

# Wärmebilddiagnose mit nahezu mikroskopischer Auflösung mit der Fluke-Makrothermografie



Im Verlauf der letzten 20 Jahre haben Wärmebildkameras in praktisch allen Industriezweigen zu Veränderungen in Instandhaltung, Fehlersuche, Qualitätskontrolle sowie Forschung und Entwicklung geführt. Durch eine enorme Erhöhung der Detailtreue und Leistungsfähigkeit, verbunden mit einer Kostensenkung und vereinfachten Schnittstellen, sind Wärmebildkameras bei einer wachsenden Zahl von Anwendungsfällen zu einem alltäglichen Werkzeug geworden. Da Wärmebildkameras radiometrische Details, d. h. die Temperaturdaten jedes Messpunkts in einem Wärmebild, liefern können, ohne das Messobjekt zu berühren, eignen sie sich ideal zur Untersuchung von Messobjekten, die bei einer Kontaktmessung beschädigt oder verunreinigt werden könnten oder so klein sind, dass eine Messung mit einem Kontaktthermometer nahezu unmöglich ist.

## Die wichtigsten DREI

### Anwendungsfälle für Fluke-Makrothermografie

1. Suche nach mikroskopisch kleinen Fehlern
2. Erkennen von Fertigungsfehlern
3. Prüfen der Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Produkten

Fluke bietet jetzt für die Wärmebildkameras TiX560 und TiX520 ein 25- $\mu\text{m}$ -Makroobjektiv an. Dieses Objektiv ermöglicht eine bessere räumliche Auflösung, sodass Temperaturunterschiede bei Details mit einem Durchmesser von minimal 25  $\mu\text{m}$  (weniger als ein menschliches Haar) angezeigt werden können. Abgestimmt auf die Fluke-Wärmebildkamera TiX560 oder TiX520, liefert das 25- $\mu\text{m}$ -Makroobjektiv thermische Details, mit deren Hilfe Sie Probleme erkennen können, die mit einem Standardobjektiv nicht sichtbar sind. Diese Detailtreue ist von entscheidender Bedeutung, um die Integrität und Produktionsqualität von immer kleiner werdenden Leiterplatten

und mikroelektronischen Bauelementen zu gewährleisten.

### Nutzen einer Makrodarstellung während des gesamten Produktionszyklus

Da das 25- $\mu\text{m}$ -Wärmebildkamera-Makroobjektiv von Fluke exakt auf derartig kleine Messobjekte fokussiert werden kann, ist es für die folgenden Analysen von enormem Wert:

#### Werkstoffintegrität und -qualität

Eine Wärmebildkamera mit 25- $\mu\text{m}$ -Makroobjektiv zeigt Temperaturverläufe, die auf gelöste Verbindungen, Gitterfehlstellungen und andere Unregelmäßigkeiten hinweisen können. Gleiche Anomalien in der Temperaturverteilung bei mehreren Prüfmustern können ein Hinweis auf Fertigungsfehler sein.

Abbildung 1 zeigt beispielsweise eine Leiterplatte mit schlechter Metallisierung. Anstelle rechteckiger Anschlussflächen hat der schlechte Metallisierungsprozess kleine Klumpen aus Metall hinterlassen, die leicht zu Fehlern führen können.

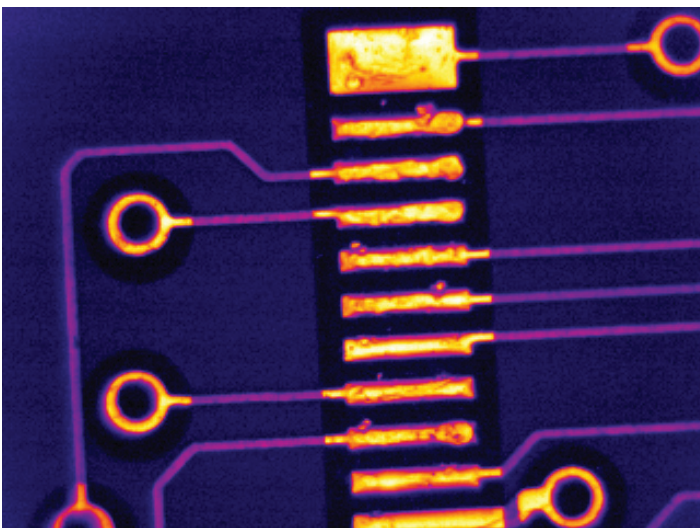
#### Parameter des Betriebsverhaltens von Werkstoffen

Für alle Werkstoffe und Komponenten gelten Spezifikationen wie zum Beispiel Temperaturbereich und Feuchte. Temperaturverläufe auf der Oberfläche können darauf hinweisen, ob sich eine Komponente oder ein Werkstoff unter diesen vorgegebenen Bedingungen wie erwartet verhält. Die Möglichkeit, Temperaturunterschiede zwischen Details mit einer Größe von nur 25  $\mu\text{m}$  festzustellen, kann dazu beitragen, eventuelle Ausfälle bei nahezu mikroskopisch kleinen Komponenten aufzuspüren.

#### Lebensdauer und Zuverlässigkeit von Werkstoffen

Durch Erfassung der Temperaturverläufe von Werkstoffen mit einer Wärmebildkamera mit Makroobjektiv über einen längeren Zeitraum können F&E-Ingenieure die erwartete Lebensdauer einer Komponente ermitteln und Problembereiche erkennen, die unter Umständen zu einem frühzeitigen Ausfall führen.

Abbildung 1: Die ungleichmäßige Metallverteilung zeigt einen mangelhaften Fertigungsprozess an. Eine derartige Leiterplatte möchten Sie nicht mit Komponenten bestücken.



## Den Unterschied erkennen, den nahezu mikroskopisch kleine Details ausmachen

Um die Dinge ins rechte Licht zu rücken, können Sie mit dem 25- $\mu\text{m}$ -Makroobjektiv nahezu mikroskopisch kleine Details erkennen. Aber was bedeutet das unter optischen Gesichtspunkten?

Sehen Sie selbst. Es folgen einige Wärmebilder alltäglicher Gegenstände, die mit einer Fluke-Wärmebildkamera TiX560 aufgenommen wurden, die mit einem Standardobjektiv bzw. einem 25- $\mu\text{m}$ -Makroobjektiv bestückt war. Die größere Detailtreue kann den Unterschied ausmachen, der zwischen dem Auffinden eines Problems innerhalb weniger Minuten und der stunden- oder tagelangen Fehlersuche liegt.

### Erloschenes Streichholz



Abbildung 4: Dieses Bild eines Streichholzes unmittelbar nach dem Erlöschen wurde mit einer Wärmebildkamera TiX560 und einem Standardobjektiv aufgenommen.

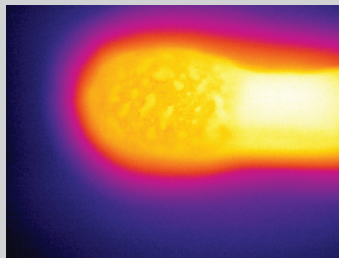


Abbildung 5: Dieses Bild eines erloschenen Streichholzes wurde mit einer Fluke-Wärmebildkamera TiX560 und einem 25- $\mu\text{m}$ -Makroobjektiv aufgenommen.

### Britische Münze

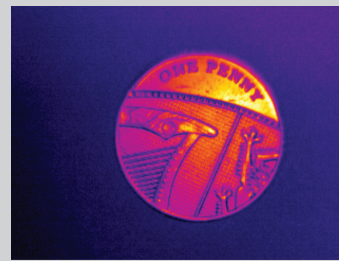


Abbildung 6: Dieser Penny mit einem Durchmesser von ca. 20,3 mm wurde mit einer Wärmebildkamera TiX560 und einem Standardobjektiv aufgenommen.

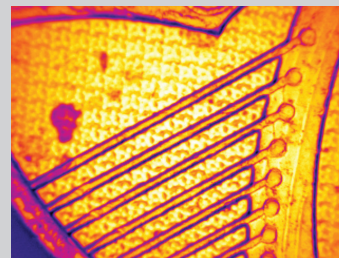


Abbildung 7: Dieses Bild zeigt den in Abbildung 6 aufgenommenen Penny, der hier mit einer TiX560 und einem 25- $\mu\text{m}$ -Makroobjektiv aufgenommen wurde. Dieses Bild veranschaulicht die sehr feinen Details, die mit dem Makroobjektiv sichtbar werden.

## Nutzung von Makroobjektiven bei der Arbeit

Gleichgültig, ob Sie ein neues Bauelement entwerfen, Qualitätstests an Komponenten oder vollständig bestückten Leiterplatten durchführen oder Fehler an fertig gestellten Bauelementen suchen, die Möglichkeit zur Erkennung kleiner Unterschiede bei Temperaturprofilen von Mikroelektronikkomponenten kann dazu beitragen, fehlerhafte Stellen schneller zu finden oder die Qualitätskontrolle von Leiterplatten oder Komponenten schneller durchzuführen. Die folgenden Beispiele lassen erkennen, wie Sie bei Entwurf, Prüfung und Fertigung elektronischer Bauelemente mit einem Makroobjektiv Zeit und Geld sparen. Und es kommt weniger Frust auf.

### Präzisionswiderstand

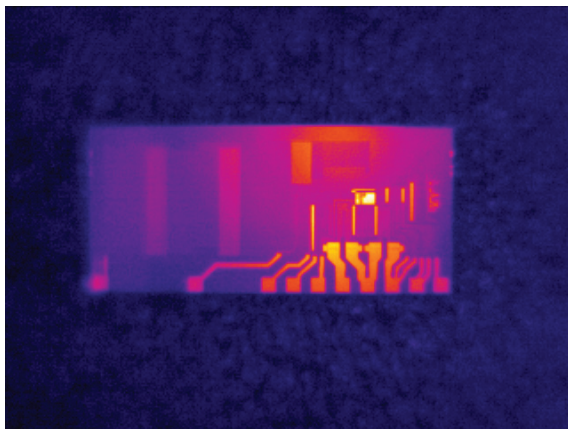


Abbildung 2: Präzisionswiderstand-Chip, aufgenommen mit einer Fluke TiX560 und einem Standardobjektiv.

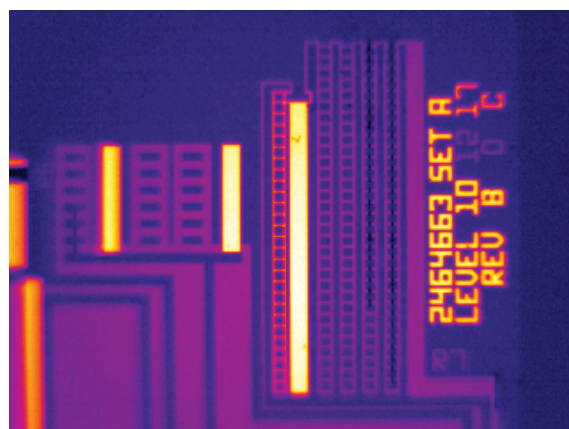


Abbildung 3: Detailliertere Ansicht der Strukturdetails im Präzisionswiderstand-Chip, aufgenommen mit einer TiX560 und einem 25- $\mu\text{m}$ -Makroobjektiv.



## Fehler in Bauteilen finden, die bei Aufnahmen mit einem Standardobjektiv nicht zu sehen sind

Im ersten Beispiel (Abbildung 8) haben wir mit einer Fluke TiX560 und einem Standardobjektiv eine Leiterplatte aufgenommen und dabei einen überhitzten Bereich (Hot-Spot) festgestellt.

Mit der TiX560 mit 25- $\mu\text{m}$ -Makroobjektiv konnten wir erkennen, dass der Hot-Spot tatsächlich zwei Stromkreise in einem integrierten Schaltkreis zeigt (Abbildung 9), die beide normal funktionierten.

Wenn einer der beiden Stromkreise ausgefallen wäre, würden Sie das auf dem Bild eindeutig erkennen, das mit dem Makroobjektiv aufgenommen wurde. In diesem Fall wäre nur ein Rechteck heiß, das andere wäre dunkel. Das mit dem Standardobjektiv aufgenommene Bild zeigt nicht genügend Details, um zwei Stromkreise erkennen zu können. Wenn ein Stromkreis heißer als der andere oder kalt wäre (was auf einen Ausfall hinweist), würden sie diesen Unterschied nicht erkennen können und weiter andere Bereiche der Leiterplatte untersuchen.

## Schnelles Erkennen von Fertigungsfehlern

Die Diagnose und Beseitigung von Fertigungsproblemen ist für die Erzielung einer hohen Produktausbeute von entscheidender Bedeutung. Dies konnten wir bei Fluke bei einem unserer eigenen Fertigungsabläufe feststellen. Beim Prüfen unserer pyroelektrischen Detektoren auf Keramikbasis traten plötzlich viel mehr Ausfälle als im Durchschnitt auf. Eine 50-prozentige Verringerung der Ausbeute deutete auf ein Fertigungsproblem hin. Bei einer einfachen Messung an der Stromversorgung stellten wir fest, dass der Detektor zu viel Strom zog, was auf einen Kurzschluss hindeutete. Das Problem bestand darin, diesen Kurzschluss zu lokalisieren.

Wir beschlossen, mit einer Wärmebildkamera TiX560 Wärmebilder des eingeschalteten Detektors aufzunehmen. Als wir ein Wärmebild mit einem

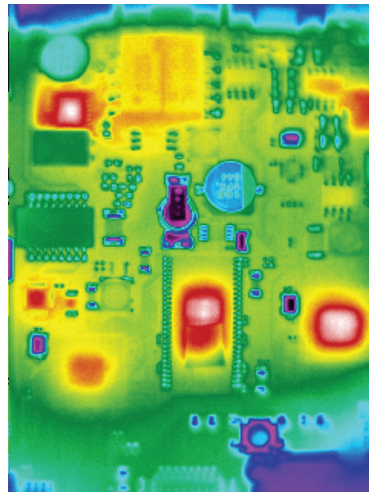


Abbildung 8: Wärmebild des Leiterplattenbereichs, aufgenommen mit einer Fluke TiX560 und einem Standardobjektiv.

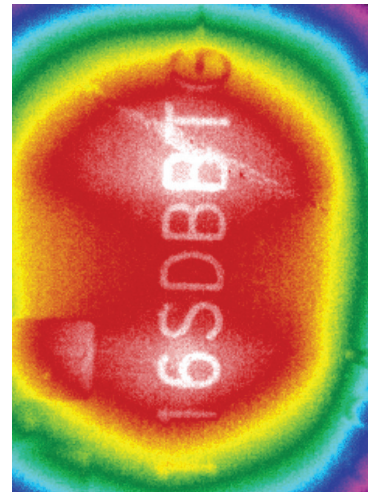


Abbildung 9: Dieses Wärmebild wurde mit einer Fluke TiX560 und einem 25- $\mu\text{m}$ -Makroobjektiv aufgenommen und zeigt, dass der Hot-Spot tatsächlich zwei Schaltkreise beinhaltet.

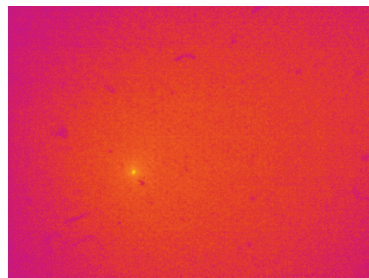


Abbildung 10: Pyroelektrischer Detektor, aufgenommen mit einer Fluke-Wärmebildkamera TiX560 und einem 25- $\mu\text{m}$ -Makroobjektiv.

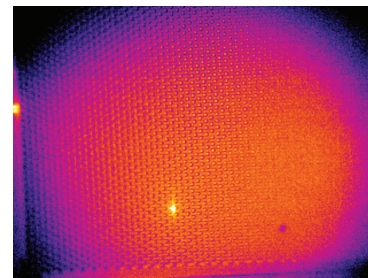


Abbildung 11: Silizium-Messchip ohne Keramikmaterial, aufgenommen mit einer Fluke-Wärmebildkamera TiX560 und einem 25- $\mu\text{m}$ -Makroobjektiv.

Standardobjektiv aufnahmen, war keine Unregelmäßigkeit zu erkennen. Als wir jedoch das 25- $\mu\text{m}$ -Makroobjektiv montierten, zeigte das aufgenommene Bild auf der ansonsten einheitlichen Oberfläche einen deutlich wahrnehmbaren Hot-Spot (Abbildung 10).

Als wir wussten, wo das Problem zu suchen war, entfernten wir das Keramikmaterial vom Detektor und nahmen den Silizium-Messchip erneut mit dem Makroobjektiv auf. Diese Aufnahme zeigte einen klar umrissenen Hot-Spot mit einem Durchmesser von ca. 100  $\mu\text{m}$  (Abbildung 11).

Nachdem wir den infrage kommenden Bereich lokalisiert hatten, untersuchten wir den Problembereich auf dem Siliziumchip mit einem Rasterelektronenmikroskop (REM). Bei dieser Untersuchung wurden Vertiefungen im Siliziummaterial festgestellt, die zu einem Riss und in der Folge zu einem Kurzschluss zwischen den

Leiterbahnen für den Pluspol und Minuspol der Stromversorgung führten. Beim Zurückverfolgen der Schritte des Fertigungsprozesses fanden wir heraus, dass an einem Punkt im Prozess die Lithografieplatte den Siliziumchip berührte und dadurch diese Vertiefung hervorrief.

Wir richteten die Lithografieplatte neu aus, um diese Berührung zu vermeiden. Damit war das Problem behoben. Die Produktionsausbeute erreichte wieder die vorherigen Werte. Wenn es uns nicht gelungen wäre, den Problembereich mithilfe des Makroobjektivs einzugrenzen, hätte die Suche nach der Problemursache länger gedauert. Wir hätten den gesamten Chip mit dem REM untersuchen müssen, um das Problem zu finden. Dies hätte Stunden dauern können und nicht nur Minuten, die wir mit der Wärmebildkamera TiX560 und dem 25- $\mu\text{m}$ -Makroobjektiv brauchten.





FLUKE®

## Tipps zur Aufnahme optimaler Wärmebilder

Die Aufnahme guter Wärmebilder ist Kunst und Wissenschaft zugleich. Es beginnt mit der Auswahl der richtigen Kamera und des richtigen Objektivs für den jeweiligen Zweck. Anschließend können Sie die Qualität der Wärmebilder und somit der darin enthaltenen Informationen verbessern, indem Sie sich auf wichtige technische Faktoren konzentrieren, zu denen gehören:

### Abstand zum Messobjekt

Der Abstand zum Messobjekt ist sowohl durch das Objektiv als auch die verwendete Kamera vorgegeben. Beispielsweise können Sie mit der Wärmebildkamera TiX560 und dem 25- $\mu$ m-Makroobjektiv von Fluke den Fokus in einer Entfernung von ca. 10 mm vom Messobjekt exakt einstellen. Berücksichtigen Sie hierbei, dass Sie wegen angeschlossener Messspitzen oder großer Komponenten unter Umständen nicht so nahe an das Messobjekt herankommen. Wählen Sie daher eine Kamera und ein Objektiv aus, die für den jeweiligen Abstand zum Messobjekt geeignet sind.

### Arbeitsbereich

Der Arbeitsbereich des Objektivs gibt den Abstand an, bei dem sich das Messobjekt im Fokus befindet. Beispielsweise liegt der optimale Arbeitsbereich beim 25- $\mu$ m-Makroobjektiv von Fluke zwischen 8 mm und 14 mm.

### Stabilität der Kamera

Zur Erzielung der bestmöglichen Bildqualität muss die Wärmebildkamera beim Aufnehmen von Bildern stabil und ruhig stehen. Wir empfehlen die Verwendung eines Tischbefestigungssystems, an dem die TiX560 oder TiX520 mithilfe des Stativ-Befestigungsgewindes der Kamera angebracht wird. Die TiX560 ist auch mit einer Fernbedienfunktion ausgestattet, sodass Sie über den Computer Bilder aufnehmen können, ohne dass sich die Kamera bewegt.

### Kompensation des "Narziss-Effekts"

Streulichteffekte treten manchmal auf, wenn Wärmestrahlung zwischen dem Objekt und dem Objektiv mehrfach reflektiert wird. Dieser Effekt der Selbstaufnahme durch Reflexion wird auch als „Narziss-Effekt“ bezeichnet. Die Kamera erfasst dann nicht das untersuchte Messobjekt, sondern das Bild ihres eigenen Objektivs. Stellen Sie zur Vermeidung dieses Effekts die Kamera so auf, dass der Winkel zum Messobjekt nicht genau 90 Grad beträgt.

### Vergleich zwischen telezentrischen und nicht telezentrischen Objektiven

Bei einem telezentrischen Objektiv erscheint alles innerhalb des Arbeitsbereichs des Objektivs flach, d. h. im selben Abstand von der Kamera. Das bedeutet, dass bei einer 8 mm und einer 14 mm entfernten Komponente beide im Fokus in einem Abstand von 10 mm angezeigt werden. Bei nicht telezentrischen Objektiven müssen Sie bei der Untersuchung von Komponenten in unterschiedlichen Entfernungen vom Objektiv den Fokus jedes Mal neu einstellen. Das dauert länger und erfordert genauere Einstellungen. Das 25- $\mu$ m-Makroobjektiv von Fluke für die TiX560 ist ein telezentrisches Objektiv. Das bedeutet, dass alle Komponenten innerhalb seines von 8 mm bis 14 mm reichenden Arbeitsbereichs im gleichen Abstand und im Focus erscheinen.



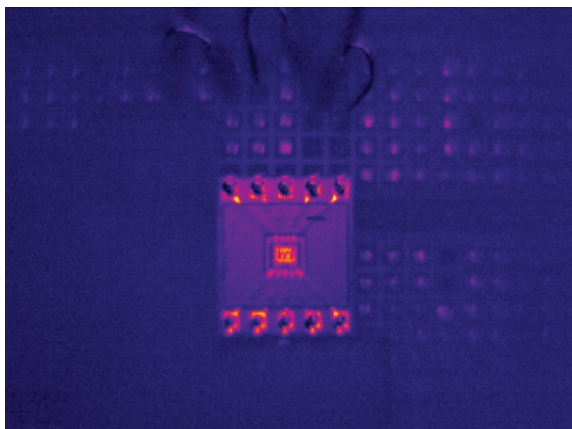


Abbildung 12: Widerstand ohne anliegende Spannung, aufgenommen mit einer Wärmebildkamera TiX560 mit Standardobjektiv.

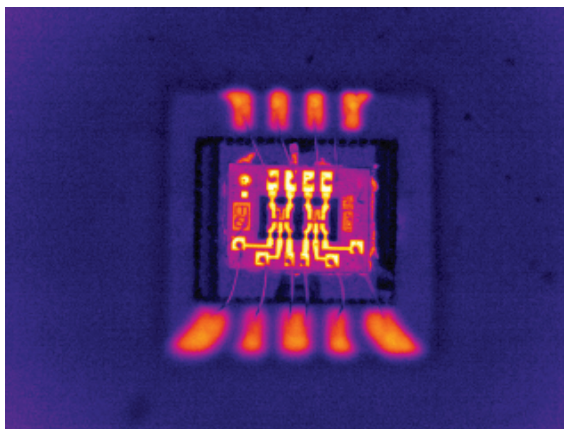


Abbildung 13: Derselbe Widerstand ohne anliegende Spannung wie in Abbildung 12, aber mit einem 25-µm-Makroobjektiv von Fluke aufgenommen.

## Prüfen der Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Produkten

Lieferanten elektronischer Komponenten müssen alle ihre Produkte prüfen, um zu gewährleisten, dass sie unter bestimmten Bedingungen wie erwartet funktionieren. Darüber hinaus müssen die Lieferanten die typische Lebensdauer ermitteln. Beispiel: Ein Hersteller von oberflächenmontierten Widerständen (ca. 1 mm groß) möchte das Betriebsverhalten, die Zuverlässigkeit und die typische Lebensdauer der von ihm gelieferten Komponenten gewährleisten. Der beste Weg zur Erreichung dieses Ziels besteht darin, die Widerstände an wichtigen Etappen des Entwurfs- und Entwicklungsprozesses zu prüfen.

Im Wesentlichen ist ein Widerstand ein Bauelement zur Begrenzung von Strömen oder Spannungen, das je nach den anliegenden Strömen oder Spannungen Wärmeenergie abgibt. Eine Wärmebildkamera mit einem Standardobjektiv kann nicht immer so detailgetreue Bilder aufnehmen, wie zur Erkennung der Hot-Spots notwendig ist.

Bei Betrachtung der typischen Temperaturverläufe eines Widerstands, der mithilfe einer Wärmebildkamera mit Makroobjektiv untersucht wurde, kann ein Hersteller jedoch extrem nützliche Daten über die Gestaltung des Widerstands und dessen Verhalten bei der Abgabe von Wärmeenergie erhalten. Diese Wärmebildmuster können Hinweise auf Probleme im Zusammenhang mit der Fertigung liefern.

Beispielsweise zeigt Abbildung 12 einen stromlosen 400-Ohm-Widerstand eines AC/DC-Wandlers, der mit einem Standardobjektiv aufgenommen wurde. Abbildung 13 zeigt dieselbe Komponente, die mit einem 25-µm-Makroobjektiv aufgenommen wurde. Zu erkennen ist, dass das Makrobild viel mehr Details über den Widerstand enthält, auch im stromlosen Zustand.

Als Nächstes wurde der Wandler eingeschaltet und zunächst mit dem Standardobjektiv (Abbildung 14) und anschließend mit dem Makroobjektiv aufgenommen.

Das mit dem Standardobjektiv aufgenommene Bild zeigt keine offensichtlichen Probleme. Das mit dem 25-µm-Makroobjektiv aufgenommene Bild zeigt jedoch, dass der Strom auf der rechten Seite des Widerstands viel kleiner als auf der linken Seite ist.

Bei der Berechnung der zu erwartenden Lebensdauer sind Temperaturmessungen unerlässlich. Die detaillierten Wärmebilder der Temperaturverläufe des Widerstands können Hot-Spots anzeigen. Die Temperaturen derartiger Hot-Spots liegen sehr wahrscheinlich außerhalb der vorgegebenen Betriebstemperatur der Komponente und erhöhen so die Materialbeanspruchung, was zu Frühausfällen führen kann. Mit den aus den Wärmebildern gewonnenen Informationen kann der Ingenieur das Design oder den Fertigungsprozess verändern und so die Belastung an den Punkten verringern, an denen die Hot-Spots festgestellt wurden.

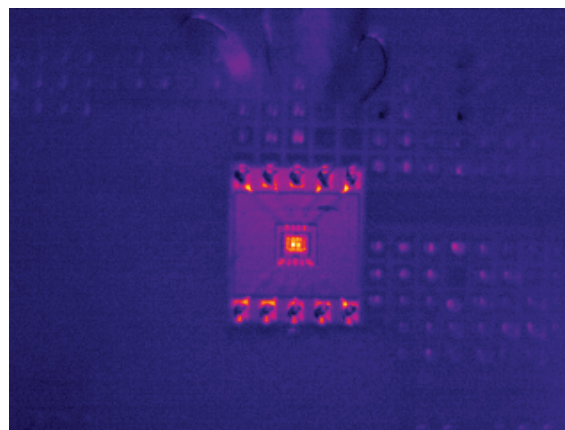


Abbildung 14: Der mit einem Standardobjektiv aufgenommene Widerstand zeigt im eingeschalteten Zustand keine offensichtlichen Unregelmäßigkeiten.

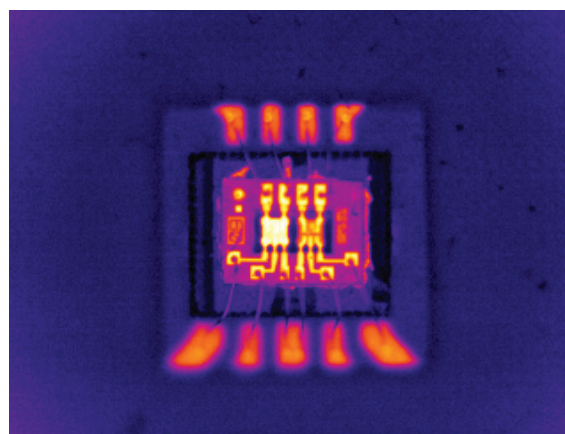


Abbildung 15: Der mit einem 25-µm-Makroobjektiv von Fluke aufgenommene Widerstand zeigt im eingeschalteten Zustand offensichtliche Unregelmäßigkeiten. Das Bild offenbart, dass der Strom auf der rechten Seite viel kleiner als auf der linken Seite ist.

## Wärmebildkamera-Objektive von Fluke auf einen Blick

Objektiv	TiX560/ TiX520	Ti400/ 300/200	Ti32/ 29/27	Verwendung	Zielgruppe
Makroobjektiv	25MAC2 25 µm			Kleinste bis mikroskopisch kleine Messobjekte, Messung aus extremer Nähe	Ingenieure und Wissenschaftler in: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forschung und Entwicklung</li> <li>• Entwurf und Validierung elektronischer Schaltungen</li> <li>• Mikroskopische Thermografie</li> </ul> Universitäten und Forschungsorganisationen sowie Unternehmen, die sich mit Prozess- und Mikroelektronikentwicklung beschäftigen
2-fach-Teleobjektiv	TELE2	TELE2	TELE1	Kleine bis mittelgroße Messobjekte, Messung aus der Entfernung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instandhaltungs-, Elektro- und Prozesstechniker, wenn das Messobjekt zu weit entfernt oder schlecht oder nicht gefahrlos erreichbar ist</li> <li>• Gebäudeuntersuchungen – kleine Details sind auch aus der Entfernung erkennbar</li> </ul>
4-fach-Teleobjektiv	4XTELE2	4XTELE2		Kleine Messobjekte, Messung aus der Entfernung	Am besten geeignet für: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Petrochemie – hohe Gasfackeln</li> <li>• Energieversorgungsunternehmen, Energieerzeugung und Übertragung über große Entfernungen</li> <li>• Metallveredelung – zu hohe Temperaturen für die Untersuchung aus der Nähe, z. B. wenn Betriebsmittel in der Nähe der Schmelze untersucht werden müssen</li> </ul>
Weitwinkelobjektiv	WIDE2	WIDE2	WIDE1	Große Messobjekte, Messung aus relativ kurzer Entfernung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instandhaltungs-, Elektro- und Prozesstechniker – Messung unter beengten Platzverhältnissen oder Untersuchung großer Objekte</li> <li>• Gebäudetechniker – zur Untersuchung von Dächern und Industriegebäuden, Zeitersparnis durch die Anzeige einer viel größeren Fläche</li> </ul>



Die Wärmebildkamera TiX560 mit dem 25-µm-Makroobjektiv kann eine ideale Lösung für Ihre Bedürfnisse im Bereich der Makrothermografie sein.

**1 Reaktionsschneller 14,5-cm-Touchscreen** – zur schnellen und einfachen Änderung von Einstellungen.

**2 Schwenkobjektiv** – ermöglicht die Anordnung des Bildschirms in einem bequemen Blickwinkel.

**3 4-fache Auflösung** – im SuperResolution-Modus können Sie 320x240-Bilder in 640x480-Bilder umwandeln und so die Bildqualität und Genauigkeit der Temperaturmessung verbessern.

**4 Stativ-Befestigungsgewinde** – zur sicheren Anbringung der Wärmebildkamera an einem Tischbefestigungssystem.

**5 Fernbedienung** – Sie können die Kamera vom PC aus steuern, um Bilder aufzunehmen und Einstellungen anzupassen, ohne die Kamera zu berühren.

**6 Fokussierung mit einem Tastendruck** – bei montiertem Makroobjektiv können Sie durch Drücken der LaserSharp®-Autofokustaste den Fokus auf die für das Objektiv optimale Entfernung einstellen. Man positioniert die Kamera in einem Abstand zum Messobjekt, der innerhalb des Arbeitsbereichs (ca. 8 mm bis ca. 14 mm) liegt, und ändert die Entfernung zum Messobjekt, bis das Messobjekt scharf dargestellt wird.

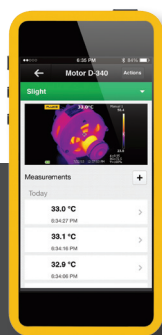
**7 Fluke Connect™** – dank der WLAN-Kompatibilität können Sie Videos in Echtzeit, Standbilder und Messdaten ansehen, speichern und gemeinsam mit Teammitgliedern nutzen, die die Fluke-Connect™-App auf ihren Smartphones installiert haben. Zum Herstellen der Verbindung drücken Sie nur die Kurzbefehlstaste.

**8 Hochwertiges Objektiv** – das Makroobjektiv wird kalibriert ausgeliefert, muss daher nicht auf eine bestimmte Kamera kalibriert werden und ist unter kompatiblen Kameras austauschbar.



## Hochwertige Bilder von kleinen Messobjekten

Mit der fortschreitenden Miniaturisierung elektronischer Bauelemente wird das Auffinden überhitzter, nahezu mikroskopisch kleiner Komponenten immer schwieriger. Die Fluke-Wärmebildkameras TiX560 und TiX520 liefern mit einem 25- $\mu\text{m}$ -Makroobjektiv die räumliche Auflösung und thermische Empfindlichkeit, die Sie benötigen, um Hot-Spots und feinste Temperaturunterschiede zwischen Details festzustellen, deren Größe minimal 25  $\mu\text{m}$  betragen kann. Die Detailtreue, die diese Messgeräte für Entwurf, Entwicklung und Fertigung elektronischer Komponenten bieten, kann einen Beitrag zur Qualitätsverbesserung, Verringerung der Zeitspanne bis zur Markteinführung, Vermeidung von Rückrufen und zur Kostensenkung leisten. Wenn Sie mehr über das für sie am besten geeignete Wärmebildsystem wissen möchten, wenden Sie sich bitte an Ihren Fluke-Vertriebspartner, oder besuchen Sie uns unter [www.fluke.com/infraredcameras](http://www.fluke.com/infraredcameras).



**Fluke.** *Damit Ihre Welt intakt bleibt.*

## Erweitern Sie mit der Fluke-Connect®-Wireless-Funktion Ihre Möglichkeiten

Mit der Fluke-Connect-App können Sie Bilder und Messwerte von Fluke-Wärmebildkameras der Expert Serie in Echtzeit zu Smartphones übertragen, auf denen die Fluke-Connect-App installiert ist. Darüber hinaus können Sie über einen ShareLive™-Videoanruf Ergebnisse mit entsprechend berechtigten Teammitgliedern an anderen Orten gemeinsam nutzen. Dies trägt zur Verbesserung der Zusammenarbeit bei, sodass Sie Anpassungen schneller vornehmen können. Außerdem können Sie mit der Software SmartView®, die im Lieferumfang aller Fluke-Wärmebildkameras enthalten ist, Ihre Erkenntnisse in Berichten mit Wärmebildern und Daten schnell dokumentieren.

Fluke Connect® ist nicht in allen Ländern verfügbar.

\*Im Wireless-Bereich des Diensteanbieters.

Das Smartphone ist nicht im Lieferumfang enthalten.

**Fluke Deutschland GmbH**  
In den Engematten 14  
79286 Glottertal  
Telefon: (069) 2 22 22 02 00  
Telefax: (069) 2 22 22 02 01  
E-Mail: [info@de.fluke.nl](mailto:info@de.fluke.nl)  
Web: [www.fluke.de](http://www.fluke.de)

**Beratung zu Produkteigenschaften und Spezifikationen:**  
Telefon: (07684) 8 00 95 45

**Beratung zu Anwendungen, Software und Normen:**  
Telefon: 0900 1 35 85 33  
(€ 0,99 pro Minute aus dem deutschen Festnetz, zzgl. MwSt., Mobilfunkgebühren können abweichen)  
E-Mail: [hotline@fluke.com](mailto:hotline@fluke.com)

**Fluke Vertriebsgesellschaft m.b.H.**  
Liebermannstraße F01  
A-2345 Brunn am Gebirge  
Telefon: (01) 928 95 00  
Telefax: (01) 928 95 01  
E-Mail: [info@as.fluke.nl](mailto:info@as.fluke.nl)  
Web: [www.fluke.at](http://www.fluke.at)

**Fluke (Switzerland) GmbH**  
Industrial Division  
Hardstrasse 20  
CH-8303 Bassersdorf  
Telefon: 044 580 75 00  
Telefax: 044 580 75 01  
E-Mail: [info@ch.fluke.nl](mailto:info@ch.fluke.nl)  
Web: [www.fluke.ch](http://www.fluke.ch)

©2015 Fluke Corporation. Alle Rechte vorbehalten.  
Änderungen vorbehalten.  
7/2015 Pub\_ID: 13428-ger

Dieses Dokument darf nicht ohne die schriftliche Genehmigung der Fluke Corporation geändert werden.