

---

## **Thermische Beanspruchung von Gläsern in Fenstern und Fassaden**

---

---

Ausgabe September 2012

---

Merkblatt V.02

---

Ersatz für V.02: 2004-03

---

---

Verband Fenster + Fassade

---

---

In Zusammenarbeit mit:

---

BIV des Glaserhandwerks, Hadamar

---

Institut für Fenstertechnik, Rosenheim

---

Tischler Schreiner Deutschland, Berlin

---

Bundesverband Flachglas (BF), Troisdorf

---

---

Technische Angaben und Empfehlungen dieses Merkblattes beruhen auf dem Kenntnisstand bei Drucklegung. Eine Rechtsverbindlichkeit kann daraus nicht abgeleitet werden.

---

---

Herausgeber:

---

Verband Fenster + Fassade

---

Walter-Kolb-Str. 1-7, D-60594 Frankfurt

---

© VFF, Frankfurt 2012

---



---

**Verband Fenster + Fassade**

## **Nutzungsbedingungen für Merkblätter des Verbandes Fenster + Fassade (VFF)**

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verbandes Fenster + Fassade (VFF). Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des VFF unzulässig und strafbar. Der VFF behält sich insofern sämtliche in Betracht kommenden Ansprüche insbesondere auf Unterlassung und Schadensersatz ausdrücklich vor.

## Inhalt

- 1 Einführung
  - 2 Grundlagen der thermischen Beanspruchung
  - 3 Auswirkungen für Planung, Einbau und Nutzung
    - 3.1 Hinweise für die Planung
      - 3.1.1 Ausreichende statische Bemessung
      - 3.1.2 Berücksichtigung thermischer Belastungssituationen
      - 3.1.3 Exakte Vorgaben in der Ausschreibung
    - 3.2 Hinweise zur fachgerechten Verglasung
      - 3.2.1 Keine unzulässige mechanische Belastung des Glases
      - 3.2.2 Kantenbeschädigungen
      - 3.2.3 Fachgerechte Verglasung - Regelwerke
    - 3.3 Hinweise zur Nutzung
      - 3.3.1 Bekleben und Bemalen von Glas
      - 3.3.2 Thermischer Stress durch Teilbeschattung
      - 3.3.3 Wärmestau am Glas
      - 3.3.4 Zum Umgang mit Schiebetüren und -fenstern
      - 3.3.5 Ein Wort noch zur Reinigung
  - 4 Zusammenfassung
- Anhang 1: Literaturhinweise

## 1 Einführung

Gläser in modernen Fenstern und Fassaden sind hochwertige Bauteile, die vielfältigen Belastungen ausgesetzt sind. Dabei werden für den Standardfall die jeweiligen gesetzlichen Regelungen und Normen berücksichtigt. Zusätzliche Beanspruchungen außergewöhnlicher Bausituationen oder Anwendungen bedürfen besonderer Beachtung und erfordern ggf. weitere Maßnahmen und Berücksichtigung bei der Planung und späteren Nutzung.

Fenster und Fassaden sind hochwertige Bauteile

Besonders zutreffend ist dies, wenn Glas in Fenstern und Fassaden als vielschichtiger Glasaufbau, wie 3-fach-Isolierverglasung oder Verbundglas, und mit erhöhten Ansprüchen an die mechanischen und thermischen Belastungen eingesetzt wird.

thermische Beanspruchungen oft unterschätzt

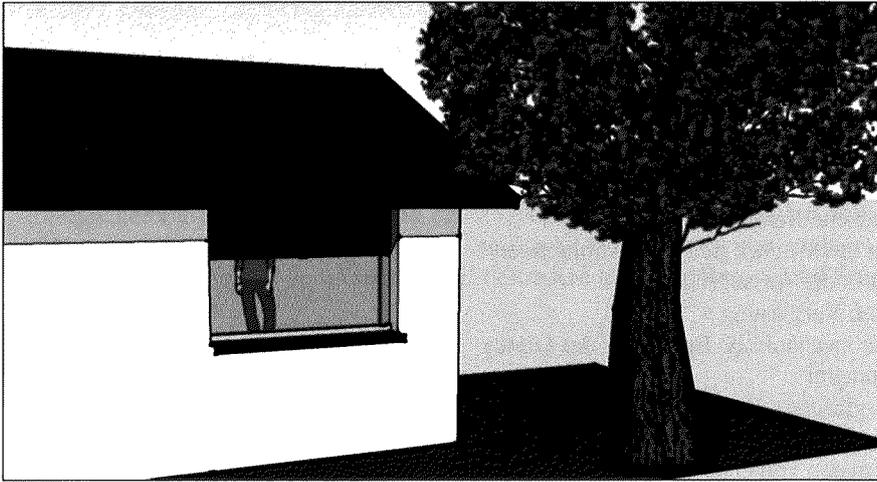
Die thermische Beanspruchung von Glas in Fenstern und Fassaden wird sehr häufig unterschätzt. In diesem Merkblatt wird beschrieben, wie Planer, Hersteller und Nutzer mit dieser Situation umgehen können.

## 2 Grundlagen der thermischen Beanspruchung

Glas ist ein Werkstoff, der bei entsprechender Planung und sachgemäßer Nutzung unterschiedlichsten Belastungen standhält. Werden jedoch nicht alle Beanspruchungen berücksichtigt oder durch die Nutzung ungewollte Belastungen eingebracht, kann dies zu einer Überschreitung der Belastungsgrenze führen. Spezielle Temperaturunterschiede im Glas selbst sind von besonderer Bedeutung und müssen zusätzlich berücksichtigt werden.

unterschiedliche Belastungen berücksichtigen

Abbildung 1 zeigt ein Beispiel für eine besondere Temperaturbelastung des Glases, die durch Temperaturunterschiede im Glas hervorgerufen wird. Floatglas hat eine Beständigkeit gegen Temperaturunterschiede / plötzliche Temperaturwechsel von ca. 40 K (s. EN 572-1). Es ist zu beachten, dass es sich nicht um eine zugesicherte Materialeigenschaft von Glas handelt, sondern um einen Wert, der im besonderen Maße von der Kantenqualität abhängt.

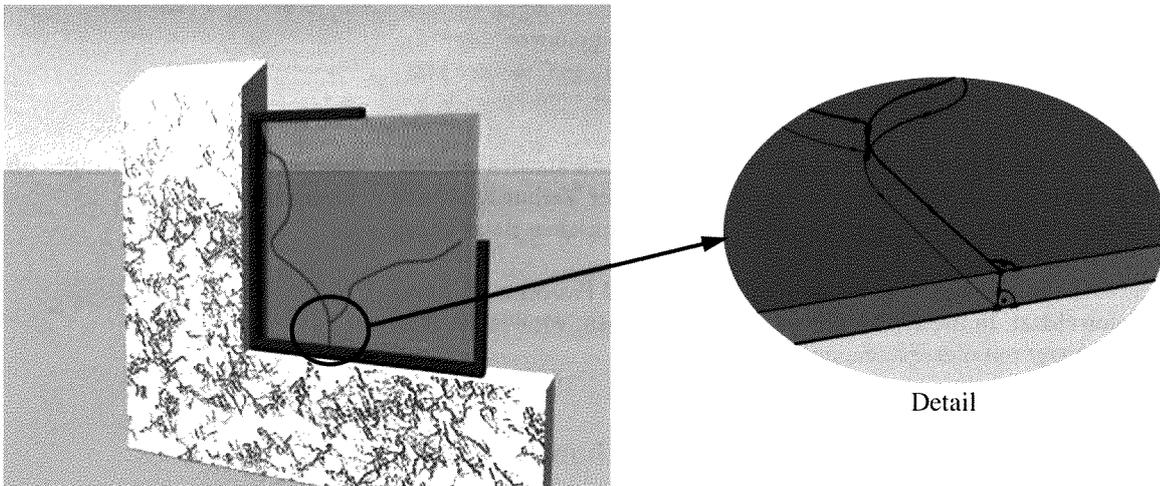


**Abbildung 1: Beispiel einer besonderen Temperaturbelastung durch Schlagschatten**

Werden besondere thermische Beanspruchungen nicht berücksichtigt, kann es zum Glasbruch kommen. Dabei ist der Ausgangspunkt des Bruchs normalerweise die Glaskante. Der Bruch erfolgt i.d.R. im rechten Winkel zu Scheibenkante und -fläche (s. Abbildung 2).

Beispiel für ein Bruchbild

Die durch Temperaturunterschiede induzierten Spannungen müssen bei einem Mehrscheibenisoliertglas (MIG) für Außen- und Innenscheibe separat betrachtet werden. So kann zum Beispiel die Wintersonne im Süden kritisch für die Innenscheibe und für die Außenscheibe dagegen ein Morgen im Herbst in Süd-Ost- oder nachmittags in Süd-West-Orientierung sein.



**Abbildung 2: Bruchbild „thermischer Sprung“**

### 3 Auswirkungen für Planung, Einbau und Nutzung

#### 3.1 Hinweise für die Planung

##### 3.1.1 Ausreichende statische Bemessung

Die Auswahl der Glasprodukte und der Glasdicken muss an die vorliegende Belastungssituation angepasst werden. Neben der standardmäßigen Berücksichtigung von Schnee-, Wind- oder Klimlasten sind u.a. zusätzliche thermische Belastungen zu beachten. Bei hohen zu erwartenden Belastungen ist dies bei der Glasbemessung zu berücksichtigen.

Glas an Belastungssituation anpassen

Auch bei 2-fach-MIG mit einer Kantenlänge kleiner als 500 mm und bei 3-fach-MIG von kleiner 700 mm sowie einem ungünstigen Seitenverhältnis („kleine, nahezu quadratische“ und „schmale“ Einheiten) erhöht sich das Bruchrisiko infolge Klimlasten. Diese inneren Lasten werden unter anderem durch den Einfluss von Temperatur und Luftdruck beeinflusst.

Es ist daher erforderlich, dass bereits in der Planungsphase alle Beteiligten auf besondere Umstände aufmerksam gemacht werden, die thermische Belastungen hervorrufen. Diese Fälle sollten frühzeitig vom Planer erkannt und bei der Ausschreibung entsprechend der zu erwartenden Randbedingungen berücksichtigt werden (vgl. 3.1.3).

Die EN 13830: 2003-11 „Vorhangfassaden – Produktnorm“ nennt die sog. Eigenschaft „Temperaturwechselbeständigkeit“ (thermal shock resistance) und meint damit die Beständigkeit gegen Temperaturunterschiede. Soll diese Eigenschaft behandelt werden, wird empfohlen, bereits in der Planungsphase neben dem Nachweis der Standsicherheit eine Analyse des thermischen Glasbruchrisikos durch Beurteilung der Einbausituation auf Basis aussagekräftiger Zeichnungen durchzuführen. Diese kann dann durch eine Simulation ergänzt werden.

In der laufenden Überarbeitung der prEN 13830 wurde dieser Punkt herausgenommen.

Vorhangfassaden – Produktnorm

### 3.1.2 Berücksichtigung thermischer Belastungssituationen

Glas ist ein vergleichsweise schlechter Wärmeleiter. Daher kann Wärme, die z.B. durch Absorption der Sonneneinstrahlung entsteht, schlecht abgeführt werden. Dies führt zu erhöhter thermischer Belastung und kann zum Bruch führen.

Glas ist ein schlechter Wärmeleiter

Der größte Temperaturunterschied in der Glasscheibe ergibt sich i.d.R. zwischen der Glasmitte bei max. Sonneneinstrahlung und dem abgedeckten, im Rahmen eingelassenen und daher rel. kalten Glasrand (s. Abbildung 3).

maximale Sonneneinstrahlung

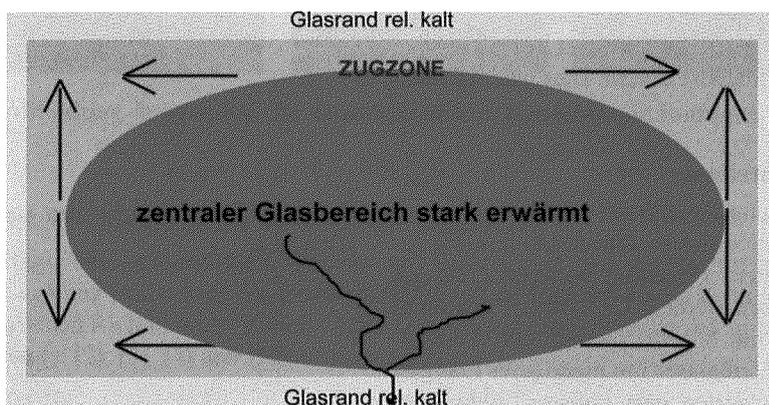


Abbildung 3: Prinzip thermisch induzierter Spannungen“

Ebenso entstehen thermisch induzierte Spannungen, wenn die Verglasung teilweise beschattet ist, z.B. durch umgebende Gebäude, Gebäudevorsprünge oder außenliegende Verschattungseinrichtungen. Die beschattete Glasfläche kann deutlich kühler sein als der von der Sonne direkt bestrahlte Bereich (s. Abbildung 1).

Teilbeschattung

Erhöht sich bei Glas die Energieabsorption, z.B. durch in der Masse eingefärbte Glasarten und/oder zusätzliche Funktionsbeschichtungen zum Sonnenschutz oder zur Wärmedämmung, kann sich die thermische Belastung erhöhen. So ist z.B. die Außenscheibe dann besonders belastet, wenn die Energieabsorption mehr als ca. 50 % beträgt. Besonders kritisch verhalten sich in diesem Zusammenhang alle Gläser mit Drahteinlage, da Metall und Glas unterschiedliche thermische Ausdehnung haben.

Gläser mit erhöhter Absorption und Drahteinlage

Bei 3-fach-Gläsern ist die mittlere Scheibe den größten thermischen Belastungen ausgesetzt. Üblicherweise sind bei 3-fach-Wärmedämmgläsern die Beschichtungen auf den beiden äußeren Scheiben zu den Scheibenzwischenräumen hin angeordnet (Schichtseiten 2 und 5). Ein Vorspannen der unbeschichteten mittleren Scheibe zu Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) ist dann im Allgemeinen nicht erforderlich.

3-fach-Wärmedämmglas

Wenn z.B. zur Beeinflussung des g-Wertes des 3-fach-Wärmedämmglases eine Beschichtung auf der mittleren Scheibe vorliegt (Schichtseiten 3 und 5 bzw. 2 und 4), muss die mittlere Scheibe i.d.R. vorgespannt werden [1].

Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass ein Wärmestau auf der Rauminnen-seite vermieden wird. Auch durch vorgestellte Gegenstände kann eine ungleichmäßige Erwärmung der Scheibe verursacht werden, die einen Bruch auslösen kann. Die freie Scheibenfläche der Verglasung muss innen gleichmäßig vom Raumklima beaufschlagt werden. Wird innen ein Sonnen-/Blendschutz oder eine Verdunklung vorgesehen, so sollte der entstehende Zwischenraum ausreichend belüftet sein. Je höher die Energiereflektion des Behangs ist, desto größer ist die thermische Belastung.

Wärmestau an der Innenseite vermeiden und die Nutzung bedenken

Kritisch untersucht werden sollten auch Podeste, Stützen, Decken- und Brüstungsbereiche unmittelbar hinter Verglasungen.

Heizkörper oder Auslässe von Kühlgeräten an einer Verglasung können ebenso zu Temperaturdifferenzen in der Glasfläche führen und müssen einen ausreichenden Abstand zur Verglasung haben. Bei der Verwendung von TVG oder ESG kann der Abstand verringert werden.

Dunkle Klebefolien oder Bemalungen können zu thermischen Spannungen führen, insbesondere auf der Innenscheibe. Die Bruchwahrscheinlichkeit steigt und ist bei der Planung zu berücksichtigen.

Wird nach dem Einbau von Fenstern und Verglasungen Gussasphalt als Estrich eingebracht, so bedeutet dies für die Gläser eine einmalige, starke thermische Beanspruchung. Die Glasoberflächen sollen dabei mit geeigneten Materialien (z.B. Spanplatten) vollflächig abgedeckt sein. Dies ist als zusätzliche Bauleistung auszusprechen.

Gussasphalt als Estrich

### 3.1.3 Exakte Vorgaben in der Ausschreibung

Sind in der Planung thermische Belastungssituationen vorhersehbar und unvermeidbar, sollte die Verwendung von weiteren Glasbearbeitungen geprüft werden, ob statt Floatglas geeignetere Glasarten verwendet werden oder ob Kantenbearbeitungen vorgenommen werden. Geeignetere Glasarten sind z.B. thermisch vorgespannte Gläser mit höherer thermischer Wechselbeständigkeit (TVG, ESG, ESG-H) oder Weißgläser mit niedrigerer Energieabsorption. Kantenbearbeitungen, wie Schleifen und Polieren, reduzieren durch Entfernen von Kantenbeschädigungen das thermische Glasbruchrisiko. Die Ausschreibung muss konkrete Hinweise auf thermische Belastungssituationen geben und Vorgaben machen, wie diese gelöst werden. Eine Bewertung des thermischen Bruchrisikos sollte bereits in der Planungsphase erfolgen oder kann als besondere Leistung vereinbart werden.

ESG oder Kantenbearbeitung aus-schreiben

Basis einer Bewertung des thermischen Bruchrisikos der beschriebenen kritischen Fälle können Berechnungen und Simulationen sein. Bei einer thermischen Simulation wird das reale Temperaturverhalten der Glasscheiben möglichst realitätsnah abgebildet.

Analyse mittels Ingenieurmethoden

### 3.2 Hinweise zur fachgerechten Verglasung

Zur Verminderung der Bruchgefahr durch thermische Belastung ist es sinnvoll, die Isolierglaseinheiten möglichst spannungsarm einzubauen. Dazu sind folgende Einflüsse besonders zu beachten:

- 1) das Glas mechanisch nicht unzulässig belasten,
- 2) die Verglasungseinheit ist ohne Vorbeschädigungen einzubauen.

Die Beachtung dieser Kriterien hilft, das Glas zu entlasten, ist aber kein Ersatz für erforderliche Maßnahmen zur Vermeidung thermischer Belastungsbrüche.

fachgerechte Verglasung hilft, Glas zu entlasten

#### 3.2.1 Keine unzulässige mechanische Belastung des Glases

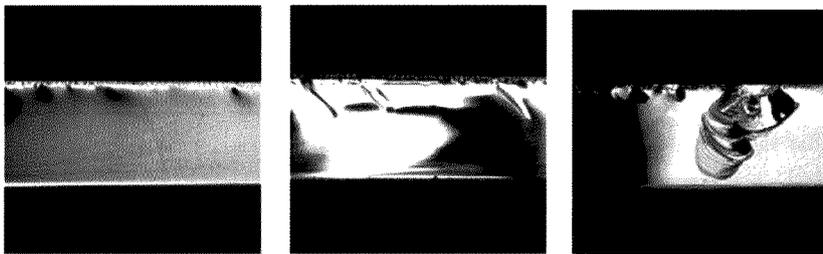
Die Verbindung zwischen Glas und Grundkonstruktion muss so gewählt sein, dass die Gefahr des Glasbruchs vermieden wird. Dies ist durch eine fachgerechte Verklotzung erreichbar, bei der das Glas zwängungsarm eingebaut wird.

zwängungsarmer Einbau

#### 3.2.2 Kantenbeschädigungen

Auf die Kantenqualität von Floatglas, speziell auch bei VSG, ist besonders zu achten. Kantenbeschädigungen beeinflussen die Festigkeit von Glas. Das gilt auch bei thermischen Belastungen. Sie müssen daher beim Zuschnitt, Transport und beim Einbau vermieden werden. Entsprechend vorgeschädigte Einheiten sollten nicht eingebaut werden (s. Abbildung 4).

Kantenbeschädigungen vermeiden



(Quelle: CWCT Technical Note 13)

Abbildung 4: Beispiele für unterschiedliche Kantenqualitäten (gut, akzeptabel, ungünstig)

#### 3.2.3 Fachgerechte Verglasung - Regelwerke

Bzgl. des fachgerechten Einbaus der Isoliergläser und der fachgerechten Lagerung (Klotzung) der Isolierglaseinheiten im Rahmen sind u.a. die Technischen Richtlinien 1, 3 und 17 des Instituts des Glaserhandwerks zu beachten (s. [2], [3], [4] und [5]).

Richtlinien zur fachgerechten Verglasung und Klotzung beachten

Bei einem Scheibenversatz im Isolierglas von mehr als etwa 2 mm im lastabtragenden Bereich kann eine kontrollierte Lastabtragung durch die Verklotzung nicht gewährleistet werden. Scheiben mit größerem Scheibenversatz sollten daher nicht eingebaut werden.

### 3.3 Hinweise zur Nutzung

Leider sieht man dem Glas im Einzelfall nicht an, was man ihm an thermischer Belastung noch zumuten kann. Erst, wenn der Schaden da ist, ist auch für jedermann erkennbar, dass etwas passiert ist.

Wichtig ist deshalb ein bewusster Umgang mit einer Reihe von Situationen, die unweigerlich zu einer erhöhten thermischen Beanspruchung der eingesetzten Gläser führen.

thermische Belastbarkeit der Gläser durch die Nutzung nicht überfordern

### 3.3.1 Bekleben und Bemalen von Glas

Das nachträgliche Aufbringen von Folien und Farben hat im Falle der direkten Sonneneinstrahlung immer eine unterschiedliche Aufheizung der Glasscheibe zur Folge. Als kritisch zu beurteilen ist hier insbesondere die Verwendung von stark absorbierenden, z.B. dunklen Materialien. Diese erhöhen unter Sonneneinstrahlung die Temperaturunterschiede in der Scheibe und damit den thermischen Stress und die Glasbruchgefahr.

Auch bei dem gelegentlich zu beobachtenden „Nachrüsten“ von Glas mit Folienprodukten, z.B. zum Zweck des zusätzlichen Sonnenschutzes oder auch zur Werbung, ist Vorsicht anzuraten. Wenn derartige Folienprodukte zu einer stark vermehrten Absorption der Sonneneinstrahlung im Glas führen, sind erhöhter thermischer Stress und eine erhöhte Bruchgefahr die zwangsläufigen Folgen.

Vorsicht beim Bekleben und Bemalen von Glas

### 3.3.2 Thermischer Stress durch Teilbeschattung

Eine erhöhte thermische Belastung wird für ein Glas immer dann erzeugt, wenn ein Teil der Scheibe der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt ist, während ein anderer Teil im Schatten liegt. Solche teilbeschatteten Gläser werden ungleichmäßig erwärmt (s. Abbildung 1). Die durch die ungleichmäßige Erwärmung erzeugten Spannungen im Glas hängen unter anderem ab von der Intensität der Sonneneinstrahlung, von der Absorption der Sonneneinstrahlung durch das Glas und von der geometrischen Verteilung der besonnten und beschatteten Glasflächenanteile. Mit zunehmender thermischer Spannung durch Teilbeschattung erhöht sich die Belastung. Auch verhalten sich im Allgemeinen Sonnenschutzgläser unter diesem Aspekt kritischer als Wärmedämmgläser.

Teilbeschattungen vermeiden

### 3.3.3 Wärmestau am Glas

Starker thermischer Stress ist für Glas auch immer dann gegeben, wenn direkt an der Scheibe ein Wärmestau entsteht. Ein typischer Fall für eine solche Situation ist das nachträgliche Anbringen einer innenliegenden Beschattung zum Zweck des Sonnen- und / oder Blendschutzes. Wird dabei nicht auf eine ausreichende Ventilation oder einen ausreichenden Abstand zum Glas geachtet, sind bei Sonneneinstrahlung Glasschäden als Folge einer thermischen Überforderung geradezu vorprogrammiert.

Wärmestau durch nicht ausreichend ventilierte innenliegende Beschattung

Ein vermeidbarer Wärmestau am Glas kann auch auf andere Weise erzeugt werden, etwa durch den Betrieb eines fest installierten oder eines mobilen Heizkörpers oder durch andere wärmeabstrahlende Geräte oder Beleuchtungskörper in zu großer Nähe zum Glas. Bei direkter Sonneneinstrahlung auf bis zum Boden reichende Verglasungen kann ein Hitzestau etwa auch dann entstehen, wenn Polstermöbel oder dergleichen zu nahe an das Glas ohne ausreichende Belüftung herangerückt werden. In allen diesen Fällen ist es schwierig oder unmöglich abzuschätzen, wieviel dem Glas an thermischer Belastung zugemutet werden kann. Im Zweifelsfall ist daher der Verzicht auf solche kritischen Situationen zu empfehlen.

Wärmestau durch wärmeabstrahlende Geräte oder Beleuchtungskörper, bzw. Polstermöbel vor dem Glas

### 3.3.4 Zum Umgang mit Schiebetüren und -fenstern

Beim Öffnen von Schiebetüren und -fenstern mit Isolierglas bildet sich zwischen den verglasten Elementen ein zusätzlicher Zwischenraum. Werden die Elemente vollflächig übereinander geschoben, so sorgt Sonneneinstrahlung für eine starke Aufheizung, wenn die Hitze zwischen den Elementen nicht entweichen kann. Diese Fensterart kann vor allem bei 3-fach-MIG kritisch sein, da im geöffneten Zustand teilweise bis zu 6 Scheiben hintereinander angeordnet sind. Hier wird der thermische Stress für die Gläser weniger groß, wenn die verglasten Elemente nicht vollflächig übereinander geschoben werden und dadurch eine Belüftung erfolgen kann.

Aufheizung übereinander geschobener Gläser vermeiden

### 3.3.5 Ein Wort noch zur Reinigung

Auch bei der Reinigung sollte auf eine möglichst geringe Belastung durch Temperaturunterschiede geachtet werden. Dazu sind z.B. zu heißes Wasser und vor allem die Anwendung von Wasserdampf auf kaltem Glas zu vermeiden.

ohne thermische Beanspruchung reinigen

## 4 Zusammenfassung

Thermische Beanspruchungen stellen nur einen Teil der Belastungen dar, die auf eine Verglasung einwirken und sich in Form von Spannungen im Glas bemerkbar machen. Werden die für das jeweilige Glas zulässigen Spannungswerte überschritten, kann es zum Glasbruch kommen.

Glasbruch bei Überbeanspruchung

Vorausschauende Planung, fachgerechte Verarbeitung und sachgerechte Nutzung tragen jedoch dazu bei, die Gefahr einer Überlastung der Gläser durch thermische Beanspruchung zu vermeiden. Unter Berücksichtigung der im Merkblatt genannten Hinweise ist für jeden Anwendungsfall die Thematik thermische Beanspruchung zu lösen.

Alle müssen mitmachen!

## Anhang 1: Literaturhinweise

- [1] BF-Merkblatt 003 „Leitfaden zur Verwendung von Dreifach-Wärmedämmglas“, Bundesverband Flachglas, Troisdorf
- [2] TR 1 „Dichtstoffe für Verglasungen und Anschlussfugen – Arten, Eigenschaften, Anwendung, Verarbeitung“, Institut des Glaserhandwerks, Hadamar
- [3] TR 3 „Klotzung von Verglasungseinheiten“, Institut des Glaserhandwerks, Hadamar
- [4] TR 17 „Verglasen mit Isolierglas“, Institut des Glaserhandwerks, Hadamar
- [5] DIN 18545 „Abdichten von Verglasungen mit Dichtstoffen“, Beuth Verlag Berlin

Verband Fenster + Fassade  
Walter-Kolb-Str. 1-7  
60594 Frankfurt am Main  
Telefon: 069 / 95 50 54 - 0  
Telefax: 069 / 95 50 54 - 11

Homepage <http://www.window.de>  
E-Mail: [vff@window.de](mailto:vff@window.de)



---

**Verband Fenster + Fassade**