

Die Tauwasserbildung und die Durchfeuchtung der Bauteile bei massiven Gebäuden Teil 2

Auch an der Außenfassade kommt es zu einer Kondenswasserbildung, die neben den anorganischen Ablagerungen auch die Besiedlung von Bakterien und Schimmelpilze sowie Algen begünstigt. Dies hängt von den Feuchtigkeitsverhältnissen ab. Gelegentlich treten auch Flechtenlager auf Naturstein und Horizontalflächen auf. Vorausgesetzt, dass keine Aussalzung im fortgeschrittenen Grad besteht. [1]

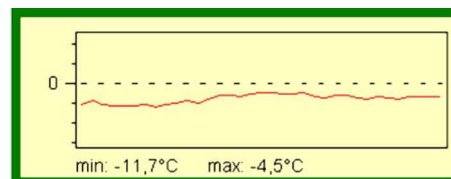
Durch die Temperaturdifferenz zwischen der höheren Lufttemperatur und der niedrigeren Oberflächentemperatur kommt es an der Fassadenoberfläche zur Kondensatbildung. Bei einer wärmegeämmten Fassade fehlt der Wärmefluss von innen an die Fassade. Die so entstehende Abkühlung und Kondensatbildung kommt auch an der Holzschalung, Faserzementschindel, verputzte Außendämmung und auch an der Glasfassade vor.

Durch nächtliche Abstrahlung bei klarem Himmel unterkühlt sich die Wandfläche und kann einige Grad niedriger sein, als die der umgebenden Luft. Die Abkühlung der Oberflächen erfolgt sowohl im Sommer als auch im Winter, wobei im Sommer durch die höhere Tagestemperatur schnell ein Ausgleich erfolgt. Dieses Beispiel zeigt eine Aufnahme einer wärmegeämmten Fensterfassade (Bild 1), die gegen 8 Uhr (kurz vor Sonnenaufgang) bei einer Außentemperatur von ca. -3 bis -4°C aufgenommen wurde. Die Isotherme LIO1 im Bild 2 zeigt eine Oberflächentemperatur von -12°C auf der Dämmung und -4°C auf der äußeren Fensterfläche.

Bild 1: Oberflächentemperatur einer wärmegeämmten Fassaden. Bei einer Lufttemperatur von circa -4°C , 8 Uhr



Bild 2: Isotherme LIO1 zum Bild 2, die eine Oberflächentemperatur liegt zwischen -4 bis -12°C



GROCHAL untersuchte wärmegeämmte Fassaden. Untersuchungen und Auswertungen zeigen, dass bei der Erhöhung der Dämmstoffstärken bei gleicher Konstruktion sich die Kondensationsperiode und damit das Bewuchsrisko erhöht. Ebenso wurde bei einem Massivmauerwerk mit U-Wert $0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$ in der Zeit von 20.11.91 bis 29.4.1992 eine Unterkühlung der Oberfläche mit 546 Stunden und bei einer Massivmauer mit Wärmedämmung und gleichem U-Wert mit 1586 Stunden ermittelt.[2] Der Unterschied kommt durch die wenig Wärme speichernde verputzte Außenwärmedämmung gegenüber der massiven Wand zustande.[3] Die gleiche Aussage vertritt auch KÜNZEL. [4]

In der Tabelle 1 wurden ausgewählte Oberflächentemperaturen an verschiedenen Wandoberflächen zusammengestellt. Bei allen Objekten liegt die Infrarottemperatur unterhalb der Lufttemperatur. Besonders niedrig sind diese beim frei stehenden Objekt 3, welches aus circa 80 cm dicken Lehmwänden besteht. Interessant ist, dass die Fassade mit dem Wärmeverbundsystem (Objekt 2) eine kleinere Temperaturdifferenz zwischen Oberfläche und Außenluft hat, als die beiden massiven Wandkonstruktionen der Objekte 1 und 3.

Zur Thermografie vertritt MEHLHORN die Meinung, dass verwertbare Aussagen nur bei günstigen Bedingungen möglich sind. Daher ist die Messung vor Sonnenaufgang bei Windstille nach einer Reihe trüber Tage bei möglichst tiefer Außentemperatur und gleichmäßiger Beheizung aller Räume hinter

der Fassade vorzunehmen. Diese Bedingungen liegen nur selten vor, daher ist auch eine gewisse Skepsis gegenüber quantitativen Ausdeutungen angesagt. [5] Die Thermografie kann nur mit Einschränkung zu Bewertung des Wärmeschutzes von Gebäuden herangezogen werden. [6]

Die Bewertung der Tauwasserbildung bei einem Gebäude auf der Grundlage der Messungen der Temperaturstrahlung birgt noch viele Unsicherheiten. Dies ist sicherlich darauf zurückzuführen, dass viele Einflussfaktoren nicht ausreichend genau erfasst werden und ihre Wechselwirkung ungenügend bekannt sind. Ebenso lässt die Messgenauigkeit der Hand-Infrarotthermometer mit einer Genauigkeit von $\pm 2^\circ\text{C}$ sehr zu wünschen übrig. Ein praktischer Vergleich verschiedenen Hand-Infrarotthermometern bestätigte diese Abweichungen. IR-Temperaturmessung können daher nur zur Trendbestimmung dienen.

Bei allen Außenwänden in der Tabelle 1 konnten keine Schädigungen durch eine Tauwasserbildung festgestellt werden. Eine Kondenswasserbildung auf einer kühlen Bauteiloberfläche führt nicht automatisch zu einer Algenbildung oder Schimmelpilzbildung. Hier ist auch das Sorptionsvermögen der Randschicht der massiven Wandkonstruktion, der ungehinderte Feuchtetransport und die zügige Abtrocknung von entscheidender Bedeutung. Wärmeverbundsysteme mit ihrer dünnen Putzschicht können nur ungenügend Feuchtigkeit aufnehmen, sodass sich die Feuchtigkeit mehrheitlich als Feuchtfilm auf der Oberfläche niederschlägt und nur durch die angrenzende Luft wieder aufgenommen und abgeführt werden kann. Ebenso entstehen durch die Dämmstoffschichten Grenzschichten oder gar Sperrschichten, die einen Feuchtetransport behindern.

Tabelle 1: Zusammenstellung ausgewählter Messergebnisse von Oberflächentemperaturen

Objekte / Himmelsrichtung	Datum	Urzeit	Wetter	IR-Temperatur	Temperatur mit Kontaktthermometer	Lufttemperatur
1 Süd	30.12.07	18.30	leicht bedeckt	-6,0		3,0
2 Nord	31.12.07	14.30	stark bewölkt	0,0		3,0
		23.00	stark bewölkt	-2,5		2,0
3 Südwest	29.12.07	09.00	wolkenlos	-9,5		1,0
	02.01.08	12.00	stark bewölkt	-7,5		-0,8
4 Nordwest	21.01.08	10.30	leicht bewölkt	2,5	4,4	3,3
	31.01.08	08.00	wolkenlos	-2,0	1,4	0,9
		12.30	bewölkt	-2,0	4,1	4,7
		14.30	bewölkt	1,0	4,4	4,7
		20.00	stark bewölkt	-1,0	3,7	3,8

Erläuterung zur Tabelle:

Objekt 1: Doppelhaushälfte mit 2 Wohnungen und ausgebauten Dachgeschoss, Großmiltitzer Str. in Miltitz, 36,5 Ziegelwand, Messhöhe 1,5 m über Geländeoberfläche, Himmelsrichtung Nord

Objekt 2: Mehrfamilienhaus Viertelsweg in Leipzig, massive Außenwand aus Leichtbeton-Ziegelsplitt (zirka 30 cm) und 8 cm Wärmedämmverbundsystem, Messhöhe II. Obergeschoss, Himmelsrichtung Nord

Objekt 3: 1. Wohngebäude Bucksdorffstraße in Leipzig, circa 70 cm Stampflehmwand, Messhöhe 1,5 m über Geländeoberfläche, Himmelsrichtung Südwest

Objekt 4: 2. Wohngebäude Bucksdorffstraße in Leipzig, circa 70 cm Stampflehmwand, Messhöhe 1,5 m über Geländeoberfläche, Himmelsrichtung Nordwest

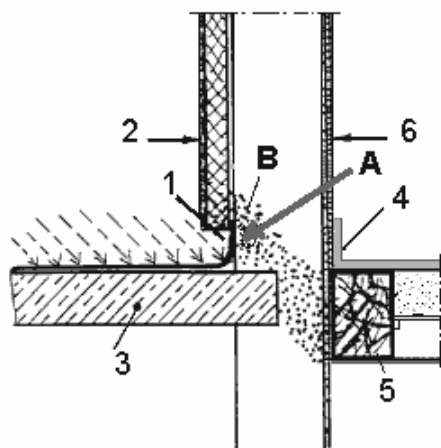
Untersuchungen der Transportvorgänge zeigen, dass der kapillare Feuchtetransport über die Schichtgrenze, Putz und Mauerwerk, behindert wird. KRUS, KÜNZEL, KIEßL vermuten, "dass die Poren des Mauersteins in einer schmalen Schichtgrenze durch Kristallbildung von Salzen aus dem Putz, verstopfen". [7] Dabei handelt es sich um eine Widerstandsschicht von 1 mm, der abhängig von der Materialkombination ist. Diese verringert den Flüssigtransportkoeffizienten um einen Faktor von 200 bis 2000.

Der Wasserdampfdiffusionswiderstand μ drückt nur aus, wie viel Wasserdampf im Verhältnis zur Luft in einem Baustoff diffundiert. Es ist keine Größe, die die Diffusionsfähigkeit von Wasser beschreibt.

Das Wasser hat nach Wasserstoff, Helium, Methan und Ammoniak eine relativ kleine Molekülmasse und findet so einen Weg durch mineralische Stoffe.[8] Das Wasserdampfmolekül mit einem Radius von 0,14-0,16 nm ist wesentlich kleiner als ein Luftmolekül mit 0,2-0,28 nm. Daher sind luftdichte Baustoffschichten nicht auch gleichzeitig Dampfdicht.[9] Das Wassermolekül mit 0,28 nm [10] ist aber wiederum relativ so groß, dass zum Beispiel der Zementputz eine sperrende Wirkung hat, obwohl der Wasserdampf bei $\mu = 20$ relativ gut durchgeht. [8] Diese Eigenschaften sind auch beim Kunststoff-Zement-Putz oder bei der Dispersionsfarbe zubeachten.

Werden die gekoppelten Wärme- und Feuchtetransportprozesse durch Sperrschichten behindert, so kann die eingedrungene Feuchte aus dem Wandquerschnitt nicht ausreichend abgeführt oder auch aufgenommen werden. Hier soll ein Beispiel genannt werden, wo sowohl bei der Veröffentlichung und auch im Fachvortrag die eigentlichen Probleme nicht richtig erkannt wurden. Man ging davon aus, dass der fugendichte Anschluss der Abdichtung der massiven nicht fachgerecht ausgeführt wurde. [11] In der Zeichnung sind auch noch zwei Wärmebrücken erkennbar. Das ist die einkragende Stahlbetonplatte und die fehlende Dämmung bis in die horizontale Fläche. Die äußere Fassadenschicht, die Schichtgrenze zwischen massiver Wand und Wärmedämmverbundsystem (Styroporplatten) sowie die an der Wand hochgezogene Feuchtesperre stellen Sperrschichten auf der Außenseite dar und behindern so den nach außen gerichteten Feuchtetransport. Es kommt zwangsläufig zum Feuchtestau auf der Außenseite der Konstruktion mit entsprechender Rückkopplung nach innen. Die Abtrocknung kann nur noch nach innen und damit entgegen dem Wärmestrom erfolgen. Aber auch hier wurde eine Sperrschicht aus Bodenfliesen und einer Fliesenkannte ausgeführt. Damit war eine Abtrocknung auch nach innen nicht möglich (siehe Bild 3). Damit es zu keinen Feuchtigkeitsschäden kommt, darf bei einer Thermohaut (4 bis 8 cm Kunststoffplatten) die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke $2,5 \text{ aus } \mu \cdot d$ (Baustoffdicke) nur wenig überschreiten. Dies gilt für Putz und Farbbeschichtung. Besser sind mineralische Putze mit Leichtzuschlägen, wie Perlite.[5] Damit sich zwischen Dämmung und Außenputz kein Tauwasser bildet, darf der Putz keinen zu großen Diffusionswiderstand aufweisen. Bei hinterlüfteten Fassaden, wo der Luftraum mindestens 2 cm beträgt, kann der durch die Wand diffundierende Wasserdampf an die Außenluft abgegeben werden.[12]

Bild 3.: Die Durchfeuchtung (B) im Bereich der Balkonplatte (3) führte zu einem Befall des Holzbalkens (5) durch den Echten Hausschwamm (*Serpula lacrimans*). Das Originalbild wurde um die Details ergänzt.



1 ungünstige Fugenanbindung und Wärmebrücke,

2 Wärmedämmverbundsystem

4 Bodenfliesen (Keramik)

6 Gipskartonplatte (Trockenputz)

A Wärmestrom und Feuchtestrom von innen nach außen

B Feuchtestau

Zum Schluss sollen noch Außenwandkonstruktionen gezeigt werden, wo optimale Bedingungen zum ungestörten Feuchtetransport vorliegen. Wurden die älteren Wohnhäuser hier in Vinnitsa (Ukraine) mit einer Wandstärke von 50 cm ohne Außenputz nur aus Ziegelsteinen erstellt, so werden

heute die Wohnhäuser mit 9 bis 10 Etagen außen mit Kalksandsteinen und innen mit 3-Lochziegelsteinen erstellt (Bild 4 und 5).

Bild 4: Ältere Wohngebäude aus Ziegel in der Вул. Пирогова in Вінниця (Ukraine)



Bild 5: Hochhäuser in Ziegelbau, außen Kalksandstein, innen 3-Lochsteine in der Вул. Зодчих in Вінниця (Ukraine)



Autoren

Prof. RNDr. Jaroslav Římal Dr.Sc. und Dipl.-Ing.oec., Ing. Peter Rauch

Literatur:

- [1] Riedl, Harald, Hubacek, Hugo; Bauwerkszerstörung und Sanierung durch Mikroorganismen, Forschungsbericht Institut für angewandte Forschung und Produktmarketing Wien, 3/1988, S. 5 (Standort Deut. Bücherei 1988B7863)
- [2] Grochal, P.; Algen und Pilze an wärme gedämmten Fassaden, 3. Dahlberg – Kolloquium, Mikroorganismen und Bauwerksinstandsetzung, Verlag Bauwesen Berlin, 2001, S. 113
- [3] Raschle, Paul; St. Gallen, Schweiz, Algen und Schimmelpilze auf Fassaden, Vortrag auf der 11. Quedlinburger Holzbautagung am 1.4.2005, Seite 4/9
- [4] Künzel, Hartwig, M.; Krus, Martin; Sedlbauer, K.; Algen auf Außenwänden- Bauphysik als Ursache? Bauphysik als Lösung , 3. Dahlberg – Kolloquium, Mikroorganismen und Bauwerksinstandsetzung, Verlag Bauwesen Berlin, 2001, S. 75ff
- [5] Mehlhorn, Gerhard; Der Ingenieurbau, Grundwissen, Bauphysik Brandschutz 1996 Berlin Ernst & Sohn, S. 46, 57, 78, 85, 90, 91
- [6] [38] Fischer, Heinz-Martin; Jenisch, Richard; Stohrer, Martin; Homann Martin; Freymuth, Hanns; Richter Ekkehard, Häupl, Peter; Lehrbuch der Bauphysik, 6. Aufl. 2008, Vieweg & Teubner, S. 115, 151
- [7] Krus, Martin; Künzel, Hartwig M.; Kießl, Kurz; Feuchtetransportvorgänge in Stein und Mauerwerk -Messung und Berechnung, 1996, IRB Verlag S. 70
- [8] Oberrauch, Bernhard; Bauphysikalische Daten über Lehm, Wohnung + Gesundheit 9/92 –Nr. 64, S. 48
- [9] Arendt, Horst; Wärme- und Feuchteschutz in der Praxis, 2. Aufl. 2002, Verlag für Bauwesen Berlin, S. 30, 37, 62, 138f, 284
- [10] Zürcher, Christoph, Frank Thomas; Bauphysik Bau und Energie, 2.Aufl. 2004, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, S. 53
- [11] Silz, Christof; Schwammsanierung im Schadensfall bs 2/97, S. 46f
- [12] Fischer, Heinz-Martin; Jenisch, Richard; Stohrer, Martin; Homann Martin; Freymuth, Hanns; Richter Ekkehard, Häupl, Peter; Lehrbuch der Bauphysik, 6. Aufl. 2008, Vieweg & Teubner, S. 115, 151