

## Infrarotkameras in der Elektronikentwicklung Temperaturmessung an kleinsten Komponenten

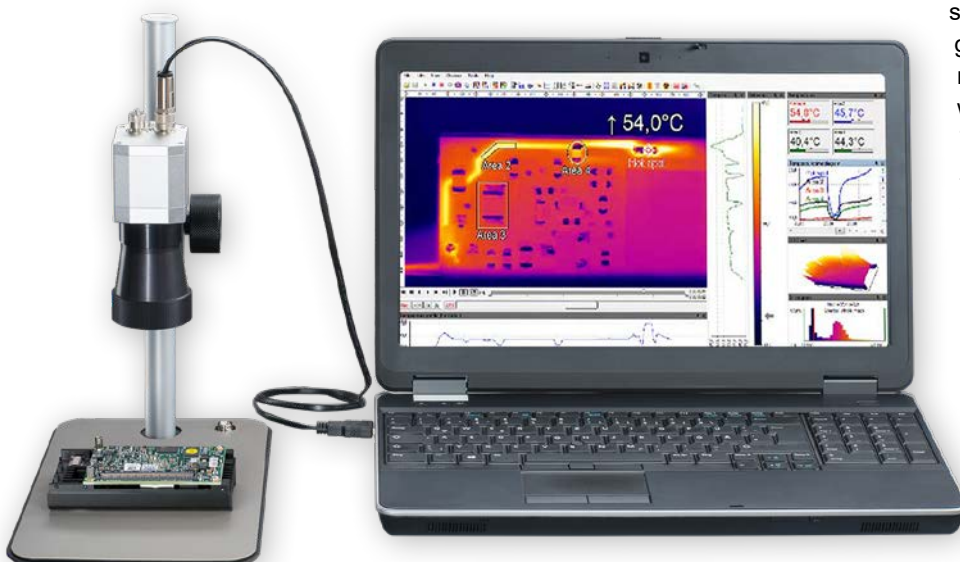
In der Elektronikentwicklung ist über die letzten Jahre ein eindeutiger Trend zu beobachten: Die Packungsdichte steigt. Moderne Smartphones sind heute deutlich leistungsfähiger als noch vor wenigen Jahren und dabei trotzdem nicht größer. Ähnliches gilt etwa für Geräte der IT, für die KFZ-Elektronik oder für Consumer-Elektronik. Entsprechend sorgfältig muss bei der Entwicklung auf die Wärmeproblematik geachtet werden. Moderne Infrarotmesstechnik ist hierbei ein wichtiges Hilfsmittel.

Schon 1965 postulierte Gordon Moore die Faustregel, die heute allgemein als mooresches Gesetz bezeichnet wird: Innerhalb von 18 Monaten verdoppelt sich die Integrationsdichte von Halbleiterbauelementen. Die dadurch immer weiter steigende Leistungsfähigkeit von Halbleitern war die Grundlage für die Entwicklung der modernen IT und der Digitalisierung, die heute praktisch alle Bereiche unseres täglichen Lebens beherrscht.

### Verlustleistung erzeugt Wärme

Die immer höhere Integrationsdichte führt allerdings dazu, dass auch die Wärmemenge, die durch Verlustleistung in den Komponenten entsteht, immer größer wird. Hinzu kommt die immer weiter fortschreitende Miniaturisierung, was eine effiziente Wärmeabfuhr behindern kann. Auch Anwendungen, bei denen vergleichsweise hohe Ströme fließen, werden durch den Einsatz von Leistungselektronik beispielsweise in der Antriebstechnik immer häufiger. Die Lebensdauer von Halbleiterbauelementen ist stark temperaturabhängig. Bei einer Erhöhung der Temperatur um 10 °C sinkt die Lebensdauer etwa um 50 %. Entwickler von elektronischen Baugruppen sehen sich dadurch der Herausforderung gegenüber, das thermische Verhalten von Platinen und Baugruppen zu berücksichtigen.

Die Temperaturen von Halbleitern, bestückten Platinen oder ganzen Baugruppen lassen sich ideal mit Hilfe der Infrarottechnik messen. Das Messverfahren arbeitet schnell, präzise und – in der Elektronikfertigung von besonderer Bedeutung – berührungslos. Bei der Messung soll überprüft werden, wo genau eine Leiterplatte welche Temperaturen aufweist. Die Ursachen für zu hohe Temperaturen können vielfältig sein: defekte Bauteile, falsch dimensionierte Leiterbahnen oder schlecht ausgeführte Lötstellen. Um auch die Temperaturen sehr kleiner Bauteile und Strukturen auf einer Leiterplatte sicher zu erfassen, ist eine Infrarotkamera mit entsprechend hoher Auflösung notwendig. Mit diesen lässt sich beispielsweise genau bestimmen, welches Bauelement auf einer Leiterplatte zu hohe Temperaturen aufweist.





Infrarotkamera PI 640i  
der Precision Line  
mit Mikroskopoptik

### Technische Daten optris PI 640i

- Austauschbare, fokussierbare Optik für flexiblen Einsatz
- Analysieren von kleinen Komponenten mit einer Auflösung bis zu 28 µm (IFOV)
- Gleichzeitige elektrische Prüfung und thermische Analyse möglich durch optimalen Arbeitsabstand
- Bildfrequenz bis zu 125 Hz erlaubt die Inspektion schneller Prozesse (z.B. gepulste Laserdioden)
- Radiometrische Aufnahme von Videos und Bildern mit einer Messgenauigkeit von +/- 2 °C
- Lizenzfreie Analysesoftware und komplettes SDK inklusive



Weitere Informationen zur  
Mikroskopoptik finden Sie unter  
[www.optris.com/de/produkt/infrarot-kameras/  
pi-serie/pi-640i-mikroskop-optik](http://www.optris.com/de/produkt/infrarot-kameras/pi-serie/pi-640i-mikroskop-optik)

### Berührungslose Temperaturmessung bei der Entwicklung, Produktion und Eingangskontrolle

Infrarotkameras kommen in verschiedenen Phasen in der Elektronikentwicklung zum Einsatz. Häufig werden die Temperaturen auf einer bestückten Leiterplatte bereits im Vorfeld mit thermischen Modellrechnungen simuliert. Bei der Messung an Prototypen können diese Modellrechnungen dann verifiziert werden. Treten Abweichungen auf, können die durch die Messung gewonnenen Daten zur Verbesserung der Modelle wieder in die Simulationen einfließen. Bei Messungen an Prototypen lassen sich auch Komponenten identifizieren, die übermäßig viel Energie verbrauchen. Auf diese Weise können Fehler im Schaltungs-Design frühzeitig erkannt werden. Auch die gegenseitige Beeinflussung von Komponenten auf der Leiterplatte lässt sich aufdecken.



Wärmebild eines in Betrieb befindlichen Motherboards  
Quelle: [www.igorlab.de](http://www.igorlab.de) (Igor Wallossek)

In der Produktion werden häufig Baugruppen verwendet, die von externen Lieferanten geliefert werden. Um an solchen Baugruppen eine Eingangs-Qualitätskontrolle durchzuführen, wird ebenfalls die Infrarotmesstechnik verwendet. Diese Kontrolle kann zu 100 % oder in Stichproben durchgeführt werden. Auch bei der Endkontrolle im Rahmen der Qualitätssicherung fertiger Baugruppen oder Leiterplatten kommen Infrarotkameras zum Einsatz. So können zum Beispiel während Burn-In-Tests fehlerhafte Bauteile oder Baugruppen identifiziert werden.

### Auswahl der passenden Infrarotkamera

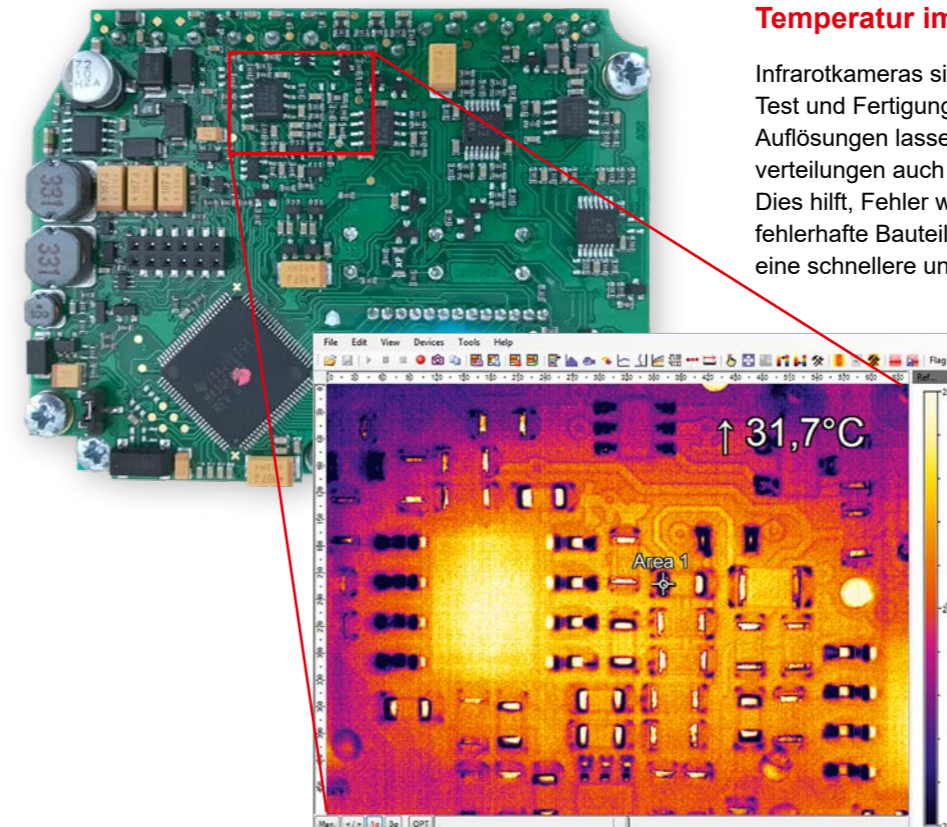
Um die kleinen Strukturen von Elektronikbaugruppen abbilden zu können, sind hochwertige Infrarotkameras notwendig. Leistungsfähige moderne Infrarotkameras arbeiten in der Regel mit einer Matrix aus miniaturisierten Bolometern, die auf einem Chip zusammengefasst sind. Dieser so genannte Mikrobolometer-FPA-Detektor (Focal Plane Array) kann aus über 2 Millionen Pixeln bestehen. Die Bolometer selbst sind 12 µm x 12 µm bis 35 µm x 35 µm groß und haben eine Dicke von 0,15 µm. Der Widerstand der Bolometer ändert sich, wenn

er Wärmestrahlung absorbiert. Auf diese Weise entsteht das Wärmebild mit je einem Temperaturmesswert pro Pixel.

Je mehr Pixel ein Bildsensor hat, desto höher ist die mögliche Auflösung. Da jedoch die einzelnen Bolometer mit zunehmender Pixelzahl kleiner werden, ist die von jedem Pixel empfangene Wärmestrahlung geringer. Aus diesem Grund benötigen kleinere Pixel eine viel höhere Detektivität, um die gleiche Temperaturauflösung zu erreichen. Dies stellt sehr hohe Anforderungen an die thermische Isolation, die Temperaturkoeffizienten sowie die effektive Ausnutzung der Sensorfläche. In der Praxis wird eine niedrigere Bildrate verwendet, um die Bildsignale über einen längeren Zeitraum zu integrieren. Generell ist festzustellen, dass die Anzahl der Pixel, die Bildrate und die Temperaturauflösung nicht unabhängig voneinander erhöht werden können.

### Einfluss der Optik und des Field of views

Wie bei Foto- oder Videokameras auch, ist der Bildsensor bzw. dessen Pixelanzahl nicht der alleinige Garant für hochwertige Bilder. Die Optik spielt ebenfalls eine wichtige Rolle. Die Objektive von Infrarotkameras haben häufig eine hohe Lichtstärke. Um möglichst viel Wärmestrahlung zu nutzen und gleichzeitig unabhängig von atmosphärischen Absorptionen zu sein, arbeitet man im Spektralbereich von 8 µm bis 14 µm. Um Temperaturen bei Elektronikkomponenten verlässlich zu bestimmen, muss die Messgenauigkeit des Systems auch bei winzigen Objekten gegeben sein. Sonst nutzt eine hohe Auflösung bezüglich der reinen Anzahl der Pixel wenig. Wichtig ist neben der Frage, welche kleinste Struktur erkennbar ist, immer auch die Frage nach der Mindestgröße, die ein Objekt im Bild haben muss, um dessen Temperatur verlässlich zu ermitteln.



Wird die Auflösung auf eine geringe Anzahl an kleinen Pixeln beschränkt, kann man bei Gesichtsfeldern üblicher Größe kleinere Objektive mit kurzer Brennweite einsetzen. Diese sind kostengünstiger, haben allerdings den Nachteil, dass eine kleinere Öffnung weniger Licht sammelt. Dies muss wiederum durch entsprechend empfindlichere Sensoren kompensiert werden. Das Gesichtsfeld der Wärmebildkamera ist ebenfalls abhängig vom gewählten Objektiv und kann zwischen 6° und 90° liegen. Mit zunehmender Entfernung zwischen Kamera und Objekt vergrößern sich der erfasste Bildbereich und damit auch der Bildausschnitt, der auf ein einzelnes Pixel abgebildet wird. Die optische Auflösung des Messgerätes muss also abhängig von der Größe des Messobjekts und der Entfernung zwischen Messobjekt und Sensor ausgewählt werden. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Optik und Sensor bei einer Wärmebildkamera passend zur Messaufgabe und qualitativ aufeinander abgestimmt sein müssen, um ein Wärmebild zu erhalten, das sowohl thermisch als auch geometrisch eine gute Auflösung hat.

Ideal geeignet für die Messungen an elektronischen Baugruppen sind die PI 640i und Xi 400 Mikroskop-Infrarotkameras von Optris. Sie verfügen über Detektorgößen 640 x 480 Pixel (PI 640i) und 382 x 288 Pixel (Xi 400). Mit dem auswechselbaren und fokussierbaren Mikroskopobjektiv können auch sehr kleine Bauteile oder Strukturen auf einer Leiterplatte erfasst werden. Der kleinste Messfleckdurchmesser beträgt bei der PI 640i 28 µm. Temperaturen werden mit einer Genauigkeit von ±2 °C gemessen. Mit der maximal möglichen Bildrate von 125 Hz können auch schnelle Vorgänge sichtbar gemacht werden. Beide Infrarotkameras nehmen sowohl Bilder als auch Videos auf, die mit der lizenzfreien Analysesoftware ausgewertet werden können.

### Temperatur im Griff

Infrarotkameras sind ein wertvolles Hilfsmittel bei Entwicklung, Test und Fertigung von elektronischen Baugruppen. Mit hohen Auflösungen lassen sich die Temperaturen und Temperaturverteilungen auch bei miniaturisierten Komponenten messen. Dies hilft, Fehler während des Designs früh zu erkennen und fehlerhafte Bauteile sicher zu identifizieren. Das Ergebnis ist eine schnellere und sicherere Elektronikentwicklung.

Mit der Mikroskopoptik können kleinste Details detektiert werden. Hier findet die Temperaturmessung auf einer Fläche von 16 x 10 mm statt.



Infrarotkamera Xi 400  
der Compact Line mit Mikroskopoptik

### Technische Daten optris Xi 400

- Kleine, robuste Kamera mit motorisiertem Fokus
- Aufnahme radiometrischer Videos mit einer optischen Auflösung von 382 x 288 Pixel
- Analyse kleinster Komponenten ab 240  $\mu\text{m}$  (IFOV)

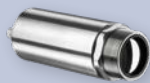


Weitere Informationen zur Mikroskopoptik finden Sie unter  
[www.optris.com/de/produkt/infrarot-kameras/xi-serie/xi-400-mikroskop-optik/](http://www.optris.com/de/produkt/infrarot-kameras/xi-serie/xi-400-mikroskop-optik/)



## Vergleich der Xi 400 Mikroskopoptik mit der PI 640i Standard- und Mikroskopoptik

### Xi 400 Mikroskopoptik



### PI 640i Standardoptik

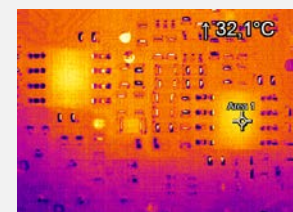
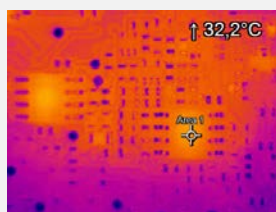
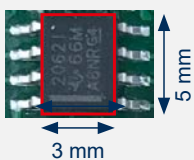


### PI 640i Mikroskopoptik



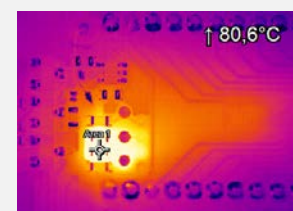
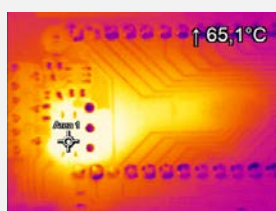
### Messung (MFOV) von kleinen Komponenten (Verstärker: 3 x 5 mm)

#### Verstärker



### Messung (MFOV) von winzigen Komponenten (SMD-Widerstand: 1.55 x 0.85 mm)

#### SMD-Widerstand



### Fazit

- Wichtig ist die Wahl des richtigen Gerätes (Optik)
- Andernfalls wird die Messung falsch sein
- Abhängig von der Größe des Objekts