

Aussenbeschlag und Benetzbarkeit von Floatglas

Glas mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten U_g von $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ist heute Standard. Zunehmend zeichnet sich ein wachsender Anteil an Dreifach-Isoliergläsern mit U_g -Werten von $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ und weniger ab. Dieser Vorteil für das Raumklima hat jedoch einen entscheidenden Nachteil. Die Bildung von Kondensat auf den Aussenflächen des Glases ist nicht ausgeschlossen.

Text und Bilder: Thomas Fiedler

Bei Verglasungen ist heute Isolierglas mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten U_g von $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ Standard. Bis zum Inkrafttreten der 1. Wärmeschutzverordnung im November 1977 lag der U_g -Wert bei etwa $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ und hat sich seitdem stetig verbessert. Als jüngste Entwicklung zeichnet sich ein exponential wachsender Anteil an Dreifach-Isoliergläsern mit U_g -Werten von $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ und weniger ab.

Reduktion des Wärmestroms

Um die geringen Wärmedurchgangskoeffizienten zu erhalten, wird der hermetisch von der Aussenwelt abgeschlossene Scheibenzwischenraum mit Edelgas befüllt, welches Wärme schlechter leitet als Luft. Wegen einsetzender Zirkulation des Gases erreicht der U_g -Wert bei definiertem Scheibenabstand je nach Art des verwendeten Füllgases sein Minimum. Auf diese Weise wird der direkte Wärmestrom vom warmen Innenraum zur kalten Aussenluft deutlich reduziert. Einen weit grösseren Anteil am niedrigen U_g -Wert hat die nahezu unsichtbare Funktionsschicht auf der dem Scheibenzwischenraum zugewendeten Glasoberfläche. Diese Funktionsschicht lässt die Strahlen aus dem sichtbaren Bereich des Sonnenspektrums zwischen etwa 380 bis 780 nm gegenüber einem vergleichsweise unbeschichteten Isolierglas nahezu unverändert durch, während die unsichtbare Infrarotstrahlung in einer hohen Masse reflektiert wird. Das Resultat ist, dass nur noch ein sehr geringer Teil der Wärmeenergie aus dem beheizten Raum durch das Isolierglas nach aussen transportiert wird.

Physikalische Grundlagen

Dieser Vorteil für das Raumklima und das Behaglichkeitsempfinden des Raumnutzers hat jedoch einen entscheidenden Nachteil. Bei bestimmten Witterungslagen bildet sich Kondensat auf den Aussenflächen des Glases, welches die freie Durchsicht behindert. Um dieses Phänomen zu erklären, müssen zunächst ein paar physikalische Grundlagen verdeutlicht werden. Nach den Naturgesetzen findet stets ein Ausgleich vom Zustand höherer Energie zu niedrigerer Energie statt. So strahlt jeder Körper, also auch die Aussenfläche des Isolierglases, Wärmeenergie zu kälteren Medien ab. Die Menge der abgestrahlten Energie folgt einer Exponentialfunktion zum Temperaturunterschied. Extrem ist die Abstrahlung in einer klaren, wolkenlosen Nacht. Die Temperatur im Orbit entspricht dem absoluten Nullpunkt -273°C . Ein weiteres Naturgesetz besagt, dass kältere Luft weniger Wasser speichern



Durch Verunreinigung entstand an dieser Kontaktfläche chemisch gesehen eine veränderte Oberflächenaktivität.

Une contamination a entraîné au niveau de cette surface de contact une modification de l'activité de surface du point de vue chimique.

kann als wärmere Luft. So kann Luft mit einer Temperatur von 20°C eine Wassermenge von $17,3 \text{ g}$ je Kubikmeter aufnehmen, wogegen Luft mit 10°C lediglich $9,4 \text{ g}$ Wasser je Kubikmeter Luftvolumen bindet. In beiden Fällen ist das maximale Aufnahmevermögen erreicht, die Luft ist gesättigt und die relative Luftfeuchte beträgt 100% .

Wird die beschriebene Luftsättigung in der Natur erreicht, fällt das Wasser in Form von Nebel, Regen oder Schnee aus. Genau so verhält sich das Wasser, wenn es auf Oberflächen von Körpern trifft, die kälter als die Luft sind und deren Oberflächentemperaturen unterhalb des Taupunktes liegen. Dort fällt das Wasser in Form von Kondensat aus.

Kondensat auf dem Glas – eine harmlose Sache

Insbesondere im Frühjahr und im Herbst gibt es häufig die erwähnten klaren Nächte, in denen es wegen der Temperaturabstrahlung recht kalt wird. Nach aufgehender Sonne erwärmt sich die Luft recht schnell. Mit der Lufterwärmung steigt auch die absolute Luftfeuchtigkeit. Die Oberflächen der Isoliergläser haben sich in der Nacht stark abgekühlt. Sofern die Fenster im Schatten liegen, können sich die Gläser nicht schnell genug erwärmen. Die Oberflächentemperatur der Aussenfläche bleibt unter der Umgebungstemperatur. Je niedriger der U_g -Wert, desto tiefer sinkt in aller Regel die Ober-

flächentemperatur und desto langsamer erwärmen sich die im Schatten liegenden Glasflächen. Liegt gleichzeitig die Luftfeuchtigkeit nahe dem Taupunkt, wird dieser an der kälteren Glasoberfläche unterschritten und es kommt zu Kondensat auf den Gläsern. Mit dem Trend zu immer geringeren U_g -Werten wird diese Erscheinung in Zukunft noch häufiger zu beobachten sein. Das Kondensat auf der Glasfläche ist zwar unangenehm, jedoch völlig harmlos. Das Tauwasser verschwindet, spätestens wenn dem Glas von der Sonne genügend Wärme zugeführt wird, von ganz alleine.

Abdrücke kommen ans Tageslicht

Viele Nutzer empfinden es besonders störend, wenn zu dem Kondensat plötzlich Körper- oder Fingerabdrücke, Abdrücke von Etiketten und Saugern, Streifen von Silikonspuren u.ä. sichtbar werden, und beanstanden die Leistungen. Grund für die bildhaften Erscheinungen ist die unterschiedliche Benetzungsfähigkeit verschiedener Substrate.

Um diesen Vorgang zu erklären, müssen nochmals die Naturgesetze in Anspruch genommen werden. Sieht man sich die Glasoberfläche unter dem Mikroskop an, wird man feststellen, dass sie keineswegs so glatt ist, wie sie beim Betrachten mit freiem Auge zu sein scheint. Um Schäden auf der Oberfläche des Basisglases beim Transport zu vermeiden, sind Trenn- >

TAUWASSER

Bilder, an die wir uns gewöhnen müssen: Ug-Werte von 0,7 W/m²K und weniger fördern die Kondensatbildung.



Unterschiedliche Tropfenformen bilden unterschiedliche Bilder.

>mittel auf den 3,21 x 6,00 m grossen Scheiben aufgebracht. Als Anschlagmittel für den Krantransport dienen Vakuumsauger. Beim Zuschnitt ist technisch bedingt die Zugabe von Schneidöl erforderlich. Nachdem erwartet wird, dass die Glasoberflächen im Scheibenzwischenraum – der nach dem Zusammenfügen nicht mehr zugänglich ist – makellos sauber sind, müssen die Trennmittel und die aus Transporten und Schneiden entstehenden Rückstände vollständig entfernt werden. Dies erfolgt in speziellen Waschmaschinen mit mehreren Waschstufen unter der Verwendung von demineralisiertem Wasser mittels oszillierenden und rotierenden Bürsten.

Saubere Oberfläche – grosse Anfälligkeit

Durch den beschriebenen Waschvorgang mit demineralisiertem Wasser ist die Oberfläche des Glases nicht nur ausserordentlich sauber, sondern auch hoch aktiviert. Jede kleine «Verschmutzung» wird begierig aufgenommen. Bei Hautkontakt werden z.B. Fettsäuren und Schweiß auf die aktive Glasoberfläche übertragen. Etiketten und Distanzplättchen können unterschiedliche Klebstoffbestandteile hinterlassen, wenn diese längere Zeit auf den Scheiben verbleiben. Wenn das Glas mit Saugvorrichtungen transportiert oder eingebaut wird, können so durch den Unterdruck Wasser und sonstige Partikel aus der ungleichen Oberfläche des Glases quasi herausgesogen oder weggeschoben werden, sodass an dieser Kontaktfläche chemisch gesehen eine veränderte Oberflächenaktivität entsteht.

Staub, Regen und Feuchtigkeit insbesondere beim Transport, bei der Verglasung und am Bau belastet und verschmutzt zusätzlich die Glasoberfläche mehr oder weniger stark. Selbst bei der üblichen Glasreinigung entsteht, so paradox es klingen mag, gewissermassen eine Verschmutzung. Das Waschwasser ist am Ende der Fensterreinigung stärker von Schmutz belastet als am Anfang der Reinigung. Fensterleder, Schwamm und Tücher nehmen Schmutzpartikel auf und verteilen diese auf der Glasoberfläche. Dennoch wirkt das trockene Glas blank und sauber. Der Zweck der Reinigung ist somit erfüllt.

Die Glasoberflächen verändern sich in diesen

unterschiedlich kontaminierten Bereichen durch Adsorptions- und Diffusionsprozesse mit glasfremden Stoffen. Dadurch folgt ein anderes Spreitverhalten (damit ist die Haftung auf dem Untergrund zu verstehen) auf Grund der geänderten Oberflächenenergie durch Wassertropfchen auf den Glasoberflächen, wenn z.B. Kondensat entsteht, oder wenn die Scheiben durch Regen benetzt werden.

Verschiedene Wassertropfen – unterschiedliche Bilder

Jede Verunreinigung bzw. jeder Stoff hat eine andere Oberflächenenergie. Die Grösse oder Form der Wassertropfchen können sich dadurch von ganz flach bis zu halbkugelförmig unterscheiden. Diese unterschiedlichen Formen der Wassertropfchen lassen die bildhaften Erscheinungen entstehen, wenn die Scheiben feucht werden. Je flacher ein Wassertropfen ausläuft, d.h. je spitzer der Randwinkel des Tropfens ist, umso grösser ist die Benetzungsfläche und desto geringer

ist die Randspannung. Je höher ein Wassertropfen ist, d.h. je steiler der Randwinkel des Tropfens ist (kugelige Form), umso kleiner ist die Benetzungsfläche und desto höher die Randspannung. Erst wenn die Tröpfchen zu gross und somit zu schwer werden, wird die Randspannung überwunden, das Wasser läuft ab und kleinere Tröpfchen bilden sich neu.

Reinigung möglich

DIN 18361, VOB/B fordert als Nebenleistung unter 4.1.6 «Rückstandsfreies Entfernen der Klebestreifen, Etiketten, Distanzplättchen oder Glasverbindungsmitel». Bei den zu der unterschiedlichen Benetzbarkeit von Floatglas durch Wasser oder Wasserdampf führenden Einflüssen handelt es sich um keine (sichtbaren) Rückstände im Sinne der VOB, welche der Glaser erkennen und als Nebenleistung entfernen müsste.

Wenn in hartnäckigen Fällen die unterschiedliche Oberflächenbenetzbarkeit stört, so lässt sich diese beseitigen. Man muss versuchen unter die Randwinkelspannung der Substrate zu gelangen, indem man die Störschichten entfernt bzw. unterwandert. Benzin oder herkömmliche alkoholische Präparate sind dabei ebenso untauglich wie in aller Regel handelsübliche Glasreinigungsmittel.

Als probate Wasch- bzw. Reinigungsmittel sind solche geeignet, die Ammoniak enthalten. In hartnäckigen Fällen hat es sich bewährt, einen sauberen Leinenlappen mit einer Mischung aus etwa 50% verdünntem Salmiakgeist und 50% Spiritus gut zu durchfeuchten und darauf «Wiener Kalk» zu streuen, damit sich ein Schlamm bildet. «Wiener Kalk» ist in Fachgeschäften und in den meisten Drogerien erhältlich. Dieser Schlamm ist auf die Scheiben aufzutragen und kräftig zu verreiben.

Auch mit feiner Stahlwolle Nr. 00 und handelsüblichen Edelstahlputzmitteln wie z.B. «Stahlfix» lassen sich ohne grossen Aufwand gute Erfolge erzielen. Dabei ist das Edelstahlputzmittel mit der Stahlwolle Nr. 00 zu verreiben und die abgetrockneten weissen Rückstände mit einem sauberen und trockenen Baumwolltuch abzureiben. ■



Dipl. Ing. Thomas Fiedler ist Technischer Leiter der UNIGLAS GmbH & Co. KG und Sachverständiger für Glas, Glas am Bau und Bauphysik.

Weder für den Glashersteller, den Isolierglasproduzenten noch für den Glas verarbeitenden Handwerker kann die unterschiedliche Benetzbarkeit der Glasoberflächen ein Reklamationsgrund sein.

www.uniglas.net