

ESG-H – ein geregeltes und fremdüberwachtes Bauprodukt auf höchstem Sicherheitsniveau

ESG-H – ein geregeltes und fremdüberwachtes Bauprodukt auf höchstem Sicherheitsniveau

1.0 Einführung: Sinn und Zweck des Leitfadens

Im Bereich der deutschen Bauaufsicht sind bei Einscheiben-Sicherheitsglas drei Produkte zu unterscheiden: ESG, heißgelagertes ESG nach EN 14179 und ESG-H nach Bauregelliste. Die Abgrenzung zwischen diesen Produkten ist in der Praxis nicht immer ganz klar. Dieser Leitfaden soll allen beteiligten Gruppen wie:

- Verarbeitern
- Anwendern
- Planern
- Isolierglasherstellern und
- Monteuren

Sicherheit geben, was die Definition dieser Produkte und die an sie gestellten Anforderungen angeht.

2.0 Das Produkt und seine Herstellung

Einscheiben-Sicherheitsglas

Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) ist ein thermisch vorgespanntes Flachglas (z.B. aus Float- oder Ornamentglas), bei dem durch eine besondere Wärmebehandlung des Glases ein charakteristischer Eigenspannungszustand eingepreßt wird. Im Vergleich zu normal gekühltem Flachglas wird durch diesen sogenannten thermischen Vorspannprozess eine wesentlich höhere Belastbarkeit des Glases gegenüber mechanischen und thermischen Einwirkungen erzielt.

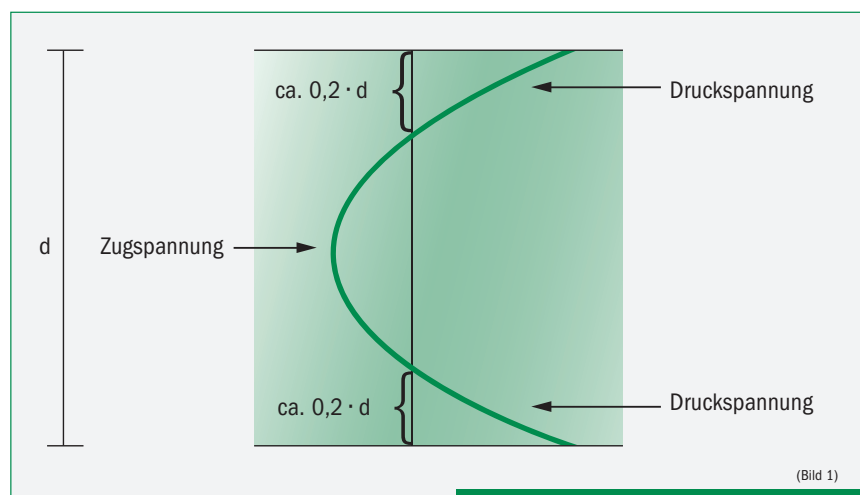
Das Glas wird hierzu in einem „Vorspann-ofen“ innerhalb eines definierten Zeitraumes gleichmäßig auf ca. 620 °C erhitzt und anschließend schnell abgekühlt. Dadurch erhält das Glas an beiden Oberflächen (jeweils in einem Bereich mit einer Dicke von 20 % der Glasdicke) eine Druck- und im Kern eine Zugspannung. Druck- und Zugspannung stehen im Gleichgewicht. Daher kann eine nachträgliche Bearbeitung der Oberflächen oder Kanten die Eigenschaften des ESG nach-

teilig verändern oder zum unmittelbaren Bruch führen.

ESG besitzt gegenüber nicht vorgespanntem Glas eine erhöhte Biegezugfestigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit sowie ein feinkrümeliges Bruchbild, wodurch das Produkt seine Sicherheitseigenschaften erhält.

Bei der Herstellung von Floatglas lassen sich trotz äußerster Sorgfalt Verunreinigungen der Glasschmelze mit Nickel nicht vermeiden. Dadurch können im Glas Einschlüsse aus Nickelsulfid entstehen. Diese haben die unangenehme Eigenschaft, ihr Volumen im Laufe der Zeit durch Phasenumwandlung zu vergrößern. Dieser Prozess wird durch Temperatureinfluss beschleunigt. Im normal gekühlten Glas stellt dieses Phänomen kein Problem dar. Befindet sich ein solcher Einschluss aber im Zugspannungsbereich im Kern eines Einscheiben-Sicherheitsglases, können die dadurch entstehenden zusätzlichen Spannungen zum plötzlichen Versagen der Scheibe führen. Eine wirksame Maßnahme dagegen ist eine erneute Wärmebehandlung des ESG im so genannten Heißlagerungstest, im Englischen „Heat-Soak-Test“ genannt.

(Bild 1)
Zug- und Druckspannung im Scheibenquerschnitt von ESG



(Bild 1)

Heißlagerung von Einscheiben-Sicherheitsglas

Beim Heißlagerungstest wird das bereits thermisch vorgespannte ESG einem weiten Temperaturprozess unterzogen. Das thermisch vorgespannte Glas wird in einem speziell dafür vorgesehenen, geprüften Ofen unter definierten Vorgaben erhitzt und nach Erreichen der vorgeschriebenen Temperatur über eine definierte Zeit gelagert. Dabei vergrößern sich eventuell vorhandene Nickelsulfid-Einschlüsse und führen, sofern sie in der Zugzone liegen und eine Mindestgröße haben, zum Bruch des ESG.

Mit diesem Verfahren kann bei ordnungsgemäßer Durchführung nach derzeitigem Kenntnisstand die Versagenswahrscheinlichkeit der Scheiben auf das im Bauwesen erforderliche Maß reduziert werden.

3.0 Baurechtliche Anforderungen

Es wird zwischen den produkt- und den anwendungsbezogenen Anforderungen unterschieden.

3.1 Produktbezogene Anforderungen

In Deutschland wird unterschieden zwischen heißgelagertem ESG nach europäischer Definition (EN 14179) und nach deutscher Bauregelliste. „ESG-H“ ist ein eigenständiger, deutscher Begriff, der die besonders hohen, über die europäische Norm hinausgehenden Anforderungen der Bauregelliste A Teil 1, lfd. Nr. 11.13, Anlage 11.11, dokumentiert.

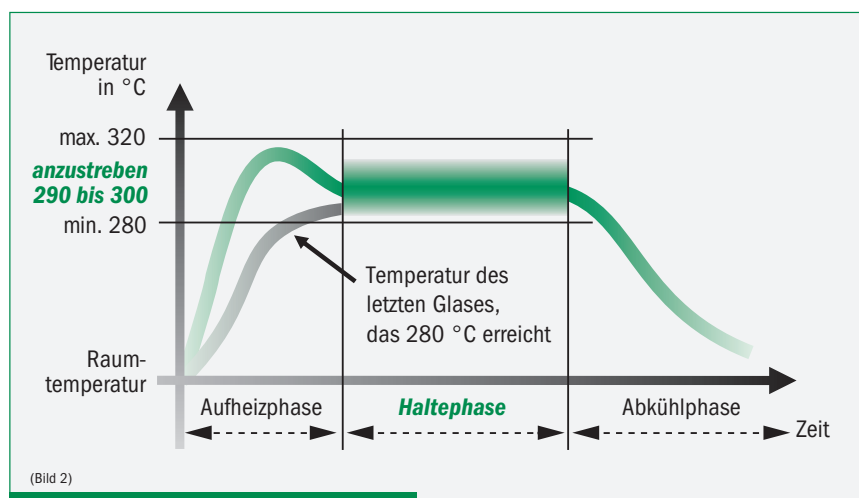
Die Unterschiede zwischen

- „thermisch vorgespanntem Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas“ nach Bauregelliste A Teil 1 lfd. Nr. 11.12, im folgenden Text kurz als „**ESG**“ bezeichnet;
- „heißgelagertem thermisch vorgespannten Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas“ nach EN 14179, im folgenden Text kurz als „**Heißgelagertes ESG**“ bezeichnet;
- „heißgelagertem Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG-H)“ nach Bauregelliste A Teil 1 lfd. Nr. 11.13, im folgenden Text kurz als „**ESG-H**“ bezeichnet,

zeigt die folgende Tabelle.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Anforderungen an **heißgelagertes ESG** nach EN 14179 und an **ESG-H** nach Bauregelliste auch von einem einzigen Produkt erfüllt werden können. Für eine entsprechende Kennzeichnung siehe beispielhaft Bild 3.

(Bild 2)
Temperaturverlauf während der Heißlagerung nach Bauregelliste



(Bild 2)

ESG-H – ein geregeltes und fremdüberwachtes Bauprodukt auf höchstem Sicherheitsniveau

Kriterium	ESG (nach Bauregelliste)	Heißgelagertes ESG (nach EN 14179)	ESG-H (nach Bauregelliste A Teil 1, Anlage 11.11)
Ende der Aufheizphase	-	Erreichen von 280 °C Oberflächentemperatur beim letzten Glas, nach Bauregelliste, Anlage 11.11, Abschnitt 2.1 (EN 14179-1 Abschnitt 5.3.2)	
Höchste Glastemperatur während der Aufheizphase	-	320 °C, nach Bauregelliste, Anlage 11.11, Abschnitt 2.1 (EN 14179-1 Abschnitt 5.3.2)	
Haltezeit	-	2 h (EN 14179-1 Abschnitt 5.3.3)	4 h, nach Bauregelliste, Anlage 11.11, Abschnitt 2.1
Höchste Glastemperatur während der Haltezeit	-	300 °C (EN 14179-1 Abschnitt 5.3.3)	320 °C nach Bauregelliste, Anlage 11.11, Abschnitt 2.1
Protokollierung des HS-Prozesses	-	Temperatur-Zeit-Kurve Anzahl der gebrochenen Scheiben (EN 14179-2 Anhang A.3.2)	In Abstimmung mit der Zertifizierungsstelle nach Bauregelliste, Anlage 11.11, Abschnitt 3.2.2
Erstprüfung des HS-Ofens	-	Ja, in Eigenverantwortung (EN 14179-1 Abschnitt 6.5 und Anhang A)	Ja, durch Fremdüberwachung nach Bauregelliste, Anlage 11.11, Abschnitt 3.3
Regelüberwachung des HS-Ofens	-	1 Jahr nach der Erstprüfung; danach alle 5 Jahre, in Eigenverantwortung (EN 14179-2 Anhang A.3.2)	Alle 2 Jahre, durch Fremdüberwachung nach Bauregelliste, Anlage 11.11, Abschnitt 3.3
Basisglas	Floatglas nach EN 572-2 Gezogenes Flachglas nach EN 572-4 Ornamentglas nach EN 572-5 Beschichtetes Glas nach EN 1096-1 (EN 14179-1 Abschnitt 4 und EN 14179-2 Abschnitt 4.3.1.2)		Floatglas oder beschichtetes Glas aus Floatglas, auch emailliert, nach Bauregelliste Anlage 11.11, Abschnitt 1
Emaillierung zulässig	Ja, nach Bauregelliste, Anlage 11.11, Abschnitt 1 (EN 14179-1 Abschnitt 3.4 und EN 14179-2 Abschnitt 4.3.1.2)		
Charakteristische Biegezugfestigkeiten	Siehe EN 12150-1, Abschnitt 9.4, Tabelle 6 (EN 14179-1 Abschnitt 11.4)		
Klares, in der Masse eingefärbtes, beschichtetes Floatglas	120 N/mm ²		
Emailliertes Floatglas (Emaillierung in der Zugzone)	75 N/mm ²		
Ornamentglas, gezogenes Flachglas	90 N/mm ²		Nach BRL nicht geregelt

Kriterium	ESG (nach Bauregelliste)	Heißgelagertes ESG (nach EN 14179)	ESG-H (nach Bauregelliste A Teil 1, Anlage 11.11)
Bruchbild-Anforderungen	Siehe EN 12150-1, Abschnitt 8, Testscheibengröße 360 x 1.110 mm; Einhaltung bei allen produzierbaren Abmessungen	Siehe EN 14179-1, Abschnitt 10, Testscheibengröße 360 x 1.110 mm	Siehe EN 12150-1, Abschnitt 8, Testscheibengröße 360 x 1.110 mm; Einhaltung bei allen produzierbaren Abmessungen
Fremdüberwachung	Nein		Ja, nach Bauregelliste Anlage 11.11, Abschnitt 3.1
Tiefe der max. zulässigen Kantenverletzungen	15 % der Glasdicke (nach TRLV)	Nicht erwähnt	5 % der Glasdicke nach Bauregelliste, Anlage 11.11, Abschnitt 3.2.2
Kantenbearbeitungen, Bohrungen ¹⁾ , Öffnungen, Ausschnitte	Zulässig nach EN 12150-1, Abschnitt 7	Zulässig nach EN 14179-1, Abschnitt 9	Zulässig nach EN 12150-1, Abschnitt 7
Erstprüfung des Produkts	Erforderlich nach EN 12150-2 Abschnitt 5.2.2	Erforderlich nach EN 14179-2 Abschnitt 5.2	Erforderlich nach Bauregelliste, Anlage 11.11, Abschnitt 3.1
Werkseigene Produktionskontrolle inkl. Dokumentation	Erforderlich nach EN 12150-2 Abschnitt 5.3	Erforderlich nach EN 14179-2 Abschnitte 5.3 bis 5.5	Erforderlich nach Bauregelliste, Anlage 11.11, Abschnitt 3.2 ²⁾
Kennzeichnung	Nach EN 12150-1 Abschnitt 10: Name oder Markenzeichen des Herstellers Schriftzug „EN 12150“	Nach EN 14179-1 Abschnitt 12: Name oder Markenzeichen des Herstellers Schriftzug „EN 14179-1“	Erforderlich nach Bauregelliste, Anlage 11.11: Hersteller, ggf. Herstellwerk, Schriftzug „ESG-H“, Zertifizierungsstelle nach Bauregelliste, Anlage 11.11, Abschnitt 2.3
Anforderungen an den Konformitätsnachweis BRL / CE-Norm	ÜH / System 3 EN 12150-2 Anhang ZA.2	- / System 3 (EN 14179-2 Anhang ZA.2.1)	ÜZ
Überwachung des Einbaus	Für punktgestützte, hinterlüftete Wandbekleidungen aus Einscheiben-Sicherheitsglas gelten in vielen Bundesländern besondere Regeln.		

¹⁾ In anwendungsbezogenen technischen Regeln (TRPV, TRLV, TRAV) erfolgen zusätzliche Einschränkungen, z. B. Abstand Lochbohrung zur Glaskante.

²⁾ Über das Ausgangsprodukt ESG nach BRL A Teil 1, lfd. Nr. 11.12, ist auch die werkseigene Produktionskontrolle nach DIN EN 12150 eingeschlossen.

ESG-H – ein geregeltes und fremdüberwachtes Bauprodukt auf höchstem Sicherheitsniveau

3.2 Anwendungsbezogene Anforderungen

Wenn in Deutschland ESG mit Heißlagerung in baulichen Anlagen gefordert wird, muss es den Anforderungen der Bauregelliste A Teil 1 genügen (**ESG-H** mit Ü-Zeichen). Erfüllt das gewählte Produkt nur die Vorgaben der europäischen Produktnorm (EN 14179), dann ist in Deutschland zu seiner Verwendung eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) durch die zuständige Bauaufsichtsbehörde erforderlich.

In den folgenden technischen Regelwerken und Normen wird für bestimmte Einbausituationen (z. B. Einbauhöhe > 4 m; punktgehaltene Fassaden) explizit **ESG-H** statt **ESG** gefordert:

- Technische Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen (TRLV)
- Technische Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen (TRAV)
- Technische Regeln für die Verwendung von punktförmig gelagerten Verglasungen (TRPV)
- DIN 18008: Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln*
- DIN 18516-4: Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Einscheiben-Sicherheitsglas – Anforderungen, Bemessung, Prüfung

Die zugehörigen Ergänzungen in den Listen der technischen Baubestimmungen sind zu beachten.

*Ersetzt mit bauaufsichtlicher Einführung die vorgenannten Regelwerke

4.0 Werkseigene Produktionskontrolle (WPK) und Fremdüberwachung

Die Dokumentation der Herstellungsprozesse, insbesondere des Heißlagerungstests, und die Sicherstellung der geforderten Produkteigenschaften sind wichtiger Bestandteil der Produktion von **heißgelagertem ESG** und **ESG-H**.

Die Dokumentation dient zum Nachweis der ordnungsgemäßen Durchführung des Heißlagerungstests in der Eigen- und Fremdüberwachung. Auf Wunsch des Kunden kann die Weitergabe separat mit dem Hersteller vereinbart werden.

Die Dokumentation sollte mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- Herstellwerk und Ofenbezeichnung, sofern mehr als ein Ofen vorhanden ist
- Auftragsnummer / Position
- Datum der Durchführung des Heißlagerungstests
- Haltezeit und Temperatur während der Haltephase
- Unterschrift des Verantwortlichen

Zusätzliche Angaben zur Eigenüberwachung sind möglich.

Bei der Herstellung von **ESG-H** ist darüber hinaus eine Fremdüberwachung und Zertifizierung durch eine vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) benannte Überwachungs- und Zertifizierungsstelle vorgeschrieben, unabhängig davon, ob die Produktionsstätte innerhalb oder außerhalb Deutschlands liegt.

5.0 Kennzeichnung

Sowohl die EN 14179-1 als auch die Bauregelliste machen Vorgaben für eine Kennzeichnung der Produkte, um eine Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten (vgl. Tabelle). Nach Bauregelliste hat die Kennzeichnung „dauerhaft und sichtbar“ zu erfolgen.

Grundsätzlich ist eine Kennzeichnung empfehlenswert, die im eingebauten Zustand sichtbar ist. Denn nur so ist jederzeit für jeden erkennbar, dass hier ein Einscheiben-Sicherheitsglas mit speziellen Brucheigenschaften vorliegt.

Fehlt die Kennzeichnung vollständig, ist die Verwendung des Einscheiben-Sicherheitsglases als Bauprodukt nach der europäischen Bauproduktenrichtlinie nicht zulässig.



(Bild 3)

Beispiel einer Kennzeichnung von ESG-H, das auch die Prüfbedingungen nach EN 14179-1 erfüllt

Im Falle von Reklamationen oder bauaufsichtlichen Marktüberwachungsmaßnahmen sind die Dokumentation des Herstellungsprozesses und die Kennzeichnung des Produktes **ESG-H** wichtige Instrumente zum Nachweis einer ordnungsgemäßen Durchführung des Heißlagerungstests.

6.0 Sicherheitsniveau

An alle Baustoffe werden hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit gestellt. Hierzu werden Grenzwerte der Versagenswahrscheinlichkeit definiert. Nach DIN 1055-100 „Einwirkungen auf Tragwerke – Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln“, Anhang B, bzw. EN 1990 „Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung“, Anhang C, beträgt die „erlaubte“ Versagenswahrscheinlichkeit von Bauteilen, bei deren Versagen Gefahr für Leib und Leben entsteht, 1:1.000.000 pro Jahr (Zuverlässigkeitsindex $\beta \geq 4,7$ für Bezugszeitraum 1 Jahr).

Neue Erkenntnisse belegen, dass ordnungsgemäß produziertes **ESG-H** diese Anforderung erfüllt.

Dieses höhere Sicherheitsniveau gegenüber **heißgelagertem ESG** nach EN 14179, die von höchstens einem Bruch auf 400 Tonnen Glas ausgeht, ergibt sich aufgrund der um zwei Stunden verlängerten Haltezeit beim Heißlagerungstest.

7.0 Bruchursachen bei Einscheiben-Sicherheitsglas

Durch den thermischen Vorspannprozess ist Einscheiben-Sicherheitsglas mechanisch und thermisch belastbarer als nicht vorgespanntes Glas. Als spröder Werkstoff kann es bei Überbelastung und unsachgemäßem Umgang trotzdem brechen, wobei die Ursache häufig nicht offensichtlich ist.

Oft wird in diesem Fall vorschnell ein Nickelsulfid-Einschluss als Bruchursache unterstellt. Dabei gibt es eine Reihe weiterer möglicher Faktoren, die auch bruchauslösend wirken können, wie zum Beispiel:

- Kantenbeschädigungen,
- Falsche Klotzung,
- Unplanmäßige Zwängungen beim Einbau,
- Überschreiten der Temperaturwechselbeständigkeit,
- Bauwerk-Setzungen,
- Kontakt von Glas zu harten Materialien,
- Nachträgliche Glasbearbeitung,
- Vandalismus.

Um den Nickelsulfid-Einschluss eindeutig als Bruchursache einzugrenzen, sind nach dem heutigen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse folgende Merkmale nachzuweisen:

1. Bruchschmetterling (nur sichtbar, falls die Scheibe im Rahmen stehen bleibt oder größere zusammenhängende Scheibenfragmente vorliegen)
2. Kugelförmiger, meist metallisch glänzender Einschluss auf dem Bruchspiegel des Bruchsprungs
3. Charakteristische, raue Oberflächenstruktur („Elefantenhaut“) und Messing-Farbe des Einschlusses im Lichtmikroskop (im Auflicht)
4. Durchmesser des Einschlusses ca. 0,05 bis 0,5 mm
5. Lage des Einschlusses im Spannungsbereich des Scheibenquerschnitts
6. Nachweis der charakteristischen Zusammensetzung aus Nickel und Schwefel, z. B. durch EDX (Energiedispersive Röntgenspektroskopie)
7. Bruchspiegelanalyse.

Alle sieben Merkmale müssen durch Analyse bestätigt werden. Das Vorliegen eines dieser Merkmale allein reicht nicht als Nachweis für Nickelsulfid als Bruchauslöser aus.

8.0 Hinweise für die Bestellung und Abwicklung von Aufträgen mit ESG-H

Auftraggeber und Hersteller sollten sich eindeutig darüber verständigen, ob **ESG**, **heißgelagertes ESG** oder **ESG-H** gemäß der in diesem Leitfaden erläuterten Definitionen Vertragsgegenstand ist. In Zweifelsfällen ist zu klären, welche Anforderungen an das zu liefernde Produkt bestehen (Sicherheitsniveau, Einbauort, ...). Die Hinweise der Hersteller sind zu beachten.

Wenn der Auftraggeber die Weitergabe der Dokumentation der Herstellungsprozesse, insbesondere des Heißlagerungstests, wünscht, ist das separat zu vereinbaren (vgl. Kapitel 4).

Durch die derzeitige Rechtsprechung sehen sich die Hersteller zum Teil veranlasst, bei Bestellung von **ESG**, **heißgelagertem ESG** oder **ESG-H** schriftlich Bedenken gegen die Ausführung des Bauvorhabens mit diesen Produkten anzumelden, um sich rechtlich abzusichern.

Bei Reklamationen wegen vermeintlicher Spontanbrüche sollten die zahlreichen anderen möglichen Schadensursachen (vgl. Kapitel 7) bedacht werden.

9.0 Literaturhinweise / Mitgeltende Dokumente

Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C, DIBt Mitteilungen, Sonderheft, ISSN 1862-3077.

DIN 1055-100: Einwirkungen auf Tragwerke – Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln.

DIN 18008: Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln.

DIN 18516-4: Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Einscheiben-Sicherheitsglas.

EN 1990: Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung.

EN 12150, Glas im Bauwesen – Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas.

EN 14179, Glas im Bauwesen – Heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas.

TRLV: Technische Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen.

TRAV: Technische Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen.

TRPV: Technische Regeln für die Verwendung von punktförmig gelagerten Verglasungen.

Technische Richtlinie Nr. 3: „Verklotzung von Verglasungseinheiten“ und Nr. 17 „Verglasen von Isolierglas“ des Glaserhandwerks, Technisches Kompetenzzentrum des Glaserhandwerks, Hadamar.

VFF-Richtlinie V.05: Einsatzempfehlungen für Sicherheitsgläser im Bauwesen, Verband Fenster und Fassade e. V., Frankfurt a. M.

Dieses Merkblatt wurde erarbeitet von: Arbeitskreis 'Sicherheitsglas' beim Bundesverband Flachglas e.V. · Mülheimer Straße 1 · D-53840 Troisdorf

Unter Mitwirkung von: Flachglas MarkenKreis GmbH, Gelsenkirchen · Saint-Gobain Glass Deutschland GmbH, Aachen · Sencoglas Holding GmbH, Westerstede sowie Prof. Dr. Jens Schneider, TU Darmstadt.

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

