

Pilkington Glaskompodium

Technische Informationen
und Wissenswertes rund um
das Thema Glas.

Ausgabe: 4
November 2007
ISSN: 1611-0951

**Neue,
überarbeitete
Fassung!**

Die ESG- Heißlagerung

In dieser nach dem Stand vom Sommer 2007 aktualisierten Ausgabe der Glaskompodium-Reihe geht es nicht unmittelbar um ein Produkt, sondern um ein Testverfahren. Das klingt zunächst wenig verlockend, ist aber sinnvoll im Hinblick auf eine ganz wichtige Glasanwendung, nämlich die Fassadenplatten aus Glas. Möglicherweise wird sich das Thema künftig sogar noch ausweiten auf sämtliche ESG-Scheiben in der Fassade.



PILKINGTON
NSG Group Flat Glass Business

Zunächst einmal die Fassadenplatten aus Glas:

Sie weisen eine baurechtliche Besonderheit auf. In jedem Fall müssen sie aus ESG bestehen, und sie müssen zudem eine sogenannte Heißlagerung über sich ergehen lassen! Das kostet Zeit und Geld. Warum denn diese teure Extrabehandlung, wird man sich fragen? Der Grund dafür ist der angestrebte Schutz vor einem vorwiegend thermisch bedingten Glasbruch. Den Fassadenplatten kann es nämlich überaus warm werden, wenn die Sonne darauf scheint. Schließlich lassen die mit Hilfe von Emaillierungen oder anderen „opacifiern“ undurchsichtig gemachten Gläser nichts mehr an Sonnenstrahlung hindurch, dürfen andererseits aber auch nur wenig spiegelnd reflektieren. Was also bleibt, ist eine sehr hohe Absorption. Als Folge sind Temperaturen von 80 Grad Celsius oder sogar mehr nicht unüblich.

Damit handelt man sich aber zweierlei ein:

- Hohe Temperatur-**Unterschiede** innerhalb der Scheibenfläche können sich einstellen, je nach Rahmungsart und insbesondere je nach (Teil-) Beschattung. Dieses Bruchrisiko „bekämpft“ man bekanntlich einfach und erfolgreich mit der Vorspannung zu ESG.
- Hohe **Absolut**-Temperaturen begünstigen die sogenannten ESG-Spontanbrüche. Denen versucht man mit der Heißlagerung beizukommen. Die Gründe dafür und die Möglichkeiten, ihnen zu begegnen, seien im Folgenden dargelegt:

In das Glasgemenge schleichen sich bei der Glasherstellung unvermeidbar Partikelchen aus Nickel und Schwefel ein. Sie sind natürliche Bestandteile der Glasrohstoffe, oder sie gelangen als Verunreinigungen beim Einschmelzen von Scherben ins Gemenge. Aus beiden bilden sich beim Schmelzen und der anschließenden relativ schnellen Abkühlung Nickelsulfid- (NiS-) Kristalle, im Allgemeinen zwar winzig klein (etwa 0,05 bis 0,5 mm), aber mit „Sprengkraft“! Üblicherweise liegen sie unerkant und völlig ungefährlich im Glas eingebettet. Aber sie sind tückisch, denn sie können in zwei Kristallisationsformen auftreten. Für die Umwandlung von der „Alpha-Hochtemperaturphase“, in der sie beim schnellen Abkühlen eingefroren wurden, in die von ihnen bevorzugte „Beta-Tiefemperaturphase“ brauchen sie sehr viel Zeit. Bei üblichen Anwendungen im Baubereich kommen sie im Laufe ihres Einbau-Lebens fast nie dazu, sich umzuwandeln, weshalb man vergleichsweise selten von ESG-Spontanbrüchen hört. Erhöhte Temperatur aber beschleunigt ihre Umwandlungsbereitschaft enorm: je wärmer, desto schneller geht's. Fassadenplatten ebenso wie andere sehr hoch absorbierende Gläser bieten somit „günstige“ Voraussetzungen.

Aber es muss noch etwas hinzukommen: NiS-Kristalle entfalten ihre Sprengkraft nur in Einscheiben-Sicherheitsglas. Eine ESG-Tafel steht bekanntlich unter extrem hoher mechanischer Spannung, wenn auch in sich im Gleichgewicht ruhend. Wandelt sich der NiS-Kristall-„Schläfer“ irgendwann um, dann vergrößert er dabei sein Volumen, und zwar um etwa 4 %. Dieses bisschen reicht, um das Spannungs-Gleichgewicht durcheinander zu bringen, sofern die Umwandlung mittig im ESG abläuft, dort wo hohe Zugspannungen vorliegen. Es zerreißt die ESG-Scheibe im Sekundenbruchteil.

Abbildung 1 zeigt schematisch einen NiS-Einschluss, der in der Glasdickenmitte einer ESG-Tafel im Moment der Phasenumwandlung sein zerstörerisches Werk ausführt.

In Abbildung 2 ist ein „richtiger“ NiS-Kristall zu sehen, sehr stark vergrößert.

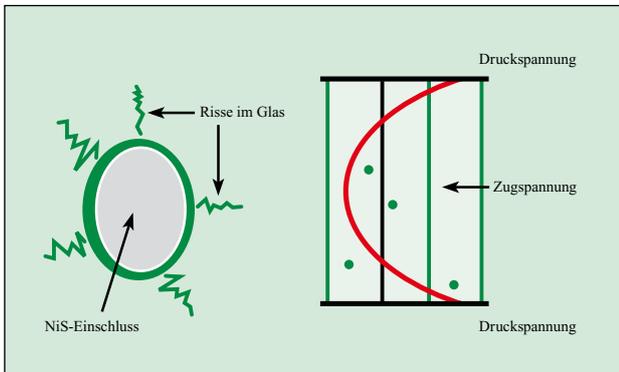


Abbildung 1: Der Bruchmechanismus eines NiS-Kristalls in der Glastafelmitte.



Abbildung 3: NiS-Einschluss mit „Schmetterling“.

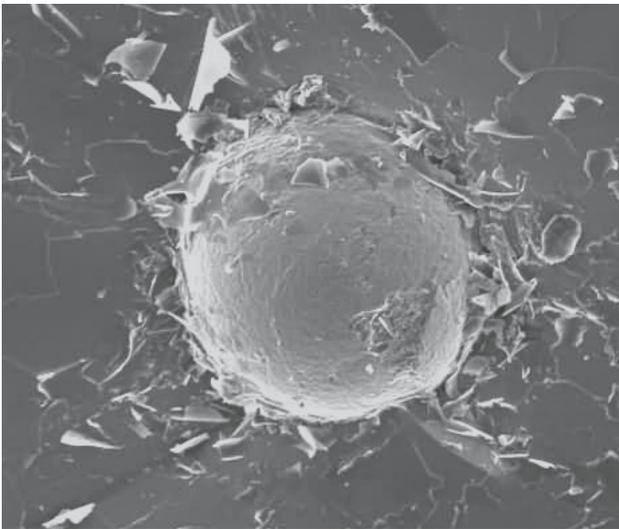


Abbildung 2: NiS-Kristall unter einem Elektronenmikroskop.

Manchmal, aber bei allseitiger durchgehender Rahmung keineswegs immer, fallen tausende Glaskrümel, teilweise noch zusammenhängend, zu Boden. Bleibt jedoch das Bruchbild erhalten, dann zeigt sich der charakteristische „Schmetterling“ (Abbildung 3); das sind die beiden etwas größeren Bruchstücke um den mit bloßem Auge zumeist nicht erkennbaren NiS-Übeltäter als Bruchausgangspunkt herum.

Und was kann man dagegen tun?

- Man sollte meinen, es sei ideal, die NiS-Partikel schon sofort nach der Floatglasherstellung aufzuspüren. Aber sie sind so klein, dass sie mit optischen Verfahren nicht sicher erkannt und gleich aussortiert werden können. Ginge es dennoch, dann wäre es aber auch zu teuer, denn dann sortierte man unnötig viel aus, weil NiS im nicht vorgespannten Floatglas harmlos ist.
- Eine mögliche Alternative wäre teilvorgespanntes Glas. Dessen Vorspanngrad reicht nach heutigem Wissensstand günstigerweise nicht aus, einen Spontanbruch auslösen zu können. Aus verschiedenen technischen und baurechtlichen Gründen scheidet diese Lösung aber für die allermeisten Anwendungen aus.
- Tatsächlich hingegen unterzieht man alle Gläser, die als Fassadenplatte dienen sollen, einer Heißlagerung, und zwar jede einzelne Glastafel, nicht nur Stichproben.

Die Heißlagerung (oft kurz HL-Test genannt, manchmal auch mit der englischen Bezeichnung „heat soak test“) ist ein Zeitraffertest. Die Grundüberlegung ist einfach: Man erhitzt die Scheiben, quasi als Vorwegnahme der späteren Einbausituation in der Fassade, jedoch in nochmals verschärfter Form. Dies alles streng nach Norm, auf durchschnittlich 290° Celsius, und man hält diese Temperatur über Stunden hinweg konstant aufrecht. Die Abbildung 4 zeigt den typischen, genormten Verlauf der Temperatur über die Zeit: Die zu testenden Gläser werden erwärmt, bis sie alle die geforderte Temperatur (innerhalb einer Bandbreite von 20° Celsius) erreicht haben. Erst dann beginnt die eigentliche Heißlagerung, während der sogenannten Haltephase. Dem schließt sich notwendigerweise eine Abkühlphase an.

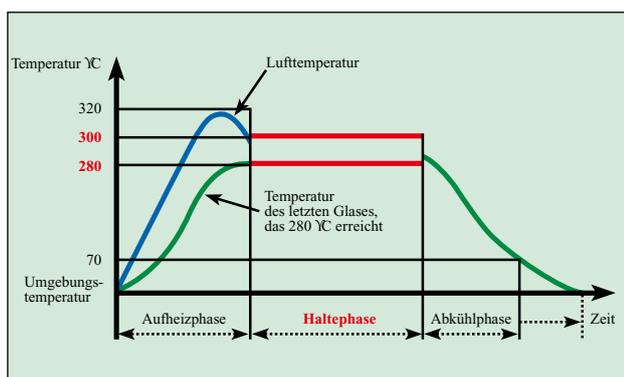


Abbildung 4 : Der Temperaturverlauf während der Heißlagerung.

Diese „Heißlagerung“ ist ausreichend, um fast ganz sicher alle NiS-Übeltäter ausschalten zu können. Allerdings nicht in dem Sinne, dass die Kristalle vernichtet oder unschädlich gemacht würden, sondern leider über die Zerstörung der gesamten Scheibe, die dann neu gefertigt werden muss.

Für diejenigen, die es ganz genau wissen wollen:

Das Zusammenspiel von Zeit und erhöhter Temperatur bewirkt den Zeitraffereffekt. Eine niedrigere Temperatur verlängerte die Haltephase, woran natürlich kein Hersteller interessiert sein kann; der HL-Test ist sowieso ein ungeliebter Kostenfaktor.

Andererseits ist eine Beschleunigung durch eine weitergehende Temperaturerhöhung nicht sinnvoll. Sie hätte u. a. zwei Nachteile: Zum einen fände die angestrebte Phasenumwandlung des NiS-Kristalls erst gar nicht statt, weil dazu die notwendige „tiefe“ Temperatur von etwa 400° Celsius nicht deutlich genug unterschritten würde, und zum anderen ginge zuviel der ESG-Vorspannung verloren, denn mit steigender Temperatur wird die zuvor aufgebrachte hohe Vorspannung wieder rapide abgebaut.

Zurück zu den Kosten sowie zum „spannendsten“ Teil überhaupt: der Normung. Ein Kostenfaktor war der Test natürlich schon seit Mitte der 80er-Jahre, über die damals zum ersten Mal überhaupt zu diesem Thema aufkommende Regelung im Rahmen der DIN 18516-4, die sich eigentlich mit hinterlüfteten Außenwandbekleidungen aus ESG befasste und nur in einem kurzen Abschnitt eine Heißlagerungsprüfung beschrieb, die anschließend baurechtlich eingeführt wurde. Bei dieser lediglich in Deutschland geltenden Norm war die Versuchung groß, auf ihre Einhaltung zu verzichten, sie zu „vergessen“, zu verkürzen oder sonstwie zu verwässern, vor allem für einige ausländischen Anbieter.

Zwischenzeitlich hat sich die Situation gänzlich geändert, und zwar über die europäische Norm EN 14179-1: 9-2005. Darin wird der Heißlagerungsprozess überaus präzise festgelegt. Kam man nämlich in der alten DIN-Norm noch mit ganzen 15 Zeilen zur Beschreibung des HL-Tests aus, so wuchs die EN-Norm auf 45 Seiten an. Dafür ist jetzt auch der Testofen und das Verfahren haargenau beschrieben, so z. B. dass sämtliche Glastafeln sowohl bei hoher als auch bei niedriger Beladung des Testofens die geforderte Temperatur erreichen müssen, dass der Abstand der Glastafeln im Ofen überall mindestens 20 mm betragen muss, dass mehrere Thermoelemente für die Luft- und die Glastemperatur anzubringen sind und wie die Platzierung der zu testenden Gläser innerhalb des Ofens vorgenommen werden muss.

Diese Norm wurde in Deutschland in die BRL 2002/1 aufgenommen und dann in den Bundesländern bauaufsichtlich eingeführt. Damit aber nicht genug: Das DIBt hat „zur Wahrung des nationalen Sicherheitsinteresses“ noch eins draufgesetzt, indem die Haltephase von zwei auf vier Stunden verdoppelt wurde! Dies ist zwar „nur“ eine rein deutsche Regelung, hat aber dennoch eine weiter reichende Wirkung, weil sie für alle in Deutschland einzubauenden Fassadenplatten verbindlich einzuhalten ist, auch wenn sie aus einem anderen Land stammen.

Und noch eins kommt hinzu: Es ist eine Zertifizierung durch eine anerkannte Prüfstelle erforderlich! Solcherart getestete und zertifizierte Gläser werden in der Kurzform als „ESG-H“ gekennzeichnet. Im Verständnis der Baubehörden ist ESG-H nicht mehr nur ein dem Heißlagerungsprozess unterzogenes ESG, sondern eine eigenständige Produktgruppe, die nicht dem üblichen vorgespannten Glas vergleichbar ist.

Übrigens: Das in einem Änderungs-Entwurf des DIBt zur BRL 2007-1 A 1-3 vorgesehene „ESG-HF“ wird nicht weiter diskutiert. Die völlig unscheinbare Ergänzung um einen weiteren Buchstaben „F“ für „Fremdüberwachung“ hätte formal schon wieder ein neues Produkt bedeutet, ohne dass inhaltlich Wesentliches geändert wäre. Nun wird es nur zu einer normativen Aktualisierung des bisherigen „ESG-H“ kommen.

Unglücklicherweise kann auch mit der besten Heißlagerung nicht jeder potenzielle Spontanbruch ausgeschaltet werden. Ein minimales Restrisiko bleibt, da die maximal erreichbare Konversionsrate bei gut 99 % liegt. Man geht derzeit davon aus, dass sich in einer durchschnittlichen Floatglasschmelze 1 NiS-Kristall auf etwa 10 Tonnen Glasmasse befindet. Das sind umgerechnet etwa 500 m² Glasfläche bei 8 mm Floatglasdicke, der meistverwendeten Glasdicke bei Fassadenplatten. Durch den HL-Test verringert sich das sogenannte akzeptierte Restrisiko statistisch auf maximal 1 Einschluss pro 400 Tonnen oder auf 20.000 m² Glasfläche in 8 mm Dicke.

Abschließend noch ein Wort zu den Anwendungsbereichen: Bisher war stets nur von Fassadenplatten die Rede, wenn es um die Heißlagerung geht. Das hat seinen Grund darin, dass es seit gut zwei Jahrzehnten ausreichende Kenntnisse über die technisch-physikalischen Zusammenhänge, entsprechende Tests, darauf basierende Forderungen durch Behörden wie auch eine Normung gibt.

Es gibt darüber hinaus starke Tendenzen seitens der deutschen Baubehörden, ESG-Scheiben auch in etlichen anderen Anwendungsbereichen dem HL-Test zu unterwerfen. Dazu zählen punktgehaltene und nur zweiseitig gehaltene Gläser als Einfachverglasung, wie wahrscheinlich auch alle ESG-Scheiben in Isoliergläsern, sofern sie die Außenscheibe bilden, unabhängig von der Lagerungsart! Dies trifft auch dann zu, wenn es sich dabei um gewöhnliche Klarglastafeln handelt, bei denen keine stärkere Erwärmung durch erhöhte Absorption zu erwarten ist.

Impressum

Herausgeber: Pilkington Deutschland AG

Hegestraße 45966 Gladbeck

Verantwortlich: Horst Harzheim, Daniela Lemanczyk

Telefon +49 (0) 2043 4 05 56 60 Telefax +49 (0) 2043 4 05 56 66

Gestaltung: Identity Development GmbH, Essen

Pilkington Glaskompendium

Ausgabe 4, November 2007 – ISSN 1611-0951



PILKINGTON
NSG Group Flat Glass Business

www.pilkington.com