



Dipl.-Ing. (FH) Guido Straßer

von der Handwerkskammer München und Oberbayern öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für das Schreinerhandwerk, Fachgebiet Fensterbau

Tauwasserbildung an Fenstern

Ausgabe: Okt. 2009



Vorwort

Zur kalten Jahreszeit häufen sich alle Jahre wieder Mängelrügen bei denen Tauwasserbildung an Fenstern beanstandet wird. Überwiegend zeigt sich Tauwasser (auch Schwitzwasser oder Kondenswasser genannt) zuerst am Glasrandbereich, teilweise auch im Falzbereich der Fenster. Was liegt da näher das Fenster hinsichtlich des Wärmeschutzes als mangelhaft anzusehen?

Der ausführende Fensterbauer weist jede Schuld von sich und führt unzureichende Lüftung der Bewohner bzw. Nutzer als Ursache der Tauwasserbildung an. Nicht selten folgt ein langwieriger Streit, dem immer öfter eine gerichtliche Auseinandersetzung folgt. Die frühzeitige Hinzuziehung eines neutralen Gutachters beispielsweise im Rahmen eines Schiedsvertrages könnte einigen Aufwand in Form von Zeit, Geld und Nerven ersparen.

Aber wer hat nun Recht? Liegt tatsächlich ein Mangel am Fenster vor, wenn sich dort Tauwasser bildet?

Der nachfolgende Beitrag soll anhand eines anschaulichen Standardfalles zur Aufklärung und Vermeidung von Streitigkeiten beitragen, wegen der komplexen Thematik wird jedoch die Bewertung des Einzelfalles nicht ersetzt werden können.

Grundlagen

Tauwasser bildet sich an Oberflächen deren Temperatur unter der Taupunkttemperatur der angrenzenden Raumluft liegt. Bei normalen Raumklima von 20 °C und 50 % relativer Luftfeuchte (s. a. DIN 4108) liegt die Taupunkttemperatur bei ca. 10 °C, d. h. kommt Raumluft von 20 °C und 50 % rel. Luftfeuchte mit Oberflächen in Berührung, deren Temperatur unter 10 °C liegen, bildet sich dort Tauwasser. Die nachfolgende Tabelle 1 gibt Taupunkttemperaturen in Abhängigkeit des Raumklimas (Lufttemperatur, rel. Luftfeuchte) wieder.

Tabelle 1

	Taupunkttemperaturen in °C		
	relative Luftfeuchte		
Innenlufttemperatur in °C	40 %	50 %	60 %
16	2,4	5,6	8,2
18	4,2	7,4	10,1
20	6,0	9,3	12,0
22	7,8	11,1	13,9
24	9,6	12,9	15,8



Die Oberflächentemperaturen im Bereich von Fenstern sind im wesentlichen abhängig von:

- A) Den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) des Fensters (Rahmen, Verglasung)
- B) Den Wärmeübergangswiderständen (R_{si} , R_{se}) und
- C) Den Raum- bzw. Außenlufttemperaturen.

Die unter den Punkten A), B) und C) genannten Größen sind jedoch nicht konstant, weshalb beispielsweise Tauwasser bei Fenstern im Regelfall zuerst im Randbereich der Verglasung, bei Holzfenstern oft zusätzlich im Bereich der Wetterschutzschiene auftritt. Im Randbereich der Verglasung stellen metallische Abstandshalter eine Wärmebrücke dar. Bei niedrigen Außentemperaturen ergeben sich in den Randbereichen daher tiefere Oberflächentemperaturen, die Tauwasserbildung begünstigen.

Bei Holzfenstern liegt die Ursache der Tauwasserbildung im unteren Falzbereich häufig an einer Kombination aus Wärmebrücke und ungünstiger Trennung des Raumklimas zum Außenklima. Das heißt feuchtwarme Raumluft kann bei Holzfenstern ohne raumseitige Überschlagsdichtung an die mit dem Außenklima in Verbindung stehende Wetterschutzschiene gelangen. Bei entsprechend tiefen Außentemperaturen stellen sich in diesen Bereichen niedrige Oberflächentemperaturen ein, was zwangsläufig Tauwasserbildung zur Folge hat.

Tritt Tauwasser über längere Zeiträume auf ist häufig auch Schimmel bzw. Schimmelpilzbildung zu beobachten. Nähere Untersuchungen von Schimmelpilzbildungen an Bauteiloberflächen haben gezeigt, dass sich Schimmelpilze ausbilden können, wenn über längere Zeiträume relative Luftfeuchten von über 80 % vorhanden sind und ein entsprechender Nährboden (z. B. Hausstaub) gegeben ist. Um eine Bewertung hinsichtlich der Schimmelpilzbildung durchführen zu können wurde der Temperaturfaktor f_{Rsi} eingeführt, der gemäß DIN 4108-2 jedoch nur für den Anschlussbereich des Fensters (z. B. Wandlaibung) zu beachten ist.

Fallbeispiel

In einem Neubau werden Holzfenster (IV 68 nach DIN 68 121) im mittleren Drittel der Außenwand eingebaut. Nach Angaben vor Ort wurden die Fenster und das Gebäude gemäß den Anforderungen der Energieeinsparverordnung erstellt. Bereits in der ersten Kälteperiode wird Tauwasserbildung an den Fenstern beanstandet. Nach Überprüfung durch den Fensterbauer vor Ort wird zu hohe Bau-Restfeuchte vermutet, die durch verstärktes Lüften abgeführt werden soll. Auch im zweiten und dritten Winter wird Tauwasserbildung beanstandet, wobei zwischenzeitlich Schimmelpilzbildung im unteren Falzbereich aufgetreten ist, die den Bauherrn zusätzlich beunruhigt. Nachdem sich der Fensterbauer die Tauwasser- und Schimmelpilzbildung an den Fenstern nur durch unzureichendes Lüften der Bewohner erklären konnte, schaltete der Bauherr einen Gutachter ein.



Vorgehensweise

Im Vorfeld der Untersuchungen ist es zur Eingrenzung der Ursachen empfehlenswert, dass die Nutzer (Bewohner) über einen längeren Zeitraum selbst Raumlufttemperatur und relative Luftfeuchte erfassen und dokumentieren. Mit einer handelsüblichen Wettermessstation, oder mit einem genaueren Handmessgerät werden Lufttemperatur und relative Luftfeuchte mehrmals täglich (z. B. 3 bis 5-mal täglich) etwa 1 bis 2 Wochen lang erfasst und aufgeschrieben. Dabei ist es oft ausreichend, wenn jene Räume überprüft werden in denen sich die stärkste Tauwasserbildung an den Fenstern zeigt.

Im Rahmen der Aufzeichnung der Raumklimate ist zu beachten, dass bei einer üblichen Nutzung von Wohnräumen bei 20 °C Lufttemperatur eine relative Luftfeuchte von 50 % nicht wesentlich überschritten werden darf. Sollten über einem längeren Zeitraum erheblich höhere relative Luftfeuchtigkeiten festgestellt werden, ist das Nutzerverhalten bzw. unzureichende Lüftung als eine Ursache der Tauwasserbildung festzuhalten und ab zu stellen.

Im eingangs geschilderten Fall wurden bei einer Lufttemperatur von 20 °C relative Luftfeuchtigkeiten unter 50 % von den Bewohnern ermittelt. Zur näheren Untersuchung wurde an einem kalten Wintertag eine Ortsbesichtigung durchgeführt. Im Rahmen der Begutachtung vor Ort wurde (nach Überprüfung der Klimadaten) an den Fenstern im Wohn- und Schlafzimmer, sowie in der Küche Tauwasserbildung im unteren Glasrandbereich und im erheblichen Umfang an der Wetterschutzschiene festgestellt. Im unteren Falzbereich war teilweise Schimmelpilzbildung, sowie im Bereich der unteren raumseitigen Glasabdichtung Schimmelpilzbildung in geringem Umfang vorhanden.

Im Falzbereich von Fenstern kann es wie bereits geschildert zur Tauwasserbildung kommen. Zur Verringerung der Tauwasserbildung ist auf eine möglichst raumseitig angeordnete umlaufende Dichtebene zu achten. Undichtheiten sind häufig im Bereich der Flügelrahmenüberschläge (z. B. Stulp) festzustellen, die Tauwasserbildung im Falzbereich begünstigen.

Holzfenster sollten standardmäßig mit raumseitigen Dichtungen (z. B. Dichtungsprofile) im Flügelrahmenüberschlag ausgeführt werden. Des Weiteren sollte eine thermische Trennung im Bereich der Wetterschutzschiene Standard sein. Wenn bei Fenstern nicht immer Tauwasser im Falzbereich, bei entsprechend tiefen Außentemperaturen festzustellen ist, kann dies auch auf Luftströmungen, die sich am bzw. im Gebäude ausbilden können, zurückgeführt werden (sog. „Zuluft- bzw. Abluft-Fenster“). Bei fortschrittlichen Fenstersystemen sind häufig mehrere Dichtungsebenen vorhanden, weshalb grundsätzlich bei diesen Systemen bezüglich der Tauwasserbildung im Falzbereich der bauphysikalische Grundsatz „Innen dichter als Außen“ zu beachten ist.

Auch die baulichen Begebenheiten haben Einfluss auf die Tauwasserbildung an Fenstern. In Küchen und Bädern entsteht nutzungsbedingt vorübergehend viel Feuchtigkeit, die sich bei offen gestalteten Grundrissen in der gesamten Wohnung verteilt. Fehlen Abtrennungen zum Treppenraum hin, verteilt sich die Feuchtigkeit auch nach oben in die meist weniger beheizten Räume. Feuchte Luft ist leichter als trockene Luft und steigt deshalb nach oben. Auch deshalb sollte grundsätzlich darauf geachtet werden die feuchte Luft im Bereich des Entstehungsortes unmittelbar nach Außen abzuführen.



Wärmetransport findet neben Wärmeleitung und Wärmestrahlung auch durch Konvektion statt. Wird die Wärmezufuhr beispielsweise die Luftzirkulation (Konvektion) durch tiefe Laibungen oder Gegenstände auf der Fensterbank beeinträchtigt stellen sich dort niedrigere Oberflächentemperaturen ein. Damit besteht in diesen Bereichen erhöhte Gefahr der Tauwasserbildung.

Im Rahmen von Ortsbesichtigungen ist häufig, im Hinblick auf die Ursachen der Tauwasserbildung an Fenstern, eine Beeinträchtigung der Wärmezufuhr festzustellen. Die Wärmezufuhr (z. B. Konvektion) im Bereich von Fenstern wird beispielsweise beeinträchtigt durch (s. a. Tabelle 2):

- Tiefe Mauerlaibungen oder tiefe raumseitige Fensterbänke, die zudem häufig mit Gegenständen (z. B. Blumenvasen) zugestellt werden.
- Raumhohe Vorhänge beispielsweise bei bodentiefenisterelementen, die oftmals mit Zimmerpflanzen, etc. verstellt werden.
- Ungünstige Anordnung/ Auswahl der Heizkörper.
- Raumseitige Einbauten z. B. im Bereich von Küchen Unterschränke vor den Fenstern.

Zu erhöhter Tauwasserbildung kann es auch bei kaum beheizten Räumen (z. B. Schlafzimmer) kommen. Schlafzimmer werden vielfach weniger beheizt als Wohnräume. Deshalb stellen sich in diesen Räumen tiefere Oberflächentemperaturen im Bereich der Außenwände bzw. Fenster ein. Über Nacht wird durch die Ausatmung viel Feuchtigkeit freigesetzt, die sich an den kühleren Oberflächen niederschlagen kann. Zudem werden Schlafzimmer oft nur durch offen stehen lassen der Zimmertüren mit geheizt und aufgrund der niedrigeren Lufttemperaturen in diesen Räumen kaum mehr gelüftet. Feuchtwarme Luft aus den Wohnräumen gelangt dann in das Schlafzimmer kühlt sich dort ab und führt zur Erhöhung der relativen Luftfeuchte und schließlich zur Tauwasserbildung im Bereich der kühleren Oberflächen.

Bewertung

Auch bei bauphysikalisch günstiger Lage des Fensters in der Wandöffnung ist Tauwasserbildung am Fenster nicht auszuschließen. Völlig tauwasserfreie Fenster sind mit derzeit üblichen Fensterkonstruktionen nicht zu erreichen. Dieser Sachverhalt findet sich auch in den anerkannten Regeln der Technik wieder. In der bauaufsichtlich in Teilen eingeführten DIN 4108-2 : 2003-07 ist unter Abschnitt 6.2 formuliert: „Die Tauwasserbildung ist vorübergehend und in kleinen Mengen an Fenstern sowie Pfosten-Riegel-Fassaden zulässig, falls die Oberfläche die Feuchtigkeit nicht absorbiert und entsprechende Vorkehrungen zur Vermeidung eines Kontaktes mit angrenzenden empfindlichen Materialien getroffen werden.“ Etwas anschaulicher ausgedrückt darf Tauwasser im Bereich von Fenstern entstehen, jedoch nicht in solchen Mengen, dass sich Schäden einstellen können. Beeinträchtigungen in Form von massiven Schimmelpilzbildungen oder gar Holzauffeuchtungen, die zu Schäden führen können, sind demnach als Mangel zu werten.

Hinsichtlich kritischer Oberflächenfeuchte ist DIN 4108-02 : 2003-07 einzuhalten. Nach DIN 4108-2 : 2003-07 bestehen konkrete Anforderungen hinsichtlich Tauwasser- bzw.



Schimmelpilzbildung lediglich für den Bereich des Anschlusses (z. B. Wandlaibung). Danach sind folgende Punkte zu beachten:

- Ausführung der Fensteranschlüsse nach DIN 4108 Beiblatt 2, oder
- Berechnung des Temperaturfaktors $f_{R_{si}}$ nach DIN EN ISO 10211-2, wobei gilt $f_{R_{si}} \geq 0,70$.

Der Bereich des Fensters wurde in DIN 4108-2 : 2003-07 ausdrücklich ausgenommen. Für Fenster gilt DIN EN ISO 13788. Auch gemäß DIN EN ISO 13788 kann vorübergehende Tauwasserbildung an Fenstern in kleineren Mengen akzeptiert werden, so dass sinngemäß oben stehender Auszug aus DIN 4108-02 angewendet werden kann.

Zur Vorgehensweise im konkreten Einzelfall ist zu empfehlen eine rechnerische Überprüfung der Anschlusssituation unter Zuhilfenahme eines geeigneten EDV-Programms nach den Vorgaben der DIN 4108-2 vorzunehmen, wobei im Bereich des Fensters die Wärmeübergangswiderstände nach DIN EN ISO 13788 anzusetzen sind ($R_{si} = 0,13 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$). Bei der Bewertung der Berechnungsergebnisse ist zu beachten, dass Tauwasserfreiheit im Fensterbereich nicht gefordert wird. Die Tauwasserbildung darf jedoch nicht zu Schäden führen. Zur Verringerung der Tauwasserbildung sind gegebenenfalls geeignete Maßnahmen zu ergreifen.

Maßnahmen

Wird erhebliche Tauwasserbildung an Fenstern festgestellt sind wirksame Maßnahmen zur Verringerung der Tauwasserbildung zu ergreifen. Im gegebenen Fall waren an den untersuchten Fenstern hinsichtlich Konstruktion und Lage der Fenster in der Außenwand keine Mängel festzustellen. Zur Verringerung der Tauwasserbildung im Falzbereich der betroffenen Fenster wurde eine zusätzliche raumseitige Dichtung im Flügelrahmen vorgeschlagen. Diese zusätzliche Dichtung im Flügelüberschlag ist umlaufend, d. h. auch im Stulpbereich und im Bereich der Beschläge durchgehend dicht einzubringen. Dabei ist auf einen ausreichenden Arbeitsweg (Dichthub) der Dichtung zu achten.

Zur Gewährleistung einer ausreichenden Lüftung (mind. Luftwechselrate $0,5 \text{ h}^{-1}$) wurde im Bereich der Küche eine mechanische Lüftungsanlage empfohlen, die einen leichten Unterdruck in Küche und Wohnraum erzeugt, und dadurch zu einem Luftstrom von außen nach innen über die Fensterfälze führt. Das Schlafzimmer ist ausreichend zu heizen. Soweit tiefere Lufttemperaturen im Schlafzimmer gewünscht werden ist die Schlafzimmertüre geschlossen zu halten und sollte die Verteilung feuchtwarmer Luft über die gesamte Wohnung bzw. Treppenraum durch entsprechende Abtrennungen vermieden werden. Zudem ist das Schlafzimmer ausreichend zu lüften.

Die nachfolgende Tabelle 2 gibt einen Überblick zur Tauwasserbildung an Fenstern, wie diese häufig im Rahmen von Ortsbesichtigungen festgestellt wird und versucht eine Zuordnung möglicher Ursachen sowie entsprechender Maßnahmen zur Verbesserung der Situation.



Tabelle 2

Bereich der Tauwasserbildung	Ursachen	Maßnahme zur Verbesserung	Bemerkung
Glasrandbereich	<ul style="list-style-type: none"> a) Unzureichende Lüftung (Nutzerverhalten) b) Geringe Wärmezufuhr c) Ungünstiger Abstandshalter d) U-Wert der Verglasung mangelhaft 	<ul style="list-style-type: none"> a) Lüftung verbessern z. B. durch mech. Lüftungsanlage b) Wärmezufuhr (Konvektion) verbessern z. B. durch entfernen der Gegenstände von den Fensterbänken, ggf. zusätzliche Öffnungen in der Fensterbank, etc. c) Thermisch verbesserte Abstandshalter einsetzen d) U-Wert verbessern z. B. Verglasung erneuern, Rollläden etc. einbauen 	Tauwasserbildung vorübergehend im geringen Umfang zulässig (s. a. DIN 4108-2 : 2003-07)
Glasoberfläche raumseitig	<ul style="list-style-type: none"> a) Unzureichende Lüftung (Nutzerverhalten) b) Geringe Wärmezufuhr c) U-Wert der Verglasung mangelhaft 	<ul style="list-style-type: none"> a) Lüftung verbessern z. B. durch mech. Lüftungsanlage b) Wärmezufuhr (Konvektion) verbessern z. B. ggf. Vorhänge entfernen c) U-Wert verbessern z. B. Verglasung erneuern, Rollläden etc. einbauen 	Tauwasserbildung vorübergehend im geringen Umfang zulässig (s. a. DIN 4108-2 : 2003-07)
Rahmen	<ul style="list-style-type: none"> a) Unzureichende Lüftung (Nutzerverhalten) b) Geringe Wärmezufuhr c) U-Wert des Rahmens mangelhaft 	<ul style="list-style-type: none"> a) Lüftung verbessern z. B. durch mech. Lüftungsanlage b) Wärmezufuhr (Konvektion) verbessern z. B. durch entfernen der Gegenstände von der Fensterbank, ggf. durch Öffnungen in der Fensterbank c) U-Wert verbessern z. B. Fensterrahmen erneuern, Rollläden etc. einbauen 	Tauwasserbildung vorübergehend im geringen Umfang zulässig (s. a. DIN 4108-2 : 2003-07)
Falzbereich	<ul style="list-style-type: none"> a) Undichtigkeiten im Bereich der Dichtungsebene b) Lage der Dichtungsebene ungünstig c) Ungünstige Ausbildung der Wetterschutzschiene (Holzfenster) d) Unzureichende Feuchteabfuhr nach außen e) Ungünstige Strömungsverhältnisse im Gebäude 	<ul style="list-style-type: none"> a) Dichtigkeit umlaufend herstellen z. B. Dichtungen erneuern, Fensterflügel einstellen b) Zusätzliche Dichtung z. B. im Flügelüberschlag einbringen c) Wetterschutzschiene mit thermischer Trennung einbauen d) Für ausreichenden Dampfdruckausgleich nach außen sorgen e) Strömungsverhältnisse z. B. durch mech. Lüftungsanlage verbessern 	Ausführung nach Systembeschreibung herstellen bzw. DIN 68121 beachten.



Fazit

Die Bewertung von Tauwasserbildung an Fenstern ist vielschichtig und unterliegt daher in hohem Maße dem Sachverstand und der Erfahrung des Gutachters. Dabei sind neben bauphysikalischem Wissen entsprechende Kenntnisse in der Fenstertechnik erforderlich.

Tauwasserbildung an Fenstern hat häufig mehrere Ursachen, so dass eine eindeutige Zuordnung kaum möglich ist. Wird Tauwasser an Fenstern festgestellt kommen im Wesentlichen nutzungs-, konstruktions- bzw. planungsbedingte Ursachen in Frage. Eine häufige Ursache ist unzureichende Lüftung, die vergleichsweise einfach überprüft und behoben werden kann.

Völlig tauwasserfreie Fenster sind mit derzeit üblichen Fensterkonstruktionen nicht zu erreichen und werden nach den anerkannten Regeln der Technik auch nicht gefordert. Tauwasserbildung an Fenstern darf aber nicht zu Schäden an der Konstruktion oder an angrenzenden Bauteilen führen.

Dieser Beitrag möchte einen Einblick in die Thematik geben und dadurch Streitigkeiten vermeiden helfen. Er erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit und kann auch die Bewertung des Einzelfalles durch einen Sachverständigen nicht ersetzen.

Dipl.-Ing. (FH) Guido Straßer, www.sv-guido-strasser.de

Der vorherstehende Fachartikel steht unter Copyright © und darf auch auszugsweise nicht ohne Genehmigung des Verfassers veröffentlicht werden. Rechtsverbindlichkeiten können daraus nicht abgeleitet werden.



Literaturverzeichnis

DIN 4108-2 : 2003-07

Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz; Berlin: Beuth Verlag GmbH

DIN 4108 Beiblatt 2 : 1998-08

Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele; Berlin: Beuth Verlag GmbH

DIN EN ISO 10211-2 : 2001-06

Wärmebrücken im Hochbau – Berechnung der Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Teil 2: Linienförmige Wärmebrücken; Berlin: Beuth Verlag GmbH

DIN EN ISO 13788 : 2001-11

Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Oberflächentemperatur zur Vermeidung von kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren – Berechnungsverfahren; Berlin: Beuth Verlag GmbH

Einsatzempfehlungen für Holzfenster

Empfehlungen zum materialgerechten Einsatz und zur anforderungsgerechten konstruktiven Ausbildung in Abhängigkeit der Beanspruchung durch das Außen- und Innenklima, Fachverband Schreinerhandwerk Bayern Merkblatt Nr. 5.3, 05/2005

VFF-Merkblatt ES.03 : 2001-12 *)

Wärmetechnische Anforderungen an Baukörperanschlüsse für Fenster;
Hrsg.: Verband der Fenster- und Fassadenhersteller e.V., Frankfurt a. M.

Technische Richtlinie des Glaserhandwerks/Bundesinnungsverband des Glaserhandwerks.
Nr. 20 *) Einbau von Fenstern und Fenstertüren mit Anwendungsbeispielen.

Ausarbeitung: ift Rosenheim. Hrsg.: Verlagsanstalt Handwerk GmbH, Düsseldorf 1998

Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Haustüren *)

herausgegeben im Dez. 2006 von den RAL-Gütegemeinschaften Fenster und Haustüren,
Frankfurt a. M.

*) Werke an denen der Autor mitgearbeitet hat.