

Einsatz der Thermografie

Die Klimaerwärmung ist eine erwiesene Tatsache und der UN Bericht (IPCC) bestätigt die Verursachung durch den Menschen. Unser Verbrauch von Brenn- und Treibstoffen ist gigantisch und kann nur reduziert werden, wenn alle bereit sind, Energie zu sparen. Im Bereich Gebäude gibt es viele verschiedene Einsparmöglichkeiten. Eine wirksame Massnahme heisst: Wir müssen unsern Gebäuden wärmere Kleider anziehen, damit sie nicht mehr frieren! Was das bedeutet und wie das optimal geplant und kontrolliert werden kann, können uns in anschaulicher Weise Wärmebilder zeigen. Sie visualisieren, wo Energieverluste auftreten und sind eine ideale Ergänzung zum Gebäude-Energieausweis, der quantitative Informationen abgibt und momentan in der Vernehmlassung steht.

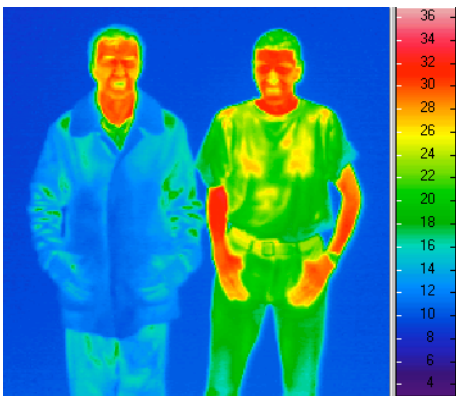


Bild 1: Ist Mann im Winter nur leicht bekleidet, friert Mann und verbraucht deutlich mehr Energie.

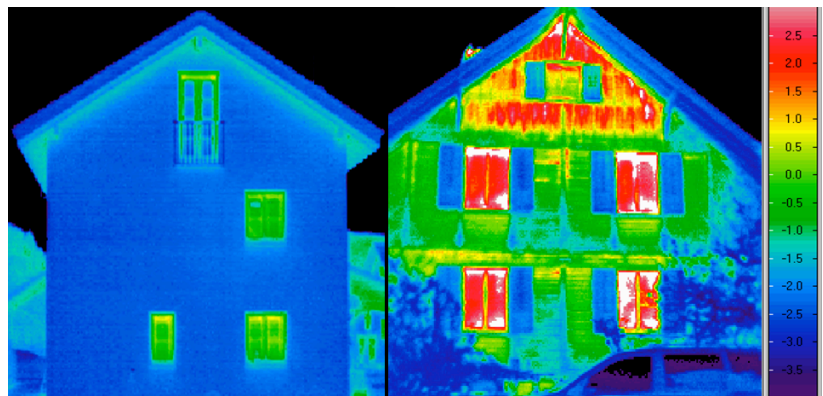


Bild 2: Ist ein Haus nur wenig oder gar nicht gedämmt, so „friert“ es auch. Je wärmer die äussere Oberfläche, desto grösser der Energieverlust!

Wie funktioniert eine Infrarotkamera?

Ein IR-Bild (= Infrarotbild = Wärmebild = Thermogramm) zeigt ein Abbild von Oberflächentemperaturen. Es entsteht, indem mit einer IR-Kamera die Wärmeabstrahlung einer Oberfläche, die dem menschlichen Auge verborgen bleibt, gemessen wird. IR-Kameras haben leider nicht so weit entwickelte Chips wie Digital-Fotoapparate und liefern deshalb viel weniger Messpunkte (heute übliche Auflösung: 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 (Bild 3 und 4). Farbskalen in üblichen IR-Bildern zeigen kalte Bereiche mit Blau-Tönen, und warme mit Rot-gelb-Tönen.

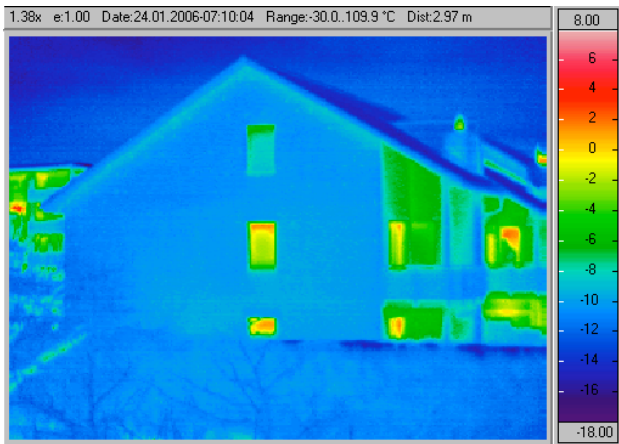


Bild 3: Gebäude mit verputzter Aussenwärmedämmung. Dargestellt ist der Temp.-Bereich -18 bis +8°C. Zu erkennen sind die leicht wärmeren Fassaden unter dem Vordach und dem Balkon (rechts). Das Vordach schützt dort die Oberflächen vor Unterkühlung.

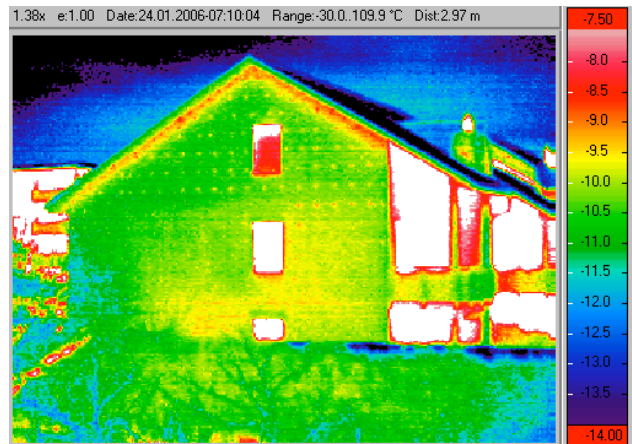


Bild 4: Gleiche IR-Aufnahme wie Bild 3, hier aber mit erhöhter Empfindlichkeit dargestellt. Nun werden nur noch Temperaturen im Bereich -7.5 bis -14 °C angezeigt. Erkennbar werden so die Dübel (Punkte), die unter dem Putz zur Befestigung der Wärmedämmplatten dienen.

Aussen- oder Innenaufnahmen

IR-Aufnahmen können von aussen und/oder von innen gemacht werden. Grundvoraussetzung dafür ist immer, dass die zu betrachtende Konstruktion einer Temperaturdifferenz von min. 10 °C oder mehr ausgesetzt ist. IR-Aussenaufnahmen eignen sich eher für wärmetechnische Fragestellungen und Kontrollen, sind aber bezüglich Aufnahmebedingungen oft schwierig zu realisieren (Nachtaufnahmen!, Grund: siehe Bild 10).

Innenaufnahmen können dank der konstanteren Temperaturbedingungen auch am Tag gemacht werden. Sie zeigen farblich genau das Gegenteil der Aussenaufnahmen: Wenig gedämmte Bauteile und Wärmebrücken haben kühle Oberflächentemperaturen, während die gut isolierten Gebäudeteile warm sind und nahezu Innentemperatur haben (Bild 5). Innenaufnahmen eignen sich besonders gut bei bauphysikalischen Fragestellungen zu Wärmebrücken, die meist verbunden sind mit der Feuchte- und Schimmelpilz-Problematik. Aber auch die detaillierte Suche nach Luftleckagen (mit Hilfe einer BlowerDoor Anlage) oder das Aufzeigen von Bodenheizungen und Kühldecken (Bild 6 + 7) gehören zu den inneren Einsatzbereichen.

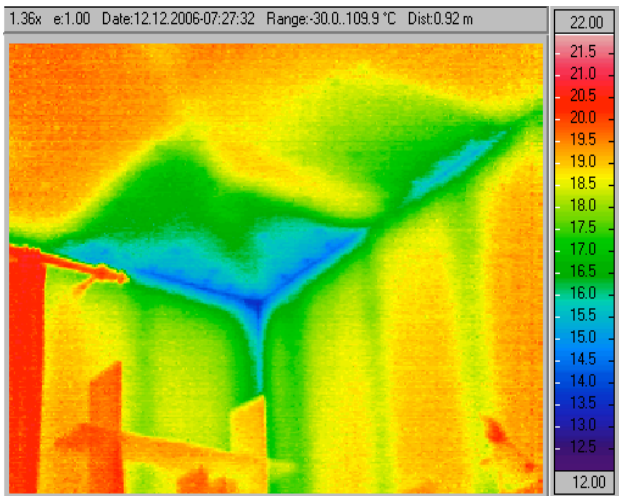


Bild 5: Innenaufnahme. Wandecke (zu Decke) in einem Kinderzimmer. Über dem Zimmer liegt ein unbeheizter Estrich, in dessen Ecke einige Wärmedämmplatten fehlen. Bei den Wänden erkennt man die Pfosten der verborgenen Holzkonstruktion. Sie haben eine geringe (unbedeutende) Wärmebrückenwirkung.

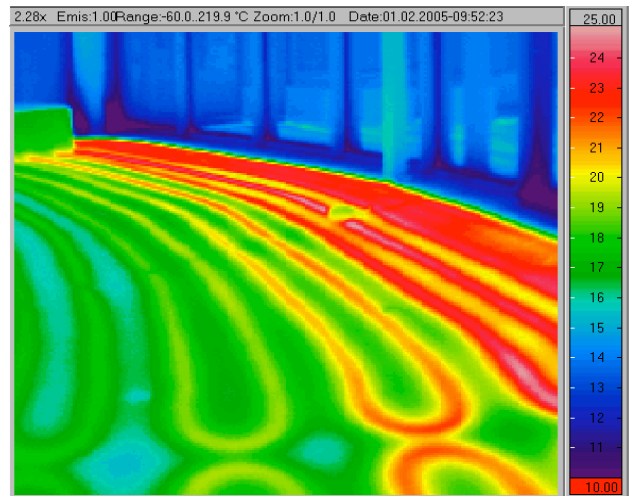


Bild 6: Ist die Bodenheizung aktiv, erkennt man sofort die Rohrleitungen. Auch schlecht durchspülte Bereiche oder Leckstellen werden ersichtlich. Sind Bohrungen notwendig (z.B. für eine nachträgliche Abwasserleitung), so erkennt man problemlos geeignete Bohrstellen.

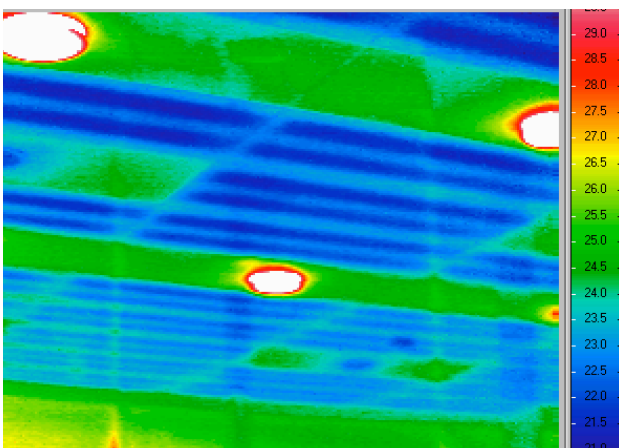


Bild 7: Innenaufnahme von Kühldeckenelementen im Sommer. Kühldecken sind das Pendant zu Fussbodenheizungen. Die Vorlauftemperaturen dürfen hier wegen der Gefahr von Kondensat nur ca. 10 °C unter der Raumlufttemperatur liegen. Mit IR-Bildern lassen sich die oft modular aufgebauten Decken einfach und effizient überprüfen.

Interpretationen verlangen Fachkenntnisse

Die IR-Technik liefert uns phantastische Bilder (Bild 8). Für die Erstellung, Bearbeitung und Interpretation von Gebäudeaufnahmen sind aber Fachkenntnisse (bautechnisch) und Erfahrung (Thermografie) erforderlich. Nur wer die Möglichkeiten und Grenzen der IR-Technologie kennt, kann IR-Bilder richtig deuten und Fehlinterpretationen vermeiden.

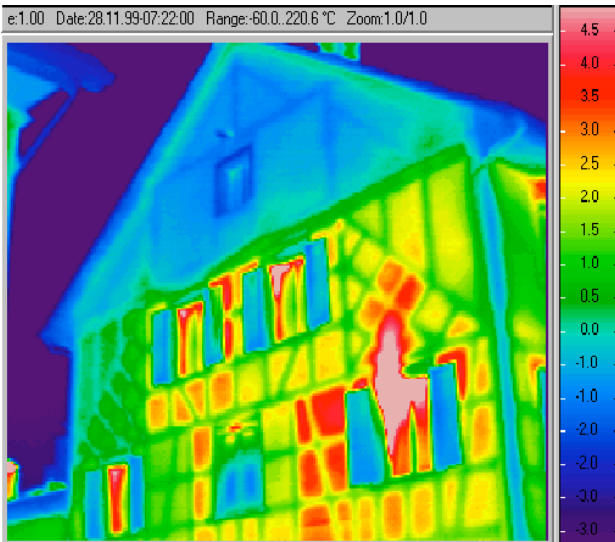


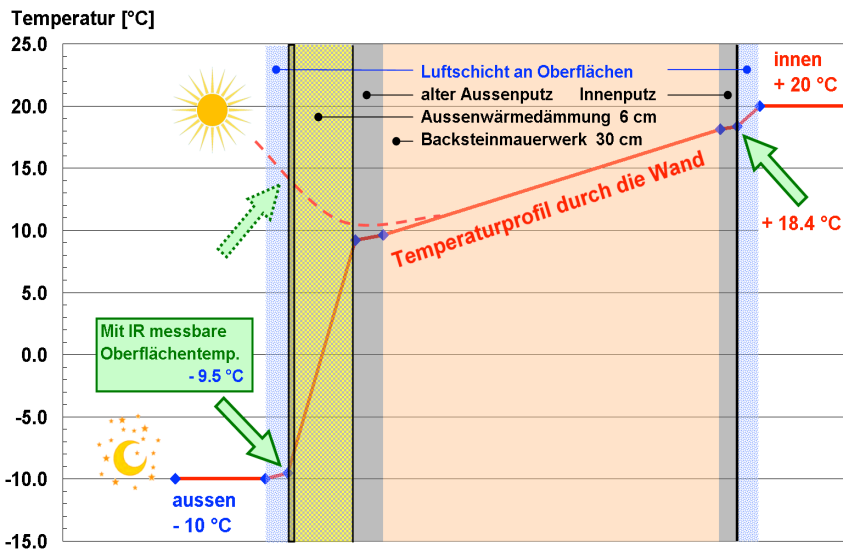
Bild 8: Ein altes, städtisches Gebäude (vgl. Bild 9). Es handelt sich hier um einen Fachwerkbau, der einmal aufgestockt und dann verputzt wurde. Wärmedämmung ist keine vorhanden, und das Dachgeschoss ist unbeheizt.



Bild 9: Von blossem Auge bleiben einem viele Informationen dieses Gebäudes verborgen (vgl. Bild 8).

Folgende Punkte sind für den Aufnahmezeitpunkt und die Darstellung wesentlich:

- Eine Gebäudehülle befindet sich nie in einem thermisch stabilen Zustand. Die Temperaturdifferenzen zwischen Tag und Nacht, verschiedene Windeinflüsse sowie unterschiedliche Strahlungsverhältnisse auf den Fassaden (z.B. Sonne auf der Südseite) sorgen für ständig wechselnde Oberflächentemperaturen (Bild 10). IR-Aufnahmen von Gebäuden werden darum am besten in einer bewölkten, kalten Nacht aufgenommen. Für eine Beurteilung von IR-Bildern spielt also immer auch die Wetter-Vorgeschichte eine wesentliche Rolle.



Wandquerschnitt eines Hauses mit 6 cm Aussenwärmedämmung (U -Wert (früher k -Wert) = $0.42 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$). Das Wetter, die Tageszeit und die Wandkonstruktion haben einen grossen Einfluss auf die äussere Oberflächentemperatur eines Gebäudes und müssen bei IR-Aufnahmen und Interpretationen unbedingt beachtet werden.

Bild 10

- Die Abstrahlungseigenschaften sind nicht bei allen Oberflächen gleich (unterschiedliche Epsilon-Werte). Mit sinkendem Epsilon-Wert reflektieren die Oberflächen immer mehr, so dass ein IR-Bild durch die Wärmestrahlung der Umgebung verfälscht werden kann (z.B. ein Nachbargebäude, das sich auf Glas- oder Metalloberflächen spiegelt, vgl. IR-Bilder 11 + 12). Deshalb sind in einem IR-Bild die Temperaturwerte von Backstein, Glas und vor allem von unbeschichtetem Metall nur bedingt miteinander vergleichbar. Temperaturdifferenzen innerhalb einer homogenen Oberfläche mit hohem Epsilon-Wert sind jedoch sehr genau.

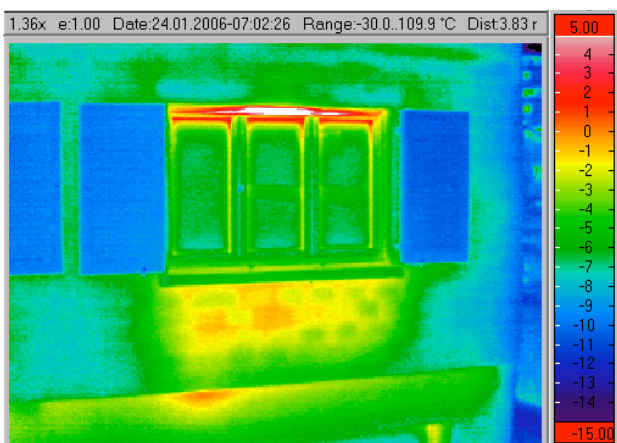


Bild 11: Gebäude aus den 60er Jahren. Gut erkennbar ist die warme Zone unter dem Fenster (= ungedämmte Heizkörpernische). Über dem Fenster zeigt sich ein Warmluftaustritt durch eine undichte Fensterfuge. Die Jalousieläden sind kalt und haben Aussen temperatur.

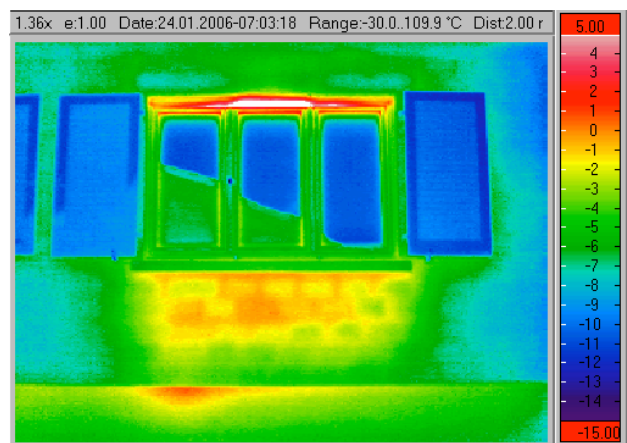


Bild 12: Gleiches Fenster wie bei Bild 11. Nun zeigt sich plötzlich ein blauer, kalter Bereich auf den Gläsern. Grund: Mit einem leicht veränderten Standort spiegelt sich auf der Glasoberfläche auch ein Teil vom kalten, klaren Nachthimmel. Vorher war es nur ein Stück Wald.

- "Distanz-Effekt": Werden aus einem IR-Bild einzelne Temperaturen (einzelner Pixelwert) herausgelesen, so ist es wichtig zu wissen, wie gross auf der Objektoberfläche die entsprechende Pixelfläche ist (geometrische Auflösung). Will man Temperaturen einer Heizleitung bestimmen und hat eine zu grosse Distanz, entsteht eine Durchschnittstemperatur, die nicht dem gesuchten Spitzenwert entspricht. Je grösser die Distanz zum Objekt, desto gedämpfter die einzelnen Punktwerte.
- Je kälter die Aussentemperaturen, desto grösser sind die Temperaturunterschiede auf den Gebäude-Oberflächen. Ist die Temperaturdifferenz innen / aussen gering, so muss bei der Bilddarstellung die Empfindlichkeit erhöht werden um trotzdem ein aussagekräftiges Wärmebild zu erzeugen. Aber Achtung: Für eine optimale Darstellung ist in jedem Fall zu berücksichtigen, welches Ziel ein IR-Bild hat. Es ist kontraproduktiv, wenn mit übertriebenen Empfindlichkeits-Einstellungen aus Mücken Elefanten gemacht werden. Bei Berichterstattungen sind eine Deklaration der Geräte-Einstellungen (min. Farbkeil mit Temperaturzuordnungen und Aufnahmezeit) sowie ein Hinweis auf die klimatischen Randbedingungen eine unbedingte Notwendigkeit.

Literatur:

- *En 13187: „Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Qualitativer Nachweis von Wärmebrücken in Gebäudehüllen - Infrarot-Verfahren“ (1998)*
- *EMPA-Fachbuch: „Die Gebäudehülle“ (2000), Beitrag Christoph Tanner: „Thermografische Überprüfungen der Gebäudehülle“*
- www.qc-expert.ch (→ Publikationen)
- www.thech.ch (Thermografie Verband Schweiz)

Christoph Tanner, Architekt FH / HTL, begann 1987 seine Tätigkeit als Projektleiter in der Abteilung Bauphysik bei der EMPA Dübendorf. Im Rahmen einer Neuausrichtung der EMPA wurden 2005 die Bauschaden-Aktivitäten in die Spin-off Firma QC-Expert AG in Dübendorf ausgelagert. Kernkompetenzen der QC-Expert AG in Dübendorf sind neutrale Beratungen bei Bauschäden, bauphysikalische Messungen in Gebäuden und das Erstellen von Expertisen.