

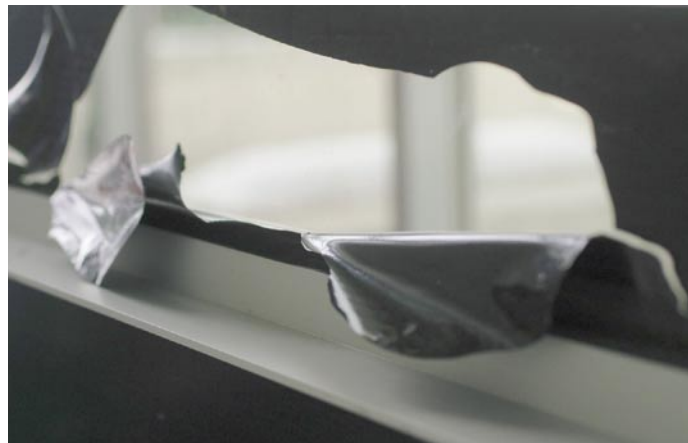
ter Transportweg, da die Gießharzschicht eine hohe Affinität besitzt.

Viele Gießharze besitzen als Basis Acrylsäureester mit weiteren Bestandteilen zur Sicherstellung der Haftung zur Glasoberfläche. Über diesen Kontaktbereich können Weichmacherpartikel aus dem Dichtstoff des Isolierglasrandverbundes in der Gießharzschicht zum partiellen Lösen der Haftung zwischen der Grenzschicht Gießharz und Glasoberfläche führen, die als „Wurmgänge“ sichtbar werden.

Dieser Vorgang ist ein langsamer, schleicher Prozess, wie aus der zeitlichen Darstellung zu erkennen ist (Bild 3b). Der zeitliche Verlauf der Delamination konnte durch eine objektbezogene Aufzeichnung einer eingebauten Isolierglasscheibe mit einem Verbundglas mit Gießharz-Zwischenschicht über mehrere Jahre beobachtet werden. Aus Bild 3a lässt sich ableiten, dass in diesem Fall der Vorgang auch nach fünf Jahren noch nicht abgeschlossen ist. Aus anderen Untersuchungen ist bekannt, dass nach drei bis vier Jahren ein Stillstand der Enthaltungen beobachtet wurde.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass „Wurmgänge“ im Gießharzverbund verschiedene Ursachen haben können, wobei chemische, thermische und mechanische Vorgänge in Wechselwirkung vorliegen. Das Schädigungsmodell der Kontaktmigration vom Isolierglasdichtstoff mit dem Gießharz ist eine mögliche These, die in den chemischen Vorgängen noch im Detail vertieft werden muss.

**Bild 4:**  
Beispiel für eine abgelöste organische Beschichtung



## Geklebte Glaskonstruktionen – auf die Haftfläche kommt es an

Geklebte Glaskonstruktionen – auch Structural-Glazing genannt – werden zunehmend als architektonisches Gestaltungselement bei Fassaden eingesetzt. Obwohl widersprüchliche Meinungen vorliegen, ist die Zunahme von geklebten Glaskonstruktionen ungebrochen. Bei der Ausführung einer Klebung sind Verarbeitungsregeln genau zu beachten. Diese werden aber vielfach nicht bis ins letzte Detail berücksichtigt, wie die nachfolgenden Beispiele zeigen:

Brüstungsverglasungen kommen als Abdeckung im Übergang der Betondecke von Etage zu Etage im Fassadenbereich als Einfachverglasungen mit Beschichtung auf Position 2 und einer dahinterliegenden Wärmedämmung häufig zum Einsatz.

In den 90er Jahren erfolgte in vielen Fällen eine Abdeckung der Glasbeschichtung durch einen Heißlack auf Polyurethan-Basis. Die Oberfläche des Heißlackes ist hierbei die Haftfläche für die tragende Klebung der Glaskonstruktion.

Aus vielen Untersuchungen Anfang der 90er Jahre wurde die Verwendbarkeit dieser Klebverbindung bestätigt, die auch in verschiedenen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zum damaligen Zeitpunkt aufgenommen wurden.

Schon damals hatte man befürchtet, dass trotz positiver Ergebnisse aus Kurzzeitbelastungen im Labor, eine Klebung auf organischen Schichten kritisch sei. Etwa 10 Jahre später zeigte sich an zwei Großobjekten, dass die Befürch-

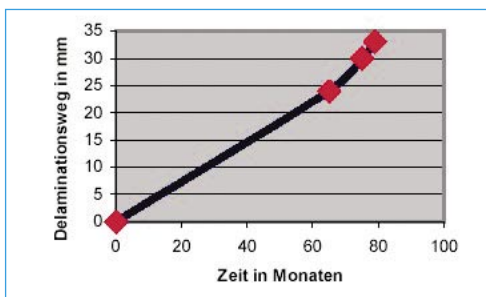
tungen berechtigt waren. In einem Objekt im europäischen Ausland war der Zustand der geklebten Brüstungselemente dermaßen geschädigt, dass ein Versagen der Standsicherheit unmittelbar gegeben war. Durch die Konstruktion ohne mechanische Sicherungen nach System II der ETAG 002 (Bild 5) ist ein Herabfallen der Glaselemente gegeben.

In einem anderen Objekt in Deutschland trat ein vergleichbarer Vorfall auf, jedoch ist dabei durch die erforderliche, eingebaute mechanische Sicherung (System I nach ETAG) eine Lagesicherung auch bei versagender Klebung gegeben.

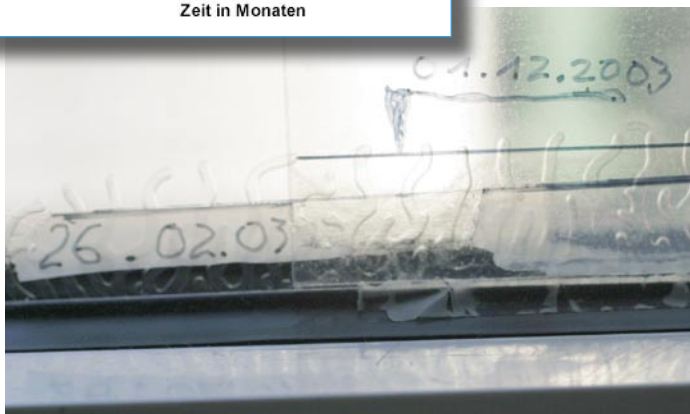
## Wo liegen die Ursachen des Versagens?

Im Rahmen der Ursachenanalyse kann man eindeutig feststellen, dass die Verbindungen zwischen den bekannten und für tragende Klebung zugelassenen Klebstoffe auf Silikonbasis mit der organischen Glasbeschichtung auf Polyurethan-Basis nicht für das Versagen verantwortlich sind. Es tritt eindeutig ein Versagen der organischen Beschichtung auf, wie in Bild 4 zu sehen ist.

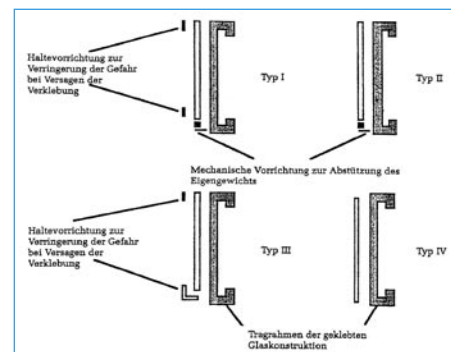
Bei genauer Betrachtung kann man folgenden Versagensmechanismus feststellen: Die Haftung zwischen der metallischen Beschichtung auf Glas und der organischen Lackbeschichtung wird primär durch die Physiosorption über Van-der-Waals-Kräfte und Wasserstoffbrückenbindungen gebildet. Es ist bekannt, dass unter Einwirkung von Feuchtigkeit und von Scher- und Zugkräften aus Temperaturbewegungen das Grenzflächenverhalten der Lackbeschichtung zur Glasbeschichtung dauerhaft geschädigt



**Bild 3a:** Beobachtete Delamination an der untersuchten Scheibe über einen längeren Zeitraum



**Bild 3b:** Instituts-Aufzeichnung zum Verlauf der Delamination



**Bild 5:** Systeme nach ETAG 002



## Vorsicht bei Materialkombinationen mit Glas:

Wird Glas mit anderen Materialien, z.B. durch Kleben, verbunden, bedarf es einer sorgfältigen Systemprüfung. Dabei muss der Verarbeiter genau die Verarbeitungsvorgaben zu den verwendeten Produkten einhalten. So können unbedachte Fehler vermieden werden

wird. Die Bindungen zwischen der Lackbeschichtung und der Glasbeschichtung werden durch die Feuchtigkeit gelöst und die Lackbeschichtung „schwimmt“ auf einem molekularen Wasserfilm. Beide Schadensfälle verdeutlichen, dass der Einfluss aus Feuchtigkeit und Zeit auch einen vermuteten tragfähigen Untergrund für eine Glasklebung zum Versagen bringen kann. Aufgrund der Kenntnis des Versagensmechanismus sind tragende Klebungen auf organischen Schichten besonders kritisch zu betrachten.

Aber auch tragende Klebungen auf anorganischen Glasbeschichtungen – wie eine Emaillierung – können unerwartet zum Problem werden. Das gilt vor allem dann, wenn die Vorgaben des Klebstoffherstellers nicht exakt beachtet werden. So wurde beispielsweise in einer Großfassade emaillierte ESG-Scheiben

als Brüstungsverglasungen über eine tragende Klebung als Structural Glazing Konstruktion eingebaut. Eine mechanische Sicherung nach dem System II nach ETAG 002 war nicht erfolgt. Bei der Glasreinigung wurde bemerkt, dass sich im Brüstungsbereich die Glasscheiben von der Unterkonstruktion lösten: es bestand die unmittelbare Gefahr des Abstürzens. Bei der Entfernung der gesamten Brüstungsverglasung wurde dann im Rahmen der Ursachenanalyse festgestellt, dass der erforderliche und vom Klebstoffhersteller vorgegebene Primer bei einer Vielzahl der geschädigten Elemente nicht verwendet

### Der Autor:

Dipl.-Ing. (FH) Werner Stiell ist als Leiter der Abteilung Gutachten am ift Rosenheim tätig. Stiell ist darüber hinaus öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger der IHK München für Konstruktion und Schäden an Verglasungen, Glaskonstruktionen, Fugenabdichtungen an Fenstern, Fassaden und Wintergärten.

wurde. Bei anderen Elementen im selben Gebäude, bei denen nachweislich der Primer zum Einsatz kam, war die Klebung hingegen ohne Mangel. Die Ursachen lagen in einer fehlenden Kommunikation zwischen wechselnden Mitarbeitern, die die tragende Klebung im Werk hergestellt hatten.

### Auf alle Fälle beachten

Glas in Verbindung mit anderen Materialien bedarf einer sorgfältigen Systemprüfung und einer exakten Einhaltung von Verarbeitungsvorgaben. Mögliche Schäden, die oft erst nach einigen Jahren auftreten, müssen berücksichtigt werden. Den Erkenntnissen aus der Analyse von Schadensursachen ist auch in Zukunft eine besondere Beachtung beizumessen. Es gilt der Grundsatz „aus Schäden lernen“.

### Literatur

- [1] ETAG 002, Leitlinie für die europäische Zulassung für geklebte Glaskonstruktionen, Bundesanzeiger, 20.05.1999
- [2] Der Spiegel, 18/2004, S. 165