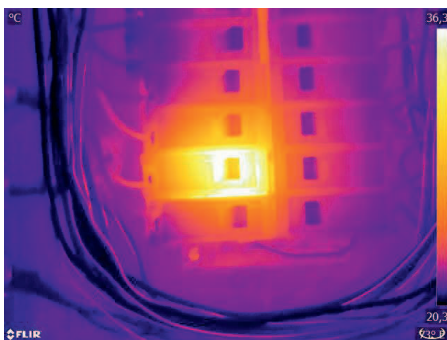
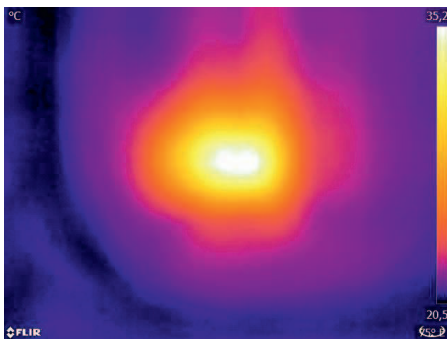


# Das Geheimnis eines guten Wärmebildes

Text **Christiane Buchgeister\***  
Bilder **Flir Systems**

**Wärmebildkameras haben sich in vielen beruflichen Umfeldern etabliert. Ihre Handhabung ist einfach, ein Wärmebild ist schnell gemacht. Dieses wird dann ebenso schnell einem Bericht als Nachweis beigelegt. Gerne wird dabei vergessen, dass ein Bild zu diesem Zweck bestimmten Anforderungen standhalten muss.**



Bilder 1 und 2: Auf dem nicht fokussierten Bild oben ist nur eine diffuse «Wärmewolke» erkennbar. Das fokussierte Bild unten zeigt deutlich, welches Objekt betrachtet wird, und wo es warm ist.

Was macht ein wirklich gutes Wärmebild aus? Wie in der Fotografie, gibt es auch in der Thermografie zahlreiche Möglichkeiten, ein aufgenommenes Bild nachzubearbeiten, sofern es als radiometrisches Bild gespeichert wurde. Doch nicht alle Einstellungen sind veränderbar und somit sind auch nicht alle Aufnahmefehler reparabel.

## 1. Die Unveränderlichen: Grundlagen für ein gutes Bild

### Fokus

Ein professionelles Wärmebild ist immer fokussiert und scharf. Das Objekt und das Wärmemuster müssen deutlich zu erkennen sein (Bilder 1 und 2).

Ein unscharfes Wärmebild wirkt nicht nur unprofessionell und erschwert die Identifizierung des Objektes und der Fehlerstelle. Es verursacht zudem Messfehler, die umso gravierender sind, je kleiner das Messobjekt ist. Auch wenn alle anderen Parameter richtig eingestellt sind, werden die Messwerte eines nicht fokussierten Wärmebildes mit hoher Wahrscheinlichkeit falsch sein (Bilder 3 und 4).

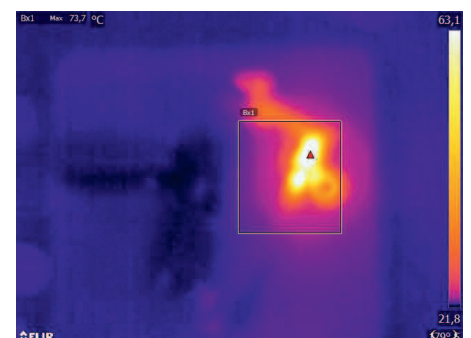
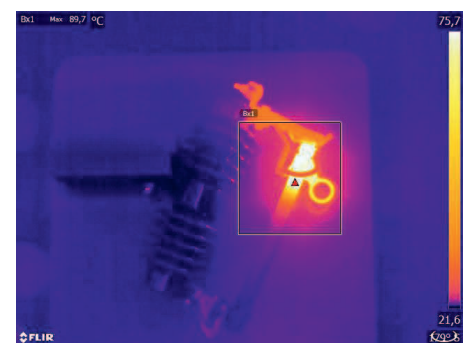
Selbstverständlich spielt auch die Grösse der Detektormatrix bei der Bildqualität eine Rolle. Bilder von Kameras mit kleineren Detektoren (d.h. mit weniger Pixeln) sind unschärfer oder «grober» und es entsteht leicht der Ein-

druck, sie seien nicht fokussiert. Dabei ist auch zu beachten, dass nicht jede Kamera fokussiert werden kann und in diesem Falle der Abstand vom Objekt die einzige Fokussiermöglichkeit darstellt.

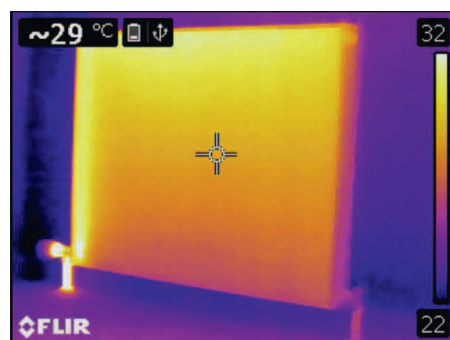
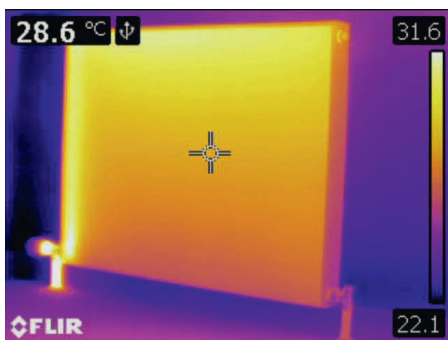
### Temperaturmessbereich

Bei handgehaltenen ungekühlten Mikrobolometerkameras ist die «Belichtungs-

Bilder 3 und 4: Fokussiertes Wärmebild (oben) mit Maximaltemperatur (Tmax) = 89,7 °C und nicht fokussiertes Wärmebild (unten) mit Tmax = 73,7 °C.



\* Leiterin Flir-Schulungszentrum ITC in Schweden



Bilder 5 bis 7: Wärmebildkamera Flir T440 mit den Temperaturmessbereichen -20 bis +120 °C (links), 0 bis +650 °C (Mitte) und +250 bis +1200 °C (rechts). Alle anderen Einstellungen sind unverändert.

zeit» durch die Bildwiederholfrequenz sozusagen voreingestellt. Somit kann nicht frei gewählt werden wie lange, und damit wieviel, Strahlung auf den Kameradetektor fällt. Deshalb muss ein passender Temperaturmessbereich gewählt werden, der der einfallenden Strahlungsmenge entspricht.

Bei Auswahl eines zu niedrigen Temperaturmessbereichs wird das Bild übersättigt, da Objekte höherer Temperatur mehr Infrarotstrahlung abstrahlen als kältere Objekte. Wird ein zu hoher Temperaturmessbereich gewählt, ist das Wärmebild sozusagen unterbelichtet und wird undeutlich, wie in den Abbildungen 5 bis 7 zu sehen ist.

Für eine Aufnahme beziehungsweise Temperaturmessung sollte daher der niedrigste mögliche in der Kamera verfügbare Temperaturmessbereich gewählt werden. Gleichzeitig muss dieser die höchsten Temperaturen im Bild abdecken.

**Bildausschnitt und Abstand zum Objekt**

Der Ausleuchtung in der Fotografie entspricht das Zusammenspiel von Objektstrahlung und reflektierter Umgebungsstrahlung, wobei letztere stört und zumindest Punktreflexionen vermieden werden sollten. Dies geschieht durch Aufsuchen einer geeigneten Aufnahme-position. Diese sollte so gewählt sein, dass auf dem Bild das Objekt von Interesse zu sehen ist und nicht verdeckt wird.

Wichtig ist auch, dass das zu untersuchende Objekt bzw. dessen interessanten Bereiche das Wärmebild ausfüllen. Dies gilt vor allem bei der Temperaturmessung von kleinen Objekten. Der Messfleck muss vom Objekt vollständig ausgefüllt sein, um eine korrekte Temperaturmessung zu ermöglichen. Da das Bildfeld und damit die Messfleckgröße durch die Entfernung zum Objekt und die Optik definiert sind, muss in diesen Fällen der Abstand zum Objekt verringert werden (näher ran!) oder ein Teleobjektiv gewählt werden (Bilder 8 und 9)

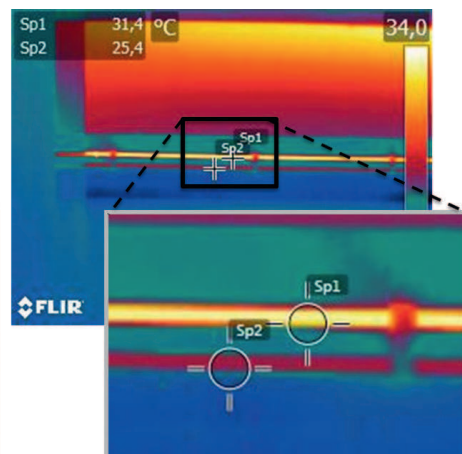
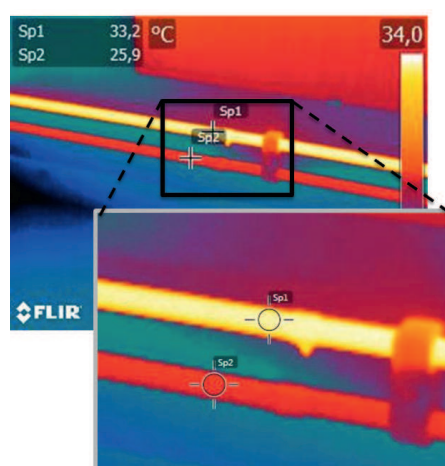
**2. Die Veränderlichen: Bildoptimierung und Temperaturmessung**

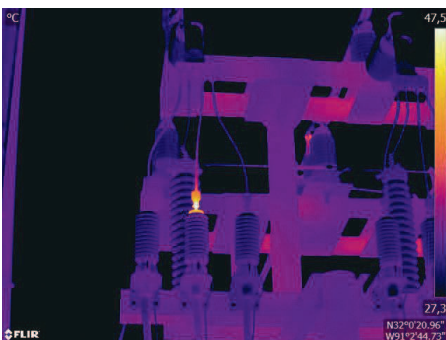
**Level und Span**

Nach der Wahl des geeigneten Messbereiches (siehe vorhergehenden Punkt «Temperaturmessbereich») erfolgt die Feinjustierung von Kontrast und Helligkeit im

Wärmebild durch das Anpassen des angezeigten Temperaturintervalls. Im manuellen Modus können die in der Palette verfügbaren Falschfarben gezielt auf die Temperaturen des Objektes von Interesse verteilt werden. Im automatischen Modus wählt die Kamera dage-

Bilder 8 und 9: Zu- und Rückklaufleitungen von Heizkörpern. Die linken Bilder wurden aus 1 m Entfernung aufgenommen, der Messfleck ist ausgefüllt und die Temperaturmessung korrekt. Die rechten Bilder wurden aus 3 m Entfernung aufgenommen, der Messfleck ist nicht vollständig ausgefüllt und die gemessenen Temperaturwerte sind falsch: 31,4 und 24,4 °C statt 33,2 und 25,9 °C.





Bilder 10 und 11: Wärmebild im automatischen Modus (oben) und im manuellen Modus (unten). Der angepasste Temperaturintervall erhöht den Kontrast im Bild und lässt die Fehlstelle deutlich werden.

gen die kälteste und wärmste scheinbare Temperatur im Bild als untere und obere Grenze des momentan angezeigten Temperaturintervalls (Bilder 10 und 11).

Eine gute, d.h. problemspezifische Skalierung des Wärmebildes ist ein wesentlicher Schritt bei der Interpretation des Bildes und wird leider häufig unterschätzt.

### Paletten und Isotherme

Paletten stellen Intervalle mit jeweils gleichen scheinbaren Temperaturen in unterschiedlichen Farben dar. Sie übersetzen also eine bestimmte Strahlungsintensität in eine spezifische Farbe. Häufig verwendete Paletten sind die Grau-, Eisen- und Regenbogenpalette (Bilder 12 bis 14, Seite 33). Grautöne sind besonders geeignet, um kleine geometrische Details aufzulösen, aber weniger

gut für die Anzeige kleiner Temperaturunterschiede. Die Eisenpalette ist sehr intuitiv und damit auch für Laien leicht zu verstehen. Sie bietet eine gute Balance zwischen geometrischer und thermischer Auflösung.

Die Regenbogenpalette ist bunter und wechselt zwischen dunklen und hellen Farben. Dadurch ergibt sich ein starker Kontrast, der bei Objekten mit unterschiedlichen Oberflächen oder vielen unterschiedlicher Temperaturen zu einem sehr unruhigen Bild führen kann.

Die Isotherme ist eine Messfunktion, die ebenfalls ein bestimmtes Intervall gleicher scheinbarer Temperatur, bzw. Strahlungsintensität in einer – von den Palettenfarben abweichender – Farbe darstellt. Mit ihr können Wärmemuster im Bild noch deutlicher hervorgehoben werden (Bilder 15 und 16, Seite 33).

### Objektparameter

Nicht nur das Wärmebild und seine visuelle Darstellung können bei radiometrisch gespeicherten Bildern nachbearbeitet werden. Es ist auch möglich, die Einstellungen zu ändern, die relevant für die Berechnung der Temperaturen sind.

Für die Praxis heisst das, dass zum Beispiel der Emissionsgrad und die reflektierte scheinbare Temperatur in Nachhinein geändert werden können. Sollte man feststellen, dass diese Parameter falsch eingestellt waren oder möchte man später weitere Messpunk-

### Thermografie-Schulungen in der Schweiz

Das «Infrared Training Center» von Flir Systems bietet Einführungs-, Grundlagen- und Anwender-Seminare an. Die Schulungen werden in der Schweiz in Deutsch, Französisch oder Englisch durchgeführt. Weitere Informationen und Schulungsdaten gibt es online:

[www.irtraining.eu](http://www.irtraining.eu)

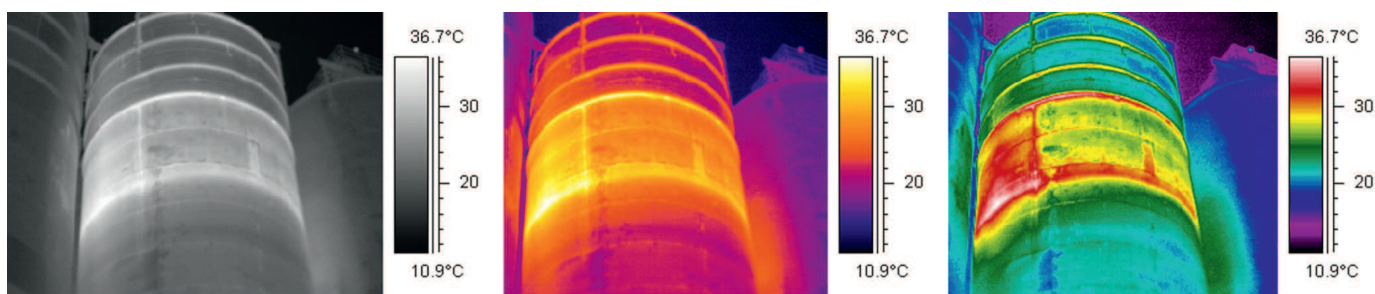


Bild 12 bis 14, von links nach rechts: Graustufen-, Eisen- und Regenbogenpalette.

te auf anderen Oberflächen hinzufügen, so werden die Temperaturmesswerte im Bild den Änderungen entsprechend neu und richtig berechnet.

### 3. Aufnahme: Hinweise für die Praxis

Die folgende Liste sammelt einige Tipps für die Praxis. Zu beachten gilt, dass sie keine vollständige Verfahrensbeschreibung darstellt.

- Sich vergewissern, dass die Kamera radiometrische Bilder aufnimmt.
- Geeignete Aufnahmeposition wählen: Beachten der Strahlungsverhältnisse und überprüfen, ob das Objekt frei sichtbar ist und in angemessener Größe und Position abgebildet werden kann.
- Überprüfen des Temperaturmessbereichs und darauf achten, dass er weiterhin passend gewählt ist, falls der Emissionsgrad geändert wird.
- Fokussieren.
- Ein Stativ für eine verwacklungsfreie Aufnahme verwenden.
- Eine thermische Bildoptimierung durchführen.
- Objektbezeichnung, Objektgröße, tatsächliche Entfernung, Umgebungsbedingungen und Betriebsbedingungen notieren.

Das Bearbeiten des Wärmebildes ist am Einfachsten am gespeicherten oder «eingefrorenen» Bild. Da nicht alles direkt vor Ort gemacht werden muss, können Gefahrenbereiche direkt nach der Auf-

nahme schnell verlassen werden. Wenn möglich, lieber einige Bilder mehr aufnehmen als eines zu wenig – auch aus unterschiedlichen Richtungen. So kann bei der Auswertung in Ruhe das Beste ausgesucht werden.

#### Solides Handwerk

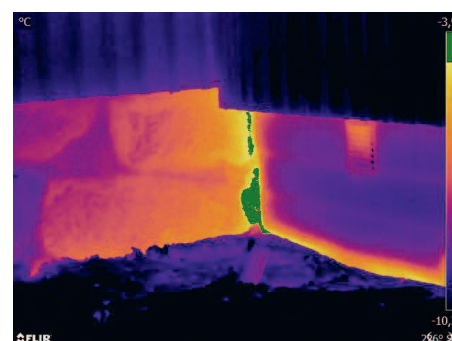
Um ein gutes Wärmebild aufzunehmen, bedarf es keiner Zaubertricks. Solides Handwerk und sauber ausgeführte Arbeit reichen aus. Viele der erwähnten Punkte mögen trivial klingen und – vor allem Hobbyfotografen – schon lange bekannt sein. Selbstverständlich spielt die Ausrüstung eine gewisse Rolle.

Mit besseren, sprich hochauflösenden Kameras können auch kleine Abweichungen schnell lokalisiert werden und ohne Fokussierungsmöglichkeit ist es schwieriger, ein scharfes Bild aufzunehmen.

#### Ohne Training geht es nicht

Dennoch sind hochwertige Kameras keine Garantie für gute Bilder, wenn schlecht gearbeitet wird. Die Grundlage für gutes und professionelles Arbeiten sind Ausbildung und Training im Bereich Thermografie, Austausch mit anderen Thermografen und natürlich die eigene praktische Erfahrung. ■

[www.flir.de](http://www.flir.de)



Bilder 15 und 16: Übergang zwischen der alten (links im Bild oben) und neueren (rechts) Grundmauer des Gebäudes. Die Isotherme (unten) verdeutlicht den Bereich der Luftleckage.