

Gefahrenpotentiale bei Isolierglaseinheiten:

Zur Bedeutung der Randverbund-Geometrie

Dr. Klaus Huntebrinker

Mit dem Näherkommen der neuen Energieeinsparverordnung (EnEV) wird die Diskussion um die warme Kante immer intensiver. Für die Anbieter von Isoliergläsern wird es in dieser Situation nicht einfach sein darauf hinzuweisen, daß sie vorrangig Glasprodukte fertigen. Die Rückbesinnung auf die Aufgaben des Isolierglas-Randverbundes tut hier Not. Auch bei der Isolier-Gemeinschaft, die mit Stolz darauf verweisen kann, daß ihr Gründer Alfred Arnold der Erfinder des „geklebten Isolierglases“ war.

Wesentlicher Bestandteil des Randverbundsystems ist zunächst der „Isolierglas-Steg“ aus einem metallischen Hohlprofil, wie in Bild 1 dargestellt. Der Steg trägt zu Recht den Namen „Abstandhalter“, denn er sorgt nicht nur dafür, daß die Scheiben des Isolierglases bei der Produktion den richtigen Abstand bekommen, sondern daß dieser auch erhalten bleibt. Daneben dient der Abstandhalter zur Aufnahme des Trocknungsmittels. Der Luft, die bei der Produktion zwischen den Scheiben eingeschlossen wird, soll so die Feuchtigkeit entzogen werden. Zusätzlich absorbiert das Trocknungsmittel den nachträglich eindringenden Wasserdampf. Allerdings ist die Aufnahmefähigkeit von Feuchte begrenzt.

Abdichtungen

Die ausreichende Abdichtung des Isolierglases erfolgt heute über zwei Dichtstufen. Früher wurden „einstufige“ Systeme verwendet, die auf Polysulfiden als Dichtmasse basierten. Mit der Zeit entwickelte sich der Trend hin zu zweistufigen Systemen, bei denen Butyl zum Einsatz kam. Dieser Dichtstoff fungiert heute als erste Dichtstufe. Für die zweite Dichtstufe werden zur Zeit Polysulfide, Polyurethane und in geringem Umfang auch Silikone eingesetzt.

Das Randverbundsystem mit Abstandhalter, Trocknungsmittel und zwei Dichtstufen verhilft dem Isolierglas zu einer Lebensdauer von etwa 20 bis 30 Jahren.

Belastungen für den Randverbund

Die Lebensdauer eines Isolierglases endet, wenn zuviel Wasserdampf durch den Randverbund in den Scheibenzwischenraum eingedrungen ist und die Aufnahmefähigkeit des Trocknungsmittels erschöpft hat. Dann bildet sich dauerhaft Kondensat zwischen den Scheiben und sie trüben ein. Die Bewertung für eine ausreichende Abdichtung durch das Randverbundsystem wird von der Isolierglas-Norm vorgegeben. Bis jetzt ist

die DIN 1286 Teil 1 gültig, die in Kürze durch die EN 1279 ersetzt wird. Meßgröße ist in beiden Normen die Zubeladung des Trocknungsmittels mit Wasserdampf, d. h. die Menge des eingedrungenen Wasserdampfs während der Klimawechsellagerung nach den Vorgaben der Norm.

Diese Klimawechsellagerung simuliert die Belastungen, denen ein Isolierglas während seiner Lebensdauer ausgesetzt ist. Neben den diversen chemischen und physikalischen Einflüssen sind hier vor allem die mechanischen Belastungen zu nennen. Durch die Klimawechsellagerung werden die Belastungen erzeugt, die auf jedes Isolierglas nach dem Einbau zukommen. Diese Belastungen resultieren aus den Schwankungen von Temperatur und Luftdruck und sind dafür verantwortlich, daß sich im Scheibenzwischenraum ein ständiger Wechsel von Unterdruck und Überdruck einstellt. Auf diesen Druckwechsel, der eine mechanische Belastung für den Randverbund bedeutet, muß das Isolierglas reagieren.

Die jeweilige Belastung für den Randverbund hängt stark vom Format

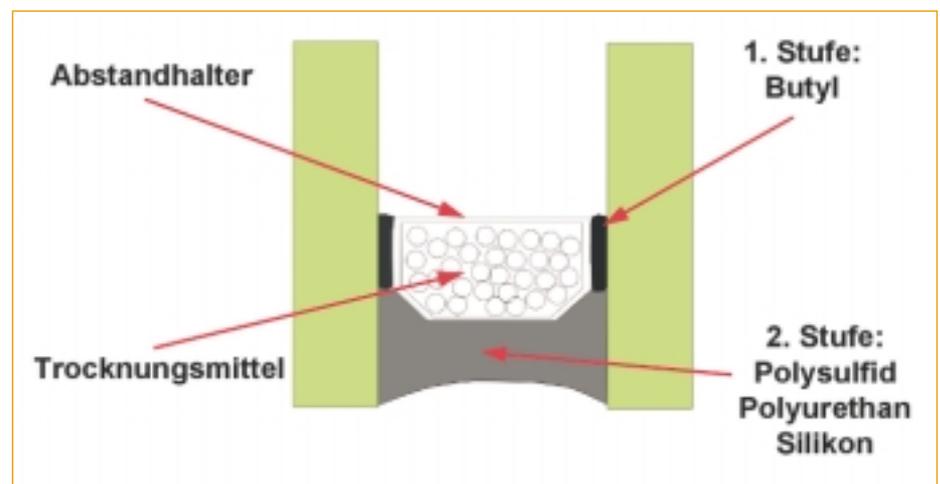


Bild 1: Der Isolierglas-Randverbund

Bild 2: Verformungen bei großen Scheiben

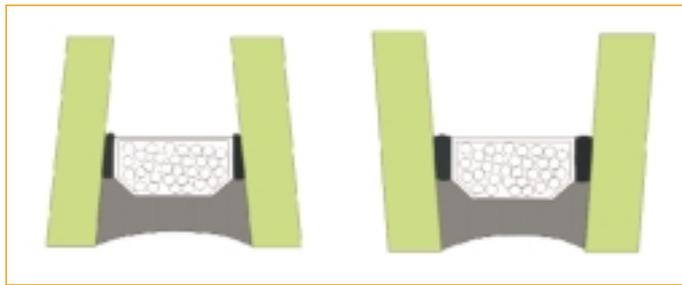
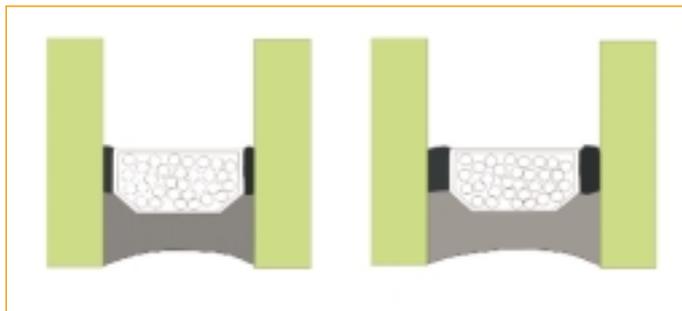


Bild 3: Verformungen bei kleinen Scheiben



eines Isolierglases ab. Bei großen Formaten weisen beispielsweise die Scheiben in der Mitte eine biegeweihe Zone auf. Sie reagieren deshalb auf einen Überdruck im Scheibenzwischenraum mit einem „Ausbauchen“ – einer konvexen Verformung. Auf Unterdruck im Scheibenzwischenraum reagieren sie mit „Einbauchen“ – einer konkaven Verformung. Bild 2 zeigt schematisch, welche Folgen das für die Geometrie des Randverbunds hat.

Bei kleinformatigen Isoliergläsern gibt es keine biegeweihe Zone der Scheiben. Deshalb reagieren sie auf Überdruck im Scheibenzwischenraum durch eine Aufweitung des Randverbunds wie in Bild 3 deutlich wird. Bei Unterdruck wird der Randverbund dagegen zusammengedrückt.

Luftgefülltes Isolierglas

Bei luftgefülltem Isolierglas ist es wichtig, nachhaltig das Eindringen von Wasserdampf in den Scheibenzwischenraum zu verhindern. Da der Wasserdampf den Weg des geringsten Widerstandes sucht, sind hier die Grenzflächen zwischen Dichtstoff und Glas bzw. Abstandhalter betroffen. Dringt Wasserdampf in den Scheibenzwischenraum, nennt man diesen Vorgang eine Grenzflächendiffusion.

Damit die Haftung der Sekundär-dichtung an Glas und Abstandhalter nicht beschädigt wird, muß das Randverbundsystem gegen Verformungen stabil sein. Da der Sekundärdichtstoff zum Glas eine chemische Haftung aufbaut, ist dies aber nicht zu befürchten. Gleichzeitig darf durch die Bewegungen der Scheiben die Butylschnur nicht unterbrochen und ihre Haftung an Glas und Abstandhalter nicht beeinträchtigt werden. Dazu muß der Randverbund in der Lage sein, den auftretenden Bewegungen ausreichende Kräfte entgegenzusetzen.

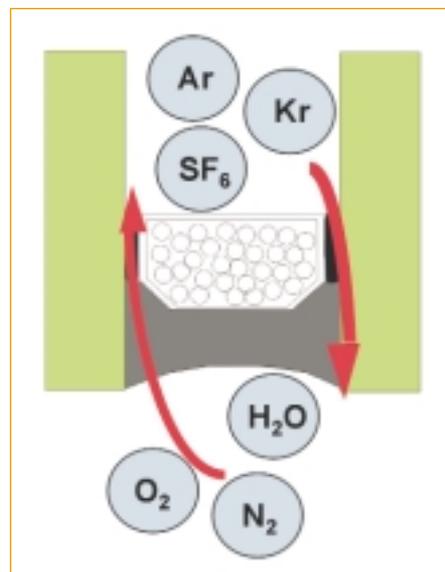


Bild 4: Diffusionsbewegungen bei gasgefüllten Isolierglas-Scheiben

Das ist nur mit Hilfe einer ausreichenden Rückenüberdeckung des Abstandhalters mit Sekundärdichtstoff möglich.

Gasgefülltes Isolierglas

Auch bei gasgefülltem Isolierglas muß zunächst das Eindringen von Wasserdampf in den Scheibenzwischenraum möglichst unterbunden werden. Hier gilt: Die Lebensdauer eines gasgefüllten Isolierglases ist dann beendet, wenn die Aufnahmekapazität des Trocknungsmittels für Wasserdampf erschöpft ist und sich dauerhaft Kondensat zwischen den Scheiben bildet. Darüber hinaus muß aber das Entweichen des Füllgases (Argon, Krypton, SF₆ oder ein Gemisch aus diesen Gasen) möglichst unterbleiben. Der Grenzwert für die zulässige „Gasleckrate“ ist in der Isolierglas-Norm DIN 1286 Teil 2 festgelegt, in Zukunft in der EN 1279. Für das Entweichen des Füllgases aus dem Scheibenzwischenraum und das Eindringen von Stickstoff, Sauerstoff usw. in den Scheibenzwischenraum gilt: Die Diffusion durch den Randverbund ist eine Grenzflächendiffusion.

Ursachen der Diffusion

Auf den ersten Blick ist nicht klar, warum es überhaupt zu einer solchen Diffusion kommt, da der Druck im Scheibenzwischenraum und der Druck in der Außenluft annähernd gleich sind. Allerdings setzen sich Innen- und Außendruck aus den Partialdrücken aller Einzelgase zusammen und sind die Ursache für die Diffusion.

$$p = p(\text{N}_2) + p(\text{O}_2) + p(\text{Ar}) + p(\text{H}_2\text{O}) + \dots$$

Die treibende Kraft für die Diffusion jedes einzelnen Gases durch den Randverbund ist die Partialdruckdifferenz zwischen innen und außen. Deshalb entweicht das Füllgas aus dem Scheibenzwischenraum und dringen Stickstoff, Sauerstoff und andere Gase in den Scheibenzwischenraum ein. Dabei ist es gewissermaßen ein „gnädiger Zufall“, daß Stickstoff und

Sauerstoff in etwa der selben Zeitspanne durch den Randverbund in den Scheibenzwischenraum eindringen, in der das Füllgas Argon entweicht.

Auch bei gasgefüllten Isoliergläsern muß der Randverbund so gestaltet sein, daß er die Verformungen übersteht, die durch den Wechsel von Überdruck und Unterdruck im Scheibenzwischenraum verursacht werden. Diese Verformungen dürfen die Gasdiffusion aus dem Scheibenzwischenraum oder das Eindringen von Wasserdampf nicht beschleunigen.

Butylschnur und Rückenüberdeckung

Bei luftgefülltem Isolierglas kann man vereinfacht feststellen, daß die erste und die zweite Dichtstufe einen gleichwertigen Beitrag gegen das Eindringen von Wasserdampf leisten. Das belegt unter anderem, daß – eine hinreichend große Rückenüberdeckung (mechanische Eigenschaften) und eine hinreichend große Anlagefläche am Glas (langer Diffusionsweg) vorausgesetzt – auch einstufige Systeme nur mit der zweiten Dichtstufe funktionieren können.

Mit Polyurethan als Dichtstoff wurden solche „einstufigen“ Isoliergläser von einzelnen Kleinbetrieben bis vor wenigen Jahren produziert.

Ganz anders ist die Situation bei gasgefüllten Isoliergläsern. Mit einem einstufigen Randverbund können die Anforderungen der Norm an die „Gasleckrate“ auf keinen Fall erfüllt werden, weil die Grenzfläche zwischen Butyl und Glas die entscheidenden



Bild 5: Butylschnur schnell und langsam verpreßt Bilder: Huntebrinker

de Barriere für die Gasdiffusion bildet. Deshalb können Unterbrechungen der Butylschnur in bezug auf die Gasdiffusion gefährlich sein und sogar zerstörend wirken. Reicht die Überdeckung des Abstandhalters mit dem Sekundärdichtstoff nicht aus, um den Verformungen des Randverbundes entsprechend entgegenzuwirken, erzeugt dies Unterbrechungen der Butylschnur mit dem Ergebnis, daß die Gasdiffusion stark zunimmt.

Nur mit ausreichender Rückenüberdeckung kann ein gasgefülltes Isolierglas die Anforderungen an die Norm erfüllen.

Die Verpressung der Butylschnur hat ebenfalls einen großen Einfluß auf die Geschwindigkeit der Gasdiffusion. Da die Oberfläche von Glas nicht glatt, sondern rauh ist, können bei

der unsachgemäßen Verpressung Schäden entstehen: wird die Butylschnur sehr schnell verpreßt, härtet sie aus, bevor sie richtig in die Vertiefungen der Oberfläche „einfließen“ kann. Bild 5 zeigt diese unzureichende Verpressung, die zu einer beschleunigten Diffusion führt.

Wird das Butyl hingegen sorgfältig verpreßt, werden die Zwischenräume vollflächig ausgefüllt und bewirken eine deutlich geringere Gasdiffusion. Dieser Umstand wird in der Fertigung oft nicht berücksichtigt.

Im Hinblick auf Diffusionsverluste stellen auch gesteckte Ecken eine potentielle Schwachstelle dar.

„Exotische“ Systeme

Unter Berücksichtigung der genannten Vorgehensweisen sind auch „exotische“ Randverbundsysteme mit geringerer Gasdiffusion möglich. Sogar die zweite Dichtstufe kann mit Silikon die Normanforderungen für gasgefülltes Isolierglas erfüllen, ohne daß der Verarbeiter Spezial-Butylen oder -Silikone verwenden muß.

Bei Isoliergläsern mit einer „warmen Kante“ handelt es sich eigentlich um ganz normale Isoliergläser mit einem besonderen Nutzen, die sorgfältig gefertigt werden müssen.

Die Energieeinsparung durch einen hinreichend diffusionsdichten Randverbund ist mit Sicherheit größer als eine „warme Kante“.

Diese Ausführungen sollen zum Festhalten an bewährtes Qualitätsdenken mahnen.

Dr. Klaus Huntebrinker



Verpassen Sie keine wichtigen Branchentermine:

- ◆ Messen
- ◆ Kongresse
- ◆ Seminare
- ◆ Tagungen
- ◆ Ausstellungen

und gleich noch Reise und Unterkunft buchen!

<http://www.glaswelt-net.de>