

Schwitzwasserbildung mit Umkehreffekt

Warum Scheiben auch außen beschlagen können

1 Getrübte Aussicht nach klarer Nacht – nicht nur ein Laternengaragenproblem

Tauwasserbildung auf Scheibenoberflächen

Das Beschlagen *raumseitiger* Scheibenoberflächen ist eine allgemein bekannte Erscheinung. Die Entstehungsursachen sind physikalisch relativ einfach erklärbar. Die Frage der Akzeptanz oder Beanstandung ist damit selbstverständlich noch nicht geklärt. Den Zusammenhängen, wie

es zu Tauwasserbildung auf inneren Scheibenoberflächen kommt, und wie dieser Effekt zu beurteilen ist, hat sich das ifz info 2/93 ausführlich gewidmet.

Doch wie verhält es sich, wenn *äußere* Scheibenoberflächen beschlagen oder sich gar Reif auf diesen Flächen bildet?

Wir beobachten zwar gerade nach kalten klaren Nächten in der Natur auf freiliegenden Flächen Tau und Reif. Bei einem in einer Laternengarage abgestellten Auto wird das Erlebnis oft sehr handfest, wenn vor

Inhalt dieser Ausgabe:

Schwitzwasserbildung mit Umkehreffekt Warum Scheiben auch außen beschlagen können	Seite 1
1 Getrübte Aussicht nach klarer Nacht – nicht nur ein Laternengaragenproblem	Seite 1
2 Rechen- und Betrachtungsmodelle Lösungen für vieles, aber nicht Erklärungen für alles	Seite 2
3 Beispiele für Umkehreffekte Äußere Oberflächen kälter als Außenluft	Seite 3
4 Wirksamer Entzug von Wärme nach außen – geringer Wärmenachschub von innen Einflüsse – Bewertung – Maßnahmen	Seite 4



dem Start kräftig geschabt und gekratzt werden muß.

Bei Verglasungen in Gebäuden, die nach einer kühlen Nacht nicht innen, sondern außenseitig beschlagen sind, stehen viele zunächst trotz dieser allgemein bekannten Erfahrungen vor einem Rätsel. Man hat doch gerade den Wärme- und Tauwasser-schutz wesentlich verbessert. Der k-Wert wurde halbiert oder auf ein Drittel reduziert. Ist hier irgend etwas schiefgelaufen?

2 Rechen- und Betrachtungsmodelle Lösungen für vieles, aber nicht Erklärungen für alles

Folgt man dem üblichen winterlichen Betrachtungsmodell nach Norm, so wird eine Raumtemperatur von +20 °C und eine deutlich tiefere Außentemperatur (bei Tauwasserberechnungen in der Regel -15 °C) zugrunde gelegt. Damit ergibt sich ein Temperaturgefälle von innen nach außen, wobei wegen der Wärmeübergangswiderstände die innere Oberflächentemperatur immer unterhalb der Raumtemperatur und die äußere Oberflächentemperatur immer oberhalb der Außentemperatur liegt (Bild 1).

Tauwasser auf Oberflächen kann dann entstehen, wenn die Oberflächentempera-

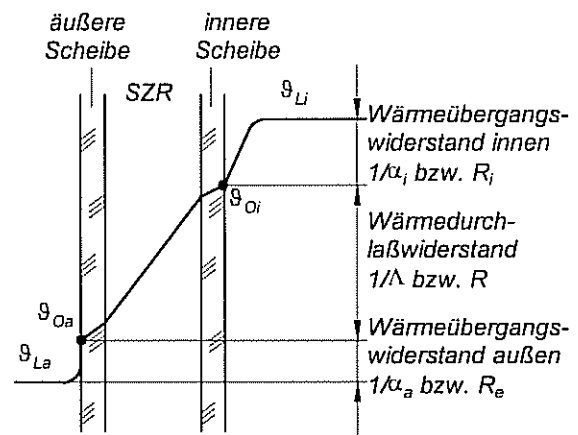


Bild 1 Temperaturverlauf bei Zweischeiben-Isolierglas unter stationären winterlichen Randbedingungen

turen niedriger werden als die Temperaturen der Umgebungsluft und dabei die Taupunkttemperaturen erreicht oder unterschritten werden. Entscheidend ist außerdem jeweils der Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

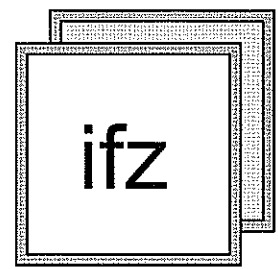
Ist die Luft relativ trocken, so wird die Tauwasserbildung erst dann entstehen, wenn die Oberflächentemperatur erheblich unterhalb der Lufttemperatur liegt.

Beispiel

Lufttemperatur +20 °C
rel. Luftfeuchte 30 %

Tauwasser entsteht auf Oberflächen dann, wenn diese eine Temperatur $\leq 1,9$ °C (Taupunkttemperatur) aufweisen.

Ist die Luft jedoch relativ feucht, so wird die Tauwasserbildung bereits dann auftreten,



ifz info

ifz info

ifz info

ifz info

ifz info

wenn die Oberflächentemperaturen nur geringfügig unter der Lufttemperatur liegen.

Beispiel

Lufttemperatur +20 °C
rel. Luftfeuchte 80 %

Tauwasser entsteht auf Oberflächen dann, wenn diese eine Temperatur $\leq 16,4$ °C (Taupunkttemperatur) aufweisen.

Die Tauwasserbildung auf raumseitigen Oberflächen ist also mit Hilfe dieser Grundlagen und Betrachtungsmodelle erklärbar und nachweisbar. Für den Umkehr-effekt, d. h. das Beschlagen äußerer Glasoberflächen ergeben sich daraus noch keine nachvollziehbaren Zusammenhänge.

Das Außenklima kümmert sich nicht um unsere vereinfachten Modellbetrachtungen. Es kann also durchaus vorkommen, daß sich die Außenluft rascher erwärmt als die äußeren Oberflächen von Bauteilen oder anderen Gegenständen.

Eine besondere Rolle spielt dabei einerseits die während der Nachtstunden zustande kommende Abkühlung äußerer Oberflächen und andererseits die Geschwindigkeit der Temperatur- und Feuchtezunahme der Luft in den Morgenstunden.

Die Abkühlung äußerer Oberflächen ist insbesondere davon abhängig, ob diese „Blickkontakt“ zu einem freien Firmament haben oder sich im Strahlungsaustausch

mit ähnlich warmer bzw. kalter Umgebung befinden.

Horizontale oder geneigte Oberflächen „sehen“ unter Umständen einen klaren Sternenhimmel. Temperaturen von -40 °C bis -50 °C treten bereits in einer Höhe von 10 bis 15 km über der Erdoberfläche, also in einem noch relativ nahen Bereich des Himmels auf.

Ein Strahlungsaustausch zwischen einer warmen Oberfläche und diesem kalten Himmel kann trotz der großen Entfernung problemlos stattfinden, solange keine Hindernisse wie z. B. Wolken dazwischen liegen. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wärmestrahlung ist gleich groß wie die des Lichts und beträgt 300 000 km/s.

Strahlung braucht zur Übertragung auch keine Materie. Die Übertragung funktioniert also auch im luftleeren Raum.

3 Beispiele für Umkehreffekte Äußere Oberflächen kälter als Außenluft

Die äußere Oberflächentemperatur kann bei den in Bild 2 skizzierten Umgebungsbedingungen deutlich unter die äußere Lufttemperatur absinken. Temperaturen von deutlich unter 0 °C sind möglich. Damit

entsteht auf der äußeren Oberfläche nicht nur Tauwasser, sondern auch Reif.

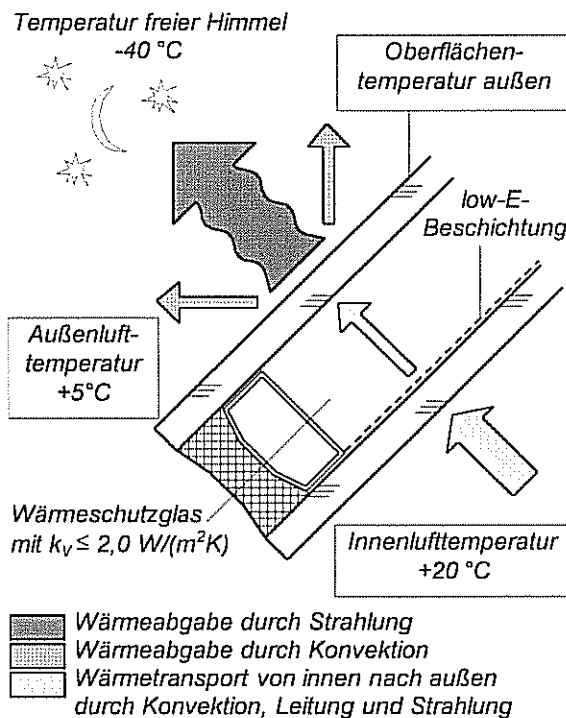


Bild 2 Wärmestrom bei einem Zweischeiben-Isolierglas mit verstärkter Wärmeabgabe der Außenscheibe zu einem sternklaren Himmel infolge Strahlungsaustausch

Die in Bild 2 skizzierten Verhältnisse können an Schrägverglasungen und Dachflächenfenstern entstehen, wenn sich der Himmel frei darüber wölbt und ein ungehinderter Strahlungsaustausch stattfinden kann.

Bei senkrechten Verglasungen und bei üblichen Fenstern wird dieser Effekt bereits

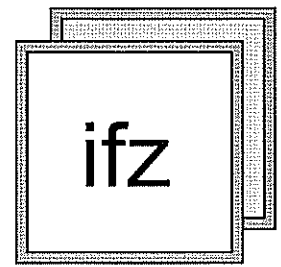
deutlich geringer und seltener zustande kommen. Bei exponierten Flächen und frei stehenden Gebäuden sind jedoch auch immer wieder einmal Beschlagerscheinungen auf äußeren Glasoberflächen möglich.

4 Wirksamer Entzug von Wärme nach außen – geringer Wärmenachschub von innen Einflüsse – Bewertung – Maßnahmen

Die physikalischen Zusammenhänge sind klar. Wenn ein intensiver Strahlungsaustausch der Außenscheibe mit dem erheblich kälteren klaren Nachthimmel zustande kommt, gleichzeitig jedoch von der Raumseite her der Wärmetransport stark reduziert wird, sind Beschlag- und Reifbildung auf der Außenoberfläche möglich.

Die Effekte treten hauptsächlich in den frühen Morgenstunden auf, wenn sich die umgebende Luft bereits wieder erwärmt, die Temperaturen von Oberflächen jedoch noch zurückbleiben.

Auch ein rascher Wetterwechsel mit plötzlich nachströmender wärmerer und feuchter Luft aus Westen kann dazu führen, daß es zu einem Abkühlen dieser Luft auf den noch kalten Oberflächen und zu einem Beschlagen auf äußeren Glasoberflächen kommt.



ifz info

ifz info

ifz info

ifz info

ifz info

Eine Gegenstrategie wäre zwar einfach, aber unter dem Gesichtspunkt der Energieeinsparung kontraproduktiv.

Wenn der Wärmedurchgang von innen, also der k-Wert erhöht würde, so würde damit die Außenscheibe auch stärker erwärmt werden. Damit könnte der Abstrahlereffekt nach außen ausgeglichen und das Beschlagen der äußeren Scheibenoberfläche vermieden werden.

Zielkonflikte bei Veränderungen von technischen Eigenschaften gibt es immer. Das Problem des Beschlagens von äußeren Scheibenoberflächen an einigen Tagen im Jahr und nur bei einem Zusammentreffen einiger ungünstiger Umgebungsbedingungen wird man in seiner Bedeutung deutlich geringer einstufen müssen als einen permanent höheren Transmissionswärmeverlust während der Heizperiode.

Kommt es also zu einem Tauwasserbelag auf der Außenseite, insbesondere im mittleren Bereich von Verglasungen, so ist dies zunächst ein Indiz für eine gute Wärmedämmung.

Ein nicht beschlagener Glasrand ist auch ein klares Zeichen dafür, daß es sich um den Umkehrereffekt der bekannten raumseitigen Tauwasserbildung handelt. Auf der Innenseite wird die Tauwasserbildung stets am Glasrand wegen des dort erhöhten Wärmedurchgangs beginnen.

Welche Erkenntnisse und Empfehlungen lassen sich aus den geschilderten Zusammenhängen gewinnen?

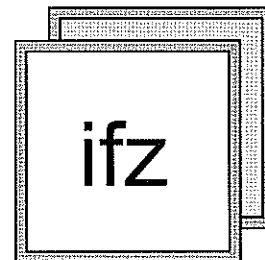
1. Tauwasser- und Reifbildungen auf äußeren Glasoberflächen sind bei Mehrscheiben-Isoliergläsern mit stark reduziertem k-Wert grundsätzlich eher möglich als bei den früher üblichen Verglasungen.

2. Neben dem Wärmedurchgangskoeffizienten k der Verglasung sind die inneren und äußeren Verhältnisse für die Wärmezufuhr und die Wärmeabfuhr von entscheidender Bedeutung. Wird die Wärmezufuhr von der Raumseite durch fehlende oder geringe Beheizung (z. B. Treppenträume, Altbauten mit Einzelraumheizungen, geschlossene Vorhänge, tiefe Nischen usw.) vermindert, so begünstigt dies die Tauwasserbildung.

Gleiches gilt dann, wenn die Glasflächen nach außen infolge freier Lage und Strahlungsaustauschmöglichkeit mit dem freien Nachthimmel stärker abkühlen können.

3. Der Feuchtigkeitsbelag auf der Außenseite verschwindet mit zunehmender Erwärmung der Außenluft und der äußeren Glasoberfläche in der Regel bereits wieder in den ersten Vormittagsstunden.

Solange die Oberflächentemperatur noch unter der Taupunkttemperatur



ifz info

ifz info

ifz info

ifz info

ifz info

liegt, wird sich der Belag auch nach einem Abwischen wieder neu bilden.

4. Eine wirksame Vorbeugungsmaßnahme stellen auf jeden Fall zusätzliche äußere Abdeckungen, insbesondere Rolläden und Klapppläden dar. Diese verhindern den Strahlungsaustausch und das Abkühlen der äußeren Glasoberflächen.
5. Hinzuweisen ist in diesem Zusammenhang auch noch auf die „Richtlinie zur Beurteilung der visuellen Qualität von Isolierglas“, die unter Abschnitt 4.2.4 eine Aussage zur Kondensation auf Scheibenaußenflächen enthält (Herausgeber: Bundesinnungsverband des Glaserhandwerks, Hadamar und Bundesverband Flachglas Großhandel, Isolierglasherstellung, Veredlung e.V., Troisdorf).

Impressum

Herausgeber:

Informationszentrum Fenster Türen Fassaden e.V.,
Theodor-Gietl-Str. 9, 83026 Rosenheim,
Telefon 0 80 31/261-0, Telefax 0 80 31/261 290

Text:

Hans Froelich

Hinweise:

Grundlage dieser ifz infos sind in der Hauptsache Arbeiten und Erkenntnisse des Instituts für Fenstertechnik e. V., Rosenheim (i.f.t. Rosenheim). Ohne ausdrückliche Genehmigung des ifz ist es nicht gestattet, die Ausarbeitung oder Teile hieraus nachzudrucken oder zu vervielfältigen. Irgendwelche Ansprüche können aus der Veröffentlichung nicht abgeleitet werden.