

Thermografie

Qualitätskontrolle von WDVS

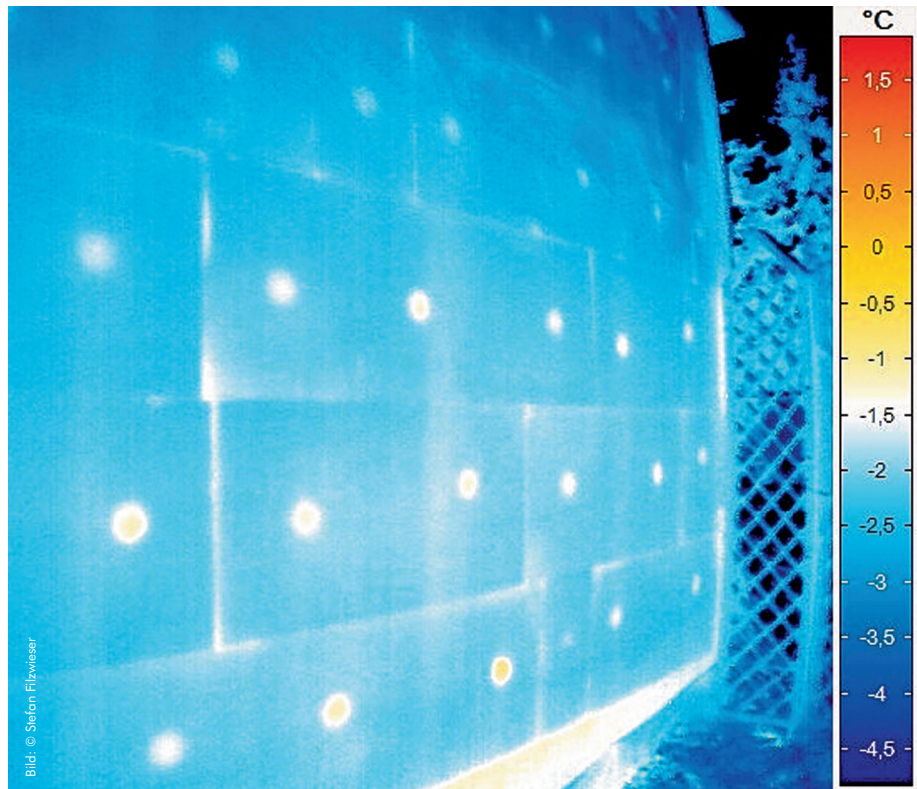
Die Thermografie ist als zerstörungsfreie Überprüfung optimal dazu geeignet, ein Werk auch im fertigen Zustand zu überprüfen. Durch das bildgebende Format dieser Überprüfung ist es zusätzlich geeignet, technisch schwierige Zusammenhänge auch Laien relativ einfach und zielgerichtet nahezubringen.

Um bspw. die Anforderungen eines Nullenergiehauses im Neubau und auch in der Sanierung zu erfüllen, werden sowohl die Fenster als auch die Fassade und Decken zu unbeheizten Bereichen ertüchtigt. Anfang der 1990er-Jahre wurden die ersten WDVS-Fassaden im heutigen Stil errichtet. Wandbildner aus Ziegel wurden mit wärmedämmenden Platten aufgedoppelt und mit Putzsystemen gegen Witterung geschützt. Hat man in diesen Jahren Systemstärken von 4 bis 6 cm aufgebracht, werden bei heutigen Systemen zwischen 16 und 20 cm und in besonderen Fällen bis 24 cm und mehr aufgebracht.

Im ersten Jahrzehnt des neuen Jahrtausends wurde durch die Verwendung höherer Dämmstoffdicken zunehmend die Montagequalität ein wichtiges bautechnisches Kriterium. Immer mehr Sanierungsversuche zeigten, dass die Energieeinsparung sanierter Fassaden praktisch nicht mit den Vorberechnungen übereinstimmen und ausführungsmäßig teilweise große Qualitätsmängel auftraten. Mit diesen mangelnden Erfolgen wurde die Qualitätsüberprüfung der WDVS-Fassaden geboren. Die Überprüfung von Fassaden ergab eine ungemeine Anzahl von möglichen mangelhaften Verarbeitungsschritten. In Österreich wird seit vielen Jahren ein Bauschadensbericht herausgegeben, der bereits mehrmals die Fassaden zum Inhalt hatte. Die Normungen und Verarbeitungsrichtlinien wurden stetig verbessert und überarbeitet. Nichtsdestotrotz ist es unumgänglich, ein Fassadensystem in seiner Funktionsweise im fertiggestellten Zustand zu überprüfen. Hier kann die Thermografie als machtvoll Instrument helfen.

Qualitätsüberprüfung mittels Thermografie

Für diese sehr einfach klingende Aufgabe ist es notwendig, die bauphysikalischen und strahlungsphysikalischen Grundlagen zu kennen. Qualitätvolle Thermografie ist einerseits natürlich von den verwendeten Messgeräten abhängig, wird jedoch nicht ausschließlich durch diese beeinflusst. So ist z. B. die Wartung und regelmäßige Überprüfung der Messgenauigkeit und erforderlichenfalls Nachkalibrierung ein un-



1 | Typisches Bild einer gedübelten WDVS-Fassade.

abdingbares Muss für jeden seriösen Messdienstleister. Zudem soll das Messpersonal über eine entsprechende Ausbildung verfügen, um sowohl die Kamera richtig anzuwenden, als auch die erforderlichen Randbedingungen betreffend Wetterbedingungen, Gebäudezustand, Messzeitpunkt, etc. entsprechend berücksichtigen zu können.

Durch qualitätvolle Thermografieaufnahmen kann man ...

- ein genaues Dübelbild der Fassade darstellen,
- das Verlegemuster der Dämmplatten nachvollziehen,
- Wärmebrücken aufgrund mangelhafter Verlegung aufzeigen,
- konstruktive Wärmebrücken zeigen,
- Materialunterschiede, Materialwechsel und Materialübergänge bildhaft zeigen,
- z. B. Leitungsführungen nachvollziehen (Blitzableiter),
- Detailausbildungen auf ihre fachgerechte Ausführung überprüfen (oft in Zusammenspiel mit anderen zerstörungsfreien Prüfmethoden wie die Differenzdruckprüfung).

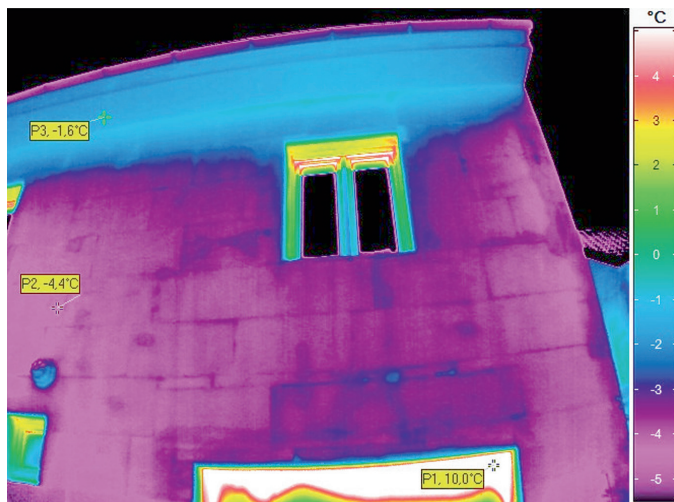
Obige Auflistung enthält die wichtigsten Punkte, je nach Anforderung können natürlich auch andere Konstruktionseigenschaften näher ergründet werden.

Drei einfache Vorteile

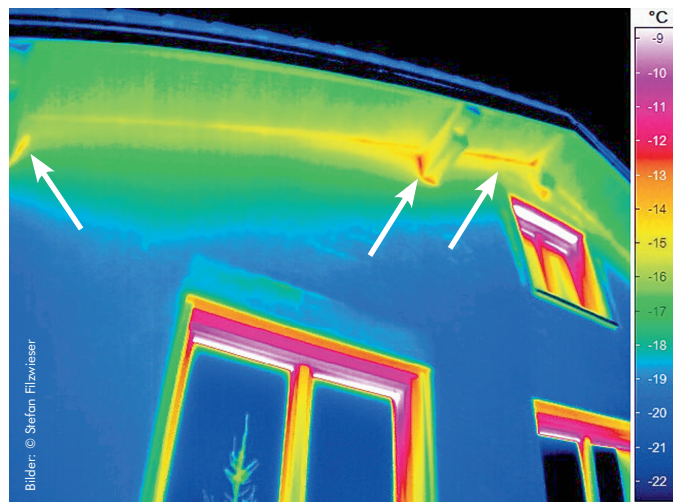
- Die Thermografie ist schnell verfügbar und einsetzbar.
- Die Untersuchung ist zerstörungsfrei, daher ohne Einfluss auf andere Gewerke.
- Die Ergebnisse sind bildhaft dargestellt und daher auch für Laien leicht verständlich.

Grenzen der Messtechnik

- Die Bauthermografie ist kein Aktivsystem, also kein Röntgengerät und kann daher nur die Bauteiloberfläche abbilden. Erst die gekonnte fachgerechte Interpretation erlaubt einen Rückschluss auf mögliche Zustände im Inneren des Bauteils.
- Beste Ergebnisse sind an besondere Klimazustände gebunden – idealerweise wird daher in der Heizperiode thermografiert. Die Messtechnik ist aber nicht nur im Winter einsetzbar, auch in der warmen Jahreszeit kann bei sorgfältiger



2 | Fassade mit Garagentor (unten Mitte/rechts).



3 | Fassade mit undichten Anschlüssen zur Dachkonstruktion.

Wahl des Messzeitpunkts unter Ausnutzung der Tagestemperaturschwankung ein aussagekräftiges Resultat erzielt werden.

- Direkter Sichtkontakt wie beim Fotografieren ist erforderlich. Bei starkem Nebel, Regen oder Schneefall ist die Anwendung nicht möglich, auch kann durch sonstige Hindernisse wie Bäume nicht „durchthermografiert“ werden.

Grundsätzliches zur Infrarotthermografie

Neben jedem Wärmebild, auch Thermogramm genannt, befindet sich ein Farbbalken mit Temperaturangaben. Dieser dient zur Nachvollziehbarkeit der abgebildeten Oberflächentemperaturen. Die noch immer weit verbreitete Meinung, rot ist warm und blau ist kalt, gilt bei Wärmebildern nicht generell. In Bild 1 ist z. B. die höchste Temperatur durch die Farbe orange und die tiefste Temperatur durch die Farbe dunkelblau dargestellt. Die Farbpalette wird so gewählt, dass sich die wesentlichen Auffälligkeiten bestmöglich darstellen lassen. Jeder seriöse Thermografiebericht enthält auch Angaben über das Wetter und die vorherrschenden Temperaturen in den Stunden vor und während der Messdurchführung sowie die Temperaturen im Gebäude. Angaben zum verwendeten Thermografiesystem und Messtechnikern sowie Fotos des Objekts sollten selbstverständlich sein. Grundsätzlich soll ein Thermografiebericht so verfasst sein, dass dieser für ei-

nen Laien verständlich und für einen Fachmann auch technisch nachvollziehbar ist.

Nähere Informationen über Planung, Durchführung und Dokumentation infrarotthermografischer Messungen sind in der VATH/ÖGfTh-Richtlinie Bauthermografie enthalten. Kostenlos verfügbar auf der Website www.thermografie.co.at.

Interpretation von Wärmebildern

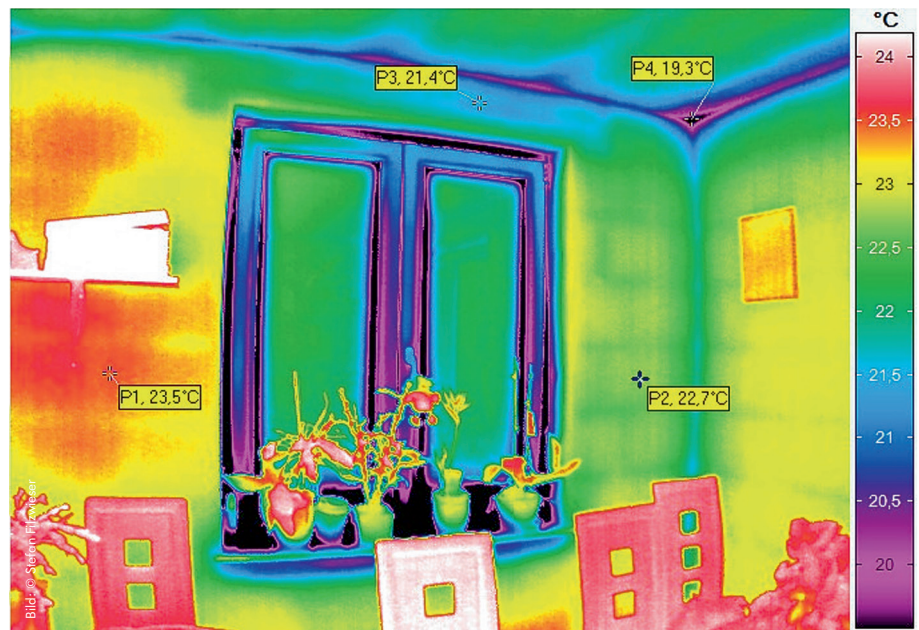
Bild 1 zeigt ein typisches Bild einer gedübelten Fassade, die Dämmstärke beträgt 18 cm, Dämmmaterial ist EPS F. Mittels Thermografie lässt sich eindeutig feststellen, wie viele Dübel verwendet wurden und wo diese angebracht sind, d. h., ob die vorgeschriebene Dübelanordnung laut Systemhalter oder entsprechender Norm eingehalten wurde. Des Weiteren erkennt man die Stoßfugen der Dämmplatten und deren Verlegemuster, wobei wesentlich wäre, dass keine Kreuzstöße vorhanden sind. In diesem Fall wurde die Anforderung nicht eingehalten, auch entspricht weder die Dübelanordnung noch die Anzahl der Dübel den normativen Vorgaben. Erkennbar ist aufgrund des Temperaturunterschieds an der Oberfläche auch die Breite der Stoßfugen und ob diese mit Dämmstoff oder doch mit Klebemörtel, Putz oder ähnlichem entsprechend höher wärmeleitenden Stoff verschlossen wurden, was zwar unzulässig ist, aber doch immer wieder vorkommt. Anzumerken ist, dass die Beur-

teilung der Einhaltung einer Vorschrift nicht unbedingt Aufgabe des Thermografen ist bzw. sein muss. Die Aufgabe des Thermografen kann darauf beschränkt sein, aussagekräftige Bilder zu liefern, anhand derer Fachleute die entsprechenden Beurteilungen treffen können. Dennoch ist es ein großer Vorteil, wenn das Messpersonal die Anforderungen an ein WDVS kennt, um zu wissen, von welchen Auffälligkeiten entsprechende Detailbilder angefertigt werden müssen. Ein Übersichtsbild pro Fassadenseite ist für eine seriöse Sachverhaltsdarstellung und korrekte Interpretation der Ergebnisse in der Regel zu wenig!

In Bild 2, welches vom selben Gebäude stammt, sind weitere interessante Ausführungsdetails erkennbar. Dieser Teil der Fassade wurde nicht gedübelt. Über dem Garagentor wurden erstens verschiedene Dämmplattenarten verwendet und zweitens sehr schmale Dämmplattenstreifen eingearbeitet. Drittens ist erkennbar, dass viele Unebenheiten an der Oberfläche vorhanden waren, welche durch unterschiedliche Putzstärken ausgeglichen wurden, was wiederum zu oberflächlichen Temperaturunterschieden führt und daher eindeutig thermografisch nachgewiesen wurde.

Interessante strahlungsphysikalische Phänomene sind ebenso vorhanden, nämlich: Unter dem Dachvorsprung ist die Temperatur eindeutig höher als an der Fassade, was dadurch bedingt ist, dass der Dachvorsprung den Strahlungsaustausch mit der freien Atmosphäre „abschattet“. Das-

selbe Phänomen ist auch bei Fenstern erkennbar, auch hier sind unter dem Sturz höhere Oberflächentemperaturen vorhanden. Allerdings kommt bei Fenstern und Türen hinzu, dass aufgrund der natürlichen Temperaturschichtung im Gebäude und je nach Art der Beheizung die Temperaturen im oberen Fensterbereich tatsächlich höher sind. Es überlagern sich also verschiedene Ursachen, die der Thermograf zur Vermeidung falscher Schlüsse berücksichtigen muss. In Bild 2 ist z. B. der Temperaturverlauf am Fenster normal, wo gegen das Garagentor tatsächlich stark undicht ist, und daher die Temperatur unter dem Sturz mit $+10\text{ °C}$ eindeutig zu hoch ist. Eine derartige Undichtheit ist mit einem dauerhaft gekippten Fenster vergleichbar und bewirkt extrem starke Lüftungswärmeverluste. Taupunktunterschreitung und erhöhte Schimmelgefahr im Inneren sind die Folge.



4 | Thermogramm eines Innenraums.

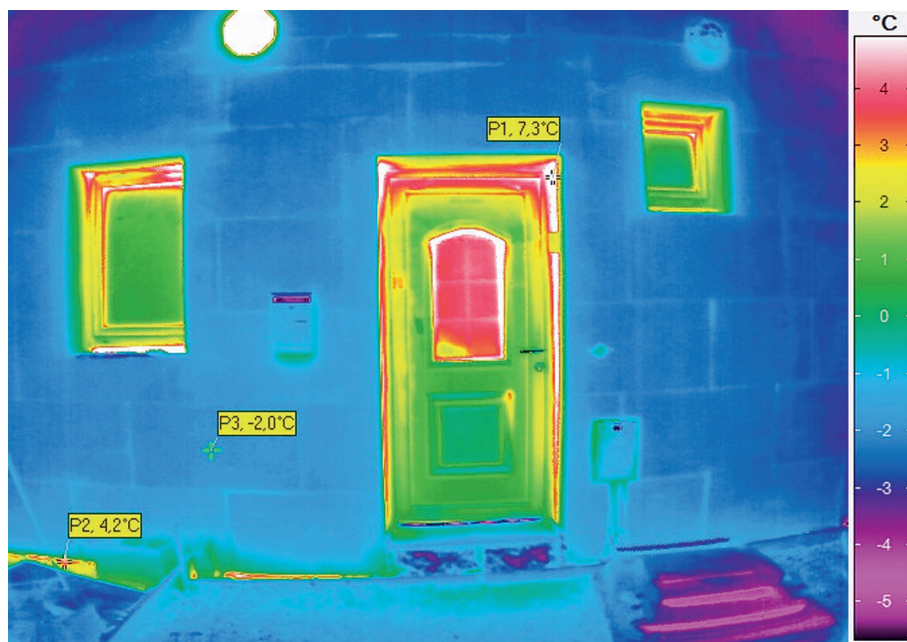
Bei der in Bild 3 abgebildeten Fassade sind die Anschlüsse zur Dachkonstruktion undicht, die betreffenden Stellen sind durch weiße Pfeile gekennzeichnet. Durch die undichten Fugen strömt warme Luft nach außen, was grundsätzlich zwei mögliche Ursachen haben kann und welche zur Vermeidung bauphysikalischer Folgeschäden näher untersucht werden müssen. Fall 1: Zwischen Außenwand und Fassadendämmplatten ist ein Luftspalt vorhanden, wodurch es aufgrund des thermischen Auftriebs zur Hinterlüftung der Dämmung kommt und dadurch die Dämmwirkung stark dezimiert wird. Fall 2: Die Luftdichtheit der Gebäudehülle ist nicht gegeben und es strömt über undichte Steckdosen, Fensteranschlüsse etc. feuchtwarme Raumluft durch die Außenwand und durch den thermischen Auftrieb im Hochlochziegel und/oder auch zwischen Außenwand und Wärmedämmung nach oben. Dadurch kommt es in extremen Fällen zu Eiszapfenbildung bzw. dem Abrinnen von Kondenswasser an der Fassade. Es wird hier zur Ursachenfindung bzw. -einschränkung eine Thermografiemessung von innen durchgeführt.

Die Innenthermografie (Bild 4) bringt ein sehr aufschlussreiches Ergebnis, denn mit dem Hintergrundwissen, dass die Fassadendämmstärke 18 cm beträgt, wäre zu erwarten, dass an der inneren Oberfläche

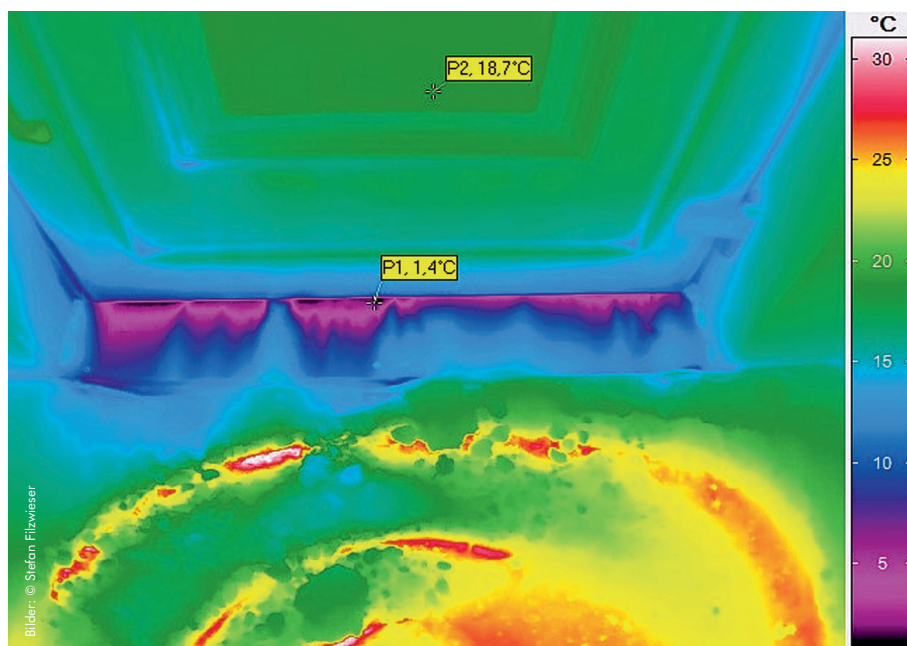
nur in den Ecken geringe Temperaturunterschiede aufgrund der unvermeidlichen geometrischen Wärmebrücken vorhanden sind. Tatsächlich variieren die Temperaturen aber sehr stark und es sind auch die Lagerfugen der Hochlochziegelmauer eindeutig erkennbar. Bei derartiger Dämmstärke sollten bei fachgerechter, nicht hinterlüfteter Ausführung des WDVS, trotz Verwendung einer Infrarot-Kamera mit sehr hoher Temporauf Auflösung ($<0,03$ Kelvin), kaum Lagerfugen erkennbar sein. Die starken Temperaturunterschiede, sowohl in der Fläche, als auch an den Anschlussfugen Außenwand-Decke, und insbesondere an der Fenstereinbaufuge verstärkten den Verdacht der mangelhaften Luftdichtheit. Die weiterführende Untersuchung mittels Blowerdoor-Test ergab eine Überlagerung der Ursachen, nämlich eine undichte luftdichte Ebene – es waren sämtliche Steckdosen, Fensteranschlüsse, Estrichfugen etc. undicht – wie auch undichte An- und Abschlüsse der Außenfassade an den Fenstern, Türen, Durchdringungen (Lichtauslässe) sowie im erdberührten Bereich und zum Dach. Die genaue Ursachenergründung ist nicht nur im Hinblick auf die Behebung eventueller Mängel und Herstellung einer funktionsfähigen Ausführung, sondern auch unter dem Aspekt der Zuständigkeit unterschiedlicher Gewerke und der sich daraus ergebenden Konsequenzen gefordert.

Im nächsten Beispiel (Bild 5) ist am unteren Abschluss des WDVS eine ausgeprägte Wärmebrücke erkennbar. Die augenscheinliche Untersuchung ergab, dass zwischen Perimeterdämmung und Fassadendämmung streckenweise kein Anschluss ausgeführt wurde. Ebenso ist beim linken Fenster zwischen Mauerbank und Fensterrahmen eine ausgeprägte Wärmebrücke vorhanden. Die Haustür wurde nicht luftdicht eingebaut, es sind sogenannte massenstrombedingte Wärmebrücken durch Luftströmungen sowohl zwischen Außenwand und Türrahmen, als auch an der Öffnungsfuge (zwischen Türrahmen und Türblatt) vorhanden. Beides liegt nicht im unmittelbaren Verantwortungsbereich des Fassadenbauers, jedoch muss zur fachgerechten Behebung des Mangels der fehlenden Abdichtung der Einbaufuge das Wärmedämmverbundsystem wieder geöffnet werden. Die Öffnungsfuge der Haustür ist am Boden scheinbar dicht, zumindest lässt das Wärmebild diese Vermutung zu, nachdem keine Temperaturerhöhung an der Fuge erkennbar ist.

Die Innenaufnahme (Bild 6) zeigt genau das Gegenteil, nämlich eine markante Undichtheit an der unteren Öffnungsfuge mit einer raumseitigen Oberflächentemperatur von nur $+1,4\text{ °C}$. Von außen ist diese Undichtheit nicht erkennbar, weil



5| Deutliche Wärmebrücken im Schwellenbereich der Tür und am unteren Fensterrand.



6| Undichtigkeit an der unteren Öffnungsfuge.

aufgrund des Unterdrucks im Bodenbereich kalte Luft von außen nach innen gesaugt wird, und es daher außenseitig zu keiner Erwärmung kommen kann. Bei der Interpretation von Wärmebildern ist also Vorsicht geboten. Leider kommt es immer wieder vor, dass aufgrund mangelnder Kenntnis von Bautechnik und physikalischer Grundprinzipien falsche Schlussfolgerungen beim „Lesen“ von Wärmebildern getroffen werden.

Zusammenfassend ist die Infrarotthermografie ein unverzichtbares Instrument zur schnellen, zerstörungsfreien Zustandserfassung und Qualitätskontrolle von Wärmedämmverbundsystemen, vorausgesetzt, das Messpersonal verfügt über ausreichend Kenntnis der Möglichkeiten und Grenzen dieser Messtechnik. Das Erstellen von aussagekräftigen Wärmebildern ist die Vorarbeit, die Hauptaufgabe besteht aber darin, diese korrekt interpretieren zu können.

DI(FH) Benjamin Zauner

ist allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger für Bauphysik, zertifizierter Thermograf nach ISO 9712 Stufe 2, zertifizierter Luftdichtheitsprüfer nach ISO 20807 und Mitglied der ÖGfTh.

Kontakt unter: www.ib-zauner.at

Ing. Stefan Filzwieser

ist allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger für Thermografie, Luftdichtheit von Gebäuden, Heizlastberechnung und Energiekennzahlberechnung. Er ist außerdem zertifizierter Thermograf nach ISO 9712 Stufe 3, zertifizierter Luftdichtheitsprüfer nach ISO 20807 und Mitglied der ÖGfTh.

Kontakt unter:
www.filos.at

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.