

## Thermografie: Zerstörungsfreie Fehlstellendetektion

Von Dipl.-Ing. S. Filzwieser

**In den letzten Jahren stiegen die Anforderungen an die thermische Gebäudehülle aufgrund der Forderung nach immer besserer Energieeffizienz stetig. Zur Senkung der Transmissionswärmeverluste sind höhere Dämmstärken nötig, wogegen immer dichtere Gebäudehüllen Lüftungswärmeverluste minimieren. Kurze Bauzeiten führen aber zu hohen Baurestfeuchten, die nur vermehrtes Lüften abführen kann. Das fordert ein besonderes Nutzerverhalten. Schon kleinste Fehlstellen in der luftdichten Hülle, die vor 20 Jahren in Häusern keine Probleme verursacht hätten, können große Schäden verursachen. ■**

Stellen Bewohner Schimmel am Dachboden des neuen Eigenheims fest, herrschen im ersten Moment meist Unsicherheit und Ärger. Gerade dann ist es wichtig, zuerst die Schadenursache lückenlos zu klären und erst danach Sanierungsmaßnahmen zu starten. Besonders der Frage nach der Ursache wird oft zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt, was häufig dazu führt, dass nur das Symptom entfernt, die eigentliche Ursache aber nicht näher hinterfragt wird. Daher tritt das Problem in der nächsten Heizperiode wieder auf. Bilden sich Schimmel und Nässe im Spitzboden über Wohnräumen mit Kniestock, an der Dachschalung eines Sparrendachs knapp über der Zangendecke, liegt das Problem mit sehr großer Sicherheit (aber nicht nur) an der luftdichten Ebene, i. d. R. der Dampfbremse bzw. deren An- und Abschlüssen sowie Durchdringungen. Nachdem solche Objekte meist bewohnt sind, steht an oberster Stelle der erforderlichen Schritte die zerstörungsfreie, punktgenaue Feststellung von Fehlstellen bzw. die Eingrenzung auf kleine Bereiche, um die Beeinträchtigung der Bewohner zu minimieren und Sanierungskosten möglichst gering zu halten.

### Konkreter Fall

Bei mehreren Reihenhäusern, die 2018 fertiggestellt und bezogen wurden, bildeten sich schon im ersten Winter im Spitzboden punktuell Nässe sowie Schimmel an Dachschalung und Giebelwand. Die Baufirma unternahm Sanierungsversuche, jedoch traten dieselben Schadenbilder im nächsten Herbst wieder auf, daher beauftragte der Bauträger einen externen Sachverständigen, der im Dezember per Infrarotthermografie, Differenzdruck und Nebeltest eine Befundaufnahme durchführte.

Sie erfolgte an einem windstillen Dezembertag bei 2 °C Außentemperatur und Hochnebel sowie 22 °C Innentemperatur – für diese Messaufgabe optimale Bedin-

gungen, weil so Störungen durch Wind und Sonneneinstrahlung ausgeschlossen sind. Weiter sind bei 20 Kelvin (K) Temperaturunterschied auch kleinste Auffälligkeiten thermografisch detektierbar. Schon die augenscheinliche Untersuchung der Fehlstellen ließ vermuten, dass es sich um mehrere, voneinander unabhängige Schadenursachen handeln musste.

Das vom Bauherrn angesprochene Schimmel- und Nässeproblem zeigte sich klar an der Dachschräge über dem Bad (Bild 1), zudem war Nässe an der Giebelwand zwischen Zangendecke und Betonkranz (Bild 2) sowie an der Dachschalung, unmittelbar anschließend an die Giebelwand bis knapp unter den Giebel (Bild 3), und daher offenbar nicht in Zusammenhang stehend mit den Dachschrägen, vorhanden.



1, 2, 3 | Bei Reihenhäusern, die 2018 fertiggestellt und bezogen wurden, bildeten sich im ersten Winter punktuell Nässe und Schimmel an der Baukonstruktion. Bild 1 (oben) zeigt die Problemstellen an der Dachschräge über dem Bad, die Bilder 2 (Mitte) und 3 (unten) an der Giebelwand zwischen Zangendecke und Betonkranz sowie an der Dachschalung, anschließend an die Giebelwand bis knapp unter den Giebel.

Bilder © S. Filzwieser

## 1. Thermografie im Spitzboden

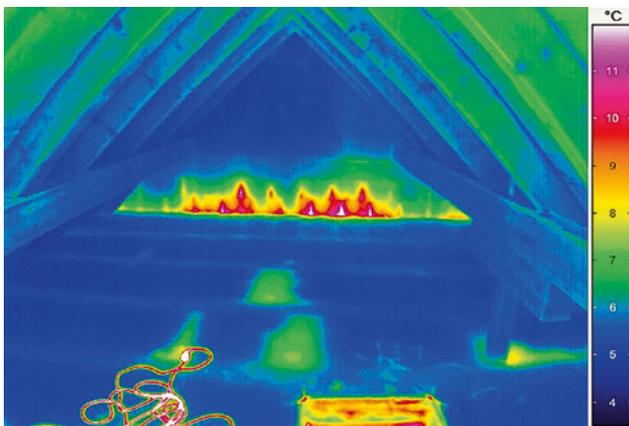
Wegen der starken Nässebildung an der Dachschräge, unmittelbar über der Zangendecke, wurde im ersten Schritt die ganze Spitzbodenoberfläche per Infrarotthermografie auf thermische Auffälligkeiten hin untersucht. Der Deckenaufbau ist von innen nach außen wie folgt: GKP-Beplankung auf mit Direktabhängen abgehängter Metall-Unterkonstruktion, Dampfbremse (ohne Installationsebene, die E-Durchführungen sind an den Lichtauslässen fachgerecht mit Manschetten hergestellt), 100 mm Glaswolle unter und 150 mm zwischen den Zangen sowie 15 mm OSB-Platte.

Generell bestand der Verdacht, dass die luftdichte Ebene irgendwo in der Zangendecke und Dachschräge undicht ist und der Luftaustritt am Spalt zwischen OSB-Platten und Dachschräge erfolgt, weil die OSB-Platten dank Nut-Feder-System relativ luftdicht sind. Zugleich bedeutete das aber, dass auch an der OSB-Plattenunterseite schon Schäden vorhanden sein konnten, selbst wenn sie noch nicht erkennbar waren.

Die Infrarotbilder zeigten an den OSB-Platten thermische Abnormitäten, die für die spätere Bauteilöffnung markiert wurden (Bild 4, 5). Bild 4 zeigt auch die untypisch hohe Giebelwandaufwärmung unmittelbar über der Zangendecke deutlich. Diese Bereiche wurden später geöffnet. Anzumerken ist: Bei dieser Messmethode spielen absolute Temperaturen kaum eine Rolle. Es geht vor allem darum, untypische Temperaturverläufe/-unterschiede zu beurteilen und so auf Fehlstellen zu schließen.

## 2. Thermografie im Dachgeschoss

Als nächster Schritt wurden die raumseitigen Oberflächen der Dachschrägen und Zangendecke thermografisch erfasst und die Bilder gespeichert. Danach wurde per Differenzdruckmessgerät ein Unterdruck



4, 5 | 1. Schritt: Wegen der Nässe an der Dachschräge über der Zangendecke wurde die Spitzbodenoberfläche per Infrarotthermografie untersucht. Die Bilder zeigten thermische Abnormitäten an den OSB-Deckenplatten. Bild 4 (links) zeigt auch die untypisch hohe Giebelwandaufwärmung über der Decke.

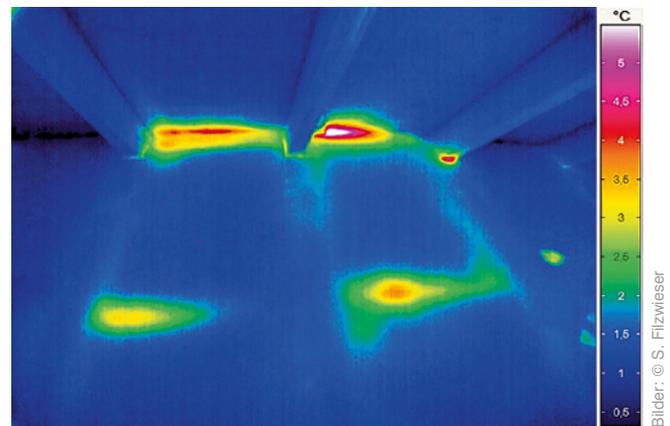
im Gebäude erzeugt und nach einer Stunde dieselben Oberflächen noch einmal thermografiert, um die Bilder vergleichen und zwischen ausschließlichen Dämmfehlern und Undichtheiten an der luftdichten Ebene unterscheiden zu können.

Während sich die Vorher-/Nachher-Bilder bei reinen Unterschieden in der Dämmstärke nicht ändern, kommt es an Stellen mit Undichtheiten durch den Unterdruck zur Abkühlung, was auf den Bildern der zweiten Aufnahmereihe ersichtlich wurde (Bild 6: Oberfläche im Normalzustand ohne Druckunterschied und Bild 7: nach einer Stunde Unterdruck von 50 Pascal (Pa) im Gebäude).

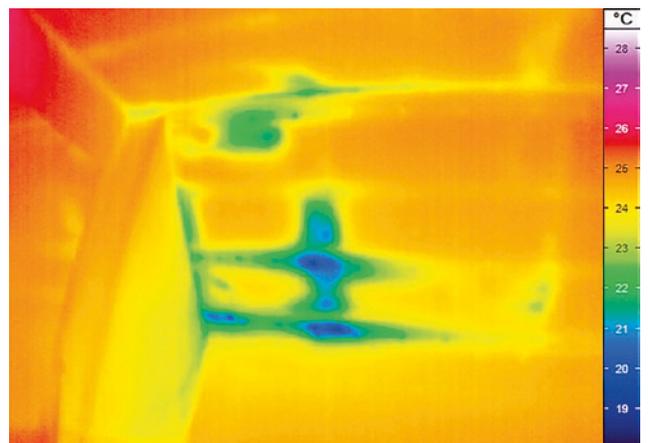
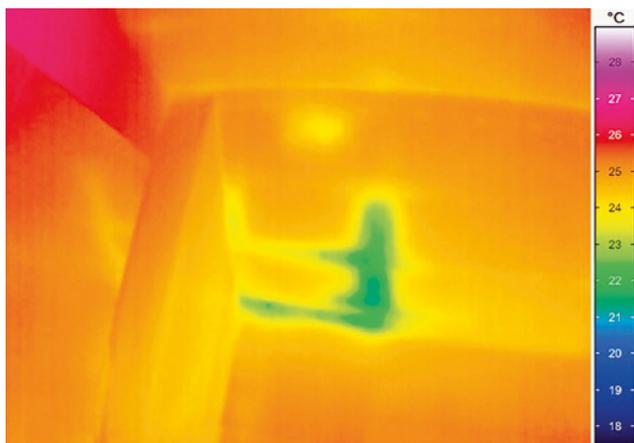
Die Bereiche mit grüner bis blauer Färbung wiesen schon im ersten Aufnahmezyklus auf Undichtheiten in der Konstruktion hin, es ließ sich aber nicht ausschließen, dass nur die Wärmedämmung schlampig verlegt wurde und es sich um eine klassische materialbedingte Wärmebrücke handelte. Erst die Aufnahme nach 60 Minuten Unterdruck (Bild 7) zeigte klar, dass es sich um eine Undichtheit an der Dampfbremse handeln musste. Physikalischer Hintergrund: Der Unterdruck saugte über die Leckage-Stelle kalte Außenluft in die Dachkonstruktion, wodurch die Gipskartonbeplankung abkühlte. So wurden einerseits die Schrauben gut sichtbar, da sie wegen der guten Temperaturleitfähigkeit von Metall stark abkühlten. Andererseits zeigte sich im Bereich Dachschräge/Decke eine zusätzliche, zuvor unauffällige Fehlstelle.

## 3. Leckagesuche an Wänden

Die Luftwechselrate n50 des Gebäudes beträgt 1,1 pro Stunde, ist also insgesamt sehr dicht. Fälschlicherweise werden immer wieder aufgrund sehr niedriger Luftwechselraten Fehler an der luftdichten Ebene ausgeschlossen bzw. wird mit dem Unterschreiten



Bilder: © S. Flizwieser



6, 7 | 2. Schritt: Dieser Schritt erfasste die raumseitigen Oberflächen der Dachschrägen und Zangendecke thermografisch. Danach wurde im Gebäude ein Unterdruck erzeugt, und nach einer Stunde wurden die Oberflächen erneut thermografiert. Bild 6 (links) zeigt sie im Normalzustand, Bild 7 (rechts) nach einer Stunde Unterdruck. Letzteres belegt klar eindeutig eine undichte Dampfbremse.

des geforderten Höchstwerts von maximal 3 pro Stunde die Fehlinterpretation getroffen, dadurch sei auch die bauphysikalische Mangelfreiheit nachgewiesen. Tatsächlich ist die Luftwechselrate nur ein „energetischer“ Kennwert; ob lokal Fehlstellen in der luftdichten Gebäudehülle vorhanden sind, die zu teils schweren Folgeschäden führen können, lässt sich so weder bestätigen noch ausschließen. Da es hier einer detaillierten Leckagesuche bedurfte, wurde die raumseitige Hüllfläche nach Undichtheiten abgesucht. Dabei waren insbesondere an allen Steckdosen und Schaltern – in Zwischen- und Außenwänden – deutliche Zuglufterscheinungen bei 50 Pa Unterdruck feststellbar.

An den Estrichfugen waren bis auf wenige Ausnahmen in den Laibungen der bodentiefen Fensterelemente keine nennenswerten Undichtheiten vorhanden. Im Bad waren an den Durchdringungen in Vorsatzschale wie WC-Betätigungsplatte und -Aufhängung, Wasseranschlüsse für Waschbecken und an der Elektro-Hohlraumdose markante Luftströmungen feststellbar.

## 4. Nebeltest

Nachdem im Spitzboden die Schadenbilder und in den Wohnräumen des Dachgeschosses Undichtheiten festgestellt waren, ging es um die Frage, inwiefern die Undichtheiten tatsächlich zu Schäden führen. Das näher einzugrenzen, ist v. a. dort wichtig, wo Bauteilöffnungen einen hohen Sanierungsaufwand nach sich ziehen, z. B. an der verfliesen Vorsatzschale im Bad. Um den kausalen Zusammenhang zwischen Undichtheit und Schaden zu belegen, wurde der Leckageweg per Nebeltest nachgewiesen. Dazu wurde im Spitzboden über dem Bad Nebel zugeführt und der Nebelaustritt im Bad (bei Unterdruck) kontrolliert. Nach wenigen Sekunden trat Nebel an der Betätigungsplatte und WC-Aufhängung aus.

Zur Ursachenergründung für die Nässe an der Dachschalung an der Giebelwand wurde bei Überdruck im darunterliegenden Zimmer an der Dreifachsteckdose an der Außenwand Nebel zugeführt und kontrolliert, ob ein Leckageweg zum Spitzboden existiert. Dabei trat Nebel zwischen Giebelwand und Dachschalung aus, also exakt dort, wo der Nässeschaden sitzt. Die Ursache für die Nässe: Feuchtwarme Raumluft strömte an der Außenwandsteckdose ins Mauerwerk, stieg zwischen Mauerwerk und Wärmedämmverbundsystem nach oben und unmittelbar unter der Dachschalung in den Spitzboden, wo sich aufgrund von Kondensation Nässe bildete. Das sonst typische Aufsteigen warmer Raumluft im Hochlochziegel war in diesem Fall ausgeschlossen, weil der Betonkranz und der Mauerkronverschluss mittels XPS-Platten das Aufsteigen unterbanden.

## 5. Schritt: Bauteilöffnung

Die Öffnung der OSB-Platten an den thermografisch auffälligsten Stellen zeigte starke Schimmel- und Kondenswasserbildung an der Plattenunterseite (Bild 8). Die Zangen waren oben schon durchnässt; wäre der Schaden erst später erkannt worden, hätten die Zangen eventuell auch saniert werden müssen (Bild 9). Die eigentliche Ursache lag am teils fehlenden Mauerkronverschluss der Zwischenwände (Bild 10). Im Dachgeschoss waren diese als verputzte Hochlochziegelwände ausgeführt, die Dampfbremsen wurden aber nicht über die Mauerkrone geführt, sondern beiderseits der Wand angeschlossen. Somit hätte die Mauerkrone luftdicht hergestellt werden müssen, um Konvektionsströme in die Zangendecke zu vermeiden. Das erklärte auch die bei der Leckagesuche festgestellten großen Undichtheiten an den E-Installationen der Zwischenwände.



Bilder: © S. Fitzwieser

**8, 9, 10 | Bauteilöffnung vor Ort – Stunde der Wahrheit:** Die Öffnung der OSB-Platten an den thermografisch auffälligsten Stellen zeigte starke Schimmel- und Kondenswasserbildung an der Plattenunterseite (Bild 8, oben). Die Zangen waren oben schon durchnässt (Bild Mitte). Die eigentliche Ursache lag am teils fehlenden Mauerkronverschluss der Zwischenwände (Bild 10, unten).

Im Bad waren an den Leitungsdurchführungen, die beim ersten Sanierungsversuch mit luftdichten Manschetten nachgerüstet wurden, nach wie vor markante Undichtheiten vorhanden. Das lag an schlampigen Verklebungen, zu knapp beieinanderliegenden Leitungen und mangelndem Platz für die Manschetten. Die großen Erwärmungen an den Giebelwänden unmittelbar über der Zangendecke und die Feuchte an den Hochlochziegeln in diesem Bereich waren darauf zurückzuführen, dass die Giebelwand im Bereich zwischen Zangendecke und Betonkranz unverputzt war, wodurch über den Hochlochziegel konvektiv aufsteigende Raumluft im Spitzbodenbereich kondensierte. An den Außenwänden wurden zwar luftdichte Einsät-

ze bei den Steckdosen eingebaut und die Drähte korrekt durch die Membrane geführt, jedoch war zwischen luftdichtem Einsatz und Mauerwerk ein Luftspalt, weshalb die Unterputzdose in Summe ebenso undicht war, als wäre gar kein Einsatz vorhanden gewesen.

## Fazit

Die Bauteilöffnung bestätigte alle Verdachtsstellen, die die zerstörungsfreien Messungen offenlegten, als potenzielle Fehlstellen. Generell gilt: Je genauer die Bauweise bekannt ist, umso einfacher ist es, bei der Befundaufnahme die richtigen Schlüsse zu ziehen und die Messanordnungen so zu treffen, dass beim Auffinden von Fehlstellen eine hohe Trefferquote erzielt wird. Auch geeignete Messbedingungen, die stark vom Wetter abhängig sind, tragen sehr zum Erfolg bei. Messungen kurzfristig zu verschieben, gehört daher zum Arbeitsalltag. ■

### Die Österreichische Gesellschaft für Thermografie

Die ÖGfTH ist seit ihrer Gründung im Jahr 1988 unpolitisch und nicht auf Gewinn gerichtet. Sie verfolgt den Zweck, ein Forum für Erfahrungsaustausch, Information und Weiterbildung zu sein. Erreicht wird das durch:

- Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Fachverbänden
- Mitarbeit in wichtigen europäischen Normen- und Fachausschüssen
- Information unserer Mitglieder über Zertifizierungs- und Schulungsmöglichkeiten sowie über aktuelle Gesetzgebung
- Veranstaltung von und Teilnahme an Tagungen und Seminaren

Weitere Ziele sind die Schaffung bzw. laufende Überarbeitung von Qualitätskriterien für Bericht, Befund, Gutachten oder Zeugnis erstellende Verwender von Thermografiegeräten sowie die Beratung von Kammern, Behörden und öffentlichen Institutionen auf dem Gebiet der IR-Thermografie.

