



## Dauerhaftigkeit von geklebtem Isolierglas – Kurzbericht

<b>Thema</b>	Einsatz von geklebten Verglasungen im Fensterbau – Einfluss von innovativen Techniken auf die Dauerhaftigkeit von Mehrscheiben-Isolierglas
<b>Kurztitel</b>	„DAGI“ <b>DA</b> uerhaftigkeit von <b>GE</b> klebtem Isolierglas
<b>Gefördert durch</b>	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung Aktenzeichen: Z6-10.08.18.7-08.13 / II2-F20-08-007
<b>Forschungsstelle</b>	ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH Theodor-Gietl-Straße 7-9 83026 Rosenheim
<b>Projektleitung</b>	Dipl.-Ing. (FH) Ingo Leuschner
<b>Bearbeiter</b>	Dipl.-Ing. (FH) Christian Hübner Dipl.-Ing. (FH) Karin Lieb
<b>Institutsleitung</b>	Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Sieberath

Rosenheim, Mai 2010

## Ziel der Forschungsaufgabe

Bei der energetischen und funktionalen Sanierung eines Gebäudes spielen Fenster stets eine wichtige Rolle. Die Entwicklung neuer Fenstersysteme schreitet im Zuge der energetischen Modernisierung sowie der entsprechenden Verschärfungen der Anforderungen weiter fort.

Die Entwicklungen führen zu einer Erhöhung der abzutragenden Lasten durch großformatige Flügel und Dreifachgläser. Die Forderung nach geringen Ansichtsbreiten und einem hohen Wärmedämmstandard bringen konventionelle Profilgeometrien aus statischer Sicht zusätzlich an die Grenzen des Möglichen.

Neue Fenstersysteme müssen aus Sicht des Endverbrauchers wartungsarm bzw. möglichst wartungsfrei und langlebig sein. Architekten wünschen neue Designmöglichkeiten und der Hersteller versucht die Kosten der Produktion unter Beibehaltung oder sogar Verbesserung der Produktqualität zu senken.

Eine aktuelle Möglichkeit, diese Anforderungen zu kombinieren, ist die umlaufende Klebung des Glases zum Flügelrahmen („direct glazing“). Hauptargumente für diese Verglasungstechnik sind:

- Erhöhte Stabilität durch Ausnutzung der mittragenden Wirkung von Glas,
- Entfall oder Reduzierung der zusätzlichen Stahl-Verstärkung bei Kunststofffenstern,
- Möglichkeiten einer rationalisierten und automatisierten Herstellung,
- schmalere Rahmenkonstruktionen und damit reduzierter Rahmenanteil am Fenster mit geringeren Wärmeverlusten,
- Entfall der Verglasungs-Klötze,
- neue Designmöglichkeiten,
- Möglichkeiten zur Verbesserung der Wärme- und Schalldämmung, Einbruchhemmung.

Beim Einsatz in einer geklebten Verglasung müssen alle Systembauteile einer ausgiebigen Verträglichkeitsprüfung unterzogen werden, um Schäden durch chemische Wechselwirkungen auszuschließen. Unverträglichkeiten können vor allem durch direkten Kontakt des Klebstoffs mit Verglasungsdichtungen, mit der Klotzung und mit der primären und sekundären Dichtstufe des Mehr-

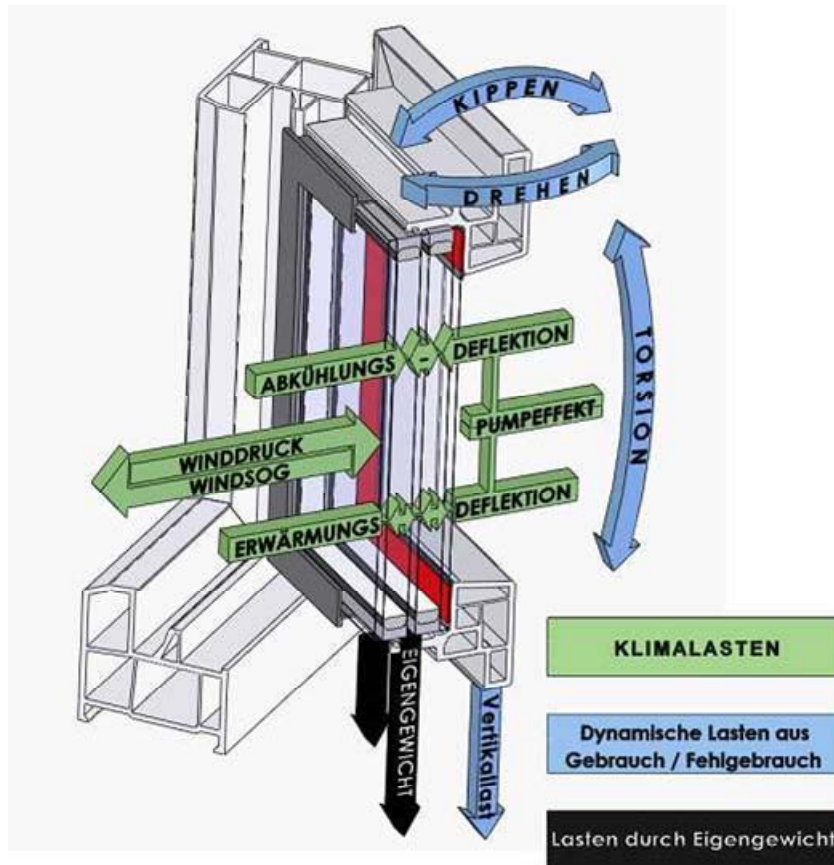


scheibenisolierglases (MIG) auftreten. Auswirkungen einer Unverträglichkeit sind die Schädigung der Isolierglaseinheit, Beeinflussung der Klebstoffeigenschaften bzw. eventuell Verlust der Funktionalität. Aus diesem Grund muss auch ein intensiver Informationsaustausch zwischen allen Komponentenherstellern erfolgen, um bereits in der Konstruktionsphase ein dauerhaft gebrauchstaugliches Fenstersystem zu entwickeln.

Die Funktionstüchtigkeit der Glas-Rahmen-Klebung wurde bereits ausführlich untersucht. Dabei stand stets die Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit der Glas-Rahmenklebung an Fenstern und Fassaden im Vordergrund. Die Ergebnisse zeigten, dass unter Berücksichtigung gewisser Details wie der genannten Prüfung der Verträglichkeit und Dauerhaftigkeit, diese Klebetechnik für den Praxiseinsatz geeignet ist.

Da MIG ein wesentliches Bauteil für die Einhaltung der zugesicherten Eigenschaften eines Fensters bezüglich Wärme- und Schallschutz ist, muss sichergestellt sein, dass die im Scheibenzwischenraum eingefüllten Edelgase über den Nutzungszeitraum erhalten bleiben und die Low-e-Schicht gegen Feuchtigkeit geschützt werden. Der Einfluss eines undichten Randverbunds wird für den Nutzer zudem schnell in Form von Feuchtigkeit und Beschichtungsschäden im Scheibenzwischenraum sichtbar. Das Verhalten von MIG unter den durch die Glasklebung erzeugten Belastungen ist bislang weitgehend unbekannt.

Bereits die übliche Nutzung des Fensters (Öffnen, Schliessen, Kippen, Temperaturunterschiede raumseitig – außen) sowie auch die Fehlnutzung (z. B. Zuschlagen bei Durchzug mit hindernden Gegenständen im Flügelfalz, Belastungen des geöffneten Flügels) verursacht Kräfte, die nicht nur auf die lastabtragende Klebung, sondern auch auf die Klebung des MIG-Randverbunds einwirken.



**Abbildung 1** Zusammenstellung der Lasten am Fenster

Handelsübliches MIG erfüllt die Anforderungen der EN 1279, wobei jedoch nur von Verglasung nach dem Stand der Technik ausgegangen wird, d. h. ohne Glasklebung. Für die ganzheitliche Betrachtung der Dauerhaftigkeit von MIG müssen die hinzukommenden Lasten im Scheibenaufbau ermittelt und bewertet und ggf. zukünftig bei der Konstruktion berücksichtigt werden.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wird untersucht, ob die aus der neuen Verglasungstechnik resultierenden zusätzlichen Lasten (z. B. erhöhtes Eigengewicht und Lasten aus der Nutzung) einen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit des Randverbundes des MIG haben.

## Durchführung der Forschungsaufgabe

Für die Prüfung der Dauerhaftigkeit des MIG bei geklebten Fenstern werden ausgewählte Isoliergläser mit unterschiedlichen Klebetechniken in ein geeignetes Profilsystem geklebt. Zur Anwendung kommen im Rahmen der Projektarbeit hauptsächlich 3-fach Isoliergläser, da in der Zukunft von einem verstärkten Einsatz dieser MIG-Typen auszugehen ist. Bei den Randverbundsystemen werden die Abstandhalterrahmen variiert, wobei auf wärmetechnisch optimierte Abstandhalter aus Kunststoff zurückgegriffen wird. Bei der Glasanbindung werden die Art des Klebesystems und die Ausführung der Klebefuge (Abbildung 2) variiert.

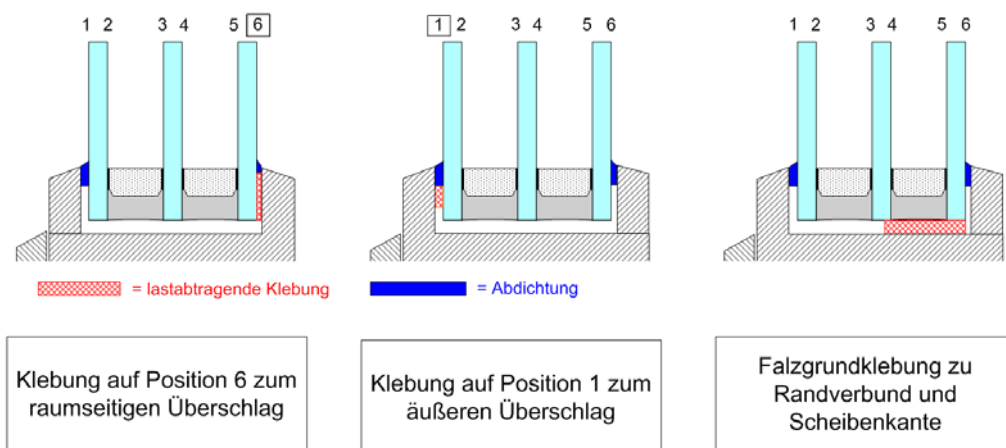


Abbildung 2 Arten der Klebung

Untersucht wird, wie sich die einzelnen Kombinationen auf die Dauerhaftigkeit des Mehrscheiben-Isolierglases auswirken. Dazu werden die Probekörper mittels einer klimatischen Belastung gemäß DIN EN 1279-2 künstlich gealtert. Einflüsse aus dynamischen Belastungen, wie sie im alltäglichen Gebrauch bzw. Fehlgebrauch des Fensters auftreten, sollen ebenfalls simuliert werden. Die abweichend zu den Prüfnormen vergrößerten Abmessungen der Scheiben, ggf. ergänzt durch Zusatzgewichte, führen zu Belastungen durch das Eigengewicht entsprechend praxisüblicher Flügelabmessungen.

Von einer lastabtragenden Klotzung und der Verstärkung der Flügelprofile soll im Rahmen des Projektes abgesehen werden. Zum einen kann in der Praxis

nicht immer davon ausgegangen werden, dass die Klotzung alle Lasten ableitet, zum anderen würde der Verzicht auf diese Maßnahmen die Wirtschaftlichkeit der geklebten Systeme verbessern. Durch diesen Verzicht resultierende Verlagerungen der aussteifenden Wirkung auf die Glasscheibe bewirken damit eine Erhöhung der Lasten auf den Randverbund.



**Abbildung 3** Lagerung der MIG in der Klimakammer mit Zusatzgewichten (blau) zur Simulation größerer Formate und Scheibenaufbauten

Derartig kombiniert belastete Probekörper werden mit unbelasteten und einfach belasteten Referenz-Probekörpern verglichen. Dies wurde an Hand der Analyse von

- Gasverlustrate,
- Gaskonzentration,
- Trocknungsmittelbeladung und
- geometrischer Verformung an den MIG

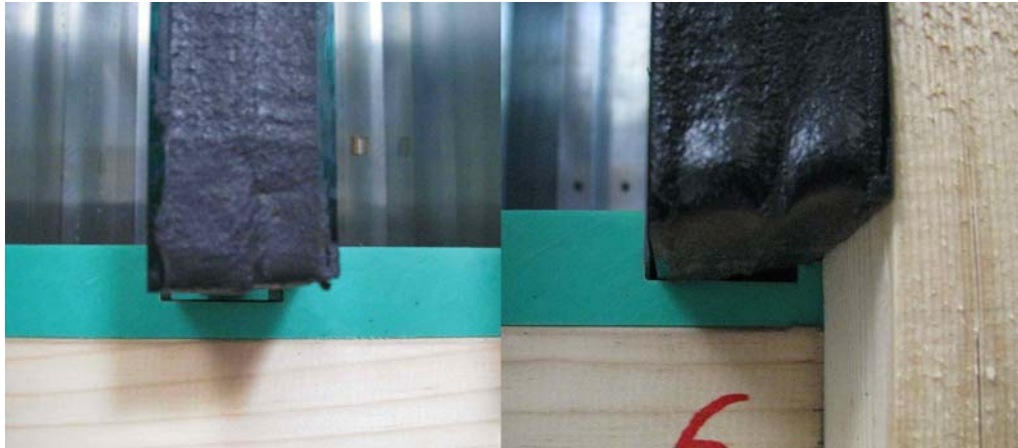
vorgenommen. Für die Durchführung der Prüfungen ist eine Anpassung der genormten Prüfeinrichtungen erforderlich. Weiterhin ist ein wichtiger Faktor die Sicherstellung einer gleichbleibenden Qualität bei der Fertigung des MIG und der Klebung zum Rahmen.

## Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Rahmen des durchgeführten Vorhabens wurde untersucht, ob die aus der Verglasungstechnik „Glasklebung“ resultierenden zusätzlichen Lasten einen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit des Randverbundes des MIG haben können. An den untersuchten Probekörpern wurde festgestellt, dass

- die Art der Klebetechnik („weich“, „hart“ und Anordnung/Position) kaum einen Einfluss auf die Größe der ermittelten Kennwerte hat (Gasverlustrate 0,15 - 0,6 %/a, Tm-Beladung 1,4 - 2,3 %; Veränderung der Gaskonzentration 1 - 5,5 %),
- das Material der sekundären Dichtstufe keinen großen Einfluss auf die Kennwerte Gasverlustrate, TM-Beladung und Gaskonzentration hat,
- große Unterschiede bei der Verformung der Isoliergläser im Vergleich zwischen Polysulfid und Polyurethan als sekundäre Dichtstufe vorliegen,
- sich die Verformung des Randverbundes ohne Begrenzung bis zum Versagen der Dichtstufen fortsetzen würde (außer Falzgrundklebung),
- die Absenkung der Scheiben so groß ist, dass für die eingesetzten Dichtstoffe eine erhöhte UV-Belastung zu erwarten ist und eine erhebliche optische Beeinträchtigung der Isoliergläser vorliegt (außer Falzgrundklebung),
- bei weitergehender Scherverformung in der primären Dichtstufe die Gefahr des Abrisses des Butyls vorliegt.

Wenn man die Messwerte allein aus den Prüfungen Gasverlustrate und Trocknungsmittelbeladung betrachtet, könnte man ableiten, dass der Verzicht auf die Klotzung bei geklebter Verglasung keine negative Wirkung auf die Gebrauchstauglichkeit des MIG hat. Auch das Aufbringen von Zusatzlasten (Simulation größerer Scheibenformate) hätte demnach keinen nennenswerten Einfluss auf diese Kennwerte. Betrachtet man allerdings alle ermittelten Messwerte (inkl. der Verformung), muss man von der Ausführung eines geklebten Fensters ohne lastabtragende Klotzung aus folgenden Gründen abraten:



**Abbildung 4** Links: PU-Randverbund, Rechts: Polysulfid-Randverbund

### Erhöhter Gasverlust bei den Klimabelastungen

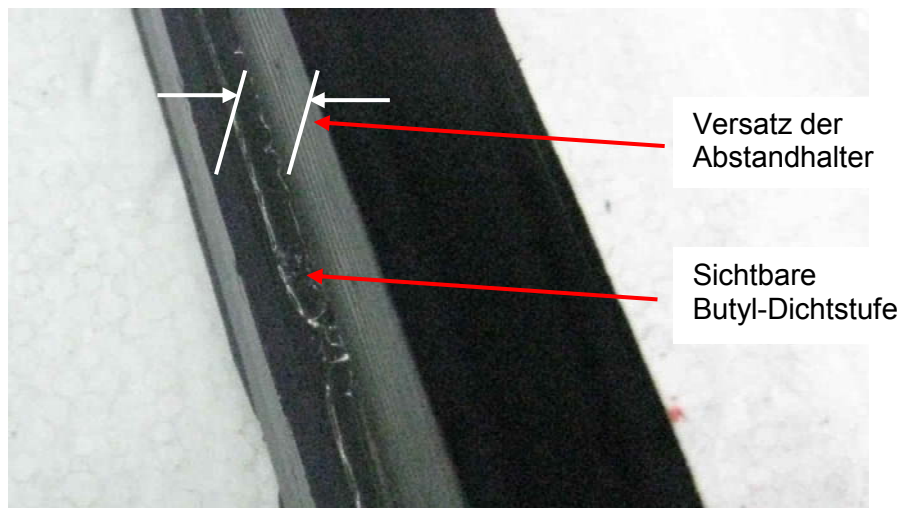
Es konnte festgestellt werden, dass die MIG im Laufe der sechs Wochen dauernden Klimabelastungen einen Verlust von 3 bis 5 % Argon aus dem SZR aufweisen. Die Messung der Gasverlustrate im stationären Zustand allerdings ergab einen Wert von deutlich unter 1 %/a. Der erhöhte Verlust lässt sich dadurch erklären, dass während der Klimabelastungen durch die hohen Temperaturen und Luftfeuchte der Randverbund aufgeweitet und aufgeweicht wird. D. h. es kommt zu einer ungünstigen Überlagerung der Verformung der Dichtstufen mit einer Aufweitung der Molekülketten in den Dichtstufen. Dies ermöglicht eine verstärkte Diffusion der relativ kleinen Argonmoleküle durch den Randverbund in die Umgebung, umgekehrt aber keine erhöhte Feuchtigkeitsdiffusion in den SZR. Während der Nachlagerzeit im Normalklima haben die Dichtstoffe die Möglichkeit Feuchtigkeit abzugeben und zu Relaxieren, wodurch sich die Molekülketten wieder zusammenziehen und die Diffusion der Stoffe wieder verlangsamen. Dies erklärt, warum die Messwerte der Gasverlustrate gleichzeitig im zulässigen Bereich liegen.

Das MIG verliert zwar über den Prüfzeitraum nicht seine Funktionstüchtigkeit, da der Argonverlust von bis zu 5 % kaum Auswirkungen auf den  $U_g$ -Wert hat. Wird der Randverbund allerdings so stark aufgeweitet, dass eine stärkere Feuchtezunahme im SZR zu verzeichnen ist, dann ist die Low-e-Schicht gefährdet, was deutlich größere Auswirkungen auf die Optik und den  $U_g$ -Wert und damit die zugesicherten Eigenschaften des MIG hat.



## Verformung

Die Verformungen, die beim Entfall der lastabtragenden Klotzung entstehen, bewirken, dass ein Teil der Dichtstoffe nicht mehr durch den Abstandhalter (Abbildung 5) bzw. durch den Glasfalzüberschlag verdeckt wird und somit verstärkt der UV-Strahlung ausgesetzt wird, was zu erhöhten Belastungen des Materials führt. Zudem ist dies eine visuelle Beeinträchtigung im Randbereich des MIG, was von den Endkunden so nicht akzeptiert würde.



**Abbildung 5** Verformung des Randverbundes

Des Weiteren muss darauf geachtet werden, dass die Belüftung und Entwässerung des Glasfalzraumes (Dampfausgleich) nicht durch reduzierte Falzlufte aufgrund der abgesunkenen Scheiben übermäßig behindert wird.

## Prozesstechnik

In prozesstechnischer Hinsicht ist vor allem bei „weichen“ Klebesystemen der Entfall der Klotzung nicht sinnvoll, da die Anpresskraft der Glashalteleisten nicht ausreichend ist, um das MIG bis zur Ausreaktion des Klebstoffes an der vorgegebenen Position zu halten. Ein Entfall der Klotzung hätte zur Folge, dass der Fensterflügel bis zum Abschluss der Reaktion des Klebstoffes in horizontaler Position gelagert werden muss. Ansonsten könnte das MIG bereits bis auf das Profil absinken, was nicht zulässig ist.



Bei „harten“ Klebesystemen (hier Klebebänder) kommt auf Grund der hohen Soforthaftkraft des Klebstoffes ein Absinken des kompletten Isolierglases seltener vor und ist als eher unproblematisch anzusehen.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde untersucht, ob die aus der neuen Verglasungstechnik resultierenden zusätzlichen Lasten (z. B. erhöhtes Eigengewicht und Lasten aus der Nutzung) einen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit des Randverbundes des MIG haben. Die Scheiben wurden dafür mit zusätzlichen Stahlgewichten belastet, um größere Scheibenformate und einen anderen MIG-Aufbau zu simulieren. Die Funktionstüchtigkeit der Glas-Rahmen-Klebung stand hierbei nicht im Vordergrund.

Bei diesen Untersuchungen konnten keine Anzeichen festgestellt werden, dass die zusätzlichen Kräfte, die durch die umlaufende Klebung des Glases zum Flügelrahmen auf das MIG einwirken, negative Auswirkungen auf die Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit des MIG haben.

Es hat sich allerdings gezeigt, dass der Verzicht von Glasklötzen eine Reihe von Problemen mit sich bringt, was zu erheblich reduzierten Nutzungszeiträumen führen kann, ganz davon abgesehen, dass die einstellenden Verformungen des Randverbundes vom Kunden sicherlich nicht akzeptiert werden.

## Danksagung

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung im Zuge der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ gefördert (Aktenzeichen: Z6-10.08.18.7-08.13 / II2-F20-08-007). Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.


Das Forschungsprojekt wurde in beratender Funktion durch eine projektbegleitende Arbeitsgruppe betreut. Den Mitgliedern des Beratergremiums gilt besonderer Dank:


Herrn Prof. Dr. Franz Feldmeier	Hochschule Rosenheim
Herrn Dipl.-Ing. (FH) Lutz Wiegand	Bundesinnungsverband des Glaserhandwerks/Institut für Glaserhandwerk
Herrn Dipl.-Oecd. Jochen Grönegräs	Bundesverband Flachglas e.V.

Besonderer Dank gebührt auch folgenden Industriepartnern, die das gesamte Projekt sowohl ideell als auch finanziell und materiell unterstützt und somit zum Gelingen beigetragen haben:

	Bundesverband Flachglas e.V. Mühlheimer Str. 1 53840 Troisdorf	mit		Sanco Beratung Glas Trösch GmbH Reuthebogen 7-9 86720 Nördlingen
---	--	-----	--	--

	Weru AG Zumhofer Straße 25 D-73631 Rudersberg
---	---

	Finstral AG Gastererweg 1 I-39054 Unterinn a. Ritten
---	--

	Strobel Fensterbau GmbH Am Haldenbach 24 86825 Bad Wörishofen
---	---