



ifz info WA-09/1
Dezember 2009

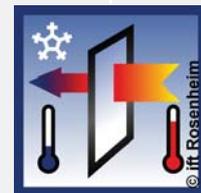


Das Institut für
Fenster und Fassaden,
Türen und Tore,
Glas und Baustoffe

Die Bauthermographie

Gebäude in anderem Licht

Thermography
Buildings in other light



Inhalt

■ 1 Einleitung-----	1
■ 2 Was ist Thermographie? -----	1
■ 3 Wozu Bauthermographie? -----	2
■ 4 Wann Bauthermographie?-----	3
■ 5 Bunte Bilder -----	4
■ 6 Gibt es Anforderungen? -----	4
■ 7 Interpretation der Oberflächentemperatur -----	5
■ 8 Keine U-Werte -----	7
■ 9 Beispiele-----	7
■ 10 Thermographie zur Lokalisierung von Luftundichtigkeiten -----	9
■ 11 Lokalisierung von Durchfeuchtung und Konstruktionsdetails-----	10
■ 12 Thermographie zur baubegleitenden Qualitätssicherung-----	11
■ 13 Qualifizierung und Zertifizierung von Personal-----	12
■ Fazit-----	12

Moderne Thermographiesysteme liefern immer eindrucksvolle bunte Bilder und verführen dazu, diese als offensichtlichen „Beweis“ für z. B. mangelhafte Wärmedämmung anzusehen. Doch leider erfordern derartige Aussagen einen hohen Aufwand bei der Aufnahme der Thermogramme und Erfahrung und Sorgfalt bei der Auswertung. Dies gilt für Innenaufnahmen, aber insbesondere bei Aufnahmen von außen, da hier Umgebungseinflüsse eine große Rolle spielen. Die Ermittlung eines Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) durch ein Thermogramm vor Ort ist praktisch unmöglich.

Beachtet man jedoch Grundlagen und Einschränkungen, ist die Thermographie für viele bauphysikalische Fragestellungen ein ausgezeichnetes Verfahren und die Methode der Wahl.

Impressum

Herausgeber:

Informationszentrum
Fenster und Fassaden, Türen und Tore,
Glas und Baustoffe e.V.
(ifz Rosenheim)
Theodor-Gietl-Str. 7-9
83026 Rosenheim
Telefon 0 80 31/261-0
Telefax 0 80 31/261-290
E-Mail: info@ifz-rosenheim.de
www.ifz-rosenheim.de

Autoren: Prof. Dr. Franz Feldmeier, Hochschule Rosenheim
Michael Rossa, **ift** Rosenheim

Hinweise:

Grundlage dieses ifz infos sind in der Hauptsache Arbeiten und Erkenntnisse des **ifz** sowie des **ift** Rosenheim.

ifz Mitglieder erhalten Nutzungs- und Vervielfältigungsrechte an diesem ifz info (Veröffentlichung auf Website, Vorträgen, Werbeschriften etc.). Ansonsten ist es ohne ausdrückliche Genehmigung des **ifz** Rosenheim nicht gestattet, die Ausarbeitung oder Teile hieraus nachzudrucken oder zu vervielfältigen. Irgendwelche Ansprüche können aus der Veröffentlichung nicht abgeleitet werden.

Schutzgebühr 10,00 Euro

Die Bauthermographie

Gebäude in anderem Licht

1 Einleitung

Die neue Energiesparverordnung wurde mit viel Medienrummel und natürlich mit einer bunten Thermographie bekannt gemacht. „Luft und Wärme sichtbar machen“, „Infrarot-Aufnahmen zeigen Wärmeleck“, „Thermographie-Untersuchung sichert Qualität“, die Schlagzeilen der Bausparkassen, Energieversorger und Energieberater versprechen viel und in der Hand des Experten ist die Thermographie tatsächlich ein hervorragendes Werkzeug. Aber ist die Bauthermographie wirklich das einfache und universelle Verfahren, um die Gebäudehülle zu untersuchen und sinnvolle Heizenergie einzusparen? Oder sind es nur schöne bunte Bilder, geeignet den Hausbesitzer zu überzeugen, doch die Fassade zu sanieren und die neuen Fenster einzubauen?

Die folgende Information will dazu beitragen grundlegende Kenntnisse über die Bauthermographie, insbesondere bei der Anwendung auf Fenster und Fassaden zu vermitteln. Dabei werden die Grundlagen dargestellt und Möglichkeiten und Grenzen an Beispielen gezeigt.

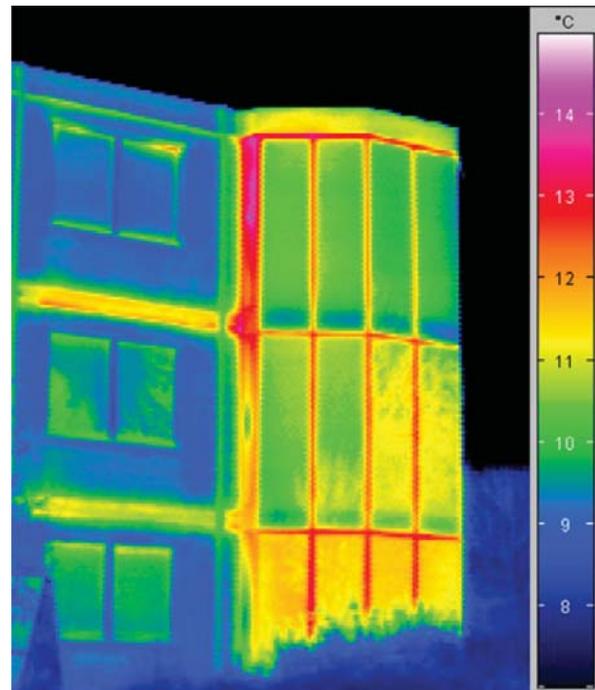


Bild 1 Thermogramm - Außenansicht eines Bürogebäudes mit Glasfassade

2 Was ist Thermographie?

Kurz gesagt ist Thermographie eine digitale Infrarot-Photographie mit Nachbearbeitung. Die Infrarot-Strahlung wird gemessen, in eine Oberflächentemperatur umgerechnet und anschließend als Falschfarbenbild dargestellt. Bild 2 stellt das Grundprinzip von Photographie und Thermographie gegenüber.

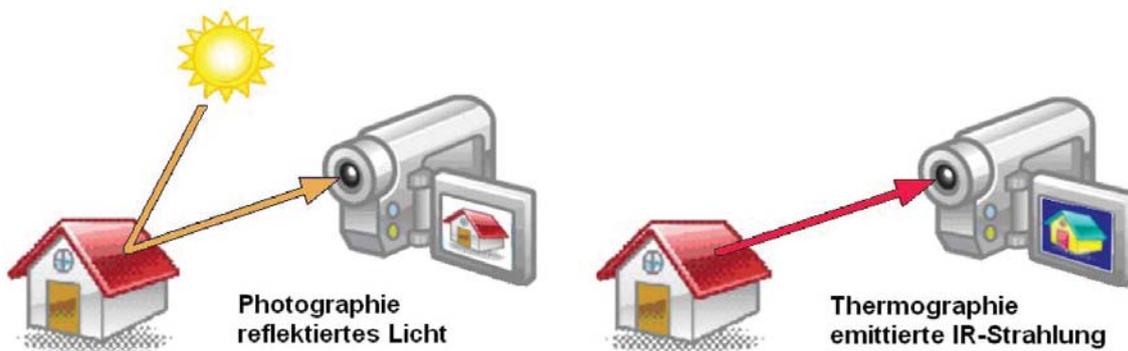


Bild 2 Vergleich von Photographie und Thermographie
Die Photographie registriert das vom Objekt reflektierte Licht.
Die Thermographie registriert die vom Objekt ausgehende emittierte Infrarot-Strahlung.

Thermographie und Photographie basieren beide auf dem Nachweis elektromagnetischer Strahlung. Die Photographie registriert - wie auch unsere Augen - das von einer Oberfläche **reflektierte Licht**. Als Strahlungsquelle dienen dabei die Sonne oder eine künstliche Lichtquelle. Die Reflexion des Lichtes ist stark von Material und der Oberflächenstruktur abhängig. Oberflächen, welche das Licht aller Wellenlängen diffus reflektieren, erscheinen weiß, reflektieren sie gerichtet (Einfallswinkel = Ausfallswinkel) sind es „Spiegel“. Die meisten Oberflächen absorbieren einen Teil der Strahlung und erscheinen farbig, je nach Anteil der direkten Reflexion matt oder glänzend. Dabei spielt auch der Blickwinkel eine Rolle, alles in Allem wohl bekannt, aber ziemlich kompliziert.

Demgegenüber nutzt die Thermographie für uns unsichtbare Infrarotstrahlung (Bild 3). Diese Strahlung ist allgegenwärtig, da alle Oberflächen unserer Umgebung (und auch wir selbst) ständig Infrarotstrahlung aussenden (**emittieren**). Die Intensität der emittierten Strahlung („IR-Helligkeit“) nimmt mit steigender Temperatur stark zu, so dass sich z. B. Personen in einer kälteren Umgebung auch bei völliger Dunkelheit leicht erkennen lassen (Bild 4). Diese Tatsache machte die Thermographie für militärische Anwendungen interessant und hat eine zivile Nutzung lange Zeit behindert. Heute wird die Thermographie in vielen Bereichen von der Anlagentechnik über Medizin bis zum Zivilschutz für Entwicklung, Prozessüberwachung und Qualitätssicherung eingesetzt.

Bei alle dem darf aber nicht vergessen werden, dass bei Umrechnung der empfangenen IR-

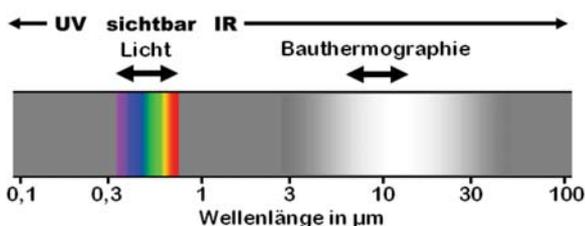


Bild 3 elektromagnetische Strahlungen
Der in der Bauthermographie genutzte Bereich liegt im mittleren Infrarot bei 8 bis 12 µm.



Bild 4 Thermographie einer Person
Am „hellsten“ erscheinen Gesicht und die am Oberschenkel enger anliegende Hose. Gut gedämmte Bereiche (Jacke, Mütze, Handschuhe) erscheinen dunkler. Eine Temperaturangabe ist zum Erkennen der Person nicht erforderlich.

Strahlungsintensität auf die Oberflächentemperatur eine Reihe weiterer Annahmen eingehen. Die bei der Kamera ankommende Strahlung setzt sich aus der von der Oberfläche emittierten Strahlung (abhängig von der Temperatur der Oberfläche) und der von der Oberfläche reflektierten Umgebungsstrahlung (abhängig von der Temperatur der Umgebung) zusammen (Bild 5). Bei der Berechnung der Temperatur muss diese „Störstrahlung“ erkannt und berücksichtigt werden. Insbesondere bei Glas kommt es sonst leicht zu Fehlinterpretationen.

3 Wozu Bauthermographie?

Immer, wenn Oberflächentemperaturen oder Temperaturunterschiede Informationen über Bauteile geben oder Rückschlüsse zu Schadensursachen

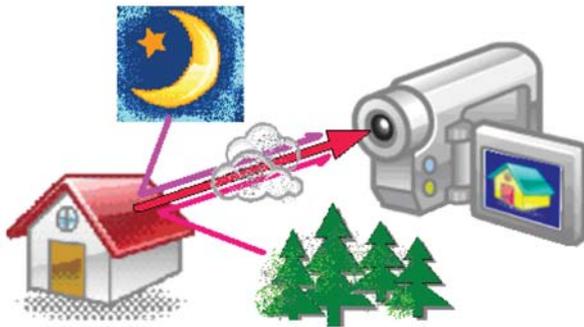


Bild 5 Die von der Thermographiekamera empfangene Strahlung setzt sich aus der emittierten Strahlung und aus Störstrahlung durch Reflexion der Umgebung zusammen. Bei größeren Abständen kann die Strahlung außerdem durch die Atmosphäre verfälscht werden.

zulassen, findet die Thermographie im Bauwesen ihre Anwendungen. So lassen sich z. B. Wasserleitungen oder verdeckte Strukturelemente wie Betonsäulen oder Fachwerkbalken meist zuverlässig und vor allem zerstörungsfrei lokalisieren.

Hier geht es aber vor Allem um die Wärmedämmung der Gebäudehülle. Bei niedriger Außentemperatur zeichnen sich Wärmebrücken und sonstige thermische Schwachstellen durch von den sonstigen „ungestörten“ Oberflächen abweichende Oberflächentemperatur ab. Grundsätzlich kann man die Gebäudehülle, also Wände, Fenster, Dach, etc. von außen oder von innen betrachten, man spricht von Außen-Thermographie bzw. von Innen-Thermographie. Beide Verfahren haben spezifische Vor- und Nachteile (Tabelle 1).

4 Wann Bauthermographie?

Aus dem bisherigen geht hervor, dass Thermographie-Aufnahmen nicht zu jedem beliebigen Zeitpunkt durchgeführt werden können. Grundvoraussetzung ist eine einheitliche Innentemperatur und eine niedere, möglichst konstante Außentemperatur über mindestens einen Tag, besser zwei Tage. Im Allgemeinen wird eine Temperaturdifferenz von mindestens 15°C (z. B. innen 20°C, außen 5°C) über wenigsten 24 Stunden als erforderlich angesehen. Sonnige Tage und ein klarer Himmel sind für aussagekräftige Thermographien wenig geeignet.

Die besten Bedingungen für die Außenthermographie sind Windstille, ein bedeckter Himmel und die Zeit vor Sonnenaufgang. Die Innenthermographie stellt geringere Ansprüche an die Außenbedingungen, jedoch dürfen Vorhänge, Möbel oder ähnliches die Sicht von innen auf die Außenflächen nicht verstellen und müssen frühzeitig (24 h) vor der Aufnahme entfernt werden.

In der Praxis sind diese idealen Bedingungen nur selten gegeben. Vereinbarte Termine müssen eingehalten werden und Aufnahmen auch unter weniger idealen Bedingungen sind die Regel. Beachtet man die damit verbundenen Einschränkungen und nutzt Zusatzinformationen ist die Thermographie aber auch hier ein wertvolles Hilfsmittel.

Tabelle 1 Vor- und Nachteile von Außen- und Innenthermographie

	Vorteile	Nachteile
Außen-Thermographie	Überblick über große Flächen, kein Zugang zum Gebäude bzw. zu den Innenräumen erforderlich	stark umgebungsabhängig, Einfluss von Wind und Tageslicht, Absorption von kurzwelliger Strahlung, Aufnahmezeit eingeschränkt, keine Aussage bei hinterlüfteter Außenverkleidung
Innen-Thermographie	Störstrahlung geringer bzw. leichter erkennbar, Details erkennbar	nur kleine Flächen, Zugang zum Gebäude bzw. zu den Innenräumen erforderlich

5 Bunte Bilder

Zur Visualisierung wird die Oberflächentemperatur des Messobjektes in einem „Temperaturbild“ farbcodiert dargestellt (Falschfarben-Darstellung). Üblich sind die Farbskalen „Regenbogen“ (blau-grün-gelb-rot) und „Glühfarbe“ (zunehmende Temperaturen schwarz-rot-gelb-weiß). Bild 6 zeigt eine Innen-Thermographie (Gebäude-Außenkante von der Raumseite) und entsprechende Thermogramme in unterschiedlicher Darstellung. Die Temperaturgrenzen der Farbskala können frei gewählt werden, so dass gleiche Temperaturen ganz unterschiedlich erscheinen und Temperaturunterschiede mehr oder weniger dramatischen Ausdruck finden. Zur Beurteilung eines Thermogramms ist daher immer die zugehörige Farbskala erforderlich.

6 Gibt es Anforderungen?

Die in Bild 6 dargestellte Gebäudeaussenkante stellt sicher einen Bereich mit geringerer Oberflächentemperatur dar - aber ist dies ein Mangel oder gar ein Schaden? Die Thermographie und auch eine sorgfältig ermittelte Oberflächentemperatur gibt hierüber keine Auskunft. Erforderlich ist der Vergleich mit „ordnungsgemäß“ ausgeführten Gebäuden unter gleichen Bedingungen. DIN EN 13187 versucht, diesen Weg zu gehen und gibt eine Reihe von „Referenz“-Thermogrammen und deren Randbedingungen. Allerdings gibt es in Europa so unterschiedliche Bauarten und Tausende von Ausführungen, sodass die Idee der Referenzthermogramme wieder aufgegeben wurde.

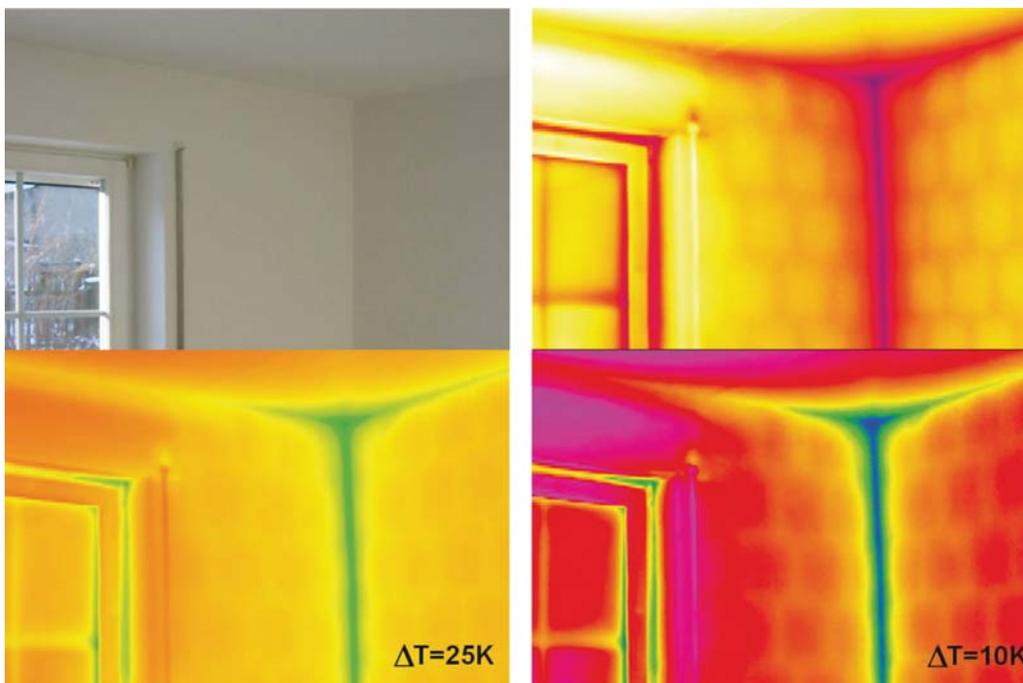


Bild 6 Innen-Thermographie
 oben links: Gebäudeaussenkante vom Innenraum gesehen, Thermogramme in unterschiedliche Falschfarbendarstellung bei jeweils gleichem Temperaturniveau
 oben rechts: „Eisenglühfarben“ mit Temperaturbereich 10 K
 unten: „Regenbogen“ mit Temperaturbereich von 25 K bzw. 10 K

Bezüglich der raumseitigen Oberflächentemperatur fordert DIN 4108-2 seit 2003 bei Neubauten einen Temperaturfaktor f_{Rsi} von mindestens 0,70. Der Temperaturfaktor kann bei gleich bleibender Innen- und Außentemperatur aus der Oberflächentemperatur ermittelt werden. Noch darf die Forderung nicht auf den Altbau übertragen werden, trotzdem kann diese Forderung als Richtschnur dienen und anstehenden Renovierungsbedarf begründen. Auch Fenster sind (noch) ausgenommen, da der Glasrand bei heute üblichem Einfachfenster mit Zweifach-Isolierglas auch bei thermisch verbessertem Abstandhalter den Wert 0,70 nicht erreicht. Am Glasrand ist bei niedriger Außentemperatur Tauwasser bisher nicht vermeidbar. Hier Abhilfe zu schaffen, ist Ziel zukünftiger Fenstersysteme.

7 Interpretationen der Oberflächentemperatur

Die Oberflächentemperatur hängt nicht nur vom Wärmedurchgang ab, sondern auch und häufig vor allem von den Umgebungsbedingungen. Direkte Sonneneinstrahlung heizt Oberflächen stark auf und noch Stunden später sind besonnte Oberflächen wärmer als erwartet. Aber auch die Temperaturunterschiede Tag-Nacht, Wind und sogar die Absorption von diffusem Tageslicht beeinflussen die Oberflächentemperatur. Dies gilt besonders für die Außenflächen von gut dämmenden oder massiven Bauteilen. Bild 7 veranschaulicht die thermische Trägheit einer massiven Wand: erst nach 2 Tagen werden die für eine quantitative Messung erforderlichen stationären Verhältnisse erreicht.

Ein Thermogramm unter natürlichen Bedingungen stellt immer eine Momentaufnahme dar und erlaubt ohne Kenntnis und Berücksichtigung der Vorgeschichte keine Rückschlüsse auf die thermische Qualität des Bauteils. Qualitative Aussagen durch Vergleich unterschiedlicher Bauteile bzw. das Erkennen von Schwachstellen in Bauteilen ist jedoch möglich und eine der Stärken der Bauthermographie. Allerdings sind auch hier Unterschiede in den Bauteileigenschaften (Emis-

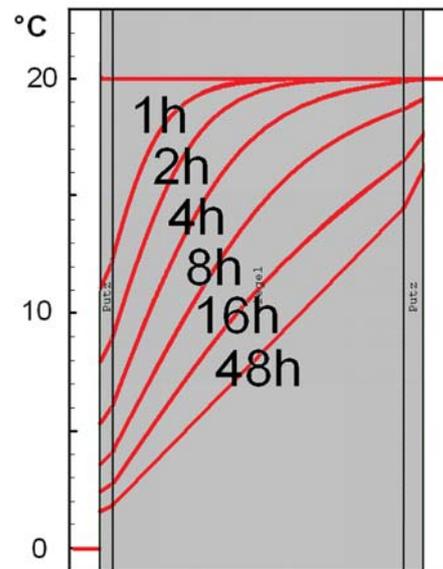


Bild 7 Bei einer plötzlichen Änderung der Außentemperatur wird bei einer massiven Außenwand erst nach 48 h (2 Tagen) ein stationärer Temperaturverlauf erreicht. Bei realen Umweltbedingungen hängt die Oberflächentemperatur von der Geschichte, d. h. von den Bedingungen der letzten Stunden bzw. Tage, ab.

sionsgrad, Absorption von Solarstrahlung, Wärmekapazität) und die Randbedingungen zu beachten.

Bild 8 zeigt eine neue Haustür in einem Altbau: oben mit Isolierglas, unten ein Paneel. Die Thermographie wurde bei +3°C, Bewölkung und Windstille am späten Nachmittag angefertigt. Auffällig ist die hohe Temperatur des Paneels, der Schwelle und auch des Briefkastens. Eine naive Auswertung wird hier ein mangelhaftes Paneel und Wärmebrücken an der Schwelle feststellen.

Bei genauer Betrachtung fällt auf, dass auch die Balkonverkleidung (oberer Bildrand) und das schräg angelehnte Teil (unten links) eine höhere Temperatur aufweisen. Beides kann unmöglich eine Wärmebrücke sein. Die um 2 bis 3 K höhere Temperatur der dunklen Flächen (Paneel, Schwelle, Briefkasten, Balkonverkleidung) im Vergleich zur Wand erklärt sich durch Absorption des diffusen Tageslichts. Eine Aussage über die thermische Qualität der Tür und der Schwelle ist nicht möglich.

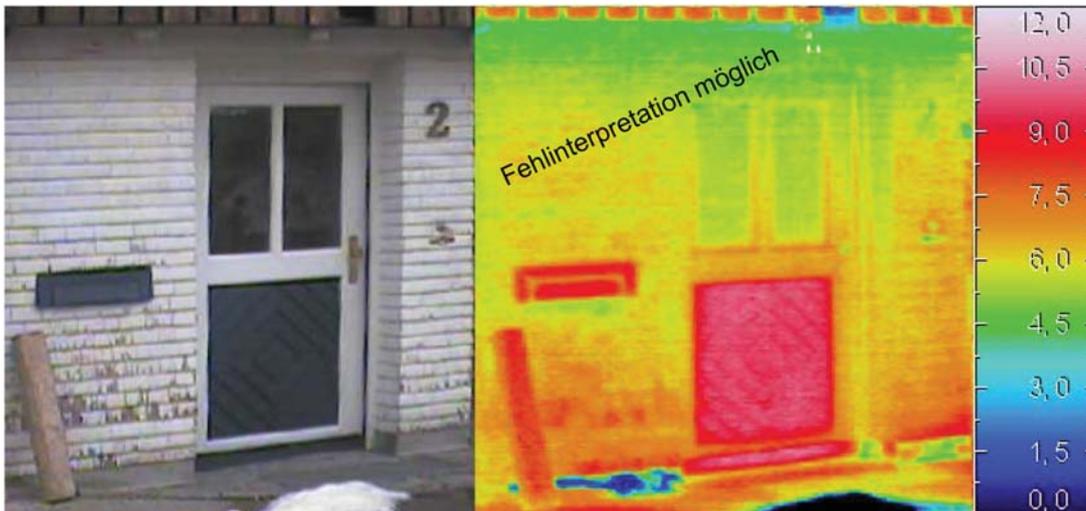


Bild 8 Thermographie einer neuen Außentür in einem Altbau. Die dunklen Flächen werden durch die Absorption des diffusen Tageslichts erwärmt und weisen daher eine höhere Temperatur auf.

Die vielfältigen Schwierigkeiten bei der Interpretation von Außenthermographien zeigt auch Bild 9. Trotz günstiger Außenbedingungen erfordert eine Bewertung zusätzliche Informationen.



Bild 9 Wohnhaus, Mauerwerk, Baujahr 1960
links: Photographie am Vortag aufgenommen rechts: Thermographie eine Stunde vor Sonnenaufgang
Randbedingung: Außentemperatur 2°C bedeckt leicht windig EG: neue Kunststofffenster mit $U_w = 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$; OG: Holzverbundfenster, linker Raum wenig, rechter Raum unbeheizt, trotzdem ist die Glasfläche des dreiteiligen Fensters wärmer $U_g = 3,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.
Achtung: die „warme“ Fläche ist eine Reflexion des gegenüberliegenden Gebäudes (offene Tür); die unterschiedliche Wandtemperatur von EG und OG ist Folge der unterschiedlichen Raumtemperatur, erkennbar ist die Deckeneinbindung.

8 Keine U-Werte

Außenthermographien erlauben in der Regel eine qualitative, vergleichende Beurteilung und das Erkennen von Schwachstellen. Problematisch bis völlig unmöglich ist dagegen die Ermittlung von U-Werten aus den Oberflächentemperaturen der Thermogramme. Dies zeigt das Problem aller „vor-Ort-Messungen“: während man im Labor alle relevanten Parameter in engen Grenzen kontrolliert, um Kennwerte zuverlässig zu ermitteln, ist man vor Ort auf die natürlichen Verhältnisse angewiesen. Dies erlaubt grobe Abschätzungen und insbesondere Vergleiche von benachbarten Bauteilen, aber keinesfalls die Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten.¹

Bild 10 zeigt zwei unterschiedliche Verglasungen bei idealen Thermographiebedingungen. Das „bessere“ Isolierglas ist deutlich erkennbar. Eine Aussage zum Zahlenwert des Wärmedurchgangskoeffizienten ist aber sehr unsicher.

¹ Das in ISO 9869 angegebene instationäre Verfahren ist akademisch korrekt, aber baupraktisch nicht umsetzbar und wird von europäischen Experten abgelehnt.

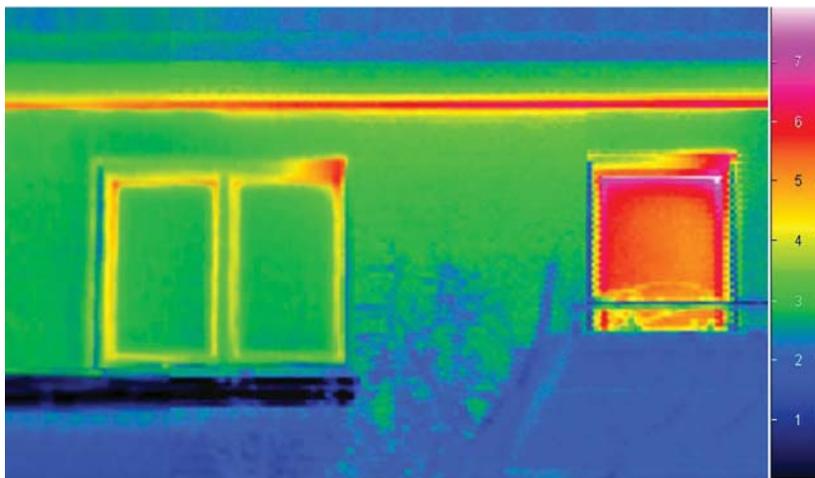


Bild 10 Fenster mit Dreifach-Isolierglas $U_g=0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und Balkontür mit Zweifach-Isolierglas $U_g=3,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ in Außenwand $U_g=0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Oberhalb der Fenster die Wärmebrücke „durchgehende Balkonplatte aus Stahlbeton“. Wegen der identischen Randbedingungen ist ein Unterschied der Verglasung deutlich erkennbar. Ein quantitativer Rückschluss auf die U-Werte ist nicht möglich.

9 Beispiele

Putzoberflächen besitzen für Thermographie besonders günstige Eigenschaften: Sie sind homogen, reflektieren diffus und haben einen hohen Emissionsgrad. Sind die sonstigen Randbedingungen günstig, lassen sich Schwachstellen in der Gebäudehülle bei einer Außenthermographie zuverlässig erkennen.

Bild 11 zeigt eine typische Schwachstelle. Im Vergleich zur sonstigen Wand zeigt der Fenstersturz eine deutlich höhere Temperatur und stellt eine Wärmebrücke dar. Die Fensterrahmen und Glasflächen erscheinen noch wärmer und es ist zu vermuten, dass auch hier Renovierungsbedarf besteht. Eine zuverlässigere Aussage erhält der Fachmann aber ganz ohne Thermographie durch einfache Inaugenscheinnahme.

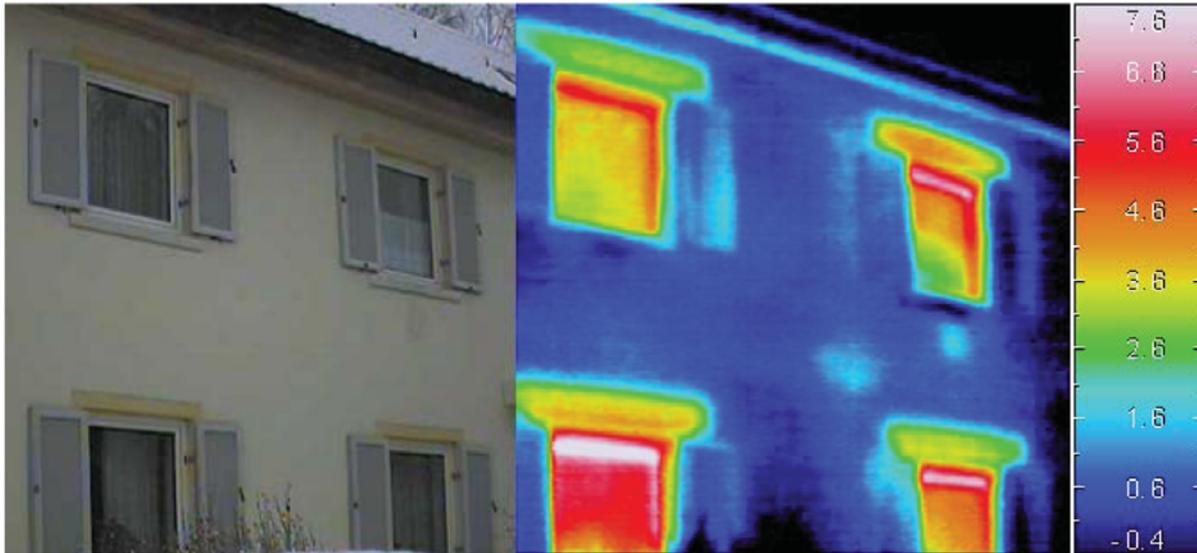


Bild 11 Wärmebrücke Fenstersturz

Eine sehr ähnliche Schwachstelle ist die Deckeneinbindung (Bild 12). Bei der Sanierung wurden die ursprünglich vorhandenen Rollladenkästen gedämmt und sind nun besser als die sonstige Wand. Die Wärmebrücke Deckeneinbindung wäre aber nur durch eine Außendämmung zu vermeiden. Wie in Bild 11 erscheinen die Fensterrahmen wärmer. Eine Aussage über die thermische

Qualität liegt nahe, ist aber nur mit zusätzlicher Information möglich. Auch die Folgerung: Wand und Glasscheiben im Erdgeschoß haben die gleiche „Farbe“ – also auch den gleichen U-Wert –, ist wegen des unterschiedlichen Emissionsgrades unzulässig. Die scheinbar kalten Scheiben im Obergeschoß reflektieren den klaren Himmel und haben keine „Superdämmung“.

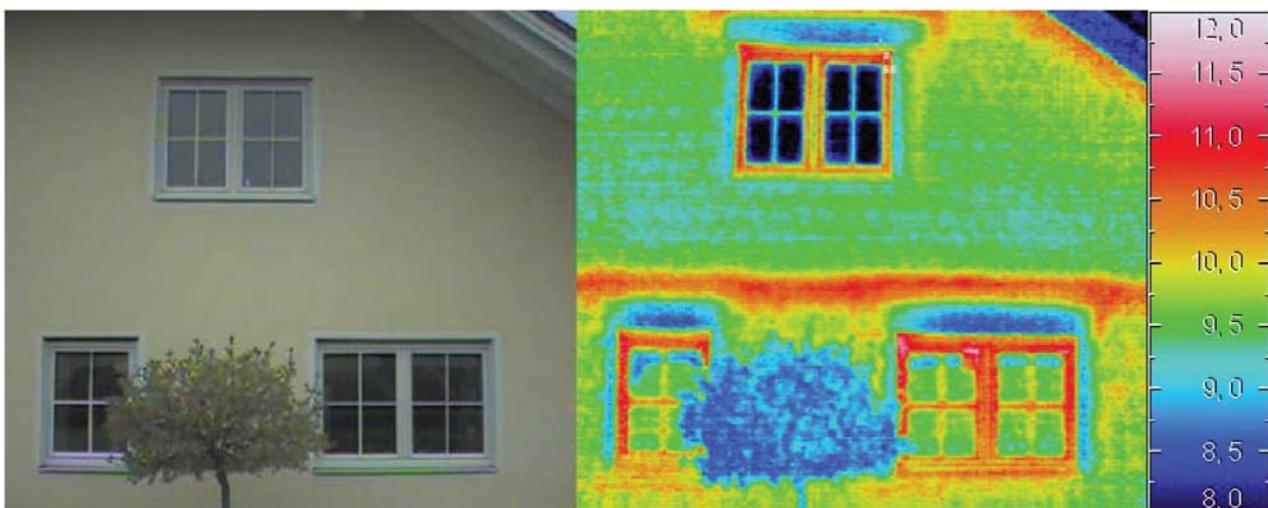


Bild 12 Wärmebrücke Deckeneinbindung

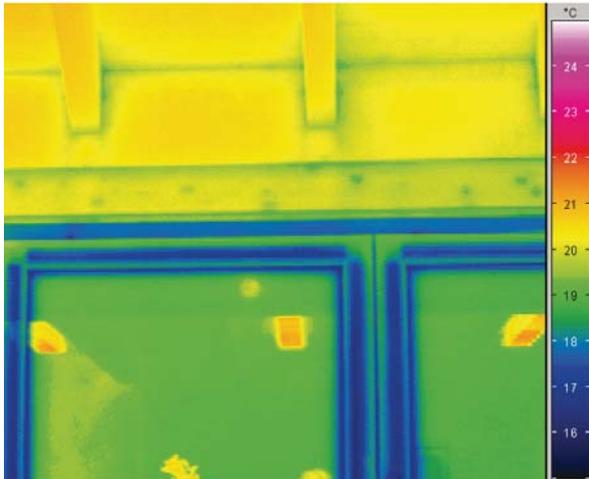


Bild 13 Dreikammer-Kunststofffenster, die Stahlaussteifungen in der raumseitigen Kammer sind deutlich sichtbar und führen zu niedrigeren Temperaturen an der Oberfläche, diverse Reflexionen im Glas werden von Raumleuchten verursacht.

Bild 13 zeigt die Innenthermographie eines Kunststofffensters. Deutlich sind die Stahlaussteifungen zu erkennen. Die wärmetechnische Schwachstelle Isolierglasrandverbund zeigt sich in Thermogrammen deutlich.

Bild 14 zeigt eine Innenthermographie eines Holzfensters mit Zweifach-Isolierglas. Um eine korrekte Oberflächentemperatur zu erhalten, ist eine Korrektur erforderlich. Die rechte Scheibe zeigt eine deutliche Temperaturabsenkung am Glasrand. Die linke Scheibe ist wegen der „warmen Kante“ etwas günstiger.

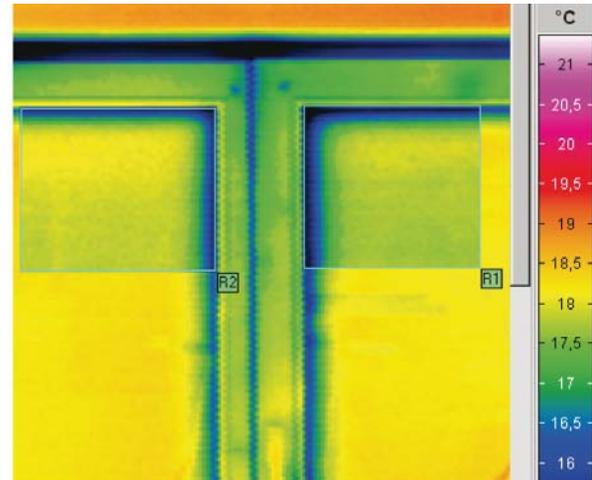


Bild 14 Unterschied in der Oberflächentemperatur zwischen thermisch verbessertem Randverbund und Standard-Randverbund von Zweifach-Isolierglas $U_g=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (Emissionsgrad-Korrektur in den Feldern R1 und R2)

10 Thermographie zur Lokalisierung von Luftundichtigkeiten

Um vorhandene Luftundichtigkeiten aufzudecken, lassen sich unterstützend mit einer Luftdurchlässigkeitmessung (Blower-Door-Messung) undichte Stellen in der Gebäudehülle erkennen und dokumentieren.

Voraussetzung ist wieder eine geringe Außentemperatur. Zunächst erfolgt eine Thermographie ohne Druckdifferenz. Anschließend erfolgt eine Blower-Door-Messung mit Unterdruck im Gebäude. Eine

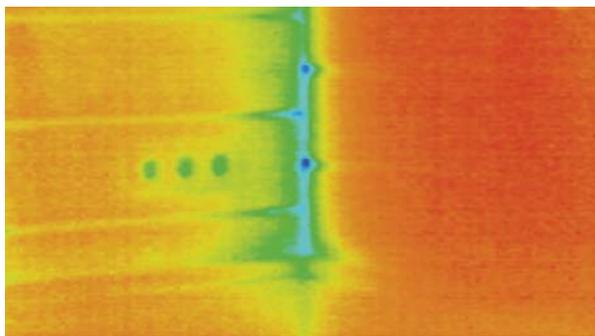
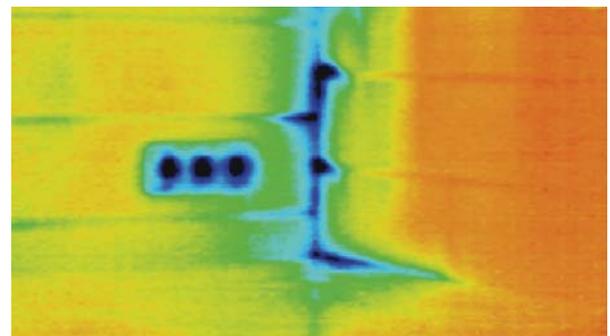


Bild 15 Leckagen bei einem Holzgebäude in Blockbauweise.
links: Thermographie bei Normalbedingung
Die Ursache der Leckage, Fehlstellen in der Luftdichtheitsschicht, ist damit noch nicht gefunden.



links: Thermographie bei einströmender Kaltluft

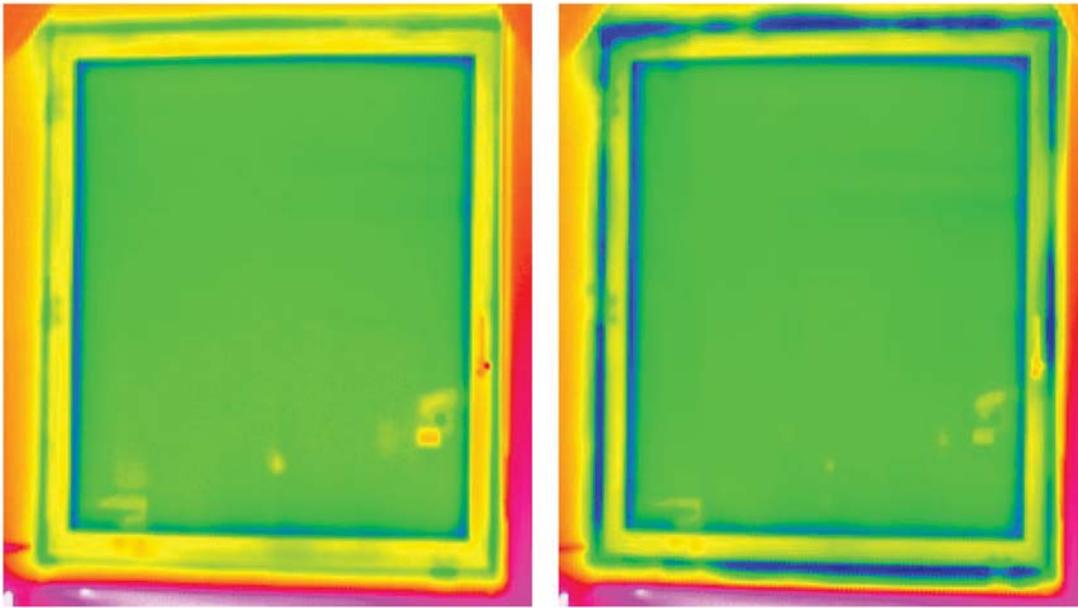


Bild 16 Die Kombination von Blower-Door und Differenz-Thermographie ist zum Nachweis und zur Ortung von Leckagen bestens geeignet. links: Fenster bei niedrigerer Außentemperatur und Normalbedingungen. rechts: gleiches Fenster bei Unterdruck nach 10 Minuten. Die einströmende Kaltluft kühlt die Oberflächen und wird durch Vergleich mit der vorherigen Aufnahme sichtbar. Eine quantitative Aussage über die Luftdichtheit des Fensters (α -Wert) ist damit nicht möglich. Sofern andere Leckagen ausgeschlossen werden, kann dies nur durch Auswertung der Blower-Door-Messung geschehen.

weitere Thermographie nach einigen Minuten zeigt die Abkühlung der raumseitigen Oberflächen in Nähe der Leckagen durch die einströmende kalte Außenluft (Bilder 15 und 16).

Die Thermographie in Verbindung mit der Blower-Door-Messung ist daher ein ideales Verfahren, um Luftundichtigkeiten am Gebäude aufzuspüren und nachzuweisen. Eine quantitative Aussage über die Gebäudedichtheit erlaubt aber nur der n_{50} -Wert (Blower-Door-Messung). Zur weiteren Information wird auf das ifz info „Luftdichtheit von Gebäuden“ FU-02/1 verwiesen.

11 Lokalisierung von Durchfeuchtung und Konstruktionsdetails

Die Wärmeleitfähigkeit der meisten Baustoffe wird mit zunehmender Materialfeuchte größer, die Wärmedämmwirkung nimmt also ab. Bei Nachweis

einer Durchfeuchtung ist aber ein anderer Effekt maßgebend: Die feuchte Oberfläche verdunstet Wasser. Die dafür benötigte Wärme wird dem Körper entzogen und führt zu einer lokalen Abkühlung. Mit Hilfe der Thermographie können die durch die Durchfeuchtungen hervorgerufenen Temperatur-

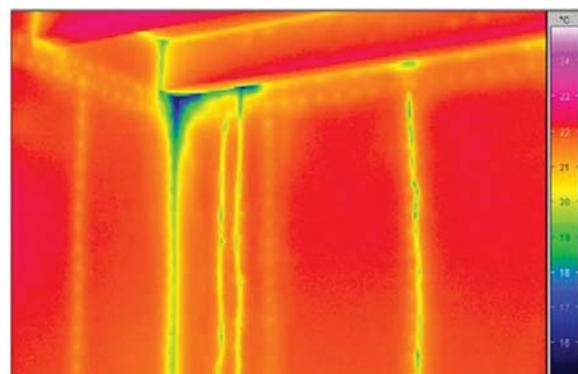


Bild 17 Mit dem Auge nicht sichtbare Feuchtespuren an einer Wand. Durch Verdunstung kühlen die feuchten Bereich ab und zeigen so das ablaufende Wasser an. Im vorliegenden Fall war das Flachdach undicht.

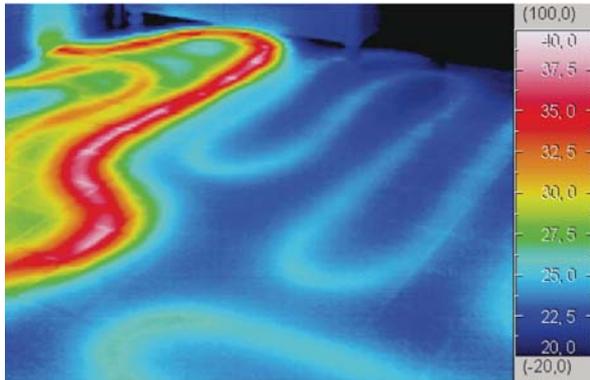


Bild 18 mangelhaft durchströmte Fußbodenheizung

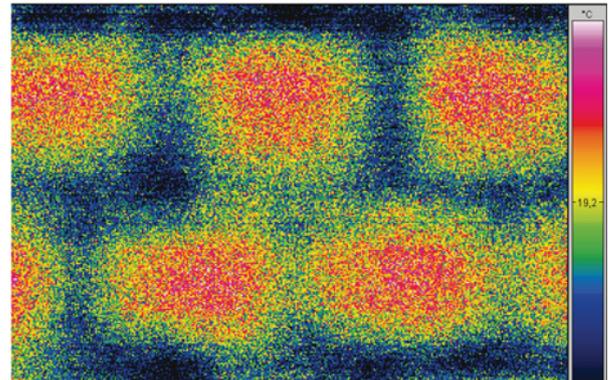


Bild 19 Innere Oberflächentemperatur einer 24 cm Ziegelwand mit 6 cm Außendämmung, Temperaturbereich 19,1 bis 19,3 °C

unterschiede auf den Oberflächen sichtbar gemacht werden (Bild 17).

Im Fall von Sanierungsmaßnahmen an Heizungsanlagen kann es erforderlich sein, den Verlauf der im Fußboden oder in den Außenwänden verlegten Heizungsrohre zu bestimmen. Auch hier kann die Thermographie erfolgreich eingesetzt werden (Bild 18).

12 Thermographie zur baubegleitenden Qualitätssicherung

Im Rahmen einer bauphysikalischen und energetischen Sanierungsberatung kann im Vorfeld die vorhandene Bausubstanz thermographisch untersucht und bewertet werden. Anhand der Thermographieaufnahmen werden die Schwachstellen der Wärmedämmung und die Wärmebrücken deutlich und sie können als eine Grundlage für die Ausarbeitung eines Sanierungskonzeptes verwendet werden.

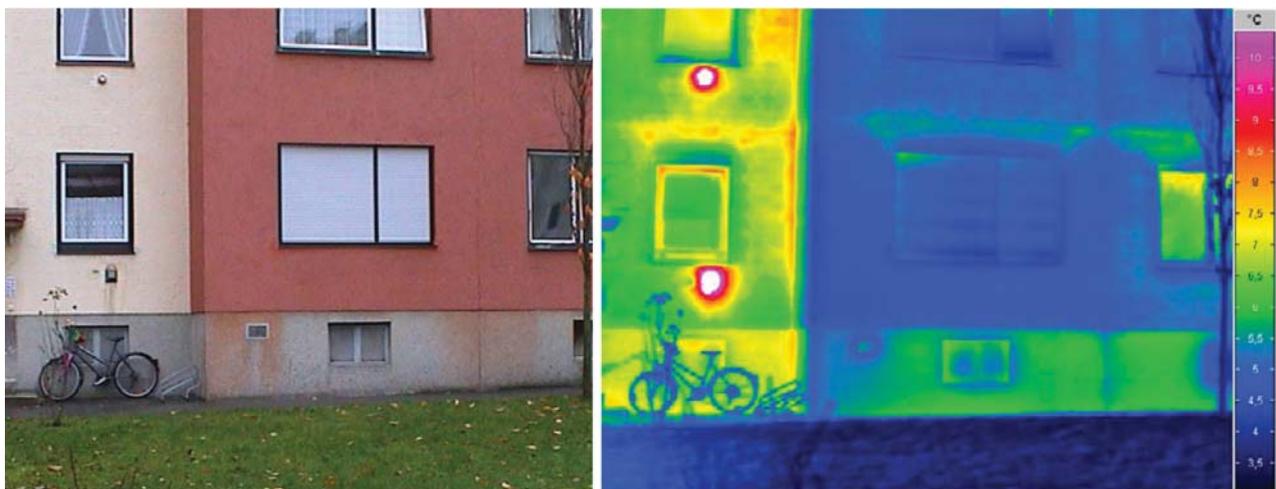


Bild 20 Mehrfamilien-Wohnhaus, Baujahr: 1960 teilsaniert 2001; Kunststoffenster $U_w=1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ mit Außenrollo; Randbedingung: Außentemperatur 4°C bedeckt, leichter Regen, windstill; links: neue Fenster $U_w=1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$; rechts: neue Fenster und Wärmedämmverbundsystem; Hot-Spots unter Fenster links sind Rauchgasöffnung der Gasheizung

Nach der Durchführung der Sanierung kann der Erfolg der Sanierungsmaßnahme durch eine weitere Thermographie nachgewiesen werden. Diese Methode eignet sich daher besonders, um die Qualität der Sanierungsmaßnahmen für den Bauherrn zu überprüfen und die Verbesserung zu dokumentieren bzw. ggf. weitere Maßnahmen bei Mängeln in der Sanierung einzuleiten.

13 Qualifizierung und Zertifizierung von Personal

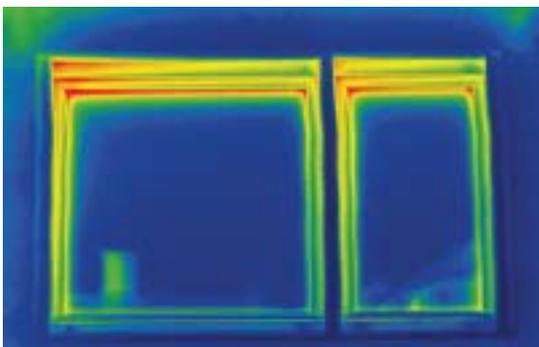
Da sich - wie vorangegangen bereits ausgeführt - nicht alle Bauteile eindeutig anhand des Thermogramms beurteilen lassen, sind fundierte Kenntnisse als auch Erfahrung im Bereich der Bauphysik, Messtechnik und der allgemeinen Bautechnik nötig. Die Thermographiemessungen sollten nur durch einen ausgewiesenen Fachmann durchgeführt werden. Deshalb ist auf eine Qualifizierung des Prüfers zu achten, wie z. B. in DIN 54162 festgelegt.

Fazit

Die Bauthermographie ist ein zerstörungsfreies und preiswertes Analyseverfahren mit vielfältiger Anwendung. Um Wärmebrücken in der Gebäudehülle zu lokalisieren oder auch um mangelnde Luftdichtheit zu dokumentieren ist aber eine ausreichend niedere Außentemperatur erforderlich und sind daher nur während der kalten Jahreszeit sinnvoll. Aufnahmen von außen geben einen guten Überblick, hängen stark von günstigen Umgebungsbedingungen ab. Innenaufnahmen sind hier weniger empfindlich.

In jedem Fall erfordert eine seriöse Auswertung von Thermogrammen Erfahrung mit dem Verfahren, eine detaillierte Kenntnis der Messtechnik und umfangreiches baupraktisches Wissen. Die physikalischen Grundlagen und Grenzen müssen berücksichtigt werden. Hierzu gehört auch die praktische Unmöglichkeit, den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) aus einem Thermogramm zu ermitteln.

Bei der Beurteilung sollte man sich nicht von den farbigen Darstellungen zu sehr beeindrucken lassen und auf Farbsakla achten. Thermogramme von außen und innen geben wertvolle Hinweise auf Schwachstellen, eine zuverlässige Aussage erfordert aber meist weitere Informationen und den Blick des Fachmanns auf die Gesamtsituation.



Außenthermographie von „guten“ Fenstern mit Zweifach-Isolierglas.

Bild 21 Altbaurenovierung: Kunststofffenster $U_w=1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ mit Aufsatz-Rolloelement integriert in vorhandenen Kastenraum.

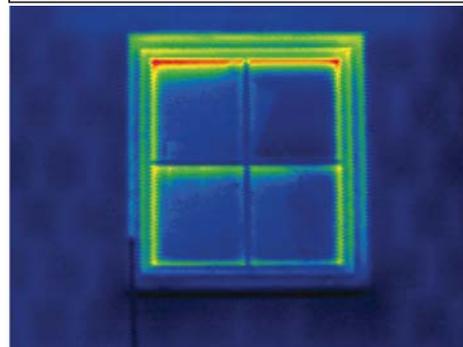


Bild 22 Neubau: Kunststofffenster $U_w=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ mit Sprosse im Scheibenzwischenraum (Falschfarbendarstellung angepasst).

Literatur

- [1] Künzel, Helmut:
Einsatzmöglichkeit der Thermographie zur
Beurteilung der Bausubstanz.
Congress of Thermography (1984), Lucerne
- [2] IR-Thermographie im Bauwesen, Bau- und Wohn-
forschung.
F 2374, Abschlussbericht Fraunhofer-Institut für
Solare Energiesysteme, Stuttgart
Fraunhofer IRB-Verlag (2000)
- [3] ISO 9972: 2006-05
Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden
- Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäu-
den – Differenzdruckverfahren.
Berlin: Beuth Verlag GmbH
www.beuth.de
- [4] DIN EN 13829 : 2001-02
Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden
- Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von
Gebäuden - Differenzdruckverfahren.
Berlin: Beuth Verlag GmbH
www.beuth.de
- [5] DIN EN 13187 : 1999-05
Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden
- Nachweis von Wärmebrücken in Gebäudehüllen
- Infrarot-Verfahren.
Berlin: Beuth Verlag GmbH
www.beuth.de
- [6] DIN 4108-2 : 2003-07
Wärmeschutz und Energie-Einsparung in
Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den
Wärmeschutz.
Berlin: Beuth Verlag GmbH
www.beuth.de
- [7] ISO 6781 : 1983-12
Wärmeschutz; Qualitativer Nachweis von
thermischen Unregelmäßigkeiten an Gebäude-
außenbauteilen; Infrarotverfahren.
Berlin: Beuth Verlag GmbH
www.beuth.de
- [8] ISO 9869 : 1994-08
Wärmeschutz - Bauteile - Vorortmessung des
Wärmedurchlasswiderstandes und des Wärme-
durchgangskoeffizienten.
Berlin: Beuth Verlag GmbH
www.beuth.de
- [9] ifz info FU-02/1
Luftdichtheit von Gebäuden
Wenn der Sturm im Haus tobt.
Rosenheim: Informationszentrum Fenster und
Fassaden, Türen und Tore, Glas und Baustoffe e.V.
www.ifz-rosenheim.de

Informationen im Internet

www.ift-rosenheim.de
www.ifz-rosenheim.de

Bilder und Thermographien

Prof. Dr. Franz Feldmeier,
Hochschule Rosenheim



**Informationszentrum Fenster und Fassaden,
Türen und Tore, Glas und Baustoffe e.V.**

ifz Rosenheim
Theodor-Gietl-Str. 7-9
83026 Rosenheim

Telefon 0 80 31/261-0
Telefax 0 80 31/261-290
E-Mail: info@ifz-rosenheim.de
www.ifz-rosenheim.de