

Qualitätssicherung in der Isolierglasproduktion:

Stimmen die Prüfkriterien?

Helmut Brook

Die Herstellung von Isolierglas als geregelter Bauprodukt erfordert eine umfassende Qualitätssicherung des gesamten Fertigungsprozesses, vorzugsweise nach einem zertifizierten System, z. B. ISO 9000 oder einem anderen Verfahren einer zertifizierten Eigen- und Fremdüberwachung. Hierbei kommt der Kontrolle der Dichtstoffanwendung eine besondere Bedeutung zu, da sich Mängel in deren Verarbeitung nicht unmittelbar auswirken, jedoch einen nachhaltigen Einfluß auf die Langzeitnutzung des Produktes haben können.

Die nachfolgenden Ausführungen sollen die Aufgaben der Dichtstoffe umreißen und die Prüfziele und deren Methoden darstellen. Außerdem sollen Präzisierungsmöglichkeiten aktueller Unstimmigkeiten der Eigen- und Fremdüberwachung aufgezeigt werden.

Definition der Dichtstoffaufgaben

Die Prüfung der Eigenschaften von Dichtstoffen in der Isolierglasproduktion leitet sich aus deren Funktion im Isolierglas ab. Obwohl schon seit fast 40 Jahren mit organischen Kleb-/Dichtstoffen industriell hergestelltes Isolierglas auf dem Markt ist, gibt es immer noch irriige Vorstellungen hinsichtlich der Funktion der verwendeten Produkte, so daß sich zwangsläufig die entsprechenden Verunsicherungen einstellen bzw. diese auch mißbraucht werden. Trotz des eingebürgerten Sprachgebrauches „Isolierglas-Dichtstoffe“, trifft dieser Begriff lediglich für die PIB-Innendichtung zu. Dieses Produkt kann tatsächlich allen mechanischen Einflüssen einen begrenzten Widerstand entgegensetzen und weist nahezu keine Rückstell-eigenschaften auf. Die Außendichtung stellt mit ihrer korrekten Bezeichnung einen „Kleb-/Dichtstoff“ dar, da dieses Produkt neben der Dichtfunktion auch eine strukturelle Klebstofffunktion hat. Insofern geht die Argumentation der „fehlerhaften Drei-Flanken-Haftung“ im Isolierglasrandverbund an der Sachlage vorbei, da dieser Begriff aus der Fugen-Dichtungstechnik kommt und es dort um gänzlich andere Auf-

gaben und Funktionen geht. Der Isolierglasrandverbund ist keine klassische Bewegungsfuge, sondern eine Strukturklebung.

Konstruktive Merkmale einer Bewegungsfuge (Bilder 1 und 2):

- Aufnahme relativ großer Fugenbewegungen.
- Dichtstoffhaftung nur auf den zwei gegenüberliegenden Flanken.
- Dichtstoff-Produkte mit hoher Dehnung und geringem Modul.

Isolierglas-Außendichtstoff (Kleb-/Dichtstoff) als strukturelle Klebung (Bild 3):

- Vermeidung großer Deformation, d. h. Zulassung von nur relativ geringen Konstruktionsbewegungen.
- Dichtstoffhaftung auf allen relevanten Konstruktionsflächen (siehe Pfeile in Bild 3).
- Kleb-/Dichtstoff-Produkte mit geringer Dehnung und hohem Modul.

Diese Gegenüberstellung macht deutlich, daß es sich hier um zwei diametral entgegengesetzte Aufgaben handelt, deren konstruktive Details und Funktionen keinesfalls vermischt werden dürfen.

Aus den Aufgaben und den Eigenschaften der beiden im Isolierglasrandverbund eingesetzten Produkte ergeben sich folgende Aspekte:

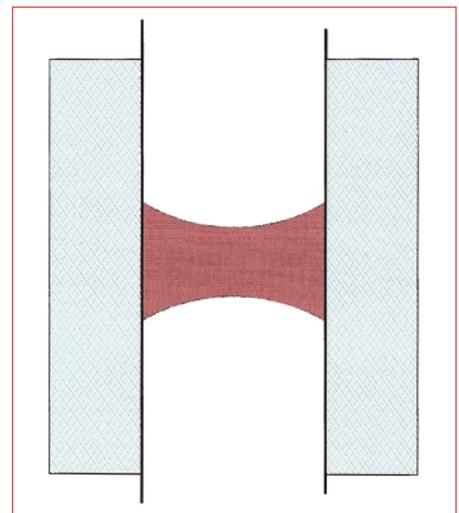


Bild 1: Bewegungsfuge (richtige Ausführung): Aufnahme großer Fugenbewegungen, nur zwei gegenüberliegende Flanken, hohe Dehnung, geringer Modul

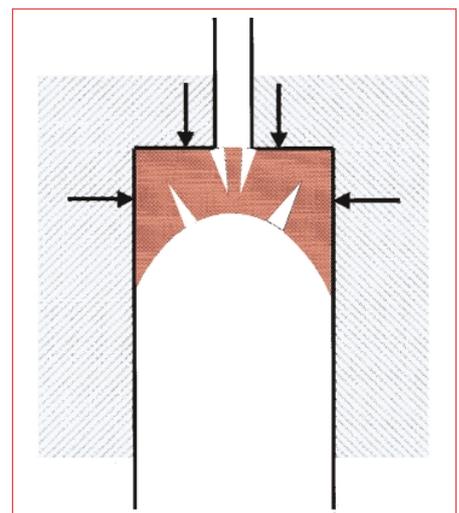


Bild 2: Bewegungsfuge (fehlerhafte Ausführung): Haftung an drei Flanken

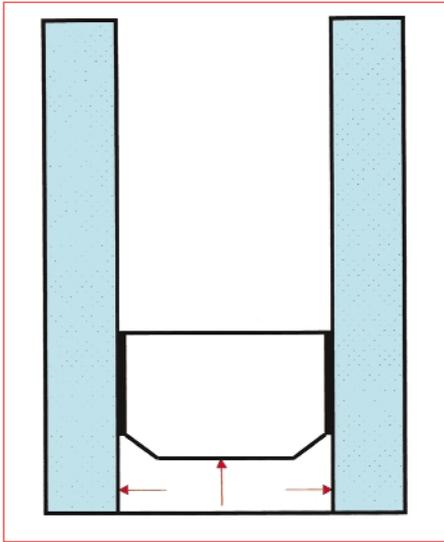


Bild 3: Isolierglas mit struktureller Verklebung
Bilder: Henkel Teroson

PIB-Innendichtung

- Plasto-elastischer Dichtstoff mit extrem niedriger MVT-Rate.
- Verformt sich weitgehend irreversibel durch Krafteinwirkung.
- Nahezu kein Rückstellvermögen.
- Keine strukturellen Klebstoffeigenschaften (geringe Zugfestigkeit).

Außendichtung

- Elastischer Kleb-/Dichtstoff mit niedriger MVT-Rate.
- Verformt sich reversibel durch Krafteinwirkung.
- Hohes Rückstellvermögen.
- Strukturelle Klebstoffeigenschaften durch geringe Dehnung bei Krafteinwirkung (hohe Zugfestigkeit).

Aus diesen Eigenschaften und Funktionen ergeben sich für die Randverbundkonstruktion folgende Konsequenzen:

- Die Innen-Dichtung stellt den wesentlichen Anteil an der Dichtigkeit des Randverbund-Systems dar, sowie auch, aber nicht nur, eine Montagehilfe.
- Die Innen-Dichtung folgt den Verformungen aufgrund ihrer plasto-elastischen Eigenschaften.
- Die Außen-Dichtung (Kleb-/Dichtstoff) benötigt eine Haftung auf allen relevanten Flächen der Konstruktion, um den mechanischen Zusammenhalt zu gewährleisten, d. h. sowohl die beiden Glasflächen, als auch die Abstandhalterprofiloberfläche zwischen den beiden Gläsern.

- Der hohe Modul und das Rückstellvermögen der Außen-Dichtung sichern die Funktionsfähigkeit der Innen-Dichtung und verhindern durch die allseitige Haftung der strukturellen Klebung deren Schädigung durch mechanische oder/und klimatische Einflüsse.

Fehlt z. B. die Haftung der Außendichtung am Glas, ist die Dichtigkeit des Systems in Frage gestellt. Hier hat die Außendichtung tatsächlich eine „Dichtfunktion“. Fehlt die Haftung am Abstandhalterprofil, ist die mechanische Struktur des Randverbundsystems in Frage gestellt. Hier kommt die „Klebstoff-Komponente“ der Außendichtung zum Tragen.

Produktüberwachung notwendig

Als Konsequenz aus einer fehlenden Haftung des Außendichtstoffs (Kleb-/Dichtstoffs) Abstandhalterprofil sind folgende Probleme zu erwarten:

- Überdehnung der Konstruktion bei Klimabelastungen und damit Abriß der Innen-Dichtung. Daraus folgt eine verstärkte Wasserdampfpermeation und eine verkürzte Nutzungsdauer der Isolierglaseinheit.
- Erhöhte Scherung des Randverbundsystems bei einseitiger Belastung der Isolierglaseinheit, z. B. beim Umpacken, Verladen, Transport und Einbau (Vorschädigungen des Systems und Verkürzung der Nutzungsdauer).

Insofern kommt der Kontrolle der Verarbeitung der Dichtstoff-Produkte in der Isolierglasherstellung eine besonders wichtige Aufgabe zu, weil unerkannte Fehler der Verarbeitung der Dichtstoff- bzw. Kleb-/Dichtstoff-Produkte zu gravierenden Nutzungsmängeln des Produktes führen können.

Als unverzichtbaren Rahmen der Dichtstoff-Produktüberwachung sind folgende Methoden zu nennen:

Innen-Dichtung:

1. Mengenauftragskontrolle auf dem Abstandhalterprofil, gesplittet nach beiden Seiten.
2. Haftungsprüfung der Innen-Dichtung auf dem Profil.
3. Haftungsprüfung der Innen-Dichtung auf dem Glas.

Außen-Dichtung (Kleb-/Dichtstoff):

1. Homogenitätsprüfung der Mischung (Auspressen der Mischung zwischen zwei Glasplatten).
2. Ungefähre Topf-/Verarbeitungszeitbestimmung durch Fadenabriß-Methode.
3. Ungefähre Bestimmung des chemischen Härungsverlaufs durch den Aufbau mechanischer Festigkeit, bzw. Endfestigkeit nach Aushärtung mittels Messung der Shore-A-Härte (DIN EN ISO 868).
4. Haftungsprüfung des Produktes am Glas (EN 1279-6, Anhang F, siehe Bild 4).
5. Haftungsprüfung des Produktes am Abstandhalterprofil (EN 1279-6, Anhang F, siehe Bild 4).

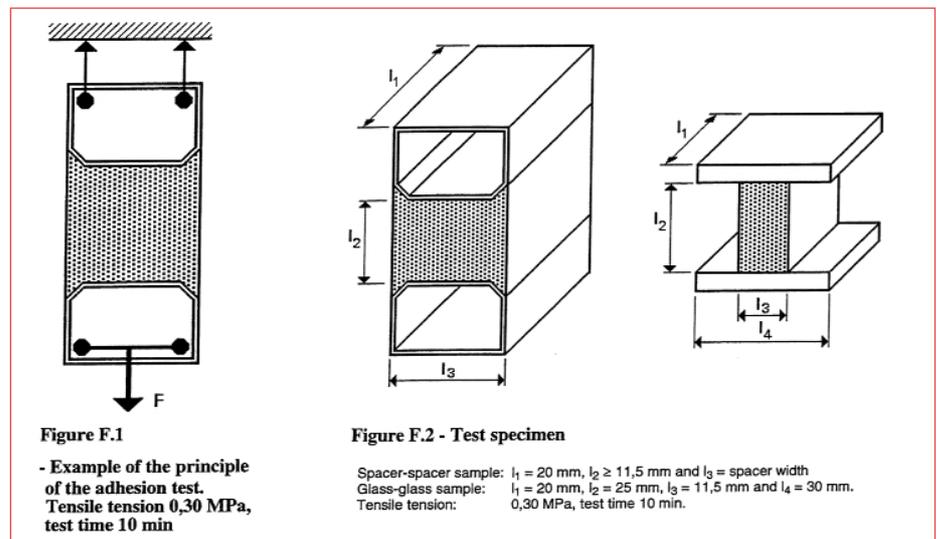


Figure F.1

- Example of the principle of the adhesion test.
Tensile tension 0,30 MPa, test time 10 min

Figure F.2 - Test specimen

Spacer-spacer sample: $l_1 = 20$ mm, $l_2 \geq 11,5$ mm and $l_3 =$ spacer width
Glass-glass sample: $l_1 = 20$ mm, $l_2 = 25$ mm, $l_3 = 11,5$ mm and $l_4 = 30$ mm.
Tensile tension: 0,30 MPa, test time 10 min.

Bild 4: Haftungsprüfung des Produktes am Glas bzw. am Abstandhalterprofil nach prEN 1279-6:2001 (E), Anhang F (englische Version) Bild: EN 1279-6, Anhang F

Sinnvolle Prüfziele definieren

Bei der Durchführung der Methoden spielt das „Prüfziel“ eine wichtige Rolle, d. h., was soll letztlich mit der Durchführung der Prüfung erkannt bzw. dokumentiert werden. Für die Außendichtung sollen diese „Prüfziele“ näher betrachtet werden, da hier z. Z. teilweise Unstimmigkeiten zu beobachten sind:

1. Arbeitet die Mischungseinrichtung korrekt, d. h. werden die Komponenten homogen gemischt, bzw. muß diese einer Wartung/Reinigung/Reparatur unterzogen werden?
2. Ist die Topf-/Verarbeitungszeit spezifikationsgerecht?
Abweichungen der Topf-/Verarbeitungszeit können u. a. auch ein Hinweis auf Dosierfehler sein. Diesen muß durch entsprechende Sonderprüfung nachgegangen werden, z. B. Kontrolle der Dosiereinrichtung oder chemische Untersuchung des ausgehärteten Gemisches.
3. Ist die Shore-A-Härte-Entwicklung spezifikationsgerecht?
Abweichungen der Shore-A-Härte-Entwicklung können Hinweise auf Mischungs- oder/und Dosierfehler sein. Diesen muß durch entsprechende Sonderprüfung nachgegangen werden, z. B. Kontrolle der Dosiereinrichtung oder chemische Untersuchung des ausgehärteten Gemisches.
4. Ist die Glashaftung des Dichtstoffes spezifikationsgerecht und damit das Zeitstandverhalten der Einheiten gesichert?
Mangelhaftes Adhäsionsverhalten am Glas kann durch Fehler der Glasreinigung wie auch durch Fehler der Dichtstoffverarbeitung (falsches Mischungsverhältnis, überlagertes und/oder geschädigtes Produkt) hervorgerufen werden. Die Überprüfung der Glashaftung nach einer eindeutig definierten Prüfmethode stellt sicher, daß der aktuelle Status der produzierten Einheiten konsequent bewertet werden kann. Dies setzt voraus, daß die klimatischen Prüfbedingungen mit den Lagerbedingungen der Scheiben zumindest annähernd gleich sind: Element-Status korreliert mit dem Prüfergebnis.
5. Ist die Abstandhalterprofilhaftung spezifikationsgerecht und damit das Zeitstandverhalten der Einheiten gesichert?

Mangelhaftes Adhäsionsverhalten am Abstandhalterprofil kann durch Verschmutzungen am Profil, Reste von Gleitmitteln sowie auch fehlerhaften Dichtstoffen (z. B. überlagertes oder/und geschädigtes Produkt, inhomogen gemischt oder Komponenten falsch dosiert) hervorgerufen werden. Die Überprüfung der Abstandhalterprofilhaftung nach einer eindeutig definierten Prüfmethode stellt sicher, daß der aktuelle Status der produzierten Einheiten konsequent bewertet werden kann. Dadurch gibt es Sicherheit für die weitere Behandlung der Einheiten (innerbetriebliche Handhabung, Transport, Einbau). Dies setzt voraus, daß die klimatischen Prüfbedingungen mit denen der Scheibenlagerung zumindest annähernd gleich sind: Element-Status korreliert mit dem Prüfergebnis. Bei der Prüfung nach der Methode gemäß EN 1279-6, Anhang F wird ein Verfahren vorgeschrieben, das für diesen Zweck zumindest eine im grundlegenden Ansatz ausreichende Festlegung bietet:

- *Eindeutige Prüfkörperdefinition (unterschiedliche Probekörper ergeben unterschiedliche Prüfergebnisse).*
- *Eindeutige Belastungskriterien: 0,30 MPa für 10 Minuten.*
- *Eindeutige Ergebnisdefinition: Kein Abriß des Dichtstoffes vom Profil.*

Dichtstoffhersteller und Systemgeber in der Pflicht

Bei der Definition der Vorbehandlung der Proben, d. h. Lagerzeit und klimatische Bedingungen, muß dem Ziel dieses Normteils, d. h. einer Leitlinie als Produktionskontrolle, Rechnung getragen werden. Die Norm nimmt hier den Dichtstoffhersteller und den Systemgeber in die Pflicht. Die Prüfaussage muß den Rückschluß auf die parallel gelagerten Scheiben ermöglichen: Element-Status korreliert mit dem Prüfergebnis. Daraus folgt, daß die klimatischen Lagerungsbedingungen sowie auch die Lagerzeit der Proben mit denen der produzierten Isoliergläser annähernd übereinstimmen müssen. Eine Prüfpraxis, die die Prüfbedingungen insoweit modifiziert, daß ein Rückschluß auf den tatsächlichen Status der produzierten Einheiten zugunsten eines „guten Prüfergebnisses“ nicht mehr

möglich ist, geht an der Intention der Norm, d. h. einer „Produktionskontrolle“ vorbei. Eine Wärmelagerung der Probekörper kann zwar die Vorlagerzeit abkürzen, wenn jedoch dadurch das Prüfziel, die Bestimmung des tatsächlichen Status der Produktion verfehlt wird, liefert diese Methode keine aussagefähigen Prüfaussagen im Sinne einer Produktionskontrolle.

Wünschenswerte Festlegungen für Güte- und Prüfbestimmungen der Eigen- und Fremdüberwachung der Abstandhalterprofilhaftung in der Isolierglasproduktion sind im wesentlichen schon in EN 1279-6, Anhang F definiert, könnten jedoch zwecks Präzisierung der Methode klarer gefaßt werden, um einen Wildwuchs an Interpretationen einzuschränken:

- *Prüfkörperdefinition gemäß EN 1279-6, Anhang F;*
 - *Belastungskriterien: 0,30 MPa für 10 Minuten gemäß EN 1279-6, Anhang F;*
 - *Eindeutige Ergebnisdefinition: Kein Abriß des Dichtstoffes vom Profil gemäß EN 1279-6, Anhang F;*
 - *Definition der Prüfkörperverarbeitungsbedingungen: Zeit- und Klimavorgaben für hinlänglich bekannte, konventionelle Technologien (nur für andere, abweichende/neue Technologien, z. B. TPS-Systeme o. ä., sind die entsprechende Vereinbarungsklauseln gemäß EN 1279-6, Anhang F sinnvoll);*
 - *Definition des Zusammenhangs zwischen Prüfergebnis und Status der gefertigten Isolierglaseinheiten.*
- Ein einheitliches technisches Regelwerk, das für alle gleichermaßen verbindlich ist, war schon stets eine sinnvolle Grundlage gemeinsamen Handelns zum Nutzen der Beteiligten.

Literatur:

1. DIN EN ISO 868 (Nov. 1997): Kunststoffe und Hartgummi, Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer (Shore-Härte);
2. EN 1279-6 (Aug. 2001): Mehrscheiben-Isolierglas, Werkseigene Produktionskontrolle und Auditprüfungen, Anhang F: Dichtstoffe, Haftprüfungen;
3. Gütegemeinschaft Mehrscheiben-Isolierglas e. V., Güte- und Prüfbestimmungen, Januar 1999, Troisdorf.

Dipl.-Ing. Helmut Brook ist in der Abteilung „Technisches Marketing Isolierglasindustrie“ der Firma Henkel Teroson GmbH tätig.