



Bild: Pressmaster / Shutterstock

Bild 1 | IR-Kameras im NIR-Spektralbereich zur Überwachung von hohen Temperaturen haben in der Regel viele kleine Temperaturmessbereiche und erforderten bisher ein mehrfaches Umschalten.

# Grenzüberschreitend

## Hochdynamische IR-Kameras für 300 bis 3.000°C

*Infrarotkameras im nahen IR-Spektralbereich zur Überwachung von hohen Temperaturen in industriellen Anwendungen haben in der Regel viele kleine Temperaturmessbereiche. Messvorgänge mit hohen Temperaturunterschieden erfordern ein mehrfaches Umschalten der Messbereiche und führen zu Bildern mit unter- bzw. überbelichteten Stellen. Neu entwickelte Hochtemperatur-IR-Kameras mit hochdynamischen Silizium- und Indiumgalliumarsenid-Detektoren nutzen einen Spektralbereich im nahen IR-Bereich und eine spezielle Signalverarbeitung.*

Eine Reihe von am Markt befindlichen NIR-Kameras nutzen herkömmliche Videodetektoren mit vorgeschalteten IR-Filtern, die lediglich Strahlung im nahen Infrarot (NIR, 0,8 bis 1,1 µm) auf den Detektor abbilden. Zusätzliche technische Modifikationen und eine radiometrische Kalibrierung führen dann zu IR-Hochtemperaturkameras, deren Messbereich üblicherweise bei etwa 600°C beginnt. Die durchgängige Messbereichsspanne beträgt ca. 200K, so dass die Kameras über viele Teilmessbereiche verfügen, die entweder manuell oder nach bestimmten Kriterien automatisch ausgewählt oder sequentiell durchgeschaltet werden. Um den Nachteil zu beseitigen, dass Bildbereiche möglicherweise über- bzw. unter-

steuert sind, werden Aufnahmen der einzelnen Messbereiche zu einem 'Hochdynamikbild' überlagert. Diese sind insbesondere in den Messbereichsüberlappungen oft inkonsistent (hoher Temperaturmessfehler, Artefakte) und die Bildfrequenz sinkt mit der Anzahl von Messbereichen, die dafür überlagert werden müssen. Eine Möglichkeit, die bestehenden Probleme zu lösen, ist die Verwendung von Hochdynamik-Bildsensoren mit einer pixelbezogenen nichtlinearen Signalverarbeitung.

### **NIR-Hochdynamiksensoren**

Die Entwicklung und Fertigung eines geeigneten Detektors ist Voraussetzung für

eine Wärmebildkamera zur berührungslosen Temperaturmessung. Folgende Ansprüche müssen dabei erfüllt werden:

- Eine nichtlineare pixelbezogene Signalverarbeitung verstärkt technologiebedingte Pixelungleichmäßigkeiten, die zu einem wahrnehmbaren Fix-Pattern insbesondere bei niedrigen Objekttemperaturen führen. Vermeidungs- und Korrekturstrategien müssen gefunden werden.
- Die Eigentemperatureinflüsse auf das Detektorsignal müssen ermittelt und zur Gewährleistung einer hohen Messgenauigkeit kompensierbar sein.
- Ermittlung neuer Abgleichverfahren unter Berücksichtigung der nichtlinearen Signalverarbeitung
- Ermittlung der Parameter für die die



Bild: Dias Infrared GmbH

**Bild 2** | Die Hochdynamik-Wärmebildkameras Pyroview als Standardmodell (rechts) sowie ein wassergekühltes Modell gekoppelt mit einer luftgespülten Optik (links)

weitestgehend identische Messeigenschaften und elektrische Schnittstellen. Die in der Kamera integrierte Signalverarbeitung führt alle notwendigen Kompensationen, Korrekturen und Temperaturberechnungen in Echtzeit aus. Darüber hinaus ist eine echtzeitfähige Signalauswertung integriert, die für max. acht Zonen (regions of interest, ROI) bestimmte Überwachungsaufgaben ausführen kann. Die Ergebnisse können in Echtzeit über digitale Schaltgänge der Kamera z.B. für Maschinensteuerungen ausgegeben werden. Die ROI-Programmierung wird einmal per PC vorgenommen und nicht flüchtig gespeichert, so dass ein Stand-alone-Betrieb möglich ist. Sowohl die gemessenen IR-Bilder als auch die Ergebnisse der ROI-Auswertung können per GigE-Schnittstelle in beliebige Netzwerke eingespeist werden. Es wird eine verlustfreie Vollbildübertragung (16Bit/Pixel) mit voller Bildfrequenz (100Hz/60Hz/50Hz) bei einer Verzögerung von nur ca. zwei Bildzeilen (<100µs) erreicht. Ein integrierter Webserver kann unabhängig von der aktuellen Messaufgabe genutzt werden, um Informationen und Dokumentationen über die Kamera anzuzeigen, einfache Programmier- und Serviceaufgaben auszuführen und einen Blick auf das aktuell aufgenommene Messbild zu werfen. Die Hochtemperatur-IR-Kameras eignen sich besonders für Temperaturmessungen an heißen Stellen, die sich gleichzeitig bewegen. Für die Erkennung von Hotspots sind sie zudem besser geeignet als Pyrometer. ■

[www.dias-infrared.de](http://www.dias-infrared.de)

**Autoren** | Dr. Uwe Hoffmann, Dr. Christian Schiewe, Kristin Hofmann, Dias Infrared GmbH

Übertragungscharakteristik beschreibenden mathematischen Kennliniengleichungen

- Die für berührungslos Temperatur messenden Kameras notwendige 'Einrechnung' des Emissionsgrades in das Messergebnis muss den neuen Übertragungscharakteristiken angepasst werden.

Eine patentierte Detektorpixelarchitektur mit einer nichtlinearen Übertragungscharakteristik realisiert eine annähernd lineare Abhängigkeit zwischen Objekttemperatur und Detektorsignal, die einen einzigen ununterbrochenen Messtemperaturbereich von ca. 1.000K zulässt. Der Detektor ist in Standard-Si-CMOS-Technologie gefertigt und besitzt 768x576 oder 512x384 aktive Elemente. Das Ausleseverfahren ist als Rolling-Shutter mit gleichzeitiger zeilenweiser Fix-Pattern- Korrektur realisiert. Der große Betriebstemperaturbereich von -40 bis 120°C lässt den Einsatz unter fast allen Umgebungsbedingungen zu. Der De-

tektor wurde unter unterschiedlichsten Bedingungen getestet und letztendlich als Basis für eine NIR-Kamera verwendet. Darüber hinaus wurde mit der gleichen Schaltungstechnologie ein InGaAs-Detektor für den Spektralbereich von 1,4 bis 1,6µm entwickelt.

**NIR-Hochdynamikkameras**

Ziel war die Entwicklung einer berührungslos messenden IR-Kamera für verschiedenste industrielle Anwendungen im Temperaturbereich ab 300°C (InGaAs) oder 600°C (Si). Es entstanden zwei Versionen: ein Standardmodell bestehend aus einer Kamera im Aluminium-Gehäuse mit wechselbarer Optik sowie ein wassergekühltes Modell im Edelstahlgehäuse gekoppelt mit einer luftgespülten Optik für die Anwendung in schmutzigen und 'heißen' Umgebungstemperaturbereichen bis etwa 150°C (Bild 2). Beide Modelle besitzen

Bild: Dias Infrared GmbH

Modell	320N	512N	768N
<b>Auflösung (Pixel)</b>	320x256	512x384	768x576
<b>Temperaturbereich</b>	300 bis 1.200°C	600 bis 1.500°C (optional 1.400 bis 3.000°C)	600 bis 1.500°C (optional 1.400 bis 3.000°C)
<b>Spektralbereich</b>	1,4 bis 1,6µm	0,8 bis 1,1µm	0,8 bis 1,1µm
<b>Bilder pro sek</b>	100	60	50

Tabelle 1 | Technische Daten der Hochdynamik-Infrarotkameras Pyroview