



Leibniz
Universität
Hannover

Praxiserfahrungen mit der Thermografie im Bauwesen

Physik, Fallstricke, Lösungen
Vortrag am 11.11.2025 in Kassel

Dr.-Ing.

Torsten Richter

ö.b.u.v. Sachverständiger für Feuchteschutz,
Wärmeschutz mit Schwerpunkt Gebäudethermografie

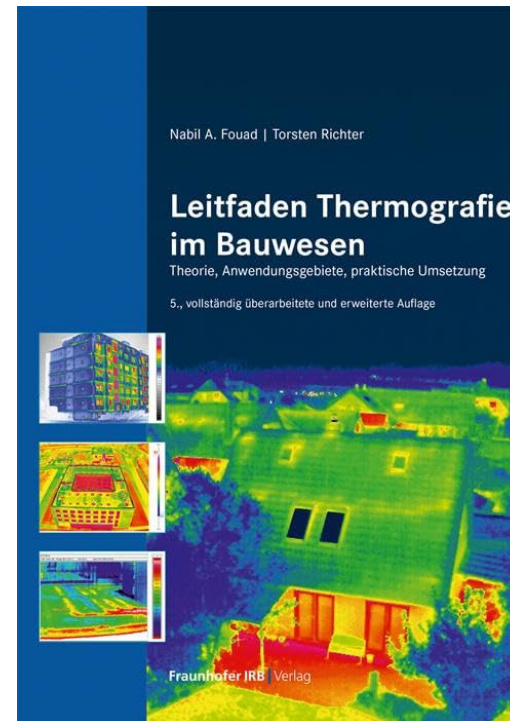
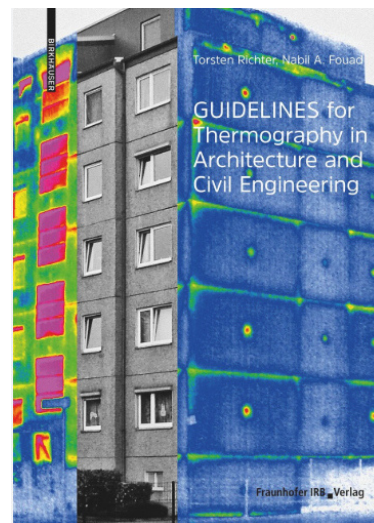
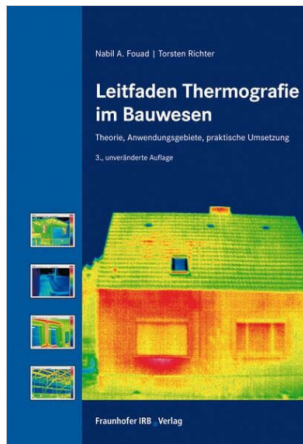


Leibniz Universität Hannover
Institut für Bauphysik

1. Auflage - 2006

Englische Ausgabe -2021

5. Auflage -2025



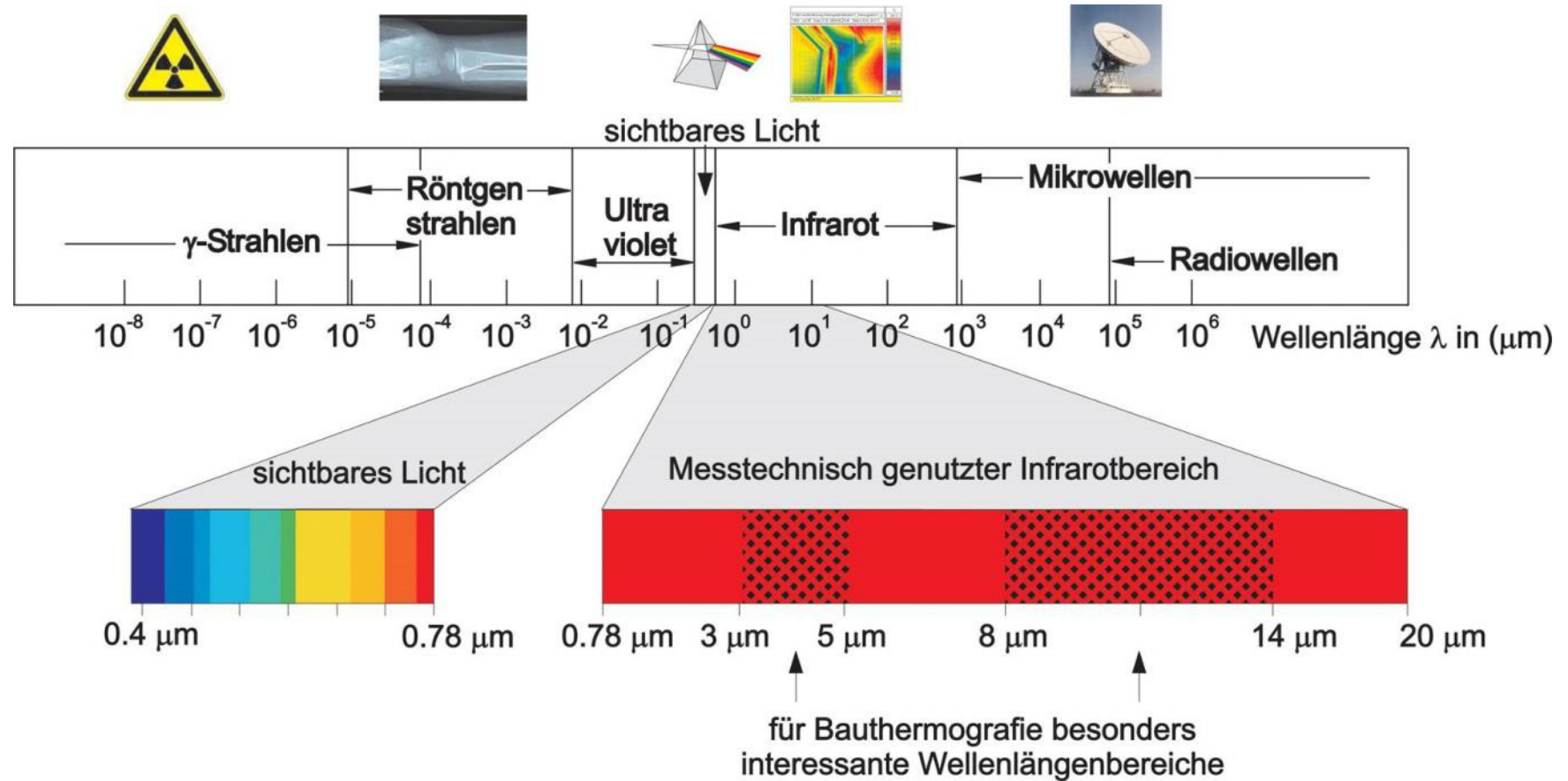
Leitfaden Thermografie im Bauwesen

Nabil A. Fouad, Torsten Richter
2025, 5., vollst. überarb. u. erw. Aufl.,
272 Seiten, 524 Abb., 12 Tab., 37 For-
meln, Softcover
ISBN 978-3-7388-0991-6

Preise

Buch: € 64,-
E-Book: € 64,-
BuchPlus (Buch + E-Book): € 83,20

Grundprinzip



Elektromagnetisches Spektrum

Physikalische Grundlagen - schwarzer Körper

Die nach dem von STEFAN und BOLTZMANN entdeckten Gesetz für die aufsummierte Gesamtenergiemenge M [W/m²] berechnet sich zu:

$$M[\text{W/m}^2] = \sigma \cdot T^4 = C_s \cdot (T/100)^4$$

mit:

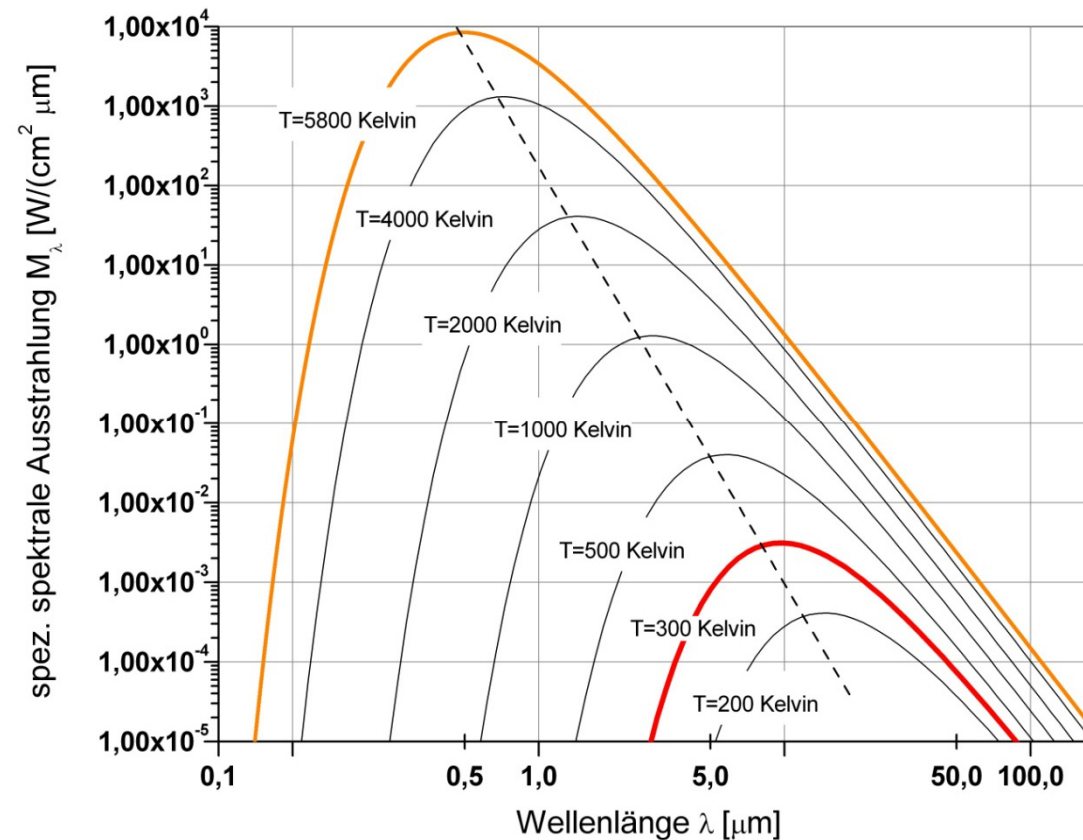
σ Stefan-Boltzmann-Konstante = $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$

C_s Strahlungskoeffizient des schwarzen Körpers = $5,67 \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$

T absolute Temperatur T [K] = $273,15 + \theta$ [°C]

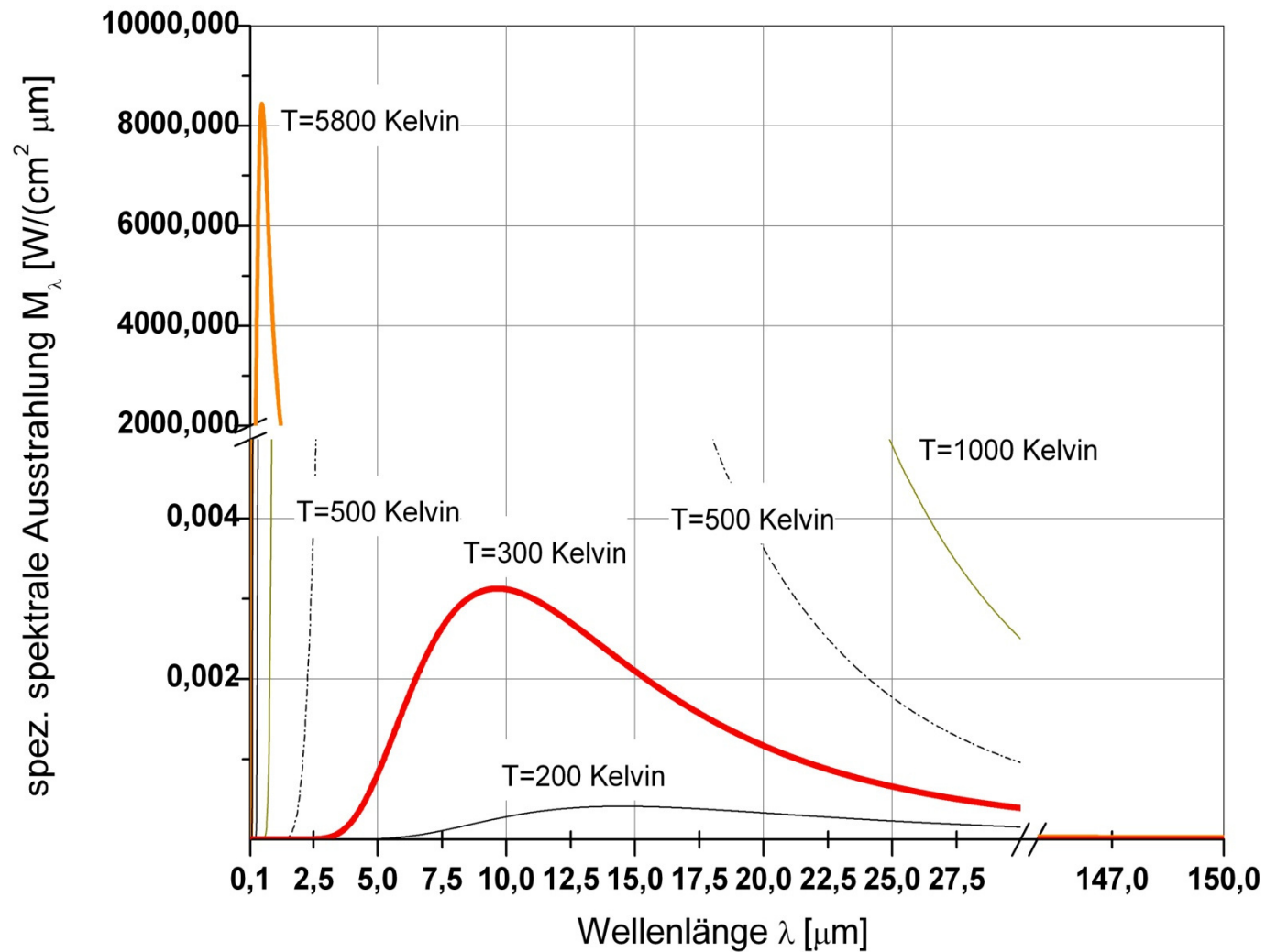
Physikalische Grundlagen - schwarzer Körper

PLANCK'sches Strahlungsgesetz: Ausstrahlungscharakteristik eines schwarzen Körpers in Abhängigkeit der Absoluttemperatur T [Kelvin] und Wellenlänge λ [μm].



Darstellung mit doppelt logarithmischen Achsen

Physikalische Grundlagen - schwarzer Körper



Physikalische Grundlagen - schwarzer Körper

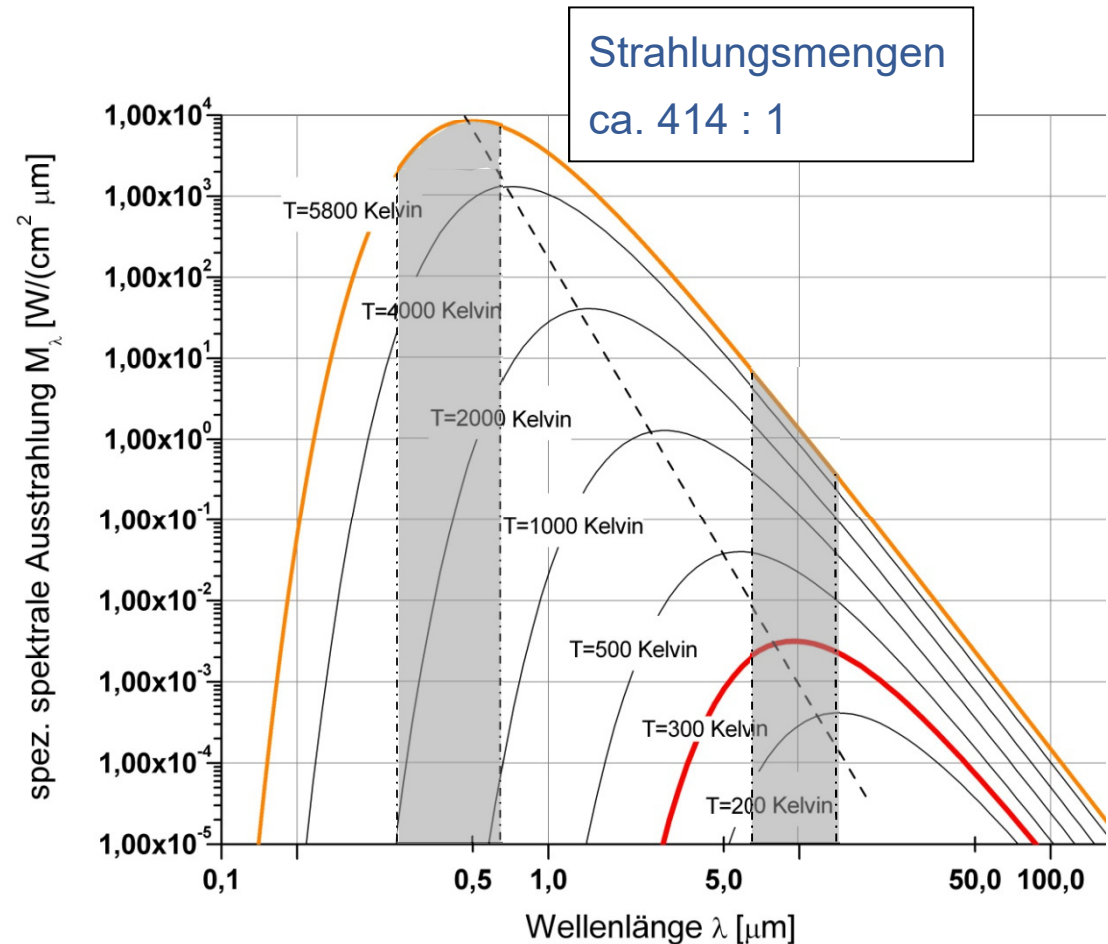
PLANCK'sches Strahlungsgesetz:

Größenvergleich 1:

Ausstrahlung der Sonne (5800 K)
im sichtbaren kurzwelligen
Wellenlängenbereich (0,4 μm bis
0,79 μm) zum langwelligen
Infrarotbereich von 8 μm bis 14
 μm :

Verhältnis der Strahlungsmengen
ca. 414 : 1

(Integration der Strahlungskurven in den
Wellenlängengrenzen)



Physikalische Grundlagen - schwarzer Körper

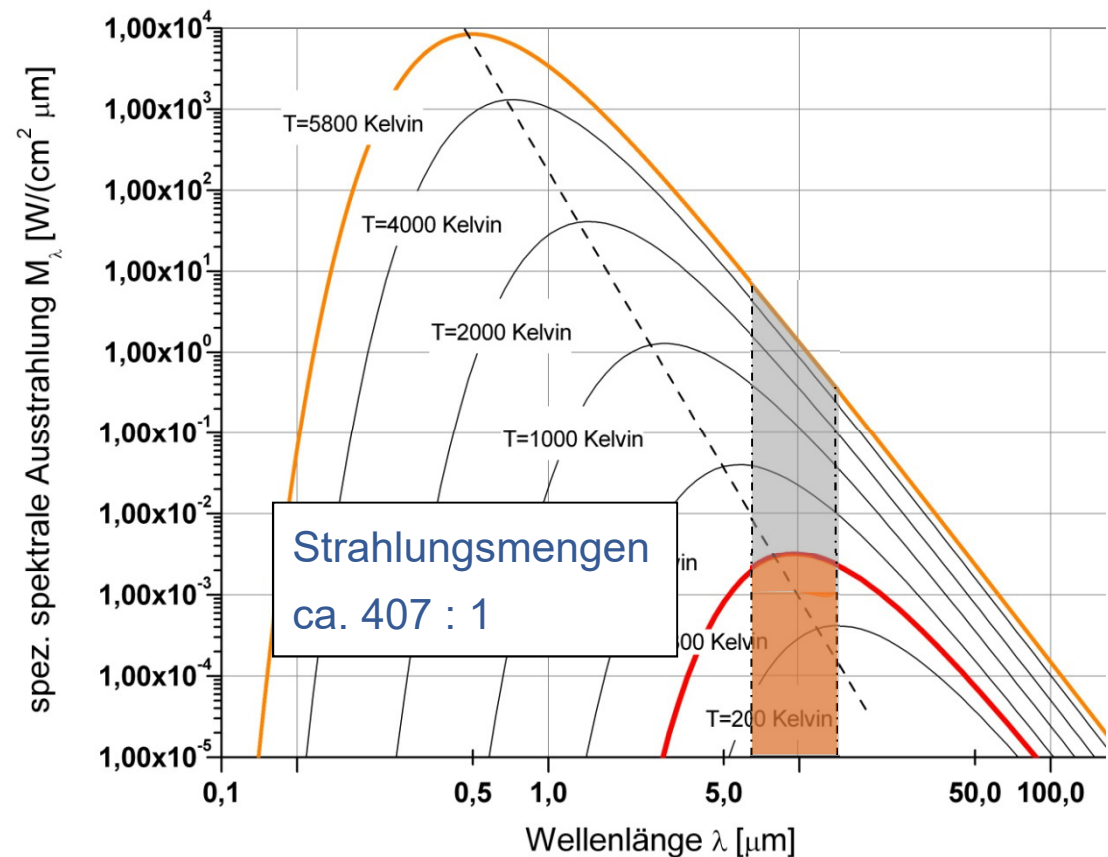
PLANCK'sches Strahlungsgesetz:

Größenvergleich 2:

Ausstrahlung der Sonne (5800 K)
im langwelligen Infrarotbereich
von 8 μm bis 14 μm im Vergleich
zu einem schwarzen Körper mit
300 Kelvin:

Verhältnis der Strahlungsmengen
ca. 407 : 1

Fazit: keine Außenthermografien
bei Sonne



Kameratechnik und Sensorik



Kameratechnik und Sensorik

Moderne Thermografiesysteme lassen sich nach vielen Gesichtspunkten klassifizieren.

Als eine grobe Klassifizierung können Kamerasysteme in

- Scannende Kameraeinheiten (Singledetektor bzw. Detektorleiste) oder
 - FPA – Kameras mit einer Empfängermatrix
- eingeteilt werden.

Bei den Detektortypen, dem eigentlichen Empfänger, kommen zwei grundsätzlich unterschiedliche Typen zum Einsatz:

- Thermische Detektoren oder
- Quantendetektoren (auch Photonen- oder Halbleiterempfänger genannt)

Kameratechnik und Sensorik

Optische Elemente - Linsensysteme

Zur Charakterisierung des optischen Systems von IR-Kamera werden folgende Größen angegeben:

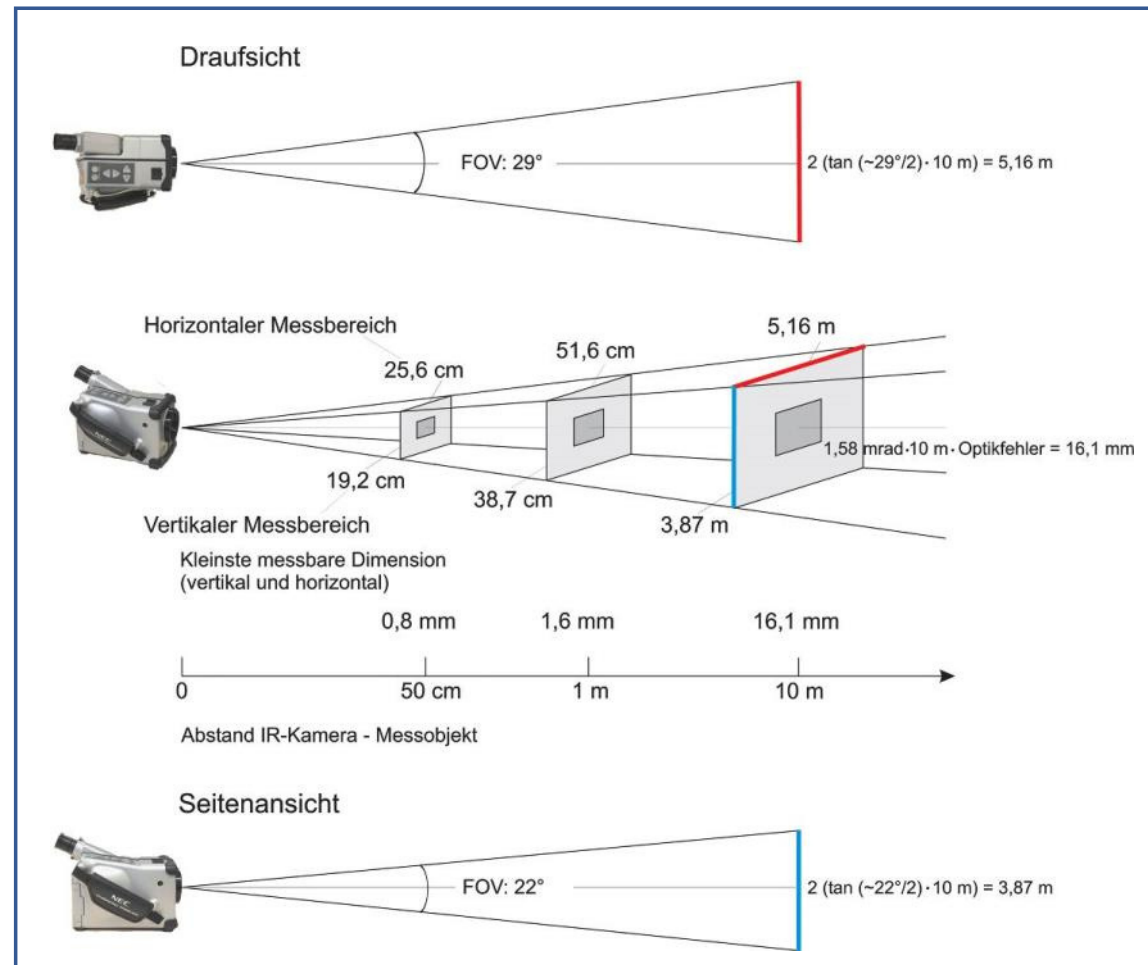
FOV: Field Of View [Grad] (Bildfeld, Blickfeldwinkel)

IFOV: Instantaneous Field Of View [mrad] (Blickfeldwinkel des Detektors)



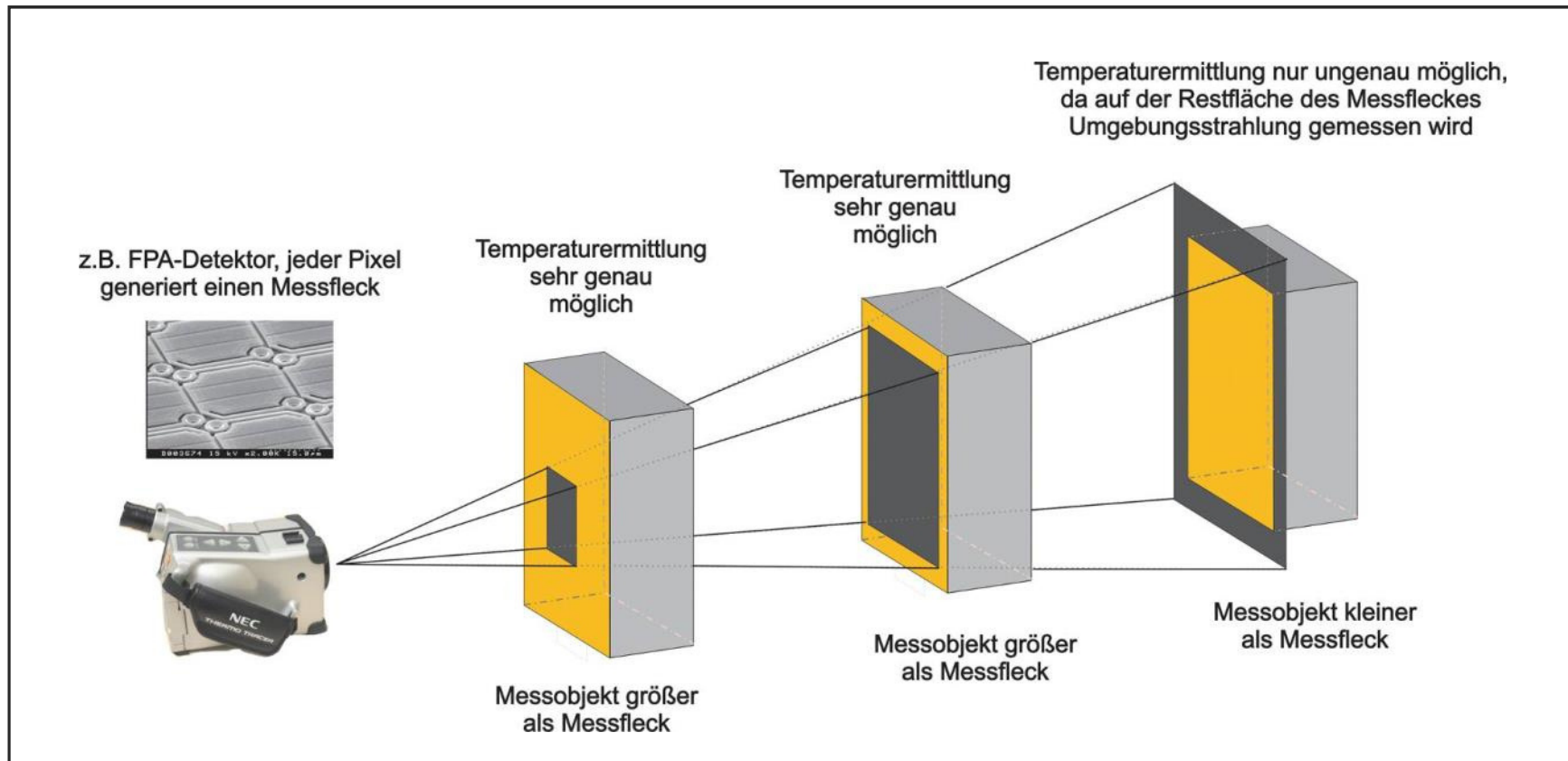
Optische Elemente - Linsensysteme

Erläuterungen zur geometrischen Spezifikation von IR-Camara-Systemen (FOV und IFOV)



Kameratechnik und Sensorik

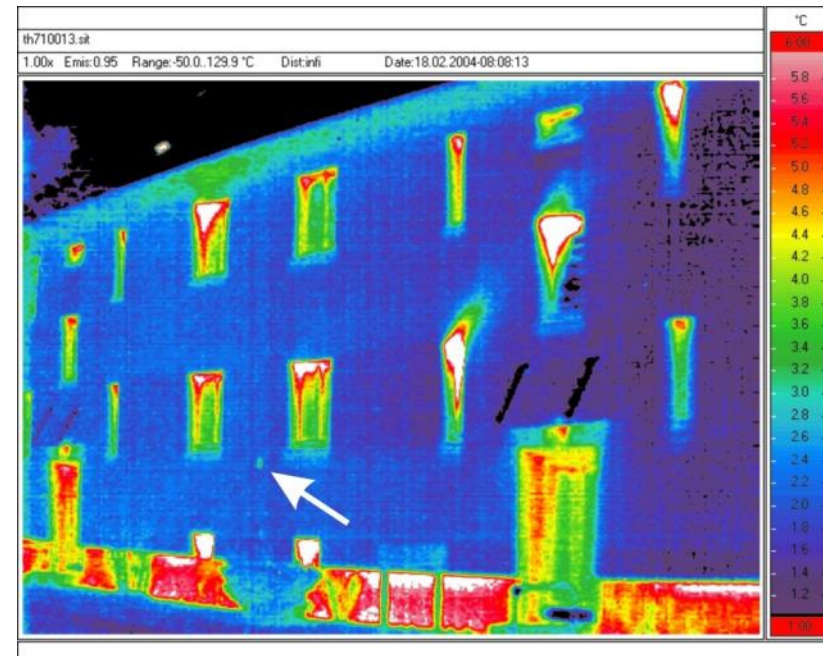
Optische Elemente - Linsensysteme



Erläuterungen zur Messfleckgröße

Kameratechnik und Sensorik

Der Abstandseffekt

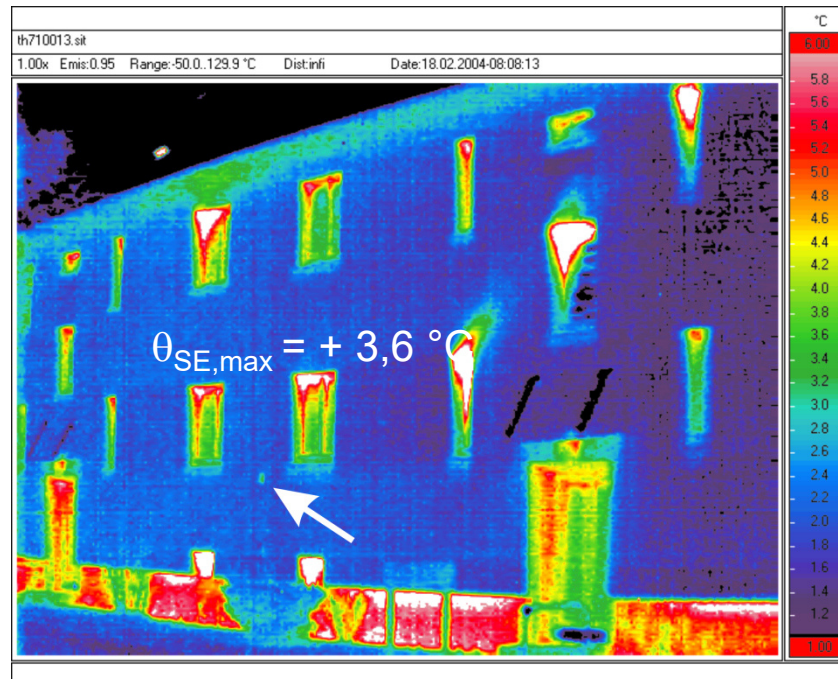


Bestandsgebäude mit WDV-System

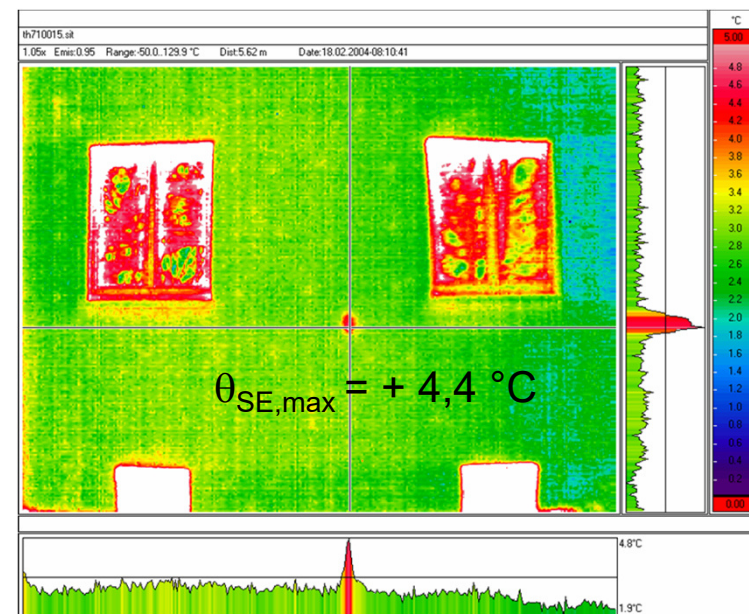
Aufnahmedatum	Temperaturrandbedingungen		Weitere Informationen
	Außenlufttemperatur	Innenlufttemperatur	
18.02.2005 08:00 Uhr	ca. +3,5 °C	ca. +22 °C	./.

Kameratechnik und Sensorik

Der Abstandseffekt

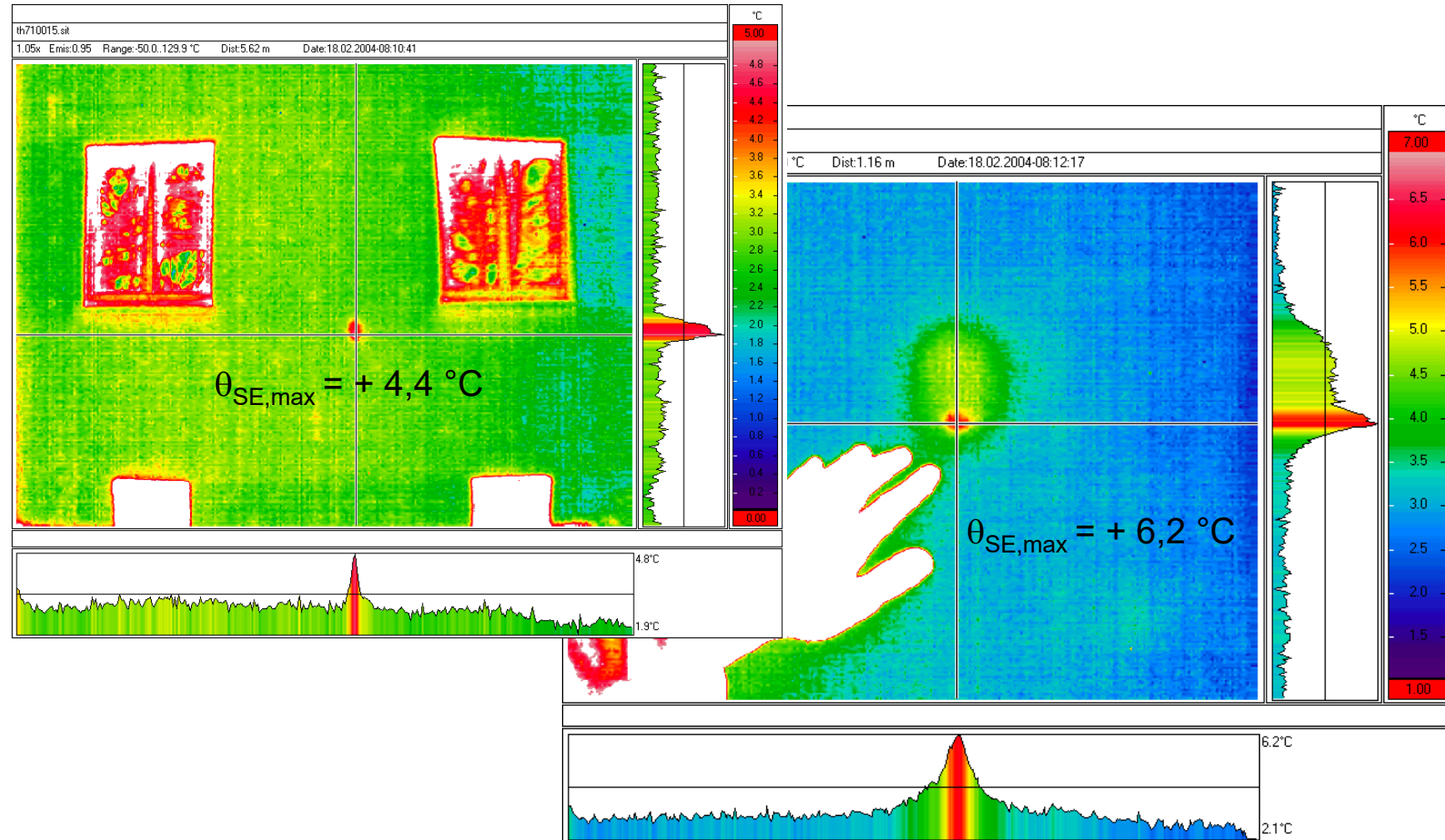


Mit Annäherung an die Untersuchungsstelle wird der angezeigte Temperaturwert höher.



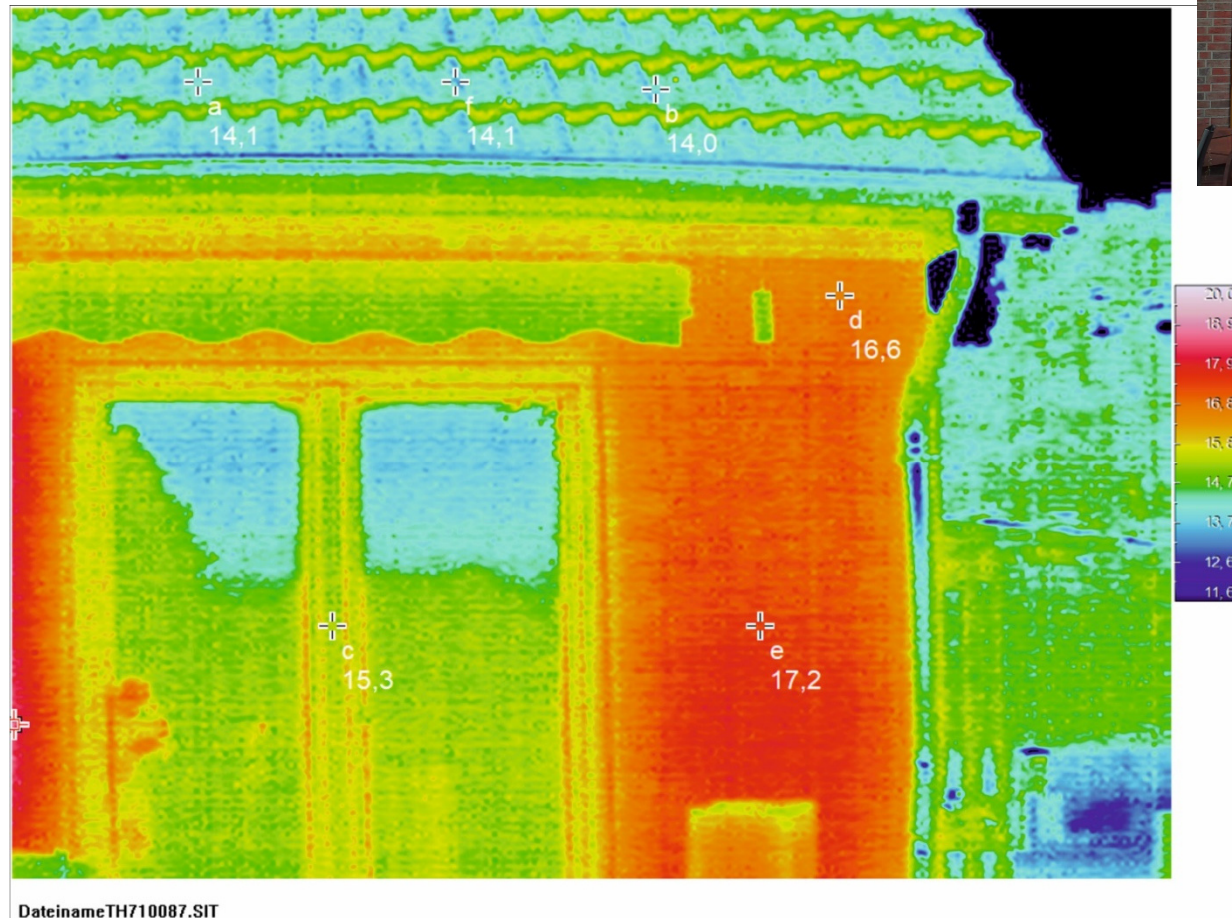
Kameratechnik und Sensorik

Der Abstandseffekt



Kameratechnik und Sensorik

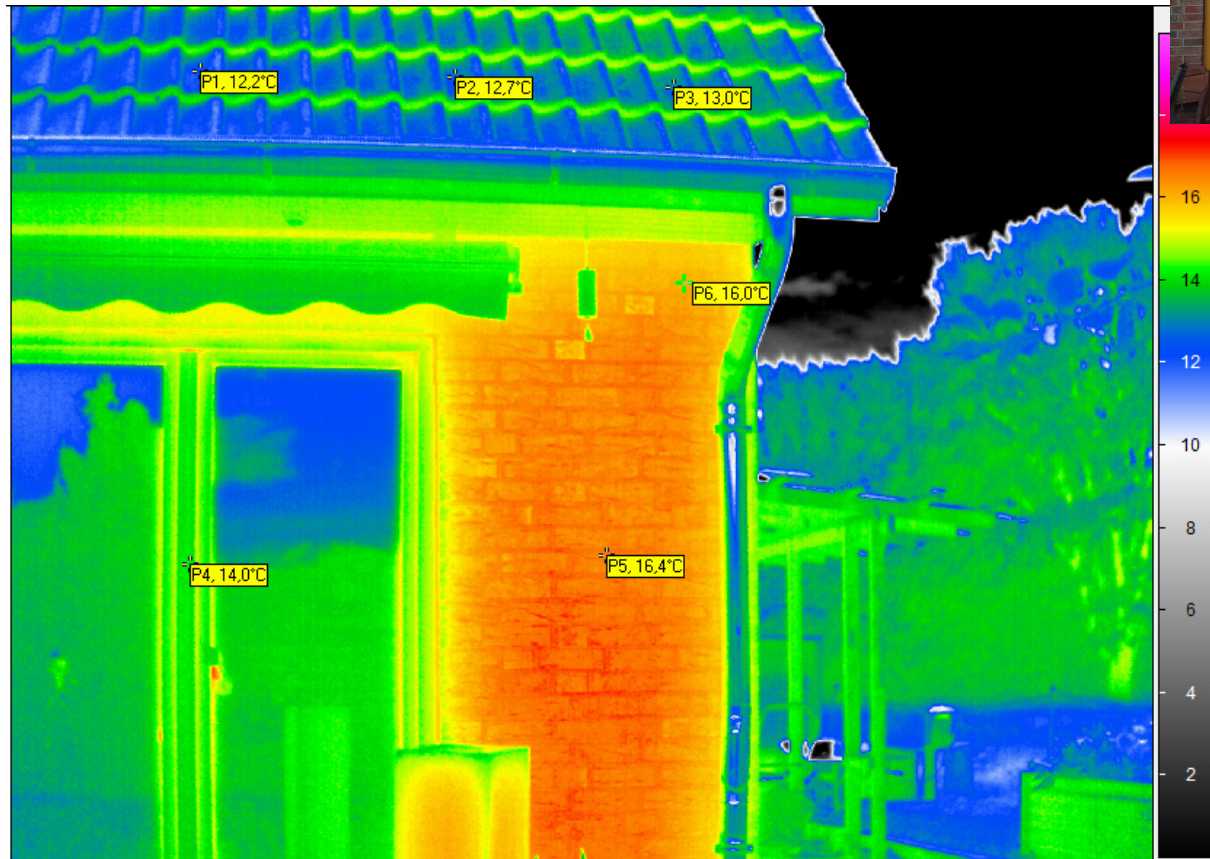
Qualität der Kameras



Kamera 320 x 240 Pixel

Kameratechnik und Sensorik

Qualität der Kameras



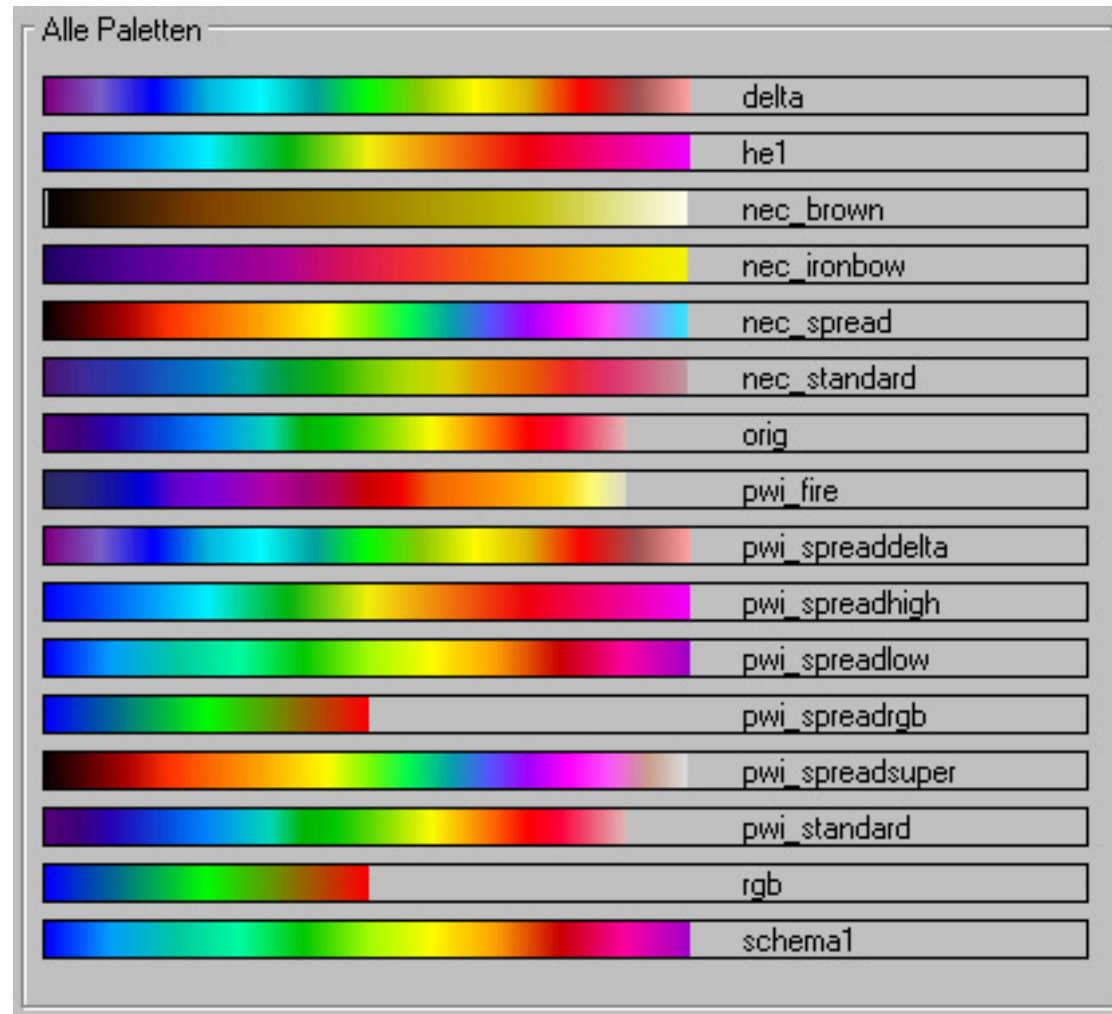
Kamera 1024 x 768 Pixel

Darstellung von Thermogrammen

Darstellung der Thermogramme, Speicherung und Verarbeitung

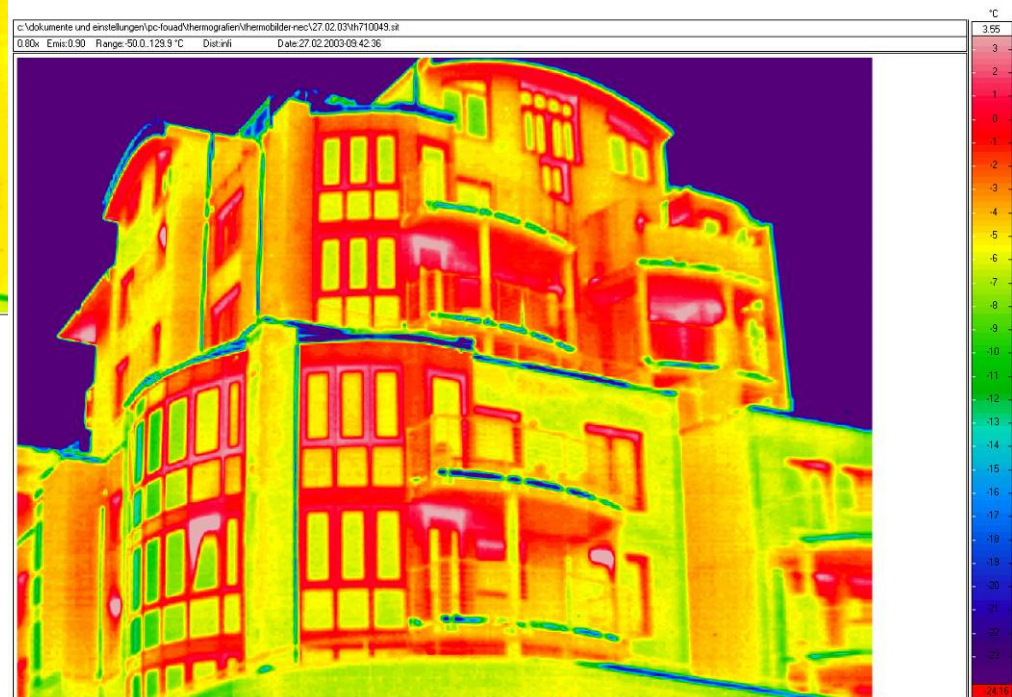
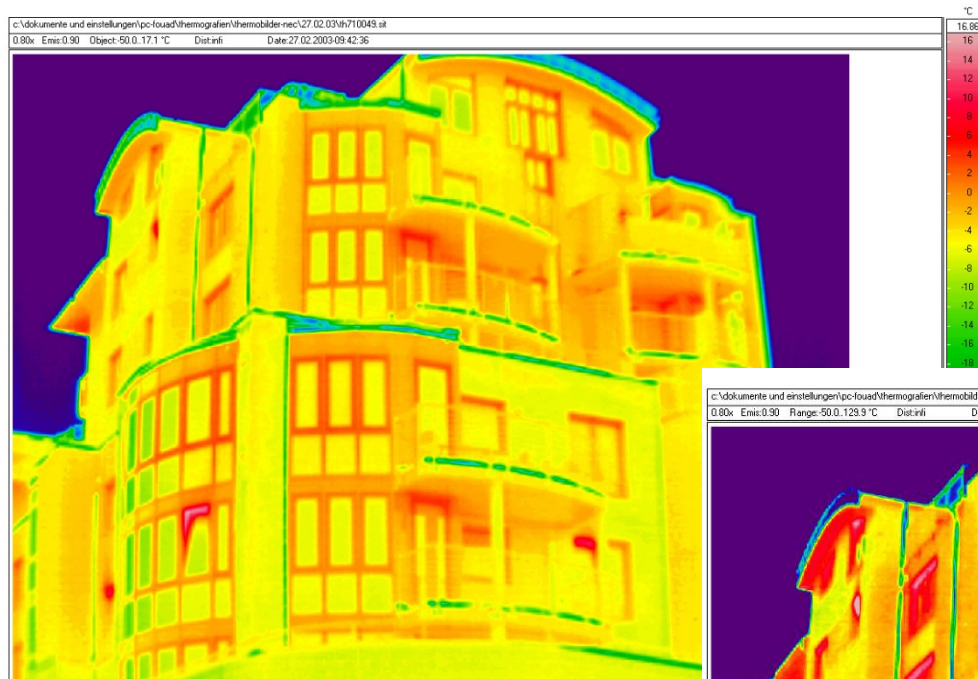


Darstellung der Thermogramme, Speicherung und Verarbeitung



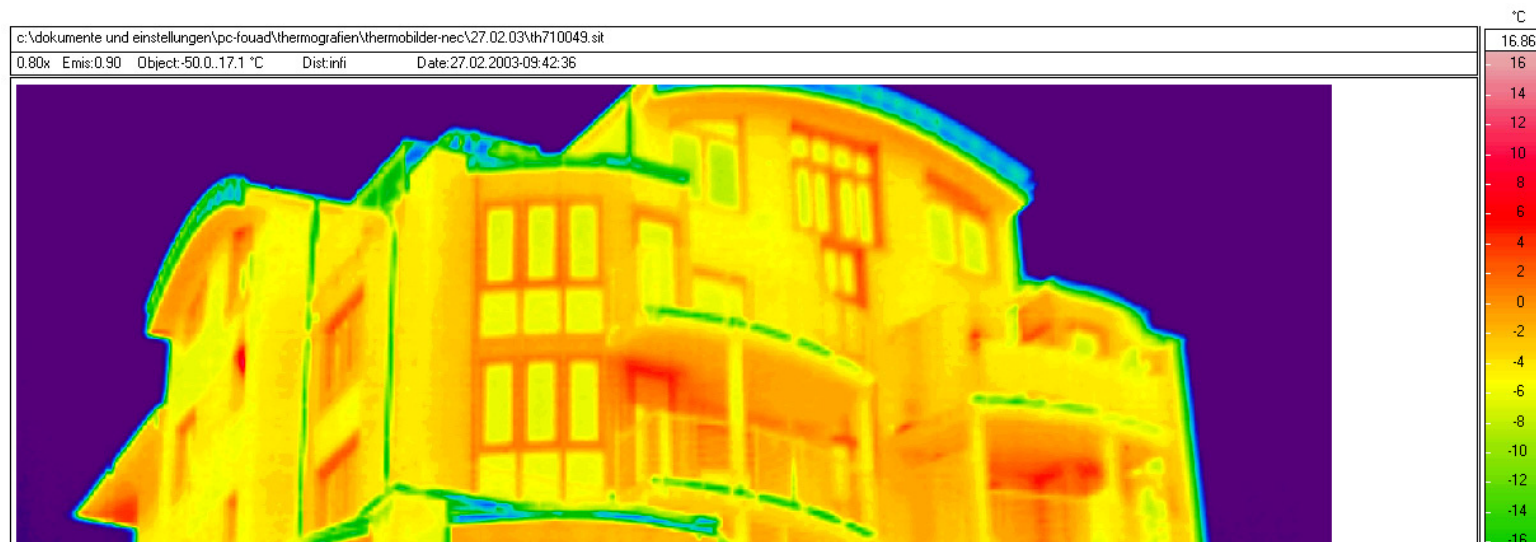
*Beispiel möglicher
Temperaturskalen*

Darstellung der Thermogramme, Speicherung und Verarbeitung



*Das selbe Thermogramm ist
in unterschiedlichen
Temperaturskalen dargestellt*

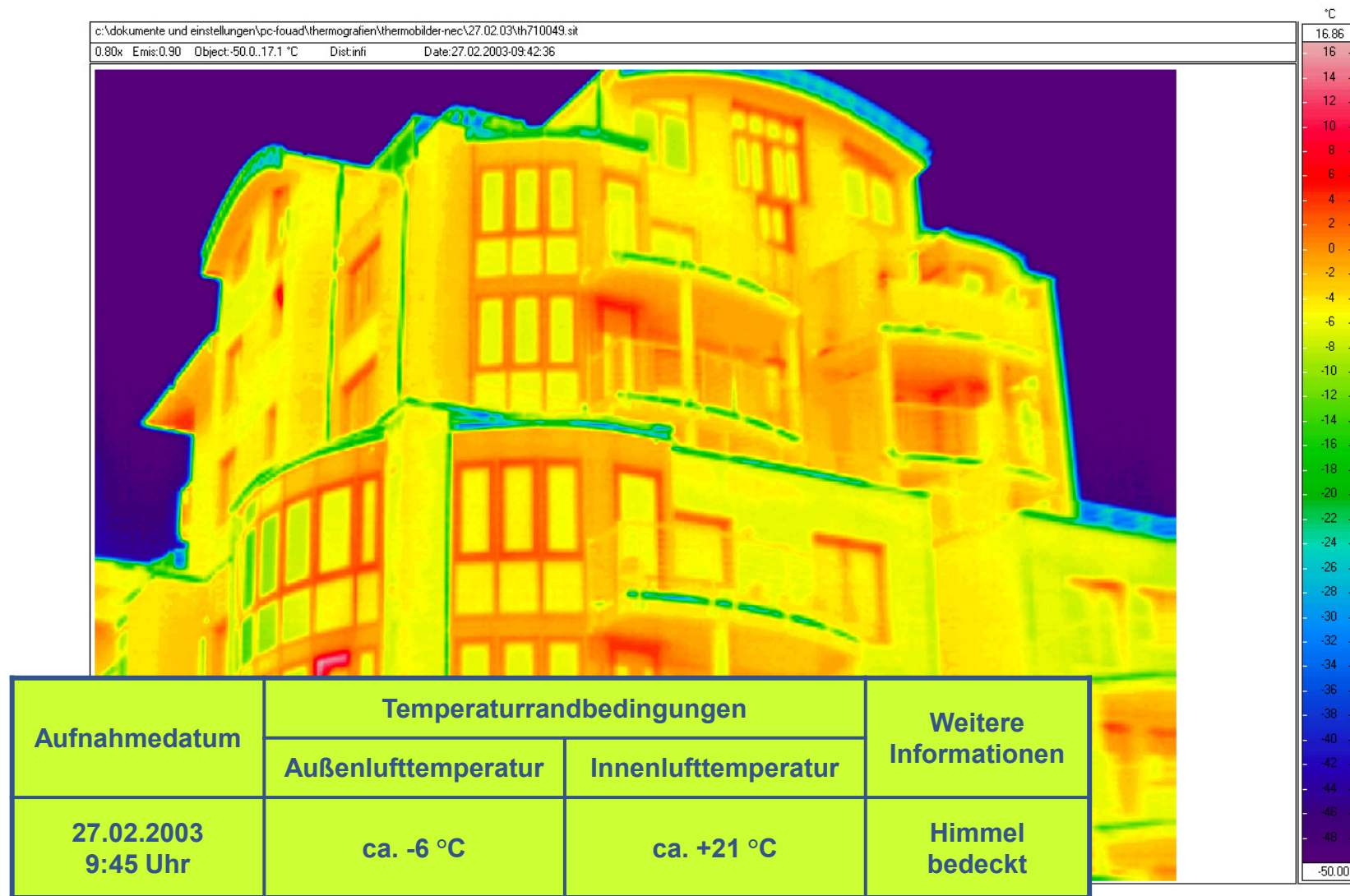
Darstellung der Thermogramme, Speicherung und Verarbeitung



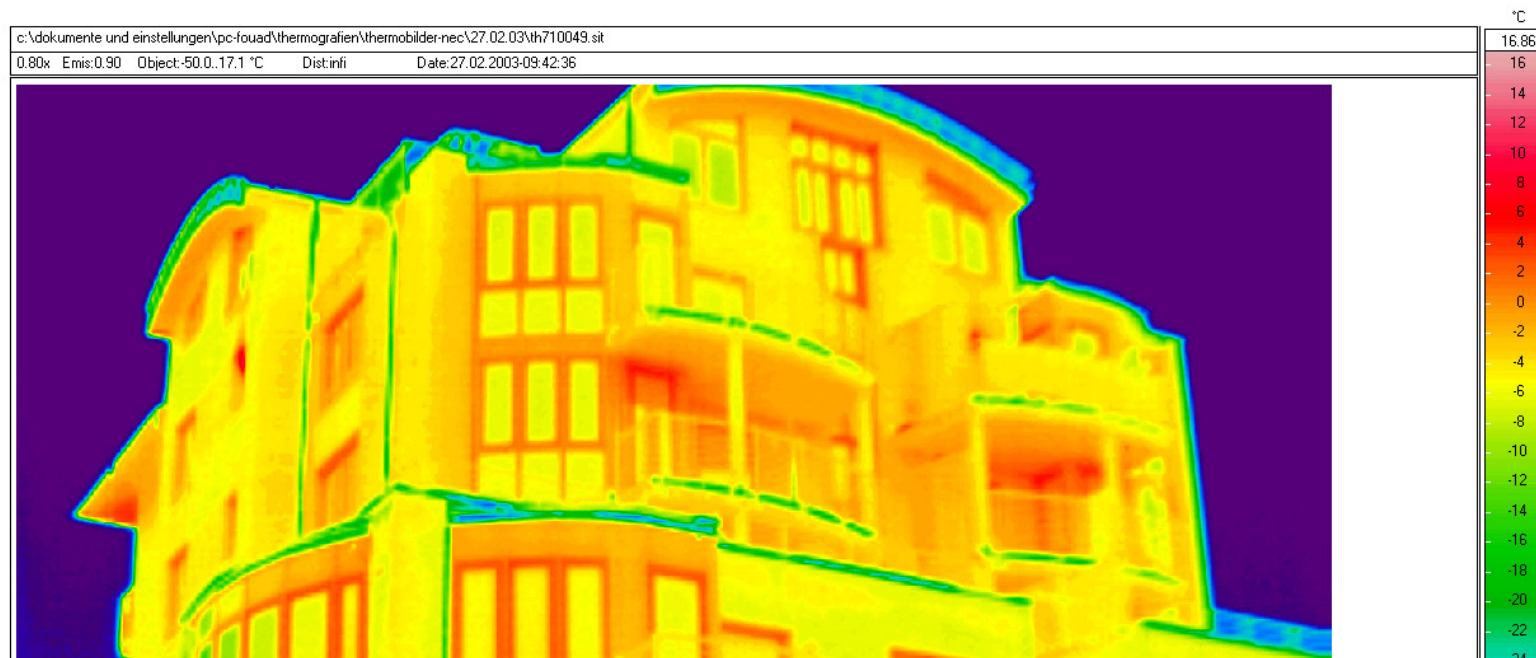
Vorschlag zu Gestaltungsregeln für Darstellungsneutralität (nach Dittié, G.):

- Die Skalierung bei $0,7 \times$ der Temperaturdifferenz $\Delta\theta = (\theta_i - \theta_e)$
- Bei Außenthermogramm sollte die Außenlufttemperatur bei ca. 20% der Skala angeordnet werden
- Bei Außenthermogramm sollte die Außenlufttemperatur bei ca. 60% der Skala angeordnet werden

Darstellung der Thermogramme, Speicherung und Verarbeitung



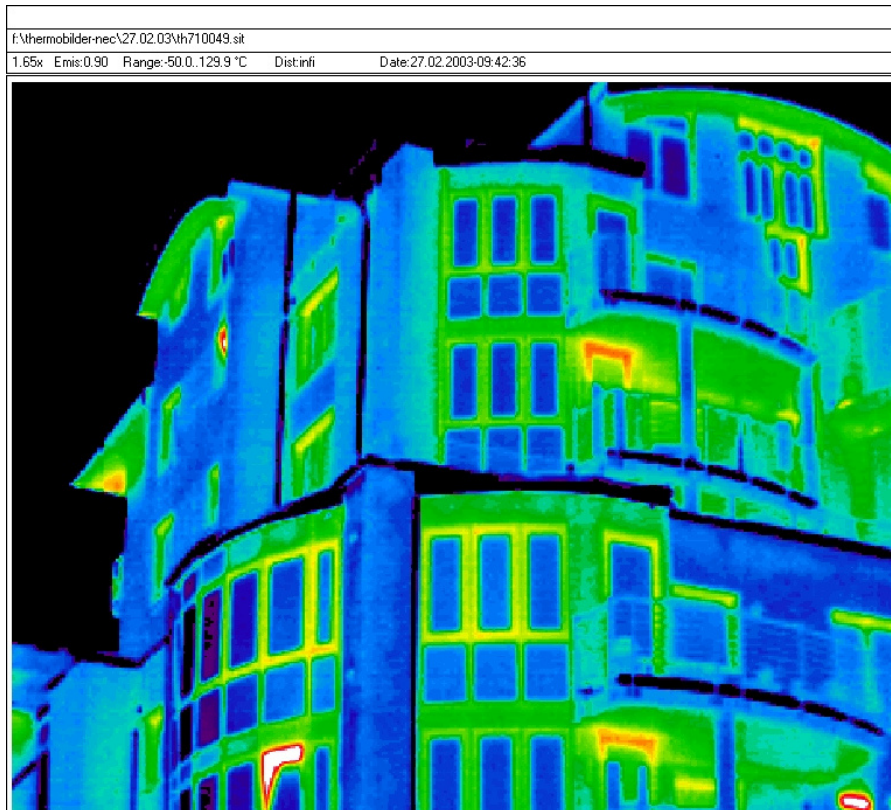
Darstellung der Thermogramme, Speicherung und Verarbeitung



Vorschlag zu Gestaltungsregeln für Darstellungsneutralität (nach Dittié, G.):

- Temperaturdifferenz $\Delta\theta = (21^{\circ}\text{C} - (-6^{\circ}\text{C})) = 27\text{ K}$
- Die Skalierung bei $0,7 \times$ der Temperaturdifferenz $= 0,7 \cdot 27\text{ K} = 18,9\text{ K}$
- Die Außenlufttemperatur soll bei ca. 20% der Skala angeordnet werden

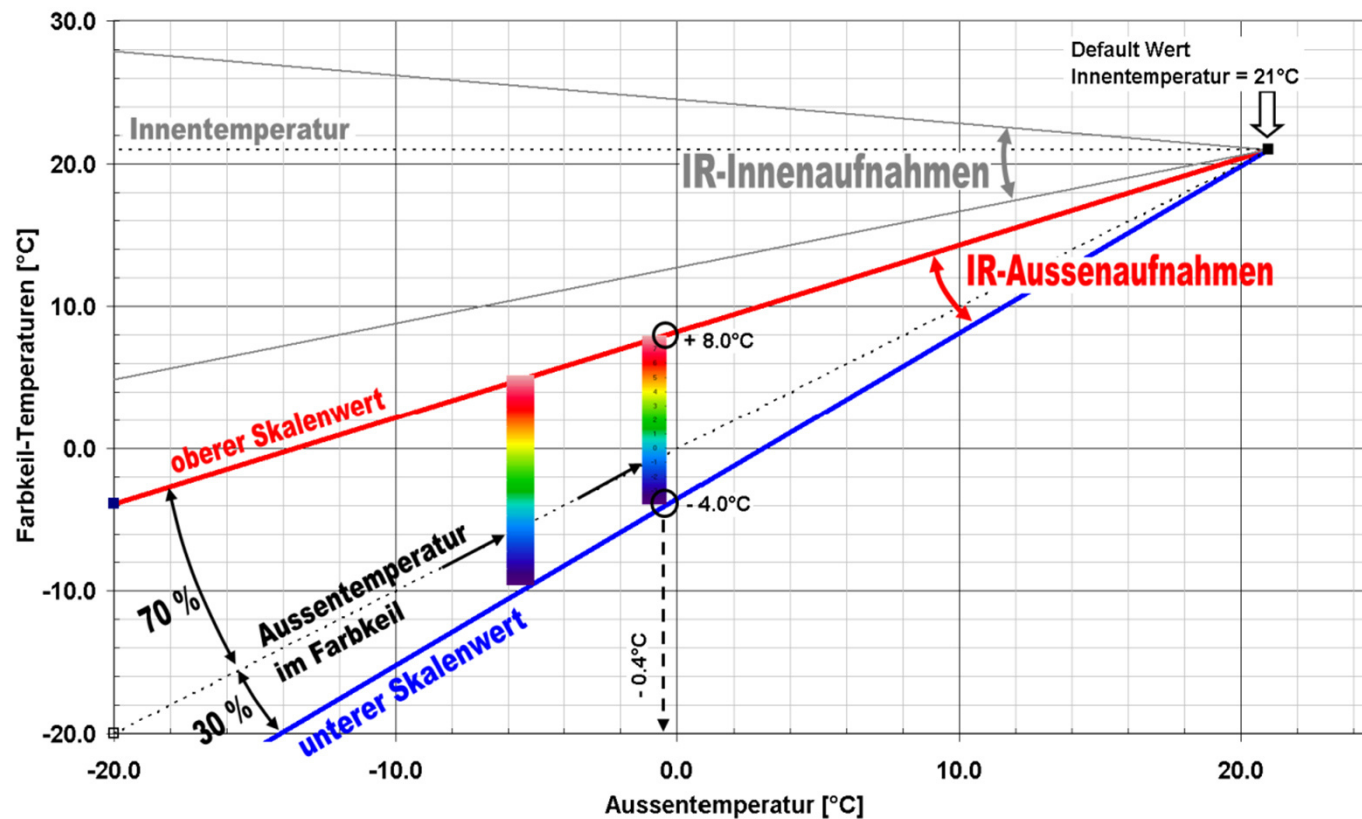
Darstellung der Thermogramme, Speicherung und Verarbeitung



Aufnahmedatum	Temperaturrandbedingungen		Weitere Informationen
	Außenlufttemperatur	Innenlufttemperatur	
27.02.2003 9:45 Uhr	ca. -6 °C	ca. +21 °C	Himmel bedeckt

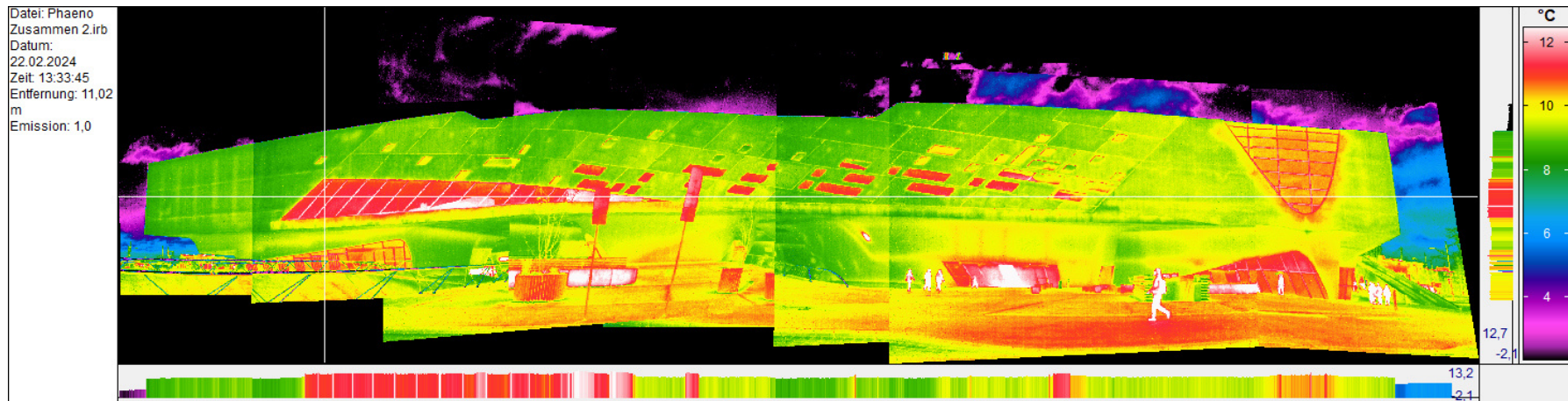


Darstellung der Thermogramme, Speicherung und Verarbeitung



Skalierungsmethode „QualiThermo“, Schweiz

Darstellung der Thermogramme, Speicherung und Verarbeitung

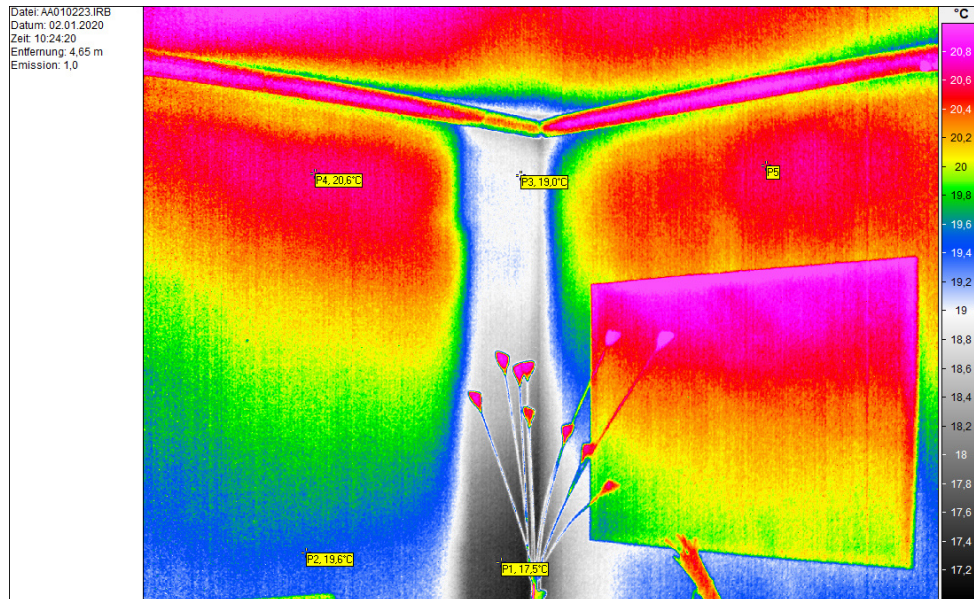


Zusammensetzung von Thermogarmmen, hier IRBIS 3 mosaic

Anwendung der Thermografie in der Bautechnik

Thermografie zur Lokalisierung von Wärmebrücken

Innenaufnahme



Aufnahme- datum	Außenluft- temperatur	Innenluft- temperatur	Weitere Informationen
02.01.2020 vormittag	ca. +1 °C	ca. +21 °C	Außenlufttemperatur 24 h vor Messung: +1°C bis - 2°C

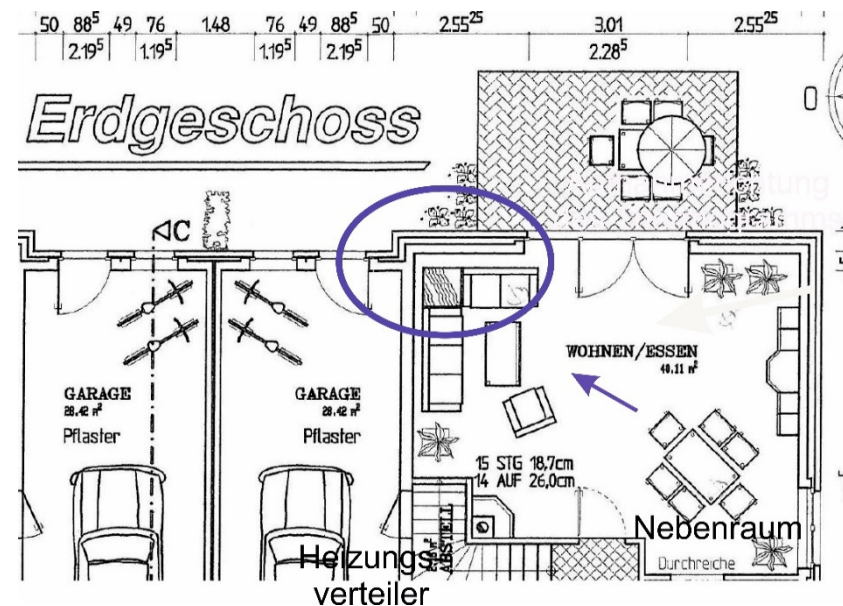


Thermografie zur Lokalisierung von Wärmebrücken



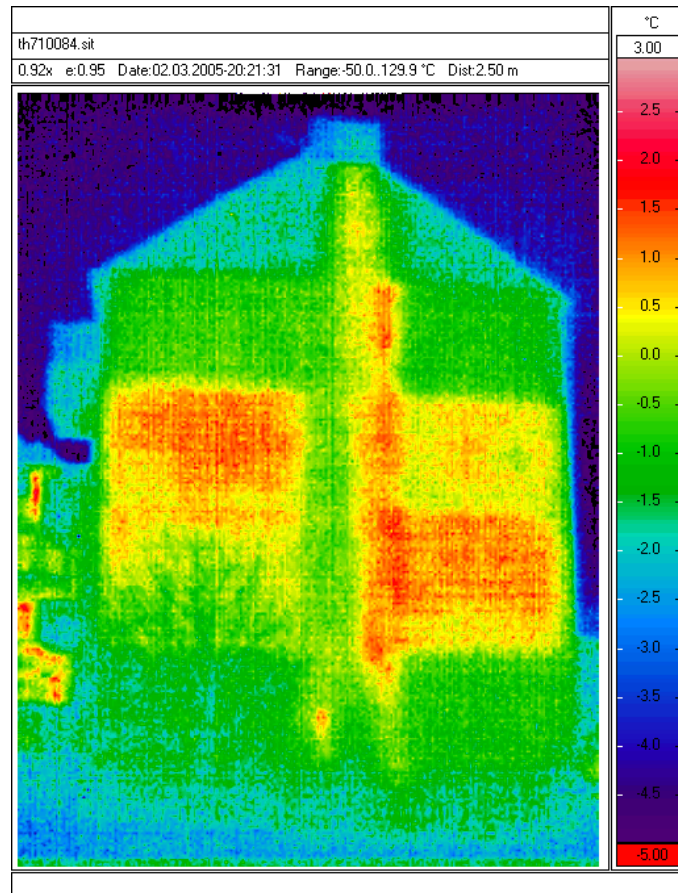
Ursache der Auffälligkeit: vergessene Wärmedämmung im Bereich der Ecke zur Garage

Aufnahme- datum	Außenluft- temperatur	Innenluft- temperatur	Weitere Informationen
02.01.2020 vormittag	ca. +1 °C	ca. +21 °C	Außenlufttemperatur 24 h vor Messung: +1°C bis -2°C



Thermografie zur Lokalisierung von Wärmebrücken

Außenaufnahmen



Thermografie

Schachbrettmuster Geschosswohnungen

Referenzfoto

Aufnahme-datum	Außenluft-temperatur	Innenluft-temperatur	Weitere Informationen
02.03.2005 nachts	ca. -1 °C	ca. +22 °C	./.

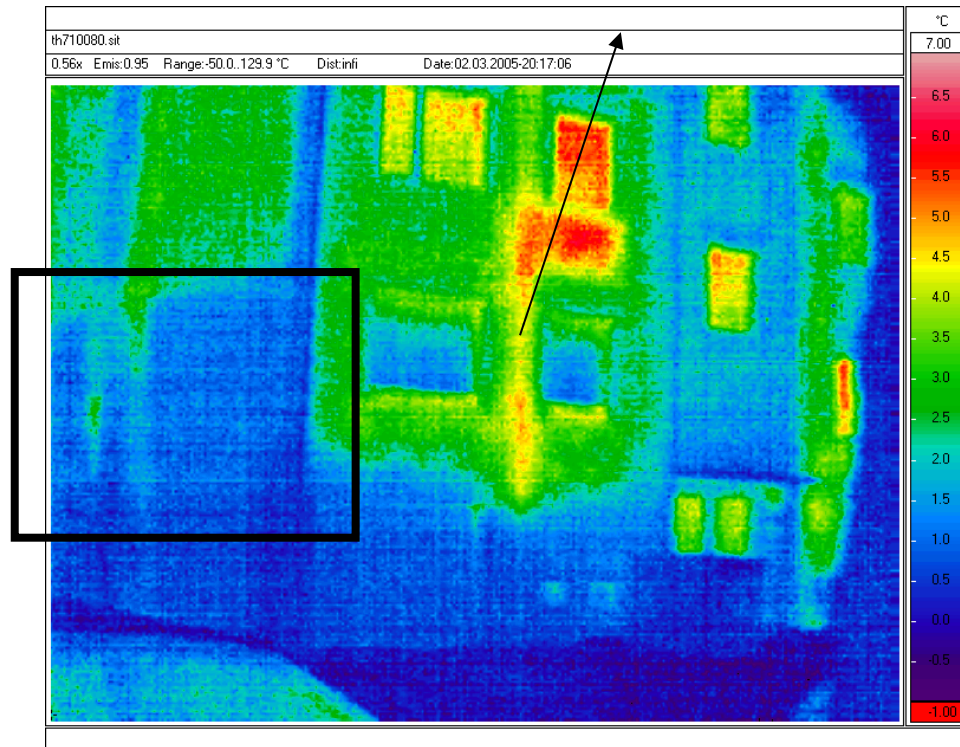


Thermografie zur Lokalisierung von Wärmebrücken

Außenaufnahmen

Thermografie

*Heizungszuleitung im
Außenmauerwerk/ Heizkörper
unter Fenster*

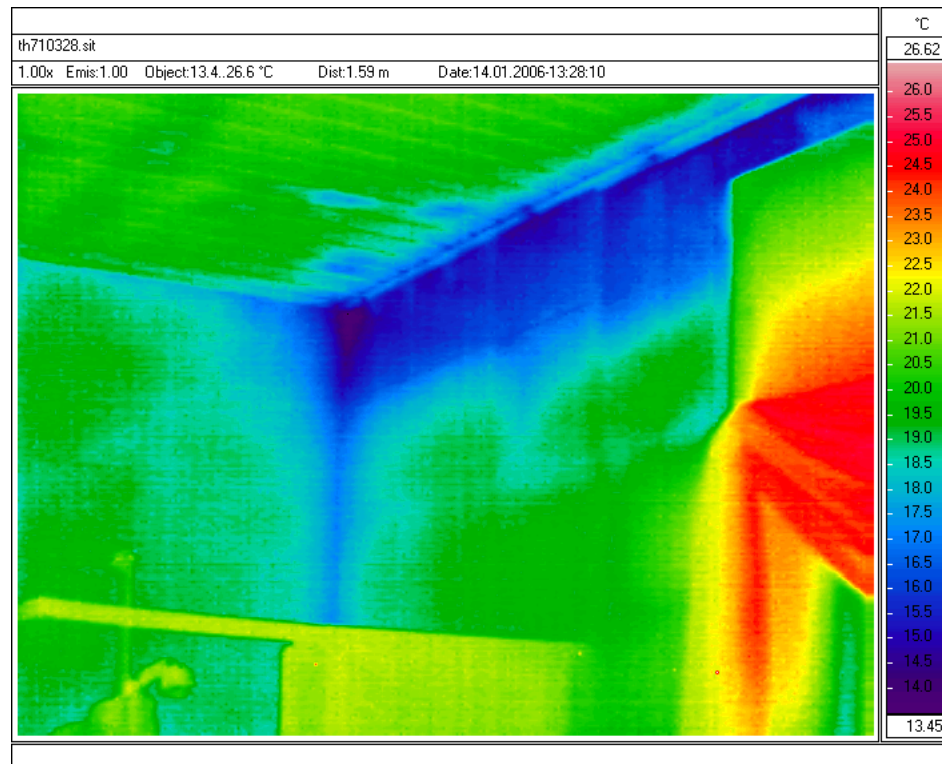


Innenwärmedämmung!



Referenzfoto

Thermografie zur Lokalisierung von Wärmebrücken



Bestandsgebäude (ca. 1983)

-Fenstersturz mit durchlaufenden Stahlträger

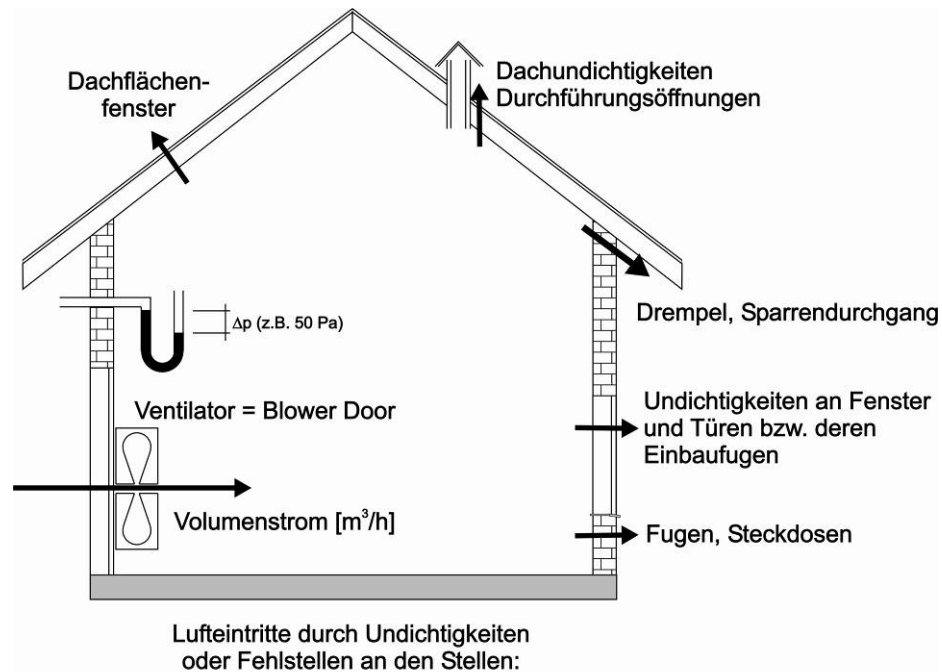
Temperaturunterschied ca. 6 Kelvin

Aufnahme- datum	Außenluft- temperatur	Innenluft- temperatur	Weitere Informationen
14.01.2006 mittag	ca. -5°C	ca. +22 °C	--



Thermografie zur Lokalisierung von Luftundichtigkeiten

Unterstützung der Thermografie mit Differenzdruckverfahren (Blower-Door)

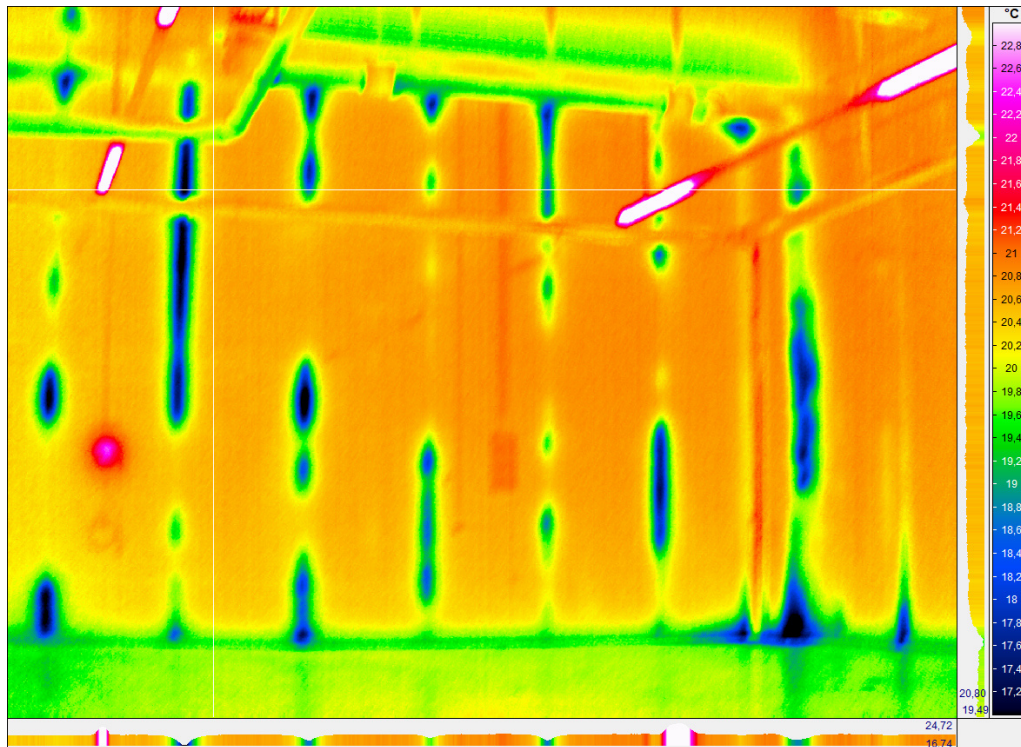


Prinzip der Differenzdruck-Prüfung (auch Blower-Door-Prüfung genannt), hier Überdruckregime



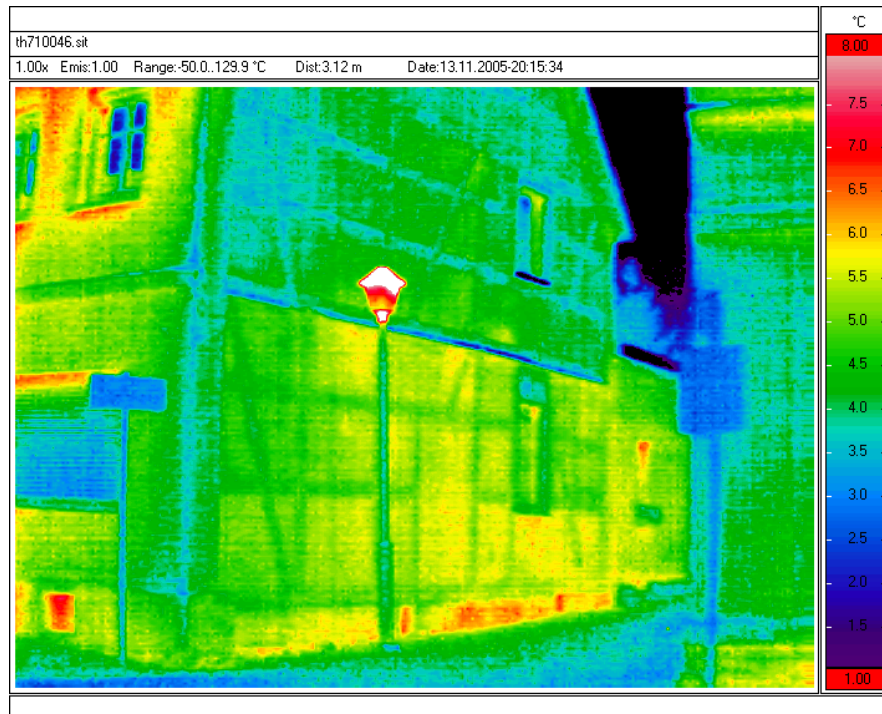
Thermografie zur Lokalisierung von Luftundichtigkeiten

Unterstützung der Thermografie mit Differenzdruckverfahren (Blower-Door)



Aufnahme- datum	Außenluft- temperatur	Innenluft- temperatur	Weitere Informationen
12.05.2020 vormittag	ca. +5 °C	ca. +23 °C	Klimakammer, Unterdruck mit Gebläse erzielt

Thermografie zur Lokalisierung von Konstruktionseinzelheiten



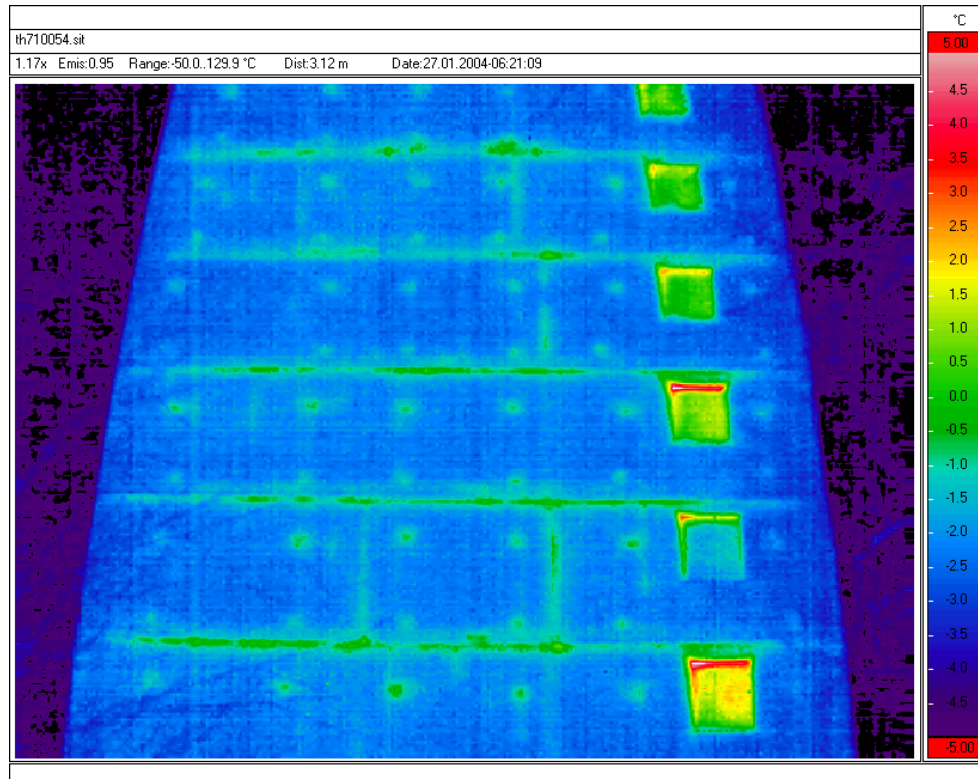
Thermografie

Sichtbarmachung verputzter Fachwerkstrukturen mit Hilfe der Thermografie

Referenzfoto



Thermografie zur Lokalisierung von Konstruktionseinzelheiten



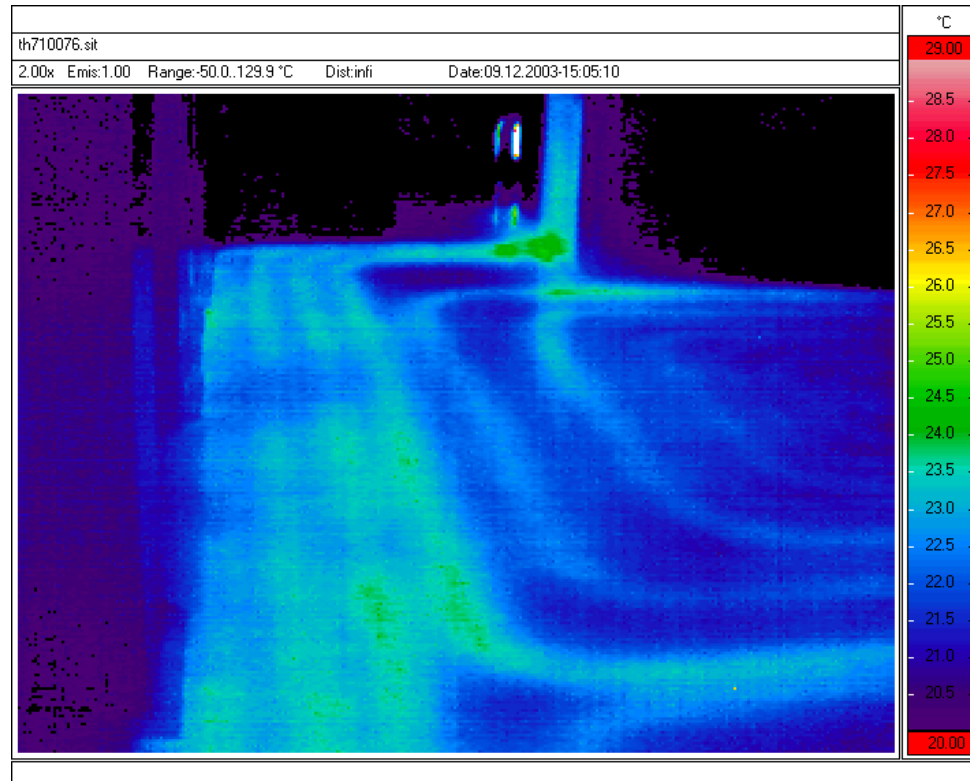
Thermografie

Metallische Einbauteile (Traganker) zeichnen sich auf der Wetterschutzschale durch punktuell höhere Oberflächentemperaturen ab.

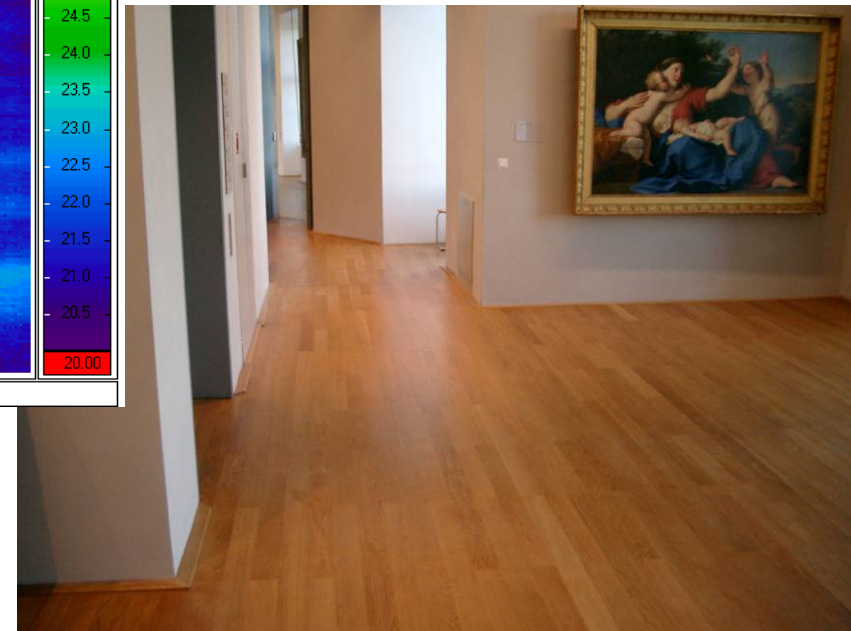
Referenzfoto



Thermografie zur Lokalisierung von Konstruktionseinzelheiten

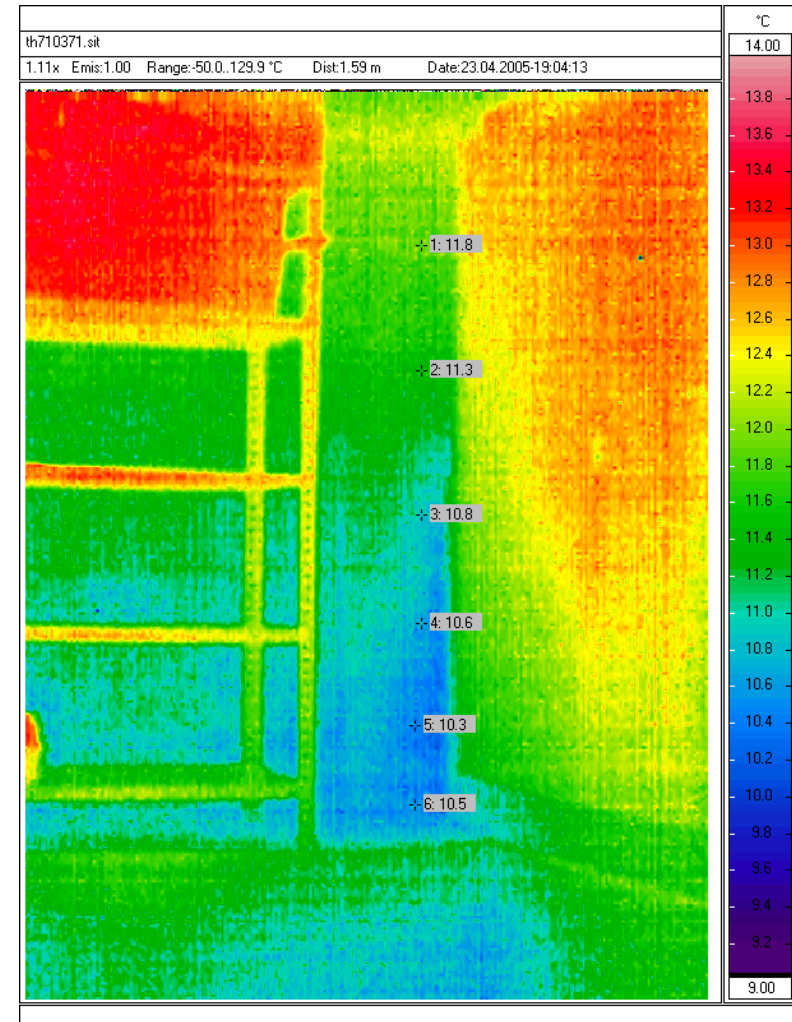


Thermografie



Referenzfoto

Thermografie zur Lokalisierung von Durchfeuchtungen



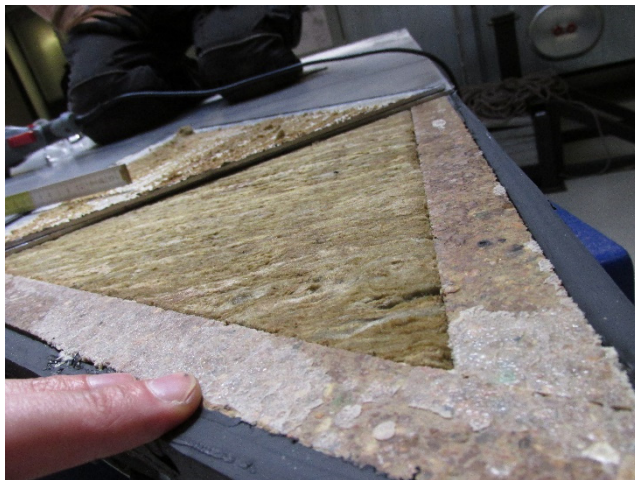
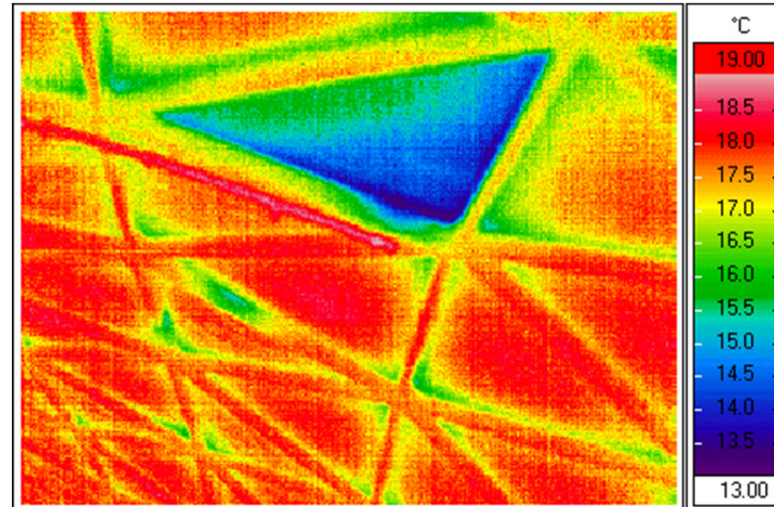
Durchfeuchtete Bereiche einer Kelleraußenwand

Thermografie zur Lokalisierung von Durchfeuchtungen



Nachweismessung durch Prinzip des kapazitiven elektrischen Feldes (GANN Hydromette)

Thermografie zur Lokalisierung von Durchfeuchtungen



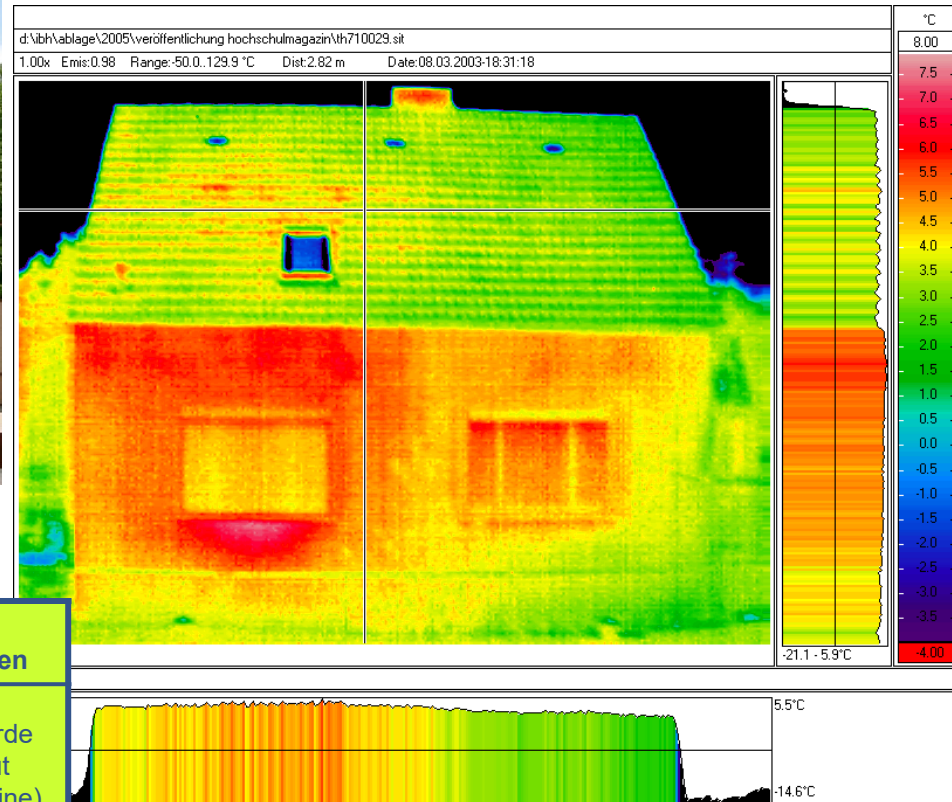
Durchfeuchtete Bereiche einer Paneel-Konstruktion

Thermografie zur baubegleitenden Qualitätssicherung

Untersuchungen vor und nach einer energetischen Gebäudesanierung



Referenzfoto



Aufnahme- datum	Außenluft- temperatur	Innenluft- temperatur	Weitere Informationen
08.03.2003 nachts	ca. -3°C	ca. +22 °C	Gebäude wurde 1932 erbaut (Hohlblocksteine)

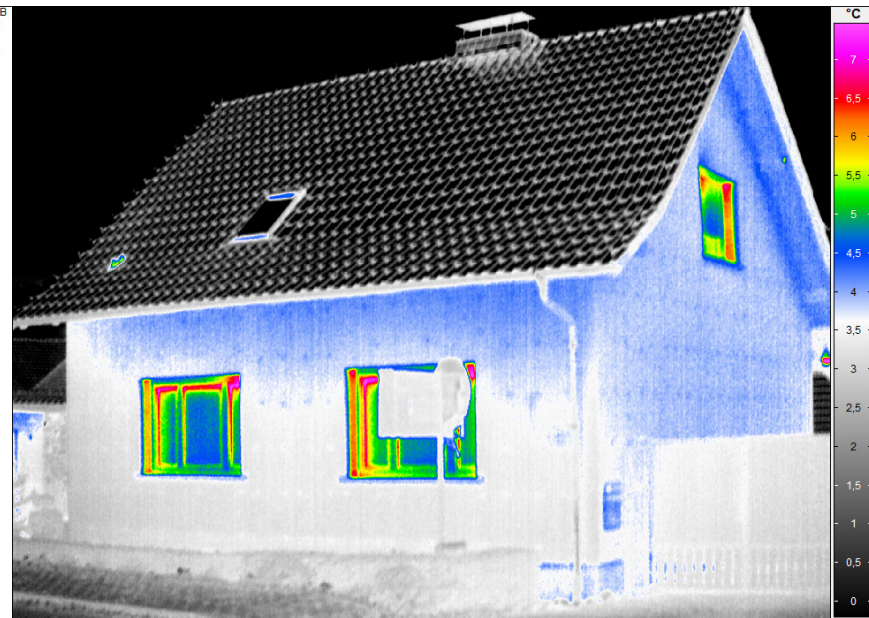
Thermografie zur baubegleitenden Qualitätssicherung

Untersuchungen vor und nach einer energetischen Gebäudesanierung



Referenzfoto

Datei: AA112308.IRB
Datum: 23.11.2019
Zeit: 23:44:06
Entfernung: 14,9 m
Emission: 1,0

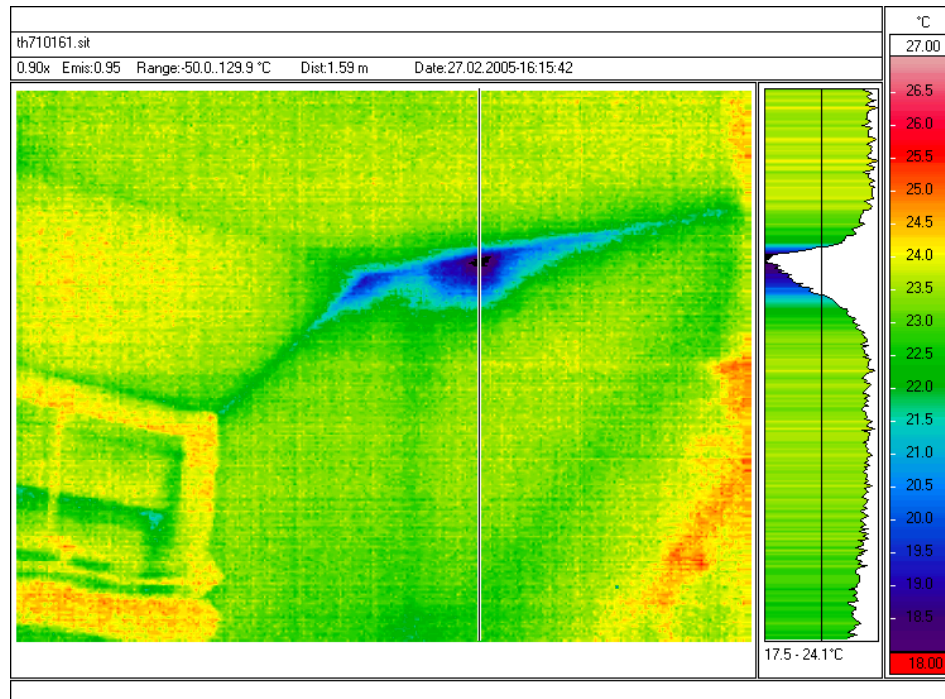


Thermografie

Aufnahme- datum	Außenluft- temperatur	Innenluft- temperatur	Weitere Informationen
23.11.2019 nachts	ca. +2°C	ca. +22 °C	Sockel gedämmt

Thermografie zur baubegleitenden Qualitätssicherung

Innenaufnahmen



Aufnahme- datum	Außenluft- temperatur	Innenluft- temperatur	Weitere Informationen
27.05.2005 nachmittags	ca. -5°C	ca. +25 °C	stabile Kaltwetterlage über einen längeren Zeitraum

Thermografie

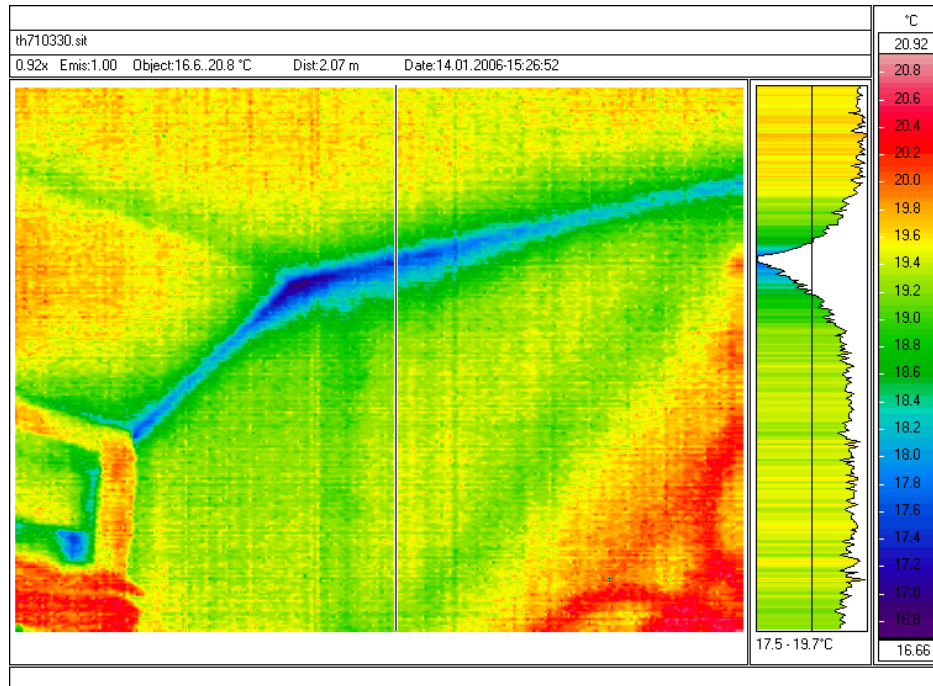
*Fehlstelle in der
Wärmedämmung*

Referenzfoto



Thermografie zur baubegleitenden Qualitätssicherung

Innenaufnahmen



Aufnahme- datum	Außenluft- temperatur	Innenluft- temperatur	Weitere Informationen
14.01.2006 nachmittags	ca. - 3°C	ca. +22 °C	./.

Nachdem die Fehlstelle in der Wärmedämmung beseitigt wurde, erfolgte eine Nachkontrolle (ca. 1 Jahr später), Temperaturunterschied: ca. 2 Kelvin



Referenzfoto

Thermografie zur baubegleitenden Qualitätssicherung

Innenaufnahme



Moderate künstliche Druckaufbringung

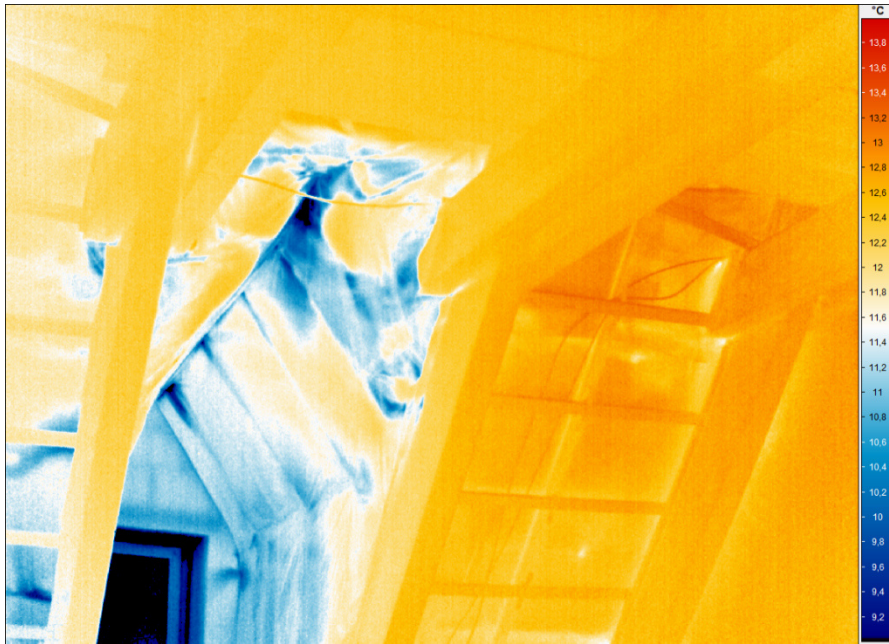
Standort
Thermokamera

Aufnahme-datum	Außenluft-temperatur	Innenluft-temperatur	Weitere Informationen
30.11.2020 Nachmittag	ca. +3°C+	ca. +10 °C	Überprüfung Luftdichtheit und Verklebung



Thermografie zur baubegleitenden Qualitätssicherung

Innenaufnahmen



Aufdeckung der Problemstellen durch moderate Druckaufbringung

*Wärmebrücken/
Undichtigkeiten*

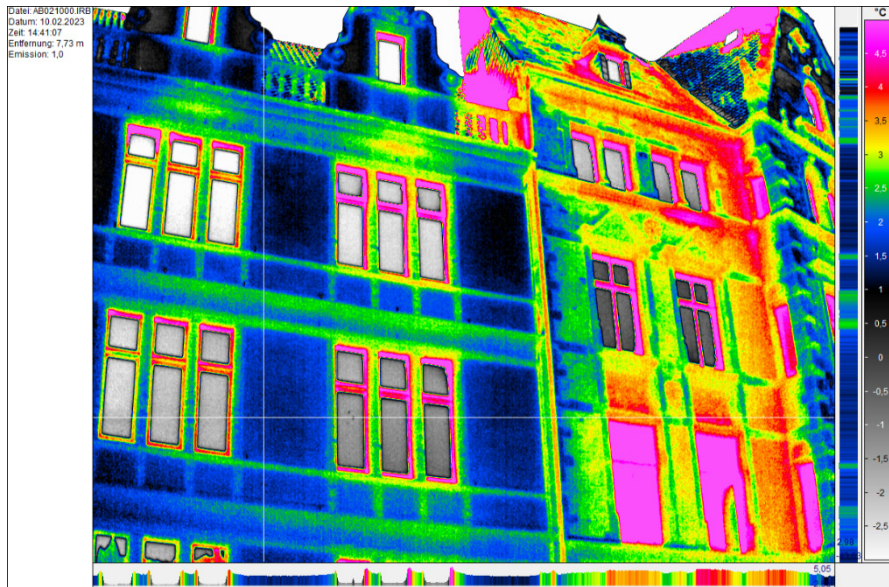
Aufnahme-datum	Außenluft-temperatur	Innenluft-temperatur	Weitere Informationen
30.11.2020 Nachmittag	ca. +3°C+	ca. +10 °C	Überprüfung Luftdichtheit und Verklebung



Klarbild

Thermografie zur baubegleitenden Qualitätssicherung

Innenwärmedämmung



Aufnahme-datum	Außenluft-temperatur	Innenluft-temperatur	Weitere Informationen
10.02.2023 Nachmittag	ca. +5°C	ca. +10 °C	Innenwärmedämmsystem mit Vormauerschale

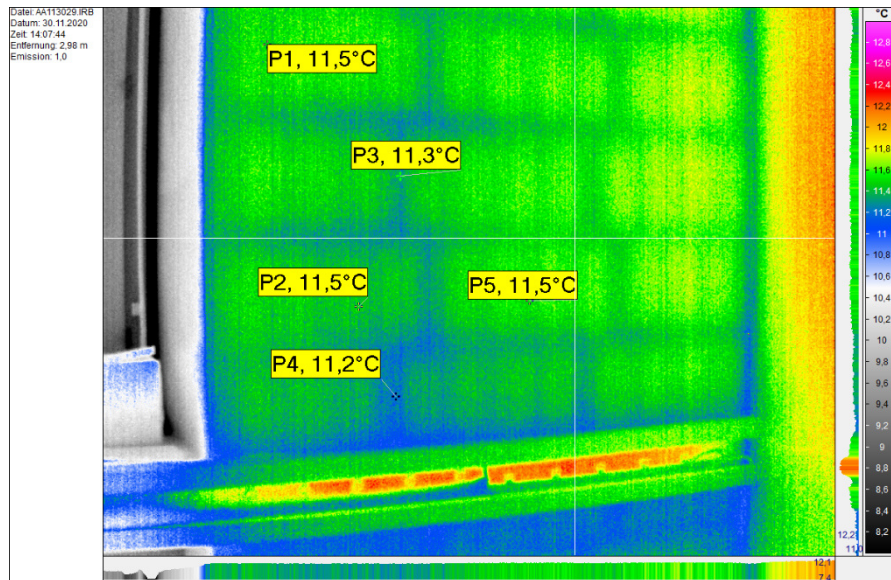
Außenthermografien täuschen bei Innenwärmedämmungen

Klarbild



Thermografie zur baubegleitenden Qualitätssicherung

Innenwärmedämmung



Aufnahme-datum	Außenluft-temperatur	Innenluft-temperatur	Weitere Informationen
10.02.2023 Nachmittag	ca. +5°C	ca. +10 °C	Innenwärmedämmsystem mit Vormauerschale

Kontrolle der Ausführung bei
Innenwärmedämmungen

Klarbild



Thermografie zur baubegleitenden Qualitätssicherung

Innenwärmedämmung



Kontrolle der Ausführung bei
Innenwärmedämmungen

Aufnahme -datum	Außenluft- temperatur	Innenluft- temperatur	Weitere Informationen
10.02.2023 Nachmittag	ca. +5°C	ca. +10 °C	Innenwärmedäm- msystem mit Vormauerschale



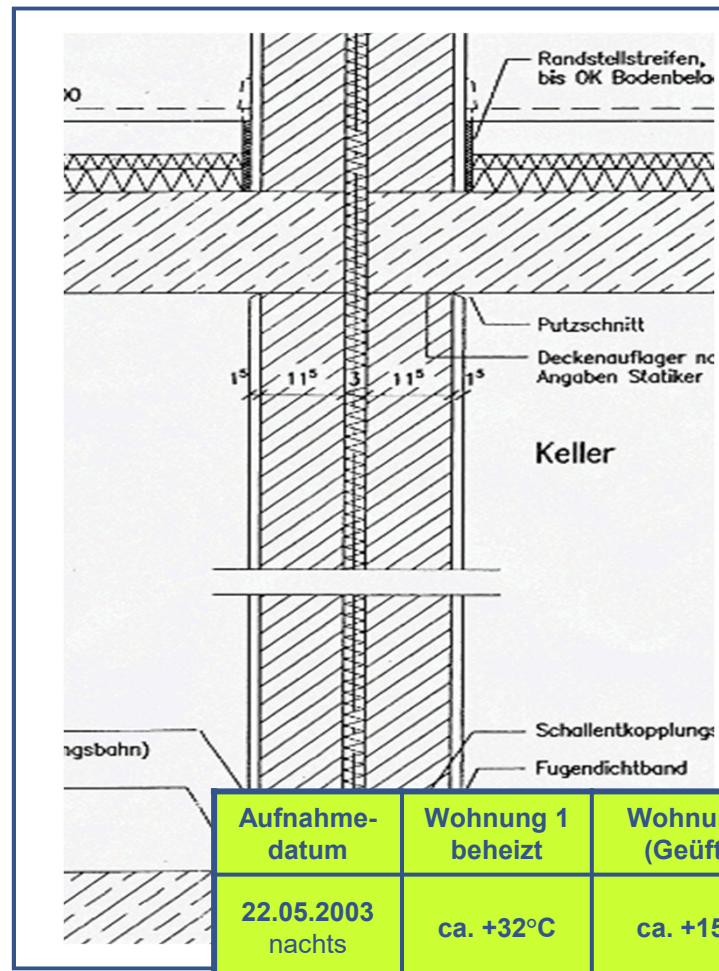
Anwendung der Thermografie für spezielle Untersuchungen

Thermografie zur baubegleitenden Qualitätssicherung

Schallbrücken bei Reihenhaustrennfugen

*Erzeugung eines
Künstlichen
Temperaturgefälles
durch Heizlüfter in
einem Reihenhaus*

$$\theta_{Luft} = 32\text{ °C}$$



*Geplante Konstruktion der
Reihenhaustrennwände*

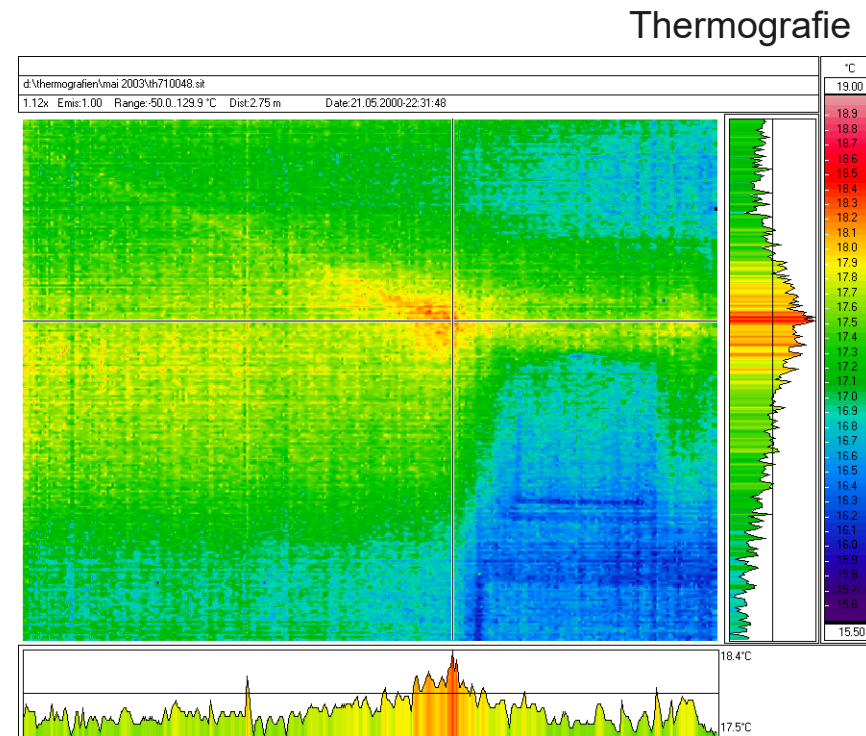
$$\theta_{Luft} = 15\text{ °C}$$

Thermografie zur baubegleitenden Qualitätssicherung

Schallbrücken bei Reihenhaustrennfugen



Referenzfoto



Einbindung der massiven Decke über dem Kellergeschoss in die Mauerwerkstrennwand, erhöhte Oberflächentemperatur nahe des Fensters; hier wurden bei der späteren Öffnung eine fehlende Wärmedämmung in Deckenhöhe und Betonreste festgestellt.

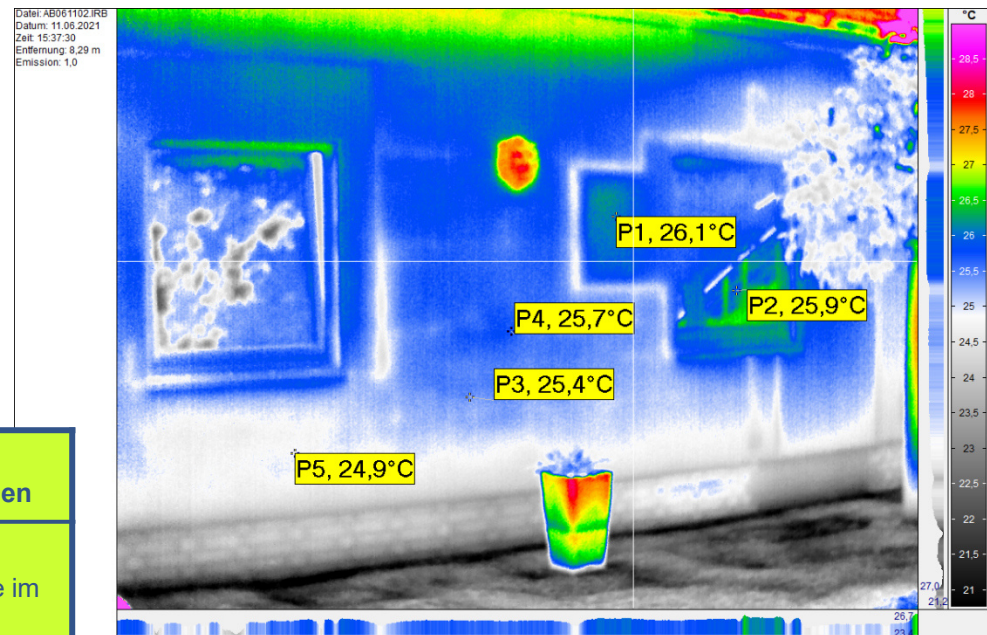
Thermografie unter Ausnutzung natürlicher solarer Aufheizvorgänge



Referenzfoto

Aufnahme- datum	Außenluft- temperatur	Innenluft- temperatur	Weitere Informationen
11.06.2021 nachmittags	ca. +26°C	ca. +24 °C	Thermografie im Sommer

Thermografie



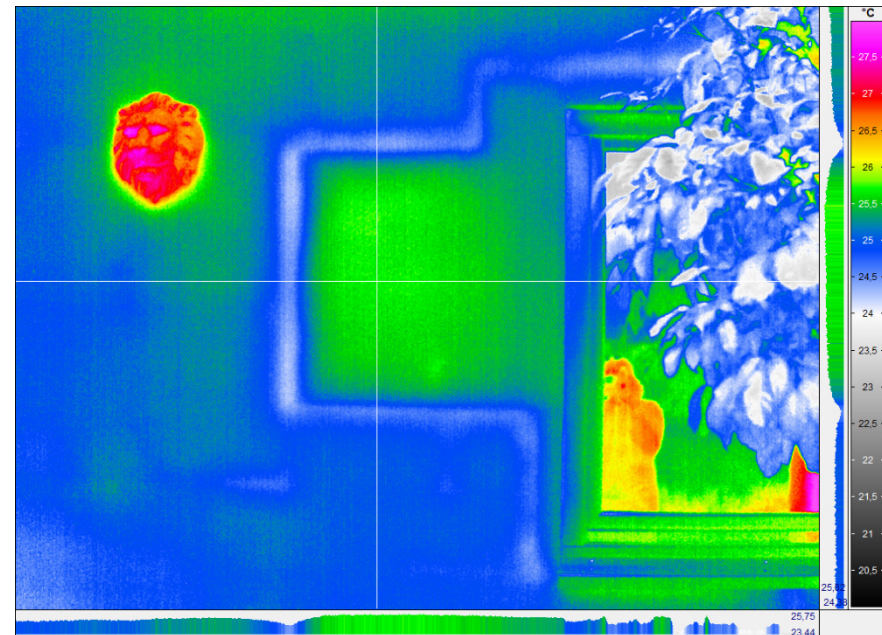
Thermografie unter Ausnutzung natürlicher solarer Aufheizvorgänge



Referenzfoto

Aufnahme- datum	Außenluft- temperatur	Innenluft- temperatur	Weitere Informationen
11.06.2021 nachmittags	ca. +26°C	ca. +24 °C	Thermografie im Sommer

Thermografie



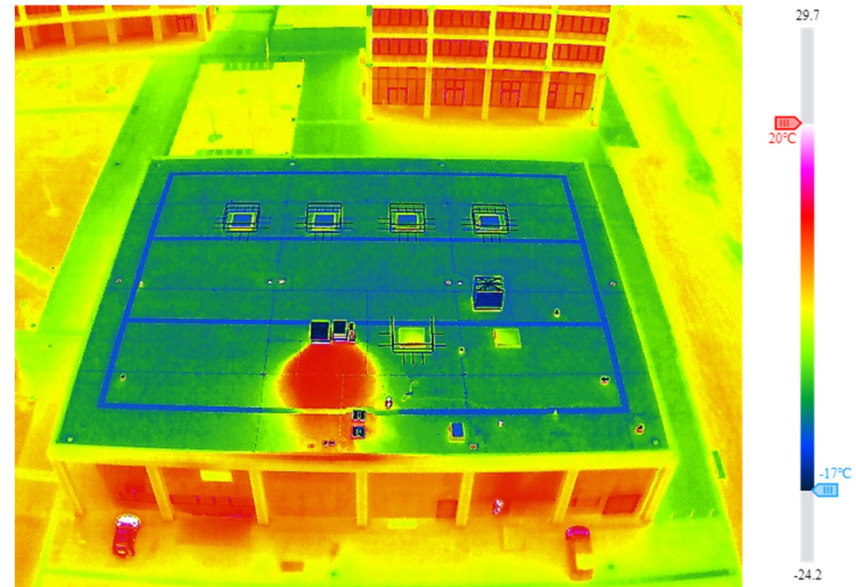
Drohnen-thermografie



Drohnen-thermografie



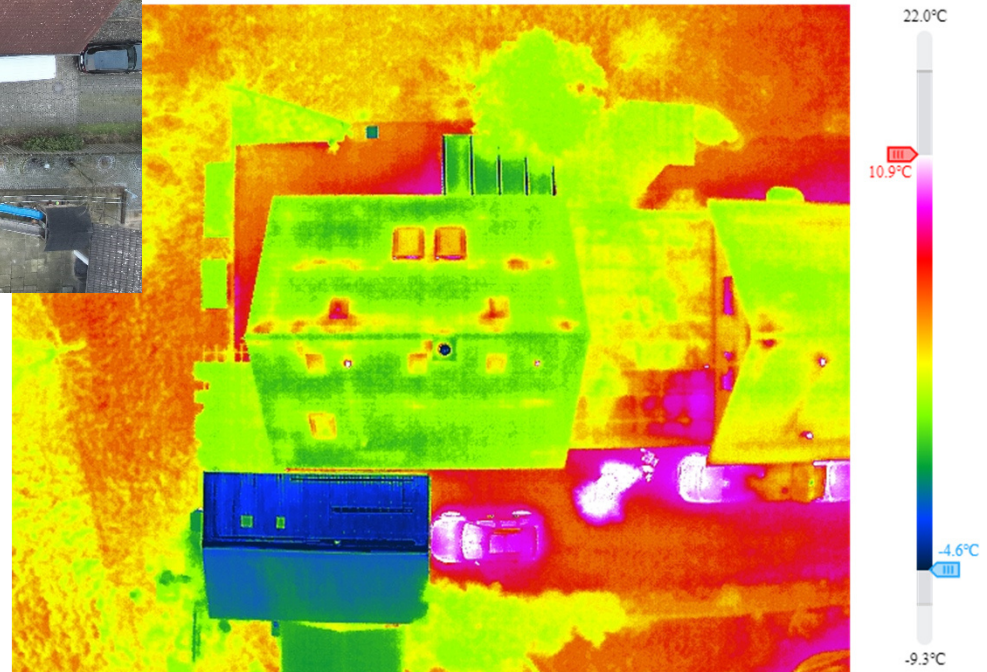
Referenzfoto



Drohnenthermografie



Referenzfoto

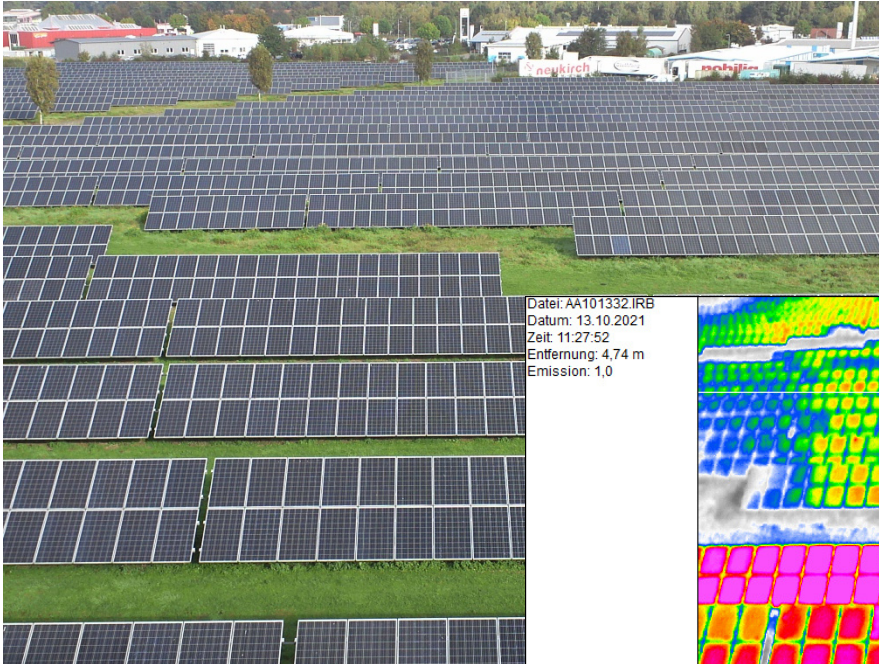


Drohnen-thermografie

3D Modell

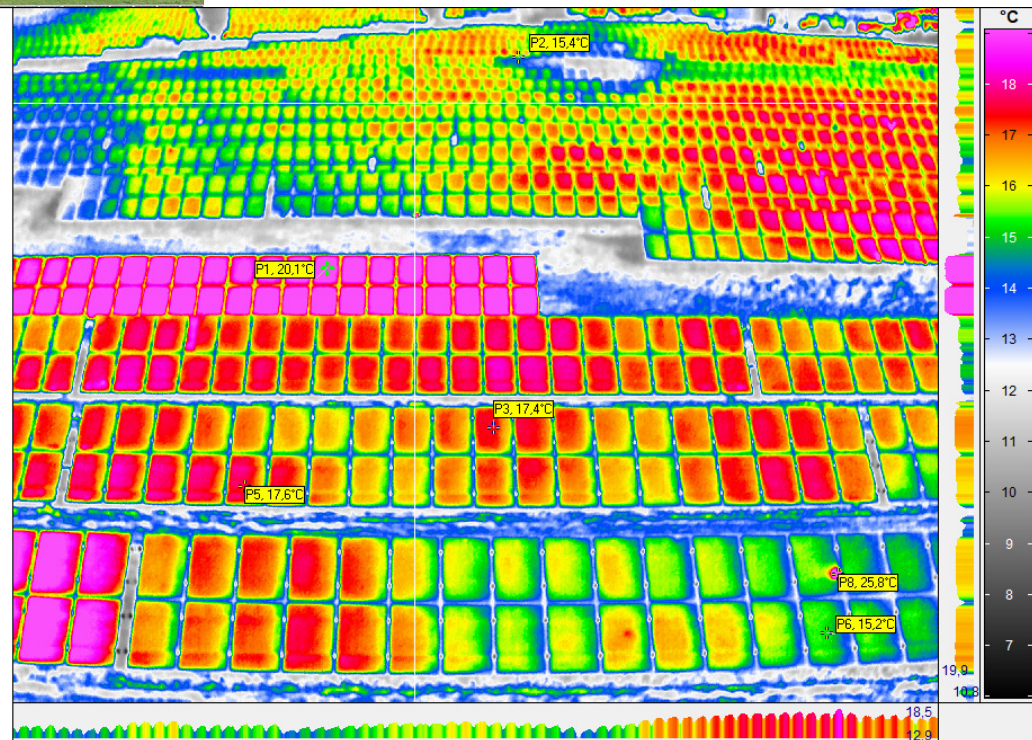


PV-Anlagen



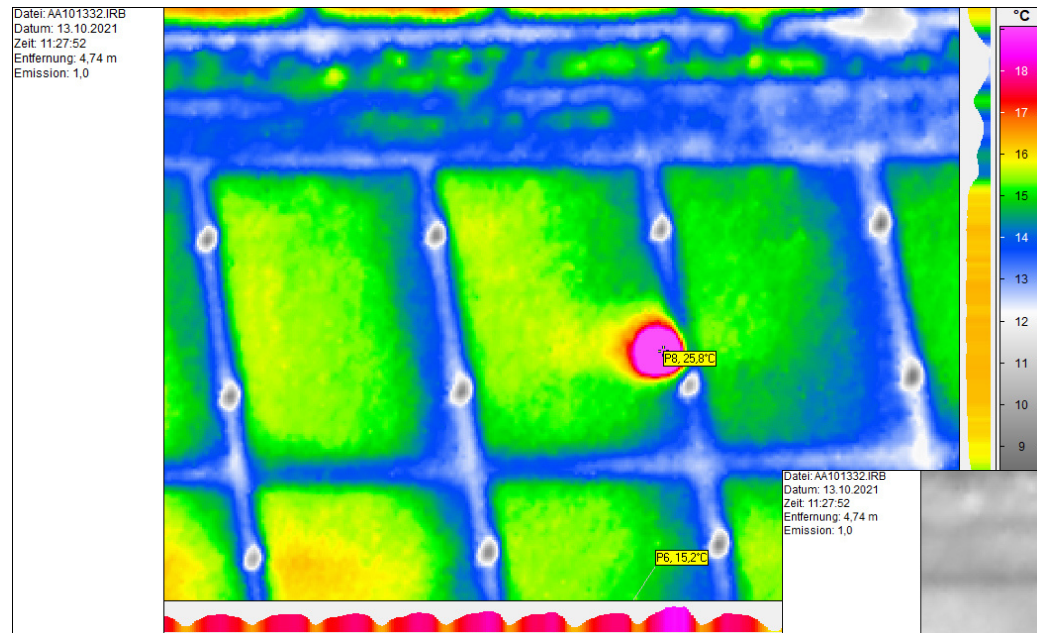
Referenzfoto

Datei: AA101332.IRB
Datum: 13.10.2021
Zeit: 11:27:52
Entfernung: 4,74 m
Emission: 1,0

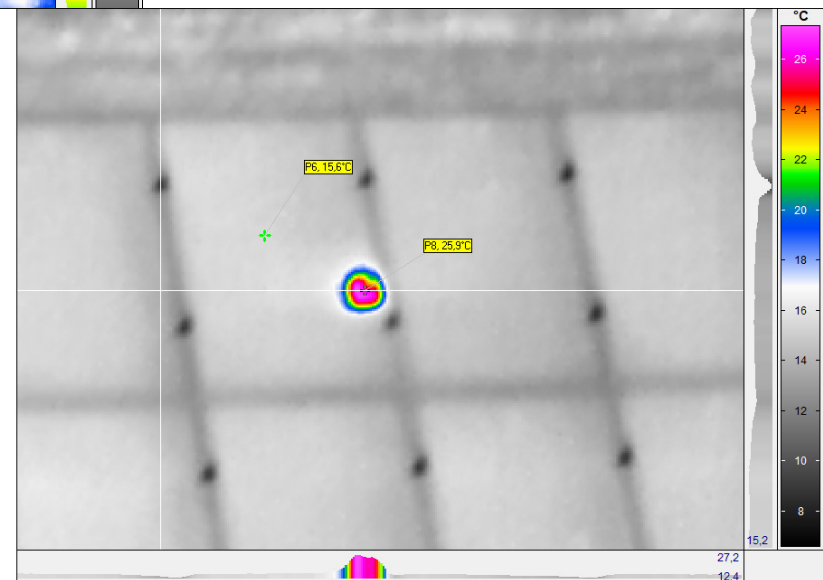


Thermografie

PV-Anlagen



Referenzfoto



Thermografie

Zusammenfassung

Allgemeine Voraussetzungen

- Anforderungen an das Personal
- Anforderungen an die Thermografiegeräte

Durchführung der thermografischen Untersuchung

- Meteorologische Randbedingungen
- Vorbereitung thermografischer Untersuchungen
- Einfluss der Messumgebung
- Einfluss des zu messenden Körpers (Oberfläche)
- Erfassung signifikanter Einflussgrößen
- Erstellung eines Untersuchungsberichtes

Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit!

Haben Sie Fragen?

