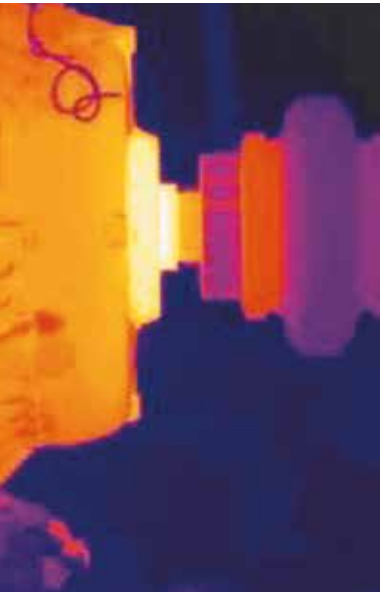
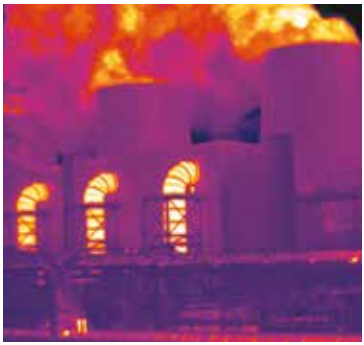
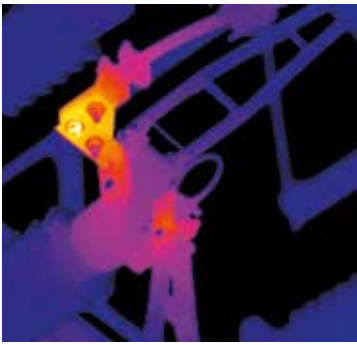
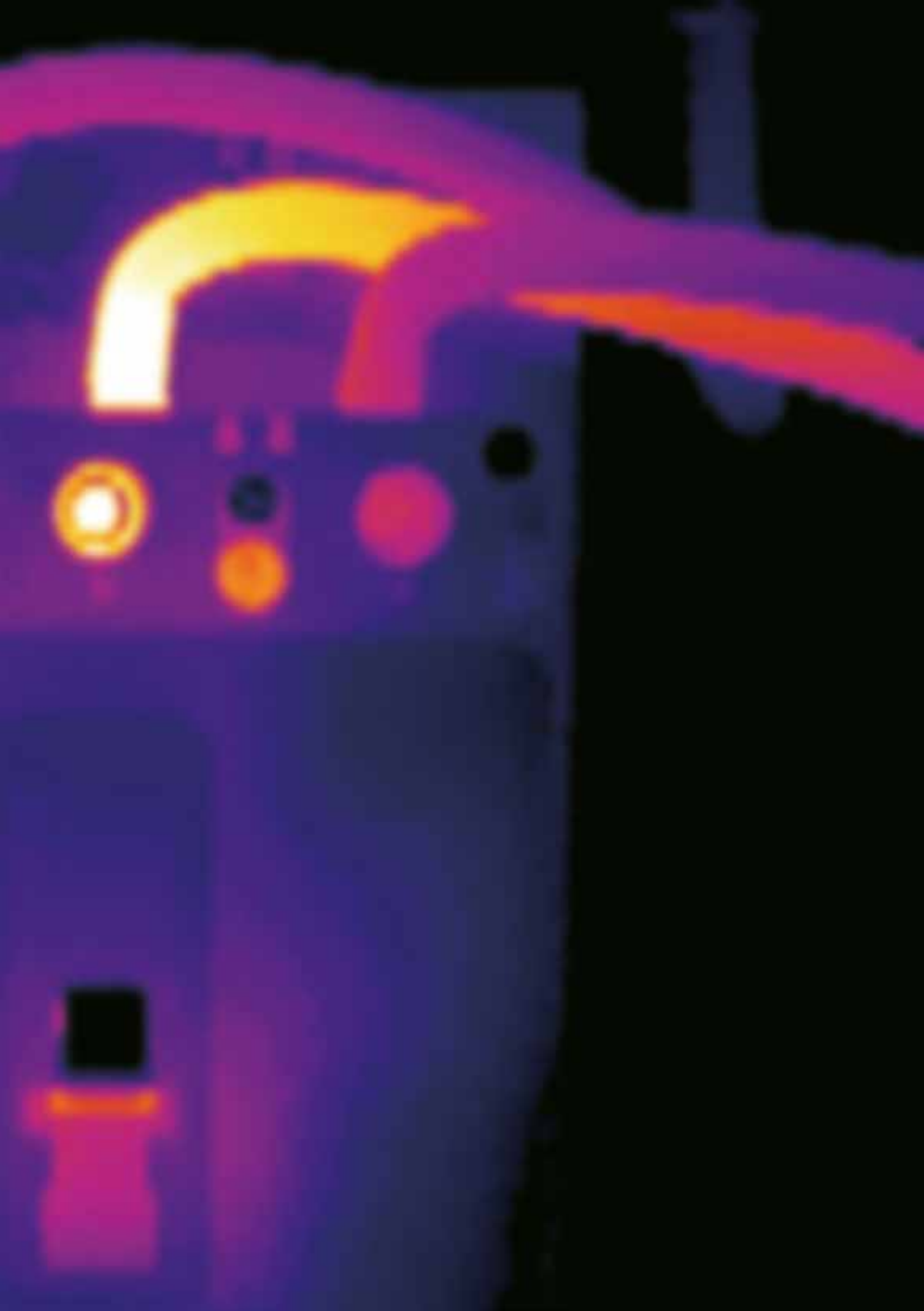


WÄRMEBILDTECHNIK-RATGEBER FÜR INDUSTRIELLE ANWENDUNGEN

Ein informativer Leitfaden für den Einsatz von Wärmebildkameras bei industriellen Anwendungen



Inhalt

		Seite
1.	Einführung	4
2.	Die Wärmebildkamera und ihr Funktionsprinzip	6
3.	Warum mit der Wärmebildtechnik arbeiten?	8
4.	Einsatz der Wärmebildtechnik für industrielle Anwendungen	12
5.	Die Wahl des richtigen Wärmebildkameraherstellers	24
6.	Thermische Physik für die Instandhaltung	26
7.	Die beste Lösung finden	30
8.	Die Durchführung thermografischer Inspektionen	42

Diese Broschüre wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Infrared Training Centre (ITC) produziert.
Alle Bilder dienen nur der Veranschaulichung.

TECHNISCHE ANGABEN UNVERBINDLICH. ÄNDERUNGEN VORBEHALTEN.
© Copyright 2011, FLIR Systems AB. Alle anderen Marken- und Produktnamen sind Warenzeichen der jeweiligen Inhaber.

Einführung

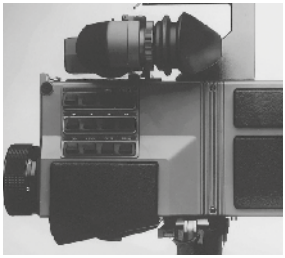
Seit die erste kommerzielle Wärmebildkamera 1965 von einem Unternehmen, aus dem später FLIR Systems wurde, für die Inspektion von Hochspannungsleitungen verkauft wurde, ist der Einsatz von Wärmebildkameras für die vorbeugende Instandhaltung bei industriellen Anwendungen ein wichtiges Marktsegment für FLIR geworden.

Seit dieser Zeit hat sich die Wärmebildtechnik stetig weiterentwickelt. Wärmebildkameras sind zu kompakten Systemen geworden, die äusserlich durchaus gängigen digitalen Videokameras oder Fotoapparaten ähneln. Ihre Bedienung ist einfach, und sie liefern klare Bilder mit hoher Auflösung in Echtzeit.

Die Wärmebildtechnik hat sich zu einem der wertvollsten Diagnoseverfahren im Bereich der elektrischen als auch der mechanischen Instandhaltung entwickelt. Durch die frühzeitige Entdeckung von Anomalien, die für das bloße Auge normalerweise unsichtbar sind, ermöglicht die Wärmebildtechnik die Planung und Durchführung von Korrekturmaßnahmen, bevor es zu teuren Systemausfällen kommt.

Wärmebildkameras sind ein einzigartiges Werkzeug, mit dem im Voraus geplant und festgelegt werden kann, wann und wo Instandhaltungsmaßnahmen erforderlich sind, da sich elektrische und mechanische Installationen häufig erwärmen, bevor sie ausfallen.
Wenn diese anfangs nur leicht erwärmten Stellen mit einer Wärmebildkamera aufgespürt werden, können vorbeugende Maßnahmen ergriffen werden. Dadurch lassen sich kostspielige Produktionsstillstände oder sogar Brände vermeiden.

Eine Wärmebildkamera ist ein zuverlässiges, berührungsfreies Instrument, mit dem die Temperaturverteilung an Oberflächen von ganzen Maschinen



Wärmebildkameras haben sich in den vergangenen 50 Jahren stark weiterentwickelt. FLIR Systems war immer ein Pionier der Wärmebildtechnik, der modernste Wärmebildkameras auf den Markt gebracht hat.

und elektrischen Betriebsmitteln schnell und exakt untersucht und dargestellt werden kann.

Instandhaltungsprogramme mittels Thermografie haben zu beachtlichen Kosteneinsparungen für unsere Kunden in aller Welt beigetragen.
Diese Broschüre ist ein detaillierter Leitfaden für Inspektionen im Rahmen der vorbeugenden Instandhaltung.

Bei einer solchen Inspektion muss auf viele Details geachtet werden. Neben dem Funktionsprinzip und der Bedienung der Wärmebildkamera ist es auch wichtig, die physikalischen Grundlagen der untersuchten elektrischen oder mechanischen Installation zu kennen und zu wissen, wie sie aufgebaut ist.

All diese Faktoren müssen berücksichtigt werden, wenn es darum geht, Wärmebilddaten zu verstehen, korrekt zu interpretieren und zu beurteilen. Es ist jedoch nicht möglich, alle Grundlagen, Konzepte und Einsatzmöglichkeiten von Systemen zur Analyse von Anwendungen im Bereich der vorbeugenden Instandhaltung in diesem Ratgeber zu behandeln. Daher kooperieren wir mit dem Infrared Training Centre (ITC), welches regelmäßige Schulungen speziell für Anwendungen im Bereich der industriellen Anwendungen anbietet.

FLIR Systems ist der Pionier der Wärmebildtechnik, der immer modernste Wärmebildkameras entwickelt und auf den Markt gebracht hat. So wurde auch die heute so verbreitete ungekühlte Wärmebildkameratechnik in den 90er Jahren von FLIR (damals AGEMA Infrared Systems) entwickelt und zur Marktreife gebracht.

Dieser Ratgeber stellt vor

- Wärmebildanwendungen im Bereich der industriellen Anwendungen
- Die Arbeitsweise einer Wärmebildkamera und wichtige Kriterien beim Kauf einer Kamera
- Praxistipps für gelungene Aufnahmen

Moderne Wärmebildkameras sind klein, sehr leicht und einfach zu bedienen.

1

Die Wärmebildkamera und ihre Funktionsweise

Eine Wärmebildkamera nimmt die Strahlungsstärke im Infrarotbereich des elektromagnetischen Spektrums auf und wandelt sie in ein sichtbares Bild um.

Sir William Herschel entdeckte die Infrarotstrahlung im Jahr 1800.

Was ist Infrarot?
Unsere Augen sind Detektoren, die für die Erkennung der elektromagnetischen Strahlung im sichtbaren Bereich des Spektrums ausgelegt sind. Alle anderen Formen elektromagnetischer Strahlung, wie die Infrarotstrahlung, sind für das menschliche Auge unsichtbar.

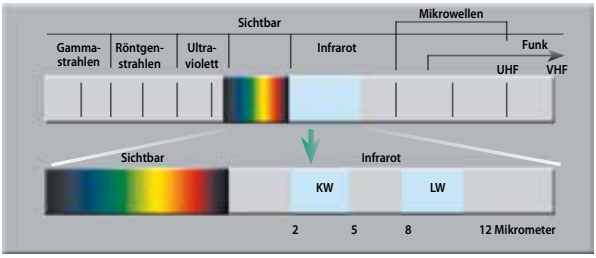
Die Existenz der Infrarotstrahlung wurde im Jahr 1800 von dem Astronomen Sir Frederick William Herschel entdeckt. Er interessierte sich für den Wärmeunterschied zwischen verschieden farbigem Licht und lenkte Sonnenlicht durch ein Glasprisma, um ein Spektrum zu erzeugen. Anschließend maß er die Temperatur jeder einzelnen Farbe. Dabei fand er heraus, dass die Temperaturen der Farben vom violetten zum roten Teil des Spektrums hin zunahmen.

Nachdem er dieses Muster erkannt hatte, beschloss Herschel, die Temperatur direkt hinter dem roten Anteil des Spektrums in einem Bereich zu messen, in dem kein Sonnenlicht sichtbar war. Zu seiner Überraschung stellte er fest, dass in diesem Bereich die höchste Temperatur herrschte.

Die Wellenlänge von Infrarotstrahlung im elektromagnetischen Spektrum liegt zwischen der des (für Menschen) sichtbaren Lichtes und der von Mikrowellen.

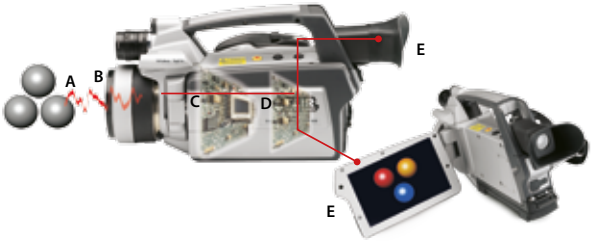
Die wichtigste Quelle von Infrarotstrahlung ist Wärme oder thermische Strahlung. Jeder Gegenstand, der eine Temperatur über dem absoluten Nullpunkt besitzt (-273,15 Grad Celsius oder 0 Kelvin) strahlt im Infrarotbereich. Selbst Dinge, die wir für sehr kalt halten, beispielsweise Eiswürfel, strahlen in diesem Wellenbereich.

Infrarotstrahlung erfahren wir jeden Tag. Die Wärme, die wir bei Sonnenlicht, einem Feuer oder nahe einem Heizkörper empfinden, ist Ausdruck dieser Strahlung. Obwohl unsere Augen sie nicht sehen, können die Nerven in unserer Haut diese Strahlung als Wärme fühlen. Je wärmer ein Gegenstand, desto mehr Infrarotstrahlung geht von ihm aus.



Die Wärmebildkamera

Die von einem Gegenstand ausgesendete Infrarotenergie (A) wird von den Optiken (B) auf einen Infrarotdetektor (C) fokussiert. Der Detektor sendet die Informationen zu einer Sensorelektronik (D), welche die Bildverarbeitung vornimmt. Die Elektronik übersetzt die vom Detektor kommenden Daten in ein Bild (E), das im Sucher oder auf einem standardmäßigen Videomonitor bzw. einem LCD-Bildschirm betrachtet werden kann.



Die Infrarot-Thermografie ist die Kunst der Umwandlung eines Infrarotbildes in ein radiometrisches Bild, aus dem sich Temperaturwerte ablesen lassen. Denn jeder Pixel im radiometrischen Bild ist eigentlich eine Temperaturmessung. Zu diesem Zweck sind komplexe Algorithmen in die Infrarotkamera integriert. Daher ist die Wärmebildkamera das perfekte Werkzeug für Inspektionen zur vorbeugenden Instandhaltung.

2 Warum mit der Wärmebildtechnik arbeiten?

Schneller, besser und effizienter bei niedrigeren Kosten produzieren. Um diese Ziele zu erreichen, müssen industrielle Anlagen störungsfrei in Betrieb sein: 24 Stunden täglich an 365 Tagen im Jahr.

Kein teures Abschalten, keine Zeitverschwendung.

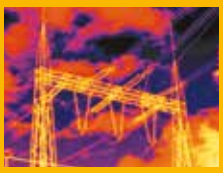
Wenn Sie mit der vorbeugenden Instandhaltung einer Anlage betraut sind, lastet wirklich eine ganz schöne Verantwortung auf Ihren Schultern.

Wenn Sie nur erkennen könnten, wann Komponenten anfangen auszufallen, dann wäre es ein Leichtes, den optimalen Zeitpunkt für Korrekturmaßnahmen zu bestimmen. Leider bleiben die größten Probleme unentdeckt, bis es zu spät ist.

Wärmebildkameras sind das perfekte Werkzeug, um Störungen vorauszusagen, da sie Unsichtbares sichtbar machen. Auf einem Wärmebild scheinen Ihnen die Schwachstellen geradezu ins Auge zu springen.

Damit Anlagen immer betriebsbereit sind, haben viele Industriebetriebe ihre Programme zur vorbeugenden Instandhaltung mit den wertvollsten Diagnosewerkzeugen für die vorbeugende Instandhaltung kombiniert, die auf dem Markt sind: Wärmebildkameras.

Fehlerhaft befestigte Verbindung



Inspektion von Hochspannungsleitungen

Verdächtige Walze

Überhitzter Motor

Schlechte Verbindung und innere Beschädigung

Innere Beschädigung einer Sicherung

Beschädigte Isolierung

Dampfabscheider

Ob Sie nun Hochspannungsanlagen überwachen, Niederspannungs-Schaltschränke, Motoren, Pumpen, Hochtemperaturanlagen, nach Isolierungsverlusten suchen ... Eine Wärmebildkamera ist das einzige Werkzeug, mit dem Sie das alles wirklich SEHEN können.

Aber was nun, wenn Sie keine Infrarotinspektionen regelmäßig durchführen? Ist es wirklich so dramatisch, wenn eine Niederspannungsverbindung ausfällt?

Neben dem Produktionsausfall gibt es eine noch größere Gefahr.

Feuer
Ein kleines elektrisches Problem kann extrem weitreichende Konsequenzen haben. Die Effektivität des elektrischen Netzes fällt ab, denn die Energie wird verbraucht, um Wärme zu erzeugen. Bleibt dies unentdeckt, kann die Temperatur so weit ansteigen, dass Verbindungen zu schmelzen beginnen. Und nicht nur das, es kann auch zu Funkenflug kommen, der die Umgebung in Brand setzt.

Die Auswirkungen eines Brandes werden oft unterschätzt. Neben der Zerstörung von Betriebsmitteln und Maschinen sind die immensen Kosten durch Produktionsausfälle, Wasserschäden und sogar Todesfälle unmöglich zu beziffern.

Etwa 35% aller Industriebrände entstehen durch elektrische Probleme und verursachen Verluste in Höhe von 300 Milliarden Euro pro Jahr.

Viele dieser Störungen lassen sich durch den Einsatz einer Wärmebildkamera vermeiden. Sie kann Sie bei der Entdeckung von Anomalien unterstützen, die normalerweise für das bloße Auge unsichtbar bleiben würden, und bei der Behebung von Schwachstellen, bevor die Produktion stillsteht oder ein Feuer ausbricht. Das ist nur einer der Gründe, aus denen Anwender von FLIR Wärmebildkameras von einer überdurchschnittlich schnellen Amortisierung ihrer Investition berichten.

Ein kleines elektrisches Problem kann weitreichende Konsequenzen haben.

Was spricht für den Einsatz von Wärmebildkameras?

Warum sollten Sie sich für eine Wärmebildkamera von FLIR entscheiden? Es gibt auch andere Technologien, mit denen Sie Temperaturen berührungsfrei messen können. Beispielsweise Infrarot-Thermometer.

Infrarot-Thermometer im Vergleich zu Wärmebildkameras
Infrarot (IR) Thermometer sind zuverlässig und sehr hilfreich, wenn es um das Ablesen der Temperaturwerte einzelner Punkte geht. Beim Abtasten großer Bereiche oder Bauteile werden jedoch leicht kritische Komponenten übersehen, die eventuell kurz vor einem Ausfall stehen und repariert werden müssen.

Eine FLIR-Wärmebildkamera kann ganze Motoren, Bauelemente oder Schaltertafeln in einem Vorgang untersuchen - und übersieht dabei keine überhitzten Gefahrenstellen, wie klein sie auch sein mögen.

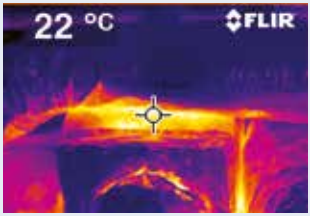
IR-Thermometer, Temperaturmessung an einem Punkt

FLIR i3, Temperatur an 3600 Punkten

Probleme schneller und einfacher mit sehr hoher Genauigkeit finden.
Mit einem IR-Punkt-Thermometer kann es leicht passieren, dass kritische Stellen übersehen werden. Eine reproduzierbare Dokumentation ist mit dieser Methode nicht möglich da nicht nachvollzogen, geschweige denn dokumetiert werden kann, wo und was gemessen wurde.
Eine FLIR-Wärmebildkamera untersucht ganze Komponenten und liefert unmittelbar Diagnoseergebnisse, die das volle Ausmaß der Probleme zeigen.

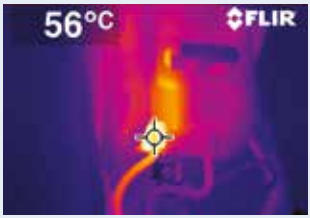
Verwenden Sie tausende Infrarot-Thermometer gleichzeitig
Mit einem Infrarot-Thermometer können Sie die Temperatur an einem einzelnen Punkt messen. Oft werden hierbei allerdings wichtige Faktoren wie z.B. Messfleckgröße oder nicht einzustellende reflektierte Temperatur unterschätzt und vernachlässigt. FLIR-Wärmebildkameras messen Temperaturen im gesamten Bildbereich. Die FLIR i3 hat eine Bildauflösung von 60 x 60 Pixeln. Dies entspricht dem gleichzeitigen Einsatz von 3600 IR-Thermometern. Bei der FLIR P660, unserem Topmodell mit einer Bildauflösung von 640 x 480 Pixeln, entsprechen die 307.200 Pixel dem gleichzeitigen Einsatz von 307.200 Infrarot-Thermometern.

Das sieht ein IR-Thermometer.



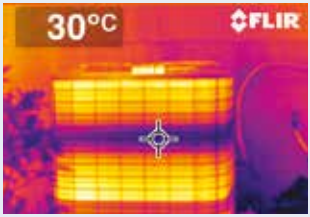
Das sieht eine Wärmebildkamera.

Das sieht ein IR-Thermometer.



Das sieht eine Wärmebildkamera.

Das sieht ein IR-Thermometer.



Das sieht eine Wärmebildkamera.

3 Einsatz der Wärmebildtechnik für die vorbeugende Instandhaltung

Wärmebildkameras für Inspektionen im Rahmen der vorbeugenden Instandhaltung sind leistungsstarke und nicht-invasive Werkzeuge zur Überwachung und Diagnose des Zustands elektrischer und mechanischer Anlagen und Komponenten. Mit einer Wärmebildkamera können Sie Probleme frühzeitig erkennen und dokumentieren. Die Behebung so erkannter Probleme kann geplant und durchgeführt werden, bevor sie schwerwiegender werden und teurer zu reparieren sind.

FLIR Wärmebildkameras:

- Sind so einfach zu bedienen wie ein Camcorder oder eine Digitalkamera
- Liefern Ihnen ein vollständiges Bild der Situation
- Ermöglichen die Durchführung von Inspektionen, wenn Systeme unter Last arbeiten
- Erkennen und lokalisieren das Problem
- Messen Temperaturen
- Speichern Informationen
- Können zur Dokumentation von Auffälligkeiten dienen
- Helfen Ihnen, thermische Auffälligkeiten zu erkennen, bevor echte Probleme auftreten
- Sparen Ihnen wertvolle Zeit und Geld

FLIR Systems bietet eine umfassende Palette an Wärmebildkameras. Ob Sie die Wärmebildtechnik für eine Inspektion großer Industrieanlagen oder die Untersuchung eines Sicherungskastens in einem Wohnhaus einsetzen, FLIR hat in jedem Fall die richtige Wärmebildkamera für Sie.

Ein Wärmebild, das exakte Temperaturdaten beinhaltet, liefert dem Instandhaltungsprofi wichtige Informationen über den Zustand des untersuchten Betriebsmittels. Diese Inspektionen lassen sich durchführen, während der Produktionsprozess voll im Gang ist, und in vielen Fällen kann der Einsatz einer Wärmebildkamera sogar bei der Optimierung des Prozesses selbst helfen.

Wärmebildkameras sind so ein wertvolles und vielseitiges Werkzeug, dass es uns nicht gelingen wird, alle möglichen Anwendungen aufzuzählen. Neue und innovative Verfahren für den Einsatz dieser Technologie werden Tag für Tag entwickelt. Einige der vielen Möglichkeiten für den Einsatz von Wärmebildkameras im Rahmen der vorbeugenden Instandhaltung werden in diesem Kapitel des Ratgebers erläutert.

Elektrische Systeme

Wärmebildkameras werden gemeinhin für Inspektionen elektrischer Systeme und Komponenten in allen Größen und Formen eingesetzt.

Die Vielzahl möglicher Anwendungen für Wärmebildkameras im Bereich elektrischer Systeme lässt sich in drei Kategorien einteilen: Hoch- Mittel- und Niederspannungsanlagen.

Hochspannungsanlagen

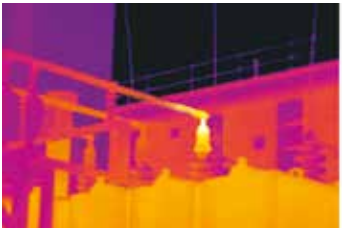
Wärme ist ein wichtiger Faktor bei Hochspannungsanlagen. Wenn ein elektrischer Strom durch einen Widerstand fließt, entsteht Wärme. Ein höherer Widerstand hat eine größere Erwärmung zur Folge.

Im Laufe der Zeit steigt der Widerstand elektrischer Verbindungen an, da sie sich z. B. Lösen und Korrosion auftritt. Durch den damit zusammenhängenden Temperaturanstieg können Komponenten ausfallen, und das wiederum hat unvorhergesehene Stromausfälle und sogar Verletzungen zur Folge. Außerdem verursacht die in Wärme umgesetzte Energie überflüssige Energieverluste. Unterbleibt die Inspektion, steigt die Wärme möglicherweise sogar so stark an, dass die Verbindungen schmelzen und zerstört werden; als Folge davon können Brände entstehen.

Beispiele von Störungen in Hochspannungsanlagen, die mit Hilfe der Wärmebildtechnik zu entdecken sind:

- Oxidation von Hochspannungsschaltern
- Überhitzte Verbindungen
- Fehlerhaft befestigte Verbindungen
- Defekte Isolatoren

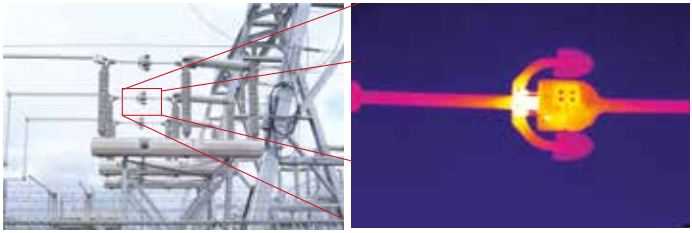
Diese und andere Probleme lassen sich frühzeitig mit einer Wärmebildkamera aufspüren. Sie können damit den Defekt exakt lokalisieren, die Schwere des Problems bestimmen und den Zeitrahmen für die Reparatur des Betriebsmittels aufstellen.



Die Aufnahme einer Trafostation mit einem weiten Blickwinkel kann schnell Bereiche zeigen, in denen Verbindungen mit ungewollt hohen Übergangswiderständen vorhanden sind. Keine andere Technologie für die vorbeugende Instandhaltung ist bei elektrischen Inspektionen so effizient wie die Wärmebildtechnik.

Einer der zahlreichen Vorteile der Thermografie ist die Fähigkeit, Inspektionen durchzuführen, während elektrische Systeme unter Last arbeiten. Da die Wärmebildtechnik ein berührungsfreies Diagnoseverfahren ist, kann ein Thermograf schnell ein bestimmtes Bauteil einer Anlage aus sicherer Entfernung untersuchen, zu seinem Büro zurückkehren und die Daten analysieren, ohne sich selbst in Gefahr zu bringen.

FLIR Wärmebildkameras für die vorbeugende Instandhaltung sind alle portabel und batteriebetrieben, daher können sie auch für Inspektionen im Außenbereich eingesetzt werden: Hochspannungsgeräte wie Trafostationen, Schaltanlagen, Transformatoren und Leistungsschalter im Außenbereich lassen sich schnell und effizient mit einer Wärmebildkamera von FLIR Systems untersuchen.



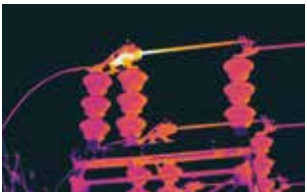
Mit Wärmebildkameras ist es möglich, Hochspannungsanlagen aus sicherer Entfernung zu untersuchen und damit die Sicherheit der Mitarbeiter zu verbessern.

Ein ausfallsicherer Betrieb hat für Energieversorger einen hohen Stellenwert, denn viele Kunden verlassen sich auf ihre Dienstleistungen. Daher sind Wärmebildinspektionen inzwischen fester Bestandteil von vorbeugenden Instandhaltungsprogrammen bei EVUs in aller Welt.

FLIR liefert modernste Wärmebildlösungen für Rund-um-die-Uhr-Überwachungsprogramme, die das lebenswichtige Stromversorgungsnetz jederzeit in Betrieb halten.

Realbild

Wärmebild



Thermal-Fusion-Bild

Die Inspektion einer Trafostation spürt überhitzte Komponenten auf.

Niederspannungsanlagen

Wärmebildkameras werden für Inspektionen elektrischer Systeme und Komponenten in allen Größen und Formen eingesetzt; dabei ist ihre Anwendung keineswegs nur auf große Hochspannungsanlagen beschränkt.

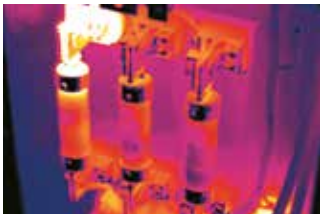
Elektrische Schaltschränke und Motorensteuerzentralen werden regelmäßig mit einer Wärmebildkamera untersucht. Unterbleibt die Inspektion, erhitzen sich diese möglicherweise so stark, dass die Verbindungen schmelzen und zerstört werden; als Folge davon können Brände entstehen.

Neben Wackelkontakten sind elektrische Systeme anfällig für asymmetrische Belastungen, Korrosion und einen Anstieg des Scheinwiderstands. Thermografische Inspektionen können heiße Stellen schnell ausfindig machen, die Schwere des Problems bestimmen und bei der Erstellung eines Zeitrahmens für die Reparatur unterstützen.

Beispiele von Störungen in Niederspannungsgeräten, die mit Hilfe der Wärmebildtechnik zu entdecken sind:

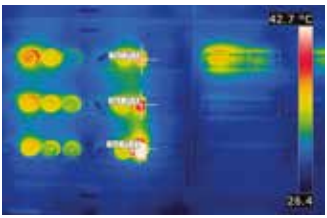
- Verbindungen mit hohem Übergangswiderstand
- Korrodierte Verbindungen
- Innere Beschädigung einer Sicherung
- Innere Defekte eines Trennschalters
- Schlechte Verbindungen und innere Beschädigung

Diese und andere Probleme lassen sich frühzeitig mit einer Wärmebildkamera aufspüren. Kostspielige Schäden und gefährliche Situationen sind dadurch vermeidbar.



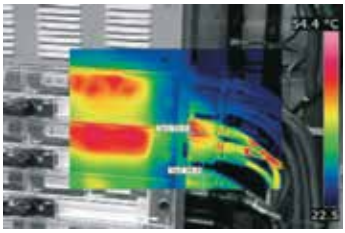
Überhitzte Verbindung

Schlechte Verbindung

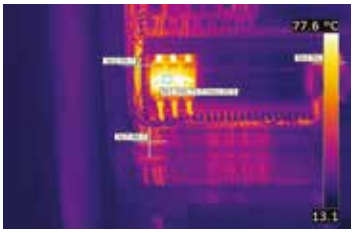


Dieses Wärmebild zeigt, dass die Last nicht gleichmäßig auf die Sicherungskästen verteilt ist.

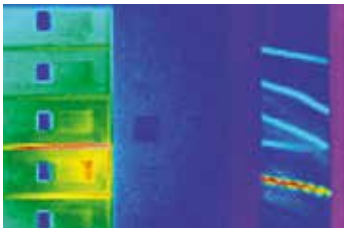
Ob Sie Wärmebildkameras für Niederspannungsinspektionen in Produktionsanlagen, Bürogebäuden, Krankenhäusern, Hotels oder Wohnanlagen einsetzen wollen, FLIR Systems hat genau die richtige Wärmebildkamera für jede dieser Aufgaben.



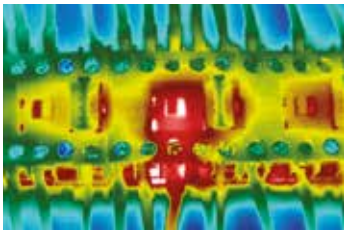
Dieses Thermal Fusion Bild zeigt eine überhitzte Verbindung.

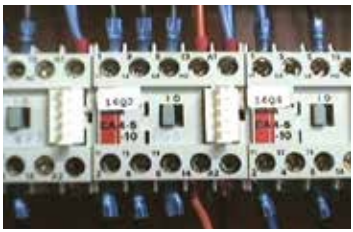


Die Sicherungen, die auf dem Wärmebild besonders deutlich hervortreten, sind überlastet und müssen ausgetauscht werden.



Durch Überhitzung einer defekten Verbindung kann ein Brand entstehen.





Die heiße Stelle zeigt einen Kurzschluss, der einen Brand auslösen kann.

Mechanische Anlagen

In vielen Industrien sind mechanische Systeme das Herz des Betriebs.

Die mit einer Wärmebildkamera gesammelten thermischen Daten können eine außerordentlich wertvolle Quelle zusätzlicher Informationen für Schwingungsuntersuchungen bei der Überwachung mechanischer Anlagen sein.

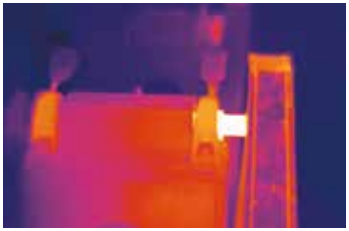
Mechanische Systeme heizen sich auf, wenn eine fehlerhafte Ausrichtung an einem Punkt des Systems vorliegt.

Förderbänder sind ein gutes Beispiel dafür. Eine abgenutzte Walze ist im Wärmebild unten eindeutig zu erkennen, so dass sie ersetzt werden kann.

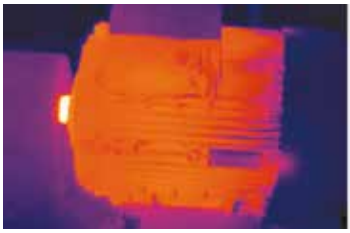
Normalerweise nehmen die Wärmeverluste zu, wenn mechanische Komponenten verschleißen und ihre Effektivität nachlässt. Folglich steigt die Temperatur fehlerhafter Anlagen oder Systeme vor einem Ausfall schnell an.

Bei einem regelmäßigen Vergleich von Werten einer Wärmebildkamera mit der thermischen Charakteristik einer Maschine im Normalbetrieb sind eine Vielzahl unterschiedlicher Störungen zu erkennen.

Verdächtige Walze



Überhitztes Lager



Dieses Wärmebild zeigt einen Motor im Normalbetrieb.

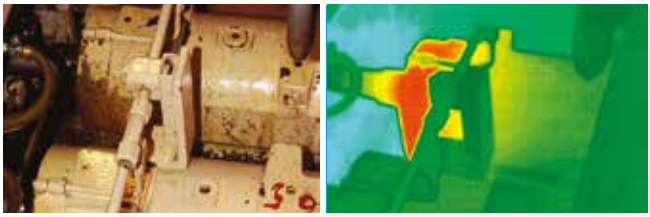
Auch Motoren lassen sich mit einer Wärmebildkamera untersuchen. Bei typischen Defekten von Motoren wie Kontaktverschleiß der Bürsten und Kurzschluss des Ankers tritt vor dem Ausfall normalerweise eine starke Wärmeentwicklung auf, die von einer Schwingungsanalyse nicht erkannt wird, da häufig nur wenige oder überhaupt keine zusätzlichen Schwingungen auftreten. Die Wärmebildtechnik liefert einen Gesamtüberblick und erlaubt außerdem, die Temperaturen verschiedener Motoren miteinander zu vergleichen.

Weitere mechanische Systeme, die mit Wärmebildkameras überwacht werden können, sind Kupplungen, Getriebe, Lager, Pumpen, Kompressoren, Riemen, Lüfter und Förderanlagen.

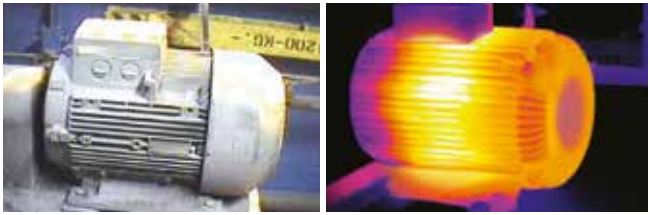
Typische Beispiele für mechanische Defekte, die mit der Wärmebildtechnik zu erkennen sind:

- Schmierprobleme
- Fluchtungsfehler
- Überhitzte Motoren
- Schwergängige Walzen
- Überlastete Pumpen
- Überhitzte Motorwellen
- Heiße Lager

Diese und andere Probleme lassen sich frühzeitig mit einer Wärmebildkamera aufspüren. Kostspielige Schäden sind dadurch vermeidbar und ein kontinuierlicher Produktionsablauf ist sichergestellt.



Motor: Lagerproblem.



Motor: Inneres Wicklungsproblem.

Rohrleitungen

Die Wärmebildtechnik liefert auch wertvolle Informationen zum Zustand der Isolierung von Rohren, Leitungen und Ventilen.

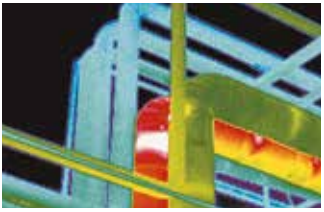
Die Untersuchung des Zustands des Isoliermaterials, mit dem Rohrleitungen verkleidet sind, kann von zentraler Bedeutung sein. Wärmeverluste aufgrund schlechter Dämmung sind im Wärmebild deutlich erkennbar, fehlerhaftes Isoliermaterial lässt sich dadurch schnell reparieren, und erhebliche Energieverluste oder andere Schäden treten erst gar nicht auf.

Prozessventile oder Dampfabscheider sind weitere gutes Beispiele für Komponenten im Umfeld von Rohrleitungen, die häufig mit Wärmebildkameras untersucht werden. Neben der Erkennung von Undichtigkeiten kann eine Wärmebildkamera auch eingesetzt werden, um zu bestimmen, ob ein Ventil offen oder geschlossen ist. Dies lässt sich selbst über größere Entfernungen feststellen.

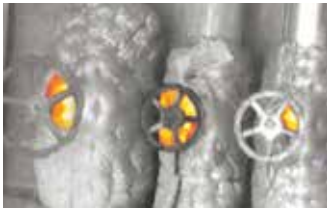
Beispiele für Defekte von Rohrleitungen, die mit der Wärmebildtechnik zu erkennen sind:

- Undichtigkeiten in Pumpen, Rohren und Ventilen
- Schadhafte Isolierungen
- Verstopfte Leitungen

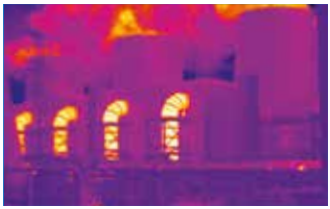
Alle Arten von Undichtigkeiten, verstopften Rohren und fehlerhafter Isolation lassen sich auf einem Wärmebild klar erkennen. Da ein Wärmebild schnell einen Überblick über eine ganze Anlage liefert, ist es nicht erforderlich, jedes Rohr einzeln zu überprüfen.



Beschädigte Isolierung



Wärmeverlust in einer Dampfanlage aufgrund nicht ausreichender Isolierung.



Überprüfung der Isolierung

Feuerfestauskleidungen und petrochemische Anlagen

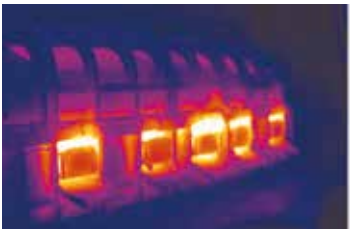
Eine große Zahl von Industriesektoren setzt Öfen und Kessel bei Fertigungsprozessen ein, aber die Feuerfestauskleidung für Öfen, Kessel, Drehrohröfen, Verbrennungsanlagen, Crack-Anlagen und Reaktoren ist anfällig für Verschleiß und Leistungseinbußen. Mit einer Wärmebildkamera können beschädigte feuerfeste Werkstoffe und der entsprechende Wärmeverlust problemlos lokalisiert werden, da sich die Wärmeübertragung deutlich auf einem Wärmebild erkennen lässt.

FLIR Wärmebildkameras liefern schnelle und exakte Diagnosen für die Instandhaltung aller Arten von Anlagen, bei denen Feuerfestauskleidungen eingesetzt werden.

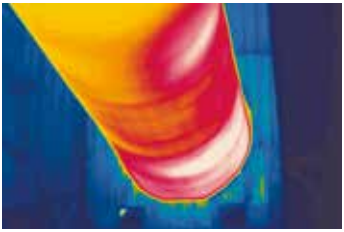
Außerdem werden Wärmebildkameras häufig in der petrochemischen Industrie eingesetzt. Sie liefern schnelle und exakte Diagnosen für die Instandhaltung von Öfen, den Umgang mit Verlusten durch Defekte in der feuerfesten Auskleidung und die Diagnose der Kühlrippen von Kondensatoren. Wärmetauscher können überprüft werden, um verstopfte Leitungen zu entdecken.

Darüber hinaus werden die Wärmebildkameras von FLIR Systems häufig für die Überprüfung von Crack-Anlagen verwendet. Viele Rohre und Leitungen in einem Cracker sind mit wärmebeständigem Schamottestein isoliert. Mit der

Untersuchung der feuerfesten Auskleidung in einem petrochemischen Reaktor



Defekt der feuerfesten Auskleidung



Zerstörung der feuerfesten Auskleidung eines Drehrohrofens in der Zementindustrie

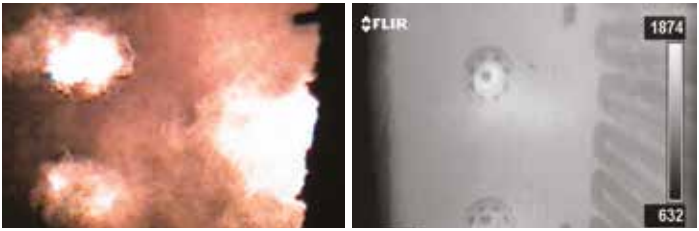
Untersuchung der feuerfesten Auskleidung am Schornstein eines Ofens.

Wärmebildtechnik lässt sich einfach erkennen, ob diese Isolierung noch intakt ist.
Aber Öfen und Kessel sind störanfällig aufgrund zahlreicher Ursachen. Unter anderem Verkokungen, die sich an der Rohrinnenwand festsetzen und dadurch den Durchfluss behindern, Schlackenbildung an der Außenwand von Rohrleitungen, Unterkühlung oder Überhitzung, Flächenbeflammung der Rohre aufgrund falscher Brennerausrichtung sowie auslaufende Produkte, die sich entzünden und die Anlage ernsthaft beschädigen.

Durch Flammen hindurch sehen
Ein ordnungsgemäßer Zustand der feuerfesten Auskleidung von Kessel- und Ofenanlagen lässt sich nicht allein mit Inspektionen von außen sicherstellen. Auch die Feuerfestauskleidung auf der Innenseite des Kessels oder Ofens muss untersucht werden. Konventionelle Inspektionsverfahren erfordern ein Herunterfahren der Anlage, damit eine Untersuchung von innen vorgenommen werden kann. Dies ist extrem kostspielig wegen des während der Stillstandszeit entstehenden Produktionsausfalls. Diese Verluste muss man jedoch nicht hinnehmen, da FLIR Systems auch spezielle Wärmebildkameras im Angebot hat, die für Inspektionen der Anlage von innen während des laufenden Betriebs eingesetzt werden können.

Der Flammenfilter, den FLIR in diese Wärmebildkameras integriert hat, ermöglicht diese Art der Anwendung. Flammen geben Infrarotstrahlung in verschiedenen Stärken und unterschiedlichen Wellenlängen ab. Bei bestimmten Wellenlängen im Infrarotspektrum strahlen Flammen sogar kaum Wärme ab. Ein Flammenfilter nutzt diese Tatsache, damit die Wärmebildkamera durch Flammen hindurch sehen kann.

Dank der Fähigkeit dieser FLIR Wärmebildkameras, durch Flammen hindurch zu sehen, kann der Anwender die Kessel- oder Ofenanlage während des laufenden Betriebs untersuchen. Dadurch entfällt nicht nur das Herunterfahren während der Inspektionen, die mit der Wärmebildkamera gesammelten Informationen können auch ein äußerst wichtiger Kontrollmechanismus für die sichere Steigerung der Produktionsmenge sein, und dies verbessert wiederum den Ertrag der Anlage deutlich.

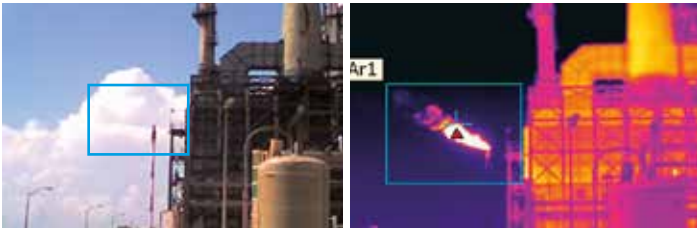


Einige FLIR Wärmebildkameras können die Temperaturen hinter den Flammen messen.

Weitere Anwendungen

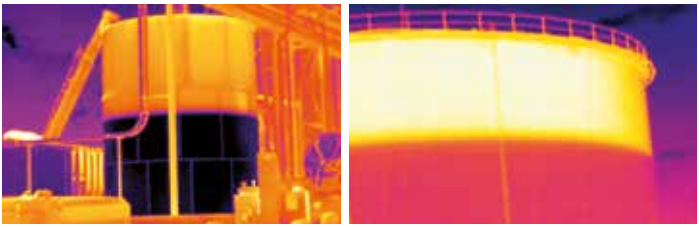
Neben den bereits erwähnten Anwendungen gibt es zahlreiche andere Einsatzmöglichkeiten, bei denen die Wärmebildtechnik ihre Stärken ausspielen kann.

Erkennung abgefackelter Gase
Während bestimmter Produktionsprozesse entstehen Gase, die abgefackelt werden. Die erzeugten Flammen sind unter Umständen für das menschliche Auge unsichtbar. Dennoch ist es von größter Bedeutung, sicher zu gehen, dass die Flamme brennt. Ansonsten könnten schädliche Gase in die Atmosphäre entweichen. Mit der Wärmebildtechnik lässt sich einfach überprüfen, ob die Flamme brennt oder nicht.



Eine Wärmebildkamera kann Flammen sichtbar machen, die man mit dem bloßen Auge nicht erkennt. Beachten Sie, dass die Flamme auf dem linken Bild unsichtbar ist.

Pegelerkennung in Behältern
Die Thermografie kann auch einfach zur Erkennung des Füllstands von Behältern eingesetzt werden. Dank der Emissionsgrad-Effekte oder der Temperaturunterschiede ist auf dem Wärmebild eindeutig der Flüssigkeitspegel in einem Behälter sichtbar.

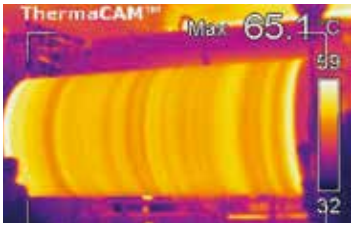


Diese Wärmebilder zeigen deutlich den Flüssigkeitspegel in den Lagerbehältern.

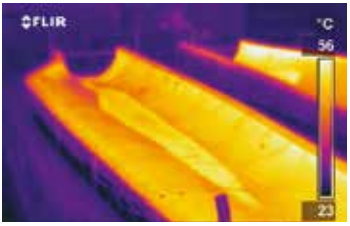
Weitere Anwendungen sind:

- Die Lokalisierung heißer Stellen bei Schweißrobotern
- Die Untersuchung von Werkstoffen für die Luftfahrt
- Die Kontrolle von Gießformen
- Die Überprüfung der Temperaturverteilung in Asphaltdecken
- Die Inspektion von Papierfabriken

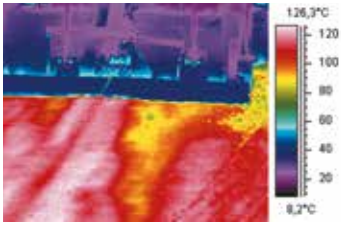
Heiße Stelle in einem Schweißroboter



Wärmebild einer Papierfabrik



Wärmebild einer Gussform



Asphaltdeckenherstellung

Ob Sie elektrische Anlagen, mechanische Betriebsmittel, Füllstände von Behältern, Anlagen mit Feuerfestauskleidung, Rohrleitungen, Fackelrohre und viele weitere Anwendungen untersuchen wollen, die Wärmebildtechnik ist das perfekte Werkzeug für alle vorbeugenden Instandhaltungssysteme.

FLIR Systems bietet Ihnen die perfekte Lösung auch für anspruchsvollste Anwendungen im Bereich der vorbeugenden Instandhaltung. Von unschlagbar preisgünstigen bis zu hochmodernen und voll ausgestatteten Wärmebildkameras, FLIR Systems bietet eine umfassende Produktpalette, aus der Sie die Wärmebildkamera, die am besten zu Ihren Anforderungen passt, auswählen können.

4 Die Wahl des richtigen Wärmebildkameraherstellers

Der Kauf einer Wärmebildkamera ist eine Investition auf lange Sicht. Wenn Sie beginnen, eine Kamera einzusetzen, könnte die Sicherheit ganzer Anlagen und der Mitarbeiter davon abhängen. Daher sollten Sie nicht nur die Wärmebildkamera auswählen, die optimal zu Ihren Anforderungen passt, sondern auch einen zuverlässigen Lieferanten, der Ihnen über einen langen Zeitraum Unterstützung bieten kann.

Ein gut eingeführter Hersteller sollte Ihnen folgendes bieten können:

- **Hardware**
  Unterschiedliche Anwender haben unterschiedliche Anforderungen. Daher ist es entscheidend, dass der Hersteller Ihnen eine umfassende Reihe von Wärmebildkameras bieten kann, die von preisgünstigen Einstiegsmodellen bis zu hochmodernen High-End-Modellen reicht, damit Sie aus dieser Palette die Kamera auswählen können, die optimal zu Ihren Anforderungen passt.

- **Software**
  Unabhängig von Ihrer Anwendung brauchen Sie Software zur Analyse der Wärmebilder und zur Erstellung von Berichten zu Ihren Entdeckungen für Kunden oder das Management. Wählen Sie eine Wärmebildkamera, die mit der passenden Software für Ihre Anwendung kombiniert werden kann.

- **Zubehör**
  Wenn Sie eine Wärmebildkamera regelmäßig einsetzen und alle Vorteile entdecken, die sie zu bieten hat, könnten sich Ihre Anforderungen im Laufe der Zeit ändern. Sorgen Sie dafür, dass Sie ein System haben, dass mit Ihren Anforderungen wachsen kann. Der Hersteller sollte in der Lage sein, Ihnen unterschiedliche Optiken, Zubehör usw. anzubieten.

- **Service**
  Obwohl die meisten Wärmebildkameras, die für Inspektionen im Rahmen der vorbeugenden Instandhaltung eingesetzt werden, nahezu wartungsfrei sind, sollte ein Servicezentrum in Ihrer Nähe sein, falls es ein Problem mit der Kamera gibt. Wärmebildkameras müssen auch von Zeit zu Zeit neu kalibriert werden. In beiden Fällen wollen Sie Ihre Kamera nicht ans andere Ende der Welt einschicken, sondern zu einem lokalen Reparaturzentrum, damit sie Ihnen so schnell wie möglich wieder zur Verfügung steht.

- **Schulung**
  Die Welt der Wärmebildtechnik beschränkt sich nicht nur auf die Handhabung der Kamera. Wählen Sie einen Hersteller, der Ihnen bei Bedarf gute Schulungen und Anwendungsunterstützung bieten kann.

5 Thermische Physik für die vorbeugende Instandhaltung

Um Wärmebilder korrekt interpretieren zu können, muss der Anwender wissen, in welcher Weise unterschiedliche Werkstoffe und Gegebenheiten die Temperaturwerte beeinflussen, die die Wärmebildkamera misst. Einige der wichtigsten Faktoren, die die abgelesenen Temperaturen beeinflussen, sind:

1. Thermische Leitfähigkeit
Unterschiedliche Werkstoffe haben unterschiedliche thermische Eigenschaften. Isolierstoffe erwärmen sich eher langsam, während sich Metalle beispielsweise schnell erwärmen. Dieses Phänomen wird thermische Leitfähigkeit genannt. Unterschiede in der thermischen Leitfähigkeit von zwei verschiedenen Materialien können in bestimmten Situationen zu großen Temperaturunterschieden führen.

2. Emissionsgrad
Um korrekte Temperaturen ablesen zu können, muss ein wichtiger Faktor berücksichtigt werden, den man Emissionsgrad nennt. Der Emissionsgrad ist die Effizienz, mit der ein Gegenstand Infrarotstrahlung abgibt. Und dies hängt sehr stark von den Materialeigenschaften ab.

Wenn Sie das Wärmebild betrachten, könnte der Eindruck entstehen, dass die goldene Farbe kälter als die Oberfläche des Bechers ist. In Wirklichkeit haben sie genau dieselbe Temperatur, der Unterschied in der Stärke der Infrarotstrahlung entsteht durch einen unterschiedlichen Emissionsgrad.

Es ist äußerst wichtig, dass der korrekte Emissionsgrad in der Kamera eingestellt wird. Ansonsten messen Sie falsche Temperaturen. Die Wärmebildkameras von FLIR Systems besitzen vorgegebene Einstellungen für den Emissionsgrad zahlreicher Materialien, und die übrigen Werte können einer Emissionsgrad-Tabelle entnommen werden.

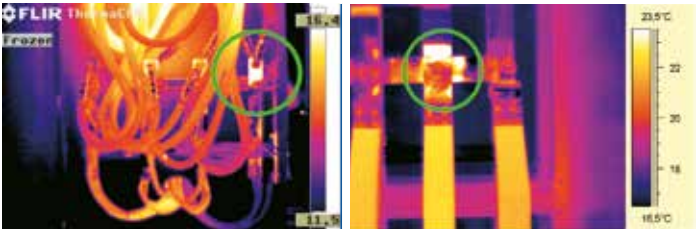
Bei dem Wärmebild auf der linken Seite ist der richtige Emissionsgrad für die menschliche Haut (0,97) eingestellt, und die abgelesene Temperatur zeigt den richtigen Wert (36,7 °C) an. Im Wärmebild auf der rechten Seite wurde der falsche Emissionsgrad eingegeben (0,15), und dadurch ergibt sich ein falscher Temperaturwert (98,3 °C).

3. Reflexion

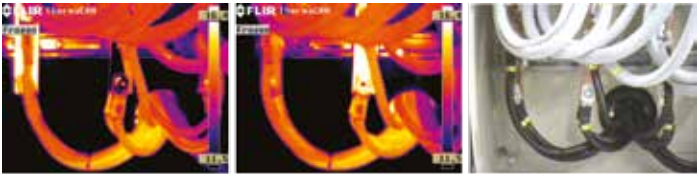
Einige Materialien reflektieren die Wärmestrahlung so stark, wie ein Spiegel sichtbares Licht reflektiert. Ein Beispiel dafür ist nicht oxidiertes Metall, vor allem, wenn es poliert ist. Durch Reflexionen werden Wärmebilder unter Umständen falsch interpretiert. Die Spiegelung der eigenen Wärmestrahlung des Anwenders könnte etwa zur Lokalisierung einer nicht vorhandenen heißen Stelle führen. Der Anwender sollte daher sorgfältig den Winkel wählen, in dem die Wärmebildkamera auf das Objekt gerichtet wird, um Reflexionen dieser Art zu vermeiden.

Das Fenster spiegelt die Wärmestrahlung, für eine Wärmebildkamera wirkt es daher wie ein Spiegel.

Wenn das Oberflächenmaterial des Gegenstands einen niedrigen Emissionsgrad besitzt - wie das bereits erwähnte nicht oxidierte Metall - und zwischen dem Gegenstand und der Umgebungstemperatur ein großer Temperaturunterschied besteht, beeinflusst die Reflexion der Umgebungstemperatur die von der Wärmebildkamera gemessenen Temperaturen. Zur Lösung dieses Problems hat FLIR



Diese beiden 'heißen Stellen' könnten wie warme Bereiche wirken, aber dieser Eindruck entsteht durch die Reflexionen der nicht oxidierten Metalloberflächen. Ein Anhaltspunkt ist die Tatsache, dass echte heiße Stellen normalerweise ein gleichmäßiges Muster haben, Reflexionen hingegen nicht.



Dass die 'heiße Stelle' im mittleren Bild verschwindet, wenn die Position der Wärmebildkamera leicht verändert wird, zeigt eindeutig, dass diese scheinbare 'heiße Stelle' durch Reflexionen entsteht. Auch dies kann der Orientierung dienen.

in seine Wärmebildkameras eine Option integriert, mit der sich die Umgebungstemperatur einstellen lässt und die reflektierte Umgebungstemperatur kompensiert werden kann.

Ein geeignetes Verfahren, mit dem sich der korrekte Emissionsgrad und die Einstellungen der Reflexion sicherstellen lassen, besteht in der Verwendung eines Streifens mit bekanntem Emissionsgrad (normalerweise in der Nähe von 1), der auch 'Kalibrierungsstreifen' genannt wird. Dieser Streifen wird am Oberflächenmaterial des Objekts befestigt und dort einige Minuten gelassen, lange genug, um dessen Oberflächentemperatur anzunehmen. Unter Verwendung des bekannten Emissionsgrads wird die exakte Temperatur des Streifens bestimmt. Da diese Temperatur mit der des Oberflächenmaterials identisch ist, kann der Anwender dann die Einstellungen des Emissionsgrads ändern (und gegebenenfalls die Einstellungen der Reflexion), so dass die gemessene Temperatur mit der kurz vorher vom Kalibrierungsstreifen abgelesenen Temperatur übereinstimmt.

4. Wetterbedingungen

Umgebungstemperaturen können einen großen Einfluss auf die gemessenen Temperaturen haben. Hohe Umgebungstemperaturen können heiße Stellen überdecken, da sie das ganze Objekt aufheizen, während niedrige

Dieses Wärmebild sieht recht sonderbar aus, wenn man die Umstände nicht kennt, unter denen es aufgenommen wurde. Die Kabel sind überhaupt nicht belastet. Sie befinden sich in einem warmen Raum, und die nicht oxidierten Metalloberflächen reflektieren die warme Umgebungstemperatur.

Umgebungstemperaturen die heißen Stellen auf eine Temperatur abkühlen könnten, die unter einem vorab festgelegten Schwellwert liegt.

Es versteht sich von selbst, dass direktes Sonnenlicht auch einen großen Einfluss hat; direktes Sonnenlicht und Schatten beeinflussen möglicherweise das thermische Muster auf einer Oberfläche sogar noch viele Stunden nach dem Ende der Bestrahlung. Diese durch Sonnenlicht entstandenen Muster sollten nicht mit Mustern verwechselt werden, die durch Wärmeübertragung erzeugt werden. Ein weiterer Wetterfaktor, der berücksichtigt werden muss, ist der Wind. Luftströme kühlen das Oberflächenmaterial ab und verringern die Temperaturunterschiede zwischen heißen und kalten Bereichen.

Ein weiterer offensichtlicher Faktor, der Wärmebildinspektionen sinnlos machen kann, ist Regen, da er das Oberflächenmaterial abkühlt. Selbst nach dem Ende des Regens kühlt das verdampfende Wasser noch das Oberflächenmaterial ab. Dies kann unzweifelhaft irreführende Temperaturmuster zur Folge haben.

5. Heizungs- und Lüftungssysteme

Äußere Einflüsse auf Oberflächentemperaturen sind auch im Innenbereich möglich. Die Umgebungstemperatur kann die Oberflächentemperatur des Objektes beeinflussen, aber es gibt noch einen weiteren Faktor: Klimaanlagen. Heizungsanlagen erzeugen Temperaturunterschiede, die irreführende Temperaturmuster zur Folge haben können. Kalte Luftströme von Ventilatoren oder Klimaanlagen haben eventuell den entgegengesetzten Effekt, da sie das Oberflächenmaterial abkühlen, während die Komponenten unter der Oberfläche heiß sind. Potentielle Defekte bleiben dadurch unter Umständen unentdeckt.

6 Finden der besten Lösung

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

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

1. Kameraauflösung
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.

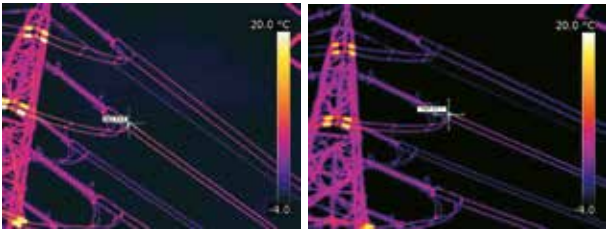
Die Wärmebildkameras mit einer Auflösung von 320 x 240 oder 640 x 480 Pixeln liefern eine höhere Bildqualität. Für anspruchsvollere Inspektionen ist die Auflösung von 640 x 480 Pixeln mittlerweile Standard bei professionellen Thermografen.

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.

Mit hoher Bildauflösung sieht und misst man genauer und versteht die Bildinformationen besser.

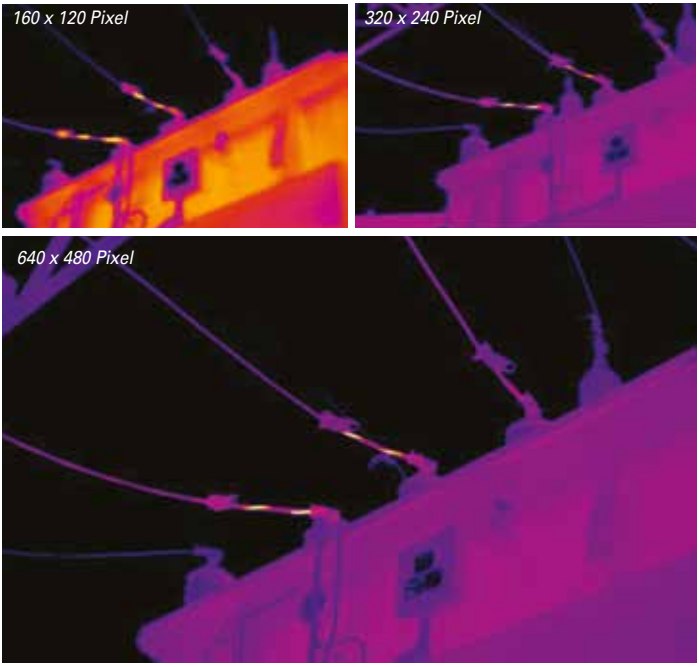
Wärmebild: 640 x 480 Pixel

Wärmebild: 320 x 240 Pixel

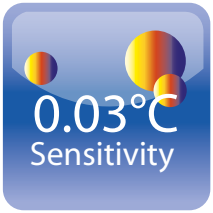


Bessere Bildauflösung bedeutet auch größere Messgenauigkeit. Das Wärmebild mit 640 x 480 Pixeln auf der linken Seite zeigt eine Temperatur von 63,9 °C, während das Bild mit 320 x 240 Pixeln auf der rechten Seite 42,7 °C anzeigt.

Bei Verwendung einer Kamera mit höherer Bildauflösung können Sie ein größeres Objekt mit nur einem Bild abdecken. Ist die Bildauflösung geringer, werden mehr Bilder benötigt, um denselben Bereich mit derselben Detailgenauigkeit zu erfassen. Mit einer 640 x 480 Pixel Kamera und einem 45°-Objektiv lässt sich ein Bereich von etwa 4 m x 3 m aus einer Entfernung von 5 m mit nur einem Bild untersuchen. Für die Inspektion derselben Anlage mit einer 320 x 240 Pixel Kamera, die auch mit einem 45°-Objektiv ausgestattet ist, sind vier Bilder aus der halben Entfernung erforderlich. Dadurch steigert sich nicht nur die Effizienz vor Ort, eine geringere Anzahl von vor Ort aufgenommenen Bildern spart auch Zeit bei der Berichterstellung.



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. Normalerweise wird die thermische Empfindlichkeit in °C oder mK angegeben. Die modernsten Wärmebildkameras für vorbeugende Instandhaltung haben eine thermische Empfindlichkeit von 0,03 °C (30 mK).

Die Entdeckung so geringer Temperaturunterschiede ist bei den meisten Wärmebildanwendungen entscheidend. Eine hohe Kameraempfindlichkeit ist besonders wichtig bei industriellen Anwendungen mit kleinen Temperaturunterschieden. Diese geringen Unterschiede können sowohl für die Diagnose des Problems als auch für die Planung weiterer Aktionen entscheidend sein.

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 dem tatsächlichen Temperaturwert abweichen, wobei der jeweils größere Wert gilt.

Der derzeitige Industriestandard für die Genauigkeit liegt bei ±2 % / ±2 °C absolut, also vom gemessenen Wert – hier achten Sie bitte auf Spezifikationen die diese Genauigkeiten auf den gesamten industriellen Anwendungen garantieren – dies bedeutet i.d.R. eine wesentliche Verschlechterung der Genauigkeit. Die fortschrittlichsten Wärmebildkameras von FLIR Systems schneiden hier noch besser ab: ±1 % / ±1 °C.

4. Kamerafunktionen

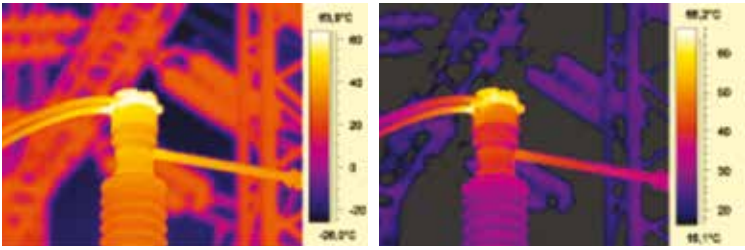
Emissionsgrad und Reflexion

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

Manuelle Korrektur von Spanne und Bereich

Eine weitere wichtige Kamerafunktion ist die Möglichkeit zur manuellen Einstellung von Spanne und Bereich der angezeigten Wärmebilder. Ohne diese Funktion erkennt die Kamera automatisch die maximale und minimale Temperatur der gesamten Szene und stellt alle Temperaturen innerhalb dieses Bereichs dar. Manchmal interessiert sich der Bediener jedoch nur für einen kleinen Teil dieser Temperaturskala. Ein Anwender untersucht beispielsweise die Hochspannungsleitungen entlang eines Mastes an einem kalten Tag.

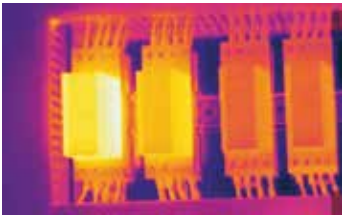
Wenn sich die Kamera im Automatikmodus befindet, zeigt sie alle Temperaturen von dem kalten Hintergrund (Himmel) (z. B. 8 °C) bis zur wärmsten Temperatur der Hochspannungsleitung (z. B. 51 °C) an. In diesem Wärmebild erscheint der gesamte Hochspannungsmast als ein einfarbig warmer Bereich. Wenn jedoch die minimale Temperatur von 8 °C auf 24 °C angehoben wird, werden plötzlich alle Temperaturunterschiede zwischen den verschiedenen Komponenten auf dem Wärmebild sichtbar, und der Anwender kann die überhitzte Verbindung besser erkennen.



Zwei Versionen desselben Bildes: mit automatischer Einstellung (links) und thermisch auf das Bauteil abgestimmt (rechts). Die Temperaturspanne des automatisch eingestellten Bildes ist zu groß.

Digitalkamera

Gelegentlich ist nur sehr schwer zu erkennen, welche Komponenten in einem Wärmebild gezeigt werden. Dies kommt besonders in komplizierten Situationen vor, in denen eine große Zahl von Komponenten auf einem Bild zu sehen ist oder wenn Nahaufnahmen gemacht werden. In solchen Fällen ist es sehr hilfreich, wenn auch ein Tageslichtbild des Objektes gemacht wird, damit sich die Komponenten auf dem Wärmebild lokalisieren lassen. Zu diesem Zweck haben die meisten FLIR Wärmebildkameras für Anwendungen im industriellen Umfeld eine eingebaute Digitalkamera. Die meisten professionellen Anwender aus dem Bereich der vorbeugenden Instandhaltung, die Wärmebildkameras einsetzen, fordern, dass gleichzeitig immer auch ein Realbild aufgenommen wird. Denn dadurch ist eine korrekte Zuordnung des Wärmebilds gewährleistet.



Wärmebild

Realbild

LED-Lampen

Obwohl eine Wärmebildkamera überhaupt kein Licht braucht, um klare Wärmebilder zu erzeugen, empfiehlt sich dennoch die Wahl einer Kamera mit einer integrierten Lampe.

Denn damit kann die integrierte digitale Tageslichtkamera klare Bilder aufnehmen, die unabhängig von den Beleuchtungsbedingungen für die meisten Bild-im-Bild- und Thermal-Fusion-Funktionen erforderlich sind.

Beide Bilder wurden mit der integrierten Tageslichtkamera einer FLIR Wärmebildkamera aufgenommen. Auf dem rechten Foto war die integrierte Lampe eingeschaltet.

Bild-im-Bild

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, auch in der Auswertesoftware, bewegen und in seiner Größe verändern lässt. Dadurch kann der Anwender Probleme einfacher lokalisieren.

Bild-im-Bild bietet einen klaren Überblick über diese Hochspannungsanlagen.

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, auszutauschende Komponenten besser erkennen und melden sowie Reparaturen effizienter durchführen.

Wärmebild

Thermal-Fusion-Bild

Realbild

Wärmebild

Thermal-Fusion-Bild

Realbild

Laserpointer

Manche Wärmebildkameras besitzen einen eingebauten Laserpointer. Dies ist in vielerlei Hinsicht ein echtes Plus.

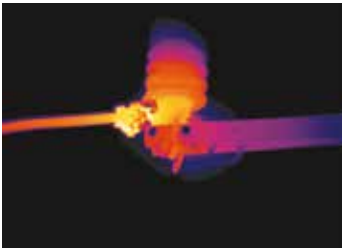
Mithilfe des Laserpointers erkennen Sie genau, worauf das Objektiv der Wärmebildkamera gerichtet ist. Mit einem einfachen Knopfdruck zeigt Ihnen die Laserposition genau, worauf die Wärmebildkamera gerichtet ist, so dass Sie das Zielobjekt der Messung problemlos identifizieren können.

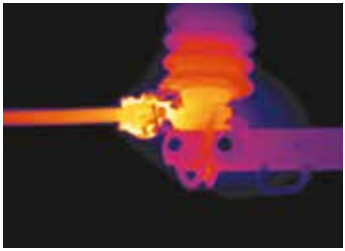
Ein weiterer Vorteil ist die Sicherheit. Der Laserpointer umgeht die Angewohnheit, mit Fingern auf Objekte zu zeigen, was in Industrieanlagen gefährlich sein kann.

Wechselobjektive

Wenn Sie erst einmal begonnen haben, mit einer Wärmebildkamera zu arbeiten, und all ihre Möglichkeiten entdecken, könnten sich Ihre Anforderungen im Laufe der Zeit ändern. Mithilfe von Wechselobjektiven lässt sich Ihre Wärmebildkamera an jede Situation anpassen. Für die meisten Anwendungen stellt das Standardobjektiv wahrscheinlich die beste Lösung dar, aber mitunter brauchen Sie einfach ein anderes Sichtfeld.

Manchmal ist nicht genug Platz vorhanden, um einen Schritt zurückzugehen und das ganze Bild zu sehen. Ein Weitwinkelobjektiv ist dann die perfekte Lösung. Es ist damit ideal für breite oder hohe Ziele wie z. B. elektrische Schaltertafeln oder Papiermaschinen. Wenn sich das zu untersuchende Ziel in einiger Entfernung befindet, kann die Verwendung eines Teleobjektivs sinnvoll sein. Es eignet sich optimal für kleine oder entfernte Ziele wie Starkstrom-Freileitungen.





Teleobjektive liefern detaillierte Bilder des Objekts und exakte Messungen.

Ergonomisches Design und einfache Bedienung

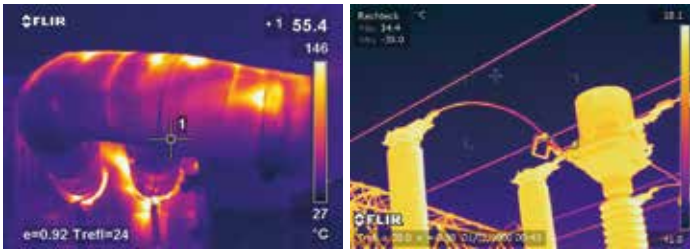
Jedes Werkzeug, das häufig gebraucht wird, muss leicht, kompakt und einfach zu bedienen sein. Da die meisten Anwender im Bereich der vorbeugenden Instandhaltung Wärmebildkameras oft und über längere Zeit einsetzen, ist ein ergonomisches Design hier entscheidend. Die Gestaltung des Menüs und die Anordnung der Tasten sollte auch intuitiv und benutzerfreundlich sein, damit effizient mit der Kamera gearbeitet werden kann.

FLIR Systems ist bestrebt, Gewicht, Funktionalität und Anwenderfreundlichkeit jeder Wärmebildkamera seiner Produktpalette optimal auszubalancieren. Den Erfolg dieser Politik belegen bereits mehrere preisgekrönte Designs.

Bildformat

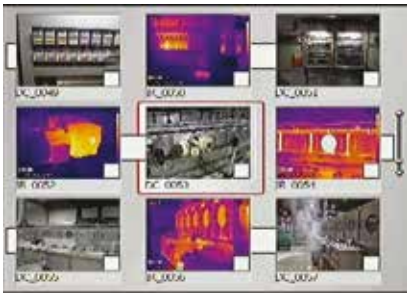
Ein wichtiger Faktor für die schnelle Berichterstellung ist das Bildformat, in dem die Wärmebildkamera die Bilder speichert. Manche Wärmebildkameras speichern die thermischen Daten und Bilder in einem proprietären Format. Zum Konvertieren der Wärmebilder in ein standardmäßiges JPEG-Format braucht man dann eine zusätzliche Software.

Eine FLIR-Kamera speichert die Bilder in einem vollständig radiometrischen JPEG-Format. Das bedeutet, dass alle Temperaturdaten im Bild enthalten sind, und dass sich die Bilder problemlos in Standard-Software integrieren lassen.



Alle FLIR Wärmebildkameras speichern die Bilder im JPEG-Format.

Bildergalerie mit Miniaturansichten

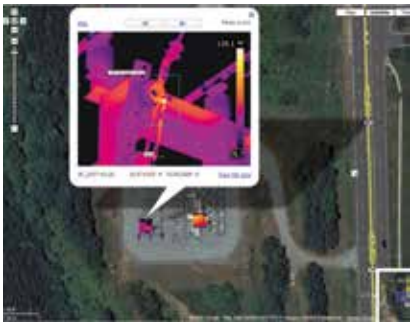


Bei der Aufnahme von Wärmebildern an einem Standort kann es hilfreich sein, früher aufgenommene Bilder von diesem Ort im Speicher der Kamera zu finden und mit den aktuellen Bildern zu vergleichen. Alle FLIR-Wärmebildkameras besitzen zu diesem Zweck eine einfach abrufbare Bildergalerie mit Miniaturansichten, mit deren Hilfe Sie Ihre gespeicherten Wärmebilder schnell durchsuchen und das fragliche Bild finden können - extrem praktisch und zeitsparend!

Gesprochene und schriftliche Kommentare

Bei einigen Wärmebildkameras lassen sich sowohl Inspektionen als auch die Berichterstellung weiter durch die Eingabe schriftlicher Kommentare mit einem integrierten Touchscreen-Tastenfeld beschleunigen; auch die Dokumentation von Inspektionsergebnissen wird dadurch einfacher und ist schneller erledigt. Bestimmte Wärmebildkameramodelle können sogar gesprochene Kommentare während der Inspektion aufzeichnen. Dadurch reduziert sich der Zeitaufwand für schriftliche Notizen bei Wärmebildinspektionen auf Null.

GPS-Positionierung



Haben Sie schon einmal vergessen, wo ein bestimmtes Wärmebild aufgenommen wurde? Und konnten die Notizen mit den Angaben zum Aufnahmeort nicht finden? Einige der fortschrittlichsten Kameramodelle besitzen eine GPS-Funktion, die die geographische Position bei der Aufnahme zusammen mit dem Wärmebild abspeichert. Mit dieser GPS-Technologie haben Sie jederzeit Zugriff auf Positionsdaten zu jedem einzelnen Wärmebild.

Kompatibilität mit externen Sensoren

Gelegentlich liefert die Temperatur allein zu wenig Informationen zu Betriebsmitteln. Um ein umfassendes Bild der Lage zu erhalten, verwenden viele Instandhaltungsprofis externe Sensoren, wie z. B. Stromzangen. Die mit der Stromzange gemessenen Werte werden notiert, und später übernimmt der Techniker diese Werte in seinen Bericht. Diese Methode ist ineffizient und anfällig für menschliche Fehler.

Für zuverlässige und effiziente Inspektionen bietet FLIR Systems Wärmebildkameras, die mittels Bluetooth MeterLink-Anschluss die Werte einer Stromzange automatisch im Wärmebild speichern. Das Aufschreiben von Notizen gehört der Vergangenheit an, da die Daten der Stromzange automatisch und drahtlos in die Kamera übertragen und im entsprechenden Wärmebild gespeichert werden.

Drahtlose Verbindung

Dank WiFi-Technologie können Sie bei einigen FLIR-Modellen drahtlos mit der Kamera kommunizieren und beispielsweise Bilder direkt von der Kamera an ein Smartphone oder einen Tablet PC senden.

5. Software

Nach der Durchführung der Inspektion müssen Sie deren Ergebnisse wahrscheinlich Ihrem Management 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 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

Bewaffnet mit exakten Analysedaten und einem aussagekräftigen Wärmebericht 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

FLIR arbeitet mit dem Infrared Training Center (ITC), einer unabhängigen, ISO-zertifizierten, weltweiten Schulungseinrichtung zusammen. Das ITC bietet von kompakten Einführungskursen bis zu Zertifizierungskursen alles an. Weiterführende Informationen erhalten Sie unter www.irtraining.eu

itc INFRARED TRAINING CENTER

7 Die Durchführung thermografischer Inspektionen

Sobald die Wärmebildkamera geliefert ist, können die Inspektionen beginnen. Aber wo anfangen? In diesem Kapitel des Ratgebers werden einige Vorgehensweisen vorgestellt, um Ihnen den Anfang zu erleichtern.

1. Die Aufgabenstellung festlegen
Machen Sie eine Liste von allen Betriebsmitteln, die Sie untersuchen wollen. In vielen Unternehmensbereichen existiert eine solche Liste bereits; Sie brauchen dann nur noch die Elemente von der Liste zu streichen, die sich nicht für die Inspektion mit einer Wärmebildkamera eignen.

Als nächstes müssen Sie eine Reihenfolge festlegen. Die meisten Unternehmen speichern die Daten über Wartung und Produktion. Aus ihnen geht hervor, welche Betriebsmittel am häufigsten zu Ausfällen neigen und darum einer engmaschigen Überwachung bedürfen. Bedenken Sie auch die direkten Folgen eines Ausfalls; absolut wichtige Komponenten sollten öfter und genauer untersucht werden als Anlagenteile, die zeitweise außer Betrieb sein können, ohne den Gesamtablauf zu behindern.

Ausgehend von diesen Informationen kann der Zeitplan für die Durchführung der Wärmebildinspektionen erstellt werden. Aber noch kann es nicht losgehen. Zuvor müssen Sie noch etwas anderes Wichtiges erledigen.

2. Eine Basisinspektion durchführen
Bevor Sie nun mit der Fehlersuche bei Ihren Anlagen beginnen können, brauchen Sie Referenzmaterial. Wir empfehlen Ihnen darum, Wärmebilder von allen Betriebsmitteln zu machen, die Sie überwachen möchten. Das sollte während des Normalbetriebs erfolgen. Wir machen Sie darauf aufmerksam, dass Sie in manchen Fällen viele Wärmebilder von einem Bauteil aufzeichnen müssen, insbesondere dann, wenn es wichtige Elemente und Untersysteme enthält, die zu Ausfällen neigen.

Diese Wärmebilder dienen als Basis-Referenzmaterial. Es ist daher überaus wichtig, die Ausgangsuntersuchung sehr genau zu dokumentieren. Sorgen Sie dafür, dass alle in Kapitel 3 dieses Ratgebers aufgeführten Faktoren berücksichtigt wurden, damit die Temperaturmessungen auch wirklich genau sind. Der Bericht zu Ihrer Ausgangsuntersuchung sollte ebenfalls die verwendeten Verfahren enthalten, wie Einstellungen von Emissionsgrad und Reflexion für jedes Bauteil der Anlage, aber auch die genaue Lagebeschreibung jedes Wärmebilds.

Wenn Sie erst einmal eine Datenbank mit den Referenzbildern besitzen, können Sie festlegen, welche Temperaturen für jede Komponente zulässig sind und einen Schwellwert für einen Temperaturalarm setzen. Dadurch kann die Kamera einen Alarm auslösen, wenn irgendein Bereich des Wärmebilds zu heiß ist, so dass Sie zukünftige Inspektionen schneller durchführen können. Speichern Sie diesen Temperaturalarm für spätere Zwecke.

All diese Informationen werden Ihnen bei späteren Inspektionen helfen zu entscheiden, ob eine Störung vorliegt oder nicht.

3. Beginn der Inspektion

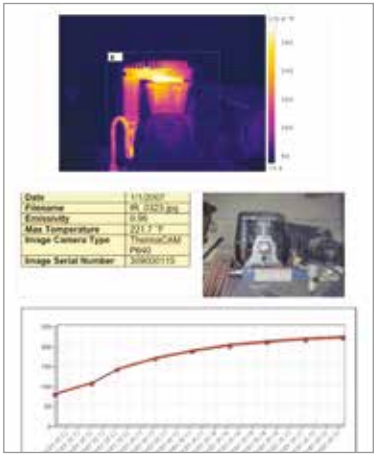
Nachdem alle Basis-Temperaturmessungen durchgeführt und sorgfältig dokumentiert wurden, können Sie mit der Inspektion der Anlage beginnen. Sie sollten eine Liste mit einer größeren Anzahl von Komponenten haben, die untersucht werden müssen, und einen Zeitplan für die Inspektionen, der sowohl das Ausfallrisiko der Anlage als auch die Auswirkungen einer möglichen Störung auf den Gesamtprozess berücksichtigt.

Wenn ein Bauteil der Anlage an der Reihe ist, genügt es, den dazugehörenden Temperaturalarm zu laden, und schon kann die Inspektion beginnen. Wird der Alarm ausgelöst, heißt dies, dass das betreffende Element genauer untersucht werden muss.

Bitte bedenken Sie, dass der Temperaturalarm nicht bedeutet, dass die Wärmebilder nicht trotzdem genauer analysiert werden müssen. Der Bediener einer Wärmebildkamera muss fundierte Kenntnisse sowohl über die physikalischen Hintergründe der Wärmebildtechnologie als auch über die Funktionsweise der zu untersuchenden Anlage besitzen. Zur Verdeutlichung genügt ein Blick auf ausgefallene Sicherungen und Kühlsysteme mit einem reduzierten Kältemittelfluss. Das sind nur zwei Beispiele für Störungen, die zu kalten anstatt heißen Stellen führen. Wir empfehlen Ihnen daher, sich mit der thermischen Charakteristik aller bei einer Anlage vorkommenden Störungen vertraut zu machen.

4. Analyse und Berichterstellung

Nach der Untersuchung aller Komponenten einer Anlage ist es Zeit, ins Büro zurückzukehren, um dort die Bilder zu analysieren und die Ergebnisse in einem Bericht zusammenzufassen. Aber das ist noch nicht alles. Mit der Software FLIR Reporter können Sie dank einfach zu verstehender Diagramme und Grafiken das Wärmeverhalten Ihrer Anlage innerhalb eines bestimmten Zeitraums genau mitverfolgen. Diese Information versetzt Sie in die Lage, vorherzusagen, wann Betriebsmittel eine Wartung benötigen, die Sie dann im voraus einplanen können.



FLIR i3 / i5 / i7

FLIR E-Series

FLIR T-Series

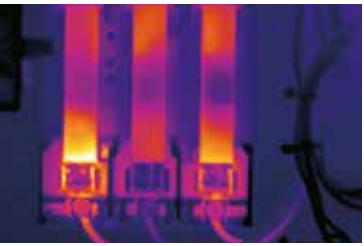
FLIR T640 / T620

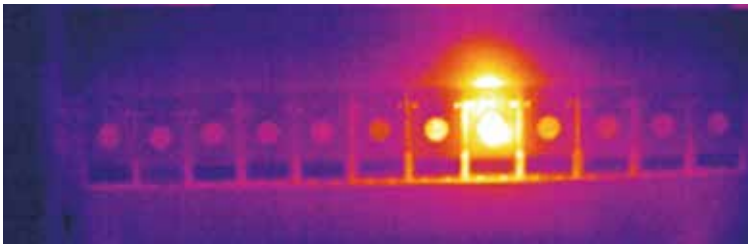
FLIR P-Series

** nach System-Registrierung unter www.flir.com*

NOTIZEN

NOTIZEN





Weitere Informationen von einem Experten für Wärmebildkameras erhalten Sie hier:

FLIR Commercial Systems B.V.
Luxemburgstraat 2
2321 Meer
Belgium
Tel. : +32 (0) 3665 5100
Fax : +32 (0) 3303 5624
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems Germany
Berner Strasse 81
D-60437 Frankfurt am Main
Germany
Tel.: +49 (0)69 95 00 900
Fax: +49 (0)69 95 00 9040
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems Spain
Avenida de Bruselas, 15- 3º
28108 Alcobendas (Madrid)
Spain
Tel. : +34 91 573 48 27
Fax.: +34 91 662 97 48
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems Sweden
Rinkebyvägen 19
PO Box 3
SE-182 11 Danderyd
Sweden
Tel.: +46 (0)8 753 25 00
Fax: +46 (0)8 753 23 64
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems France
19, bld Bidault
77183 Croissy-Beaubourg
France
Tel.: +33 (0)1 60 37 01 00
Fax: +33 (0)1 64 11 37 55
e-mail : flir@flir.com

FLIR Systems, Middle East FZE
Dubai Airport Free Zone
P.O. Box 54262
Office B-22, Street WB-21
Dubai - United Arab Emirates
Tel.: +971 4 299 6898
Fax: +971 4 299 6895
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems UK
2 Kings Hill Avenue - Kings Hill
West Malling
Kent
ME19 4AQ
United Kingdom
Tel.: +44 (0)1732 220 011
Fax: +44 (0)1732 843 707
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems Italy
Via Luciano Manara, 2
I-20812 Limbiate (MB)
Italy
Tel.: +39 (0)2 99 45 10 01
Fax: +39 (0)2 99 69 24 08
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems Russia
6 bld.1, 1st Kozjevnichesky lane
115114 Moscow
Russia
Tel.: + 7 495 669 70 72
Fax: + 7 495 669 70 72
e-mail: flir@flir.com

www.flir.com

T820264 (DE-de)_A