

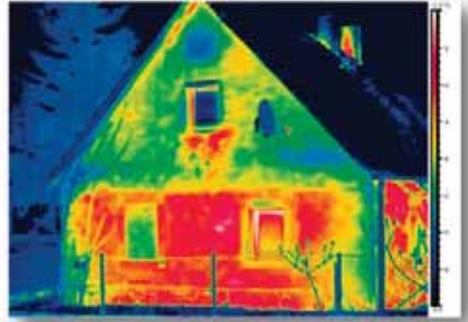
Bildaufnahme mit einer Auflösung von 140x140 Pixel und einer Wärmewempfindlichkeit von $\leq 100 \mu K$.



Bildaufnahme mit einer Auflösung von 200x150 Pixel und einer Wärmewempfindlichkeit von $\leq 70 \mu K$.



Bildaufnahme mit einer Auflösung von 320x240 Pixel und einer Wärmewempfindlichkeit von $\leq 50 \mu K$.



Bildaufnahme mit einer Auflösung von 640x480 Pixel und einer Wärmewempfindlichkeit von $\leq 15 \mu K$. Die höhere Pixelanzahl ergibt ein wesentlich klareres Bild, auf dem selbst kleine Details sichtbar sind.

Bild 3-8 Mit unterschiedlichen thermischen und geometrischen Auflösungen aufgenommene Thermogramme eines Gebäudes (Quelle: FLIR Systems GmbH)

Die (Wiederhol)-Messgenauigkeit wird von den Herstellern im Regelfall mit dem jeweils höheren Wert von $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ bzw. $\pm 1 \%$ des Temperaturwertebereiches (Range) angegeben. Steigt der mögliche Temperaturmessbereich der Kamera an, werden die Genauigkeiten mit Werten meist um die $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ bzw. $\pm 2 \%$ angegeben. Grundsätzlich wird mit steigender geometrischer und sinkender thermischer Auflösung das Thermogramm klarer und detailreicher, Einzelheiten sind auch bei weiter entfernten Objekten zu erkennen (Bild 3-6 bis Bild 3-9).

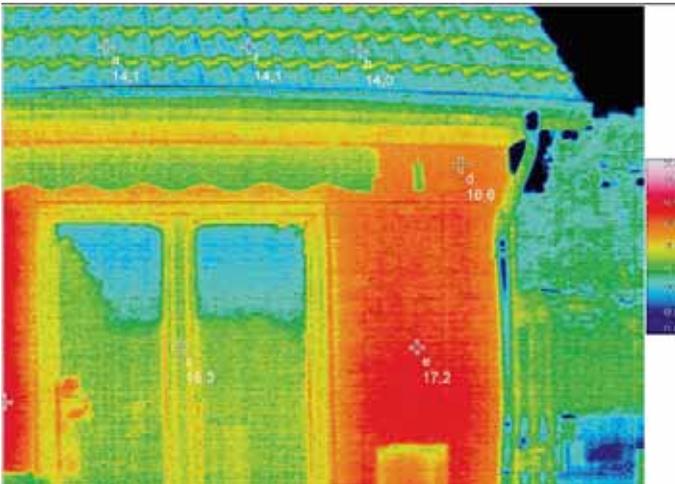
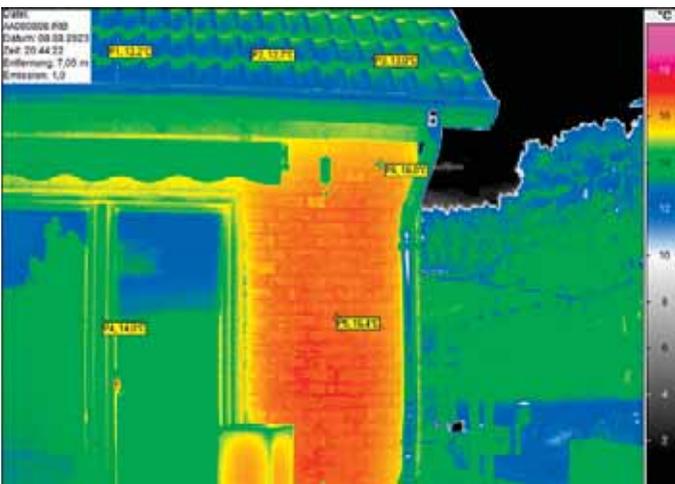


Bild 3-9 Auswirkung auf die Thermogramme eines Gebäudes, die mit unterschiedlichen geometrischen Auflösungen aufgenommen wurden. Das obere Thermogramm wurde mit einer Auflösung von 320×240 Pixel und das untere Thermogramm mit 1024×768 Pixel zum gleichen Zeitpunkt erstellt.



Tag	Daten	Klassifizierung nach dem selbst definierten System
26. Dezember	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtabweichung $\Delta\theta \cdot h = 6,3 \text{ K} \cdot \text{h}$ • mittlere Lufttemperatur $T_{\text{Mittel}} = +0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ • mittlerer Bewölkungsgrad $N_{\text{Mittel}} = 7,8$ 	sehr gut geeignet
15. Januar	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtabweichung $\Delta\theta \cdot h = 30,8 \text{ K} \cdot \text{h}$ • mittlere Lufttemperatur $T_{\text{Mittel}} = +0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ • mittlerer Bewölkungsgrad $N_{\text{Mittel}} = 6,5$ 	gut geeignet
01. Februar	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtabweichung $\Delta\theta \cdot h = 57,0 \text{ K} \cdot \text{h}$ • mittlere Lufttemperatur $T_{\text{Mittel}} = -5,1 \text{ }^\circ\text{C}$ • mittlerer Bewölkungsgrad $N_{\text{Mittel}} = 4,0$ 	noch geeignet
04. Januar	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtabweichung $\Delta\theta \cdot h = 114,4 \text{ K} \cdot \text{h}$ • mittlere Lufttemperatur $T_{\text{Mittel}} = -5,6 \text{ }^\circ\text{C}$ • mittlerer Bewölkungsgrad $N_{\text{Mittel}} = 0,9$ 	nicht geeignet

Tabelle 5-1 In der numerischen Untersuchung ausgewählte Tage zur Simulation der instationären Randbedingungen

Konstruktion

Bei den Untersuchungen im Rahmen der Diplomarbeit wurde die in Abschnitt 7.1.1 näher beschriebene Konstruktion einer einspringenden Gebäudeecke mit einer thermisch nicht getrennten Deckenkonstruktion als Beispiel ausgewählt. Diese Konstruktion spiegelt den Stand der Bautechnik der 1960er-Jahre wider. Das tragende Mauerwerk besteht aus Kalksandsteinen ($\lambda = 0,70 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$), die von innen und außen mit einer Putzschicht versehen sind. Im Bereich des Balkons sind zusätzlich vorgemauerte Klinkersteine anzutreffen. Der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwand beträgt ca. $U = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

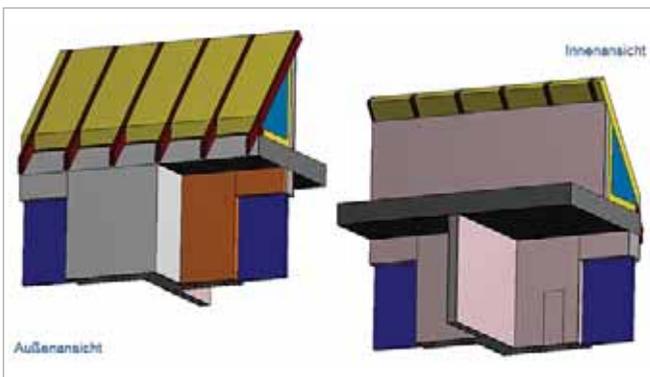


Bild 5-4 Außen- und Innenansichten der Modellierung der Baukonstruktion im Finite Elemente-Programm (Realbild der linken Grafik vgl. Abb. 5-15, zur rechten Grafik vgl. Abb. 5-13)



Bild 6-5 So sollte man es nicht machen: Auswirkungen von Schattenwürfen und direkter Sonneneinstrahlung auf Thermografieaufnahmen.

Neben der direkten (Schatten werfenden) Sonneneinstrahlung kann auch die diffuse (stark gestreute, keinen Schatten werfende) Sonnenstrahlung zu Fehlmessungen führen, da Oberflächen auch durch diese ungerichtete Strahlung potenziell erwärmt werden.

Die Größenmengen der Strahlungen und deren Bedeutung in der Thermografie zeigen folgende Vergleiche (Bild 6-6):

- Die Ausstrahlung der Sonne (5 800 K) im sichtbaren kurzwelligen Wellenlängenbereich (0,4 μm bis 0,79 μm) zum langwelligen Infrarotbereich von 8 μm bis 14 μm beträgt im Verhältnis der Strahlungsenergie ca. 400 zu 1 (Integration der Strahlungskurven in den Wellenlängengrenzen, genauer ca. 414 : 1).
- Die Ausstrahlung der Sonne (5 800 K) im Vergleich zu einem schwarzen Körper mit 300 Kelvin beträgt im Verhältnis der Strahlungsenergie ca. 400 zu 1 (Integration der Strahlungskurven in den Wellenlängengrenzen, genauer ca. 407 : 1).

Aufnahme- datum	Temperatur- randbedingungen		Weitere Informationen
	Außenluft- temperatur	Innenluft- temperatur	
20.11.2013	ca. +5 °C	ca. +22 °C	<ul style="list-style-type: none"> • Thermogramm in der Kühlhalle mit Blick auf die Trennwand zum normalbeheizten Bürobereich

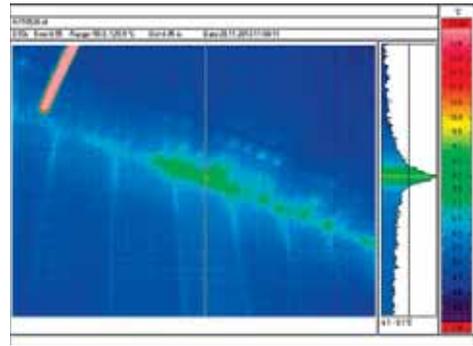


Bild 7-33 Trennwand zum Bürobereich, Blick aus klimatisierter Lagerhalle, punktuelle Erwärmung im oberen Eckbereich am Übergang

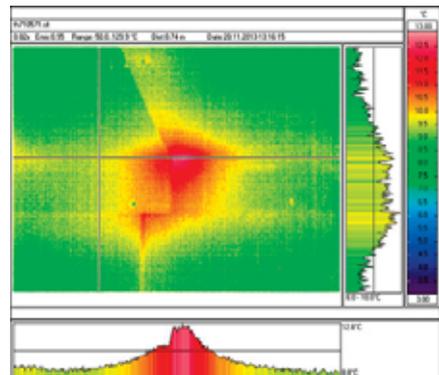


Bild 7-34 Detail Übergangsbereich: Hier gelangt warme Luft aus dem Bürobereich in den klimatisierten Bereich der Lagerhalle und kondensiert, abtropfende Tauwasserereignisse sind die Folge.