



## Wärmebildkameras für bauthermografische Anwendungen - Teil 1

Wärmebildkameras haben sich im Bausektor zum wahrscheinlich wichtigsten Werkzeug zur Detektion von bauphysikalischen Problemen und zur Steigerung der Energie-Effizienz entwickelt. Dieser Artikel beschreibt im ersten Teil die wichtigsten Einsatzbereiche im gewerblichen Sektor. Im zweiten Teil geht es dann um die wichtigsten Auswahlkriterien für die Anschaffung einer Wärmebildkamera.

### Teil 1: Bauthermografie bei gewerblich genutzten Immobilien

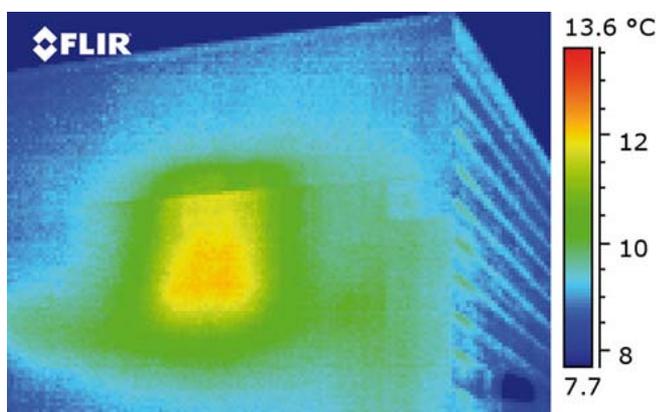
Die Möglichkeiten der Thermografie sind im Baubereich enorm. Daher konzentrieren wir uns hier beispielhaft auf einige wichtige Einsatzgebiete der Wärmebildtechnik: Die Erkennung von fehlerhafter Dämmung, Luftundichtigkeiten, Feuchtigkeit und Wärmebrücken sowie die Untersuchung von Flachdächern auf eingedrungenes Wasser.

### Fehlerhafte Dämmung und Luftundichtigkeiten

Die Wärmebildtechnik ist eine phantastische Methode, um Missstände bei Gebäuden aufzudecken, wie beispielsweise fehlende Dämmung, Putzablösungen und Kondenswasserbildung.

Bei Lagergebäuden mit gut isolierten vorgefertigten Wänden und Dächern kann es zu Energieverlusten im Bereich der Dichtungen zwischen diesen Bauelementen kommen.

Wenn mithilfe einer Wärmebildkamera nach fehlerhafter Dämmung oder Energieverlusten gesucht wird, sollten idealerweise mindestens 10 °C zwischen Außen- und Innentemperatur liegen. Bei Verwendung einer Wärmebildkamera mit einer hohen Bildauflösung und großer thermischer Empfindlichkeit kann der Temperaturunterschied auch kleiner ausfallen. In kalten Klimazonen werden Gebäudeinspektionen häufig im Winter durchgeführt. In wärmeren Klimazonen, wo es wichtig ist, die Dämmung zu überprüfen, damit die von einer Lüftung bzw. Klimaanlage erzeugte kühle Luft im Gebäude bleibt, bieten sich die Sommermonate für diese Art der Untersuchung an.



### Entdeckung von Luftundichtigkeiten

Luftundichtigkeiten führen zu höherem Energieverbrauch und verursachen oftmals Probleme im Bereich des Lüftungssystems. Durch sie kann es außerdem zu Kondenswasserbildung im Gebäude

# Wärmebildkameras für bauthermografische Anwendungen

kommen, was wiederum das Raumklima verschlechtert. Um mit einer Wärmebildkamera Luftundichtigkeiten auf die Spur zu kommen, braucht es einen Temperatur- und einen Druckunterschied. Mit einer Wärmebildkamera werden die typischen Temperaturmuster erfasst, die auftreten, wenn kalte Luft durch eine Ritze in das Gebäude eindringt, an einer Oberfläche entlang streicht und diese herunterkühlt. Eine Thermografie-Inspektion sollte immer auf der Gebäudeseite erfolgen, wo Unterdruck herrscht. Häufig werden Luftundichtigkeiten mithilfe des Differenzdruckverfahrens, auch »BlowerDoor«-Test genannt, aufgespürt.

## Erkennung von Feuchtigkeit

Am häufigsten sind Feuchtigkeitsschäden die Ursache für den verschlechterten Zustand eines Gebäudes. Luftundichtigkeiten können Kondensfeuchtigkeit verursachen, die sich in Mauern, Böden oder Decken niederschlägt. Feuchte Dämmstoffe trocknen nur sehr langsam und sind der ideale Nährboden für Schimmel und andere Pilze.

Mithilfe einer Wärmebildkamera lassen sich feuchte Stellen erfassen, an denen sich eventuell Schimmel bildet. Man kann sein Vorhandensein riechen, aber nicht sagen, wo er sitzt. Mithilfe einer Thermografie-Inspektion lässt sich bestimmen, wo sich feuchte Stellen befinden, aus denen sich möglicherweise ernstzunehmender Schimmelbefall entwickelt, der wiederum gesundheitliche Probleme nach sich ziehen kann.

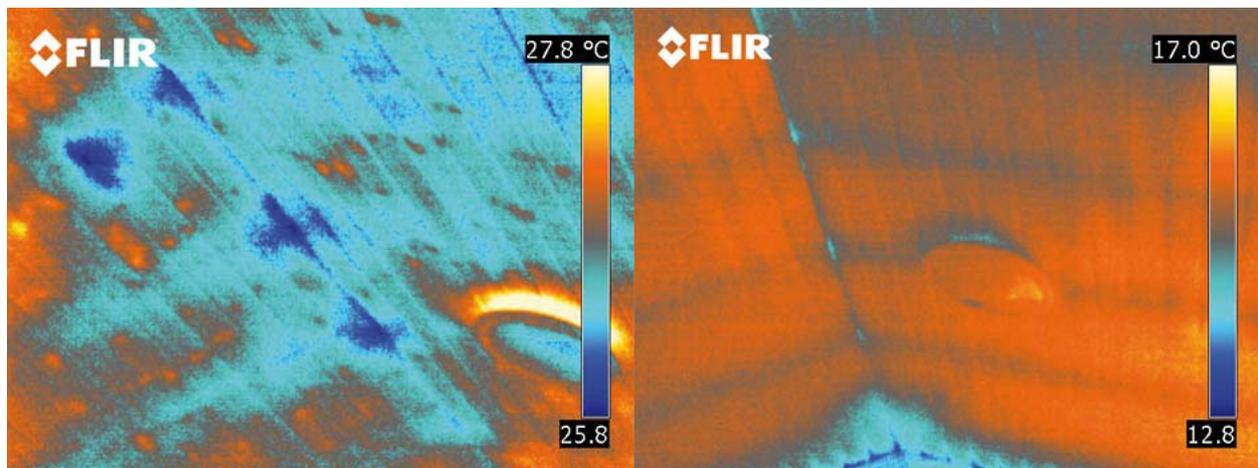
Feuchtigkeit ist manchmal schwierig zu entdecken, der Trick besteht darin, die Gebäudetemperatur zu verändern. Feuchte Materialien sind dann deutlich sichtbar, denn sie verändern ihre Temperatur viel langsamer als trockene Stoffe. Wo andere Verfahren nur an einem einzigen Punkt die Temperatur messen, können Wärmebildkameras die Werte eines ganzen Bereiches schnell erfassen.

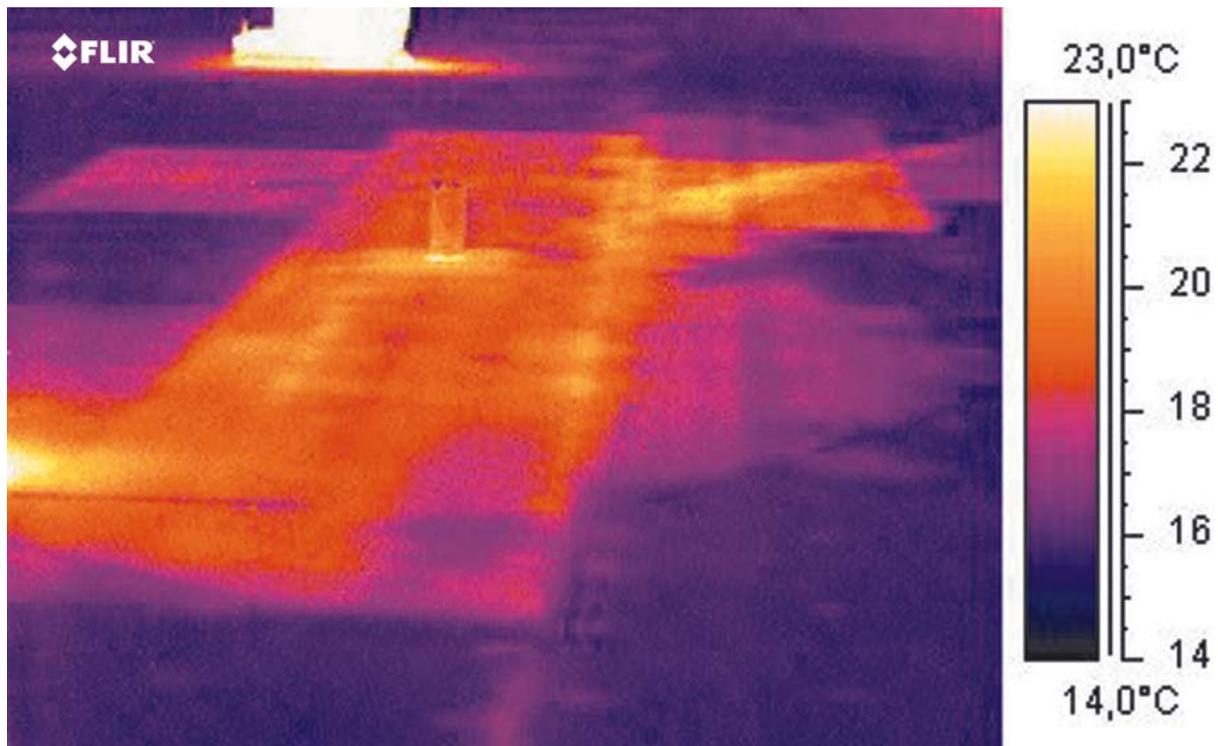
## Wärmebrücken

Eine weitere Anwendung ist beispielsweise die Lokalisierung von Wärmebrücken, die Stellen in einem Gebäude anzeigen, an denen Energie vergeudet wird. Als Wärmebrücke wird eine Zone bezeichnet, in der die Gebäudehülle einen niedrigeren thermischen Widerstand aufweist. Ursache dafür sind konstruktionsbedingte Mängel. Die Wärme folgt dem einfachsten Weg vom erwärmten Bereich nach außen hin, dem Weg des geringsten Widerstands.

Typische Folgen einer Wärmebrücke sind:

- Absenkung der Oberflächentemperaturen innen; im schlimmsten Fall endet dies mit Kondenswasserbildung, insbesondere in den Ecken.
- Deutliche Erhöhung der Wärmeverluste.
- Kalte Bereiche in Gebäuden.





In Flachdächern eingedrungenes Wasser lokalisieren

Die Wärmebildtechnik findet auch bei der Suche nach undichten Stellen in Flachdächern Anwendung. Wasser hält Wärme länger als der Rest des Dachmaterials und kann mit einer Wärmebildkamera am späten Abend oder bei Nacht, nachdem der übrige Teil des Daches abgekühlt ist, einfach erkannt werden. Feuchte Bereiche zu reparieren ist bedeutend kostengünstiger als die Erneuerung des kompletten Dachs.

Lesen Sie weiter im zweiten Teil, dort geht es um die wichtigsten Auswahlkriterien für die Anschaffung einer Wärmebildkamera.

## Wärmebildkameras für bauthermografische Anwendungen - Teil 2

Wärmebildkameras haben sich im Bausektor zum wahrscheinlich wichtigsten Werkzeug zur Detektion von bauphysikalischen Problemen und zur Steigerung der Energie-Effizienz entwickelt. Dieser Artikel beschreibt die wichtigsten Auswahlkriterien für die Anschaffung einer Wärmebildkamera. Im ersten Teil werden die wichtigsten Einsatzbereiche im gewerblichen Sektor erläutert.

# Wärmebildkameras für bauthermografische Anwendungen

## Teil 2: Die Wahl der passenden Wärmebildkamera

Im Wesentlichen sind sechs Anforderungen wichtig, wenn es darum geht, eine geeignete Kombination aus Wärmebildkamera, Software und Schulung zu finden:

1. Bildqualität
2. Thermische Empfindlichkeit
3. Genauigkeit
4. Kamerafunktionen
5. Software
6. Schulungsbedarf

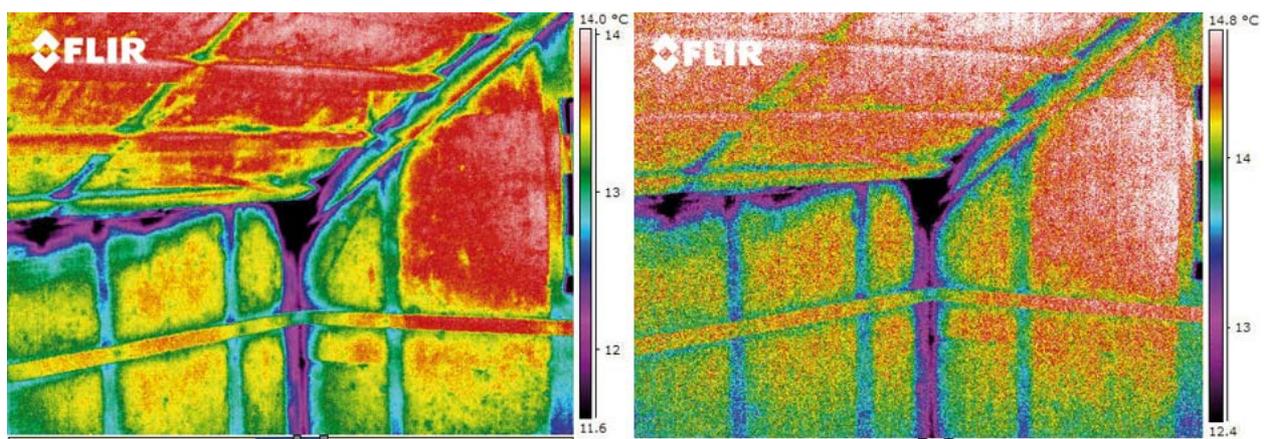
### 1. Bildqualität

Bildqualität oder Kameraauflösung sind wichtige Faktoren. Die preisgünstigsten Einstiegsmodelle haben eine Auflösung von 60 x 60 Pixeln, während die hochmodernen High-End-Modelle eine Auflösung von 640 x 480 Pixeln besitzen. Für anspruchsvollere Inspektionen ist die höchste mittlerweile Standard bei professionellen Thermografen. Eine Kamera mit 640 x 480 Pixeln hat 307.200 Messpunkte in einem Bild; das sind viermal mehr Daten als bei einer Kamera mit 320 x 240 Pixeln und 76.800 Messpunkten. Dadurch verbessert sich nicht nur die Messgenauigkeit, auch bei der Bildqualität gibt es einen riesigen Unterschied.

### 2. Thermische Empfindlichkeit

Die thermische Empfindlichkeit beschreibt, wie gering ein Temperaturunterschied sein kann, den die Kamera noch erkennt. Je besser die thermische Empfindlichkeit, desto kleiner der minimale Temperaturunterschied, den die Wärmebildkamera erfassen und darstellen kann. Die modernsten Wärmebildkameras für Gebäudeanwendungen haben eine thermische Empfindlichkeit von 0,03 °C (30 mK).

Eine hohe Kameraempfindlichkeit ist besonders wichtig bei Bau-Anwendungen mit in der Regel kleineren Temperaturunterschieden. Je größer die Empfindlichkeit, desto besser ist die Kamera in



der Lage, kleinste Details auch bei geringen Temperaturunterschieden zu erfassen.

### 3. Genauigkeit

Alle Messungen sind fehleranfällig, und leider machen auch Temperaturmessungen mit Hilfe der Wärmebildtechnik da keine Ausnahme. Hier kommt die Genauigkeit der Wärmebilder ins Spiel. In Datenblättern von Wärmebildkameras wird die Genauigkeit sowohl in Prozent als auch in Grad Celsius angegeben. Dies ist der Fehlerbereich, innerhalb dessen die Kamera arbeitet. Die gemessene Temperatur könnte entweder um den angegebenen Prozentsatz oder die absolute Temperatur von

# Wärmebildkameras für bauthermografische Anwendungen

dem tatsächlichen Temperaturwert abweichen, wobei der jeweils größere Wert gilt. Der derzeitige Industriestandard für die Genauigkeit liegt bei  $\pm 2\%$  /  $\pm 2\text{ °C}$ . Die fortschrittlichen Wärmebildkameras von FLIR Systems schneiden hier noch besser ab:  $\pm 1\%$  /  $\pm 1\text{ °C}$ .

## 4. Kamerafunktionen

### Emissionsgrad und reflektierte Umgebungstemperatur

Wie in dem vorhergehenden Kapitel beschrieben ist der Emissionsgrad des Objekts ein äußerst wichtiger Parameter, der berücksichtigt werden muss. Bei allen FLIR-Wärmebildkameras für Gebäudeanwendungen kann der Anwender Emissionsgrad und reflektierte Umgebungstemperatur einstellen. Wenn die Möglichkeit zur Anpassung der Parameter Emissionsgrad und reflektierte Umgebungstemperatur gegeben ist, macht dies einen enormen Unterschied. Beim Kauf einer Wärmebildkamera sollten Sie darauf achten, dass diese Funktionen implementiert sind.

### Manuelle Korrektur von Level und Span

Eine weitere wichtige Kamerafunktion ist die Möglichkeit zur manuellen Einstellung von Level und Span der angezeigten Wärmebilder. Ohne diese Funktion zeigt die Kamera automatisch alle Werte zwischen der niedrigsten und der höchsten Temperatur der Szene an. Manchmal interessiert sich der Bediener jedoch nur für einen kleinen Teil dieser Temperaturskala.

### Alarmer für Taupunkt, relative Luftfeuchtigkeit und Wärmebrücke

- Taupunktalarm: Als Taupunkt wird die Temperatur bezeichnet, bei der die Luftfeuchtigkeit in einem bestimmten Raumvolumen so groß ist, dass sie sich als Wasser niederschlägt. An diesem Punkt beträgt die relative Luftfeuchtigkeit 100%. Durch die entsprechende Einstellung einiger Parameter in der Kamera entdeckt der Taupunktalarm automatisch Bereiche, in denen es durch Defizite in der Gebäudestruktur dazu kommen kann.

- Alarm für relative Luftfeuchtigkeit: Unter bestimmten Bedingungen bildet sich Schimmel in Bereichen, wo die relative Luftfeuchtigkeit unter 100 Prozent liegt. Um solche Stellen aufzuspüren, kann nicht mit dem Taupunktalarm gearbeitet werden, denn er zeigt nur Bereiche mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100 Prozent an. Für Stellen mit weniger als 100 Prozent Luftfeuchtigkeit eignet sich der Alarm für relative Luftfeuchtigkeit. Sie können einen Wert für die relative Luftfeuchtigkeit festsetzen, an dem der Alarm anspricht.

- Wärmebrückenalarm: Der Wärmebrückenalarm spürt Bereiche auf, wo die Gebäudedämmung möglicherweise unzureichend ist. Er wird ausgelöst, wenn das Dämmungsniveau einen vorher für die Energieverluste über das Mauerwerk festgelegten Wert unterschreitet.

### Digitalkamera

Manchmal erweist es sich als schwierig, die auf einem Wärmebild abgebildeten Elemente wiederzuerkennen. In solchen Fällen ist es sehr hilfreich, wenn auch ein Tageslichtbild des Objektes gemacht wird. Darum besitzen die meisten FLIR Wärmebildkameras eine eingebaute Digitalkamera. Die meisten Bau-Profis, die Wärmebildkameras einsetzen, fordern, dass immer auch ein Realbild aufgenommen wird. Denn dadurch ist eine korrekte Zuordnung des Bildinhalts des Wärmebilds gewährleistet.

### Bild-im-Bild

## Wärmebildkameras für bauthermografische Anwendungen

Mit der Bild-im-Bild-Funktion kann der Anwender Bilder von Digitalkamera und Wärmebildkamera miteinander verbinden. Das kombinierte Bild zeigt einen Rahmen über dem Digitalbild mit einem Teil des Wärmebilds, der sich bewegen und in seiner Größe verändern lässt. Dadurch kann der Anwender Probleme einfacher lokalisieren.



<http://www.architekturzeitung.com/azbilder/2013/1304/waermebildkamera--55-ir.jpg>

### Thermal Fusion

Mit dieser Funktion kann der Anwender die beiden Bilder durch die Einstellung von Temperaturparametern nahtlos kombinieren, wobei innerhalb der Grenzwerte die thermischen Daten und außerhalb das Digitalfoto gezeigt wird. Damit lassen sich Probleme isolieren und Reparaturen effizienter durchführen.

### 5. Software

Nach der Durchführung der Inspektion müssen Sie deren Ergebnisse wahrscheinlich Ihren Kollegen oder Ihren Kunden vorstellen. Wärmebilder zu analysieren und verständliche Inspektionsberichte zu verfassen sind wichtige Aufgaben. Sie sollten sicherstellen, dass im Lieferumfang Ihrer Wärmebildkamera ein Basissoftware- Paket enthalten ist, um diese Aufgaben wahrzunehmen.

Die meisten Programme, die zusammen mit einer Wärmebildkamera geliefert werden, bieten die grundlegenden Funktionen für Analyse und Berichterstellung. Die Temperaturmessung an einem einzelnen Punkt und einige andere Basismesswerkzeuge gehören zum Lieferumfang. Wenn Sie mehr Analyse- und Berichterstellungsoptionen benötigen, sollte Ihnen der

# Wärmebildkameras für bauthermografische Anwendungen

Wärmebildkamerahersteller ein umfangreicheres Softwarepaket anbieten. Darin sollten beispielsweise folgende Funktionen enthalten sein:

- Flexibles Berichtdesign und -layout für individuell angepasste Berichte
- Leistungsstarke Temperaturanalysetools: Mehrfachmesspunkte, Bereiche, Messung des Temperaturunterschieds
- Triple Fusion Bild-im-Bild (verschiebbar, größenveränderlich, skalierbar)
- Trending-Funktion
- Erstellen von Formeln unter Verwendung der Messwerte der Wärmebilder
- Abspielen radiometrischer Sequenzen direkt im Bericht
- Suchfunktion zum schnellen Auffinden von Bildern für Ihren Bericht
- Panorama-Tool für das Zusammenfügen mehrerer Einzelbilder zu einem großen Bild

Ausgerüstet mit exakten Analysedaten und einem aussagekräftigen Inspektionsbericht wird es Ihnen gelingen, Ihrem Management bzw. Kunden klar zu zeigen, wo potentielle Problemstellen zu finden sind, und von den nötigen Präventivmaßnahmen zu überzeugen.

## 6. Schulungsbedarf

Wärmebildkamera-Weltmarktführer FLIR arbeitet mit dem Infrared Training Center (ITC) zusammen, ein auf der ganzen Welt agierendes Bildungsnetzwerk, das Schulungen in Übereinstimmung mit den weltweit geltenden Standards durchführt. Das ITC bietet von kompakten Einführungskursen bis zu Zertifizierungskursen alles an.