

## INFOBOX

### Basiswissen Bauthermographie

Im Bauwesen liegen die Temperaturen im Bereich  $-10^{\circ}\text{C}$  bis  $+50^{\circ}\text{C}$  oder bei ca. 300 K. Die meiste IR-Strahlung wird daher bei einer Wellenlänge um  $10\ \mu\text{m}$  abgegeben (Wien'sches Verschiebungsgesetz). Glücklicherweise ist die Luft gerade im Bereich von 8 bis  $14\ \mu\text{m}$  recht durchsichtig, so dass Bau-Thermographiesysteme gut arbeiten können. Außerdem sind alle Baustoffe in diesem Bereich opak (undurchsichtig), so dass zwischen IR-Absorptionsgrad  $\alpha_{IR}$  und IR-Reflexionsgrad  $\rho_{IR}$  eine einfache Beziehung gilt:

$$\alpha_{IR} = 1 - \rho_{IR}$$

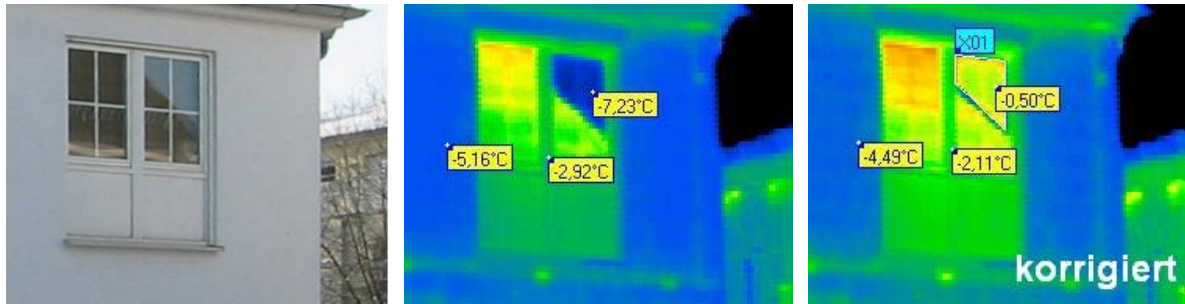
Da außerdem der IR-Absorptionsgrad gleich dem Emissionsgrad  $\varepsilon$  ist ( $\varepsilon = \alpha_{IR}$ ) genügt zur Kennzeichnung von diffus reflektierenden Oberfläche die Angabe des Emissionsgrades  $\varepsilon$ .

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:

$$\Phi_M = \varepsilon \cdot \Phi_0(T) + (1 - \varepsilon) \cdot \Phi_0(T_U)$$

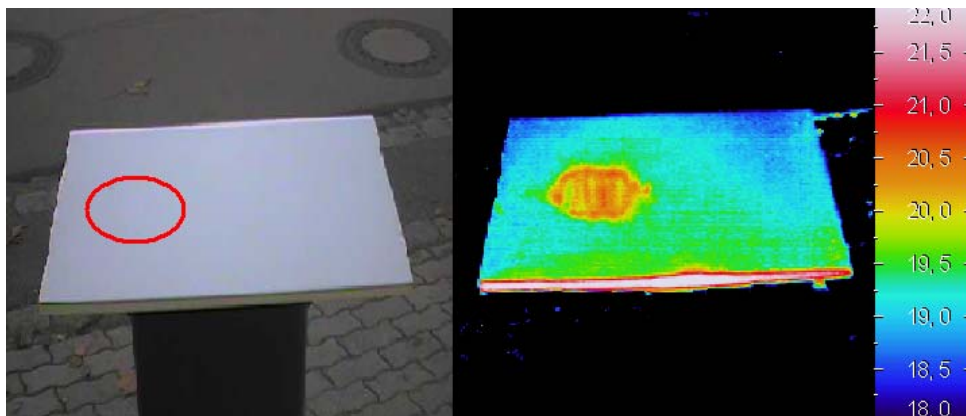
Setzt man den Emissionsgrad gleich 1, so erhält man die sogenannte "scheinbare" Temperatur (EN 13187). Für eine genaue quantitative Angabe der Temperatur ist aber immer die Kenntnis des Emissionsgrades (Tabellenwerte sind i. A. nicht ausreichend) **und** des umgebenden Strahlungsfeldes erforderlich. Diese gilt insbesondere bei spiegelnden Oberflächen wie Glas und allgemein bei glatten Oberflächen und flachem Betrachtungswinkel. Bei blanken Metallen ist eine Messung der Oberflächentemperatur überhaupt nicht möglich.

Das Bild 1 zeigt die Thermographie eines Fensters von außen. Das Spiegelbild der Umgebung zeigt sich auch im IR-Bild. Die scheinbare Temperatur der Glasscheibe weicht um bis zu 7 K von der tatsächlichen Temperatur ab. Ähnliches gilt, wenn auch in weit geringerem Maße, für die diffus reflektierenden Wandflächen. Die im Bild auf  $0,01^{\circ}\text{C}$  angegebenen Temperaturen haben natürlich nichts mit der Genauigkeit des Messverfahrens gemein, die Unsicherheit der angezeigten Temperatur beträgt im allgemeinen  $\pm 2\ \text{K}$ .



**Bild 1** Außenthermographie, Oberflächentemperatur an der Wand und an einem Fenster; Mitte: scheinbare Temperatur; Rechts nach Korrektur des Emissionsgrades und der Störstrahlung.

Das Bild 2 zeigt den Einfluss der Oberflächenrauigkeit auf den Emissionsgrad. Die angeschliffene Fläche, roter Kreis in Bild 2, einer gleichmäßig temperierten Spanplatte erscheint im Vergleich zur sonstigen Fläche wärmer.



**Bild 2** Außenthermographie, Spanplatte (gleichmäßig temperiert 22°C) Oberfläche: weiß beschichtet, teilweise angeschliffene Umgebung: 14°C, vor Sonnenaufgang, klarer Himmel

Die meisten Bauteiloberflächen bieten für die Thermographie günstige Eigenschaften:

- einen Emissionsgrad größer 0,9 und eine diffuse Reflexion.

Die wichtigste Randbedingung ist eine

- ausreichend große, möglichst konstante Temperaturdifferenz zwischen innen und außen (wenigstens 15 K für mindestens einen Tag).

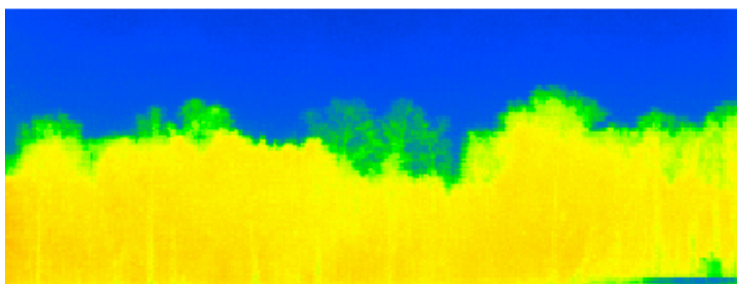
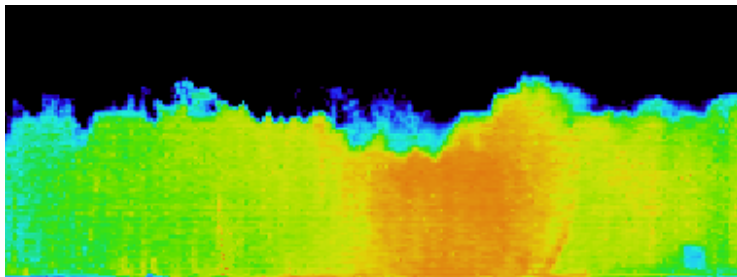
Bei Außenthermographie außerdem noch erforderlich:

- bewölkter Himmel, möglichst windstill und keinesfalls Sonne.

Sind diese Bedingungen erfüllt, ist für eine qualitative oder vergleichende Auswertung die scheinbare Temperatur bereits ausreichend. Anderenfalls bieten die Hersteller der Thermographiesysteme umfangreiche Auswerte- und Korrektursoftware. Leider entstehen dabei durch falsche Anwendung oder Eingaben zusätzliche Fehlerquellen.

Generell ist die Außenthermographie empfindlicher gegen äußere Einflüsse. Einstrahlung, Abschattung, lokale Strömungsverhältnisse etc. beeinflussen die äußere Oberflächentemperatur schnell und deutlich. Andererseits können bei einem geeigneten Standort von außen ganze Gebäude überblickt werden. Dies ist von innen nicht möglich, dafür sind Störungen bei Innenthermographie in der Regel gering.

Kernstück jedes Thermographiesystems ist der Infrarot-Strahlungssensor. In der Bauthermographie kommen heute vor allem ungekühlte  $\mu$ FPA (Mikrobolometer Fokal Plane Array) zur Anwendung. Wichtig für die Anwendung ist eine ausreichende Ortsauflösung (Mindestanzahl der Pixel, z.B. 240 x 360) und eine gute Temperaturauflösung und Stabilität von besser 0,1K. Mit hochwertigen Systemen ist dann eine Genauigkeit von besser  $\pm 1,5$  °C erreichbar.



**Bild 3** oben: ein ungenügend kalibrierter  $\mu$ FPA-Sensor täuscht einen Temperaturanstieg in Bildmitte von über +5°C vor. Darunter die gleiche Szene bei korrekter Kalibrierung.