

LEITFADEN DER INFRAROT-AUTOMATISIERUNG

Temperaturüberwachung und -steuerung mit Infrarotkameras

Inhalt

Seite

- | | | |
|----|--|----|
| 1. | Typische Überwachungs- und Steuerungsanwendungen | 4 |
| 2. | Infrarot-Fernüberwachung | 10 |
| 3. | Temperaturmessung für automatisierte Prozesse | 26 |
| 4. | Maschinelles Sehen (Machine Vision) erweitert um Temperaturmessung | 36 |

Published by FLIR AB

This booklet may not be reproduced in any form without the permission in writing from FLIR Systems, AB. © Copyright. All rights reserved.

Leitfaden der Infrarot-Automatisierung

Fertigungs- und Prozessingenieure stehen ständig unter Druck, Produktionssysteme und -prozesse effizienter und weniger kostenaufwändig zu gestalten. Bei ihren Lösungen zur Optimierung von Durchsatz und Produktqualität setzen sie in vielen Fällen auf Automatisierungsverfahren. Die automatisierte Bilddarstellung auf Basis von Infrarotfestkörperstrahlung (IR) bietet die Möglichkeit zur Optimierung einer Vielzahl von Anwendungen in der industriellen Produktion, so auch im Bereich der Prozessüberwachung und -steuerung, der Qualitätssicherung, des Asset-Managements und der Maschinenüberwachung.

Dieser Leitfaden richtet sich an alle, die eine Konzeption oder Optimierung von Produktionsautomatisierungs- oder -überwachungssystemen mittels Infrarotkameras in Erwägung ziehen. Die optimale Umsetzung dieser IR-Vision-Systeme wird anhand von zahlreichen Anwendungsbeispielen und Erläuterungen beschrieben. Folgende wichtige Themenbereiche werden u.a. behandelt:

- Einbindung von Infrarotkameras in Automatisierungssysteme
- Datenschnittstellen
- Befehlsübermittlung und Steuerung von Thermografie-Kameras
- Grundsätze der Thermografie-Temperaturmessungen
- Schnittstelle zu einem PC oder einer PLC-Steuerung
- Standard-Software-Pakete für Infrarotkamerasysteme

Da bei diesen komplexen Sachverhalten viele Details zu berücksichtigen sind, kann dieses Handbuch nicht auf jede Frage eingehen, die ein Systemdesigner möglicherweise zum Einsatz von Infrarotkameras in automatisierten Systemen hat. Vielmehr ist der Leitfaden als Orientierungshilfe für die wichtigsten Aspekte gedacht, die bei der Konzeption eines Infrarot-Vision-Systems zu beachten sind.

1. Typische Überwachungs- und Steuerungsanwendungen

Temperaturmessung mit Infrarotkameras

Infrarotfestkörperstrahlung (IR) wird vom menschlichen Auge nicht wahrgenommen. Eine Infrarotkamera hingegen kann sie in Form eines Bildes sichtbar machen, auf dem die thermische Verteilung auf einem Objekt oder innerhalb einer Szene erkennbar wird. IR ist im elektromagnetischen Spektrum im Bereich von etwa 900 bis 14.000 Nanometer angesiedelt (0,9 - 14 μm). Jedes Objekt mit einer Temperatur über dem absoluten Nullpunkt gibt Infrarotstrahlung ab, wobei die Intensität der Strahlung mit der Temperatur zunimmt. Eine korrekt kalibrierte Infrarotkamera ermöglicht die thermografische Bilderfassung von Bauteilen jeglicher Art sowie eine präzise, berührungslose Temperaturmessung derselben. Solche quantitativen Messungen können in einer Vielzahl von Überwachungs- und Steuerungsanwendungen eingesetzt werden.

Andere Arten von Infrarot-Wärmebildkameras machen im Gegensatz dazu lediglich relative Temperaturunterschiede an einem Objekt oder einer Szene sichtbar. Sie kommen deshalb für die rein qualitative Bewertung von Zielobjekten zum Einsatz, vor allem in Überwachungsanwendungen, bei denen die Auslegung von Wärmebildern anhand des Temperaturkontrastes erfolgt. Ein Beispiel hierfür ist die Identifikation von Bildbereichen, die auf physikalische Anomalien wie bauliche oder unter der Oberfläche liegende Details-Flüssigkeitsstände usw. - hinweisen.

Manche Infrarotkameras werden richtigerweise auch als intelligente Sensoren bezeichnet. Diese verfügen dann über integrierte Logik- und Analysefunktionen, die den Vergleich der gemessenen Temperaturen mit vom Benutzer vorgegebenen Temperaturdaten (Sollwerten) ermöglichen. Darüber hinaus besitzen sie eine digitale E/A-Schnittstelle, um bei Vorhandensein von Temperaturdifferenzen, Alarm- und Steuerungsfunktionen auszulösen. Eine intelligente Infrarotkamera ist darüber hinaus ein kalibriertes thermografisches Instrument, das präzise und berührungslose Temperaturmessungen erlaubt.

Die Funktionsweise von Infrarotkameras mit diesen Eigenschaften entspricht im Großen und Ganzen der von anderen intelligenter

Temperatursensoren. Sie sind mit schnellen, hochauflösenden A/D-Wandlern ausgestattet, die eingehende Daten abtasten, durch eine Kalibrierfunktion schicken und Temperaturwerte ermitteln. Zudem verfügen diese Geräte u. U. über weitere Datenschnittstellen für die Ausgabe analoger oder digitaler Daten-Streams. Über diese können Wärmebilder und Temperaturdaten zur Prozessüberwachung und -steuerung an entfernt gelegene Orte übertragen werden.

Intelligente Infrarotkameras kommen in der Regel in Anwendungen zum Einsatz, bei denen eine präzise quantitative Messung des Temperaturunterschieds zwischen einem Zielobjekt und dessen Umgebung gefragt ist. Da sich Temperaturveränderungen in den meisten Prozessen verhältnismäßig langsam entwickeln, reicht es für viele Prozess-Regelkreise und Machine-Vision-Systeme aus, wenn die von den intelligenten Infrarotkameras erfassten Daten in Nahezu-Echtzeit übertragen werden.

Automatisierungsanwendungen

Im Folgenden sind einige typische automatisierte Anwendungen aufgeführt, bei denen Infrarotkameras zur Überwachung und Steuerung der Prozesstemperatur eingesetzt werden:

- Strangguss-, Extrusions- und Walzverfahren
- Diskrete Teilefertigung
- Produktionsabläufe, bei denen eine Temperaturmessung mit Kontaktsensoren problematisch ist
- Inspektion und Qualitätsprüfung
- Verpackungsproduktion und -betrieb
- Umwelt-, Maschinen- und Sicherheitsüberwachung
- Temperaturüberwachung zur Unterstützung anderer Variablen

Die folgenden Beispiele verdeutlichen die Einsatzmöglichkeiten und das breite Anwendungsgebiet für Infrarotkameras. Diesen sind dabei lediglich Grenzen durch das Systemdesign gesetzt.

Maschinenüberwachung in Sperrholzwerken

Die Aufgabe: Aus offenen Heißwasserbottichen aufsteigender Dampf nimmt dem Maschinenbediener beim Ausrichten im Rundholzbottich die Sicht auf die Rundhölzer.

Die Lösung: Eine Infrarotkamera zeigt dem Maschinenbediener ein Bild, auf dem die Dampfschwaden nahezu transparent sind. So kann er die Rundhölzer im Bottich ordnungsgemäß ausrichten. Dieses Beispiel für eine qualitative Anwendung ist in Abbildung 1 illustriert.

Abbildung 1. Einsatz in einer Sperrholzfabrik



Die Aufgabe

- Die in der kälteren Umgebungsluft durch Kondensation bedingten Dampfschwaden sind für die Augen des Maschinenpersonals undurchdringlich.



Die Lösung

- Die Infrarotkamera sieht wie ein zweites Paar „Augen“ durch den Dampf in den Rundholzbottich und ermöglicht die korrekte Ausrichtung der Hölzer.

Produktionstests von Autositzheizungen

Die Aufgabe: Der Einsatz von Kontakttemperatursensoren zur Überprüfung der ordnungsgemäßen Funktion von Autositzheizungen hemmt die Produktion und liefert bei nicht richtig platzierten Sensoren keine zuverlässigen Ergebnisse. Außerdem sind nur punktuelle Messungen möglich.

Die Lösung: Eine Infrarotkamera kann die Wärmestrahlung, hervorgerufen durch die Heizelemente in den Sitzen erkennen erlaubt eine präzise, berührungslose Temperaturmessung und liefert ein komplettes Wärmebild der Sitzheizung.

Diese quantitative Messung kann mit einer Kamera vorgenommen werden, die fest auf einer Vorrichtung installiert ist und in Messposition gebracht wird, sobald sich das Fahrzeug an einem bestimmten Punkt auf dem Montageband befindet. Auf einem Monitor in der Nähe dieser Position wird ein Bild mit einer Temperaturskala angezeigt, auf welcher die Temperatur des Sitzheizungselements abgelesen werden kann. Siehe Abbildung 2.

Abbildung 2. Produktionstests von Autositzheizungselementen



Die Aufgabe

- Eine Qualitätsprüfung bei Fahrzeug-Zusatzausstattungen ist kontaktlos nicht wirtschaftlich.
- Das hemmt die Produktion.
- Eine hundertprozentige Prüfung ist mühsam.



Die Lösung

- Eine Infrarotkamera kann für die Inspektion dieser Teile fest installiert werden.
- Eine Infrarotkamera kann für die berührungslose Temperaturmessung eingesetzt werden.

Verpackungsbetriebe

Die Aufgabe: Für die zerstörungsfreie Prüfung geklebter Kartonversiegelungen auf Hochgeschwindigkeits-Verpackungslinien gibt es nur sehr wenige effiziente Methoden, die zum großen Teil auch noch sehr umständlich sind. Zudem kommt es beim Klebstoffauftrag relativ häufig zu Abweichungen, die im Rahmen statistischer Qualitätsprüfungen überwacht und protokolliert werden müssen.

Die Lösung: Da der Kleber vor dem Auftragen erhitzt wird, können Temperatur und Positionierung auf dem Kartondeckel mithilfe einer Infrarotkamera überwacht werden. Zudem kann das Bild digitalisiert werden, sodass diese Daten für Trendanalysen und zur Anlagenüberwachung in einer statistischen Qualitätsprüfungsdatenbank gespeichert werden können (siehe Abbildung 3).

Dies ist ein Beispiel für den Einsatz von Temperaturunterschieden zur Unterstützung einer anderen Variablen. Hier ersetzt die Temperaturmessung die mechanischen Inspektions- und Testmethoden.

Abbildung 3. Qualitätsprüfung von Kartonversiegelungen mittels Machine-Vision-Technik



Die Aufgabe

- Erkennen falsch versiegelter Kartons.
- Entfernen mangelhafter Einheiten vom Band.
- Alarm, wenn zu viele Kartons mangelhaft sind.
- Protokollieren der statistischen Pass/Fail-Daten.



Die Lösung

- Erfassen eines Wärmebilds des Kartons.
- Erkennen der Klebepunkte.
- Pass/Fail-Entscheidung bei jedem einzelnen Karton.
- Protokollieren der statistischen Daten.

FAZIT

Die in diesem Kapitel beschriebenen Automatisierungsbeispiele sind nur ein winziger Ausschnitt aus dem breiten Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten für intelligente Infrarotkameras. In den nächsten Kapiteln finden Sie ausführlichere Beschreibungen sowie praktische Hinweise zur Realisierung von automatisierten Systemen, die sich die Vorteile von Infrarotkameras zunutze machen. Die Kapitelgliederung orientiert sich an den wichtigsten Anwendungsbereichen für Infrarotkameras:

- Thermografische Fernüberwachung
- Berührungslose Temperaturmessung in automatisierten Prozessen
- Kombination aus IR Machine Vision und Temperaturmessung
- Echtzeit-Steuerung und -Überwachung – Probleme und Antworten

2

2. Infrarot-Fernüberwachung

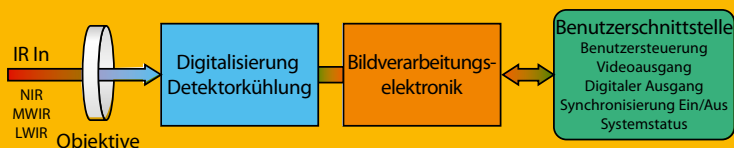
Überblick

Jedes Objekt mit einer Temperatur über dem absoluten Nullpunkt gibt Infrarotstrahlung ab. Diese kann von Infrarotkameras erfasst werden. Da diese Kameras verschiedene Möglichkeiten bieten, um die thermografischen Bilder und Temperaturdaten über große Entfernungen zu übermitteln, sind sie für die Fernüberwachung sowie für die automatische Überwachung optimal geeignet. Intelligente Infrarotkameras - solche mit integrierter Logik sowie Analyse- und Datenübertragungsfunktionen - sind in der Lage, die Messtemperaturen aus ihren Wärmebildern mit den Benutzervorgaben und Sollwerten zu vergleichen. So kann die Kamera nicht nur Live-Bilder liefern, sondern auch-digitale Signale zur Steuerung von Geräten oder zur Ausgabe von Alarmen erzeugen.

Funktionsweise von Infrarotkameras

Infrarotkameras sind ähnlich aufgebaut wie digitale Videokameras. Ihre wichtigsten Bestandteile sind eine Linse, welche die Infrarotstrahlung auf einen Detektor lenkt, sowie Elektronik und Software zur Verarbeitung und Darstellung von Wärmebildern und Temperaturwerten auf einem LCD- oder CRT-Monitor (Abbildung 1). Im Gegensatz zu dem bei Video- und digitalen Fotokameras eingesetzten CMOS Sensoren werden bei Infrarotkameras Focal-Plane-Arrays, sogenannte FPA eingesetzt. Bei diesem FPA liegt die Größe eines Pixels und der Abstand zwischen den einzelnen Pixeln im Mikrometerbereich. Durch die Verwendung unterschiedlichster Materialien wird der FPA Sensor auf bestimmte Wellenlängen im Spektrum des IR-Bandes sensibilisiert. Hier bestimmt die Messaufgabe, welches Spektrum von Interesse ist. Bei den heutigen FPA Sensoren findet man Auflösungen von ca. 80 x 80 Pixel bis hin zu 1024 x 1024 Pixel. Die bereits erwähnten Logik- und Analysefunktionen werden bereits von bestimmten Kameratypen intern durch deren Bildverarbeitungselektronik bereitgestellt. Durch die Kamera-Firmware kann sich der Benutzer entweder auf einen bestimmten FPA-Bereich konzentrieren oder aber den gesamten Detektorbereich zur Berechnung von Minimum-, Maximum- und Durchschnittstemperatur einsetzen. Die Temperaturgenauigkeit liegt in der Regel bei $\pm 2^{\circ}\text{C}$ und besser.

Abbildung 1. Vereinfachtes Blockdiagramm einer Infrarotkamera



Was aber kann ein Pixel abbilden? Hierzu sind nicht nur die Anzahl der Pixel sondern auch das Kameraobjektiv und die Entfernung zum Zielobjekt wichtige Parameter. Aus diesen Größen kann das Sichtfeld und die abgedeckte Meßfleckgröße bestimmt werden. Der Analogwert des Pixels steht für die Intensität der Wärmeenergie, die von dem durch das Pixel auf dem Zielobjekt abgedeckten Messfleck ausgeht. Auf dem Monitor der Kamera oder des PC wird nun ein sogenanntes Falschfarbenbild erzeugt. Die Zuordnung der Farbwerte zum Messwert des FPA Sensors ist in den Farbpaletten definiert. Jeder gemessenen Intensität der Wärmeenergie ist eine entsprechende Farbe zugeordnet und stellt relative Temperaturen dar. Darüber hinaus werden die mit der Wärmeenergie eines Pixels verbundenen radiometrischen Daten zur Berechnung der exakten Temperatur des Punkts herangezogen, der von dem betreffenden Pixel abgedeckt wird.

Die Funktionsweise von Infrarotkameras mit diesen Eigenschaften entspricht somit im Großen und Ganzen der anderer intelligenter Temperatursensoren. Ihre kalibrierten Ausgabedaten können über eine oder mehrere Datenschnittstellen abgerufen und zusätzlich fernüberwacht werden. Bilder dieser Kameras sind vollständig radiometrisch¹ und können im Offline-Betrieb mit Standard-Software-Paketen, beispielsweise von FLIR, analysiert werden.

Wichtige Kriterien für Fernüberwachungssysteme

Folgende wichtige Parameter sind u. a. in Verbindung mit dem Einsatz einer Infrarotkamera für ein Fernüberwachungssystem zu berücksichtigen:

- Messfleckgröße: das kleinste in einer Szene messbare Merkmal
- Sichtfeld: der Bereich, den die Kamera sieht
- Arbeitsabstand: der Abstand zwischen der Vorderseite der Kameralinse und dem nächstgelegenen Zielobjekt
- Echtzeit-Steuerung und -Überwachung: Aufgaben und Antworten
- Schärfentiefe: die maximale Tiefe im Objektraum, die im Fokus bleibt
- Auflösung: die Anzahl der Pixel und die Größe des aktiven Sensorbereichs
- NETD (Noise Equivalent Temperature Difference): die maximale thermische Empfindlichkeit

¹ Radiometrie ist eine Messgröße, die angibt, wie viel Energie von einem Objekt abgestrahlt wird. Im Gegensatz dazu gibt die Thermografie an, wie warm bzw. heiß ein Objekt ist. Die beiden Größen stehen zwar miteinander in Zusammenhang, sind aber nicht deckungsgleich.

- Spektralempfindlichkeit: der Teil des Infrarot-Spektrums, auf den die Kamera anspricht
- Temperaturmessbereich, Präzision und Wiederholbarkeit: eine Funktion der Kamerabauweise insgesamt

Ebenfalls von grundlegender Bedeutung ist die Frage, welcher Teil des Kamerasichtfeldes die für die Überwachung benötigten kritischen Informationen enthält. Die im Sichtfeld befindlichen Objekte müssen die überwachte Situation anhand ihrer Temperatur präzise darstellen. Je nach Situation müssen die Zielobjekte u. U. dabei innerhalb des Kamerasichtfeldes unverändert in derselben Stellung bleiben. Weitere Anwendungsvariablen in Zusammenhang mit der überwachten Szene:

- Emission der Zielobjekte
- Innerhalb des Sichtfeldes reflektierte Temperaturen
- Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit

Auf diese Aspekte wird später noch ausführlicher eingegangen.

Fernüberwachung von Sachwerten

Von besonderem Nutzen sind Infrarotkameras bei der Fernüberwachung von Grundstücken, Lagern oder anderen Vermögenswerten, um Beschädigung oder Diebstahl zu verhindern und um die Sicherheit zu erhöhen. Häufig geht es hierbei um Lagereinrichtungen wie Warenlager oder offene Lagerplätze für Schüttgut. Das nachstehende Beispiel kann als allgemeine Vorlage für die Konzeption eines Infrarotkameraüberwachungssystems für diesen Anwendungsbereich dienen.

Überwachung von Giftmüll-Lagerplätzen. In unserem Beispiel werden Fässer mit Chemikalienabfällen in einem überdachten Bereich gelagert, der allerdings nicht vollständig gegen Feuchtigkeit geschützt werden kann. Es besteht daher die Möglichkeit, dass Lecks entstehen oder Fassinhalte mit Luft oder Feuchtigkeit in Kontakt kommen und die Temperatur aufgrund der entstehenden chemischen Reaktion ansteigt. Dies wiederum kann letzten Endes eine Brand- oder sogar Explosionsgefahr bedeuten.

Zwar könnten hier theoretisch Tageslichtkameras eingesetzt werden, jedoch kommt es häufig vor, dass Fässer selbst dann nicht vom Kamerasichtfeld erfasst werden, wenn mehrere Kameras über dem gesamten Gelände verteilt sind. Zudem können Tageslichtkameras erst

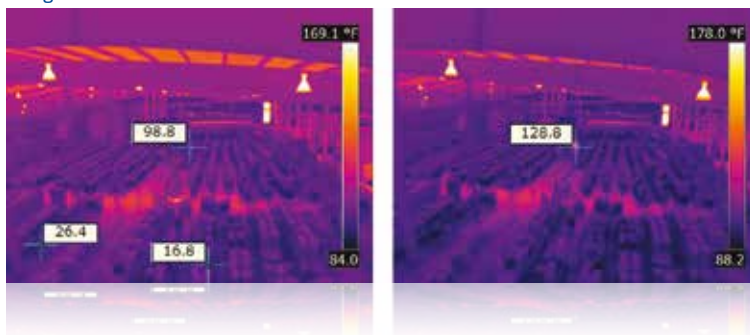
dann ein Problem erkennen, wenn sich bereits Flammen oder Rauch entwickeln. Dann sind Schäden meist nicht mehr zu verhindern. Zur Überwachung des Geländes eingesetzte, eigenständige Infrarotkameras hingegen können einen Temperaturanstieg innerhalb ihres Sichtfeldes noch vor Ausbruch eines Feuers erkennen (Abbildungen 2a und 2b).

Je nach Kamerahersteller stehen verschiedene Überwachungsoptionen zur Auswahl. So ermöglicht es beispielsweise das Kameramodell FLIR A320, einen Temperaturgrenzwert einzustellen, bei dessen Über- bzw. Unterschreitung ein Alarm ausgelöst wird. Die Logik- und Uhrfunktion der Kamera kann darüber hinaus so konfiguriert werden, dass ein Temperaturanstieg über einen gewissen Zeitraum bestehen bleiben muss, bevor ein Alarm gesendet wird. Dadurch kann das System eine Temperaturerhöhung im Sichtfeld der Kamera ignorieren, die beispielsweise durch einen Gabelstapler im Überwachungsbereich verursacht wurde, mit dem Fässer eingestellt oder herausgenommen wurden. Mithilfe einer Hysterese-Funktion kann darüber hinaus verhindert werden, dass ein Alarm abgeschaltet wird, bevor die erkannte Temperatur wieder sicher unter den Einstellpunkt abgesunken ist (Abbildung 3).

Kameras mit digitalen Schnittstellen verfügen für Alarime in der Regel über einen potentialfreien Schaltausgang, auch digitale Schnittstelle genannt. Über diese Schnittstelle werden Schaltsignale ausgegeben und in die speicherprogrammierbare Steuerung (PLC, Programmable Logic Controller) zur Weiterverarbeitung eingespeist.

Abbildung 2a. Infrarot-Bild eines Giftmüll-Lagerplatzes mit zwei Punkt-Temperaturwerten (-3,1°C und -8,4°C) im sicheren Bereich und einem auffällig hohen Wert (37,1°C).

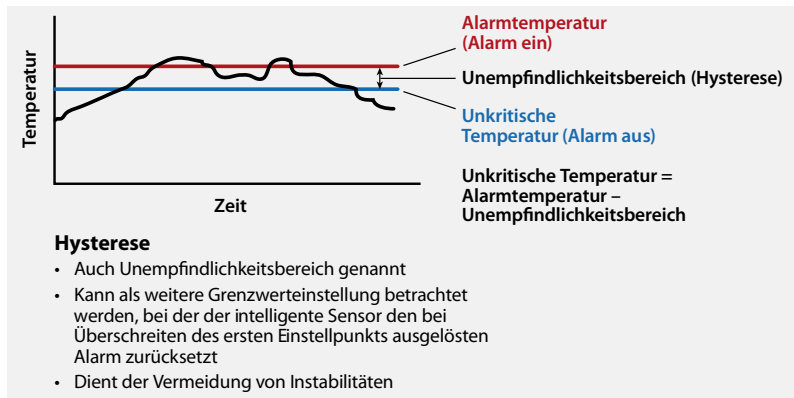
Abbildung 2b. Ein weiteres Bild desselben Bereichs zeigt, dass die thermische Auffälligkeit aus 2a weiter angestiegen ist und den Alarm ausgelöst hat.



Die digitalen Ausgänge einer FLIR A320 beispielsweise können mit Gleichspannungen von 10–30 VDC betrieben werden und sind in der Lage, einen Lastenstrom von bis zu 100 mA zur Verfügung zu stellen. Der nachgeschaltete PLC oder eine SPS übernimmt dann dieses Signal zur weiteren Steuerung des zu überwachenden Bereiches.

Für die Einrichtung eines Alarmsystems empfiehlt es sich, alle Kameras so zu konfigurieren, dass sie einen HIGH-Pegel an der digitalen Schnittstelle ausgeben, wenn das Kamerasystem keinen Alarm erkannt hat. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass ein Alarm ausgelöst wird, wenn die Stromversorgung der Infrarotkamera unterbrochen ist. In diesem Zustand fällt das digitale Ausgangssignal ab (in der Regel auf Null Volt) und die nachgeschaltete PLC oder SPS wechselt den Alarmzustand. Dieser Umstand wird ebenso behandelt wie das Erreichen des Temperaturgrenzwerts, so dass der Alarm ausgelöst wird. Die zuständigen Mitarbeiter werden auf diese Weise entweder auf den Ausfall der Überwachungsfunktion oder auf einen tatsächlich bestehenden Temperaturanstieg aufmerksam gemacht.

Abbildung 3. Hysterese ist ein wichtiges Merkmal der Signalverarbeitung bei intelligenten Infrarotkameras und ermöglicht erheblich effektivere Überwachungs- und Steuerungsfunktionen.



Bildüberwachung. Warnmeldungen auf der Basis von Temperaturmessungen sind zwar sehr nützlich, die eigentliche Stärke einer Überwachung von Vermögenswerten mithilfe von Infrarotkameras aber liegt in den bestehenden Bildverarbeitungsmöglichkeiten. Dank dieser Technik haben Kontrollraummitarbeiter Zugriff auf Live-Bilder, die Tageslichtkameras oder andere Temperaturmelder nicht bieten können. Auch bei diesen Kameras gibt es herstellerbedingte Unterschiede. Die vielseitigsten Modelle jedoch zeichnen sich durch eine große Vielfalt an

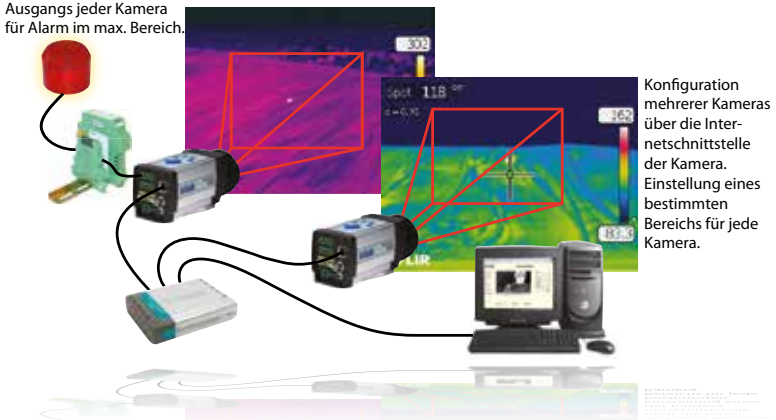
Datenformaten aus, in denen sie thermografische Bilder an entfernte Orte übertragen können. Heute werden in zunehmendem Maße internetfähige Kameras eingesetzt, die eine Überwachung von jedem beliebigen Standort aus zulassen, an dem ein PC zur Verfügung steht.

Abbildung 4 zeigt ein System, bei dem das Ethernet- und das TCP/IP-Übertragungsprotokoll des Modells FLIR A20 in Verbindung mit dessen Alarmfunktionen zum Einsatz kommt. Der Ethernet-Teil des Systems erlaubt Kabellängen von bis zu 100 Metern. Durch direkte Übertragung eines digitalen Alarms an die PLC kann das System unmittelbar einen visuellen und/oder einen akustischen Alarm aktivieren. Der visuelle Alarm weist den zuständigen Mitarbeiter zunächst auf einer Anzeigetafel darauf hin, wo der Alarm ausgelöst wurde. Über den PC kann der Mitarbeiter dann die Live-Bilder der Kamera vom betroffenen Standort ansehen. Bilder und Temperaturdaten können für die künftige Verwendung und Analyse abgespeichert werden.

Kameras vom Typ A320 können zudem so konfiguriert werden, dass sie Temperaturdaten und Bilder automatisch per E-Mail SMTP oder FTP-Protokoll an den PC senden, sobald der Temperaturgrenzwert erreicht ist. So stehen die Informationen dann zur späteren Prüfung zur Verfügung.

Abbildung 4. Beispiel einer Systemkonfiguration zur Fernüberwachung mit Infrarotkameras. Das System arbeitet zur Anzeige von Temperaturüberschreitungen mit einem digitalen Alarmausgang und überträgt das Bild per digitalem MPEG-4-Video-Streaming auf einen PC-Monitor.

Verwendung des digitalen Ausgangs jeder Kamera für Alarm im max. Bereich.



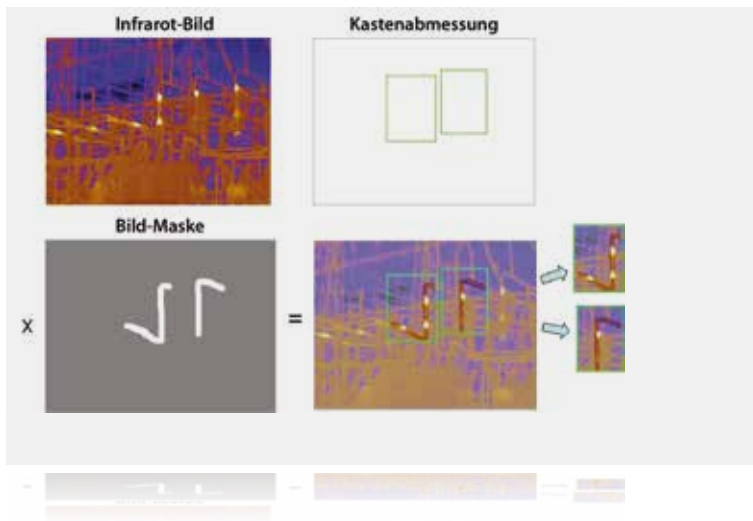
In Verbindung mit einer Host-Steuerung wie FLIR IR Monitor (oder einer anderen zweckmäßigen Software) können Temperaturdaten auch zur Erstellung von Trendanalysen erfasst werden. Darüber hinaus ist die A320 auch in der Lage, das analoge Bildsignal der Kamera digital zu komprimieren, sodass es per digitalem MPEG-4-Video-Streaming über eine Ethernet-Verbindung an einen PC-Monitor übertragen werden kann. Die Software IR Monitor kann zur Einrichtung von Temperaturmessungen, zur Bilderfassung und für Kamera-Anzeigefunktionen genutzt werden. So können am PC bis zu neun Kamerabilder gleichzeitig dargestellt werden; bei Bedarf ist zudem eine Umschaltung zwischen weiteren Kameragruppen möglich. Mithilfe der FLIR IP CONFIG-Software lässt sich die IP-Adresse jeder einzelnen Kamera einrichten.

Nach dem Konfigurieren der Kameras muss der für die Überwachung eingesetzte PC nicht durchgehend mit dem Netz verbunden sein. Über das FTP- und das SMTP-Protokoll in der Kamera kann der Benutzer bei Alarmereignissen oder in festgelegten zeitlichen Abständen radiometrische Bilder empfangen. Darüber hinaus kann über jeden verfügbaren PC mit Internetbrowser zur Betrachtung der Live-Bilder oder auch für grundlegende Steuerungsmaßnahmen auf den Webserver der Kamera zugegriffen werden. Diese Internetschnittstelle ist passwortgeschützt.

Die meisten Infrarotkameras verfügen über einen analogen Video-Ausgang im PAL- oder NTSC-Format. Eine andere Möglichkeit der Bildüberwachung ist daher der Einsatz eines TV-Monitors für die Anzeige von thermografischen Bildern. Über einen einzelnen Kontrollraum-Monitor kann zwischen den Live-Bildern der verschiedenen Kameras umgeschaltet werden. Bei korrekter Kamerakonfiguration kann das Kontrollraumpersonal für jeden beliebigen Punkt bzw. jeden Bereich des jeweiligen Bildes skalierte Temperaturmesswerte (Minimum, Maximum und Durchschnitt) ablesen. (siehe Farbabstufungen der Screenshots in Abbildung 2). Damit weiß der Mitarbeiter nicht nur, dass eine übermäßige Wärmeentwicklung gegeben ist, er kann auch sehen, an welcher Stelle.

Ein weiteres Beispiel für die innovativen Merkmale der Kamera-Firmware bzw. der externen Software ist die so genannte Image Masking-Funktion. Diese erlaubt es dem Benutzer, im Voraus bestimmte Bereiche für die Analyse von Temperaturdaten festzulegen. Siehe dazu Abbildung 5: Diese zeigt die Dauerüberwachung von Stellen mit auffälligen Wärmeentwicklung in einem Umspannwerk, die auf Problembereiche hinweisen.

Abbildung 5. Masking-Funktion des Kameramodells FLIR A320; auch in den Softwareprogrammen einiger Drittanbieter enthalten.

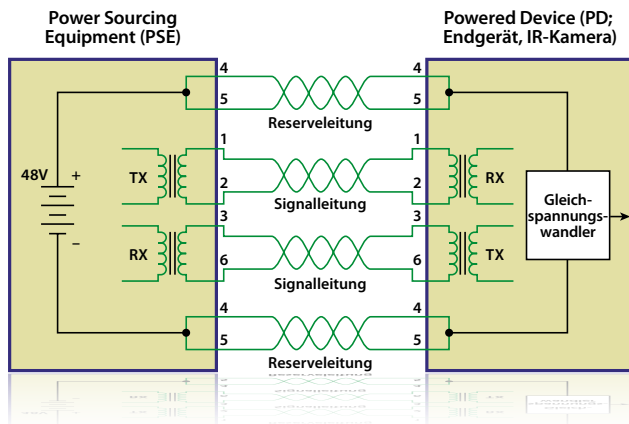


Eine ähnliche Software zur Erkennung von Temperaturmustern kann für die automatisierte Inspektion beim Löten und Schweißen von Metall sowie beim Laserschweißen von Kunststoffteilen eingesetzt werden. Mithilfe von Infrarotkameras ist es möglich, die Wärmeverteilung im fertiggestellten Bauteil zu überprüfen und die Temperatur an den Nahtstellen mit einem gespeicherten Referenzwert zu vergleichen. Zudem kann die Software zu Überprüfungszwecken den Verlauf von Schweißnähten erlernen. Dazu werden die betreffenden Pixel in einem Bild programmiert, auf das die Software dann entsprechend Bezug nimmt. Alternativ kann der Programmierer ein Bild eines „perfekten“ Teils abspeichern und die Software dazu veranlassen, nach Minimum-, Maximum- oder Deltawerten zu suchen, die dem Maschinenbediener sagen, ob ein Teil die Inspektionskriterien erfüllt oder nicht. Die in Kapitel 1 beschriebene Inspektion von Autositzheizungen wäre ein Beispiel für eine solche Anwendung. Auch bei der Überprüfung von Heizelementen für Autoscheiben wird dasselbe Prinzip eingesetzt. Dabei führt man den Elementen Strom zu und betrachtet anschließend ihr thermografisches Bild.

Stromversorgung über Ethernet (Power over Ethernet; PoE).

Ein interessantes Detail ist, dass eine Kamera mit Ethernet-Verbindung je nach Bauweise über unterschiedliche Stromquellen gespeist werden kann. In der Regel wird eine Verbindung zu einer externen Gleichstromquelle verwendet. Eine Alternative ist die Stromversorgung über Ethernet (PoE; Power over Ethernet), sofern das Kamerasystem dies unterstützt. Bei PoE wird eine Stromversorgung verwendet, die mittels zweier übriger Signaldrähte, die in 10/100BaseT-Ethernetsystemen ansonsten nicht benötigt werden, mit dem Netzwerk verbunden ist. Es sind verschiedene PoE-Konfigurationen möglich. Abbildung 6 veranschaulicht eine Lösung, bei der sich die Stromquelle an einem Ende des Netzwerks befindet. (Gigabit-Ethernet verwendet alle verfügbaren Datenpaare, daher ist PoE bei diesen Systemen nicht möglich.)

Abbildung 6. Schemadarstellung der PoE-Umsetzung über Reservepaar mittels Endpunkt-PSE-Anordnung.



PoE macht eine separate Stromversorgung sowie einen eigenen Kabelkanal für jede Kamera im Netzwerk überflüssig. Die einzigen Mehrkosten entstehen für einige kleinere Elektrikteile zur Herstellung des PoE-Anschlusses.

Bei vielen Anwendungen gibt es Bereiche, die außerhalb der maximalen Ethernet-Kabellänge von 100 Metern liegen. Hier bieten Funk- und Glasfaser-Wandleroptionen Standardlösungen für die Datenübertragung über erheblich größere Entfernungen. Diese werden häufig in den nachstehend beschriebenen Schüttgutlagerplätzen eingesetzt.



P/N 196724

320

Weitere Beispiele für die Überwachung von Messwerten

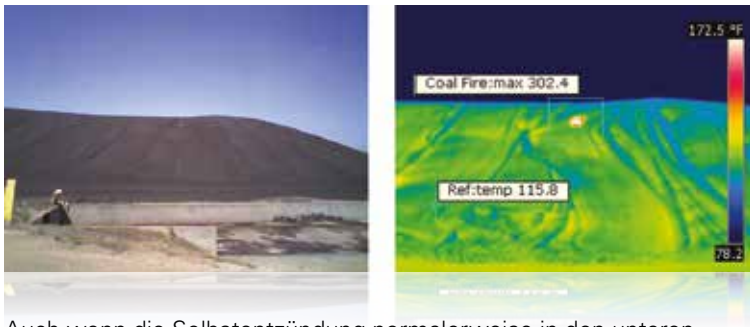
Schüttgutlagerung. Schüttgut wird häufig in offenen Höfen gelagert, wo die Einwirkung von Luft und Feuchtigkeit Zersetzung und andere exotherme Reaktionen begünstigen kann, die ein Ansteigen der Temperatur in der Halde bewirken. Die direkten Folgen sind Brandgefahr und die Gefährdung von Mitarbeitern. Zudem besteht das Risiko von Folgeschäden durch Feuer, beispielsweise die Zerstörung angrenzender Objekte, Gewässerverunreinigungen durch Löscharbeiten und Produktionsausfälle. Besonders anfällig für eine spontane Entzündung sind u. a. organische Abfälle (Kompost usw.), für das Recycling vorgesehene Altpapier, Holz, Kohle und verschiedene anorganische Chemikalien wie Zement und Chlorhydrate. Selbst ohne spontane Entzündung stellen viele Schüttgutmaterialien, so auch Kunststoffe, bei Funkenflug oder durch andere Entzündungsquellen von außen eine Brandgefahr dar.

Meistens ist die Verhütung von Schäden weniger kostenintensiv als die Beseitigung. Die beste Maßnahme besteht hier in der konstanten Überwachung der Materialien. Die Kosten eines automatisierten Temperaturüberwachungssystems mit Infrarotkameras sind moderat und lohnen sich. Das System kann in gleicher Weise konzipiert werden wie das für Giftmüllfässer beschriebene. Die Kameras werden so konfiguriert, dass bei Überschreiten der vom Benutzer festgelegten maximalen Temperaturgrenzwerte unmittelbar ein Alarmsignal an einen Mitarbeiter gesendet wird. Akustische und visuelle Alarmer in einem Kontrollraum lenken die Aufmerksamkeit des Personals auf eine mögliche spontane Entzündung. Zur Isolierung von Problempunkten wurden verschiedene Softwaretypen entwickelt. Dazu gehört auch das in Abbildung 7 gezeigte System für die Überwachung von Müllhalden.

Abbildung 7. Kontrollraum für die Müllhaldenüberwachung und Screenshot des Layouts für die Zonenüberwachung, bei der eine FLIR Infrarotkamera auf einem ferngesteuertem Schwenk/Neigekopf als Brandmelder eingesetzt wird.



Abbildung 8. Tageslicht- und Infrarotkamerabilder einer Kohlehalde – das Thermografiebild zeigt deutlich eine Stelle mit auffälliger Wärmeentwicklung, bei dem es sich um einen kurz vor dem Ausbruch stehenden Brand handelt.



Auch wenn die Selbstentzündung normalerweise in den unteren Schichten einer Halde ihren Anfang nimmt, lässt eine kontinuierliche Überwachung der Haldenoberfläche dennoch bereits frühzeitig Stellen mit ungewöhnlicher Wärmeentwicklung erkennen (Abbildung 8). Auf diese Weise können entsprechende Maßnahmen getroffen werden, die den Ausbruch eines Großbrandes verhindern. Für große Lagerhöfe sind in der Regel mehrere Kameras nötig, um das gesamte Areal abzudecken. Diese werden auf Metallmasten über den Halden montiert. Dazu bedarf es Kameras, deren Gehäuse und andere Funktionen für den zuverlässigen Betrieb unter unwirtlichen industriellen Einsatzbedingungen ausgelegt sind.

Überwachung von Kesseln auf kritische Zustände (CVM, Critical Vessel Monitoring). Es gibt verschiedene Bereiche, in denen die Temperatur eines Kessels sowie dessen Inhaltes eine kritische Rolle spielen. Dabei kann es sich um Kessel für chemische Reaktionen, zur Erwärmung von Flüssigkeiten oder einfach um Lagerbehältnisse handeln. Bei großen Kesseln ist der Einsatz von Berührungstemperatursensoren problematisch. Dies zum Beispiel aufgrund der ungleichmäßigen Temperaturverteilung innerhalb des Kessels und über dessen Oberfläche. Um diesem Problem zu begegnen, wäre eine große Anzahl von Berührungssensoren nötig, was sehr kostenaufwändig sein kann.

Bei den meisten CVM-Anwendungen hingegen können schon einige wenige Infrarotkameras beinahe die gesamte Kesseloberfläche erfassen (Abbildung 9). Zudem können sie die Oberflächentemperatur messen. Das erlaubt Trendanalysen und Vorhersagen darüber, wann das innenliegende Feuerfestmaterial zerfallen und damit die mechanische Integrität des Systems beeinträchtigen wird. Wenn es um konkrete Interessensbereiche geht, können über die Firmware der Infrarotkamera (oder mithilfe einer externen PC-Software) die Temperaturpunkte oder -bereiche für die Messungen ausgewählt werden.

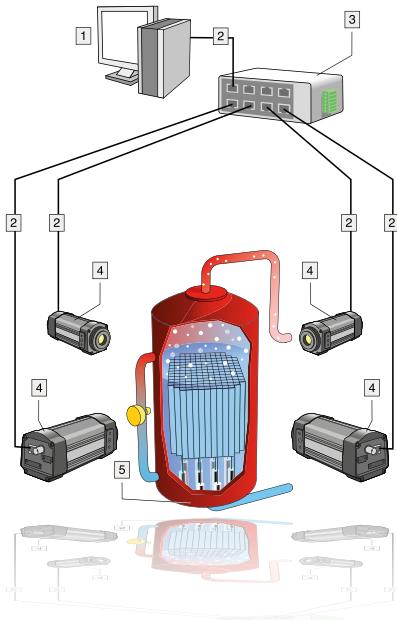


Abbildung 9. Beispiel für ein CVM-Überwachungssystem mit Kamerastandorten, Netzwerkverbindungen und PC.

- 1 Computer
- 2 CAT-6 Ethernet-Kabel mit RJ45-Steckverbindern
- 3 Industrieller Ethernet-Switch mit PoE
- 4 FLIR Kameras vom Typ A320
- 5 Zu überwachender Industrieprozess, z.B. Gasofen

Auch hier eignet sich das bereits beschriebene System in abgewandelter Form. Je nach Einsatzumfeld benötigt die Kamera möglicherweise zwingend ein explosionsssicheres Gehäuse. Eine Kontroll- und Steuerungssoftware kann einen Überblick über die Überwachungsmaßnahmen verschaffen. Über sie können alle Kamerabilder zu einer einzigen räumlichen Darstellung des überwachten Bereichs zusammengefasst werden, in diesem Fall eine ausgebreitete Ansicht des Kessels. Diese Ansicht lässt sich dann kontinuierlich aktualisieren, sodass sich ein Nahezu-Echtzeit-Thermografiebild ergibt.

Überwachung von Umspannwerken. Der zuverlässige Betrieb von Umspannwerken ist für eine unterbrechungsfreie Stromversorgung absolut unerlässlich. Neben Blitzschlag und starker Überlastung gehören veraltete Geräte und Anschlüsse zu den Hauptursachen für Infrastruktur- und Versorgungsausfälle. Viele dieser Ausfälle lassen sich durch eine wirksame Überwachung im Rahmen der vorbeugenden Instandhaltung vermeiden. Oftmals steigt die Temperatur von Transformatoren, Unterbrechern, Anschlüssen usw. vor einem katastrophalen Ausfall zunächst schleichend an. Diese Temperaturanstiege lassen sich mit Infrarotkameras erkennen, so dass vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen getroffen werden können, bevor ein unerwarteter Ausfall eintritt. (Siehe Abbildung 10.)

Tageslicht- und Infrarotkamerabilder aus einem Umspannwerk mit überhitztem Transformator.



Die Kameras können zur kontinuierlichen Überwachung großer Bereiche in einem Umspannwerk auf einem schwenkbaren Podest montiert werden. Mit einigen wenigen Kameras lassen sich alle kritischen Einrichtungen in Echtzeit überwachen. Außer in der vorbeugenden Instandhaltung eignen sich diese Kameras auch für die Sicherheitsüberwachung rund um die Uhr.

Durch Kombination von Ethernet- und WLAN Funkstrecken und Kamerasystemen, die über eine internetfähigen Benutzerschnittstelle verfügen, können Live-Bilder an viele Kilometer entfernt gelegene Kontrollräume der Versorgungsgesellschaft übertragen werden. Mithilfe einer Trending-Software ist es möglich, gefährliche Temperaturexkursionen zu erkennen, das Wartungspersonal per E-Mail zu informieren und Momentaufnahmen von den betroffenen Einrichtungen anzufertigen.

Kamerasysteme, die über solche Merkmale verfügen, befinden sich in den USA bereits bei zahlreichen führenden Energieversorgern im Einsatz, so beispielsweise im „Umspannwerk der Zukunft“ von Exel Energy. Unternehmen wie Exel sehen in der Infrarot-Überwachung eine strategische Investition im Bereich der Automatisierung, die Bestandteil der kombinierten SCADA-Plattform (Supervisory Control And Data Acquisition) für Überwachungs- und Sicherheitsabläufe bildet. Die modernsten Systeme erstellen von den kritischen Anlagen und Bereichen thermische 3-D-Modelle mit Zeitstempel und nehmen zusätzlich Temperatur-Trendberechnungen und -Analysen vor. Ein unternehmensweites Alarmsystem meldet in Echtzeit Temperaturhöchst- und -tiefpunkte sowie Temperaturunterschiede und Umgebungstemperaturen innerhalb einzelner Bereiche.

Dies sind nur einige wenige Anwendungsbeispiele, bei denen eine Fernüberwachung mittels Infrarotkameras Vorteile bietet. Darüber hinaus findet die Infrarot-Temperaturüberwachung u.a. auch noch auf folgenden Gebieten Anwendung:

- Öl- und Gasindustrie (Bohrinseln, Raffinerien, Fackelgas-Flammrohre, Erdgasverarbeitung, Pipelines und Lagereinrichtungen)
- Stromversorgung (Elektrizitätswerke, Verteilerleitungen, Umspannwerke und Transformatoren)
- Vorausschauende und vorbeugende Instandhaltung (kontinuierliche Überwachung/stationäre Überwachung kritischer Einrichtungen)

Abgesehen hiervon gibt es zahlreiche Einsatzmöglichkeiten in der qualitativen Fernüberwachung, bei denen die Bilddarstellung das wichtigste Merkmal ist. So können Infrarotkameras beispielsweise als Teil eines Waldbrand-Frühwarnsystems eingesetzt werden (Abbildung 11). Hier erkennen sie Feuer, noch bevor eine deutliche Rauchentwicklung einsetzt. Auch dort, wo Kondensationsdämpfe dem Bediener die Sicht auf Anlagen und Prozesse nehmen, kann die Infrarot-Bildtechnologie sinnvoll eingesetzt werden. So u.a. bei der Verkokung, in Furnierwerken und bei der Rundholzbearbeitung in der Sperrholzherstellung (siehe Kapitel 1, Abbildung 1).

Abbildung 12. Das Waldbrand-Frühwarnsystem IRIS® Watchman von Ngargo arbeitet mit einer Infrarotkamera von FLIR.



FAZIT

Wie bereits erläutert, können die von Infrarotkameras erfassten Temperaturdaten zur qualitativen Überwachung ebenso wie für die quantitative Temperaturmessung und -steuerung eingesetzt werden. Bei qualitativer Überwachung werden Wärmebilder angefertigt und anhand der abgebildeten Temperaturkontraste interpretiert. So lassen sich Bildbereiche mit unter der Oberfläche liegenden Details, Flüssigkeitsständen, Feuerfestmaterial usw. identifizieren.

Für quantitative Messungen muss die Infrarotkamera in der Regel präzise den Temperaturunterschied zwischen dem Zielobjekt und dessen Umgebung feststellen. In der Fernüberwachung können diese Temperaturdaten als Alarmauslöser oder sogar als Grundlage für die Abschaltung von Anlagen eingesetzt werden. Da Temperaturveränderungen in vielen Fällen langsam vonstatten gehen, ist die Nahezu-Echtzeit-Übertragung der Daten von intelligenten Infrarotkameras für Alarm- und Steuerungssysteme mehr als ausreichend.

3

3. Temperaturmessung für automatisierte Prozesse

Hintergrund

Themenschwerpunkt in Kapitel 2 waren konkrete Anwendungen, bei denen ein einzelner Temperaturgrenzwert in eine Infrarotkamera einprogrammiert wird, dessen Überschreitung das Auslösen eines Alarms über eine PLC bewirkt. In Kapitel 3 nun konzentrieren wir uns auf Anwendungen, bei denen mehrere Temperaturwerte im Sichtfeld einer einzelnen Kamera im Vordergrund stehen, die dann für Prozesssteuerungsfunktionen herangezogen werden. In diesen Anwendungen ist die Kamera in der Regel mit anderen Elementen der Prozesssteuerung gekoppelt, so beispielsweise mit einem PC oder einer PLC, die mit hoch entwickelten Datenübertragungskonzepten oder Softwaretechniken weiterer Anbieter arbeitet.

Typische Kameramessfunktionen

Viele Infrarotkameras bieten dem Benutzer verschiedene Betriebsmodi, die auch bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen noch korrekte Temperaturmessungen erlauben. Folgendes sind typische Messfunktionen:

- Spotmeter
- Bereichsmessung
- Image Masking
- Delta T
- Isotherm
- Temperaturbereich
- Farb- oder Grauskaleneinstellungen

Die beiden letztgenannten Funktionen dienen in Kombination in erster Linie der Visualisierung des Temperaturbereichs den die Kamera abdeckt. Generell sind die Spotmessung und die Bereichsmessung für Überwachungs- und Steuerungsanwendungen am nützlichsten. Die meisten Systeme sind in der Lage mehrere Spotmessungen und Bereiche zu definieren und gleichzeitig zu erfassen. Das FLIR Kameramodell A320 beispielsweise unterstützt bis zu vier Punkte und vier Bereiche.

Mithilfe von Cursor-Funktionen kann der zu betrachtende Bereich, beispielsweise die Fadenkreuze der Punktwerte aus Abbildung 1, problemlos ausgewählt werden. Zudem lassen sich mit dem Cursor u.U. auch kreisförmige, quadratische und polygonale Bereiche festlegen.

Das Spotmeter ermittelt die an einem bestimmten Punkt herrschende Temperatur. Die Bereichsfunktion deckt einen ausgewählten Bereich eines Objekts oder einer Szene ab und kann die innerhalb diesen Bereichs auftretenden Maximum- und Minimumtemperaturen sowie die Durchschnittstemperatur angeben. In der Regel kann der Temperaturmessbereich vom Benutzer gewählt werden. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn der Temperaturbereich einer Szene enger ist als der Bereich bis zum Skalenendwert der Kamera. Die Einstellung eines engeren Bereichs erlaubt eine höhere Bildauflösung und eine größere Temperaturmessgenauigkeit. Die daraus hervorgehenden Bilder geben deshalb besseren Aufschluss über kleinere Temperaturunterschiede. Andererseits braucht man ggf. eine erweiterte Skala und/oder einen höheren Maximaltemperaturbereich, um eine Sättigung des Bildteils zu vermeiden, in dem die höchste Temperatur herrscht.

Als Ergänzung zur Wahl des Temperaturbereichs bieten die meisten Kameras auch die Möglichkeit zur Festlegung einer Farb- oder Grauskala, um das Kamerabild zu optimieren. Abbildung 2 zeigt zwei Alternativen für eine Grauskalendarstellung.

In Abbildung 1 wurde zur Farbdarstellung eine so genannte „Eisenskala“ verwendet. Ähnlich wie bei der oben abgebildeten Grauskala können die höchsten Temperaturen entweder heller oder dunkler dargestellt werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Darstellung anhand einer so genannten Regenbogenskala (Abbildung 3).

Abbildung 1. Infrarot-Wärmebild einer Leiterplatte mit drei Spotmessungen. Die Bildfarben entsprechen der Temperaturskala auf der rechten Seite.

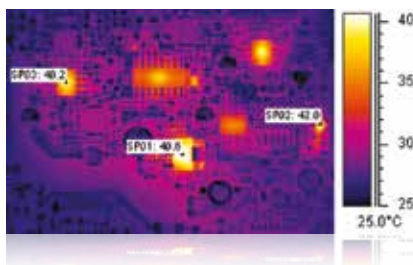


Abbildung 2. Grauskalenbilder eines Automotors. Bei der linken Ansicht steht Weiß für die höchste Temperatur, bei der rechten Schwarz.

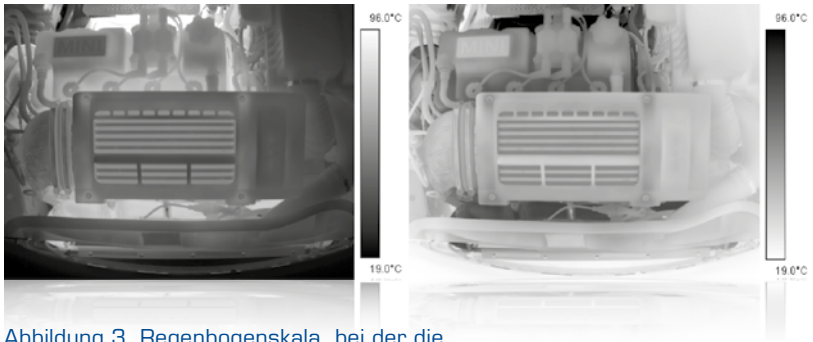
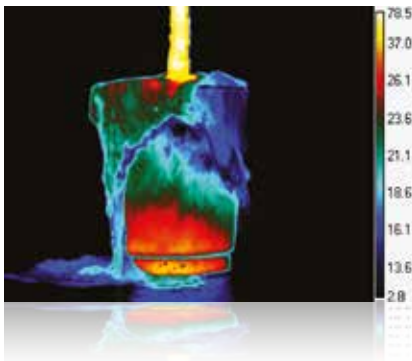


Abbildung 3. Regenbogenskala, bei der die niedrigeren Temperaturen im blauen Ende des Farbspektrums angesiedelt sind.



Anwendungsbeispiele

Ja/Nein-Prinzip. Bei Anwendungen dieser Art werden ein oder mehrere Temperaturwerte überwacht, um die Einhaltung bestimmter Prozesskriterien zu gewährleisten. Wird der Einstellpunkt über- bzw. unterschritten, wird die Maschine gestoppt oder das Produkt dem Ausschuss zugeführt. Ein gutes Beispiel aus der Praxis ist die Herstellung von Autotürverkleidungen, bei der mithilfe von Infrarotkameras vor dem Formungsprozess die Teilettemperatur überwacht und gemessen wird.

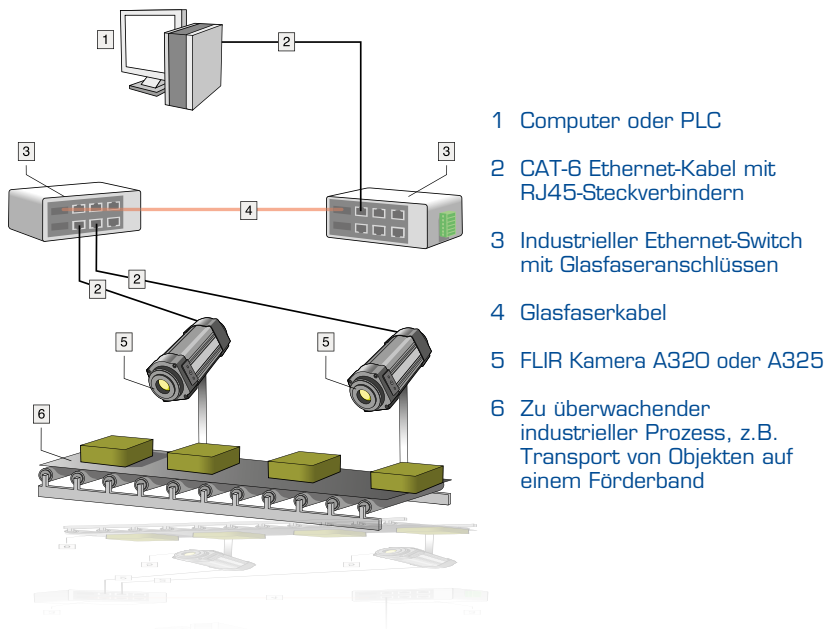
Am Anfang dieses Prozesses steht die Verstärkung der zuvor gelagerten Teile. Durch kondensierte Feuchtigkeit oder ungünstige Witterungsbedingungen können die Teile im Lager oder auf dem Weg zur Formlinie nass werden. In der Presse erreichen sie aufgrund dessen dann möglicherweise nicht die erforderliche Temperatur, was zu Qualitätsmängeln bei den fertigen Verkleidungen führt.

Es werden immer zwei Teile gleichzeitig von einem Förderband in die Presse geschickt, wo sie miteinander versiegelt werden. Die fertige Verkleidungsplatte wird dann in die für das jeweilige Fahrzeugmodell benötigte Form gepresst. Sind die Teile nass, verdampft diese Nässe in der Presse, was u.U. dazu führt, dass die Formtemperatur zu niedrig ist. Es wurde jedoch erkannt, dass die Bewegung nasser Teile auf dem Förderband dazu führt, dass deren Temperatur unterhalb des Normbereichs sinkt.

Deshalb wird das Förderband unmittelbar vor dem Eingang in die Presse angehalten, damit eine Infrarotkamera eine berührungslose Messung der Teiletemperatur vornehmen kann. Abbildung 4 zeigt ein für diese Art von Qualitätsprüfung typisches Diagramm.

Das Wärmebild wird dann anhand der Bereichs-Tools der Infrarotkamera auf die zulässige Mindesttemperatur der beiden Teile überprüft. Liegt einer der beiden Werte unterhalb des Einstellpunkts (in der Regel ist dies die Umgebungstemperatur), erzeugt ein digitaler Ausgang zu einer PLC einen akustischen Alarm. In Folge wird die Formlinie angehalten, damit die Teile entfernt werden können.

Abbildung 4. Typisches Ja/Nein-Inspektionssystem mit Infrarotkameras.



Für die Hersteller lassen sich durch das Aussortieren mangelhafter Verkleidungsteile vor der Verarbeitung im Endprodukt potenzielle geschäftliche Verluste vermeiden. Denn der Austausch einer Türverkleidung auf Garantie, wenn sich das Fahrzeug bereits im Besitz des Endkunden befindet, ist für den Hersteller eine kostspielige Angelegenheit.

Bei diesen Qualitätsprüfungen muss jedoch sichergestellt sein, dass die Kamera auch wirklich die Temperatur der Teile und nicht die des Bodens unterhalb des Förderbands misst, der sich in ihrem Sichtfeld befindet und in der Regel erheblich kälter ist. Das passiert dann, wenn die Teile nicht richtig positioniert sind. Ein fotoelektrischer Detektor meldet der PLC das Eintreten der Teile in den Pressenbereich. Ansonsten ignoriert die Steuerung den Alarmausgang der Kamera.

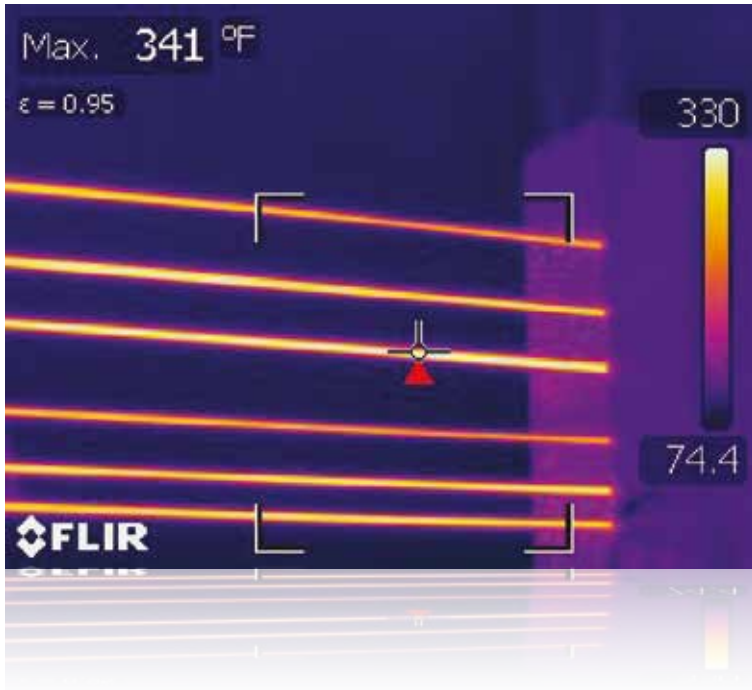
Kontinuierliche Prozessüberwachung. Die Temperatur ist in vielen Prozessen eine wichtige Variable. Sie kann entweder fester Bestandteil eines Prozesses selbst sein oder als Unterstützung für einen anderen Vorgang dienen. Im Folgenden ist ein Beispiel mit beiden Situationen beschrieben.

Kunstfasern werden in der Regel mithilfe eines kontinuierlichen Extrusionsverfahrens hergestellt. Dabei können mehrere Stränge gleichzeitig extrudiert werden, bei den so genannten Non-Woven-Materialien kann auch ein Vliesprozess zum Einsatz kommen. In beiden Fällen kann die Temperaturüberwachung beim Materialaustritt aus dem Extruder dazu beitragen, dass abgerissene Stränge oder Materialverstopfungen und -staus erkannt werden. Eine für die automatische Überwachung eingesetzte Infrarotkamera kann solche Fehlfunktionen bereits frühzeitig erkennen, noch bevor diese zu langen Maschinenstillständen und teuren Produktionseinbußen führen. Anhand der Temperatur-Ist-Werte können außerdem Trendanalysen erstellt werden.

Je nach Anwendung kommt entweder die Punkt- oder die Bereichsmessfunktion der Kamera zum Einsatz. Im letztgenannten Fall können dann alle Optionen für die Bereichsmessung herangezogen werden, also Minimum-, Maximum- und Durchschnittstemperatur des vorgegebenen Bereichs. Wird in einem Fall der vorgegebene Grenzwert überschritten, kann das auf einem PC oder in einer PLC laufende Anwendungsprogramm die Verarbeitungsmaschine im Bedarfsfall unverzüglich abschalten.

Abbildung 5 zeigt den Überwachungsbereich mit sechs aus einem Extruder kommenden Fasersträngen sowie links oben die als Alarmpunkt eingestellte Temperatur.

Abbildung 5. Überwachung von aus einem Extruder austretenden Kunstfasern.



Wie bei vielen Fernüberwachungseinrichtungen kann auch hier der Benutzer festlegen, dass das Analogbild von der Kamera an einen Kontrollraummonitor geleitet wird. Für Kameras mit Ethernet-Anschluss besteht die Möglichkeit zur Überwachung auf einem PC-Bildschirm mittels digital komprimierter Video-Streams (MPEG-4). Beim FLIR Kameramodell A320 können Bilder und Alarmer per TCP/IP- und SMTP-(E-Mail-)Protokoll an einen PC fernübertragen werden.

Während eine Tageslichtkamera zwar u.U. gerissene Faserstränge erkennen kann, wird eine Infrarotkamera darüber hinaus auch Temperaturmessungen für Trendanalysen und -maßnahmen sowie die statistische Prozesssteuerung (SPC) liefern. Bei einigen Verfahren in der Textilherstellung entstehen darüber hinaus Kondensationsdämpfe, durch die eine Infrarotkamera im Gegensatz zu einer Tageslichtkamera hindurchsehen kann. Eine Infrarotkamera bietet damit mehr Funktionen und ist kosteneffektiver.

Datenübertragung und Software betreffende Aspekte

Verschiedene Kameramodelle haben unterschiedliche Bildfrequenzen. Die Bildfrequenz bestimmt die Häufigkeit, mit der das Wärmebild und seine Temperaturdaten aktualisiert werden. Eine typische Rate wäre beispielsweise etwa alle 200 ms. Das digitale Übertragungsprotokoll der Kamera könnte bei der Aktualisierung eine kurze zusätzliche Wartezeit verursachen. Da sich die Prozesstemperaturen in der Regel aber eher langsam verändern, bietet die Datenerfassung mit dieser Rate eine Fülle von Informationen für die Qualitätsprüfung.

Viele Infrarotkameras haben eine serielle Schnittstelle für die Übertragung von Daten an den PC oder an ein PLC, auf dem ein Prüfskript oder eine Anwendung ausgeführt wird. Ein Systemdesigner oder Benutzer, der sich mit PLCs gut auskennt, kann einen Steueralgorithmus um eine virtuelle, auf einem PC erstellte PLC aufbauen, der die tatsächliche PLC-Hardware und -Logik emuliert. In jedem Fall entsteht eine Mensch-Maschinen-Schnittstelle (HMI) zur Überwachung der eingehenden Kameradaten. Die im Folgenden präsentierten Details gründen sich auf das FLIR Kameramodell A320, dürften aber für die meisten Kameras repräsentativ sein, die ihre Daten über eine Ethernet-Verbindung übertragen.

Die einzige physikalische Schnittstelle für die digitale Datenübertragung der FLIR A320 ist der Ethernet-Anschluss. Die Kamera kann nach Einrichtung der korrekten IP-Adresse, der Netzmaske und u.U. eines Gateways in jedem Netzwerk arbeiten. Als wichtigste Kamerasteuerungsfunktionen dienen die Befehls- und die Ressourcensteuerungsschnittstelle. Das digitale Bild-Streaming, die Dateiübertragung und andere Funktionalitäten laufen über die IP-Dienste-Schnittstelle. Viele der Softwarefunktionen sind über Softwareressourcen verfügbar. Diese sind über den FLIR IP Resource Socket Service zugänglich. Hierbei handelt es sich um die Kameraschnittstelle für die Ressourcensteuerung (seriell/Socket). Unabhängig von der physikalischen Ethernet-Schnittstelle ist auch ein Zugriff auf das Kamerasystem über TCP/IP (unter anderem) mit telnet, ftp, http und dem FLIR Resource Socket Service möglich.

Die meisten PLCs verfügen für Ethernet über serielle Schnittstellen/Socket Interfaces. Ein Beispiel ist das Ethernet/IP Web Server Module (kurz EWEB) von Allen-Bradley. Ein weiteres ist das Anybus X-Gateway Ethernet-Schnittstellenmodul von HMS Industrial Network, das diese serielle Socket-Schnittstelle für zahlreiche industrielle Netzwerkprotokolle wie EtherNet I/P, Modbus-TCP, Profinet, Ethernet Powerlink, EtherCAT, FLNet. usw. konvertieren kann.

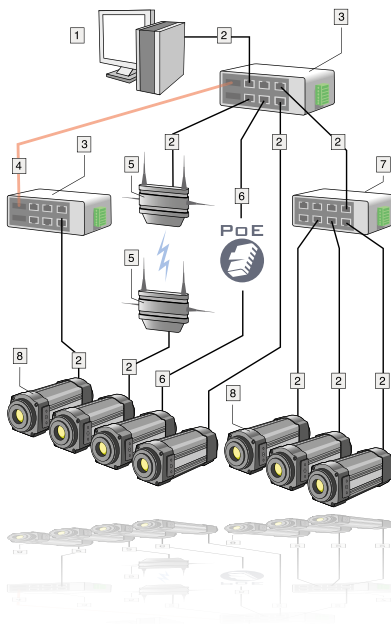
Kameraeinrichtung und Datenerfassung erfolgen in der Regel direkt über den FLIR IR Monitor und die auf einem PC ausgeführte IP CONFIG Software. Danach kann die Kamera dann zur kontinuierlichen Überwachung und Datenprotokollierung über PC- oder PLC-Steuerung mit dem Netzwerk verbunden werden. Für die Datenabfrage an die Kamera wird normalerweise das Telnet-Protokoll eingesetzt, auf das über den Windows®-PC Zugriff genommen wird, der das Anwendungsprogramm ausführt. Dieses Protokoll ist auch für die meisten PLCs erhältlich.

Systemdesigner schreiben dafür Meldungsanweisungen, mit denen die PLC von der Kamera auf die gleiche Weise Temperaturdaten und Wärmebilder abfragen kann wie bei der Steuerung über einen PC. Alternativ dazu kann die PLC den Ethernet-Port offen halten und von der Kamera die kontinuierliche Datenübertragung an diesen mit maximal möglicher Bildfrequenz anfordern. In jedem Fall ist das auf der PLC (oder ggf. einem PC) ausgeführte Anwendungsprogramm zuständig für die Alarmfunktionen und die Entscheidungsfindung. (Siehe Abbildung 6.) In der Regel werden die für Trendanalysen und die statistische Prozesssteuerung erfassten Temperaturwerte und Bilder auf einem mit dem Netzwerk verbundenen eigenen Server gespeichert, auf dem auch die für das Herunterladen und Abspeichern von Daten eingesetzte Transaktionsmanager-Software läuft.

Für Systementwickler, die für kundenspezifische PC-Anwendungen mit Visual Basic, C++, usw. Codes schreiben oder modifizieren, gibt es eine Reihe von Optionen. Das Researcher-Paket von FLIR unterstützt OLE-2, den Microsoft-Standard für das Verknüpfen und Einbetten von Daten zwischen verschiedenen Anwendungen. Bild- und Temperaturdaten können von der Researcher-Software in andere kompatible Anwendungen wie beispielsweise Excel gebracht werden. Die verknüpften Daten werden automatisch aktualisiert. Das bedeutet, dass ein in Researcher geänderter Temperaturwert automatisch auch in der verknüpften Anwendung geändert wird. Zudem bietet Researcher eine Automatisierungsschnittstelle zur Steuerung der Software über Visual Basic oder VBA. Weitere Standardoptionen für die OLE-Steuerung sind u. a. LabVIEW oder MATLAB von National Instruments. Leider sind diese nicht mit OPC (OLE for Process Control) kompatibel.

Es gibt noch eine Reihe weiterer Standardlösungen, für die kein Anwendungs-Quellcode geschrieben werden muss. Dazu gehört auch IRControl von der Firma Automation Technology GmbH. IRControl vereinfacht die automatisierte Verarbeitung komplexer Aufgaben durch sein auf Microsoft® COM/DCOM

Abbildung 6. Verallgemeinerte Darstellung eines IR-Machine-Vision-Systems mit Kommunikationsnetzwerk



- 1 Computer, PLC und/oder Transaktionsmanager-Server
- 2 CAT-6 Ethernet-Kabel mit RJ45-Steckverbindern
- 3 Industrieller Ethernet-Switch mit Glasfaseranschlüssen
- 4 Glasfaserkabel
- 5 WLAN Access-Points
- 6 CAT-6 Ethernet-Kabel mit RJ45-Steckverbindern, Stromversorgung über die mit PoE arbeitende Kamera (Power over Ethernet)
- 7 Industrieller Ethernet-Switch
- 6 FLIR Kameras vom Typ A320 zur Überwachung eines Prozesses oder anderer Zielobjekte

basierendes Automation Interface. Alle wesentlichen Mess-, Analyse- und Steuerungsfunktionen für FLIR Infrarotkameras können mithilfe von Makro-Befehlen direkt programmiert werden. Das erlaubt die automatische Ausführung von Steuerungs-Skripts anhand der Ereignisse am digitalen Eingang. Darüber hinaus akzeptiert IRControl über ein RS-232-Link übermittelte Fernsteuerungsbefehle. Das vereinfacht die Fernsteuerung von IRControl über andere Computer oder PLCs ganz erheblich. Bestandteil der Software ist auch ein umfassender Berichtsgenerator.

FAZIT

Für Infrarotkameras gibt es eine große Vielzahl von Steuerungs- und Datenerfassungsoptionen. Diese sind denjenigen ähnlich, die bei in Machine-Vision- und Automatisierungssystemen eingesetzten Tageslichtkameras verwendet werden. Infrarotkameras bieten den zusätzlichen Vorteil einer präzisen, berührungslosen Temperaturmessung in einem einzigen Instrument.



4

4. Maschinelles Sehen (Machine Vision) und Temperaturmessung in einem

Hintergrund

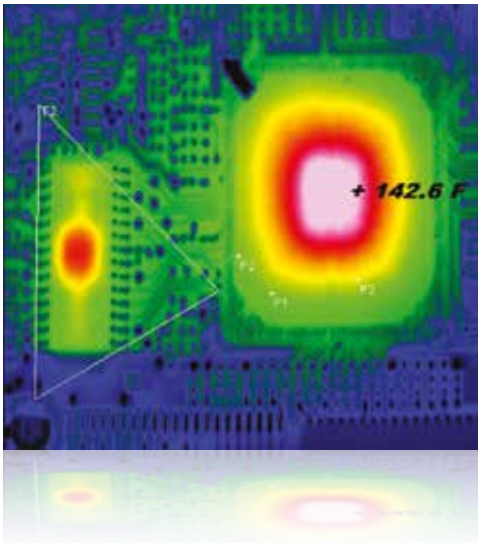
Tageslichtkameras waren lange Zeit ein wichtiges Element in Machine-Vision-Systemen, die zur Automatisierung von Prüfvorgängen und für die Prozesssteuerung eingesetzt wurden. Bei vielen dieser Systeme müssen zur Sicherstellung der Produktqualität auch Temperaturmessungen vorgenommen werden. Eine Infrarotkamera kann dabei meistens sowohl ein Bild des Produkts als auch kritische Temperaturdaten liefern. Wenn Wärmebilder und berührungslose Temperaturmessungen für eine Anwendung unerheblich sind, dann ist eine Tageslichtkamera sicherlich die kostengünstigere Alternative. Im umgekehrten Fall aber sollte der Systemdesigner den Einsatz einer Infrarotkamera in Erwägung ziehen.

Infrarotkameras und auch die dazugehörige Hard- und Software erfüllen zunehmend höhere technische Ansprüche, und so kommen sie immer häufiger in automatisierten Systemen zum Einsatz. Dank der Möglichkeit der Bilddarstellung und Temperaturmessung in einem können sie äußerst kosteneffektiv sein. Dass Infrarotkameras nicht noch umfassender eingesetzt werden, ist vor allem auf die mangelnde Vertrautheit der Systementwickler mit den Funktionen der Geräte, sowie mit den dazugehörigen Standards und Systemen und der Support-Software zurückzuführen. Das folgende Kapitel liefert einen Großteil dieses Wissens.

Machine-Vision-Anwendungen

Wie Tageslichtkameras, so können auch Thermografie-Kameras und ihre Software Größe, Form und relative Lage von Zielobjekten erkennen, also eine Mustererkennung vornehmen. Die Elektronik neuerer Infrarotkameramodelle bietet zudem eine schnelle Signalverarbeitung mit hohen Bildfrequenzen (mindestens 60 Hz), so dass auch Teile auf einem verhältnismäßig schnell laufenden Fertigungsband erfasst werden können. Ihre A/D-Wandler vereinen kurze Integrationszeiten mit hoher Auflösung, und dies ist ein kritischer Faktor für die korrekte Charakterisierung von beweglichen Zielen oder solchen, deren Temperatur schnell wechselt.

Abbildung 1. Ergebnisse einer automatisierten Prüfung von integrierten Schaltungen auf einer Leiterplatte



Ein Beispiel für Letzteres ist die automatisierte Prüfung von aktiven integrierten Schaltungen auf einer Leiterplatte (Abbildung 1). In manchen Fällen gehören dazu auch Überlasttests, bei denen ein Stromimpuls an die integrierte Schaltung angelegt wird, um deren Wärmebelastungskennlinie zu ermitteln. Bei einem dieser Tests wird die integrierte Schaltung mit außerhalb ihrer technischen Grenzwerte liegenden Stromstößen mit einer Impulsdauer von 800 ms in Durchlass- und in Sperrrichtung betrieben. Die Infrarotkamera erfasst während des Stromstoßes und danach Bilder, anhand derer eine Kennlinie des Temperaturanstiegs und -abfalls erstellt werden kann. Bei einer Bildfrequenz von 60 Hz kann etwa alle 17 ms ein neues Bild aufgenommen werden. Innerhalb des Impulses von 800 ms entstehen in einem solchen System fast 50 Bilder, und zur Ermittlung der Wärmeverteilungseigenschaften werden normalerweise im Anschluss daran noch viele mehr aufgenommen.

In anderen Anwendungen dieser Art kann ein gutes Bild abgespeichert und anhand der Bildsubtraktion Pixel für Pixel mit dem Prüfbild verglichen werden. Im Idealfall, also, wenn das Teil einwandfrei ist, ergibt sich daraus ein vollkommen schwarzes Bild, auf dem keine Unterschiede zu erkennen sind. Übermäßige Temperaturunterschiede deuten auf ein mangelhaftes Teil hin, unerwünschte Abweichungen fallen damit sofort ins Auge.

Es gibt eine Fülle weiterer Anwendungen, bei denen die Kombination aus berührungsloser Temperaturmessung und hochfrequenter Bildgebung äußerst hilfreich ist. So werden u. a. in folgenden automatisierten Systemen bereits heute Infrarotkameras eingesetzt:

- Teileproduktion und Montagebänder in der Automobilindustrie
- Arbeitsabläufe in Stahlwerken, beispielsweise Schlackenüberwachung und Gießpfanneninspektion
- Gießen, Löten und Schweißen von Metallen und Kunststoffen
- Lebensmittelverarbeitung
- Verpackungsindustrie
- Zerstörungsfreie Tests wie die Erkennung von Hohlräumen in Formteilen
- Anlagenüberwachung bei Stromversorgern
- Forschung & Entwicklung, Prototypenherstellung und Produktion in der Elektronikindustrie

Ein interessantes Beispiel aus der Automobilbranche ist die Überwachung der Temperaturverteilung in einer Druckgussform bei der Produktion von sicherheitskritischen Teilen (Abbildung 2). Vor der

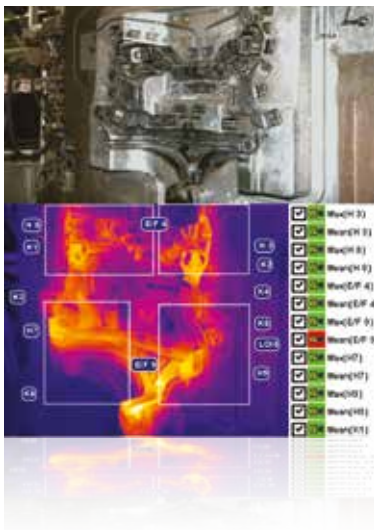


Abbildung 2. Temperaturverteilung in einer Druckgussform - der Arbeiter korrigiert anhand eines Infrarot-Wärmebildes die Formtemperatur so, dass fehlerfreie Teile produziert werden.

Installation des IR-Machine-Vision-Systems führte der Hersteller zum Aufspüren von unter der Oberfläche liegenden Produktionsmängeln hundertprozentige Prüfungen mithilfe eines Röntgengeräts durch. Als simultanes Verfahren war dies nicht praktikabel, daher wurden die Teile erst einige Stunden nach der Herstellung geröntgt. Ergaben diese Aufnahmen ein schwerwiegendes Problem bei Teilen aus einer bestimmten Form, wurde diese Information zur Temperaturkorrektur an die Produktion weitergeleitet. Das war zeit- und kostenintensiv und führte häufig zu hohen Ausschussraten. Mit dem Infrarotkameranystem kann der Arbeiter an der Form nun die Temperaturverteilung in der Form unmittelbar überprüfen und korrigieren.

Unterstützende Technologie

Die Datenübertragung ist das Rückgrat moderner industrieller SCADA-, PLC-, HMI- und Machine-Vision-Systeme. Für diese ist Ethernet heute Standard schlechthin. Für die Praxis in Machine-Vision-Anwendungen maßgebliche Infrarotkamerafunktionen sind damit Gigabit Ethernet (GigE)-Konnektivität, die Konformität mit GigE Vision™, eine GenICam™-Schnittstelle sowie ein großes Software-Spektrum von Drittanbietern zur Unterstützung dieser Kameras. Es gibt noch weitere relevante Hardware-Funktionen.

In der Regel sind für die angestrebten Anwendungsbereiche keine ultrahohen Detektorauflösungen notwendig, daher würde die typische Auflösung von FPA-Detektoren (Focal Plane Array) bei 320 x 240 Pixeln liegen. Für die Ausgabe eines 16-bit-Bild-Streams dieser 76.800 Pixel mit einer Bildfrequenz von 60 Hz wäre dennoch eine Übertragungsrate von ca. 74 Mb/Sek. erforderlich. Dies liegt zwar deutlich unter der Kapazität eines 1000 baseT-Ethernet-Systems, doch sind u.U. mehrere Kameras angeschlossen, und möglicherweise läuft zwischen den Bildübertragungen noch viel anderer Verkehr über das Netzwerk.

Zur Beschleunigung der Bildübertragung muss die Datenanalyse und Entscheidungsfindung außerhalb der Kamera vonstatten gehen. Dies ist einer der Gründe für die große Nachfrage nach thermografischer Software von Drittanbietern. Der andere Grund liegt darin, dass die meisten Machine-Vision-Systeme für bestimmte Produktionsprozesse maßgeschneidert sind. Natürlich bieten die Hersteller von Infrarotkameras zur Unterstützung ihrer Produkte und von deren Einsatz in diesen Systemen verschiedene Softwaretypen.

Zielsetzung bei der Einführung von GigE Vision ist das Schaffen einer GigE-Version, welche den Anforderungen der Machine-Vision-Industrie gerecht wird. Eines der Branchenziele besteht in der Möglichkeit zur Kombination und Abstimmung von Komponenten unterschiedlicher, den Standard erfüllender Hersteller. Ein weiteres sind relativ kostengünstige Zubehörteile wie Verkabelungen, Schalter und Netzwerkkarten (NICs) sowie – im Bedarfsfall – der Einsatz von verhältnismäßig langen Kabeln.

Der Standard GigE Vision basiert auf UDP/IP und setzt sich aus vier Hauptelementen zusammen:

- Aus einem Mechanismus, welcher es der Anwendung ermöglicht, Geräte zu erkennen und aufzuzählen, und der festlegt, auf welche Weise die Geräte eine gültige IP-Adresse erhalten.
- Dem GigE Vision Control Protocol (GVCP), das die Konfiguration der erkannten Geräte ermöglicht und die Übertragungszuverlässigkeit garantiert.
- Dem GigE Vision Streaming Protocol (GVSP), über das Anwendungen Informationen von Geräten erhalten.
- Systemstartregister, die das Gerät identifizieren (aktuelle IP-Adresse, Seriennummer, Hersteller usw.).

Mit den GigE-Kapazitäten und der entsprechenden Software benötigt ein IR-Machine-Vision-System im Gegensatz zu den früher eingesetzten Tageslichtkameras in der Regel keinen eigenen Framegrabber mehr. Im Endeffekt ist der GigE-Anschluss am PC der Framegrabber. Ältere Tageslichtkameras mit lediglich analogen Videoausgängen (NTSC und PAL) sind auf erheblich niedrigere Bildfrequenzen und auf die Beobachtung über den Video-Monitor beschränkt. Mit GigE stehen einem IR-Vision-System nicht nur höhere Bildfrequenzen zur Verfügung. Vielmehr kann es auch über erheblich größere Entfernungen fernüberwacht werden, als dies bei der lokalen Datenverarbeitung und -übertragung über USB, FireWire, CameraLink usw. der Fall wäre. Zudem sind Ethernet-Komponenten im Vergleich zu Framegrabber-Karten und zur dazugehörigen Hardware nicht teuer.

Eine GigE Vision-Kamera arbeitet in der Regel mit einer Netzwerkkarte (NIC), und es können mehrere Kameras im Netzwerk angeschlossen werden. Die von den Netzwerkkartenherstellern mitgelieferten Treiber allerdings arbeiten mit dem Windows- oder dem Linux-IP-Stapelspeicher, was zu nicht vorhersehbaren Verhaltensweisen wie beispielsweise Verzögerungen bei der Datenübertragung führen kann. Durch Einsatz von effizienteren, zweckgerichten und mit dem GigE Vision Standard kompatiblen Treibern kann der IP-Stapelspeicher umgangen werden. Die Daten auf der Kernel-Ebene des PC-Systems laufen direkt und ohne Umwege in den Speicher (DMA, Direct Memory Access). Dadurch entsteht ein in Nahezu-Echtzeit arbeitendes IR-Vision-System, bei dem fast die komplette CPU-Zeit der eigentlichen Bildverarbeitung zur Verfügung steht.

Abbildung 3. Offizielles Markenzeichen für GigE-konforme Produkte



Wenn Sie sicher wissen wollen, ob eine Kamera GigE Vision-konform ist, achten Sie auf das offizielle Siegel (siehe Abbildung 3), das nur dann angebracht werden darf, wenn die Kamera den Vorgaben des Standards gerecht wird.

Zudem sollte eine Infrarotkamera auch die GenICam-Anforderungen erfüllen. Entwicklern erleichtert sie die Integration von Kameras in ihr IR-Vision-System. Mit dem GenICam Standard soll für alle Arten von Kameras eine allgemein gültige Programmierschnittstelle geschaffen werden. Unabhängig von der Schnittstellentechnologie (GigE Vision, Camera Link, 1394 usw.) oder von den implementierten Kamerafunktionen sollte die Anwendungsprogrammierung (API) die gleiche sein. Der GenICam Standard umfasst mehrere Module, die im Einzelnen folgende Hauptaufgaben erfüllen:

- GenApi: Kamerakonfiguration
- Standard Feature Names: empfohlene Namen und Typen für Standardmerkmale
- GenTL: Transportschicht-Schnittstelle, welche die Bilder übernimmt

Zu den gemeinsamen Aufgaben in Verbindung mit Infrarotkameras in Machine-Vision-Systemen gehören Konfigurationseinstellungen, Befehl und Steuerung, die Bildverarbeitung und das Anhängen der Temperaturmessergebnisse an den Bilddaten-Stream. GigE Vision ermöglicht die Hardware-Unabhängigkeit, während GenICam Software-Unabhängigkeit schafft. In einem System, in dem beispielsweise die Infrarotkameras beide Standards erfüllen und an ein GigE-Netzwerk angeschlossen sind, kann nahezu jedes Anwendungsprogramm einer Kamera den Befehl dazu erteilen, einen Bilder-Stream mit 60 Hz zu senden, der ohne Frequenzverlust und ohne Verlust wichtiger Daten erfasst werden kann. Diese Informationen können dann für Alarmfunktionen, Trendanalysen und für die statistische Prozesskontrolle verarbeitet werden.

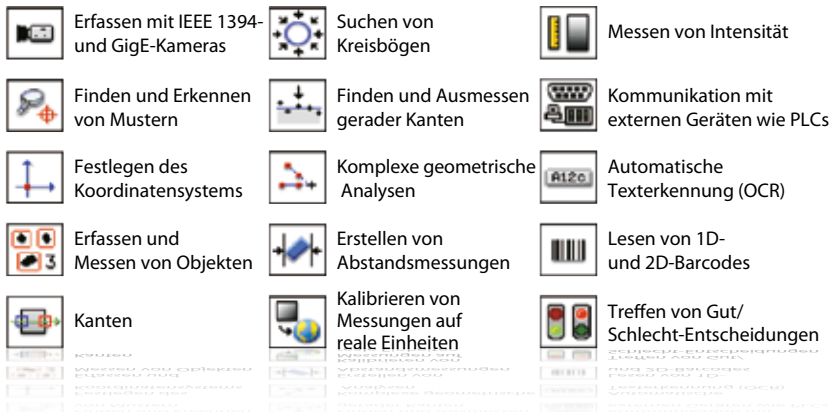
Ausbau von Anwendungen durch Software von Drittanbietern

Durch Einhaltung der vorstehend beschriebenen Standards erleichtern Hersteller von Infrarotkameras den Entwicklern die Integration ihrer Kameras in Sichtsysteme, die sich durch ein breites Funktionsspektrum auszeichnen. Zur Erleichterung der Integrationsaufgaben bieten Kamerahersteller zudem eine Vielzahl von Softwareprodukten. So gibt es die FLIR A325 beispielsweise mit drei Software-Paketen, die über eine PC-Steuerung laufen:

- IP Configuration Utility: sucht Kameras im Netzwerk und konfiguriert sie
- IR Monitor: zeigt Bilder und Temperaturdaten auf bis zu neun Kameras gleichzeitig an
- AXXX Control und Image Interface: systemnahe Beschreibungen über die Kommunikation mit der Kamera einschließlich Bildformaten und C-Code-Beispielen

Zudem werden optionale Toolkits für Software-Entwickler angeboten (FLIR SDK, LabVIEW Toolkit, Active GigE SDK von A&B Software usw.), die Quellcodes für maßgeschneiderte Anwendungen in Programmierumgebungen wie Visual Basic, C++, Delphi usw. erstellen. Die Stärke einer Kamera wie der A325 liegt allerdings in ihrer Fähigkeit zur Arbeit mit Software von Drittanbietern, wodurch

Abbildung 4. Beispiele für die zahlreichen Funktionen in Vision Builder für automatisierte Prüfungen



sich die Erfordernis zum Schreiben von Quellcodes erübrigt oder auf ein Minimum reduziert. Der Vision Builder for Automated Inspection von National Instrument beispielsweise ist ein konfigurierbares Paket für den Aufbau, den Vergleich und den Einsatz von Machine-Vision-Anwendungen (Abbildung 5). Der Benutzer muss dazu keinen Programmcode schreiben. Eine integrierte Deployment-Schnittstelle erleichtert die Systeminstallation und bietet u. a. die Möglichkeit zur Vorgabe komplexer Pass/Fail-Entscheidungen, zur Steuerung digitaler Ein-/Ausgänge und zur Kommunikation mit seriellen oder Ethernet-Geräten wie PLCs, PCs und HMIs. Ähnliche Funktionsmerkmale gibt es in Common Vision Blox, einem Produkt von Stemmer Imaging, das Hardware- und sprachunabhängige Tools und Bibliotheken für Bildverarbeitungsprofis umfasst.

Die Einsatzmöglichkeiten von Anwendungen lassen sich erheblich ausbauen, indem man mithilfe von Drittanbieter-Software einen Großteil der Analyse-, Befehls- und Steuerungsfunktionen von der Kamera auf den PC überträgt. Eine Möglichkeit ist die Konzeption eines gemischten Kamerasystems. Dabei könnten beispielsweise Infrarotkameras zur Lieferung von Wärmebildern und Temperaturdaten verwendet werden, während Tageslichtkameras für die „Weißlicht“-Farberkennung zuständig wären.

Die Lebensmittelverarbeitung ist ein Bereich, in dem höhere Analytik mit Infrarotkameras in automatisierten Machine-Vision-Anwendungen eingesetzt wird. Ein großer Einsatzbereich, in dem Infrarot-Sichtsysteme ihre Überlegenheit zeigen, ist die hundertprozentige Prüfung gegarter Lebensmittel nach dem Austritt aus dem Durchlaufofen. Hier geht es vorrangig darum sicherzustellen, dass die Produkte durchgegart sind. Dies lässt sich mittels einer Temperaturmessung über die Kamera feststellen und ist in Abbildung 5 am Beispiel der Zubereitung von sogenannten Hamburger-Patties illustriert. Dabei können Messpunkte oder -flächen entsprechend der Lage der Burger beim Austritt aus dem Ofen festgelegt werden. Ist die Burger-Temperatur zu niedrig, löst die Logik des Machine-Vision-Programms nicht nur einen Alarm aus, sondern zeigt dem Arbeiter am Ofen zudem ein Bild, auf dem der aus der Produktionslinie zu nehmende Burger zu sehen ist. Wie bei anderen Anwendungen, so können auch hier Minimum-, Maximum- und Durchschnittstemperatur für einzelne Burger oder aber auch das Sichtfeld als Ganzes erfasst und für Trendanalyse oder statistischer Auswertungen genutzt werden.

Auch bei der Zubereitung von Hähnchenteilen dient die Temperatur als Mittel zur Überprüfung des ordnungsgemäßen Garzustands. Die Teile kommen aus dem Ofen und fallen in mehr oder weniger

zufälliger Anordnung auf ein weiteres Förderband (Abbildung 6). Der Arbeiter kann anhand eines Wärmebildes die noch nicht durchgegartenen Stücke in der Menge ausmachen und vom Förderband nehmen.

Bei der Produktion von Tiefkühl-Fertiggerichten kann mithilfe eines IR-Machine-Vision-Systems und einer Software zur Erkennung von Temperaturmustern die ordnungsgemäße Bestückung der Lebensmittelbehälter überprüft werden. In ähnlicher Weise ist eine hundertprozentige Prüfung der wärmeversiegelten Zellophanumhüllung des Fertiggerichts möglich. Als Zusatzfunktion käme eine Lasermarkierung mangelhafter Erzeugnisse in Frage, damit diese dann an der Prüfstation ausgesondert werden können.

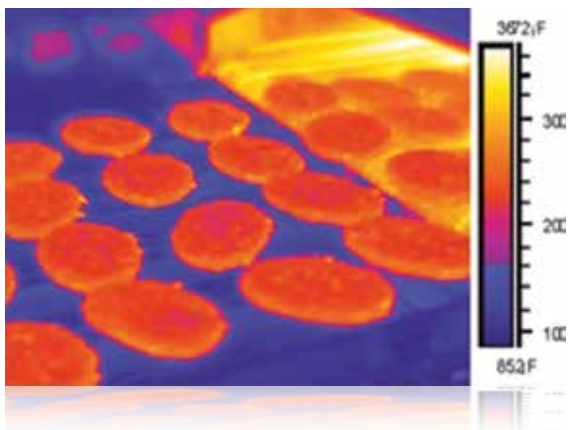


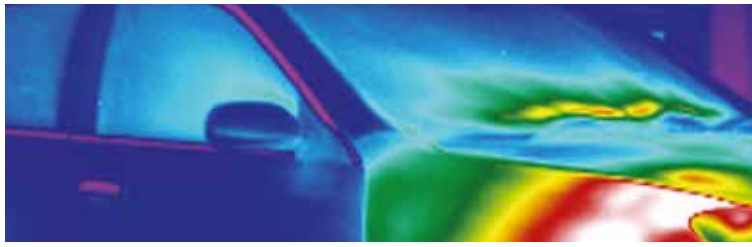
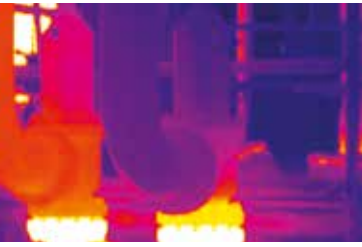
Abbildung 5. IR-Machine-Vision-Bild aus der Garprüfung von sogenannten Hamburger-Patties durch Temperaturmessung



Abbildung 6. Eine Infrarot-Temperaturmessung und ein Wärmebild helfen bei der Lokalisierung nicht durchgegartener Hähnchenteile und sorgen dafür, dass die Produktionslinie angehalten wird, so dass Teile außerhalb der zulässigen Toleranzen entfernt werden können.

FAZIT

Für IR-Machine-Vision-Systeme und Temperaturmessungen gibt es unendlich viele Einsatzmöglichkeiten in automatisierten Prozessen. In vielen Fällen liefern sie Bilder und Informationen, die mit Tageslichtkameras nicht möglich wären. Darüber hinaus können sie Tageslichtbilder ergänzen, wo diese vorgegeben sind. Infrarotkameras wie die FLIR A325 liefern Streams digitalisierter Infrarot-Bilder in hoher Bildfrequenz für mit relativ hoher Geschwindigkeit ablaufende Prozesse, die über GigE-Netzwerke an entfernte Orte übertragen werden können. Bei Einhaltung der Standards GigE Vision und GenICam können solche Kameras mit einer Vielzahl gleichermaßen konformer Geräte integriert und durch ein breites Spektrum an Software von Drittanbietern unterstützt werden. Dank Funk- und Glasfaserkabeladaptern können diese Kameras nahezu überall eingesetzt werden, so auch über große Entfernungen.



Was ist Ihre Aufgabe? Welche Art von Infrarotkamera könnte Ihre Lösung sein?

Im Folgenden finden Sie unsere Kontaktdaten, um sich mit einem Experten für Infrarotkameras in Verbindung zu setzen:

FLIR Systems AB (head office)
Sweden
World Wide Thermography Center
+46 (0)8 753 25 00
info@flir.com

FLIR Systems Ltd.
United Kingdom
+44 (0)1732 220 011
info@flir.com

FLIR Systems S.r.l.
Italy
+39 (0)2 99 45 10 01
info@flir.com

FLIR Systems GmbH
Germany
+49 (0)69 95 00 900
info@flir.com

FLIR Systems Sarl
France
+33 (0)1 41 33 97 97
info@flir.com

FLIR Systems AB
Belgium
+32 (0) 3665 5100
info@flir.com

Wir freuen uns auf Ihren Besuch auf unserer Website unter:
www.flir.com/thg