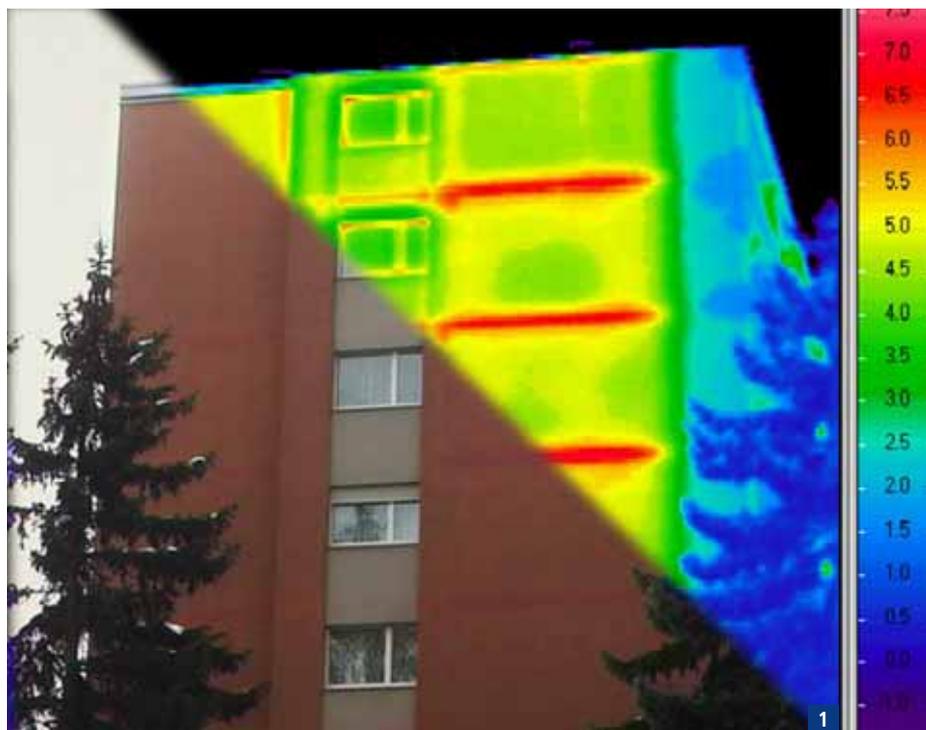


* Christoph Tanner

Qualitätsansprüche bei Wärmebildern von Gebäuden

WÄRMEBILDER JA – ABER BITTE RICHTIG



Gemäss UN-Bericht (IPCC) ist der Mensch für die Klimaerwärmung selber verantwortlich. Es ist deshalb dringend notwendig, Energie zu sparen. Im Bereich Gebäude gibt es viele Einsparmöglichkeiten, wobei natürlich die Wärmedämmung im Vordergrund steht. Wärmeverluste von Gebäuden können mit Wärmebildern dargestellt werden. Dabei werden wärmetechnische Schwachstellen qualitativ visualisiert, was eine ideale Ergänzung zum Gebäude-Energieausweis ist, der eine quantitative Information abgibt. Wärmebilder von Gebäuden müssen in der kalten Jahreszeit erstellt werden und sind nur dann eine wertvolle Planungshilfe oder ein optisches Kontrollmittel, wenn wesentliche Randbedingungen bei den Aufnahmen und bei der Bildauswertung beachtet werden.

* Christoph Tanner, dipl. Architekt FH/HTL
Winterthur
Vizepräsident theCH

Auf Grund der heutigen Klimadiskussionen und dem Thema Energiesparen ist der Bedarf für Wärmebilder seitens Hauseigentümer sehr gross, denn Wärmebilder können eine optimale Grundlage für Sanierungsentscheide sein oder nach einer Sanierung als energetische Qualitätskontrolle dienen, mit sichtbarem Beleg. Die Energiefachstellen und -experten hoffen zudem, dass auf Grund der Wärmebilder möglichst viel Sanierungspotenzial ausgelöst wird.

Wie funktioniert eine Infrarotkamera?

Ein Wärmebild (= Infrarotbild = IR-Bild = Thermogramm) zeigt ein Abbild der Oberflächentemperaturen. Es entsteht, indem mit einer IR-Kamera die Wärmeabstrahlung einer Oberfläche, die dem menschlichen Auge verborgen bleibt, gemessen wird. Übliche IR-Kameras messen heute mit einer Auflösung von 320 x 240 Pixel. Durch einen Rechner wird dann jedem Messpunkt – dem Temperaturwert entsprechend – eine bestimmte Farbe zugeordnet, womit das IR-Bild entsteht. Das Vorgeben einer max. und min. Temperatur auf der Farbskala bewirkt, dass eine

grössere oder kleinere Spannweite von Temperaturen aufgezeigt wird. Im Extremfall kann eine Bilddarstellung gewählt werden, die noch Temperatur-Unterschiede von $1/10$ °C aufzeigen kann. Die gleiche IR-Aufnahme lässt sich also mit veränderten Skalierungen zu optisch völlig unterschiedlichen IR-Bildern verarbeiten (vgl. Bild 2 und 3). Farbskalen in üblichen IR-Bildern zeigen kalte Oberflächen mit Blau-Tönen und warme mit Rot-Gelb-Tönen.

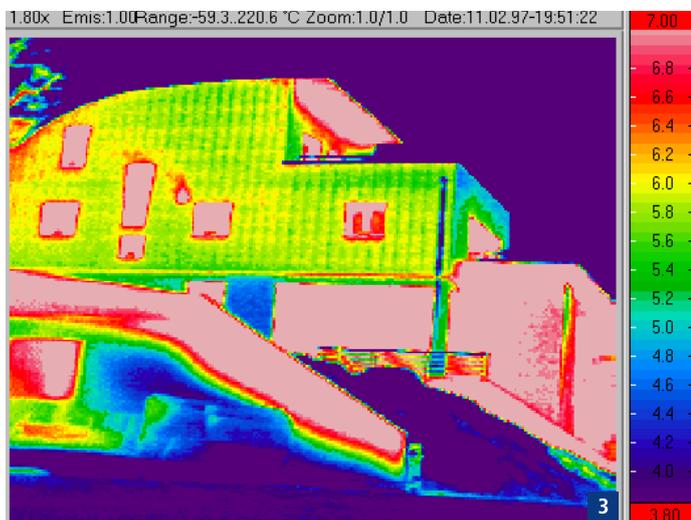
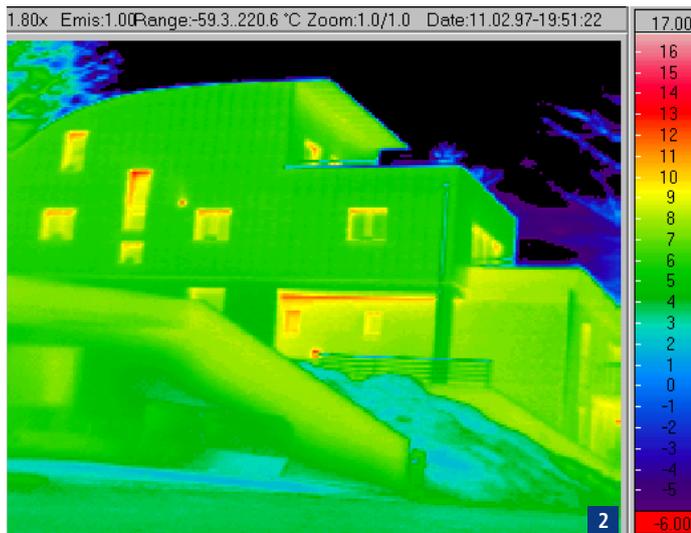
Günstige Wärmebild-Aktionen

Auf dem Markt gibt es immer mehr Anbieter für Infrarot-Dienstleistungen und die Infrarot-Kameras sind in den letzten Jahren technisch markant verbessert und handlicher geworden. Landauf und landab sind zurzeit sehr günstige Wärmebild-Aktionen im Gang, bei denen auch ausländische Firmen auf besonders tiefem Preisniveau mitmachen. So sind Wärmebilder für Einfamilienhäuser, inkl. Berichterstattung, im Bereich von Fr. 100.– bis Fr. 1000.– zu haben! Es ist einleuchtend, auf welcher Basis da die grösste Nachfrage besteht.

1 Kombination Digitalfoto-Wärmebild: Zu erkennen sind hier linienförmige Wärmebrücken, verursacht durch die ungedämmten Stirnen der Betondecken.

2 Gebäude-Darstellung im Temperaturbereich -6 bis $+17$ °C. Hier erkennt man die erhöhten Temperaturen unter den Fensterstürzen sowie an der Untersicht des Eingangs.

3 Gleiche Aufnahme wie Bild 2: Die Skalierung ist hier mit $+3,8$ bis $+7,0$ °C sehr fein gewählt, so dass kleinste Temperaturunterschiede (Wärmebrücken) sichtbar werden, welche die Skelettstruktur der Holzbau-Konstruktion erkennen lassen (hier energetisch unproblematisch).



Was aber bekommen die Kunden in Sachen Qualität? Ist es wesentlich, etwas über die Hintergründe und die Entstehung der Wärmebilder zu wissen oder genügt es, auf den Wärmebildern die roten Bereiche zu erkennen und dort mit der Sanierung zu beginnen?

Was die «günstig»-Wärmebildkunden und selbst viele Fachleute im Energieberatungssektor nicht wissen ist, dass die Qualität und die Aussagekraft von IR-Bildern auf der Strecke bleiben, wenn nicht viele wichtige Randbedingungen beim Erstellen, beim Auswerten und beim Beurteilen der IR-Aufnahmen beachtet werden. Dies kann im Bereich Bauthermografie meist nur ein ausgewiesener Spezialist mit vertieften Kenntnissen und Erfahrungen in den Bereichen Thermografie und Bauphysik. Dazu sind auch Kenntnisse der regionalen Bauweise notwendig. Resultieren durch nicht qualifiziertes Vorgehen Fehlinterpretationen, so wirkt sich das nicht nur für den Auftraggeber negativ aus, sondern es belastet auch das Image der Thermografie-Technik generell.

Nur wenn die Interpretationen der IR-Bilder korrekt, zuverlässig und nachvollziehbar sind, kann ein ausführender Baufachmann die richtigen Schlüsse im Hinblick auf eine Gebäudesanierung ziehen. Gibt es trotzdem einmal Wärmebilder mit Unklarheiten – das kann ab und zu vorkommen – ist dies im Bericht eindeutig festzuhalten und zu erläutern.

Thermografie Verband Schweiz

Nicht zuletzt um solche Qualitätsansprüche zu definieren wurde im Juli 2007 der «Thermografie Verband Schweiz» (theCH) [1] von sechs Mitgliedern aus der Industrie- und Dienstleistungsbranche der Schweiz gegründet. Weitere Ziele des Verbandes sind die Förderung der Thermografie und deren Möglichkeiten, Erschliessung neuer Anwendungsbereiche, Austausch von Erfahrungen, Pflege nationaler und internationaler Kontakte, Wissensvermittlung und Weiterbildung. Bei der Definition der theCH-Qualitätsansprüche für Gebäudeaufnahmen [2] dient die Norm EN

13187 (1998) [3] als Grundlage. Da aber die IR-Technik in den letzten zehn Jahren weiter fortgeschritten ist, fliessen in die Leitlinien des Verbandes auch die Erfahrungswerte und das heutige Know-how der theCH-Mitglieder ein.

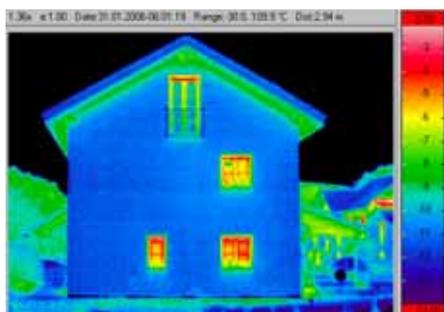
Einige Beispiele, wie und warum Fehlinterpretationen entstehen...

Ohne spezielles Fachwissen und Erfahrung ist es schwierig, in Wärmebildern all die komplexen Strahlungsmechanismen zu erkennen und sie richtig zu deuten. Die simple «rot-gleichschlecht»-Information wird Wärmebildern nicht immer gerecht und kann zu Falschaussagen führen.

Bei den hier erläuterten Beispielen waren die Randbedingungen beim Erstellen der IR-Aufnahmen nicht immer ideal. Zudem sind auch bei der Bildbearbeitung nicht überall sinnvolle Darstellungen gewählt worden, so dass der Kommentar mit dem simplen Muster «rot-gleichschlecht» schliesslich zur Fehlbeurteilung führt. Es ist darum unabdingbar, dass Aufnahmen, Auswertungen und Interpretationen von Wärmebildern für Gebäude nur von erfahrenen Fachleuten durchgeführt werden. Anzumerken ist hier, dass bei der Vergabe von Bauthermografieaufträgen die Erfahrung, das bauphysikalische Wissen und die Beachtung der Qualitätsgrundsätze klar höher gewichtet werden sollte, als Zertifizierungspapiere von Kursen, die meist nur fachliche Grundlagen vermitteln.

Literatur

- [1] Thermografie Verband Schweiz (theCH) www.thech.ch, E-Mail: info@thech.ch
- [2] «theCH-Qualitätsansprüche an Wärmebilder für Gebäudeaufnahmen» Ergänzende Leitlinien zur EN 13187 (1998), Die Leitlinien sind im Entwurfsstadium und werden zurzeit im Verband bearbeitet. Sie geben Hinweise zum Aufnahmeverfahren, zur Auswertung, zur Berichterstattung und zur Beurteilung.
- [3] EN 13187 (1998) «Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Nachweis von Wärmebrücken in Gebäudehüllen-Infrarot-Verfahren (ISO 6781, 1983, modifiziert); Deutsche Fassung»

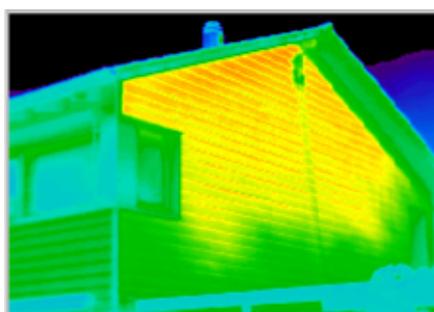


Beispiel 1

Fehlinterpretation durch «rot-gleich-schlecht»:

Das Gebäude hat eine gut gedämmte Aussenwand. Eine linienförmige Wärmebrücke zeigt sich beim Anschluss Dach-Wand. Die Fenster sollten ersetzt werden. Insbesondere im Erdgeschoss sind deutlich höhere Wärmeverluste durch die Fenster zu erkennen als im Dachgeschoss.

Tatsache ist: Es handelt sich hier um ein neues (2003), gut gedämmtes Gebäude. Die Unterseiten des Vordaches sind infolge geringerer Abstrahlung etwas wärmer (keine Wärmebrücke). Alle Fenster haben Wärmeschutzgläser, alle Gläser sind gleich. Die Fenster sind rot, weil die Farbkeil-Einstellung bezüglich Umgebungstemperatur und Gebäude ungünstig ist. Das obere Fenster erscheint kühl, weil sich der kalte Nachthimmel im Fenster spiegelt (PS: Auch unterschiedliche Raumtemperaturen haben einen Einfluss auf die äusseren Oberflächentemperaturen).

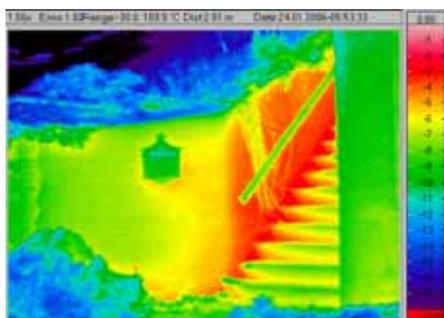


Beispiel 2

Fehlinterpretation durch «rot-gleich-schlecht»:

Massive Wärmeverluste bei dieser Hauswand! Sanierung dringend notwendig.

Tatsache ist: Die Aufnahme entstand an einem nebligen Morgen. Diffuses Sonnenlicht beginnt den oberen Teil der Ostfassade zu erwärmen. Wird der Farbkeil, die Objektposition sowie der Aufnahmetag und die Zeit nicht deklariert, so ist auch für Spezialisten nicht nachvollziehbar, ob eine Bildinterpretation plausibel ist oder nicht.

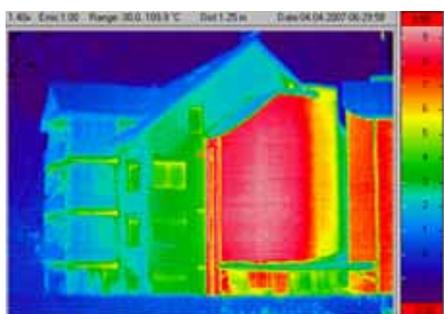


Beispiel 3

Fehlinterpretation durch «rot-gleich-schlecht»:

Massive Wärmeverluste an der linken Treppenflanke. Die vordere Wand zeigt mässige Wärmeverluste.

Tatsache ist: Dargestellt ist eine Aussentreppe. Links davon eine Gartenmauer, hinterfüllt mit Erdreich. Das Gebäude befindet sich RECHTS der Treppe (grün). Vor und während der Aufnahme war der (Nacht)Himmel klar, Lufttemperatur: -10 °C Dieses Beispiel zeigt eine Kombination von Unterkühlung (infolge Abstrahlung), Wärme durch Erdreich (Erdwärme) und Wärmestrahlung vom Haus. Der rote Bereich bei der Gartenmauer entsteht, weil hier die Abstrahlung vermindert ist und die Erdwärme sowie Strahlungswärme des Gebäudes auf die Mauer trifft. Wäre der Himmel stark bedeckt und die Lufttemperatur im 0-°C-Bereich, so hätte dieser ganze Aussenbereich nahezu eine Einheitstemperatur.



Beispiel 4

Fehlinterpretation durch «rot-gleich-schlecht»:

Bild links: Massive Wärmeverluste bei diesem Betonturm. Sanierung dringend notwendig.

Tatsache ist: Die IR-Aufnahme links entstand nach einer kalten Frühlingsnacht. Am Vortag waren die Lufttemperaturen relativ hoch. Am frühen Morgen zeigt sich nun auf dem IR-Bild der Betonturm wegen seiner hohen Wärmespeicherfähigkeit noch immer relativ warm. Dies im Gegensatz zu den dahinter liegenden Hauswänden, die sich mit der verputzten Aussenwärmedämmung relativ schnell an die Umgebungstemperatur anpassen.



Bild rechts: Den Beweis für die Aussage zu Bild links liefert Bild rechts: Hier sind die Bedingungen für die IR-Aufnahmen gut, denn die Temperaturen des Vortages waren nur wenig höher als zum Zeitpunkt der IR-Aufnahme, so dass die Wärmeabgabe des Betonturmes infolge Speicherverhalten geringer war.

Folge: Eine Deklaration der Temperaturkurve über die letzten 24 Std. vor den Aufnahmen und Kenntnisse über die Baumaterialien liefern hier die unbedingt notwendigen Informationen, um eine Fehlbeurteilung verhindern zu können.



theCH-Qualitätsansprüche an Wärmebilder für Gebäudeaufnahmen (gilt primär für IR-Aussenaufnahmen)

Die Infrarot-Kameras sind in den letzten Jahren technisch markant verbessert und handlicher geworden. Deshalb sind heutzutage viele Dienstleistungs-Anbieter auf dem Markt. Die Spannweite der Preise für Wärmebilder von Einfamilienhäusern bewegt sich dabei im Bereich von CHF 100.- bis über 1'000.- ! Der Kunde ist gut beraten, sich zu überlegen, was er im billigst Sektor in Sachen Qualität bekommt, denn was er - und selbst viele Fachleute im Energieberatungssektor - nicht wissen ist, dass die Qualität und die Aussagekraft von IR-Bildern auf der Strecke bleiben, wenn nicht viele, wichtige Randbedingungen beim Erstellen, beim Auswerten und beim Beurteilen der IR-Aufnahmen beachtet werden. Dies kann im Bereich Bauthermografie meist nur ein ausgewiesener Spezialist mit vertieften Kenntnissen und Erfahrungen in den Bereichen Thermografie und Bauphysik. Dazu sind auch Kenntnisse der regionalen Bauweise notwendig.

Resultieren durch nicht qualifiziertes Vorgehen Fehlinterpretationen, so kann das für den Auftraggeber extrem belastend werden – auch finanziell!

Nur wenn die Interpretationen der IR-Bilder korrekt, zuverlässig und nachvollziehbar sind, kann ein ausführender Baufachmann die richtigen Schlüsse im Hinblick auf eine Gebäudesanierung ziehen.

Welche Punkte bei Wärmebildern von Gebäuden wesentlich sind, zeigt die Auflistung unten.

IR-Aufnahmen:

- IR-Aussenaufnahmen sollen durch möglichst wenig Umgebungsstrahlung beeinflusst werden. D.h.: Einstrahlung (direkt durch Sonne, diffus durch Tageslicht) ist unbedingt zu vermeiden. Abstrahlung (durch klaren Nachthimmel) ist, soweit möglich zu vermeiden.
→ Ideale Bedingungen herrschen nachts, bei lang anhaltendem Hochnebel / Bewölkung.
- Die Temperaturschwankungen Tag / Nacht sollen vor den IR-Aufnahmen möglichst klein sein. (Aus der EN13187: „ Die Auswertung von Thermogrammen, die bei instationären Bedingungen gewonnen werden, erfordert einen hohen Grad an Erfahrung und Fachwissen über Bauphysik,“)
- Die zu beurteilenden Bauteile sollen nicht nass oder schneebedeckt sein.
- Bei den IR-Aufnahmen prüfen, ob Spiegelungseffekte vorhanden sind (Fassadenmaterial).
- Bei kritischen „Hot-spots“ die geometrische Auflösung der Aufnahmen prüfen. Je nach Zweck des Auftrages sind evtl. Detailaufnahmen notwendig (z.B. Wärmebrücken bei Fassadenankern).
- Prüfen, ob die IR-Kamera infolge Temperaturdifferenzen driftet (→ kalibrieren!).
- Lufttemperaturen (und deren Entwicklung über 24 h), Wetter vor Ort (Bewölkungsgrad, Niederschlag), sowie weitere Meteo-Daten erfassen oder via Meteo-Stationen sicherstellen (Internet).
- Hausbewohner sind zu informieren und sollen die wesentlichen Verhaltensregeln (bez. Raumklima innen, Fenster, etc.) für die Aufnahmezeit kennen.

Auswertung / Darstellung:

- Der Farbkeil (bzw. Sensitivity und Level) sind idealerweise bei allen IR-Bildern eines Objektes gleich zu wählen, damit die Bilder bezüglich Intensität miteinander verglichen werden können. Spezielle Details können *zusätzlich* mit erweiterten Einstellungen dargestellt werden.
- Thermogramme von Gebäuden so darstellen, dass die Intensität von wärmetechnischen Schwachstellen (z.B. alte Fenster) immer etwa gleich stark in Erscheinung treten. Dies, auch wenn die Aufnahmen von verschiedenen Gebäuden stammen und bei unterschiedlichen Wetter- und Temperaturbedingungen erstellt worden sind. Für eine ausgeglichene Beurteilung der Wärmeverluste (durch den Thermografen!) ist das eine wesentliche Voraussetzung. IR-Aufnahmen können aber auch andere Ziele haben, die individuelle Einstellungen erfordern. Grundsatz bleibt jedoch immer: Nicht aus Mücken Elefanten machen oder umgekehrt !



Bericht:

- Farbkeil auf jedem Bild (Vorsicht wenn schwarzweiss Bilder (Kopien) angefertigt werden!)
- Datum und Aufnahmezeit auf jedem Bild
- Objektbezeichnung für jedes IR-Bild (möglichst bezüglich Exposition)
- Wetter und Bewölkungsgrad vor Ort zum Zeitpunkt der IR-Aufnahmen
- Temperaturentwicklung (Luft aussen, in der Region, bis 24 Std. vor den Aufnahmen)
evtl. auch Sonnenscheindauer/Strahlungsdaten und Niederschlag der letzten 24 Std.
- Angaben zu
 - IR Kamera
 - Thermograf (Person)
 - Auftraggeber und Eigentümer des Gebäudes

Wo vorhanden:

- Lageplan des Objektes mit Himmelsrichtung
- Konstruktionshinweise und Materialien der Gebäudehülle (kann sehr wichtig sein, z.B. wegen Spiegelungseffekten, HF-Fassaden u.a!)
- Gebäudealter und wesentliche Renovationen
- Heizsystem, Energieverbrauchsdaten, Energiebezugsfläche (EBF), Energiekennzahl, Energieetikette
- Normale Digitalfotos bei Tageslicht zum Vergleich

Beurteilung:

- Die Beurteilung der IR-Bilder muss durch eine ausgewiesene Fachperson mit der notwendigen Sach- und Konstruktionskenntnis erfolgen. (Im Idealfall werden die IR-Aufnahmen, die Auswertung und die Beurteilung von der gleichen Fachperson gemacht, vgl. Auswertung / Darstellung).
- Ohne gesicherte Kenntnisse keine garantierten Ursache-Aussagen! Im Zweifelsfall ist: „...vor Ort im Detail zu untersuchen...“ besser, als eine Fehlinterpretation!
- Achtung: Zu beachten sind die dauernden Temperaturschwankungen von Tag und Nacht (instationäre Bedingungen). Bei Massivbauteilen ist für eine wärmetechnische Beurteilung die Temperaturentwicklung der letzten 24 h ein entscheidender Faktor (Masse / Speicherverhalten)!

Diese Aufzählung ist nicht abschliessend bzw. vollständig. Es sind lediglich die wichtigsten Punkte aus dem Know-how und den Erfahrungen der theCH Mitglieder aufgelistet. Grundlage der Ausführungen ist die EN 13187 (1998).

Entwurf mit Stand: 07.01.2008

Christoph Tanner
dipl. Architekt FH/HTL
Vizepräsident theCH