

Das „Aufblas“- Phänomen

Im Scheibenzwischenraum eines Isolierglasverbundes befindet sich Wasserdampf, der dort mit der Luft eingeschlossen wird oder durch die Schichten des Dichtstoffes eindringt. Eine wichtige Komponente ist daher das Molekularsieb, mit dem die Distanzprofile gefüllt werden. Durch das Beseitigen der Feuchtigkeit erhöht das Molekularsieb die Lebensdauer eines Isolierglasverbundes, die bei richtig abgedichteten Verbunden von einigen zehn bis über hundert Jahren (je nach Bauart) beträgt.

Adsorptionseigenschaften von Zeolithen

Das Molekularsieb als Adsorbens für Feuchtigkeit bindet Wassermoleküle an der Porenoberfläche. Ein schneller Wasseraufnahmeprozess ist durch die stark porenförmige Struktur des Siebgranulates möglich. Öffnungen, die ermöglichen in diese Struktur einzudringen, werden als Fenster bezeichnet.

Durch sie dringen Gasmoleküle in die in der Struktur des Molekularsiebes (z.B. der Zeolithe) bestehenden Kanäle, auch als Poren bezeichnet. Gasmoleküle, nachdem sie das Fenster passiert haben, besetzen Poren des Adsorbens, aber die Dauer ihres Aufenthaltes dort hängt von deren physikalischer Beschaffenheit und des Molekularsiebes wie

auch von den Umgebungsbedingungen ab. An der Oberfläche des Adsorbens bildet sich eine Schicht – meistens in der Stärke von einigen Atomen – in der sich die aufgenommenen Gasmoleküle befinden.

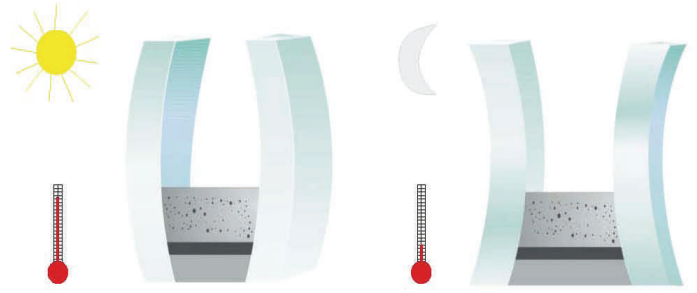
Je niedriger die Temperatur, desto dicker ist diese Schicht (eine größere Gasmenge aus dem Scheibenzwischenraum wurde aufgenommen).

Absorption (physikalisch) – Prozess der Aufnahme einer Gassubstanz in das Gesamtvolumen einer flüssigen oder einer festen Substanz, wie auch Prozess der Aufnahme einer flüssigen Substanz in das Gesamtvolumen einer festen Substanz.

Adsorption – Prozess der Bindung von Gas- oder Flüssigkeitsmolekülen an der Oberfläche eines Festkörpers.

Zeolithe „ziehen“ Wasserdampf an

Zeolithe adsorbieren vorzugsweise Wasser, weil sie ähnlich wie Wasser ein bipolarer Stoff sind (d.h. ein zweipoliger Stoff, dessen Moleküle ein +Pol und ein -Pol haben). Die gegenseitige Anziehungskraft ist dermaßen groß, daß entweder eine sehr hohe Temperatur oder ein sehr tiefer Druck benötigt wird um dieses Paar zu trennen.



Veränderung des Gasvolumens in Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebung.

Da unter den sich im Isolierglasverbund befindlichen Gasen nur Wasser polare Moleküle hat, hat es den absoluten Vorrang – die stärkste Affinität zur Porenoberfläche. Untersuchungen zufolge schließt praktisch bereits der Wassergehalt von 4% im Sieb die Aufnahme von anderen Gasen aus dem Isolierglasverbund aus.

Das Adsorbens „zieht“ keine Moleküle von Stickstoff, Sauerstoff oder Argon an, weil sie elektrisch neutral sind. Atome dieser Gase haben bereits alle ihrer Elektronen für die Bildung der Relationen innerhalb des Moleküls verbraucht.

Zeolithe „mit Fenstern nach Maß“

Die Durchschnittsgröße von „Fenstern“ in den heute meistens angewandten Molekularsieben beträgt ca. 3 Å (d.h. 3 Zehnmilliardstel des Meters). Ein Wassermolekül wird durch das „Fenster“ frei fließen, aber Stickstoff, Argon oder Sauerstoff würden

Molekülgrößen (Å) verschiedener in Isolierglasverbunden gebräuchlicher Gase:

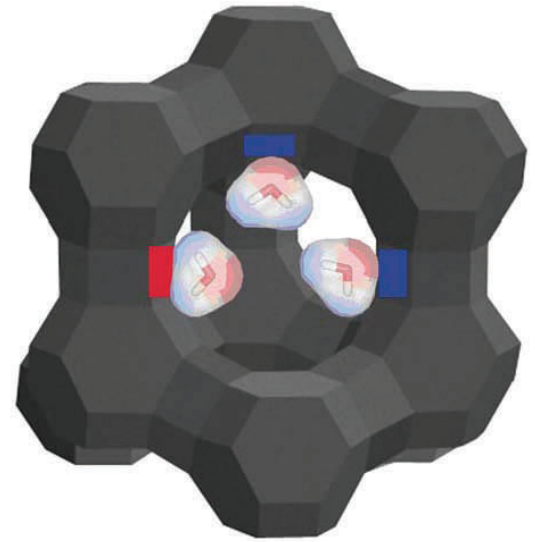
Wasserdampf H ₂ O	2,65
Kohlendioxid CO ₂	3,30
Argon Ar ₂	3,40
Sauerstoff O ₂	3,46
Krypton Kr ₂	3,60
Stickstoff N ₂	3,64
Sulfurhexafluorid SF ₆	5,50

Probleme bei „Durchdringungsversuchen“ bekommen.

Adsorbentien mit Poren mit einem Durchmesser von 4 Å waren zu Zeiten verbreitet, als Isolierglasverbunde ausschließlich mit Luft gefüllt wurden. Das Sieb 4 Å zeichnet sich durch höhere Aktivität (d.h. es nimmt

schneller Wasser auf) und durch größeres Adsorptionsvolumen aus. Die im Scheibenzwischenraum befindliche Luft hatte die gleiche Feuchtigkeit wie die Luft in der Produktionshalle. Sie musste verhältnismäßig schnell beseitigt werden, damit es nicht zur Wasserkondensation bei Temperatursenkung kam, z.B. beim Transport im Winter.

Gegenwärtig, wo die meisten Isolierglasverbände mit Edelgas (z.B. mit Argon) gefüllt werden und mindestens eine der Scheiben mit einer Niedrigemissionsschicht beschichtet wird, sind Maßnahmen notwendig, die zur Einschränkung der Aufnahme von anderen Gasen als Wasserdampf durch das Sieb führen. An den Scheiben, die sich durch eine große Reflektion auszeichnen, die aus der die sichtbare Strahlung widerspiegelnden Schicht resultiert, ist das „Aufblas“ - Phänomen sehr gut erkennbar.



Kettenfragment des Zeolithen – „Anziehungs“- Schema von Wasser als eine zweipoliges Molekül.

Gleichzeitig soll man darüber nachdenken, ob das Adsorbens grundsätzlich auf das „Aufblas“ - Phänomen Einfluß hat.

Einfluß des Adsorbens auf das „Aufblas“ - Phänomen

In der letzten Zeit wird die Frage heiß diskutiert, ob das Molekularsieb im Isolierglasverbund für das „Aufblas“-Phänomen verantwortlich sein kann. Selbstverständlich ja, aber inwiefern und wann? Nehmen wir an, wir vergrößern „das Fenster“ auf 4 Å.

So geben wir dem Stickstoff, dem Sauerstoff oder dem Argon die Möglichkeit, sich in das Adsorbens verhältnismäßig freizügig hineinzubewegen. Wenn es sehr aktiv ist, wird es sehr viel Gas in seinen Poren festhalten. Wenn wir die Temperatur im Verbundinneren z.B. auf 70°C erhöhen, kann es sich zeigen, dass das Adsorbent das aufgenommene Gas wieder freisetzt.

So führen wir einen Test durch, der die Fähigkeit des jeweiligen Siebes zur Adsorption / Desorption charakterisiert. Um gegenseitige Relationen zwischen Absorptionfähigkeit des Siebes und dem „Atmen einer Scheibe“ kennenzulernen, bedienen wir uns des Beispiels eines Isolierglasverbundes von der Größe 1 x 1 m mit einem Distanzrahmen von 16 mm. Die Menge des Adsorbens beträgt ca. 120 g, und das Gasvolumen im Scheibenzwischenraum – 16 l.

Bei Verwendung des schlechtesten 4 Å Adsorbens mit einer extrem hohen Gasabsorptionfähigkeit (600 ml Gas/250 g Sieb) können wir erwarten, dass sich das Gasvolumen im Scheibenzwischenraum unter ungünstigen Bedingungen um 288 ml erhöhen wird.

$$120 \text{ g} * 600 \text{ ml}/250 \text{ g} = 288 \text{ ml}$$

Das macht 0,288 l/16 l, also 1,8% des Gasvolumenzuwachses im Scheibenzwischenraum aus.

Wenn wir hingegen einen 3Å-Sieb verwenden, für den die Gasabsorption höchstens 50 ml Gas/250 g Sieb beträgt, werden wir einen Zuwachs des Gasvolumens im Scheibenzwischenraum in der Größenordnung von 24 ml erhalten.

$$120 \text{ g} * 50 \text{ ml}/250 \text{ g} = 24 \text{ ml}$$

Das macht 0,15% des Gasvolumens im Scheibenzwischenraum aus.

Einfluß der Gasentspannung und – kompression unter Temperaturveränderungen beim „Aufblas“-Phänomen

Zum Vergleich ist es ganz einfach auf der Grundlage von Gesetzen der Thermodynamik, z.B. Gesetz von Gay-Lussac zu berechnen (es wird eine isobare Zustandsveränderung angenommen – bei konstantem Gasdruck ist das Gasvolumen direkt proportional zur Gastemperatur*), dass beim Erwärmen des Gases in unserem Test - isolierglasverbund um 20°C seine Volumenvergrößerung um 1091 ml verursacht wird, was 6,82% des Isolierglasverbundvolumens ausmacht.

$$V1/T1=V2/T2; \text{ daher } V2=V1 * T2/T1$$

$$V1=0,016 \text{ m}^3$$

$$T1=(20^\circ\text{C} + 273,15)=293,15 \text{ K}$$

$$T2=(40^\circ\text{C} + 273,15)=313,15 \text{ K}$$

$$V2=0,016 * 313,15 / 293,15=$$

$$=0,017091 \text{ m}^3 \text{ d.h. } 1,091 \text{ l}$$

Es kann also kühn angenommen werden, dass es die Natur ist, die für einen Isolierglasverbund viel gefährlicher sein kann als jedes schlechteste Sieb. Unseres Erachtens ist das „Aufblas“-Phänomen ein natürliches Phänomen und kommt in richtig abgedichteten Isolierglasverbunden zustande. Alle namhaften Lieferanten von Adsorbens wissen, dass es sicherer ist, in Isolierglasverbunden das 3Å-Adsorbens zu verwenden. Ob eine Alternative hierzu teure Siebe bilden, darüber lassen wir Sie, Verehrte Leser entscheiden.

Wojciech Przybylski

* Diese Annahme gilt bei geringer Steifheit der Scheibe, die von ihrer Größe abhängt: die Steifheit sinkt mit dem Vergrößern der Scheibenfläche und mit dem Verkleinern ihrer Stärke.