

## ***Leitfaden zur Verwendung von Dreifach-Wärmedämmglas***

# Leitfaden zur Verwendung von Dreifach-Wärmedämmglas

## Inhaltsverzeichnis

|  |   |
|--|---|
| <b>1.0 Einleitung</b>  | 2 |
| <b>2.0 Dreifach-Wärmedämmgläser</b>                                    | 3 |
| 2.1 Aufbau von Dreifach-Wärmedämmgläsern                               | 3 |
| 2.2 Standardprodukte   | 3 |
| 2.3 Erreichbare U-Werte  | 3 |
| 2.4 Erreichbare g-Werte  | 3 |
| 2.5 Bilanz-U-Werte   | 3 |
| 2.6 Spezielle Beschichtungen   | 3 |
| <b>3.0 Einflussfaktoren für die Haltbarkeit</b>                        | 4 |
| 3.1 Scheibenzwischenraum und Scheibenformat (Fläche, Seitenverhältnis) | 4 |
| 3.2 Rückenüberdeckung  | 4 |
| 3.3 Glasdimensionierung  | 4 |
| 3.4 Beschichtungsebenen  | 4 |
| 3.5 Sonderfunktionen   | 4 |
| 3.5.1 Sicherheit (Überkopfverglasungen, Absturzsicherung)              | 4 |
| 3.5.2 Schallschutz   | 4 |
| 3.5.3 Sonnenschutz   | 4 |
| <b>4.0 Verglasungsvorschriften</b>                                     | 5 |
| 4.1 Klotzung   | 5 |
| 4.2 Vergrößerter Glaseinstand  | 5 |
| <b>5.0 Weitere Merkmale</b>  | 5 |
| 5.1 Außenkondensation  | 5 |
| 5.2 Isolierglaseffekt  | 6 |
| 5.3 Optische Qualität  | 6 |
| 5.3.1 Eigenfarbe   | 6 |
| 5.3.2 Randverbund und Sprossen   | 6 |

## 1.0 Einleitung

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) ist das wichtigste Regelwerk der Bundesregierung in Deutschland im Bestreben nach einem effizienten Einsatz von Energie in Neubauten und im Gebäudebestand.

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) des Jahres 2007 diente der Umsetzung der Energieeffizienzrichtlinie der Europäischen Union. Die 2009 verabschiedete Novellierung dieser Energieeinsparverordnung (EnEV) verschärft das Anforderungsniveau für den Energiebedarf um 30 %.

Um diesen zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden, ist eine Vielzahl von Innovationen – auch im Bereich Glas, Fenster und Fassade – erforderlich. Ein wichtiger Beitrag zur Verbesserung der wärmetechnischen Eigenschaften von Fenstern und Fassaden wird dabei der Einsatz von Dreifach-Wärmedämmgläsern in einem weit größeren Umfang sein, als dies bisher der Fall ist.

Der Bundesverband Flachglas e. V. und seine Mitglieder unterstützen das Bestreben der Bundesregierung für einen noch effizienteren Umgang mit der begrenzten Ressource Energie nachdrücklich. Dreifach-Wärmedämmgläser sind seit weit mehr als 10 Jahren auf dem Markt eingeführte und bewährte Produkte, die aber bislang nur in sehr begrenzten Anwendungen eingesetzt wurden.

Die Produktion von Dreifach-Wärmedämmgläsern in einem weit größeren Umfang als bisher hat enorme Auswirkungen auf die Fertigungstechnologie und die dabei einzuhaltenden Qualitätsmaßstäbe.

Der stark erweiterte Einsatz von Dreifach-Wärmedämmgläsern in Fenster und Fassade erfordert, dass dabei eine Vielzahl von Aspekten erkannt und beachtet werden muss. Dieser Leitfaden hat die Aufgabe, wichtige Fragen anzusprechen, deren Beachtung den Herstellern und den Verarbeitern von Dreifach-Wärmedämmgläsern unbedingt empfohlen wird.

Das Verkleben von Dreifach-Wärmedämmglas in Rahmenprofilen ist nicht Gegenstand dieses Leitfadens.

## 2.0 Dreifach-Wärmedämmgläser

### 2.1 Aufbau von Dreifach-Wärmedämmgläsern

Mit Dreifach-Wärmedämmgläsern werden  $U_g$ -Werte erreicht, die deutlich unterhalb von  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  liegen. Dazu muss der Aufbau eines solchen Dreifach-Wärmedämmglases zwei hochwärmedämmende Beschichtungen enthalten, von denen jeweils eine zu jedem Scheibenzwischenraum (SZR) hin zeigt. Außerdem ist eine Edelgasfüllung in beiden Scheibenzwischenräumen notwendig.

### 2.2 Standardprodukte

Für Standardprodukte müssen die benötigten Rohstoffe und Halbzeuge in großer Menge verfügbar sein. Krypton oder gar Xenon als Füllgase zur Erreichung niedrigerer  $U_g$ -Werte sind nicht in den Mengen verfügbar, dass sie bei einem Einsatz von Dreifach-Wärmedämmgläsern als Standardprodukt Verwendung finden könnten. In der Regel wird daher Argon zum Einsatz kommen.

Als Standardaufbau wird ein Dreifach-Wärmedämmglas mit einem Glasaufbau 4/12/4/12/4, mit zwei hochwärmedämmenden Beschichtungen (Low-E) auf den Ebenen 2 und 5 sowie mit einer Argonfüllung in beiden Scheibenzwischenräumen empfohlen.

### 2.3 Erreichbare U-Werte

Ein Dreifach-Wärmedämmglas mit einem Aufbau 4/12/4/12/4, mit zwei hochwärmedämmenden Beschichtungen (Low-E) des Emissionsvermögens  $\epsilon_n \sim 0,03$  (Stand der Technik) und mit einer Argonfüllung (Gasfüllgrad 90 %) in beiden Scheibenzwischenräumen erreicht bei der Berechnung nach DIN EN 673 einen  $U_g$ -Wert von  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Ohne weitere Maßnahmen zur Verbesserung der wärmetechnischen Eigenschaften ergeben sich daraus gemäß EN 10077-1: 2006, Tabelle F.1 für Fenster mit verschiedenen Rahmenkonstruktionen die folgenden  $U_w$ -Werte:

- $U_f = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ :  $U_w = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $U_f = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ :  $U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mögliche Maßnahmen zu einer weiteren Verbesserung der wärmetechnischen Eigenschaften einer Fensterkonstruktion sind zum Beispiel:

- Verbesserung der wärmetechnischen Eigenschaften der Rahmenprofile
- Einsatz von Wärmedämmglas mit wärmetechnisch verbessertem Randverbund (sogenannte 'Warme Kante')
- Wärmetechnische Verbesserung des Verglasungssystems durch z. B. einen vergrößerten Glaseinstand.

### 2.4 Erreichbare g-Werte

Mit dem eben beschriebenen Standardprodukt für ein Dreifach-Wärmedämmglas wird ein Gesamtenergiedurchlassgrad ( $g$ -Wert) von etwa 50 % bzw. etwa  $0,50$  erreicht, der je nach den im Einzelfall verwendeten Basisgläsern und beschichteten Gläsern geringfügig variieren kann.

### 2.5 Bilanz-U-Werte

Ausschlaggebend für das Energiesparen mit einem Dreifach-Wärmedämmglas bzw. dem Bauteil Fenster ist letztlich die Bilanz aus Wärmeverlusten (beschrieben durch den  $U$ -Wert) und solaren Wärmegewinnen (beschrieben durch den  $g$ -Wert).

Die Bilanz-U-Werte für ein Fenster können berechnet werden nach:

$$U_{w,eq} = U_w - S * g$$

Die Koeffizienten  $S$  für die solaren Wärmegewinne hängen ab von der Himmelsrichtung, in die ein Dreifach-Wärmedämmglas bzw. ein Fenster eingebaut wird. Gemäß DIN-V 4108-6 werden dafür die folgenden Zahlenwerte verwendet:

$S = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  - Südorientierung

$S = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  - Ost-/Westorientierung

$S = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  - Nordorientierung

Mit diesen Zahlenwerten werden für das beschriebene Standardprodukt eines Dreifach-Wärmedämmglases bei einem  $U$ -Wert des Fensterrahmens  $U_f = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  und einem Fenster- $U$ -Wert  $U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  (vgl. Kapitel 2.3) etwa die folgenden Bilanz- $U_w$ -Werte erreicht, die wiederum je nach den im Einzelfall verwendeten Basisgläsern und beschichteten Gläsern geringfügig variieren können:

$U_{w,eq} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$  - Südorientierung

$U_{w,eq} = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  - Ost-/Westorientierung

$U_{w,eq} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  - Nordorientierung

### 2.6 Spezielle Beschichtungen

Mit Hilfe von speziell für den Einsatz in Dreifach-Wärmedämmgläsern optimierten Beschichtungen wird im beschriebenen Standard-Glasaufbau ein  $U_g$ -Wert von  $0,7 - 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  und ein  $g$ -Wert von etwa 60 % bzw. etwa  $0,60$  erreicht. Die zuvor genannten Fensterwerte (siehe Punkt 2.3 und 2.5) ändern sich dann entsprechend.

### 3.0 Einflussfaktoren für die Haltbarkeit

#### 3.1 Scheibenzwischenraum und Scheibenformat (Fläche, Seitenverhältnis)

Die Belastung für das System steigt mit der Größe des Scheibenzwischenraumes (Isolierglaseffekt, vgl. Kapitel 5.2). Zwei Scheibenzwischenräume von Dreifach-Wärmedämmgläsern addieren sich in ihrer Wirkung mindestens so, dass sie wie ein durchgehender Scheibenzwischenraum anzusehen sind. Welche Belastungen sich daraus für die Gläser und für den Randverbund ergeben, hängt vom Format ab. Kleine, schmale Scheiben (Seitenverhältnis 1:3) zeigen die höchste Belastung für Glas und Randverbund.

Für Standardanwendungen von Dreifach-Wärmedämmgläsern im Fenster sind Scheibenzwischenräume von 2 x 12 mm als technisch sinnvolles Maß anzusehen. Kleinere Scheibenzwischenräume führen (bei Verwendung von Argon als Füllgas) zu höheren  $U_g$ -Werten; größere Scheibenzwischenräume zu stärkeren Belastungen für Glas und Randverbund.

#### 3.2 Rückenüberdeckung

Die mechanischen Belastungen für den Randverbund sind bei Dreifach-Wärmedämmgläsern höher. Aus diesem Grund sollte die Rückenüberdeckung, insbesondere bei schmalen Formaten, erhöht werden.

#### 3.3 Glasdimensionierung

Grundsätzlich gelten alle Normen und Richtlinien wie bei Zweischeiben-Isolierglas. Wegen der erwähnten höheren Belastung sollten spezielle Fragestellungen zur Glasdimensionierung mit Hilfe von Statik-Software wie der vom BF mit herausgegebenen Branchenlösung GLASTIK beantwortet werden. Belastungserhöhende Faktoren sind z. B. asymmetrische Glasaufbauten oder die Verwendung von Sondergläsern, Verbundgläsern (VG) und Verbundsicherheitsgläsern (VSG) und hoch absorbierenden Gläsern. Ornament- oder Drahtglas weist zudem eine geringere mechanische Festigkeit auf als Floatglas. Bei der Verwendung von Ornamentglas und hoch absorbierendem Glas als mittlere Scheibe ist ein Vorspannen empfehlenswert.

#### 3.4 Beschichtungsebenen

Es wird empfohlen, die Beschichtungen auf den beiden äußeren Scheiben zu den Scheibenzwischenräumen hin anzuordnen (Schichtseiten 2 und 5). Ein Vorspannen der unbeschichteten mittleren Scheibe zu Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) ist dann im Allgemeinen nicht erforderlich.

Wenn – z. B. zur Beeinflussung des  $g$ -Wertes des Dreifach-Wärmedämmglases – eine Beschichtung auf der mittleren Scheibe vorliegt (Schichtseiten 3 und 5 bzw. 2 und 4), muss die mittlere Scheibe in der Regel vorgespannt werden.

#### 3.5 Sonderfunktionen

Die Erfahrungswerte von zweischeibigen Isoliergläsern können nicht ohne Weiteres auf Dreifach-Wärmedämmgläser übertragen werden. Kombinationen mit Sonderfunktionen wie Sicherheit (Überkopfverglasungen, Absturzsicherung), Schallschutz, Sonnenschutz etc. stellen besondere Anforderungen.

#### 3.5.1 Sicherheit (Überkopfverglasungen, Absturzsicherung)

Die Technischen Regeln für linienförmige und absturzsichernde Verglasungen TRLV und TRAV erwähnen Dreischeiben-Wärmedämmgläser nicht ausdrücklich. Nach Auffassung des Bundesverband Flachglas gelten damit die allgemein für 'Mehrscheiben-Isoliergläser' formulierten Anforderungen ebenso für Dreischeiben- wie für Zweischeiben-Isoliergläser.

Angriffshemmende Verglasungen (durchwurf-, durchbruch-, durchschuss- und sprengwirkungshemmende Verglasungen) und Verglasungen für den Brandschutz sind im Einzelfall abzustimmen.

#### 3.5.2 Schallschutz

Schallschutzeigenschaften lassen sich mit den Wärmedämmeigenschaften der Dreifach-Wärmedämmgläser kombinieren. Bei den für Schalldämmgläser typischen, asymmetrischen Aufbauten steigt die Belastung der dünneren äußeren Glastafel signifikant an. Deswegen ist bei Kantenlängen bis ca. 70 cm ein Vorspannen zu Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) empfehlenswert.

#### 3.5.3 Sonnenschutz

Sonnenschutzeigenschaften lassen sich mit den Wärmedämmeigenschaften der Dreifach-Wärmedämmgläser kombinieren. Gegenüber zweischeibigen Sonnenschutz-Isoliergläsern verändern sich dadurch die licht- und strahlungsphysikalischen Eigenschaften.

## 4.0 Verglasungsvorschriften

Wie bei Zweifach-Isoliergläsern gelten die Grundforderungen, die z.B. in der 'Richtlinie zum Umgang mit Mehrscheiben-Isolierglas' des BF zu finden sind: Schutz vor andauernder Feuchtigkeitseinwirkung (Dampfdruckausgleich), Schutz vor direkter UV-Einstrahlung (alternativ: UV-beständiger Randverbund), Materialverträglichkeit, Einsatz in bauüblichen Temperaturbereichen und zwängungsfreier Einbau. Rahmenkonstruktionen müssen für die Aufnahme des Dreifach-Wärmedämmglases geeignet sein. Für Mängel, die infolge Nichtbeachtung dieser Grundforderungen außerhalb des Einflussbereiches des Isolierglasherstellers auftreten, hat dieser nicht einzustehen.

Die Technische Richtlinie Nr. 17 des Glaserhandwerks 'Verglasung mit Isolierglas' ist zu beachten.

### 4.1 Klotzung

Die funktionalen Eigenschaften der Verglasungsklotze müssen während der gesamten Nutzungsdauer erhalten bleiben. Um dies sicher zu stellen, müssen sie ausreichend dauerdruckstabil, alterungsbeständig und in ihrer Verträglichkeit geeignet sein.

Bei der Klotzung ist darauf zu achten, dass die Trag- und Distanzklotze gerade und parallel zur Kante der Verglasungseinheit angeordnet werden. Der Klotz muss die volle Dicke der Verglasungseinheit aufnehmen und somit die Eigenlast aller drei Scheiben abtragen. Der Klotz darf bei Systemen mit freiem Falzraum den Dampfdruckausgleich nicht behindern. Der Klotz darf keine Absplitterungen an den Glas-kanten verursachen. Scherbelastungen des Randverbundes sind zu minimieren.

Die Technische Richtlinie Nr. 3 des Glaserhandwerks 'Klotzung von Verglasungseinheiten' ist zu beachten.

### 4.2 Vergrößerter Glaseinstand

Ein vergrößerter Glaseinstand für Dreifach-Wärmedämmgläser ist im Hinblick auf das durch thermisch induzierte Spannungen verursachte Glasbruchrisiko bei gut wärmedämmenden Rahmensystemen als akzeptabel anzusehen (Forschungsvorhaben HIWIN Teilprojekt B: Untersuchungen zur Glasbruchgefahr durch erhöhten Glaseinstand, Abschlussbericht April 2003, ift Rosenheim und Passivhaus Institut Darmstadt).

## 5.0 Weitere Merkmale

### 5.1 Außenkondensation

Für jedes Isolierglas gilt: Je geringer der Wärmedurchgang – je kleiner der  $U_g$ -Wert –, desto wärmer wird die raumseitige Scheibe und desto kälter wird die Außenscheibe. Das gilt natürlich auch für Dreifach-Wärmedämmgläser. Außerdem steht die Außenscheibe im direkten 'Strahlungsaustausch' mit dem Himmel. Je nach individueller Einbausituation führt dieser Strahlungsaustausch – besonders in klaren Nächten – zu einer starken zusätzlichen Abkühlung der Außenscheibe. Unterschreitet die Temperatur der äußeren Scheibenoberfläche dabei die Temperatur der angrenzenden Außenluft, ist die Bildung von Kondensat und in besonderen Fällen sogar Eisbildung auf der äußeren Scheibenoberfläche die Folge. Dieser Vorgang ist in der Natur allgemein als die Bildung von Tau oder Reif bekannt. Durch die Erwärmung der Außenscheibe zusammen mit der Außenluft zum Beispiel durch die Morgensonne wird das Kondensat wieder verschwinden. Dieses Phänomen ist nicht etwa eine Fehlfunktion, sondern vielmehr ein Zeichen für den hervorragenden Wärmedämmwert des Dreifach-Wärmedämmglases.

Wegen der noch besseren Wärmedämmung von Dreifach-Wärmedämmgläsern muss damit gerechnet werden, dass die Bildung von Kondensat auf der äußeren Scheibenoberfläche häufiger auftritt als bei den bisher üblichen Zweifach-Wärmedämmgläsern. Zur Vermeidung von Irritationen bei Kunden und Verbrauchern ist es zu empfehlen auf dieses Phänomen im Vorfeld aufmerksam zu machen.

### 5.2 Isolierglaseffekt

Die 'Richtlinie zur Beurteilung der visuellen Qualität von Glas für das Bauwesen', die u. a. vom Bundesverband Flachglas herausgegeben wird, beschreibt in Abschnitt 4.2.2 den 'Isolierglaseffekt', durch den sich bei Temperaturänderungen und Schwankungen des barometrischen Luftdrucks konkave oder konvexe Wölbungen

der Einzelscheiben und damit optische Verzerrungen ergeben. Durch das in zwei Scheibenzwischenräumen eingeschlossene, größere Gasvolumen kann sich dieser Effekt bei Dreifach-Wärmedämmgläsern verstärkt zeigen.

### 5.3 Optische Qualität

#### 5.3.1 Eigenfarbe

Die 'Richtlinie zur Beurteilung der visuellen Qualität von Glas für das Bauwesen' beschreibt in Abschnitt 4.1.1 die Eigenfarbe aller Glaserzeugnisse, speziell auch beschichteter Gläser. Durch das Vorhandensein einer dritten Glasscheibe und einer zweiten Beschichtung kann die Eigenfarbe von Dreifach-Wärmedämmgläsern deutlicher erkennbar sein als die von zweischeibigen Isoliergläsern.

#### 5.3.2 Randverbund und Sprossen

Die Verwendung von Sprossen in Dreifach-Wärmedämmglas ist möglich; es wird empfohlen, die Anordnung auf einen Scheibenzwischenraum zu begrenzen.

Optische Beeinträchtigungen (siehe 'Richtlinie zur Beurteilung der visuellen Qualität von Glas im Bauwesen'), wie zum Beispiel geringer Versatz der Abstandhalter oder der Sprossen bei Anordnung in beiden Scheibenzwischenräumen, haben keinen Einfluss auf die Funktionalität des Dreifach-Wärmedämmglases und sind nicht vollständig auszuschließen

**Dieses Merkblatt wurde erarbeitet von:** Bundesverband Flachglas e. V., Troisdorf · Deutsche Hutchinson GmbH, Eschborn · E C I European Chemical Industries Ltd., Essen · Fenzi S.p.A., I - Tribiano · Flachglas MarkenKreis GmbH, Gelsenkirchen · Glas-Fandel GmbH & Co. KG, Bitburg · Glas Trösch GmbH SANCO Beratung, Nördlingen · Gretsch-Unitas Baubeschläge GmbH, Ditzingen · Guardian Flachglas GmbH, Thalheim · Gütegemeinschaft Mehrscheiben-Isolierglas e. V., Troisdorf · H. B. Fuller Window GmbH, Lüneburg · IGK Isolierglasklebstoffe GmbH, Hasselroth · Interpane Glasindustrie AG, Lauenförde · Isolar-Glas-Beratung GmbH, Kirchberg · Kömmerling GmbH, Pirmasens · mkt GmbH, Alsdorf · Pilkington Deutschland AG, Gladbeck · Saint-Gobain Glass Deutschland GmbH, Aachen · Sencoglas Holding GmbH, Westerstede

**Unter Mitwirkung von:** Bundesinnungsverband des Glaserhandwerks, Hadamar · Fachverband Glas Fenster Fassade Baden-Württemberg, Karlsruhe · Institut für Fenster-technik, Rosenheim · Verband der Fenster- und Fassadenhersteller, Frankfurt

© **Bundesverband Flachglas e. V.** Einem Nachdruck wird nach Rückfrage gern 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