

## Materialverträglichkeit rund um das Isolierglas

### Isolierglasdichtstoffe, Verglasungsdichtstoffe, Klötze

#### Inhalt

1.	Einleitung	1
2.	Grundlagen	1
	2.1 Was sind Wechselwirkungen?	2
	2.2 Was sind schädliche Wechselwirkungen?	2
	2.3 Grundlagen der Migration	2
	2.4 Weichmacher und Weichmacherwanderung	2
3.	Schädliche Wechselwirkungen in der Praxis	3
	3.1 Stoßfugenversiegelung bzw. Klotzfixierung	3
	3.2 Profilverschiebung bei organischem Abstandhalter	4
	3.3 Wahl der Verglasungsklötze	4
4.	Zur Vermeidung von Fehlern in der Praxis	5
	4.1 Allgemeines	5
	4.2 Fugendimensionierung	5
5.	Prüfung der Verträglichkeit	6
	5.1 Prüfung der Verträglichkeit in der Praxis	7
6.	Schlussfolgerung	8
7.	Literatur	8

#### 1. Einleitung

Mehrscheiben-Isolierglas wird heute zunehmend in immer komplexeren Anwendungen eingesetzt. Dadurch bedingt kommen die Randverbund-Dichtstoffe mit zahlreichen anderen Werkstoffen in Kontakt, so dass hier unter Umständen schädliche Wechselwirkungen, die die Funktion des gesamten Systems (bestehend aus Mehrscheiben-Isolierglas und Konstruktion) beeinträchtigen, nicht auszuschließen sind. Die nachfolgende Darstellung erläutert Grundlagen, Ursachen, Abhilfen und Prüfungsmöglichkeiten solcher Unverträglichkeiten.

Sie macht auch die Verantwortlichkeiten für Konstruktionen sowie Verpflichtungen zur Information und die sich daraus ergebenden technischen und rechtlichen Konsequenzen deutlich.

#### 2. Grundlagen

Die Verträglichkeit von Stoffen ist hinsichtlich ihres Begriffes in DIN 52 460, „Fugen- und Glasabdichtungen – Begriffe“ definiert:

*„Stoffe sind miteinander verträglich, wenn zwischen Ihnen keine schädliche Wechselwirkung auftritt.“*

Diese Definition schließt Wechselwirkungen nicht grundsätzlich aus, solange sie nicht schädlich sind. Somit enthält die Definition von „Verträglichkeit“ die Anforderung, wonach „schädliche Wechselwirkungen“ auszuschließen sind.

## 2.1 Was sind Wechselwirkungen?

Wechselwirkungen sind alle physikalischen, physiko-chemischen oder chemischen Vorgänge, die zum Beispiel beim Kontakt zweier verschiedener Stoffe oder Stoffgemenge auftreten können und zu Veränderungen der Struktur, Farbe und Konsistenz, usw. führen können. Die im Zusammenhang des Themas wohl wichtigsten Wechselwirkungen sind die physiko-chemischen, so zum Beispiel die Wanderung von Bestandteilen, auch als Migration bezeichnet.

## 2.2 Was sind schädliche Wechselwirkungen?

Schädliche Wechselwirkungen sind in diesem Zusammenhang alle Wechselwirkungen zwischen Stoffen oder Stoffgemengen, die Funktionen oder die Haltbarkeit des jeweiligen Systems, zum Beispiel des in einen Rahmen eingesetzten Isolierglases nachteilig beeinflussen.

## 2.3 Grundlagen der Migration

Zur Auslösung von Migrationsvorgängen sind zumindest zwei verschiedene Stoffe erforderlich, so z. B. ein „Stoff A“ und ein „Stoff B“. Von diesen beiden muss zumindest einer aus mehreren Komponenten aufgebaut sein, z. B. der „Stoff A“. Im „Stoff A“ muss zumindest eine der Komponenten „migrationsfähig“ sein. Diese Komponente muss aufgrund ihrer Molekularstruktur im Gefüge/Gemenge beweglich sein. Damit erfüllt sie eine notwendige Voraussetzung für das Ablaufen eines Migrationsvorganges. Schließlich muss der „Stoff B“ die strukturellen Voraussetzungen für Migrationsvorgänge erfüllen, d. h. er muss die migrierende Komponente aufnehmen und/oder transportieren können.

Der typische und wichtigste Fall dieser physiko-chemischen Wechselwirkung ist die sogenannte „Weichmacherwanderung“: Der „Stoff A“ enthält einen „Weichmacher“ (vgl. 2.4), der durch den Kontakt zum „Stoff B“ aus „A“ nach „B“ übertritt.

Die treibende Kraft eines solchen physiko-chemischen Prozesses ist der unterschiedliche Gehalt des „Stoffes A“ und des „Stoffes B“ an dem Weichmacher. Es gibt also ein Konzentrationsgefälle, auch Konzentrationsgradient genannt, zwischen den beiden Stoffen, bzw. den beiden Phasen, so der entsprechende Fachterminus. Gibt es keinen Konzentrationsgradienten, findet auch keine Migration statt.

Für die Geschwindigkeit des ablaufenden Migrationsprozesses ist unter anderem die Größe des Gradienten maßgebend. Ist der Gradient groß, läuft der Vorgang schnell ab, ist der Gradient klein, läuft er entsprechend langsam ab.

Eine weitere Einflussgröße für die Migrationsgeschwindigkeit ist die Temperatur. Eine hohe Temperatur beschleunigt den Vorgang, eine niedrige Temperatur verzögert denselben.

## 2.4 Weichmacher und Weichmacherwanderung

Vollständigkeitshalber sei eine kurze Erklärung für die Bezeichnung „Weichmacher“ gegeben. Als „Weichmacher“ werden solche Substanzen bezeichnet, die Kunststoffen zugesetzt werden, um deren mechanische Eigenschaften zu gestalten. Wie ihr Name schon sagt, können Weichmacher als Lösungsmittel wirken, die einen Kunststoff aufquellen lassen und in einen gelartigen Zustand überführen.

Die „Weichmacherwanderung“ stellt eine schädliche Wechselwirkung dar, wenn wesentliche Stoffeigenschaften so verändert werden, dass die Funktion des Systems nachhaltig verändert und beeinträchtigt wird:

- Der einen Weichmacher **abgebende** Stoff wird härter, versprödet und schrumpft.
- Der einen Weichmacher **aufnehmende** Stoff wird weicher, elastischer und quillt.

Dramatisch sind solche Wechselwirkungen in ihren Auswirkungen zum Beispiel, wenn der einen Weichmacher aufnehmende Stoff seine Struktur vollständig einbüßt, also total aufgelöst wird.

### 3. Schädliche Wechselwirkungen in der Praxis

Im Folgenden wird auf einige im Zusammenhang mit der Verglasung von Isoliergläsern in letzter Zeit vermehrt zu beobachtende schädliche Wechselwirkungen eingegangen.

#### 3.1 Stoßfugenversiegelung bzw. Klotzfixierung

Hier sind im Schadensfall die typischen Folgen einer schädlichen Weichmacherwanderung zu beobachten.

Eine solche Weichmacherwanderung mit der Folge einer totalen Auflösung einer der betroffenen Komponenten liegt beim direkten Kontakt des Randverbundes eines Mehrscheiben-Isolierglases mit einem weiteren, ungeeigneten Dichtstoff, zum Beispiel einer Wetterversiegelung in einem Isolierglasstoß (Abb. 1) oder auch bei der Fixierung eines Verglasungsklotzes im Glasfalz mit Hilfe eines ungeeigneten Dichtstoffes vor. Aus diesem für diesen Zweck ungeeigneten Dichtstoff wandern Bestandteile (Weichmacher, aber auch Öle und/oder Extender) durch die zweite Dichtstufe des Isolierglases hindurch. Sie treten in die erste Dichtstufe des Isolierglases („Butyl-Dichtung“) ein und lösen diese in der Endphase des Vorganges regelrecht auf. Hier kommt es dann zunächst zum Aufquellen der Butyl-Dichtung und zum Abfließen eines Gemisches aus Butyl-Bestandteilen und dem migrierenden Stoff oder Stoffgemisch (Abb. 2).

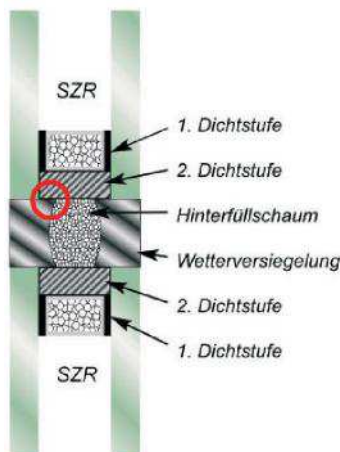


Abb. 1 Wetterversiegelung in einem Isolierglasstoß

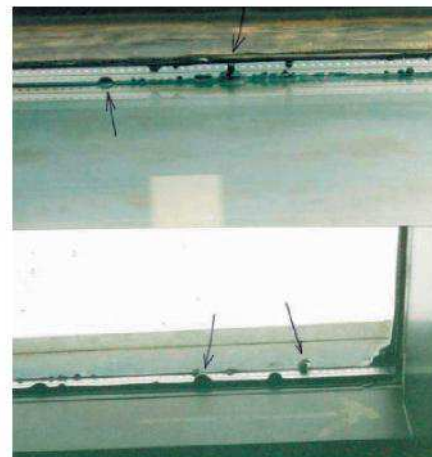


Abb. 2 Auflösen der Butyl-Dichtung durch Migration

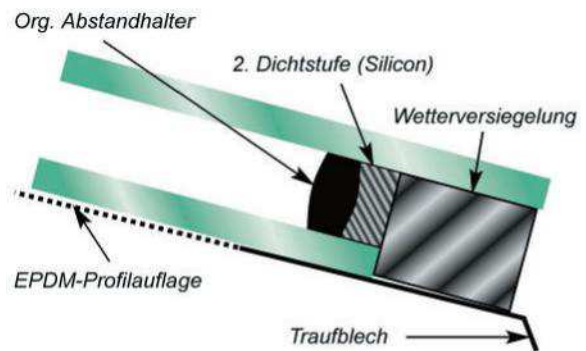
Daraus resultiert letztlich ein Totalschaden des Isolierglases, da durch das Auflösen der Butyl-Dichtung deren Sperrwirkung gegen die Wasserdampfdiffusion und die Gasdiffusion zerstört wird. Außerdem verursacht das Verteilen des Gemisches aus Bestandteilen der Butyl-Dichtung und dem Migrationsstoff auf den Innenoberflächen (Pos. 2 + 3) des Isolierglases eine optische Beeinträchtigung. Unter diesen Voraussetzungen ist an eine bestimmungsgemäße Funktion des Isolierglases nicht mehr zu denken und ein Austausch unvermeidlich.

### 3.2 Profilverschiebung bei organischem Abstandhalter

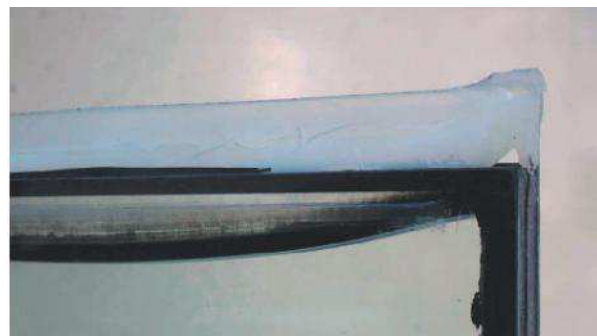
Ein weiterer, typischer Fall eines schädlichen Migrationsvorganges aus einem ungeeigneten Verglasungsdichtstoff im Kontakt zum Isolierglas-Randverbund. Ein Beispiel ist ein Isolierglas-System mit organischem Abstandhalter an der Traufkante für eine Dachverglasung (Abb. 3).

Durch den Kontakt mit den Isolierglasdichtstoffen treten aus der Traufpunktversiegelung „migrationsfähige“ Stoffe aus. Diese wiederum werden durch die zweite Dichtstufe des Isolierglases bis an das organische Abstandhalterprofil herangeführt. Diese Stoffe dringen dann in die Grenzfläche zwischen Glasoberfläche und Abstandhalterprofil ein und zerstören dort die Haftung des Profils am Glas. Als Folge von Temperatur- und Luftdruckschwankungen („Pumpbewegungen“) gleitet das Profil auf einem „Schmierfilm“ aus Ölen, Weichmachern und/oder Extendern in den Scheibenzwischenraum. Dieses Schadensbild wird wegen seines Aussehens auch als „Girlanden-Effekt“ bezeichnet (Abb. 4).

Bei der Ausführung von Traufpunktversiegelungen wird, wie auch in Abb. 3 zu sehen, neben der fehlerhaften Auswahl des Verglasungsdichtstoffes, oft auch noch ein weiterer, gravierender Fehler gemacht. Hier wurde die Fugentiefe falsch dimensioniert, das heißt, sie wurde viel zu tief ausgelegt (siehe 4.2).



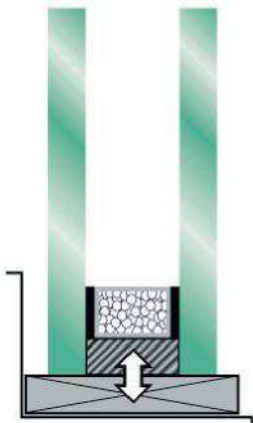
**Abb. 3** Fehlerhafte Traufpunktversiegelung



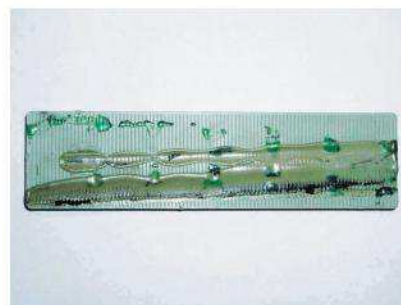
**Abb. 4** „Girlanden-Effekt“

### 3.3 Wahl der Verglasungsklotze

Auch durch den Kontakt zwischen den Dichtstoffen im Randverbund des Isolierglases mit den Verglasungsklotzen können bei ungeeignetem Klotzmaterial schädliche Wechselwirkungen auftreten (Abb. 5).



**Abb. 5** Wechselwirkungen zwischen Randverbund und Klotz



**Abb. 6** Klotz nach schädlichen Wechselwirkungen

Das ungeeignete Klotzmaterial nimmt Bestandteile aus der zweiten Dichtstufe auf, wird klebrig und plastisch (Abb. 6). Der Klotz verliert seine mechanische Stabilität, so dass die Funktion der Lastabtragung nicht mehr systemgerecht möglich ist. Als Folge daraus können sich zum Beispiel Fensterflügel derart verziehen, dass ein Öffnen und Schließen erheblich behindert oder gänzlich unmöglich wird. Im Endstadium des Migrationsprozesses, wenn sich der Klotz in erheblichen Teilen aufgelöst hat, können sich Isolierverglasungen im Fensterrahmen um mehrere Millimeter verschieben, so dass der Randverbund aus dem Falz heraus in den Sichtbereich eintritt.

Eine weitere mögliche Folge ist, dass die Isolierglaseinheiten nicht mehr sachgerecht fixiert sind. Die Glasprodukte geraten unter nicht planmäßige Spannungen mit der Folge unterschiedlichster Schäden am Glas. Durch den Entzug wichtiger Bestandteile der zweiten Dichtstufe ist unter Umständen auch die Funktionsfähigkeit des Isolierglas-Randverbundes gefährdet. Es ist also absolut unerlässlich, die Eignung von Klotzmaterialien entsprechend zu prüfen, um sich gegen derartige folgenschwere Fehlschläge abzusichern. Besondere Aufmerksamkeit ist zum Beispiel Klotzmaterialien zu schenken, die Styrolverbindungen enthalten.

---

## 4. Zur Vermeidung von Fehlern in der Praxis

### 4.1 Allgemeines

Die Grundforderung bei der Kombination mehrerer Werkstoffe zu einem „System“ ist die so genannte „Systemprüfung“, die die Eignung aller miteinander in Verbindung gebrachter Komponenten hinsichtlich der Funktionsfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit nachweist. Die widerlegbare Eignungsvermutung reicht hier nicht aus. Für diesen Nachweis der Funktionsfähigkeit des Systems ist letztlich der „Systemhersteller“ verantwortlich. „Systemhersteller“ ist derjenige, der die Komponenten zusammen fügt, also zum Beispiel ein Isolierglas in eine Rahmenkonstruktion einbaut.

Bei der Konstruktion eines „Systems“ ist eine möglichst „einfache“ Konstruktion vorteilhaft, da das Risiko eventueller Unverträglichkeiten mit der Anzahl der Komponenten entsprechend ansteigt.

Das Risiko schädlicher Wechselwirkungen lässt sich dort ausschließen, wo der Kontakt der Stoffe vermieden wird. So kann zum Beispiel ein entsprechender Luftspalt den Stofftransport unterbinden. Ist ein solcher Luftspalt konstruktiv nicht möglich, können entsprechende „Migrationssperren“, wie etwa Metallfolien oder geeignete Hinterfüllmaterialien, den Stofftransportweg unterbrechen und damit die Verträglichkeit sicherstellen. Selbstverständlich ist bei derartigen konstruktiven Maßnahmen darauf zu achten, dass sie nicht andere nachteilige Auswirkungen haben.

Die vielfach geübte Praxis, Verglasungsklotze mit Dichtstoffen zu fixieren, stellt insofern ein Risiko dar, weil derartige Produkte häufig nicht nach dem Kriterium der Produktverträglichkeit ausgewählt werden. Es stellt sich auch die Frage, ob die Klotzfixierung nicht anders gelöst werden kann und so der Einsatz einer kritischen Komponente im System schon entfallen kann.

### 4.2 Fugendimensionierung

Bei der Ausbildung von Fugen zwischen Isoliergläsern untereinander oder auch im Wand- und/oder Eckanschluss sind die notwendigen technischen Anforderungen bezüglich der Fugengestaltung, sowie der Dichtstoffeigenschaften zu berücksichtigen.

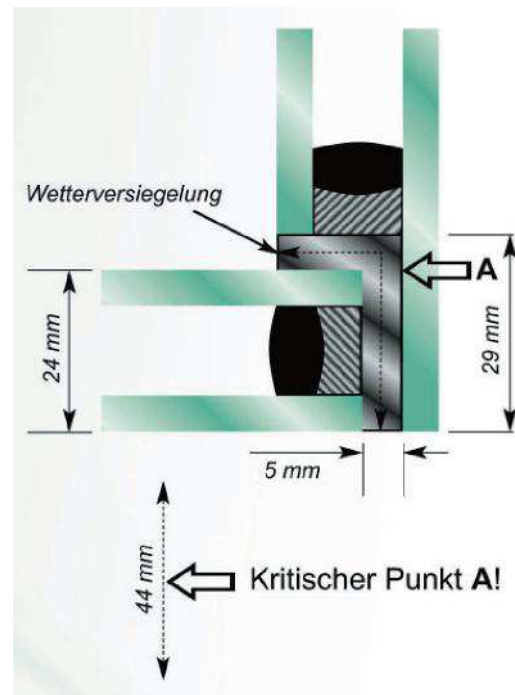
Die Fugenbreite richtet sich nach den Abmessungen der gegeneinander verfügteten Bauelemente, also etwa denen von Isolierglas und Rahmen. Die entsprechenden Regeln der Technik finden sich in der „Technische Richtlinie des Glaserhandwerks“, Nr. 1 (s. Literatur). Diese Regeln sind auch sinngemäß auf die Fugen zwischen Isoliergläsern bzw. auf Wandanschlüsse entsprechend zu übertragen.



Auch die Fugentiefe richtet sich nach den Abmessungen der gegeneinander abzudichtenden Bauelemente. Die Tiefe der Fuge bei einkomponentigen Dichtstoffen darf einen bestimmten Maximalbetrag nicht übersteigen.

Hier ist zu bedenken, dass einkomponentige Dichtstoffe zu ihrer Vernetzung ein ausreichendes Angebot an Wasser in Form von Luftfeuchte benötigen. Zudem vernetzen diese Dichtstoffe „von außen nach innen“. Die Feuchte muss also auf ihrem Weg in die noch nicht vernetzten Teile der Fuge eine wachsende Barriere überwinden. Ist die Fugentiefe zu groß, dauert die Vernetzung zu lange. Dadurch bedingt können, auch bei an sich verträglichen Dichtstoffen, unverhältnismäßig lange unpolymersierte Bestandteile miteinander in Kontakt stehen, die dann möglicherweise doch zu schädlichen Wechselwirkungen führen.

Eine typische Konstruktion, bei der die Fugentiefe für einen Einkomponenten-Dichtstoff überschritten wird, ist in Abb. 7 dargestellt. Aufgrund des langen Diffusionsweges für die Feuchtigkeit, die zum Vernetzen des Produktes erforderlich ist, steht im Punkt „A“, also in der Mitte der Fuge, über sehr lange Zeit nicht vernetzter Dichtstoff an – und das auch noch sehr nahe am Randverbund der horizontal gezeichneten Scheibe. Hiersind Unverträglichkeitsreaktionen geradezu zwangsläufig – selbst mit „eigentlich verträglichen“ Dichtstoffen aufgrund der unzulässig langen Vernetzungszeit. Außerdem kann es hier auch noch zu Ablösungen aufgrund des vernetzungsbedingten Schrumpfes der Fuge kommen.



**Abb. 7** Fehlerhafte Fugentiefe bei 1 K-Dichtstoff

**Anmerkung:** Es kann nicht Aufgabe dieses Merkblattes sein, konstruktive Lösungen aufzuzeigen, die immer „funktionieren“. Diese Lösungen gibt es einerseits nicht. Andererseits muss es dem Sachverstand des jeweiligen Fachmannes überlassen bleiben, für den jeweils individuellen Fall die optimale konstruktive Lösung zu finden.

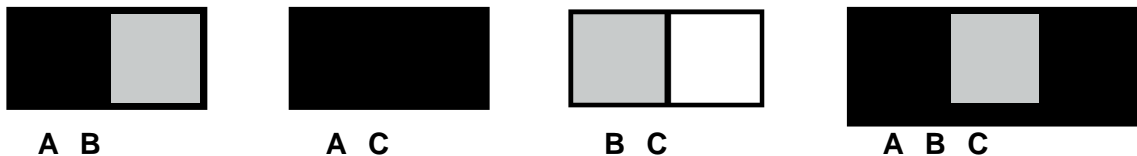
## 5. Prüfung der Verträglichkeit

Es gibt zur Zeit kein genormtes Prüfverfahren zum Nachweis der Verträglichkeit für alle Anwendungsfälle. Es muss unter Umständen für jede Werkstoffkombination und jede Konstruktion ein adäquates Prüfverfahren entwickelt werden. Hierbei zeigen komplex aufgebaute Systeme die Notwendigkeit, sowohl die Einzelkomponenten untereinander als auch das Gesamtsystem zu prüfen. Dies wird mit der nachfolgenden Grafik dargelegt:



**A B C**

Wenn sich ein derartiges Drei-Stoff-System, zum Beispiel aus erster Dichtstufe (A) („Butyl“), der zweiten Dichtstufe (B) eines Isolierglases sowie einer Wetterversiegelung (C), schon nicht vermeiden läßt, so sind alle Kombinationen hinsichtlich ihrer Verträglichkeit zu überprüfen. Hierfür müssen folgende Einzelprüfungen durchgeführt werden:



Die Prüfung A ~ B kann zum Beispiel entfallen, wenn beide Isolierglasdichtstoffe vom selben Hersteller stammen oder die Verträglichkeit entsprechend zugesichert ist. Diese Prüfsystematik macht deutlich, warum möglichst „einfache“ Systeme von Vorteil sind.

Weiterhin gibt es bei Prüfungen der Verträglichkeit hinsichtlich der Bewertungskriterien keine allgemeinverbindlichen Festlegungen, d. h. inwieweit ein Prüfergebnis dann auch für das Verhalten eines Systems in der Praxis relevant ist. Gegebenenfalls sind hier auch mehrere Prüfverfahren heranzuziehen. Insofern ist nachvollziehbar, dass die Prüfung der Verträglichkeit ein erhebliches Wissen und eine umfangreiche Erfahrung erfordert, um das Risiko schädlicher Wechselwirkungen zu minimieren.

### 5.1 Prüfung der Verträglichkeit in der Praxis

In der Praxis kommen die verschiedenen Komponenten eines Systems nur selten vom selben Hersteller. Nur in diesem Falle kann aber der Hersteller der von ihm gelieferten Komponenten eines Systems eine allgemein verbindliche Aussage zur Verträglichkeit dieser Komponenten machen. Hier hat der Hersteller die Möglichkeit, bei Änderungen der Zusammensetzung der Produkte das Verträglichkeitsverhalten erneut zu überprüfen und kann so sicherstellen, dass die Abnehmer keine Änderungen im Verträglichkeitsverhalten befürchten müssen.

Kommen die Komponenten von unterschiedlichen Lieferanten, so können sich Prüfergebnisse ausschließlich auf die geprüften Produktchargen beziehen und sind insofern nicht allgemein verbindlich. Das Prüfergebnis kann nicht notwendigerweise auf andere Produktchargen übertragen werden, da eine eventuelle Änderung der Zusammensetzung nicht zwangsläufig rechtzeitig bekannt ist und berücksichtigt wird. Insofern kann es ohne vertragliche Regelungen der beteiligten Hersteller nie eine Liste mit verträglichen Materialkombinationen geben.

Eine allgemein verbindliche Aussage zur Verträglichkeit zwischen Produkten verschiedener Hersteller bedarf einer entsprechenden bilateralen, vertraglichen Regelung zwischen den jeweiligen Lieferanten und dem Abnehmer der Produkte. Solange es keine normierten Anforderungen an Komponenten gibt, bleibt nur dieser Weg.

Die Verantwortlichkeit für die Verträglichkeit bei der Kombination verschiedener Werkstoffe liegt grundsätzlich bei demjenigen, der diese Werkstoffe zu einem „System“ kombiniert. Die Lieferanten der „Vorprodukte“ sind dafür nicht verantwortlich. Das schließt natürlich nicht aus, dass diese ihren Kunden beraten bzw. prüftechnisch unterstützen. Die praktische Umsetzung der Beratung in eine Konstruktion und die Bewertung von Prüfergebnissen obliegt jedoch ebenfalls dem Systemhersteller.

Es sei hier auch noch einmal daran erinnert, welchen Einfluss etwa die Dimensionierung von Fugen auf das Vernetzen von Dichtstoffen und damit auf die Möglichkeit schädlicher Wechselwirkungen hat. Es ist daher die Verträglichkeit der beteiligten Komponenten im Sinne des Ausbleibens schädlicher Wechselwirkungen für den konkreten Anwendungsfall abzusichern.

## 6. Schlussfolgerung

Komplizierte Werkstoff-Kombinationen erfordern sorgfältiges Planen und Ausführen. Alle Parteien in diesem Prozess (Lieferanten, „Systemplaner“ und „Systemhersteller“) müssen sich entsprechend abstimmen. Sofern nicht alle Produkte vom selben Lieferanten kommen, sind die zuvor geschilderten Maßnahmen zu treffen. Aufgrund der Komplexität dieser Systeme erscheint es sinnvoll, einen Weg zu beschreiten, wie er in anderen Bereichen der Glaskonstruktionen schon jetzt baurechtlich verbindlich ist, etwa bei Brandschutzverglasungen. Dort ist es üblich, in der „Systembeschreibung“ genau festzulegen, welche Komponenten eingesetzt werden dürfen und wie diese anzuwenden sind. Jeder Lieferant muss sich verpflichten, seine Komponente entsprechend der „Systemprüfung“ und den dortigen Spezifikationen zu liefern. Änderungen an einer Komponente können erst dann vorgenommen werden, wenn sichergestellt ist, dass dadurch die Gültigkeit der „Systemprüfung“ nicht in Frage gestellt ist.

## 7. Literatur

1. DIN 52 460, „Fugen- und Glasabdichtungen - Begriffe“, Ausgabe 2002-2, Beuth-Verlag, Berlin
2. H. Brook, „Wechselwirkungen von Dichtstoffen“, „Glas-Fenster-Fassade“, (1998), Heft 6, Seite 329 ff
3. Technische Richtlinien des Glaserhandwerks, Schrift Nr. 1, „Dichtstoffe für Verglasungen und Anschlussfugen“
4. Technische Richtlinien des Glaserhandwerks, Schrift Nr. 3, „Klotzung von Verglasungseinheiten“
5. Technische Richtlinien des Glaserhandwerks, Schrift Nr. 13, „Verglasen mit Dichtprofilen“
6. Technische Richtlinien des Glaserhandwerks, Schrift Nr. 17, „Verglasen mit Isolierglas“
7. Ift Richtlinie VE-05/01 „Nachweis der Verträglichkeit von Verglasungsklötzen“
8. R. Oberacker, „Die Verträglichkeit von Dichtstoffen: Ein neues Problem?“, „Glaswelt“ (2002), Heft 12, Seite 28 ff

Dieses Merkblatt wurde erarbeitet vom Arbeitskreis Verträglichkeit des Arbeitsausschusses Technik/ Isolierglas im Bundesverband Flachglas e.V.

Der Text basiert auf einem Entwurf von Dipl.-Ing. Helmut Brook, Henkel Teroson GmbH. Eine Überarbeitung und Ergänzung dieses Textes ist vorgesehen.

Stand: Juni 2004

Dieses Merkblatt wurde Ihnen überreicht durch:



Der Nachdruck erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Bundesverbandes Flachglas Großhandel, Isolierglasherstellung Veredlung e.V., 53840 Troisdorf.