

Schimmel und Kondensat

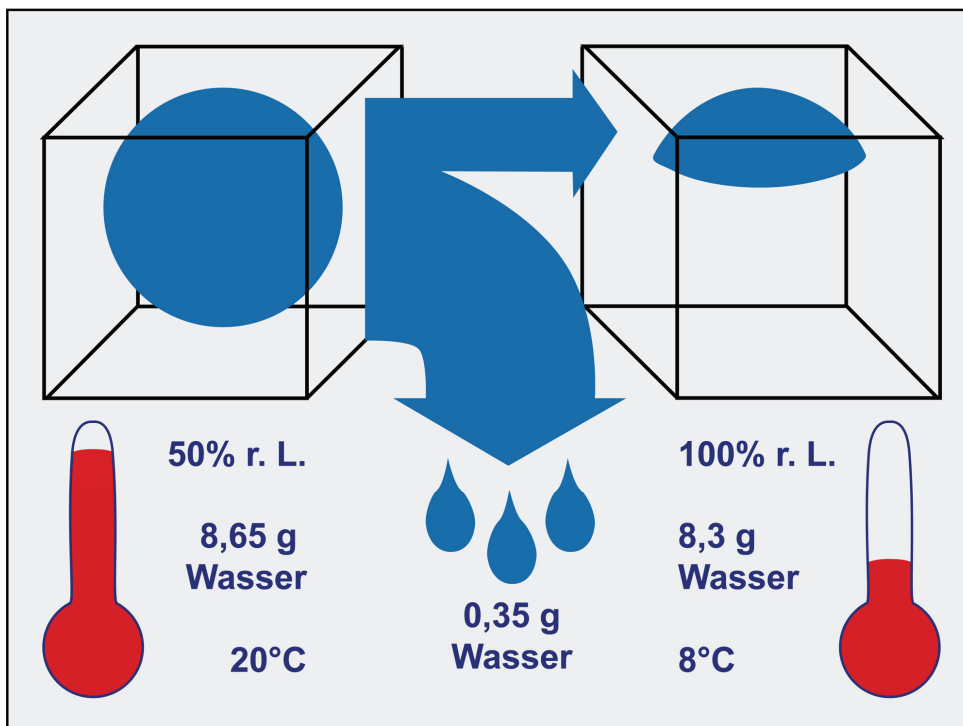
Die uns umgebende Luft hat die Eigenschaft, Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf aufzunehmen. Diese Aufnahme von Wasserdampf geschieht sowohl bei Plus- wie auch bei Minustemperaturen. Jedoch nimmt mit sinkender Temperatur die Fähigkeit der Luft ab, Feuchtigkeit (also Wasserdampf) zu binden. Mit zunehmender Temperatur steigt natürlich diese Aufnahmefähigkeit. Bei 0°C kann die Umgebungsluft maximal 5,0 g/m³ an Wasser aufnehmen. Bei 20°C sind dies bereits 17,3 g/m³. Die maximal aufnehmbare Wassermenge ist die Obergrenze der relativen Luftfeuchtigkeit und deshalb immer 100%.

Wenn nun warme, feuchte Luft an kältere Oberflächen gelangt, kühlt diese sich ab. Mit fallender Temperatur sinkt auch ihre Fähigkeit, Feuchte aufzunehmen. Dadurch steigt automatisch die relative Feuchte an. Die überschüssige Feuchtigkeit kann nicht mehr gehalten werden und es entsteht Kondensat.

Beispiel: Bei 20°C und 50 % relativer Feuchte hat 1m³ Luft eine absolute Wassermenge von 8,65 g aufgenommen. Sinkt die Temperatur auf 10°C ab und die Wassermenge bleibt mit 8,65 g/m³ gleich, so steigt die relative Feuchte auf ca. 92 %. Bei einer weiteren Abkühlung auf z.B. 8°C, ist eine relative Feuchte von 100% erreicht und es kommt zur Wasserabgabe (Kondensat).

Je stärker die Luft abgekühlt wird, umso mehr Feuchtigkeit wird abgegeben, umso so schneller und stärker tritt Kondensat auf. Diese Kondensation, die auch als Taupunkt bezeichnet werden kann, erfolgt so lange, bis die Sättigungsgrenze der Luft (100% relative Feuchte) wieder unterschritten wird.

Die Kondensatbildung ist ein physikalischer Vorgang, der genauen Gesetzmäßigkeiten und den örtlichen Gegebenheiten wie Außentemperatur, Raumtemperatur, U-Wert des Bauteils und der relativen Feuchte der Luft unterliegt.



Mit fallender Temperatur sinkt die Fähigkeit der Luft, Feuchte aufzunehmen.

Kondensat an der Verglasung raumseitig

Um Kondensat an der raumseitigen Scheibenoberfläche möglichst zu vermeiden, sollte versucht werden, die raumseitigen Oberflächentemperaturen hoch zu halten. In der Praxis geschieht das in erster Linie durch Einsatz von Verglasungen mit einem niedrigen U-Wert. Aktuelle Zweifach-Verglasungen haben einen Ug-Wert von $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ und Dreifach-Verglasungen einen Ug-Wert von $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ bzw. $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Definition Ug-Wert (U-Wert = Wärmedurchgangskoeffizient)

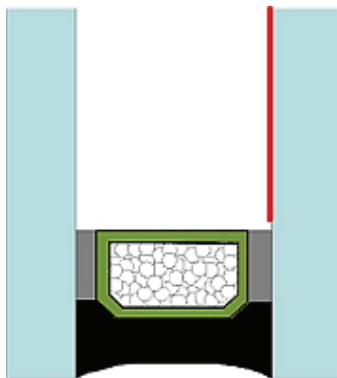
Je kleiner der Ug-Wert, desto besser ist grundsätzlich die Wärmedämmung. Der Ug-Wert sagt aus, wieviel Energie in Watt pro m^2 Glasfläche und 1°K Temperaturunterschied zwischen innen und außen über die Verglasung verloren geht. Je größer der Ug-Wert, desto stärker ist der Wärmefluss von der Raumseite über die Verglasung nach außen und desto stärker kühlt die Scheibenoberfläche raumseitig ab. Je kälter die Scheibenoberfläche ist, desto früher entsteht Kondensat.

Neben diesem einfach zu erklärenden Zusammenhang zwischen Ug-Wert und Oberflächentemperatur der Verglasung gibt es eine Reihe von Verstärkern, die in den kalten Wintermonaten zusätzlich für eine Abkühlung der raumseitigen Scheibenoberfläche sorgen und somit Kondensat und das Schimmelpilzwachstum fördern.

Verstärker 1 - Scheibenabstandhalter aus Aluminium

Ist die Wärmeschutzverglasung mit einem Aluminiumabstandhalter ausgestattet, wird der Wärmefluss verstärkt und kühlt im Bereich der Randzone des Scheibenabstandhalters deutlich stärker ab ($1,5 - 2,5^\circ\text{C}$) als beispielsweise bei Einsatz eines Kunststoff-Scheibenabstandhalters. Ein Aluminium-Scheibenabstandhalter leitet Wärme ca. 800 Mal besser als ein Kunststoff-Scheibenabstandhalter. **TIPP:** Einsatz eines Kunststoff-Scheibenabstandhalters!

Das erhöht die Oberflächentemperatur in den Randbereichen der Verglasung. Somit wird der Kondensatbildung wirkungsvoll begegnet.



Scheibenabstandhalter aus Kunststoff wirken Kondensat entgegen.

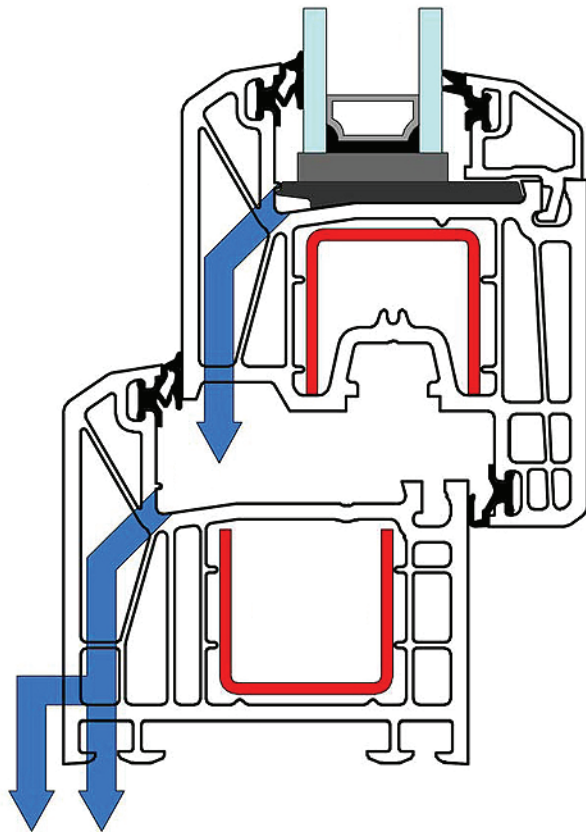


Die Warme Kante erhöht die Oberflächentemperatur in den Randbereichen der Verglasung.

Verstärker 2 - Glasfalzbelüftung

Es ist bauphysikalisch nicht vermeidbar, dass bei herkömmlichen Fenstersystemen im Bereich des Glasfalzes Kondensat entstehen oder auch Feuchtigkeit von außen über die Glasdichtung in den Glasfalz gelangen kann. Deshalb muss der Glasfalz nach unten entwässert und auch mit Druckausgleichsfräsungen versehen werden. Fenster an der windzugewandten Seite sind einem Überdruck ausgesetzt. Es kann vorkommen, dass im Winter kalte Außenluft über die Entwässerungsführungen bis direkt in den Glasfalz und auch an die Glasleiste mit der Dichtung herangeführt wird, was dort zu einer Abkühlung der raumseitigen Oberflächentemperatur führt.

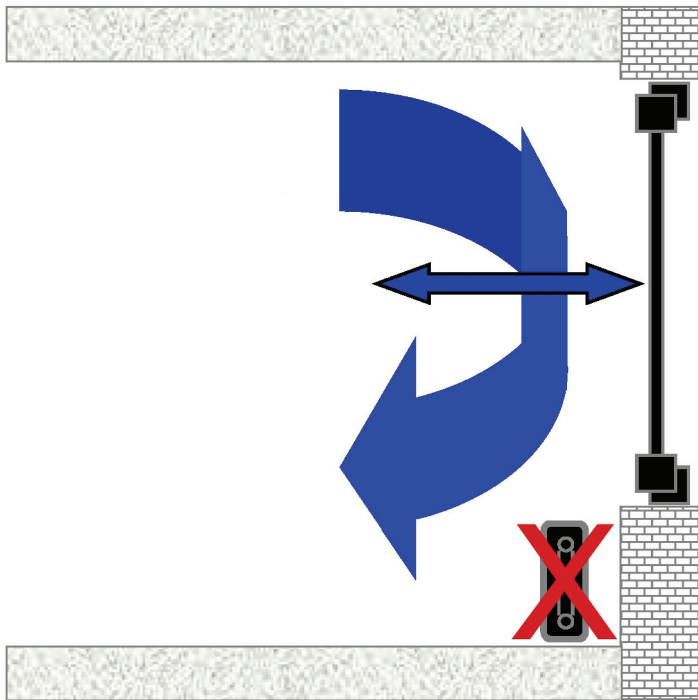
Die Glasfalzbelüftung ist technisch und konstruktiv bedingt.



Der Glasfalz muss nach unten entwässert werden.

Verstärker 3 - Fußbodenheizung

Fußbodenheizungen mit geringen Vorlauftemperaturen führen dazu, dass die Glasoberfläche raumseitig mit weniger Wärme „versorgt“ wird. Radiatorheizungen, in der Regel direkt unter dem Fenster angeordnet, geben höhere Temperaturen ab, die dann über Konvektion an die Scheibenoberfläche herangetragen werden. Bei Fußbodenheizungen besteht deshalb die Gefahr des Kälteabfalles im Bereich der Verglasung. Da die Luft im Bereich der Verglasung kälter ist und kalte Luft schwerer als warme Luft ist, fällt die kühle Raumluft nach unten ab und verstärkt dort die Abkühlung.



Fußbodenheizungen "versorgen" die Glasoberfläche mit weniger Wärme als Radiatorheizungen.

Verstärker 4 - Hoher Feuchteintrag

Kochvorgänge, das tägliche Baden und Duschen, die Feuchteabgabe von Personen, Pflanzen und Tieren, die Feuchtigkeitsabgabe der Bauteile, und anderes mehr, führen zu einer Zunahme des Feuchtegehalts in der Wohnung. Wird die relative Luftfeuchtigkeit von 80 % erreicht, kann Schimmelpilz bereits gedeihen. Bei Erreichen einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100 % entsteht Kondensat. Kondensat entsteht zuerst an der kältesten Stelle. Die kälteste Stelle liegt meistens beim Fenster. Also wird dort Kondensat zuerst entstehen. In aller Regel zuerst im Bereich der Randzone der Verglasung. Vor allem in Neubauten kommt hinzu, dass die Außenwände in den ersten Jahren nach Bezug immer noch eine große Menge an Restfeuchtigkeit gespeichert haben und diese an den Raum abgeben.

Mensch bei 20°C	Kochen	Duschen	Mittelere Topfpflanze
30-50g / Std.	600-1500 g	2600 g	7-15g / Std.

Je nach Lebenssituation wird in einer Wohnung unterschiedlich viel Feuchte produziert.

Verstärker 5 - Unbeheizte oder wenig beheizte Räume

Wenn bestimmte Räume weniger beheizt oder gar nicht beheizt werden, entsteht Kondensat an der Verglasung oder am Fenster sehr viel häufiger und früher weil die Oberflächentemperaturen niedriger sind als in beheizten bzw. wärmeren Räumen. In der Regel ist das der Fall im Schlafzimmer, im WC, im Abstellraum oder auch im ungenutzten Büro. Das gleiche gilt, wenn die Heizungsanlage auf „Nachtabenkung“ eingestellt ist und nachts die Temperatur automatisch „herunterfährt“. Wird morgens nach dem Aufstehen, geduscht, gewaschen, gefrühstückt steigt die Luftfeuchtigkeit an und wird über den sogenannten Druckausgleich (feuchte Luft verfügt über einen höheren Dampfdruck) in das kältere Schlafzimmer bzw. andere Räume transportiert. Dort steigt die relative Luftfeuchtigkeit „schlagartig“ an.

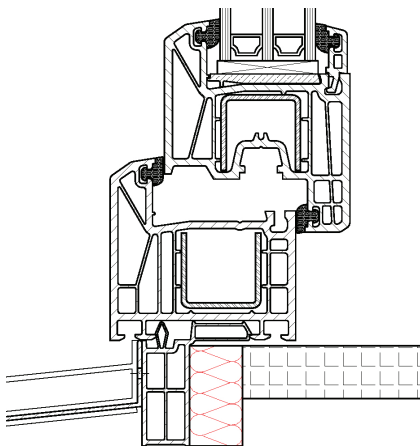
Die Beheizung der Räume liegt im Ermessen des Nutzers.

Verstärker 6 - "Keine" Lüftungstechnische Maßnahme

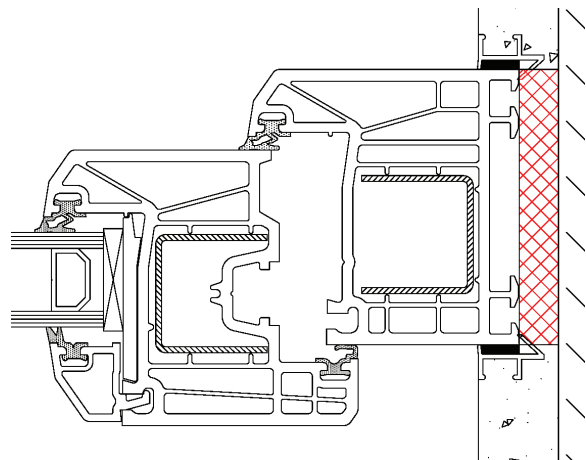
Sobald neue Fenster im Neubau oder bei einer Modernisierung eingebaut werden muss das Lüftungsverhalten der Dichtigkeit der Gebäudehülle und den Möglichkeiten der Bewohner angepasst werden. Sofern ein ausreichendes Lüften durch manuelles Fensteröffnen dem Bewohner nicht zugemutet werden kann, muss über eine Lüftungstechnische Maßnahme der erforderliche Lüftungsvolumenstrom sichergestellt werden. Wenn gewährleistet ist, dass durch Lüftung die feuchte Raumluft gegen trockenere Außenluft ersetzt wird und keine vermeidbaren Wärmebrücken vorliegen, kann Kondensatbildung in aller Regel ausgeschlossen werden.

Verstärker 7 - Fensteranschluss unten

Der Fensteranschluss ist vollflächig auszudämmen. Der untere Fensteranschluss zum Mauerwerk kann aus konstruktiven Gründen in aller Regel jedoch nicht so gut ausgedämmt werden wie die seitlichen Fensteranschlüsse. Das liegt daran, dass unten ein sogenanntes Fensterbankanschlussprofil angeordnet wird um eine äußere und ggf. innere Fensterbank fachgerecht anschließen zu können. So verbleibt weniger Platz zum Ausschäumen bzw. Ausdämmen des Anschlussbereiches.



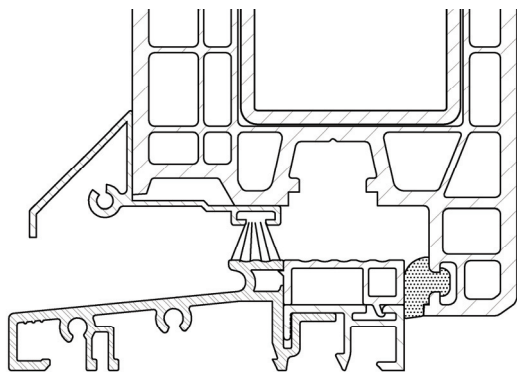
Der untere Fensteranschluss ist durch Bankprofile schlechter zu dämmen.



Seitliche Fensteranschlüsse lassen sich deutlich besser ausdämmen.

Verstärker 8 - Flache Türschwelle

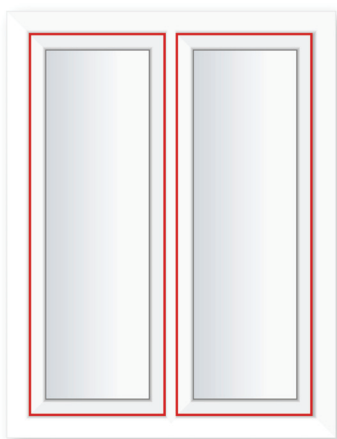
Altersgerechtes und schwellenreduziertes Bauen/Modernisieren fordert im Bereich von Türen sehr häufig so genannte „flache Schwellen“. Diese Aluminiumschwellen führen trotz thermischer Optimierung, zu einem schlechteren U-Wert und somit zu einem höheren Wärmetransport und einer Abkühlung der Bauteiloberfläche. Zum anderen können Elemente mit „flache Schwellen“ aus konstruktiven Gründen nicht so luftdicht ausgeführt werden wie Standardelemente ohne „flacher Schwelle“.



"Flache Schwellen" sorgen für schlechtere U-Werte, werden jedoch bei altersgerechtem / schwellenreduziertem Bauen häufig gefordert.

Verstärker 9 - Nicht optimal eingestellter Fensterbeschlag

Der Anpressdruck der Fenster wird im Rahmen der Montage eingestellt und der gesamte Fensterbeschlag feinjustiert, so dass die Funktionsfuge des Fensters (Fuge zwischen Fensterrahmen und Fensterflügel) ringsum im Rahmen der Möglichkeiten dicht schließt und sich dennoch leicht bedienen (Öffnen, Kippen und Schließen) lässt. Da die Fuge zwischen Fensterflügel und Fensterrahmen eine sogenannte Funktionsfuge darstellt kann diese nicht zu Hundert Prozent dicht schliessen. Alle Fenster sind jedoch vom Systemgeber geprüft und erfüllen die geforderte Dichtheitsklasse 3 bzw. 4.

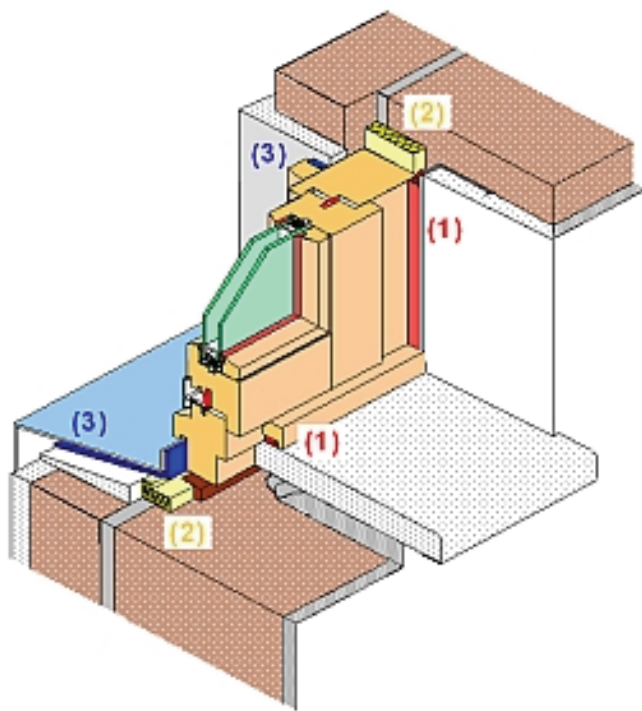


Nur optimal feinjustierte Fenster erfüllen die geforderten Dichtheitsklasse 3 bzw. 4.

Verstärker 10 - Mangelhafte Fenstermontage

Fenster sind umlaufend (oben, unten, links und rechts) nach dem 3-Ebenen-Prinzip abzudichten. Das bedeutet: Innen luftdicht, außen schlagregendicht, mittig schall- und wärmedämmend. Gleichzeitig muss die innere Abdichtung dampfdiffusionsgeschlossener als die äußere Abdichtung sein, damit Feuchtigkeit die durch Diffusion in die Anschlussfuge gelangen, nach außen entweichen kann.

Wird das 3-Ebenen-Prinzip nicht eingehalten, kann eine vermeidbare Wärmebrücke entstehen und zu einer Abkühlung der Bauteiloberfläche im Anschlussbereich führen, was sich auch auf die Oberflächentemperatur der Verglasung negativ auswirken kann.



3-Ebenen-Montage

Ebene 1

innen dampfdiffusionsdichter
als außen und luftdicht

Ebene 2

mittig wärme- und
schalldämmend

Ebene 3

außen dampfdiffusionsoffen,
wasser- und schlagregendicht

Fenster sind umlaufend nach dem 3-Ebenen-Prinzip abzudichten.

Kondensat an der Verglasung außenseitig

In windstillen und klaren Nächten mit hoher Luftfeuchtigkeit entsteht häufig Außenkondensat auf Fensterscheiben. Je besser die Wärmedämmung des Isolierglases, desto wahrscheinlicher ist die Bildung von Außenkondensat. Außenkondensat-Bildung ist ein Zeichen dafür, dass es sich um ein Hochleistungsprodukt handelt und stellt keineswegs einen Reklamationsgrund dar.

Durch den sehr guten Wärmedämmwert moderner Wärmeschutzverglasungen ist deren Wärmedurchgang sehr gering. Das bedeutet, dass die Wärme im Raum bleibt und kaum nach außen geleitet wird. Dadurch erreicht die äußere Scheibe nur eine sehr geringe Oberflächentemperatur.

Dazu kommt noch der Strahlungseffekt des kalten Nachthimmels. Ein klarer, also "kalter" Nachthimmel hat eine besonders tiefe „Strahlungstemperatur“. Diese kann bei -40 bis -50 °C liegen. Trifft diese Strahlung nun auf die Außenscheibe, gibt diese einen Teil der in ihr vorhandenen Restwärme ab und wird so an der Außenoberfläche noch kälter. Ist die Scheibenoberfläche aussen nun kälter als die ans sie grenzende Luft und herrscht gleichzeitig eine hohe Luftfeuchtigkeit, wird der Taupunkt an der Glasscheibe erreicht und es entsteht auf der Scheibenoberfläche Kondensat.

Das so gebildete Kondensat verschwindet wieder, sobald die Glasoberfläche wieder wärmer wird, z.B. durch Sonneneinstrahlung.

Den gleichen Effekt kennen wir auch aus einem anderen Bereich:

Warum muss der Autofahrer, dessen Auto im Winter unter einem Carport steht, morgens kein Eis von den Scheiben kratzen, während der Autofahrer, der sein Auto nicht unter dem Carport stehen hat, morgens „Eis kratzen“ muss? Da sich die Umgebungstemperaturen neben und unter dem Carport nicht unterscheiden, muss es eine andere Ursache geben. Die Antwort auf die Frage findet man in der Strahlungsphysik. Ein sternenklarer Nachthimmel hat eine Temperatur von ca. - 40°C. Stellt man das Auto neben den Carport, so ist die Windschutzscheibe direkt dem kalten Nachthimmel ausgesetzt. Die Natur versucht durch Wärmestrahlung das Temperaturungleichgewicht auszugleichen. D. h. die Windschutzscheibe gibt Wärme ab, sodass ihre Temperatur weit unter den Gefrierpunkt fällt und unter die Temperatur der angrenzenden Luft. An der kalten Glasoberfläche kondensiert die Luftfeuchtigkeit und friert dort fest. Das Auto im Carport hingegen ist dieser Strahlung nicht ausgesetzt.