer im Scheibenzwischenraum integrierten Jalousie.

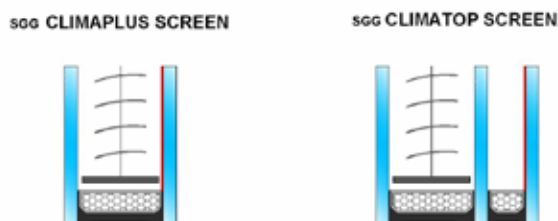


Bild 3: SGG Climaplus/SGG Climatop Screen

G-Werte sind zwischen 0,1 bis 0,6 variabel einstellbar und mit U_g -Werten von 1,2 W/m^2K (Zweifach-) und 0,7 W/m^2K (Dreifach-Isolierglas) sind zu erreichen.

Mehrscheiben-Isolierglas ist mehr als nur Wärmedämmung

Mehrscheiben-Isoliergläser haben jedoch in der Regel neben dem Wärmeschutz noch weitere Aufgaben zu erfüllen - etwa durch die Verwendung dickerer Gläser, durch Einscheiben- oder Verbund-Sicherheitsglas bzw. zusätzliche Funktionsbeschichtungen oder Kombinationen aus Glasprodukten.

Dazu zählen u. a.

- Statik,
- Lärmschutz,
- Sonnenschutz,
- Sicherheit:
 - Einbruchhemmung
 - Verletzungsschutz
 - Absturzsicherung
- Selbstreinigung,
- Design.

Trotz Erleichterungen in der EnEV mit höheren U_g -Werten bei Nebenforderungen des erhöhten Schallschutzes oder des Brandschutzes und der Einbruchhemmung sind die niedrigen U_g -Werte auch bei Funktionsisoliergläsern möglich.

Welche Verglasung für welches Fenster?

Die komplexen Berechnungen für ein Gebäude, aus denen Bauteilanforderungen U_{wD} und U_{cw} resultieren, sind Aufgaben von Fachplanern. Eine Ausnahme besteht bei Maßnahmen am Gebäudebestand und bei Nichtwohngebäuden mit normalen Temperaturen, bei denen U_w -Werte vorgegeben sind. Grundsätzlich kann für beheizte Wohngebäude aufgrund verschiedener Vorgaben ein U_w -Wert von 1,3 W/m^2K und damit niedriger als der Richtwert angenommen werden. Er muss jedoch der aber im Einzelfall rechnerisch nachgewiesen werden.

Der U-Wert eines Fensters oder eine Fassade setzt sich aus den spezifischen U-Werten für den Rahmens (U_f) und das Glas (U_g) zusammen, die entsprechend ihrer Flächenanteile gewichtet werden [4]. Zusätzlich ist der Einfluss des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten ψ in W/mK zu berücksichtigen, der die Wärmeverluste in der Übergangszone Isolierglasrand/Rahmenprofil beschreibt.

Etwas schwieriger stellt sich die Ermittlung des U_{cw} -Wertes für Fassadensysteme nach EN 13947 dar. Aufgrund der Komplexität der Fassadenquerschnitte ist das Berechnungs-

verfahren aufwendiger gestaltet, es stehen jedoch zwei Verfahren zur Verfügung: Ein vereinfachtes und ein Komponentenverfahren. Das Grundprinzip der Berechnung ist jedoch vergleichbar zur Berechnungsmethode für U_w .

Einfluss der Flächenanteile auf den U_w - Wert

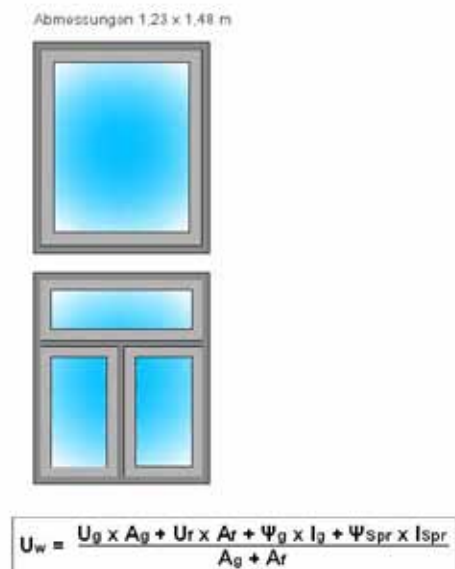


Bild 4: Einflußgrößen auf den U_w -Wert eines Fensters.

Die Entwicklung von Rahmenprofilen hat in den letzten Jahren mit der Erhöhung der Konstruktionstiefen, mit zusätzlichen Dämmebenen und IR-reflektierenden Oberflächen in den Profilen eine deutliche Verbesserung erfahren. U_f -Werte können die Eigenschaften von Zweifach-Isolierglas und teilweise niedriger erreichen.

Eine Unsicherheit bleibt in der Angabe des richtigen U_w -Wertes. Regelwerke wie die EnEV, DIN 4108-4, EN 14351-1, Prüfzeugnisse, CE-Zeichen, Berechnungen oder Anforderungen von Leistungsverzeichnissen lassen widersprüchliche Aussage zu, welche Werte für ein konkretes Bauvorhaben verbindlich anzugeben sind. Planer sind aufgefordert, eindeutige Anforderungen zu definieren.

Mit Caluwin 4.6 steht unter www.swisspacer.com ein kostenfreies und zertifiziertes Berechnungsprogramm zum Download zur Verfügung. Auf Basis der neusten Normen, Rechenverfahren und technischen Werte lässt sich für Zweifach- und Dreifach-Isolierglas nicht nur der Wärmedurchgangskoeffizient U_w eines Fensters oder einer Fassade berechnen, sondern auch der Taupunkt am Glasrand unter vorgegebenen Randbedingungen ermitteln.

Dreifach-Isolierglas wird Standard

Mit der Erhöhung der Anforderungen der EnEV 2009 sowohl an den maximalen Jahres-Primärenergiebedarf als auch an die Referenzwerte, ist die Einhaltung der Anforder-

rungen derzeit sowohl mit Zweifach- als auch mit Dreifach-Wärmedämmglas möglich. Kommt es zu einer weiteren Verschärfung der Anforderungen oder liegen weitere Entscheidungskriterien wie Förderprogramme der Bundesländer und der KfW-Bank oder zukunftsorientierte Gebäudetechnik (Passivhausstandard) zugrunde, wird der Einsatz von Dreifach-Wärmedämmglas zum Standard.

Folgt man den ungünstigen Szenarien zur mittel- und langfristigen Verfügbarkeit und der damit prognostizierten Preisentwicklung für fossile Brennstoffe, hat der EnEV 2009-Standard schon heute nur noch Altbauniveau. Dass die Problematik bereits erkannt wurde, bestätigt den heute schon hohen Produktanteil von Dreifach-Isolierglas mit bis zu ~ 40 %.

Ist Dreifach-Isolierglas gebrauchstauglich?

Es liegen jahrzehntelange gute Erfahrungen in der Anwendung von Zweifach-Isolierglas vor. Mit den positiven Funktionseigenschaften von Dreifach-Isolierglas stellen sich die Fragen nach der Eignung in Fenstern und Fassadensystemen und nach einer vergleichbaren Produktqualität.

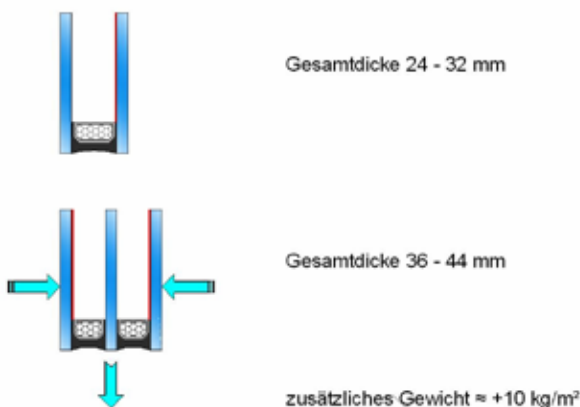


Bild 5: Gesamtdicke von Mehrscheiben-Isolierglas.

Die am häufigsten genannten Einwände sind das erhöhte Scheibengewicht durch die dritte Scheibe und die höhere Einbaudicke, was für die Tragkonstruktionen neue Überlegungen erfordert.

Durch die zusätzliche mittlere Glasscheibe, je nach Formatgröße 4 - 6 mm, erhöht sich das Scheibengewicht um 10 - 15 kg/m². Bei Festverglasungen kann dies weitgehend vernachlässigt werden, da die erhöhten Lasten durch den Baukörper und ggf. verstärkte Befestigungselemente abgetragen werden können. Bei beweglichen Öffnungselementen, die in der Regel nicht mehr als zwei m² Glasfläche haben, müssen die Beschläge die zusätzlichen Lasten aufnehmen. Lagen bisher die Gewichtsgrenzen für Beschlagsysteme bei 75 kg, hat die Beschlagindustrie darauf reagiert und bietet heute Systeme für 100 - 150 kg je Öffnungselement an.

Die häufig beklagten hohen Elementgewichte für die Fenstermontage erhöhen sich weiterhin noch um das zusätzliche Gewicht der dritten Scheibe; Sind aber nur bei einer „manuellen“ Montage problematisch. Werden wie bei Fassaden oder größeren Elementen Hilfsgeräte benutzt, führt das Zusatzgewicht nicht zu zusätzlichen Aufwendungen.

Für begrenzte Fenstergrößen können unter bestimmten Anwendungsbedingungen dünnere und damit auch leichtere Glasarten (SGG Climatop light) eingesetzt werden.

Die Verbesserung der Wärmedämmung von Rahmenprofilen ist nur über eine Erhöhung der Konstruktionstiefe zu lösen. Betrug die Rahmendicke bisher etwa 60 - 70 mm liegt sie bei hoch gedämmten Profilsystemen bei 80 - 100 mm und bietet damit auch ausreichend Raum für ein Dreifach-Isolierglas.

Isolierglaseffekt stärker bei Dreifach-Isolierglas

Eine Änderung der Temperatur oder des barometrischen Drucks erzeugt eine Druckdifferenz zwischen den Scheibenzwischenräumen einer Isolierglasscheibe und dem Außenraum und führt zu einer Belastung der Einzelscheiben. Im Allgemeinen hängt das Verhalten der Scheiben von der Steifigkeit des Systems ab. Dieser als Isolierglaseffekt oder Klimlast bezeichnete Lastfall von Isolierglas ist seit langem gut bekannt [5] und im statischen Nachweisverfahren (TRLV) berücksichtigt.

Bei Dreifach-Isolierglas ist der Isolierglas-Effekt stärker ausgeprägt, da sich die beiden Scheibenzwischenräume addieren und somit wie ein sehr großer Zwischenraum wirken. Auf einen Überdruck im Scheibenzwischenraum reagieren diese Scheibenformate mit einer Aufweitung des Randverbundes und zu einem Ausbauchen der Glasscheiben. Bei einem Unterdruck im Scheibenzwischenraum wird der Randverbund zusammen gedrückt und die Scheiben bauchen ein. Das Randverbundsystem muss gegen die Verformungen so stabil sein, dass die Haftung der Dichtung an Glas und Abstandhalter nicht beschädigt wird und das Rückstellvermögen der Dichtstoffe langjährig erhalten bleibt. Dazu muss der Randverbund den Bewegungen ausreichende Kräfte entgegen setzen. Werden die Klimlasten nicht ausreichend berücksichtigt, können Glasbruch und Schäden am Randverbund die Folge sein. [6]

Als kritisch haben sich

große Scheibenzwischenräume (> 2 x 12 mm), schmale Glasformate von < ~ 600 mm Kantenlänge, asymmetrische Glasaufbauten und große (> 200 m) Höhenunterschiede zwischen Herstell- und Einbauort, oder eine Überlagerung der Faktoren ergeben. Eine genaue Analyse der Randbedingungen für einen funktionsfähigen Glasaufbau ist im Einzelfall erforderlich.

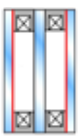
SGG CLIMATOP ULTRA N									
Wärmedurchgangskoeffizient - Ug Wert (W/m²K) nach EN 673-6/2003 - für senkrechte Verglasung									
	Lichttransm. 71 %	SZR	SZR	SZR	SZR	SZR	SZR	SZR	
	g-Wert 50 %	2 x 8	2 x 10	2 x 12	2 x 14	2 x 15	2 x 16	2 x 18	
	SZR Luft	1,3	1,1	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6
	SZR Argon	1,0	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
SZR Krypton	0,7	0,6	0,5						
SGG Planitherm ULTRA N / Beschichtungen Pos. 2 + 5 - Emissivität 0,03 / Gasfüllgrad nach Produktspezifikation / Basisglas SGG Planilux / Glasdicke 4 mm / SZR in mm									

Tabelle 8: Ug-Werte nach EN 673 in Abhängigkeit des SZR.

Wenn auch größere Scheibenzwischenräume niedrige Ug-Werte mit der preiswerten Argongasfüllung ermöglichen, gibt es eine allgemeine Empfehlung [7], diese nicht über 2 x 12 mm auszuführen und damit auf das „letzte“ Zehntel des rechnerischen Ug-Wertes zu verzichten.

Innen weniger Tauwasser - außen Tauwasser möglich

Aufgrund höherer Oberflächentemperaturen sinkt das Tauwasserrisiko auf der inneren Glasoberfläche. Umgekehrt sinkt durch die gute Wärmedämmung die Temperatur der Außenscheibe und bei Erfüllung einiger klimatischer Randbedin-



Bild 6: Tauwasser an der Außenscheibe.

gungen des Außenklimas kann auf der äußeren Scheibenoberfläche Tauwasser entstehen - ein physikalischer Effekt aller gut dämmenden Bauteile [8].

Eine wirksame Abhilfe dagegen, außer bauliche Maßnahmen, gibt es derzeit nicht, Dachvorbauten und geschützte Lagen können im Einzelfall helfen.

Zusammenfassung

- Dreifach-Isolierglas bietet eine deutlich verbesserte Wärmedämmung als übliches Isolierglas und wird mittelfristig das Zweifach-Isolierglas ablösen. Mit seinen Eigenschaften bewegt es sich im Spannungsfeld der Bauphysik zwischen Sonnenschutz und solaren Gewinnen, Tageslicht und Blendschutz.

- Dreifach-Isolierglas ist aufgrund physikalischer Eigenschaften ein komplexes System und bei Berücksichtigung der veränderten Belastungssituation ein technisch beherrschbares Produkt. Es ist schwerer und dicker, wobei sich die Fenster-, Fassaden- und Zubehörindustrie auf die geänderten Randbedingungen eingestellt hat.
- Klimalasten wirken sich stärker aus als bei Zweifach-Isolierglas, führen zu hohen Beanspruchungen der Glasscheiben und des Randverbundes und müssen bei der Glasauswahl berücksichtigt werden.
- Qualitätsanforderungen aufgrund der zusätzlichen Scheibenflächen, der Beschichtungen und des Randverbundes sind bereits in Technischen Regelwerken [9, 10] umfassend beschrieben und bieten Sicherheit in der Anwendung.
- Für die Architektur von Gebäuden bestehen mit Dreifach-Isolierglas keine Einschränkungen.

Alle Bilder - Quelle: SAINT-GOBAIN Deutsche Glas GmbH

Literatur

- [1] Ralf Vornholt, SAINT-GOBAIN Glass, Die Bilanz muss stimmen, Glaswelt 7. 2010.
- [2] Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz, Dr. Justus Achelis, DIBt, Auslegungsfragen zur Energieeinsparverordnung - Teil 12, Auslegung zu Anlage 1, 2 und 3 Tabelle 1 der EnEV 2009.
- [3] DIN EN 673; Juni 2003 Pkt. 5.3.2. - Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert).
- [4] Dipl.-Ing. Steffen Schäfer, BIV Hadamar, U-Wert Berechnung nach Bauregelliste, TI 1. 2009.
- [5] Prof. Dr. Franz Feldmeier FHS Rosenheim, Klimabelastung und Lastverteilung bei Mehrscheiben-Isolierglas, Stahlbau 6. 2006.
- [6] Prof. Dr. Franz Feldmeier FHS Rosenheim, Kleine Dreifach-Isoliergläser, Fassade 4. 2009.
- [7] ift forum Forschung und Technik, Fragen aus der Praxis - Verglasung, BAU Bauelemente 9. 2009.
- [8] Dipl.-Ing. Marcus Hermes, Klimaschutz verhindert Durchblick, GFF 2. 2008.
- [9] Richtlinie zur Beurteilung der visuellen Qualität von Glas für das Bauwesen 5. 2009 - BIV Hadamar, BF Troisdorf.
- [10] Leitfaden zur Verwendung von Dreifach-Wärmedämmglas 5. 2009 - BF Troisdorf.