

# Wärmeverluste gezielt reduzieren

Wärmeschutzglas besteht üblicherweise aus zwei oder drei Glasscheiben, die mit entsprechenden Abstandhaltern zu einer Einheit verbunden sind. Für die Endqualität spielen die Beschichtung, die Füllung der Zwischenräume sowie die Abstandhalter eine wichtige Rolle. Textquelle: Baunetzwissen, Bilder: Redaktion

**Aus wärmetechnischer Sicht** sind Glasflächen die Schwachstellen eines Gebäudes. Im Vergleich zu früher konnte die Wärmedämmung von Verglasungen in Fenstern und Fassaden jedoch erheblich verbessert werden. Verantwortlich dafür ist unter anderem der Einsatz von Mehrscheiben-Isoliergläsern, aber auch die Verwendung von metallischen, sehr dünnen und nicht sichtbaren Beschichtungen sowie von Edelgasen im Scheibenzwischenraum.

## Wärmefluss ausserhalb der Scheibenkante

Der Wärmefluss in Isolierglas wird ausserhalb der Scheibenkante grundsätzlich durch drei Anteile bestimmt:

- Strahlungsabgabe der vom Glas absorbierten Wärmestrahlung infolge des Emissionsvermögens der Scheibenoberfläche
- Wärmeleitung des Gases im Scheibenzwischenraum (SZR)
- Konvektion des Gases im SZR

Die Wärmestrahlung macht rund zwei Drittel, Wärmeleitung und Konvektion gemeinsam ein Drittel des Wärmeverlustes aus. Wesentlich für den Wärmeverlust ist also die Wärme-

strahlung und damit das Emissionsvermögen der Glasoberfläche. Dieses beträgt bei unbeschichteten Gläsern ca.  $e = 0,85$ , das heisst vereinfachend, dass etwa 85% der Wärme an der Glasoberfläche abgegeben werden.

## Low-E-Beschichtung

Das extrem hohe Emissionsvermögen von Glas lässt sich durch metallische Veredelungsschichten auf nur etwa  $e = 0,04$  reduzieren. Folglich werden sie auch als Low-E-Beschichtungen, bzw. mit ihnen ausgestattete Gläser als Low-E-Gläser bezeichnet (low-e = low-emissivity). Die optische Lichtdurchlässigkeit wird dadurch nicht beeinträchtigt. Die Effizienz der Low-E-Beschichtung ist durch deren Wirkungsprinzip auf unterschiedliche Wellenlängen begründet: Langwellige Wärmestrahlen werden reflektiert, kurzwellige sichtbare Wellen (zum Beispiel Sonnenstrahlen) können die Beschichtung aber passieren. Dieser Effekt wird an einem Auto, welches länger in der Sonne steht, deutlich: Die kurzwelligen Sonnenstrahlen dringen durch die Glasflächen, heizen die Innenausstattung auf, welche wiederum langwellige Wärmestrahlen

abgibt. Diese dringen nur zum Teil durch die Glasflächen zurück, der Innenraum bleibt heiss. Sind die Glasscheiben mit einer Wärmeschutzbeschichtung versehen, verringert diese den austretenden Teil der Wärmestrahlung noch einmal beträchtlich.

## Edelgas im Scheibenzwischenraum

Durch die Verwendung von Edelgasen als Füllmedium im Scheibenzwischenraum (SZR) von Isoliergläsern lässt sich der Wärmefluss positiv beeinflussen. Als Edelgase finden in der Regel Argon, Krypton und selten Xenon Anwendung. Diese sind schwerer als Luft und können somit aufgrund ihrer höheren Trägheit, bedingt durch die grösseren Atome der Gase, nicht so gut auf Temperaturdifferenzen zwischen den Scheiben reagieren. Entsprechend der verwendeten Gasfüllung ergeben sich unterschiedliche optimale Scheibenabstände: Für Argon werden 16 mm, für Krypton 12 mm und für Xenon 8 mm vorgeschlagen. Der Wärmedurchgangskoeffizient lässt sich in Abhängigkeit des verwendeten Füllgases um 0,3 bis 0,5  $W/m^2K$  reduzieren. Die oben genannten Scheibenabstände resultieren aus >

## VITRAGE D'ISOLATION THERMIQUE

# Réduire les déperditions de chaleur de façon ciblée

Le vitrage d'isolation thermique se compose normalement de deux ou trois épaisseurs de vitres maintenues par des écarteurs. Pour garantir la qualité finale, le revêtement, le remplissage des espacements entre les vitres ainsi que les écarteurs jouent un rôle important.

**En matière d'isolation thermique,** les surfaces vitrées sont les points faibles d'un bâtiment. Les progrès ont permis d'améliorer considérablement l'isolation thermique des vitrages dans les fenêtres et les façades. C'est grâce notamment à l'utilisation de verres isolants mul-

tiples, mais également de revêtements métalliques invisibles et très fins, ainsi que de gaz nobles dans l'espacement entre les vitres.

## Flux thermique à l'extérieur des bordures de vitres

Le flux de chaleur dans le vitrage

isolant est en principe déterminé à l'extérieur des bordures de vitres par trois caractéristiques :

- Transmission du rayonnement thermique absorbé par le verre due à l'émissivité de la surface vitrée
- Conduction thermique du gaz dans l'espacement entre les vitres

- Convection du gaz dans cet espacement

Le rayonnement thermique représente environ 2/3 de la déperdition de chaleur, la conduction thermique et la convection en représentent 1/3 à elles deux. Le rayonnement ther-



Bei einer Low-E-Beschichtung werden langwellige Wärmestrahlen reflektiert, kurzwellige sichtbare Wellen (Sonnenstrahlen) können die Beschichtung passieren.

Avec un revêtement Low-E, le rayonnement thermique a ondes longues est réfléchi, et les ondes courtes visibles (rayons solaires) peuvent traverser le revêtement.

**Durch die Verwendung von Edelgasen als Füllmedium im Scheibenzwischenraum (SZR) von Iso-liergläsern lässt sich der Wärmefluss positiv beeinflussen. Als Edelgase finden in der Regel Argon, Krypton und selten Xenon Anwendung. Diese sind schwerer als Luft und können somit aufgrund ihrer höheren Trägheit, bedingt durch die grösseren Atome der Gase, nicht so gut auf Temperaturdifferenzen zwischen den Scheiben reagieren.**

mique, et avec lui l'émissivité de la surface du verre, sont donc cruciaux en termes de déperdition de chaleur. Celle-ci, dans le cas de verres sans revêtement, s'élève à env.  $e = 0,85$ . Pour simplifier, cela signifie qu'env. 85 % de la chaleur de la surface vitrée est transmise.

#### Revêtement Low-E

L'émissivité extrêmement élevée du verre peut être réduite par des couches de finition métalliques d'env.  $e = 0,04$  seulement. En conséquence, on les appelle aussi « revêtements Low-E », ou, avec les

verres qui en sont munis « verres Low-E » (low-e = low emissivity). La transparence optique n'en est pas affectée. L'efficacité du revêtement Low-E est justifiée par son action sur les différentes longueurs d'onde. Le rayonnement thermique à ondes longues est réfléchi, tandis que les ondes courtes visibles (par exemple le rayonnement solaire) peuvent traverser le revêtement. Cet effet est net sur une voiture restée longtemps au soleil : le rayonnement solaire à ondes courtes pénètre les surfaces vitrées, chauffe l'intérieur de l'habitacle qui libère à son tour

un rayonnement thermique à ondes longues. Ces ondes ne traversent les surfaces vitrées qu'en partie, l'habitacle reste chaud. Si les vitres sont munies d'un revêtement de protection thermique, celui-ci réduit à nouveau considérablement la part de rayonnement émis.

#### Gaz noble dans l'espacement entre les vitres

L'utilisation de gaz nobles pour remplir l'espacement entre les vitres de vitrages isolants a une influence positive sur le flux de chaleur. Les gaz utilisés sont en général l'argon,

le krypton, et, rarement, le xénon. Ils sont plus lourds que l'air et peuvent donc, en raison de leur inertie plus élevée due à leurs atomes plus volumineux, ne pas réagir aussi bien aux variations de température entre les vitres. En fonction du gaz utilisé pour le remplissage, l'espacement idéal entre les vitres diffère : pour l'argon, 16 mm est recommandé, le krypton 12 mm et le xénon 8 mm. Le coefficient de transfert thermique peut être réduit de 0,3 à 0,5  $W/(m^2K)$  selon le gaz de remplissage utilisé. Les espacements susmentionnés ont été obtenus à partir de l'interaction >

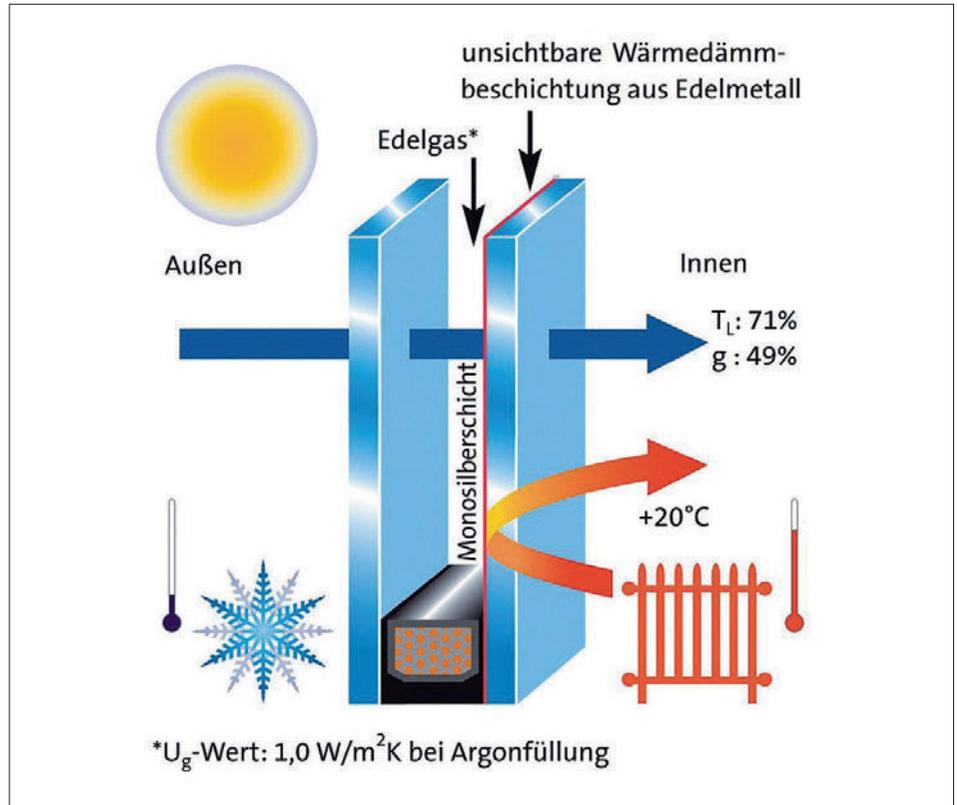
## WÄRMESCHUTZGLAS

> dem Zusammenspiel zwischen Wärmeleitung und Konvektion: Die Wärmeleitung nimmt mit grösserem Scheibenzwischenraum ab, die Konvektion nimmt mit einem grösseren Abstand zu.

Am Beispiel einer 2-fach-Isolierverglasung (Aufbau 4 mm / 12 mm / 4 mm) wird der Effekt sichtbar: Einfaches Glas besitzt einen Wärmedurchgangskoeffizienten von etwa 4,8 W/m<sup>2</sup>K. Ein luftgefülltes Isolierglas im o.g. Aufbau reduziert diesen Wert auf 2,8 W/m<sup>2</sup>K. Bei Einsatz von Edelgasen anstelle von Luft reduziert sich der Wärmedurchgang bei Argon auf 2,7 W/m<sup>2</sup>K, bei Krypton oder Xenon auf 2,6 W/m<sup>2</sup>K. Aber erst der Einsatz von Low-E-Beschichtungen reduziert durch eine Verringerung der Wärmeabstrahlung die Werte in den Bereich von etwas über 1 W/m<sup>2</sup>K.

### Wärmeverluste im Kantenbereich

Dem Randverbund kommt nicht nur die wichtige Aufgabe zu, die Scheiben eines Isolierglases dauerhaft zu verbinden, er verhindert auch das Diffundieren des Edelgases aus dem SZR heraus und von Wasserdampf in den SZR hinein. Gleichzeitig muss er Druckänderungen im SZR durch Temperaturänderungen und daraus resultierende elastische Bewegungen kompensieren. Randabstandshalter werden aus verschiedenen Materialien gefertigt: Konventionelle Systeme bestehen aus Aluminium oder verzinktem Stahl und sind daher eine wesentliche Ursache für Wärmebrücken im Randbereich eines Isolierglases bzw. im Übergangsbereich zwischen Verglasung und Rahmen. Thermisch optimierte Randverbundsysteme aus Kunststoff (zum Beispiel TIS-Abstandshalter) oder Edelstahl verringern den Wärmefluss am Übergang und heben somit die Oberflächentemperaturen im Vergleich zu einfachen Systemen auf der Scheibeninnenseite an. Begründet ist dies durch die Tatsache, dass Edelstahl das Metall mit der geringsten Wärmeleitfähigkeit ist; die Wärmeleitfähigkeit



Schematische Darstellung: Sonnenstrahlen durchdringen das Glas. Wärmestrahlen werden reflektiert und im Raum gehalten.

Schéma : le rayonnement solaire pénètre le verre. Le rayonnement thermique est réfléchi et reste dans la pièce.

higkeit dieses Materials ist ca. 13-mal geringer, die von Kunststoff sogar etwa 1000-mal geringer als die von Aluminium. Derartige Abstandhaltersysteme werden auch als «warme Kante» bezeichnet. Die quantitative Verbesserung des U-Wertes beträgt in der Regel etwa 0,1 W/(m<sup>2</sup>K). Der längenbezogene Durchgangskoeffizient U<sub>g</sub> ist sogar etwa 50% geringer als bei konventionellen Abstandhaltern aus Aluminium. ■

Informieren Sie sich im Fachregelwerk. Das Fachregelwerk Metallbauerhandwerk - Konstruktionstechnik enthält im Kap. 1.10 wichtige Informationen zum Thema «Konstruktiver Glasbau».

metallbaupraxis Schweiz Verhindern Sie Schadenfälle mit Hilfe des Fachregelwerks. Das Fachregelwerk ist unter [www.metallbaupraxis.ch](http://www.metallbaupraxis.ch) erhältlich.

## VITRAGE D'ISOLATION THERMIQUE

> entre conduction thermique et convection : avec un espacement entre les vitres important, la conduction thermique diminue tandis que la convection augmente.

À l'image d'un double vitrage isolant (constitution 4/12/4 mm), l'effet est visible : le coefficient de transfert thermique du verre simple est d'env. 4,8 W/(m<sup>2</sup>K). Un vitrage isolant avec remplissage d'air selon la constitution énoncée réduit cette valeur à 2,8 W/(m<sup>2</sup>K). En remplaçant l'air par des gaz nobles, le transfert thermique tombe à 2,7 W/(m<sup>2</sup>K) avec de l'argon et 2,6 W/(m<sup>2</sup>K) avec du krypton ou

du xénon. Mais seule l'utilisation de revêtements Low-E, par la diminution du rayonnement thermique, permet de réduire ce coefficient à des valeurs légèrement supérieures à 1 W/(m<sup>2</sup>K).

**Déperdition de chaleur en bordures** L'intercalaire n'a pas pour seule fonction importante de relier les vitres d'un vitrage isolant de façon durable, elle empêche également le gaz noble de s'échapper de l'espacement entre les vitres et la vapeur d'eau d'y entrer. Parallèlement, elle doit compenser les changements de pression dans l'espacement entre les vitres dus aux variations de tempéra-

tures et aux mouvements élastiques qui en résultent. Les écarteurs sont fabriqués à partir de différents matériaux : les systèmes conventionnels se composent d'aluminium ou d'acier galvanisé et sont donc une cause importante de ponts thermiques en bordure d'un vitrage isolant ou à la jonction du vitrage et du cadre. Les systèmes de joint périphérique optimisés sur le plan thermique en matière synthétique (par exemple écarteurs TIS) ou en acier inoxydable diminuent le flux thermique à la jonction et augmentent ainsi les températures des surfaces par rapport aux systèmes simples sur la face

intérieure de la vitre. Cela s'explique du fait que l'acier inoxydable est le métal ayant le plus faible coefficient de conductivité thermique ; la conductivité thermique de ce matériau est environ 13 fois inférieure à celle de l'aluminium, celle du plastique est même environ 1000 fois inférieure. Les systèmes écarteurs actuels sont dits aussi « à bord chaud ». L'amélioration quantitative de la valeur U est en général de près de 0,1 W/(m<sup>2</sup>K). Le coefficient de transfert linéique u<sub>g</sub> est même presque 50% plus faible qu'avec les écarteurs conventionnels en aluminium. ■