

DGZfP-Berichtsband BB 69-CD
 Poster 26

Tauwasser und Schimmelpilze an Fenstern

J. Schmid, I. Leuschner, i.f.t. Rosenheim

Einleitung

Das Fenster als Teil der Außenwand ist Belastungen durch Feuchtigkeit von außen und von der Raumseite ausgesetzt. Mit dem Ziel der Energieeinsparung durch eine wärmetechnische Verbesserung der Außenwand und der Vermeidung von Undichtheiten in der Gebäudehülle zur Reduzierung der Lüftungswärmeverluste wurde in den Feuchtehaushalt der Gebäude eingegriffen. Seit der Einführung der Wärmeschutzverordnung läßt sich eindeutig eine Zunahme der Probleme mit Tauwasser am Fenster und an der angrenzenden Wand feststellen. Es wurde nicht ausreichend berücksichtigt, daß die im Gebäude entstehende Feuchtigkeit über die verbleibenden Undichtheiten unzureichend abgeführt werden kann und somit die Raumlufffeuchte und der Feuchtedruck auf die Außenwand ansteigt.

Diese geänderten Bedingungen (Abbildung 1) führten zur Bildung von Tauwasser und Schimmelpilzen an wärmetechnischen Schwachstellen in der Gebäudehülle, die vorher kaum problembelastet waren. Beim Hauseigentümer, Mieter und Fensterhersteller bestehen dabei meist unterschiedliche Auffassungen über die Ursachen der Tauwasser- und Schimmelpilzbildung. Um Probleme und Schäden zu vermeiden, ist die Kenntnis der bauphysikalischen Zusammenhänge und Effekte am Fenster von entscheidender Bedeutung.

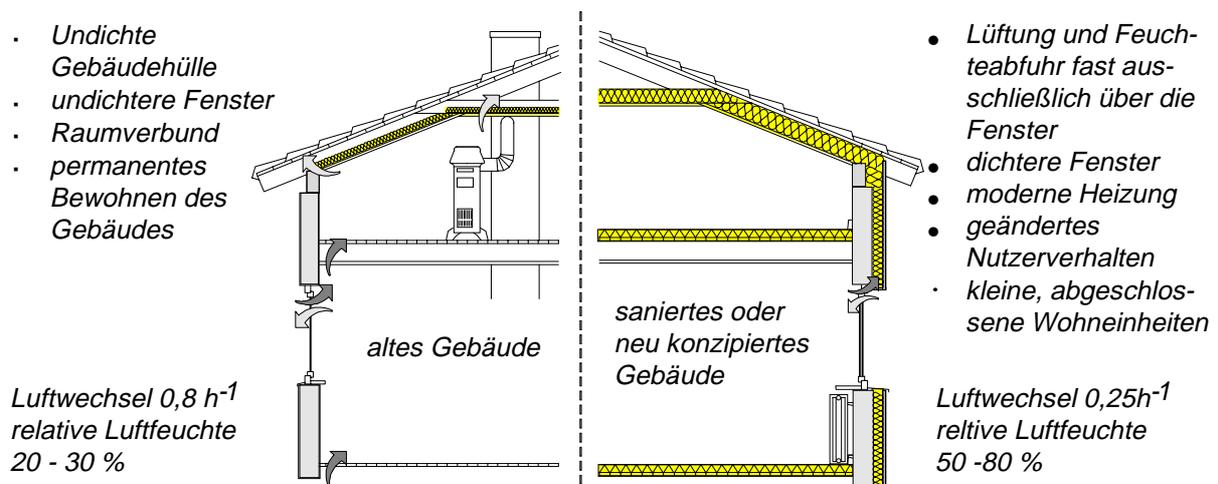


Abb. 1: Gestern und Heute - Geänderte Randbedingungen am Gebäude

Tauwasser am Fenster

Tauwasser tritt immer dann auf, wenn die Trennung von Raum- und Außenklima in Bereichen erfolgt, die unterhalb der Taupunkttemperatur der Raumluft liegen. Gelangt z. B. Luft mit 20 °C und 50 % relativer Luftfeuchte an Oberflächen, deren Temperatur unter 10 °C liegt, fällt Tauwasser aus. Mit der Berechnung von Isothermenverläufen (Isotherme = Linie gleicher Temperatur) an komplexen Bauteilen wie Fenster und deren Anschluß zum Baukörper läßt sich bei den klimatischen Randbedingungen nach DIN 4108 anhand der 10 °C-Isotherme die Tauwasserproblematik bewerten. Am Fenster existieren in der Regel die in Abbildung 2 dargestellten Bereiche, in denen die Gefahr der Tauwasserbildung gegeben ist:

1. an und im Baukörperanschluß,
2. im Falz zwischen Flügel- und Blendrahmen,
3. im Glasfalz,
4. im Randbereich des Mehrscheibenisolierglases.

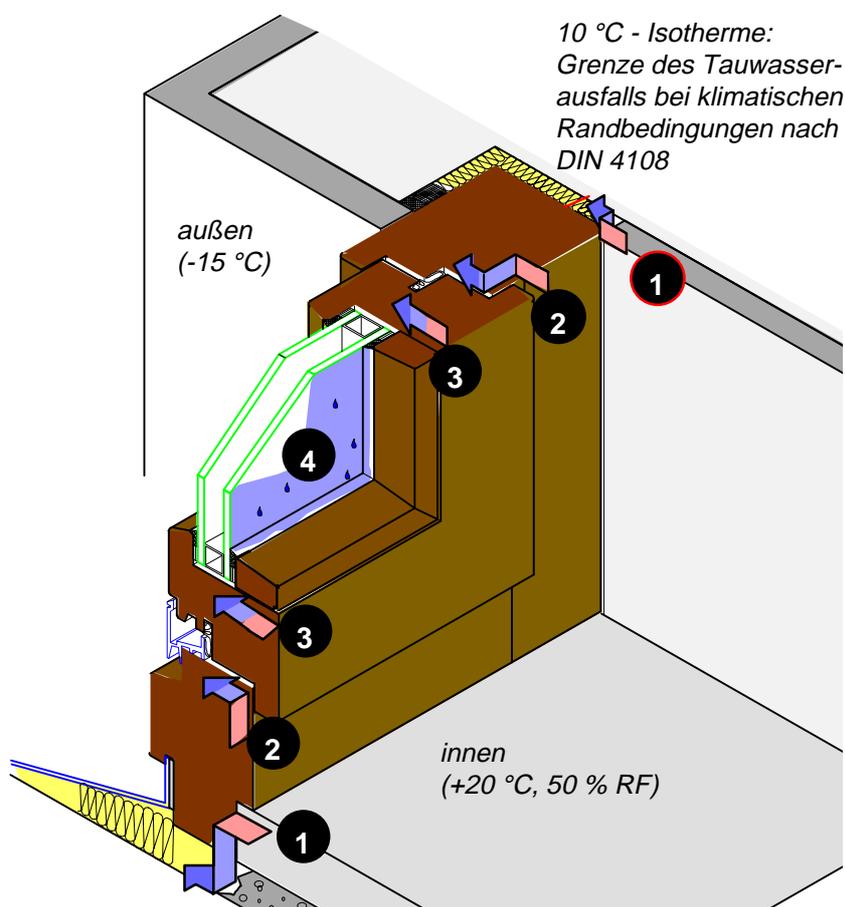


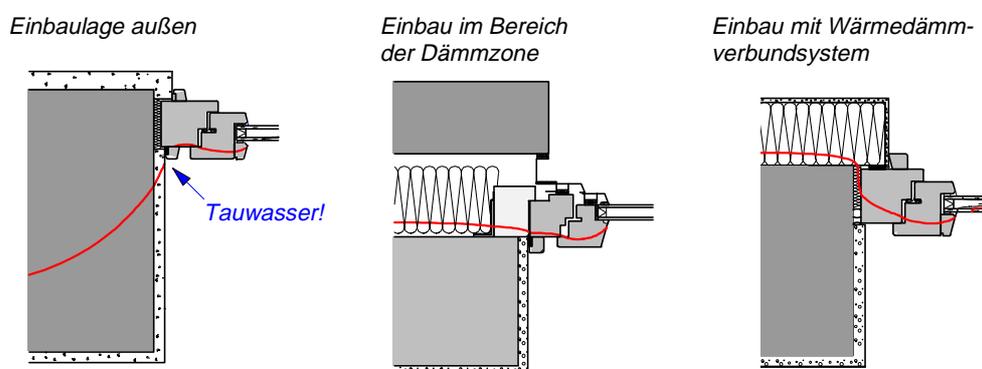
Abb. 2: Tauwasserbildung am Fenster

Für das Wachstum von Schimmelpilzen ist keine sichtbare Tauwasserbildung erforderlich. Es kann bereits mit der Bildung von Schimmelpilzen gerechnet werden, wenn die relative Luftfeuchte an den Bauteiloberflächen längere Zeit bei 80 % liegt. Neben der Feuchtigkeit beeinflussen die Temperatur und der Untergrund die Schimmelpilzbildung wesentlich.

1. Baukörperanschluß

Im Bereich der ungestörten Wand verlaufen die Isothermen als parallele Geraden. An Ecken oder Anschlüssen anderer Bauteile wird der Temperaturverlauf gestört und solche Wärmebrücken sind durch eine Verzerrung der Isothermen gekennzeichnet (Abbildung 3 links). Die erhöhten Wärmeströme in diesem Bereich führen zu Änderungen der Oberflächentemperaturen. Um die zusätzlichen Wärmeverluste möglichst gering zu halten und die Gefahr der Tauwasserbildung zu reduzieren, sollte das Fenster bei mehrschaligen Wandsystemen in die Dämmzone gesetzt werden (Abbildung 3 mitte).

Bei monolithischen Außenwänden sollte das Fenster im mittleren Drittel montiert werden. Dies stellt unter feuchteschutz- und wärmeschutztechnischen Gesichtspunkten den besten Kompromiß dar. Bei Wärmedämmverbundsystemen ist die Wärmedämmung an die Fensterkonstruktion heranzuführen (Abbildung 3 rechts).



Klimatische Randbedingungen nach DIN 4108:raumseitig 20°C/50 % relative Luftfeuchte, außenseitig - 15°C

Abb. 3: Positionierung des Fensters

In DIN 4108, Beiblatt 2 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Wärmebrücken - Planungs- und Ausführungsbeispiele“ sind u. a. auch Fensteranschlüsse dargestellt, die in Bezug auf die Wärmebrückenwirkung und die Tauwasserproblematik unkritisch sind.

Kommen Konstruktionen zur Ausführung, die von den in Beiblatt 2 dargestellten gravierend abweichen, so ist mit dem Temperaturfaktor f die Tauwasserfreiheit des Anschlusses nachzuweisen. Dieser Temperaturfaktor f ist im Entwurf von DIN 4108-2 „Wärmedämmung und Wärmespeicherung, Anforderungen und Hinweise für Planung und Ausführung“ enthalten. Der Nachweis mit dem Temperaturfaktor f ist in Abbildung 4 beschrieben.

Um lineare Wärmebrücken zahlenmäßig beschreiben zu können, wurde in prEN 10077 der lineare Wärmedurchgangskoeffizient ψ vorgesehen. In Tabelle 1 ist am Beispiel einer Plattenbausanierung der Einfluß der Anschlußausbildung auf den Temperaturfaktor f , den linearen Wärmedurchgangskoeffizient ψ und die raumseitige Oberflächentemperatur, ϑ_{0i} , dargestellt.

Forderungen zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung:

Entweder Beachtung des Beiblattes 2 zu DIN 4108

oder Einhaltung des Temperaturfaktors $f \geq f_{\min} = 0,70$

z. B. bei Anordnung des Fensters im äußeren Wanddrittel:

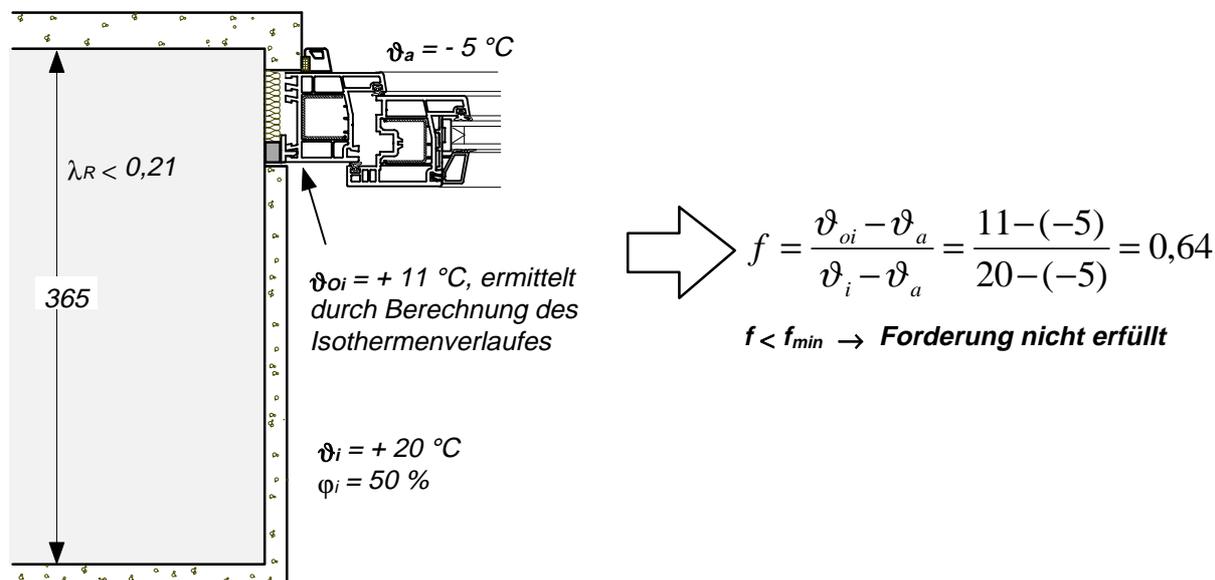


Abb. 4: Bewertung der Tauwasserfreiheit mit dem Temperaturfaktor f

Tabelle 1: Oberflächentemperaturen, ϑ_{oi} , Temperaturfaktor f und linearer Wärmedurchgangskoeffizient ψ bei unterschiedlicher Ausführung eines Anschlusses (Randbedingungen: Außenlufttemperatur -5 °C , Innenlufttemperatur 20 °C)

Beschreibung	Darstellung	ϑ_{oi} in °C (• - Bild)	f	ψ in W/(mK)
Ausgangssituation vor der Sanierung		12,6	0,70	0,26
Sanierung ohne weitere Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes		11,3	0,65 < f_{\min}	0,36
Sanierung mit Verkleidung der Leibung		12,6	0,70	0,26
Sanierung mit Wärmedämmverbundsystem		14,4	0,78	0,12

Neben der richtigen Positionierung des Fensters in der Außenwand ist bei der Montage die Dichtheit der Baukörperanschlußfuge sicherzustellen. Mit einer umlaufenden bewegungsfähigen Abdichtung muß verhindert werden, daß warme, feuchte Raumluft in Bereiche vordringt, die unterhalb der Taupunkttemperatur liegen (Abbildung 5).

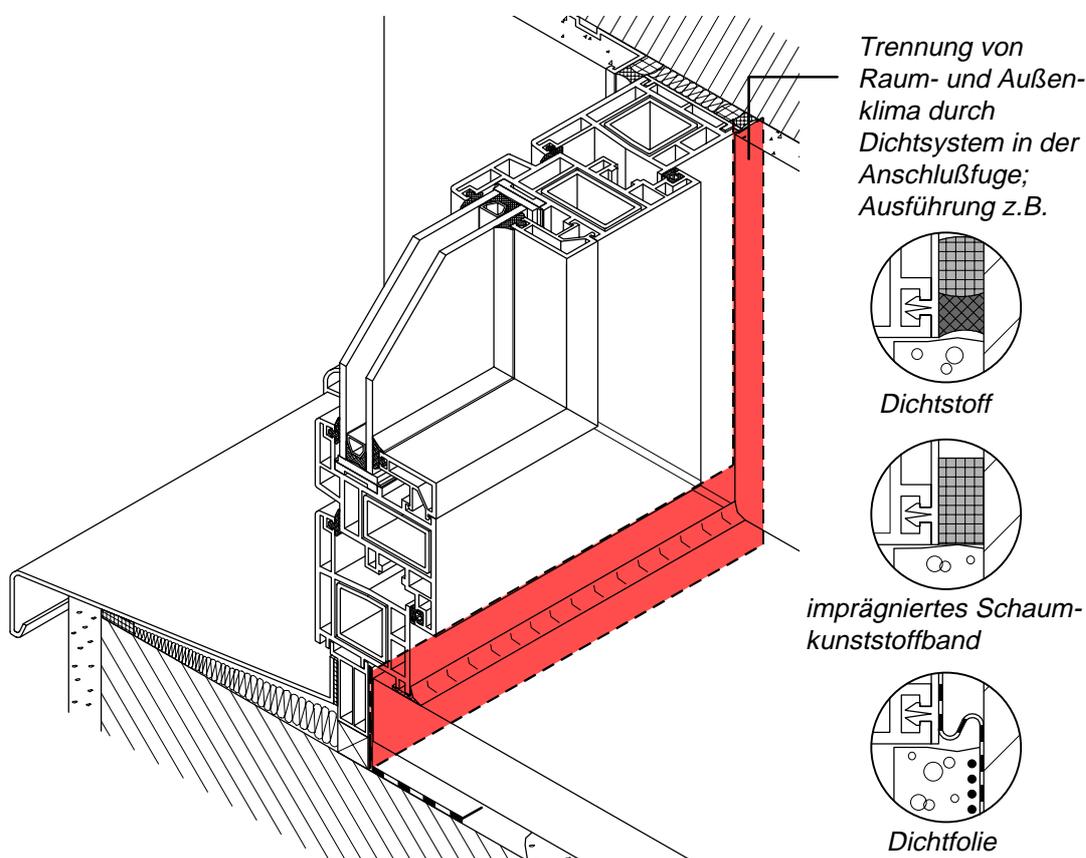


Abb. 5: Abdichtung der Anschlußfuge

Für die Abdichtung kommen Dichtsysteme wie spritzbare, elastische Dichtstoffe mit Hinterfüllmaterial, imprägnierte Schaumkunststoffbänder oder Dichtfolien in Frage. Die zusätzlich notwendige Verfüllung der Anschlußfuge mit einem Dämmstoff wie z. B. PU-Ortschaum ist nicht mit einem der vorgenannten Dichtsysteme gleichzusetzen. Mit dem bloßen Ausschäumen der Fuge werden in der Regel keine ausreichend dichten Anschlüsse erzielt.

Die Fuge muß in Bezug auf die Wasserdampfdiffusionswiderstände nach dem Grundsatz „innen dichter als außen“ ausgeführt sein, um einen Feuchtestau in der Anschlußfuge zu vermeiden. Dies kann mit dem Einsatz eines diffusionsdichteren Dichtsystems auf der Raumseite geschehen. Eine andere Möglichkeit besteht in der Öffnung der Fuge nach außen in schlagregengeschützten Bereichen.

2. Falz zwischen Flügel- und Blendrahmen

Am Übergang von Flügel- und Blendrahmen liegt eine Funktionsfuge vor. Die Trennung von Raum- und Außenklima wird mit Dichtprofilen in Blend- und Flügelrahmen erzeugt. Die Anordnung der Dichtungen ist systemabhängig und häufig in

Bereichen, die unter der Taupunkttemperatur der Raumluft liegen. Als Folge bildet sich in der Hauptsache an den Abluftfenstern eines Gebäudes Tauwasser im Flügelfalz (Abbildung 6). Die Tauwasserbildung kann bei niedrigen Außentemperaturen zur Eisbildung im Falz führen.

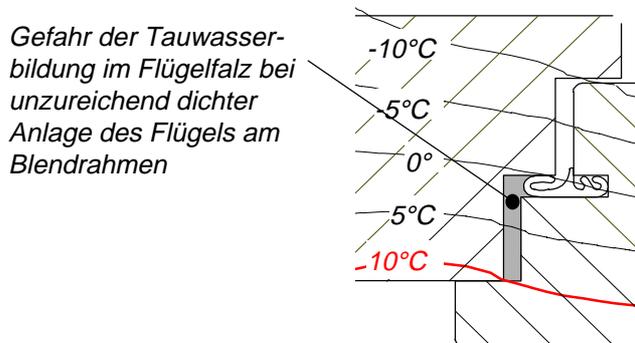


Abb. 6: Isothermenverlauf am Holzfenster im Bereich der Flügelfalzdichtung

Durch das Einbringen von Dichtungen in den raumseitigen Flügelüberschlag kann die Dichtheit verbessert werden. Dabei ist darauf zu achten, daß eine ausreichende Anlage an den Rahmen sichergestellt ist und daß die Dichtebene nicht durch Beschlagteile, wie die Bänder, unterbrochen ist.

3. Tauwasser im Glasfalz

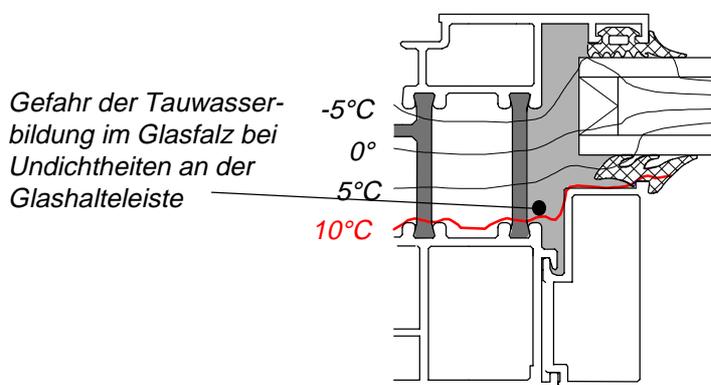


Abb. 7: Isothermenverlauf bei Aluminiumfenster im Bereich des Glasfalzes

Die Einbindung der Verglasung wird üblicherweise mit raumseitigen Glashalteleisten vorgenommen (Abbildung 7). Der Falzraum wird nach außen geöffnet, um den Dampfdruckausgleich sicherzustellen und somit den Randverbund des Mehrscheiben-Isolierglases trocken zu halten.

Die Glashalteleiste muß die Trennung von Raum- und Außenklima sicherstellen. Es bestehen Anforderungen an folgende Bereiche:

1. dichter Übergang von Glashalteleiste zum Glas,
2. dichte Anlage der Glashalteleiste zum Blendrahmen,
3. dichte Ausführung der Stöße der Glashalteleisten in den Ecken.

Durch den Einsatz von geeigneten Dichtprofilen und Dichtstoffen zur Glasabdichtung muß der Übergang zum Glas dauerhaft dicht ausgeführt sein. Die Glashalteleisten müssen mit einer ausreichenden Genauigkeit in den Rahmen eingepaßt und befestigt werden um eine dichte Anlage am Rahmen und dichte Übergänge in den Ecken zu gewährleisten. Sind von der Raumseite erhöhte Feuchtebelastungen zu erwarten, z. B. bei Hallenbädern, ist der Übergang von Glashalteleiste zum Rahmen zusätzlich mit einem geeignetem Dichtsystem abzudichten.

4. Tauwasser am Rand von Mehrscheiben-Isolierglas

Im Gegensatz zu den vorgenannten Problembereichen tritt das Tauwasser am Scheibenrand auf raumseitig zugänglichen Oberflächen auf. Durch den metallischen Abstandhalterahmen im Glasrandverbundsystem des Mehrscheiben-Isolierglases besteht eine Wärmebrücke und die Oberflächentemperatur fällt deutlich unter die Taupunkttemperatur der Raumluft. In der Isothermendarstellung wird dies durch ein „herauslaufen“ der Isotherme aus den Bauteilen gekennzeichnet (Abbildung 8).

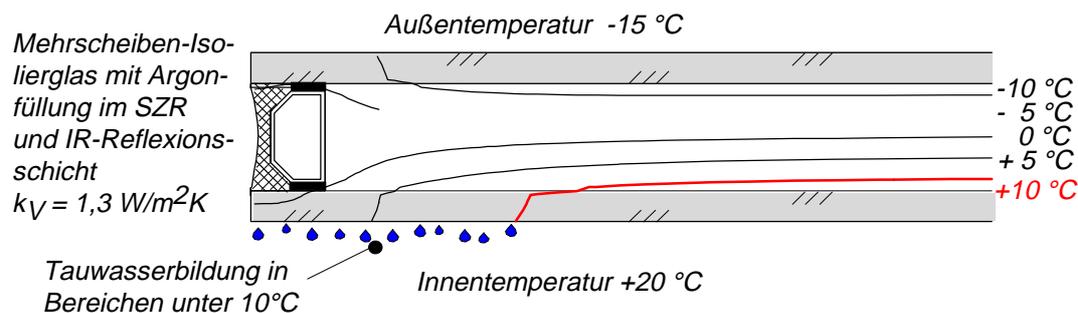


Abb. 8: Isothermenverlauf im Randbereich von Mehrscheiben-Isolierglas

Um Tauwasserbildung am Scheibenrand und die häufig an der Glasabdichtung beobachtete Schimmelpilzbildung zu vermeiden, ist eine Erhöhung der Oberflächentemperaturen in diesem Bereich erforderlich. Die Verbesserung der Luftströmung am Fenster ist dabei eine Möglichkeit. Durch die ungünstige Anordnung der Heizkörper, Fensterbänke und Vorhänge etc. wird die Zuführung von Wärme an das Fenster oftmals stark eingeschränkt.

Der Einsatz von Gläsern mit einer „warmen Kante“ bietet eine weitere Möglichkeit die Situation am Scheibenrand zu verbessern. Darunter versteht man Mehrscheiben-Isoliergläser, deren Randverbund eine geringere Wärmeleitfähigkeit und somit eine geringere Wärmebrückenwirkung als Systeme mit Abstandhalterahmen aus Aluminium aufweisen (Tabelle 2).

Tauwasser- und Schimmelpilzbildung am Scheibenrand können damit nicht in jeder klimatischen Situation vermieden werden, eine Verbesserung ist aber gegeben.

Tabelle 2: Wärmedurchgänge an unterschiedlichen Randverbundsystemen

Wärmedurchgang	Beschreibung
100 %	System mit Abstandhalterraahmen aus Aluminium (marktüblich)
60 - 80 %	Edelstahlabstandhalterraahmen
50 - 60 %	Randverbund aus Kunststoff mit eingebundenem Trocknungsmittel

Zusammenfassung

Aufgrund der gestiegenen Anforderungen an die Dichtheit der Gebäudehülle ist der notwendige Luftwechsel über ungeplante Undichtheiten des Gebäudes nicht mehr gewährleistet. Damit ist in der Regel auch der Feuchtigkeitshaushalt gestört. Als Folge der erhöhten Luftfeuchtigkeit zeigen sich die wärmetechnischen Schwachpunkte und die verbleibenden Undichtheiten in der Außenwand durch Tauwasser- und Schimmelpilzbildung.

Zu diesen Schwachpunkten zählt auch der Bereich des Fensters, wobei das Problem durch bautechnische und konstruktive Maßnahmen allein nicht gelöst werden kann. Die möglichen Maßnahmen am Fenster können in drei Bereiche gegliedert werden und zwar

1. in den Anschluß von Fenster und Außenwand,
2. in die Abdichtung der Falze zwischen Flügel- und Blendrahmen sowie
3. in den Randbereich des Mehrscheiben-Isolierglases mit dem Glasfalz.

Im Anschluß zwischen Fenster und Baukörper ist neben der Lage des Fensters in der Außenwand und der Lage der Wärmedämmung auch die Abdichtung zwischen Fenster und Wand von Bedeutung. Die Beachtung bauphysikalischer Grundregeln mit der Forderung, das System innen dichter zu gestalten als außen, ist genauso wichtig, wie die Beachtung des Temperaturverlaufs in diesem Bereich unter Berücksichtigung der Taupunkttemperatur.

Im Bereich zwischen Flügel und Blendrahmen stellt die Falzdichtung die Trennung zwischen Raum- und Außenklima dar. Bei den meisten Systemen erfolgt diese Trennung innerhalb des Falzes und damit im Bereich unter der Taupunkttemperatur, so daß Tauwasser im Falzbereich zu erwarten ist und als Folge häufig Schimmelpilzbildung auftritt. Die Anordnung der Dichtung am raumseitigen Flügelüberschlag bekommt damit eine neue Bedeutung. Die Trennung von Raum- und Außenklima sollte soweit wie technisch möglich auf der Raumseite und damit auf der warmen Seite durchgeführt werden. So kann durch eine zusätzliche Dichtung im raumseitigen Flügelüberschlag ein wichtiger Beitrag zur Vermeidung von Tauwasser mit all seinen Folgen geleistet werden.

Den dritten Bereich stellt der Randverbund des Glases mit dem Glaseinbau dar. Für den Glaseinbau gelten die bauphysikalischen Grundsätze, d.h. das Verglasungssystem muß auf der Raumseite ausreichend dicht sein und die Abführung von Feuchtigkeit zum Außenklima ermöglichen. Der Randbereich des Mehrscheiben-Isolierglases ist im Vergleich zur Scheibenmitte und zum Fensterrahmen als Wärmebrücke einzustufen, die sich durch Tauwasserbildung im Randbereich zeigt. In der Abwägung zwischen Maßnahmen zur Tauwasservermeidung und der angestrebten Nutzungserwartung des Mehrscheiben-Isolierglases, ergeben sich nach dem derzeitigen Stand der Technik Grenzen für die Verbesserung. Die „warme

Kante“ mit einem Abstandhalterrahmen aus Kunststoff, ist ein Schritt in die richtige Richtung. Ausreichend für alle Fälle ist dieser Schritt aber noch nicht.

Die Tauwasserbelastung wird für die nächste Zeit ein wesentliches Problem in der Außenwand darstellen, wobei eine Lösung nur im Zusammenspiel zwischen Konstruktion, Ausführung und Einbau der Fenster sowie einer geplanten funktionsfähigen Raumlüftung erreicht werden kann.

Literaturverzeichnis

1. E DIN 4108-2 : 1995-11
Wärmeschutz im Hochbau – Teil 2: Wärmedämmung und Wärmespeicherung;
Anforderungen und Hinweise für Planung und Ausführung.
Berlin: Beuth Verlag GmbH
2. DIN 4108-3 : 1981-08
Wärmeschutz im Hochbau – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz;
Anforderungen und Hinweise für Planung und Ausführung.
Berlin: Beuth Verlag GmbH
3. Beiblatt 2 zu DIN 4108 : 1998-08
Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken –
Planungs- und Ausführungsbeispiele.
Berlin: Beuth Verlag GmbH
4. Leitfaden zur Montage.
Der Einbau von Fenstern, Fassaden und Haustüren mit Qualitätskontrolle durch
das RAL-Gütezeichen.
Ausarbeitung: i.f.t. Rosenheim.
Hrsg.: RAL-Gütegemeinschaften Fenster und Haustüren, Frankfurt a. M.
5. ifz info 2/93
Tauwasserbildung auf Glas und Rahmen – klare Wirkung mit vielen Ursachen.
Rosenheim: Informationszentrum Fenster Türen Fassaden e.V. (ifz)
6. ifz info 1/98
Erst dicht – dann feucht!? Tauwasserprobleme als Folge ganzer Dichtheits-
jedoch nur halber Lüftungskonzepte.
Rosenheim: Informationszentrum Fenster Türen Fassaden e.V. (ifz)
7. Froelich, H.:
Gegen Schimmel und Stockflecken – Lüften im Winter.
Haus & Wohnung (1994) Heft 2, Seite 29 bis 31
8. Richter, W.:
Entwicklungstendenzen bei der Wohnungslüftung in Verbindung mit einer dichten
Gebäudehülle.
Rosenheimer Fenstertage 1998
9. Tagungsunterlagen zur Gemeinschaftstagung Fenster und Wohnhygiene.
Fraunhoferinstitut für Bauphysik (IBP), Stuttgart; Deutsches Institut für
Bautechnik (DIBt), Berlin. 1999