

## Isolierglas ohne Reflexionsverzerrungen

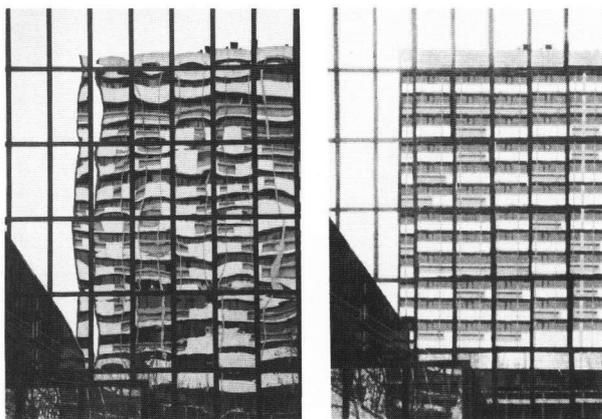
Peter Küffner jr.

Thermoplan GmbH, Düsseldorf

### 1. Ausgangssituation

Die Floatglastechnologie macht es möglich, plane Glas tafeln zu erzeugen. Die Planität liegt bei 1- bis 2-hundertstel mm/m. Damit ist Floatglas in die Reihe der ebensten Produkte einzustufen.

Aus diesen sehr ebenen Glasplatten werden nach der traditionellen Methode Isoliergläser hergestellt, wobei die zufälligerweise vorhandenen Zustände bei der Produktion Druck (barometrisch und geografisch) und Temperatur für die gesamte Lebensdauer des Isolierglases bestimmt und festgeschrieben werden. Ohne Rücksicht auf Veränderungen der Einbauhöhe, Jahreszeit, Druckverhältnisse muß das Isolierglas, ausgehend von den einmal hergestellten Bedingungen, diese Veränderungen über sich ergehen lassen. Dies führt zu Pumpbewegungen und damit zu einer Verformung der Scheibenränder. Es entstehen, insbesondere in kleinen Scheiben, erhebliche Über- und Unterdrücke. Der Randverbund wird beansprucht, das Eindringen von Wasserdampf begünstigt.



a)

b)

Spiegelung einer Fassade a) in stark reflektierendem, normalem Isolierglas, b) bei Verwendung von „Thermoplan“ (Fotomontage).

Darüber hinaus sind damit optische Nachteile verbunden. Insbesondere bei beschichteten Gläsern oder Wärmeschutzgläsern treten starke Reflexionsverzerrungen (Fotos) auf, die bei großflächig verglasten Flächen architektonisch störend wirken.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß es heute zwar möglich ist, sehr plane Floatglasscheiben herzustellen und homogen zu beschichten, das bisher angewendete Prinzip der Randabdichtung bei der Isolierglasherstellung in Verbindung mit den unveränderlichen Glaseigenschaften macht diesen technologischen Fortschritt jedoch wieder zunichte.

### 2. Lösungsansatz

Der Lösungsansatz kann nur darin bestehen, einen Druckausgleich in dem eingeschlossenen Luftvolumen herbeizuführen. Dazu gibt es eine Vielzahl von recht komplizierten Möglichkeiten, die mit Kolben und Überdruckgefäßen operieren, aber in der Praxis nicht einsetzbar sind.

Die einfachste Lösung bestünde darin, dem Isolierglas eine Ausgleichsöffnung nach außen zu geben. Da jedoch erfahrungsgemäß bei kurzen Ausgleichsbohrungen infolge der Partialdruckdifferenz Wasserdampf eindiffundiert und zu Kondensaterscheinungen in wenigen Jahren oder Monaten führt, scheidet diese Möglichkeit aus. Wenn man den Gedanken jedoch weiter verfolgt, dann gibt es eine Ideallösung, die darin besteht, an einer Isolierglasscheibe eine sehr lange Durckausgleichsleitung anzubringen. Damit ist der Druckausgleich gewährleistet, und gleichzeitig wird das Eindiffundieren von Feuchtigkeit vermieden. Die Bewegungen des Luftvolumens, ausgelöst durch Temperatur- und Luftdruckschwankungen, finden nur am Ende der Röhre statt, die eindringende Luft hat keine Möglichkeit, in den Scheibenzwischenraum einzudringen. Die weitere Überlegung zeigt, daß an herkömmlichen Isoliergläsern bereits eine relativ lange Durckausgleichsleitung vorhanden ist, und zwar in Form des Abstandshalters.

Dieser Abstandshalter, der im Standardfall aus einer Kammer besteht, wird an den vier Ecken gebogen; die beiden offenen Enden werden durch einen Linearverbinder verbunden.

Eingegangen am 20. Juli 1994.

### 3. Praktische Durchführung und Versuchsergebnisse

Die zur Umsetzung des Systems in der Praxis erforderlichen Untersuchungen haben folgendes ergeben:

a) Der Druckausgleich über die Randverbundöffnung funktioniert einwandfrei und garantiert während der gesamten Lebensdauer der Scheibe plane Oberflächen. Die Planität und der Druckausgleich müssen erkaufte werden durch eine Öffnung und ein damit verbundenes „Atmen“ der Scheibe. Dadurch ist das Lebensalter einer solchen Scheibe endlich aber definierbar und vorherberechenbar.

b) Das Alter der Scheibe wird bestimmt durch das Eindringen von Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft. Wenn so viel Feuchtigkeit eingedrungen ist, daß die Sättigung des Trockenmittels erreicht ist, kommt es zu einer Kondensation: Die Lebensdauer der Isolierglasscheibe ist erreicht. Die eindiffundierende Feuchtigkeitsmenge wird durch zwei Faktoren bestimmt: einmal durch den unterschiedlichen Wasserdampfpartialdruck, dabei kann von einem jahreszeitlich gemittelten, äußeren Wasserdampfpartialüberdruck von  $1 \text{ kN/m}^2$  ausgegangen werden; zum anderen durch den Druckausgleich bzw. Pumpvorgang: Bei jedem Pumpvorgang, z.B. Erwärmung des Scheibenzwischenraumes oder eines Abfalles des Außen-drucks, wird getrocknete Luft aus dem Scheibenzwischenraum nach außen befördert. Diese wird dann im umgekehrten Vorgang durch entsprechende feuchtigkeitsbeladene Außenluft ersetzt.

Diese beiden wesentlichen Einflußfaktoren gilt es zu erfassen und zu bewerten. Die bisherigen Untersuchungen haben zu den in den Abschnitten 3.1. und 3.2. vorgestellten Ergebnissen geführt.

#### 3.1. Feuchtigkeitsdiffusion

In die Isolierglaseinheit findet ein Eindiffundieren von Feuchtigkeit in zwei Bereichen statt: herkömmliche Dampfdiffusion durch den Randverbund infolge des Wasserdampfpartialdruckes und Eindiffundieren von Wasserdampf am offenen Ende des Druckausgleichkanals.

Während bei herkömmlichen Isoliergläsern stets ein sehr hohes, gleichbleibendes Partialdruckgefälle zwischen innen und außen besteht, weil stets das gesamte Trockenmittel im Zugriff steht, stellt sich beim randbelüfteten Isolierglas im LZR ein variabler Partialdruck ein. Der durch den Randverbund eindiffundierte Wasserdampf muß an das Trockenmittel durch Pumpbewegungen herangebracht werden. Das Atmen der Scheibe ist eine zwingende Voraussetzung für die Funktion des Glases. Sonst würde die Scheibe am Wasserdampfstrom durch den Rand „ersticken“.

Überprüfungen haben gezeigt, daß das Eindringen von Feuchtigkeit in einen langen Kanal, der mit Trockenmittel gefüllt ist, wie folgt abläuft: Die Sättigung am Kanalansatz erfolgt relativ schnell, sie verlangsamt sich

dann immer mehr. Das Fortschreiten der Sättigung kann nach der  $\sqrt{t}$ -Gleichung beschrieben werden und folgt etwa der Formel

$$l = 0,70 \cdot \sqrt{t}$$

bzw.

$$t = \left( \frac{l}{0,70} \right)^2$$

mit  $l$  = Länge in cm und  $t$  = Zeit in d.

Daraus errechnet sich, daß ein mit Trockenmittel gefüllter Kanal von etwa 60 cm Länge ausreicht, um sicherzustellen, daß über einen Zeitraum von 20 Jahren am unteren Bereich keine Feuchtigkeit durch Diffusion eindringt. Bei diesem Vorgang ist interessant, daß sich das Trockenmittel nicht gleichmäßig belädt, sondern daß sich eine klar definierte Grenzschicht zwischen dem bereits verbrauchten (d.h. aufgeladenen) und dem nicht verbrauchten Material ausbildet.

Im Gegensatz zum herkömmlichen Isolierglas, bei dem das Trockenmittel über die Lebensdauer der Scheibe hinweg gleichmäßig und gleichzeitig verbraucht wird, ist bei der randbelüfteten Scheibe stets ein aktiver, voll trocknungsfähiger Rest-Kern vorhanden.

#### 3.2. „Atmen“ der Scheibe

Hierzu gibt es keine brauchbaren Untersuchungen. Man kann zwar über das allgemeine Gasgesetz  $p \cdot V = R \cdot T$  Berechnungen und Abschätzungen anstellen, jedoch ist unsicher, wie sich die Temperatur im Scheibenzwischenraum an verschiedenen Gebäudeseiten über Tage, Wochen und Jahre, auch im Hinblick auf die Druckveränderungen, auswirkt. Deshalb sind Messungen über einen Zeitraum vom 6 Monaten durchgeführt worden, bei denen für eine Scheibengröße von etwa  $1 \text{ m}^2$  Pumpvolumina bis maximal  $0,3 \text{ l/d}$  ermittelt wurden; der Durchschnittswert lag bei  $0,1 \text{ l/d}$ .

Es kann gesagt werden, daß die Pumpvolumina bei üblichen Scheibengrößen von 1 bis  $2 \text{ m}^2$  in der Größenordnung von  $0,1$  bis  $0,5 \text{ l/d}$  liegen, wobei es sicherlich Tage gibt, bei denen die Wetterlage recht stabil ist und damit die genannten Schwankungen nicht auftreten werden ( $0,5 \text{ l/d}$  = Spitzenwert bei extremer Wetterlage). Die größten Schwankungen dürften bei großen Temperaturschwankungen im Sommer oder auch im Winter auftreten. Wenn man hier eine Abschätzung vornimmt und davon ausgeht, daß über das ganze Jahr gesehen etwa  $0,2 \text{ l/d}$  ausgetauscht würden, was eigentlich schon eine recht große Sicherheitsmarge beinhaltet, dann würden diese  $0,2 \text{ l}$  bei einer relativen Luftfeuchte von 50 % und einer Temperatur von  $20^\circ \text{C}$  bewirken, daß pro Tag  $1,6 \text{ mg H}_2\text{O}$  „eingatmet“ würden. Berücksichtigt man, daß im Randverbund bei einem Abstandshalter von  $(6 \times 10) \text{ mm}^2$  etwa  $200 \text{ g}$  Trockenmittel eingefüllt werden können und dieses Trockenmittel eine Absorptionfähigkeit von 20 % hat, dann können insgesamt  $40 \text{ g}$  Wasser aufgenommen werden. Dies würde eine rechnerische Lebensdauer der Scheibe von 25 Jahren ergeben.

#### 4. Konstruktiver Aufbau einer randbelüfteten Isolierglasscheibe

Herkömmliches Isolierglas und Isolierglas mit Randbelüftung weisen exakt gleiche Baukomponenten auf

- = zwei Glasscheiben,
- = ein mit Trockenmittel gefüllter Abstandshalter,
- = ein Verbindungsstück,
- = die Randabdichtung.

Der einzige Unterschied besteht darin, daß das Verbindungsstück eine Lüftungsbohrung nach außen aufweist und daß der Abstandshalter nicht mehr perforiert wird.

#### 5. Zusammenfassung

Die Glastechnik hat sich, was die Herstellung des Basisglases nach dem Floatglasverfahren und die modernen Beschichtungstechniken betrifft, stetig weiterentwickelt. Stehengeblieben ist das Fertigungsprinzip

von Isolierglas mit der konventionellen, hermetischen Abdichtung am Rand und den üblichen Versiegelungsarbeiten.

Das Prinzip der Randbelüftung, bei dem der Abstandshalter als Druckausgleichskanal dient, weist gegenüber den bisherigen Isoliergläsern erhebliche Vorteile auf:

- = Es treten keine schädlichen Über- und Unterdrücke auf, somit kommt es am Randverbund nicht zu Scherkräften und Verformungen.
- = Die Scheiben sind und bleiben planeben, es lassen sich architektonisch einwandfreie und verzerrungsfreie Abbildungen der Umgebung darstellen (siehe Fotos).
- = Die Lebensdauer eines randbelüfteten Isolierglases dürfte über der bisheriger Isoliergläser liegen.

#### 6. Literatur

- [1] Küffner, P.: Mehrfachglasscheibe. Dtsch. Pat. DE-PS 38 08 907. Pat. ab 17. 3. 1988, ausg. 11. 7. 1991.

■ 1294T015