

## Bauthermografie

Aus der Praxis eines Thermografen...

Aus dem Leben eines Bauthermografen: Tatort Büro. Das Telefon klingelt. Ein Kunde schildert den geplanten Austausch seiner Balkontüre gegen eine moderne Schiebetüre, die allerdings eine größere Bautiefe als seine bestehende Türe hat. Die Bautiefe an sich ist nicht das Problem, sondern der damit verbundene und erforderliche Ausschnitt des Estrichs, um die Türschwelle barrierefrei an die vorhandene Bausituation anpassen zu können. Das Zurückschneiden des Estrichs ist materialtechnisch unkritisch – wäre da nicht die Fußbodenheizung. Und jetzt kommen wir zum Grund des Anrufs: „Der Tischler hat mir gesagt, man könne mit einer Wärmebildkamera die bestehende Fußbodenheizung orten und deren Verlauf darstellen, so dass man die Position der Schnittkante festlegen könne. Einen Wasserschaden könne man schließlich nicht gebrauchen! “ Der Thermograf erklärt freundlich dem Kunden die Eignung der Thermografie für das geplante Vorhaben und dass das Messverfahren bei geschätzten Kosten in Höhe von ca. 200 - 300 € durchaus eine wirtschaftliche Maßnahme darstellt. „So teuer “ hört es der Thermograf aus dem Telefon. „Das kann doch nicht sein. Ich bin bei der Freiwilligen Feuerwehr. Da haben wir auch eine Wärmebildkamera. Das kann ich dann wohl selber – und das viel billiger! “ Einige Tage später klingelt erneut das Telefon des Thermografen. Diesmal ist es der Tischler: „Hören Sie, wir brauchen Sie hier dringend. Der Kunde hat selbst mit einer Wärmebild-

kamera die Fußbodenheizung gesucht und uns die Position für den Estrichschnitt angezeichnet. Jetzt spritzt das Wasser schon nach den ersten 20 cm die wir geschnitten haben. Der Preis ist uns egal! "

Solche oder ähnliche Vorfälle erleben Thermografen leider alltäglich. Dies ist auf die mittlerweile weitverbreiteten professionellen – aber auch laienhaften - Thermografieanwender aus allen Bereichen zurückzuführen. Warum hat aber die Leckortung des Kunden mithilfe einer Feuerwehr-Wärmebildkamera nicht funktioniert? Vorweg: An der Kamera hat es nicht gelegen. Eher am Einsatzbereich. Während die Wärmebildkameras der Feuerwehren auf eher „grobere “ Aufgaben, wie z.B. die Suche von eingeschlossenen Personen oder Glutnester im Einsatz eines brennenden Objektes ausgelegt sind, ist zur Darstellung einer Fußbodenheizung eine sehr hohe thermische Auflösung erforderlich. Beim Feuerwehreinsatz geht es drum, große Temperaturunterschiede bis zu mehreren hundert Grad wie Brandherde in Extremsituationen schnell und unkompliziert detektieren zu können. Bei der Ortung einer Fußbodenheizung handelt es sich weniger um Extremsituationen, mehr um die Auflösung kleinster Temperaturunterschiede von wenigen hundertstel Grad. Und hier liegt der Fehler. Viele Anwender denken, dass z.B. bautechnische Fragen „im Vorbeigehen und ohne spezielle Vorkenntnisse “ erledigt werden können. Am besten noch mit einem Leihgerät, welches sich für die Anwendung nicht einmal eignet.

Aber warum? Keine Messtechnik erfuhr in den letzten 10 Jahren mehr Boom als die Thermografie. Als mediales Instrument wunderbar geeignet, wurde die Thermografie – und hier speziell die Anwendung Bauthermografie – ein Sinnbild für Energieeinsparung und energieeffiziente Sanierung. Völlig richtig: Die Thermografie eignet sich wie keine zweite Messmethode zur Darstellung des energetischen Zustandes von Bauteilen oder Objekten, zur Detektion von Wärmebrücken oder Lecks in der Gebäudehülle. Allerdings sind entsprechende Kenntnisse aus der Bautechnik bzw. Bauphysik sowie der Messtechnik unerlässlich.

## Grundlagen der Thermografie

Thermografische Anwendungen werden seit Jahren erfolgreich im Bauwesen angewendet. Aus den („thermografisch“) gemessenen Oberflächentemperaturen können wichtige Erkenntnisse, welche zur qualitativen sowie quantitativen Beurteilung der Gebäudehülle aus energetischer, baukonstruktiver oder bauphysikalischer Sicht erforderlich sind, gewonnen werden. Vor allem örtlich begrenzte Unregelmäßigkeiten wie Wärmebrücken oder Luftleckstellen, welche die Qualität der Baukonstruktion maßgeblich beeinflussen, können mit dem Messverfahren zerstörungsfrei analysiert und zur weiteren Betrachtung visuell leicht verständlich dargestellt werden.

Allerdings sind die durch das Messverfahren erhaltenen Messergebnisse ausschließlich von Personen auszuwerten und zu interpretieren, die ausreichende

Kenntnisse in den Bereichen Messtechnik, Thermodynamik, Baukonstruktion sowie Bauphysik vorweisen können. Ansonsten ergeben sich entsprechende Fehlinterpretationen und ergeht dem Anwender wie dem Kunden und der zerstörten Fußbodenheizung.

Hintergrund und somit messtechnisches Prinzip der Thermografie ist das Emitieren elektromagnetischer Strahlung aller Körper, die eine Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunktes ( $-273,15^{\circ}\text{C}$ ) haben. Die vorhandene Teilchenbewegung bzw. deren Intensität ist von der Temperatur des Körpers abhängig. Die Emission elektromagnetischer Strahlung lässt sich über die mit den Molekülbewegungen immer einhergehenden Ladungsbewegungen erklären. Das sich diese sogenannte „Infrarotstrahlung“ nicht grundlegend von der für das menschliche Auge sichtbaren Strahlung unterscheidet, gelten für sie die gleichen optischen Gesetze. Alleiniger Unterschied zwischen der Strahlung im infraroten und dem sichtbaren Bereich ist nur der Wellenlängenbereich, in welchem die Strahlung emittiert wird. Die für das menschliche Auge sichtbare Strahlung liegt im – aus thermografischer Sicht - eher kurzwelligen Wellenlängenbereich von ca.  $0,4 - 0,78 \mu\text{m}$ . Der gesamtinfrarote Wellenlängenbereich, der unmittelbar an den für unser Auge sichtbaren Bereich anschließt, erstreckt sich hingegen über den Bereich von  $0,78 \mu\text{m} - \text{ca. } 1000 \mu\text{m}$ . Klassische bauthermografische Anwendungen nutzen meist den interessanten Bereich zwischen ca.  $7,5 - 14 \mu\text{m}$ . Die Aufgabe der modernen Kameratechnik ist es nun, die emittierte

Strahlung des Messobjektes möglichst genau zu detektieren, um über die Kamerainterne Software eine Umrechnung der Strahlungswerte in Temperaturen zu ermöglichen. Diese aus der detektierten Strahlung errechneten Temperaturen werden anschließend in einem Wärmebild, oder auch Thermogramm genannt, dargestellt. Das Schwierige am Messverfahren ist allerdings die Bewertung des vorhandenen – also quasistationären – Zustandes vor Ort, da die wenigsten Messungen im Labor stattfinden. Ein möglichst konstanter Wärmestrom durch das Bauteil ist ebenfalls notwendig, welcher aus der Betrachtung des Zustandes vor Ort zum Messzeitpunkt bis einige Tage zuvor abgeleitet werden kann. Dieser Wärmestrom wird durch konstruktive (z.B. Stützen oder Stürze), geometrische (z.B. Gebäudeecken) und dynamische (Luftleckstellen) Wärmebrücken beeinflusst, was sich in einer Signatur auf der Oberfläche des Messobjektes widerspiegelt. Mit entsprechender Gerätetechnik lassen sich somit Oberflächentemperaturen von bis zu wenigen hundertstel Grad detektieren und visualisieren. Wie zuvor bereits beschrieben, obliegt die Interpretation der Messergebnisse nur dafür qualifizierten Personen, die neben der Messtechnik auch den bautechnischen Hintergrund beherrschen. Sofern nun auch noch ein leistungsfähiges Thermografiesystem verwendet wird, ist die Basis für eine erfolgreiche Messung gesichert. Ein Thermografiesystem für bautechnische Anwendungen sollte gemäß dem Stand der Technik eine Detektormatrix von mindestens 320 x 240 Bildpunkten (Empfehlung: 640 x 480 Bildpunkte) bei der thermischen Auflösung von mindestens 0,05 K vorweisen. Abgerundet wird die Leistungsfähigkeit vor allem durch eine geeignete geometrische Auflösung, damit

auch kleinste Details in der Bauteiloberfläche „haarscharf “ detektiert und dargestellt werden können.

#### Außen- oder Innenthermografie

Das ist die vielleicht populärste Frage, die im Vorfeld einer Messung geklärt werden muss. In den Medien finden meist Thermogramme aus dem Außenbereich Anwendung. Zugegebenermaßen sind großformatige Aufnahmen einer mit Bauschäden bespickten Fassade plakativer als die kleine mit Schimmelpilz befallene Gebäudeecke hinter dem Schlafzimmerschrank. Allerdings kann die Thermografie eines Gebäudes von außen bis auf wenige Ausnahmen nur als orientierende Messung herangezogen werden. Sofern nicht Wärmedämmverbundsysteme oder Flachdächer untersucht werden sollen – diese sind meist konstruktiv bedingt von außen zu untersuchen – muss die Untersuchung von der Bauteilseite aus durchgeführt werden, auf der die Auswirkungen, wie z.B. der erwähnte Schimmelpilzbefall vorhanden ist. Die meisten, vor allem bauphysikalisch und energetisch wichtigen Auffälligkeiten werden erst bei einer Betrachtung aus dem Innenbereich sichtbar. Quantitative Beurteilungen bauphysikalischer Aspekte sind ohne zusätzliche ingenieurmäßige Mess- und Nachweisverfahren von innen durchzuführen. Häufig werden durch Thermografen Betrachtungen in Richtung U-Wert-Bestimmung oder dem Nachweis des Mindestwärmeschutzes gemäß DIN 4108-2 durchgeführt. Diese sind nur von Thermografen mit weitgehenden Kenntnissen in der Thermodynamik von der Raum-

seite aus in Langzeitmessungen unter Hinzuziehung ergänzender Messverfahren sowie evtl. der Verwendung von Datenloggern möglich. Die Innenthermografie bewährt sich weiterhin bei der Untersuchung von hinterlüfteten Bauteilen wie Dächern oder Fassaden. Da sich beispielsweise zwischen einem klassischen mit Ziegeln eingedeckten Dach und der darunterliegenden Wärmedämmebene eine schwach oder sogar stark belüftete Luftschicht mit allen Folgen (z.B. Konvektion) befindet, können Fehlstellen von außen i.d.R. nur bedingt oder gar nicht geortet werden. Die energetische Qualität von Fenstern und Türen kann weiterhin vor allem aus messtechnischer Sicht nur von Innen beurteilt werden, da aufgrund der Reflektionseigenschaften der Bauteiloberflächen häufig Fehlinterpretationen getroffen werden, welche eigentlich einem Messfehler zugeschrieben werden müssten.

### Planung der Messung

Der Erfolg der Messung hängt im Wesentlichen von einer fachgerechten Planung unter Berücksichtigung aller relevanten Einflussfaktoren ab. Um einen „brauchbaren“, der Realität entsprechenden Wärmestrom durch das Messobjekt zu erhalten, finden passive Anwendungen der Thermografie häufig in der kalten Jahreszeit statt. Die benötigte Temperaturdifferenz hängt maßgeblich von der Messaufgabe sowie verwendeten Messtechnik und der Klimastabilität des der Messung vorhergehenden Zeitraums von bis zu mehreren Tagen ab. In der Regel sind Standardtemperaturdifferenzen von ca. 10 – 15 K anzustreben. Neben einem möglichst konstanten Wärmestrom sind allerdings auch andere

Umwelteinflüsse, wie z.B. direkte oder dem Messzeitpunkt vorhergehende Sonneneinstrahlung, Wind, Regen, Schnee oder Nebel entsprechend zu berücksichtigen. Bei klassischen Fragestellungen bietet sich deshalb der frühe Morgen oder der späte Abend als Messzeitpunkt an. Der Messtermin ist also unbedingt fachgerecht und der Messaufgabe entsprechend zu planen.

#### Durchführung der Messung

Zu Beginn des Messtermins ist zu prüfen, ob die erforderlichen Randbedingungen eingehalten wurden bzw. werden. Die Kamertechnik muss sich vor Messbeginn ausreichend akklimatisiert, also dem Umgebungsklima angepasst haben. Entsprechend der Messaufgabe sind die Parameter Emissionsgrad und reflektierte Temperatur abzuschätzen bzw. zu ermitteln. Vor allem Parameter, wie Temperaturmessbereich bzw. Temperaturspreizung sind genau einzustellen. Die eingestellten Parameter sind zu registrieren und festzuhalten. Weiterhin ist die Aufnahmeposition des Thermografen der Aufgabe entsprechend zu wählen. Die Aufzeichnung von Sichtbildern zu jedem Thermogramm kommen dem besseren Verständnis sowie der Reproduzierbarkeit zu gute. Neben den eigentlichen thermografischen Messungen sind meist zusätzliche, für die Hauptmessung wichtige Größen zu ermitteln und zu dokumentieren. Unter Umständen ist der Einsatz weiterer Mess- und Untersuchungsmethoden sinnvoll.

#### Dokumentation der Messergebnisse



Grundsätzlich hängt natürlich die Struktur, der Inhalt bzw. der Umfang der Dokumentationen von der konkreten Aufgabenstellung ab. Für die Beurteilung wichtige Parameter, wie z.B. die Umgebungstemperatur, die Reflektionseigenschaften der Umgebung sind jedoch aufgrund der quasistationären Zustände, also der Baustellen- und eben nicht Laborbedingungen erforderlich und unbedingt in der Dokumentation aufzuführen. Grundsätzlich gilt für die Ausarbeitung eines Berichtes, dass dieser „für Laien verständlich und für den Fachmann reproduzierbar “ sein muss. Folgende Mindestbestandteile haben sich für klassische Anwendungen über Jahre bewährt: Angabe der Aufgabenstellung, Objektbeschreibung, Klimadaten, vorhandener Umwelteinflüsse, Nennung der Kameratechnik sowie des ausführenden Sachverständigen. Sofern jetzt noch die Thermogramme und Lichtbilder objektiv visualisiert, also mit einer geeigneten Farbpalette und deutlich erkennbarer Temperaturskala ausgestattet werden, steht einer Interpretation der Bilder durch den Fachmann nichts mehr im Wege.

Autor:

Benjamin Standecker M.Eng.

IB Standecker GmbH & Co.KG

[www.ib-standecker.de](http://www.ib-standecker.de)

Bundesverband für Angewandte Thermografie e.V.

[www.vath.de](http://www.vath.de)