

Bauthermografie

Ein zweiter Blick auf die bunten Bilder lohnt sich!

Thermografie wird als Diagnose-Methode immer beliebter – gerade im Vorfeld und Ablauf von Sanierungsmaßnahmen, aber auch im Neubaubereich bedient man sich dieses Verfahrens immer häufiger. Nicht immer befindet sich die Technik dabei allerdings in den richtigen Händen, denn Bauthermografie ist eine Messtechnik, keine Digitalfotografie!

Technik der Thermografie

Eine Wärmebildkamera wandelt die für das menschliche Auge unsichtbare Wärmestrahlung (Infrarotlicht) eines Objektes oder Körpers – auch aus größerer Entfernung – mithilfe von Spezi­alsensoren in elektrische Signale um, die durch Software leicht verarbeitet werden können und somit für uns sichtbar werden. Aus Hunderten von Messpunkten wird ein Messprotokoll erstellt, das für uns als „Bild“ erscheint. Es bleibt aber immer ein Messprotokoll, also eine Zusammenstellung von Temperaturwerten.

Entscheidend für die Qualität der Messung ist dabei, wie viele Messpunkte das System über ein Bauteil legen kann und natürlich das Wissen um die Randbedingungen der Wärmebilderstellung.

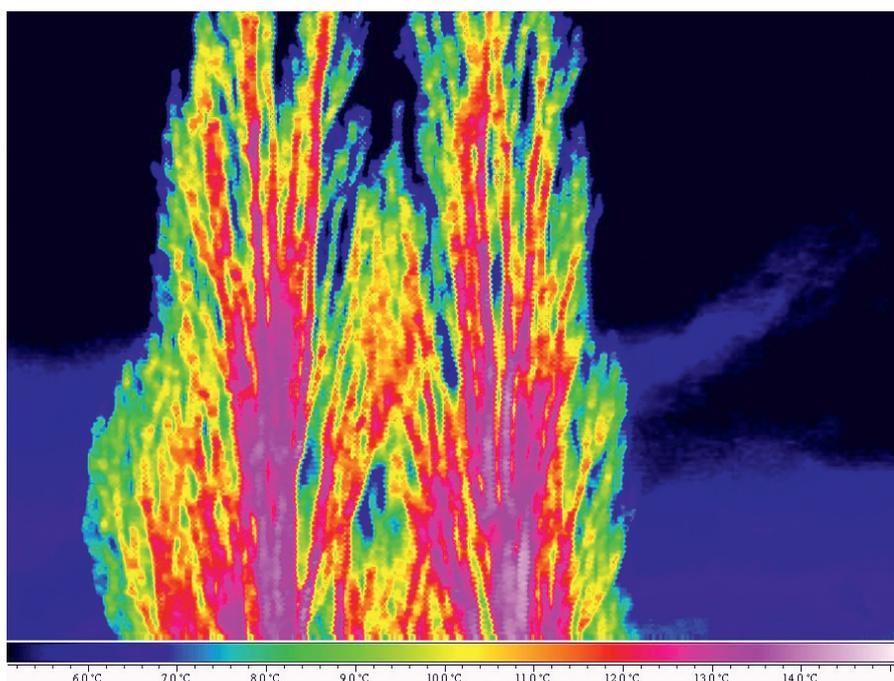
Die Kamera als gutes Werkzeug sollte als Grundlage für Gebäudeanalysen im Spektralbereich 8 bis 14 μm geeignet sein. Außerdem muss die Einstellung eines Emissionsgrades und einer reflektierenden Temperatur möglich sein. Das System sollte im Temperaturmessbereich zwischen -20°C und $+120^{\circ}\text{C}$ arbeiten können und der Detektor dabei mindestens eine Bildauflösung von 320×240 Pixel haben. Die geometrische Auflösung wird bestimmt durch den IFOV („Instantaneous Field Of View“ = aktuelles Feld des Sensors). Dieser Wert sollte kleiner als $3,3$ mrad sein. Die thermische Auflösung wird durch den NETD-Wert ausgewiesen. Ein Wert von $0,1$ Kelvin bei einer Messgenauigkeit von $\pm 2\%$ wäre ein guter Wert, auch wenn es hier bessere Systeme gibt.

Weitere wichtige Parameter sind die differenzierte Einstellmöglichkeit des Emissionsgrades (Wärmeabstrahlkennwert), der reflektierenden Temperatur, sowie Störungen in der Übertragungsstrecke oder auch Störstrahlungen an sich. Die auswertende Software kann einiges leisten; wurde aber eine falsche Fokussierung vorgenommen, der Messfleck für das System zu groß gewählt oder der Messabstand über- oder unterschritten, so ist das am Computer nicht korrigierbar.

Thermografische Messungen finden sinnvoll nachts oder in den frühen Morgenstunden statt und das aus gutem Grund. „Homogene Messbedingung“ ist hier das Zauberwort, denn alle Räume eines Hauses – egal welcher Ausrichtung – sollten gleichmäßig temperiert sein. Eine Temperaturdifferenz von innen nach außen von mind. 10 Kelvin (in Abhängigkeit von der Kamera meist besser 15 Kelvin!) muss gegeben sein.

Die nächsten Faktoren sind Helligkeit (nicht über 1500 Lux) und Witterungseinflüsse (kein Regen, kein Nebel, kein Schneefall, wenig Wind). Diese optimalen Voraussetzungen herrschen nicht immer vor und es liegt hier im Ermessen des Thermografen und dem Wissen um seine Auswertungssoftware, ob eine Messung qualitativ verwertbar sein wird.

Das „Können“ der Thermografiekamera – und sei sie technisch noch so gut – wächst also mit den Kenntnissen des Thermografen, sowohl des „Bedienenden“ als auch des „Auswertenden“. Hier sind Fachwissen und Erfahrung gefragt, ebenso wie Gründlichkeit, ein wenig Forschergeist, aber oft auch einfaches Nachdenken. Manche Temperaturentwicklung ist zwar augenfällig, aber deshalb noch lange nicht erklärbar. Ein Pauschal-Urteil nach dem Prinzip „Ich weiß schon, wo das Haus die Wärme verliert“ hilft hier nicht weiter. Jede Lösung braucht das Verstehen der Ursache, auch und gerade im Bereich des Bauens.



(1) Wärmebild einer Pappel

Bild: © IB Konz – 80639 München

Bauthermografie im Bild

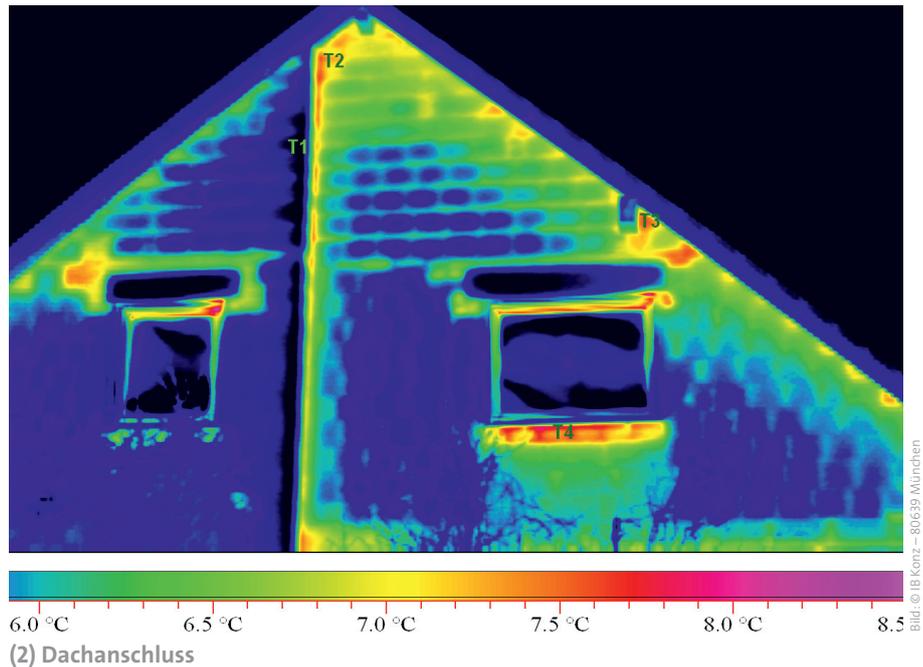
Aus unterschiedlichen Standorten und Blickwinkeln wird anhand der nachfolgenden Thermogramme auf typische Schwachstellen im Bestand eingegangen.

Im Normalfall sollten Thermogramme nur mit zugehörigem Digitalbild präsentiert werden. Nur so ist eine Zuordnung bei kleineren Messbereichen möglich. Auch ist bei jeder Dokumentation auf die aktuellen Daten und Einstellungen zum Messergebnis zu achten: Datum, Uhrzeit, Angaben zur Witterung, Kenndaten des Kamerasystems, gemessene Oberflächentemperatur, Strahlungstemperatur oder Emissionsgradeinstellungen.

Wärmebilder im Detail

Abb. (2) Dachanschlüsse: Das Bild zeigt sichtbare Wärmeverluste im Bereich der Auflagerpunkte der Dachkonstruktion in der Außenwand, zudem auch Verluste über Undichtigkeiten zwischen Mauerwerk und Sparren. Auffallend ist hier zudem ein Materialwechsel innerhalb des Mauerwerkes oberhalb der Fenster. Die Rollladenkästen weisen auffallend niedrige Oberflächentemperaturen auf: zu kühl für ein (temperatur-)homogenes Bild der Fassade.

Abb. (3) Dach – Innenmessung 1: Die Dachschrägen, der oft hinterlüftete Aufbau und erhebliche Störstrahlung aus der Atmosphäre verhindern aussagekräftige Wärmebilder von Dachflächen. Von außen nicht sichtbar – von innen aber dann doch: Dämmung, die nicht mehr homogen aufliegt oder auch aufgrund Alterung an Dämmwert verloren hat. Möglich ist auch bereits eine Durchfeuchtung im Dachraum.



(2) Dachanschluss

Abb. (4) Dach – Innenmessung 2: Hier ist der Wandanschluss zum Dach von innen zu sehen. Es lassen sich erhebliche Leckagen erkennen, die schon ohne Blower-Door-Test gut messbar sind. Diese Undichtigkeit kann gut nachgearbeitet werden, weil sie eindeutig lokalisierbar ist.

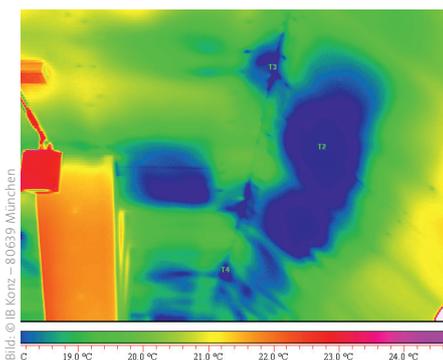
Tipp für die Fehlersuche

Im Bestfall einen geplanten Blower-Door-Test mit thermografischer Messung koppeln – so wird nicht nur ein Wert (Luftwechselrate) ermittelt, sondern auch eine Lokalisierung der Fehlstellen erreicht. Das macht Sinn!

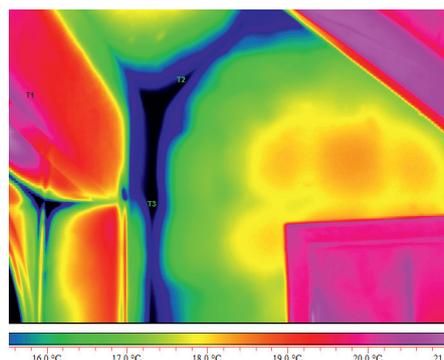
Abb. (5) Außenwand 1: Eine Aufnahme eines homogen erstellten Mauerwerks

aus den 1960er-Jahren. Der Balkon wurde als „thermisch getrennte“ Holzkonstruktion ausgeführt. Gut erkennbar sind hier die Garagen als eingeschobene Stellfläche im Tiefgeschoss mit messbarer Wärmeentwicklung im Sturzbereich der Tore. Die Garagen sind nicht wie es zunächst scheint beheizt, sondern die Decke zum darüberliegenden, beheizten Wohnbereich ist nicht gedämmt. In Teilbereichen liefen unterhalb der Decke auch noch ungedämmte Versorgungsleitungen der Heizung.

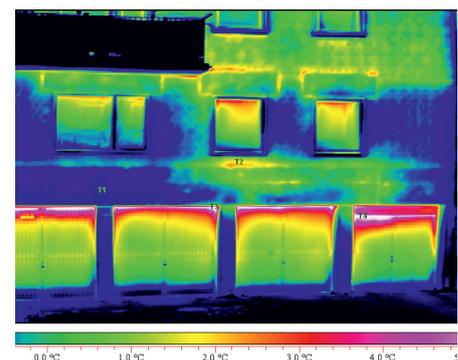
Abb. (6) Außenwand 2 zeigt ein Mauerwerk mit erkennbaren Erwärmungen im Bereich der einbindenden Decken, der Leitungsführung der Heizung im geschwächten Mauerwerk und sogar der Befestigungspunkte für die Konsolen der Heizkörper. Wie die wärmetechnischen



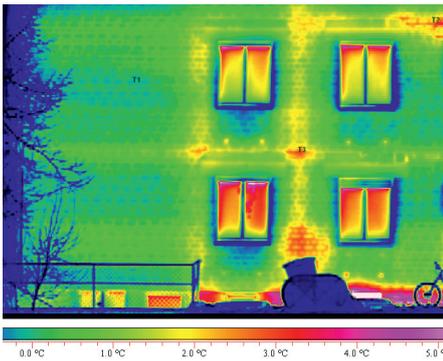
(3) Dämmung, alt, Baujahr 1965



(4) Dachauflager



(5) Garage integriert, Baujahr 1965



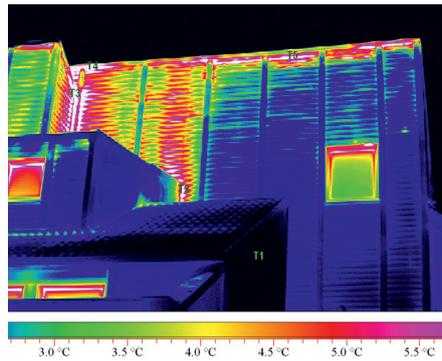
(6) Außenwand, inhomogen

Eigenschaften des Mauerwerks sind, kann aber alleine durch die dargestellte „Farbe“ nicht abgeleitet werden. Hier fehlen zur Interpretation die Temperaturskala und Angaben über die Temperaturverhältnisse zur Zeit der Messung.

Abb. (7) Außenwand 3: Deutlich sichtbar sind links auf dem Bild die zu hohen Oberflächentemperaturen mit erheblicher Wärmeentwicklung. Aber woher? Die Außenwandkonstruktion ist als Holzrahmenbauweise ausgeführt, die Verschalung hinterlüftet. Gibt es vielleicht Undichtigkeiten im Dachanschluss? Oder eine Leckage im Inneneckbereich? Geführte Lüftungsleitungen oder ein Kaminzug? Alles Faktoren, die hier Ursache sein können. Klarheit und Aufschluss bringt hier nur eine Innenthermografie.

Oft ist eine Außenthermografie allein nicht aussagekräftig. Vor allem verkleidete Außenfassaden, hinterlüftete Dächer und im Besonderen Fenster oder reflektierende Oberflächen sind grundsätzlich schwer (mit aufwändigen Vorarbeiten und Kenntnissen über Materialkennwerte) oder gar nicht schlüssig zu beurteilen.

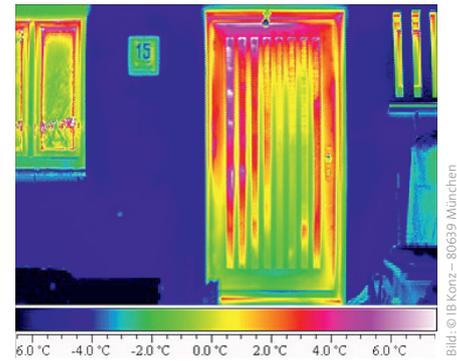
Abb. (8) Vollwärmeschutz: Die Aufnahme einer beendeten und abgenommenen Sanierung. Ob die korrekte Dämmstärke und das richtige Material eingebaut wurden, bleibt der Temperaturmessung verschlossen. Die Thermografie kann zwar Bauteilfugen, Bauteilanschlüsse oder Erwärmungen im Bereich von Verdübelungen darstellen, ist allerdings kein Röntgengerät! Aber: Sie kann nicht oder fehlerhaft gedämmte Bereiche aufdecken!



(7) Holzverschalung

Abb. (9) Sockel 1: Alles gedämmt – alles gut? Gut erkennbar ist hier die nachträglich aufgebrauchte Perimeterdämmung im Sockelbereich. Gedübelt und geklebt, die Oberflächen sind gut kühl. Sichtbar sind aber Temperaturerhöhungen im Bereich der Dübel und der Plattenfugen. Außerdem ist der Anschluss an die Dämmebene des Erdgeschosses nicht ausreichend dicht hergestellt. Es lässt sich eine durchlaufende Fuge mit hohen Temperaturen erkennen.

Abb. (10) Sockel 2: Hier wurde der Übergang der beiden Dämmebenen besser und mit weniger Wärmeverlusten bewerkstelligt. Der Anschluss an die Fensterrahmen im Leibungsbereich bzw. eine Dämmung im Leibungsbereich wurde jedoch komplett weggelassen. Deutlich sichtbar sind zudem sehr hohe Wärmeverluste und

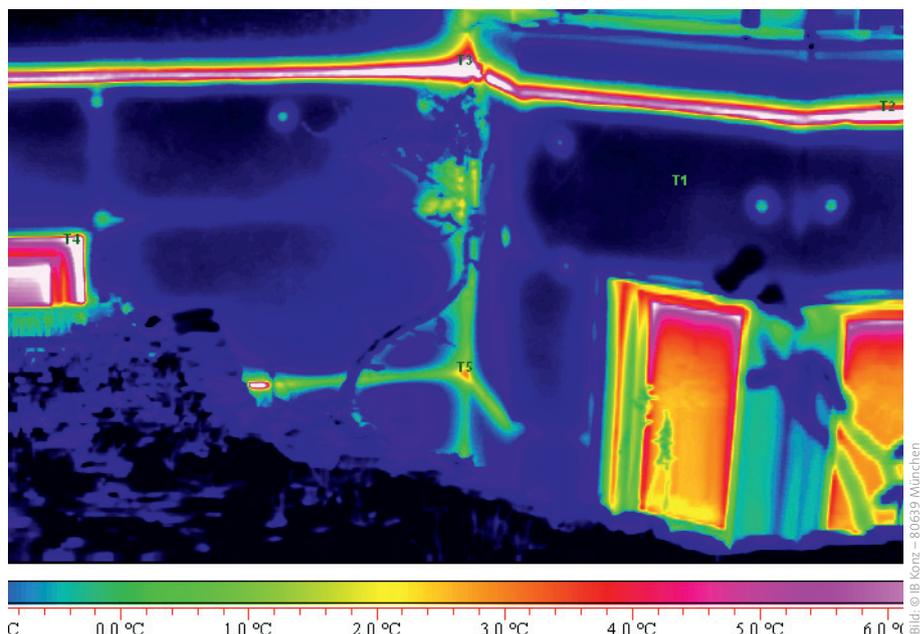


(8) Eingangsbereich, Haustür

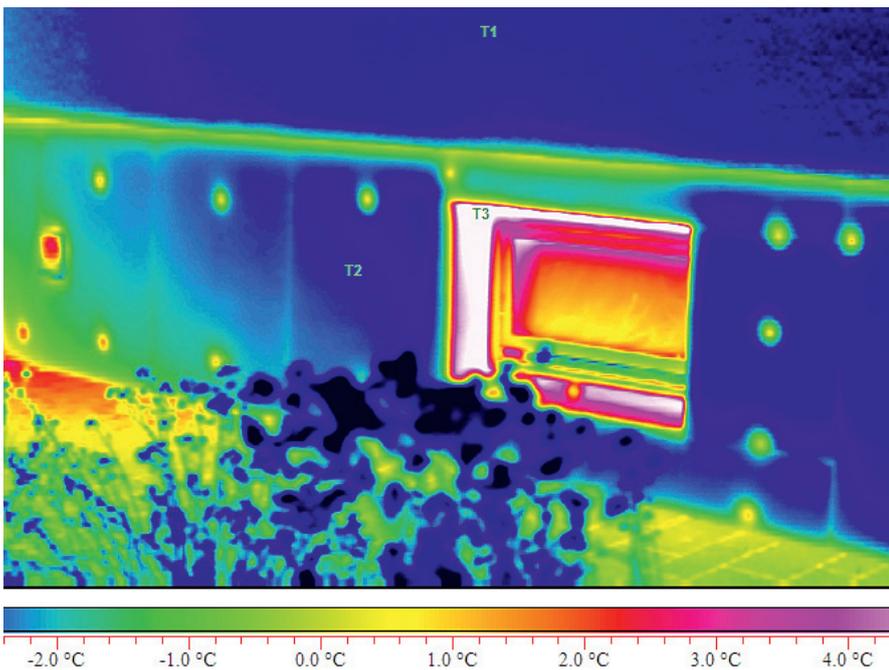
folglich ausgekühlte Bauteiloberflächen im Innenbereich des Fensters.

Abb. (11) Balkon: Die Aufnahme zeigt deutlich, warum Fenster nicht aussagekräftig thermografiert werden können. Oben schlechte Fenster, unten gute? Nein, es ist ein und dieselbe Fenstertüre! Im oberen Bereich ist mit Reflexionen durch den Dachüberstand, im unteren Bereich mit Störstrahlung durch ein Balkongeländer gemessen worden. Eine fundierte Aussage über den Einbau ist also hier nur mit einer Innenthermografie möglich.

Abb. (12) Fenster 1: Fenster sind grundsätzlich schwer oder gar nicht schlüssig durch eine Außenthermografie zu beurteilen. Im Gegenzug dazu sind aber gerade diese Bauteile immer noch die



(9) Sockelfuge, Baujahr 1985



(10) Sockel, Lichtschacht

„schwächsten“ im Bereich der Fassade, und dies nicht nur hinsichtlich der U-Werte! Hier ein deutlich ausgekühlter Schwellenbereich mit Auskühlungen bis in die Fensterleibungen.

Abb. (13) Fenster 2 zeigt ein Gaubenfenster in Holzkonstruktion von innen thermografiert. Die umlaufende Dichtungsebene im Flügelbereich weist alleine hier schon Kälteeinträge auf. Schwieriger ist aber die Anschlusslösung an die Dachkonstruktion im Sturzbereich. Die ausgekühlten Ecken mit Temperaturen bis 10 Kelvin unter der Raumtemperatur bilden ein Potenzial für Feuchteausfall.

Die Praxis zeigt, dass die Anschlussfugen zwischen Fensterrahmen und angrenzenden Bauteilen oft nicht nach den aner-

kannten Regeln der Technik erstellt werden. Und genau hier wird der Effekt des Kondensatausfalls bei Luftundichtigkeiten verstärkt beobachtet. Mit Hilfe der Thermografie kann hier sachlich der Einbaustandard des Fensters belegt werden – und dies am sinnvollsten noch während der Einbauphase, um Nacharbeiten schnell möglich zu machen.

Fordern Sie die Thermografie heraus. Sie kann mehr als bunte Bilder erstellen. In allen Fällen, in denen Temperaturbereiche mit einer Differenz von 10 bis 15 Kelvin aneandergrenzen, kann sie eingesetzt werden.

Die Ergebnisse sind neutral und in der Visualisierung überzeugend. Sie kann den Kern einer Leckage orten – und damit konkrete Nachbesserung möglich ma-

chen, oder sie kann die „Quelle“ einer Durchfeuchtung bestimmen – und damit Aufbrucharbeiten minimieren.

Die Praxis zeigt es zudem: Ein guter Thermograf braucht fundierte Kenntnisse im Bereich der Optik, der Bautechnik und Materialkunde, der Baukonstruktion und vor allem der Bauphysik. Eine dementsprechende Ausbildung und Erfahrung sind unerlässlich und sollten durch Zertifikate oder Zulassungen nachgewiesen werden. Fachpersonal der zerstörungsfreien Prüfung, das nach DIN 54162 und EN 473 in den Stufen 2 oder 3 zertifiziert ist, erfüllt diese Kriterien.

Weitere Infos hierzu unter: www.sectorcert.com, www.meteg-info.at oder www.vath.de

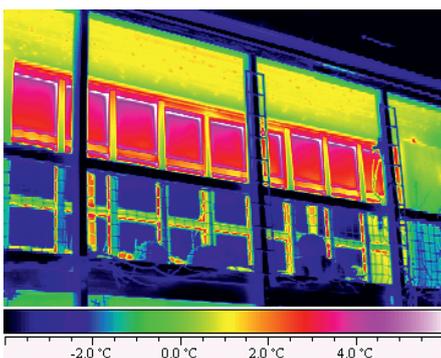


Martina Konz,
Dipl.-Ing. (FH)

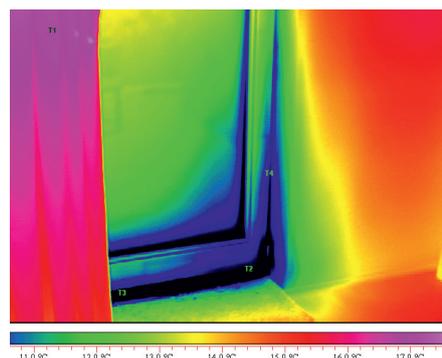
ist seit 1986 freischaffende Hochbau-Ingenieurin mit eigenem Büro in München.

Sie besitzt 25 Jahre Berufserfahrung im Bereich Bauen im Bestand, der Altbauseanierung und im Neubau. Zudem erlangte Sie weitere Qualifikationen zur Fachwirtin für Facility-Management (GEFMA), Energieberaterin (BAFA, DENA) und zertifizierten Thermografin nach EN 473, Level 1 und 2 und ist Mitglied im Österreichischen Thermografieverband.

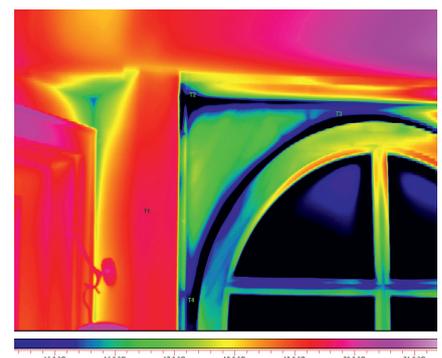
Kontakt unter:
info@konz-ingenieur.de,
www.konz-ingenieur.de



(11) Balkon



(12) Fenster, Baujahr 2004



(13) Gaubenfenster