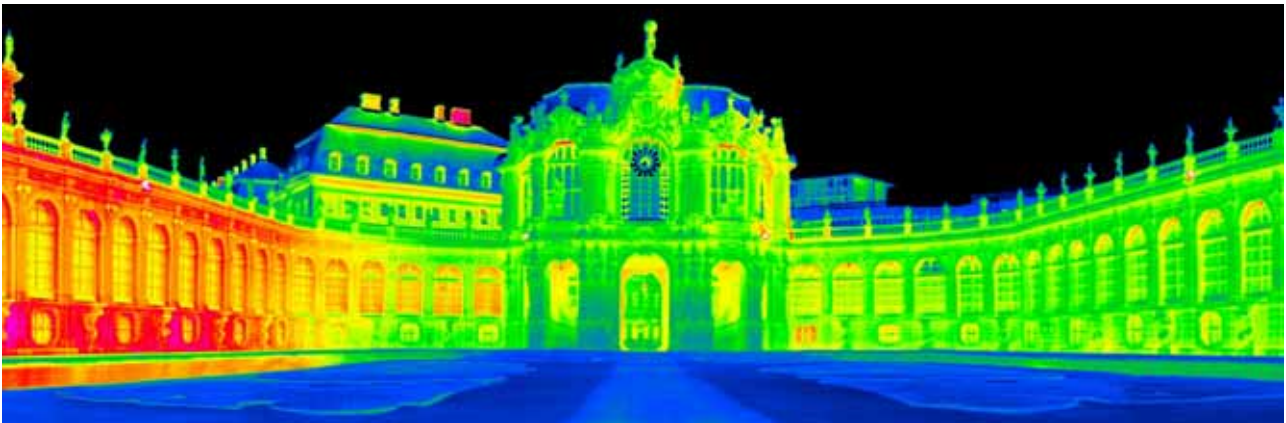


Eine Zeitreise in die Mongolei & Rückblick und Ausblick in die thermografische Zukunft



Mongolei - Ulaanbaatar

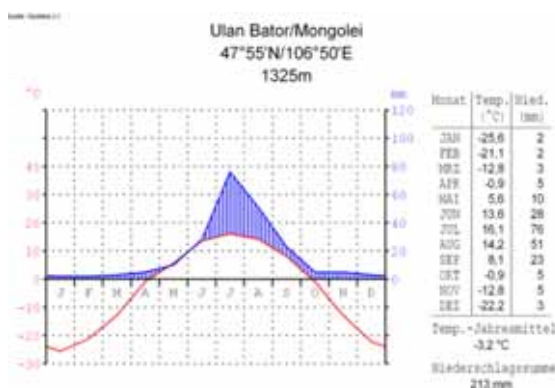
Schulung des Bedienpersonals im Kraftwerk 4

Größe: 1.564.116 km²

Einwohner: 2.754.685

Bevölkerungsdichte: 1,77 Einwohner pro km²
(Österreich: über 100 Einwohner pro km²)

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Mongolei - Ulaanbaatar

Land und Leute



Mongolei - Ulaanbaatar

Land und Leute



Mongolei - Ulaanbaatar

Land und Leute



Mongolei - Ulaanbaatar



Mongolei - Ulaanbaatar



Mongolei - Ulaanbaatar



Mongolei - Ulaanbaatar



Mongolei - Ulaanbaatar



Mongolei - Ulaanbaatar



© 2012 InfraTec.de

Thermografieforum Eugendorf 2012 – Ing. Andreas Angerer

11

Mongolei - Ulaanbaatar



© 2012 InfraTec.de

Thermografieforum Eugendorf 2012 – Ing. Andreas Angerer

12

Mongolei - Ulaanbaatar



Mongolei - Ulaanbaatar



Mongolei - Ulaanbaatar



Mongolei - Ulaanbaatar

Schulung des Bedienpersonals im Kraftwerk 4



Mongolei - Ulaanbaatar

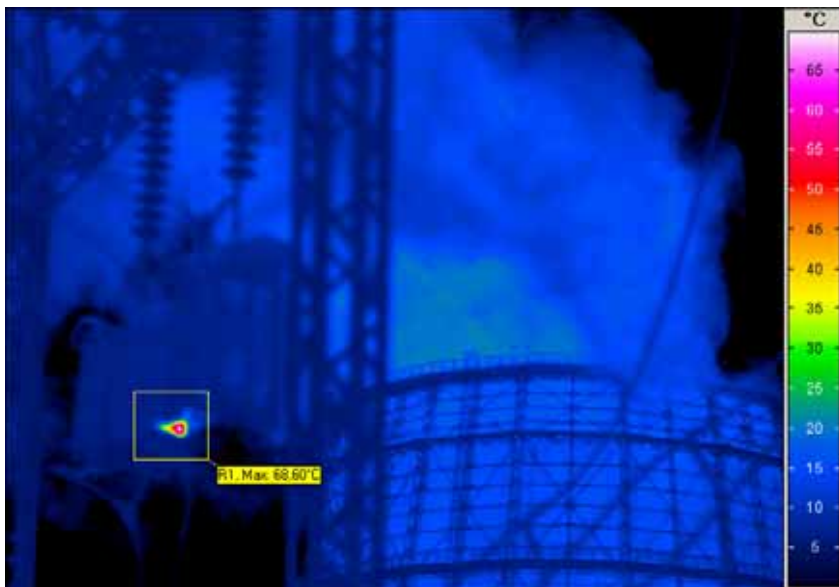


Mongolei - Ulaanbaatar



Mongolei - Ulaanbaatar

Schulung des Bedienpersonals im Kraftwerk 4



Mongolei - Ulaanbaatar

Schulung des Bedienpersonals im Kraftwerk 4



Mongolei - Ulaanbaatar



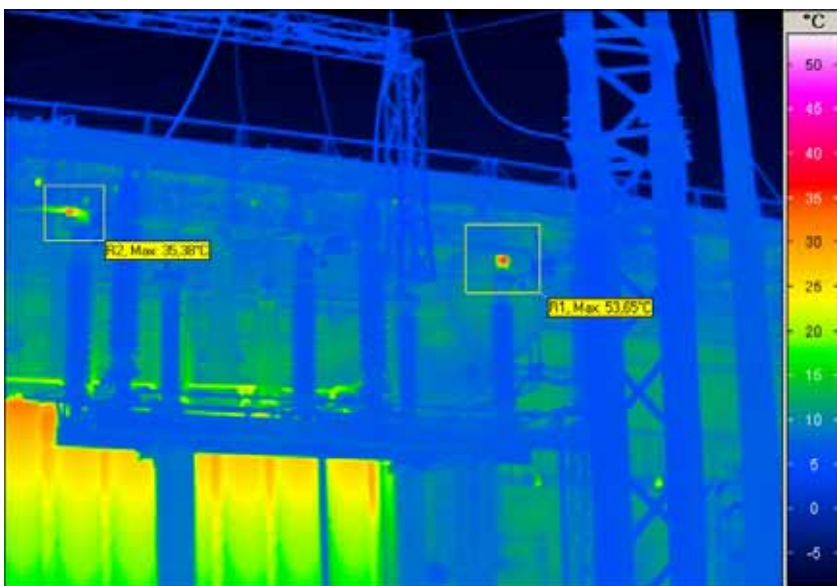
© 2012 InfraTec.de

Thermografieforum Eugendorf 2012 – Ing. Andreas Angerer

21

Mongolei - Ulaanbaatar

Schulung des Bedienpersonals im Kraftwerk 4

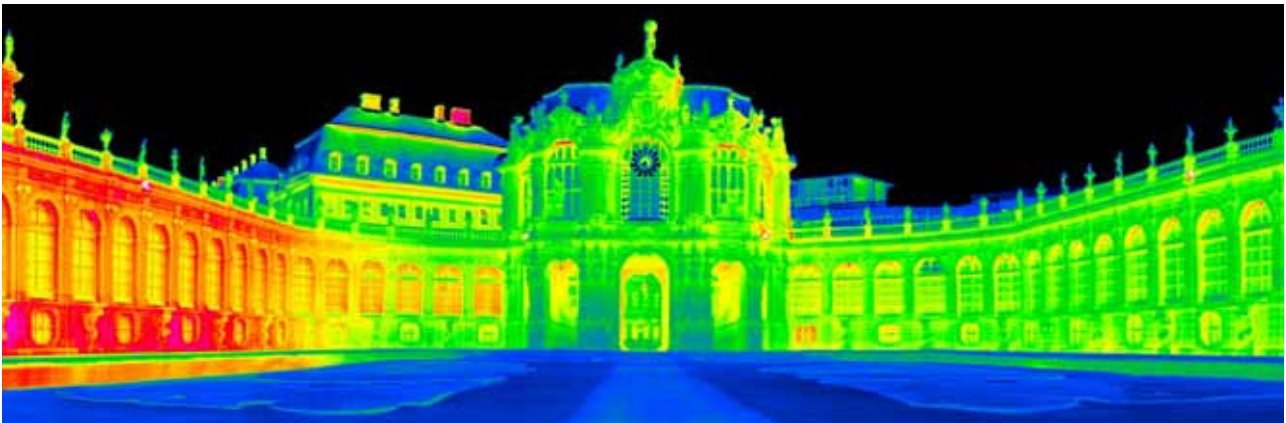


© 2012 InfraTec.de

Thermografieforum Eugendorf 2012 – Ing. Andreas Angerer

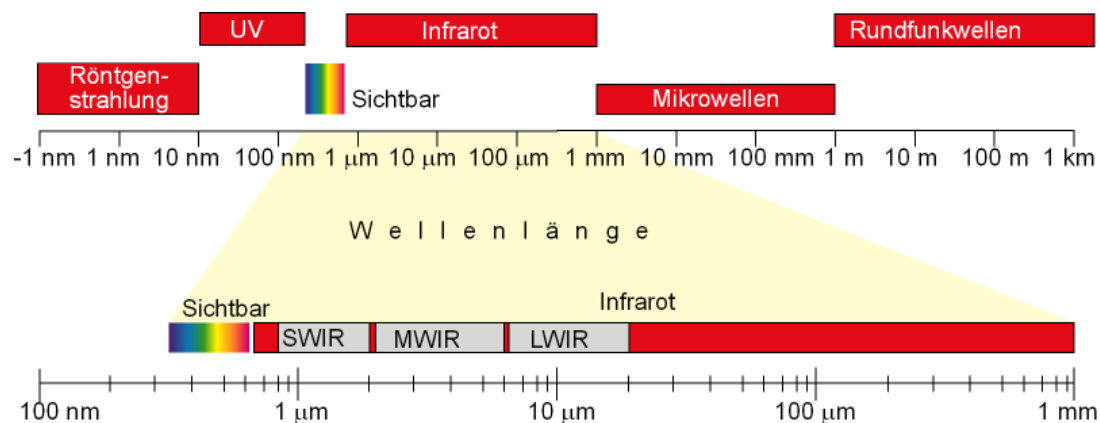
22

Rückblick und Ausblick in die thermografische Zukunft



Allgemeines zur Infrarot-Thermografie

Infrarotstrahlung im elektromagnetischen Spektrum



Wellenlänge

(0,8 ... 2) μm

(2 ... 6) μm

(6 ... 20) μm

Teilbereich des Infrarot

Nahes Infrarot (SWIR)

Mittleres Infrarot (MWIR)

Fernes Infrarot (LWIR)

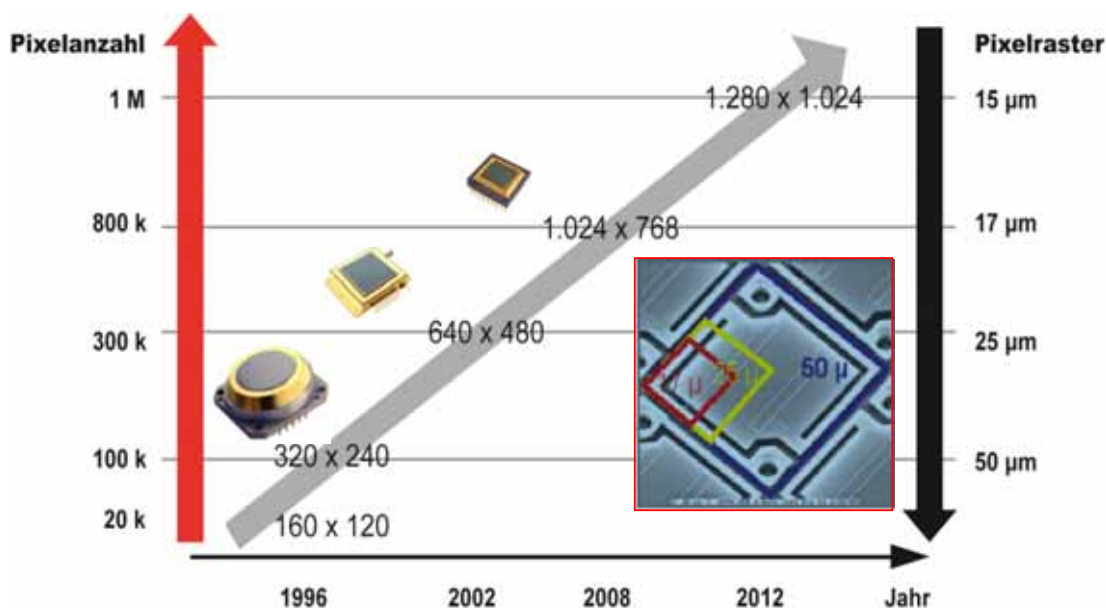
Kriterien bei der Auswahl geeigneterameratechnik

Welches Kamerasystem ist wirklich notwendig?

	Messaufgabe/ Anwendungsgebiet	Einsteigerkameras	Profi- und Universalkameras	High-End-Kamerasysteme
1	Gebäude-thermografie	<ul style="list-style-type: none"> - Bedingt geeignet - Zu geringe geometrische Auflösung - Zur Vermeidung geometrisch bedingter Messfehler nur kleine Bildausschnitte möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Nahezu in allen Parametern ausreichend 	<ul style="list-style-type: none"> - Nicht geeignet - Atmosph. Fenster - Erforderliche Mobilität nicht gegeben
2	Instandhaltung/ Elektrothermografie		<ul style="list-style-type: none"> - Wie 1 	<ul style="list-style-type: none"> - Wie 1
3	Forschung und Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> - Sehr hoher Zeitaufwand - Oftmals Messgenauigkeit nicht ausreichend 	<ul style="list-style-type: none"> - Wie 1 - Für High-Speed-Anwendungen und spektrale Thermografie nicht geeignet 	<ul style="list-style-type: none"> - Kommen dann zum Einsatz, wenn hohe Anforderungen an Geschwindigkeit & thermische Auflösung gestellt sind
4	Qualitätssicherung	<ul style="list-style-type: none"> - Wie 1 - 3 - Oftmals Bildrate zu gering 	<ul style="list-style-type: none"> - Wie 3 	<ul style="list-style-type: none"> - Wie 3

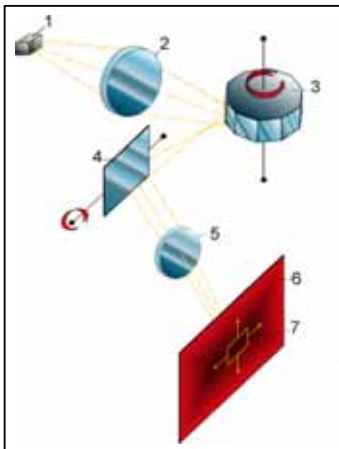
Kriterien bei der Auswahl geeigneterameratechnik

Details zu Infrarot-Detektoren



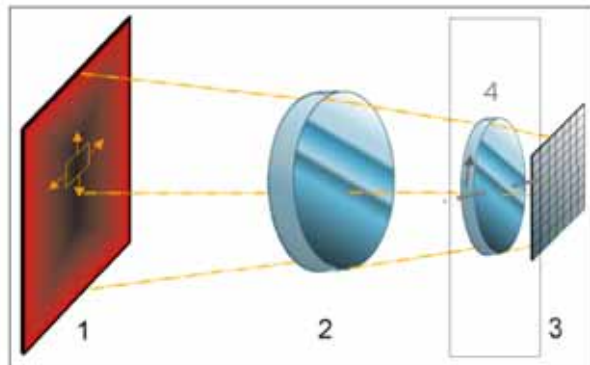
Kriterien bei der Auswahl geeigneterameratechnik

Kamera-Funktionsprinzipien



Scannersystem

Prinzipieller Strahlengang in einer Scanner-Kamera
(1 Detektor, 2+5 Objektiv, 3 Horizontalablenkspiegel, 4 Vertikal-ablenkspiegel, 6 Objekt, 7 Messfleck)



FPA (Focal-Plane-Array)-System

Prinzipieller Strahlengang in einer Focal-Plane-Array-Kamera
(1 Objekt, 2 Objektiv, 3 Detektor, 4 Opto-Mechanische MicroScan-Einheit)

Kriterien bei der Auswahl geeigneterameratechnik

Welches Kamerasystem ist wirklich notwendig?

Low-Cost-Segment



Consumer-Segment



Profisegment



Kriterien bei der Auswahl geeigneter Kamertechnik

Welches Kamerasystem ist wirklich notwendig?

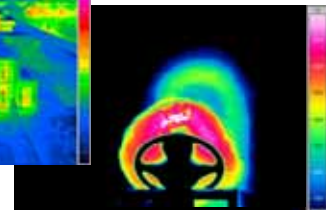
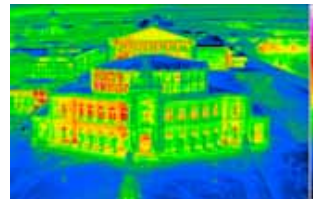
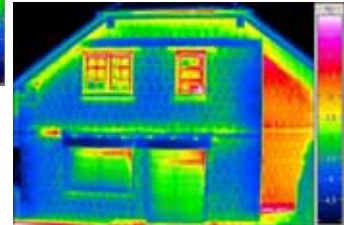
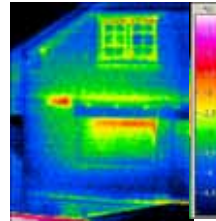
Einsteigerkameras



Universalsysteme



Profi- und High-Systeme



Kriterien bei der Auswahl geeigneter Kamertechnik

Welches Kamerasystem ist wirklich notwendig?

☐ **Unterscheidungsmerkmale**
von Einsteiger-, Universal- und
Profi-Systemen



☐ **Komponenten:**

- ☐ **Detektortyp** und Wellenlängenbereiche
- ☐ Konzeption der **Infrarotoptiken**
- ☐ verwendete **Kalibrieralgorithmen**
- ☐ Gehäuse, Elektronik, Optomechanik, Ausstattung

☐ **Technische Parameter**

- ☐ Geometrische und thermische Auflösung
- ☐ Messgenauigkeit
 - ☐ Langzeitstabilität / Wiederholgenauigkeit
 - ☐ Bildhomogenität
- ☐ Bildwiederholfrequenz
- ☐ Integrationszeit und Ausleseverfahren
- ☐ Kamera-Interface, Akquisitionsrate

☐ **Wartungsintervalle**

Kriterien bei der Auswahl geeigneterameratechnik

Details zu Infrarot-Detektoren

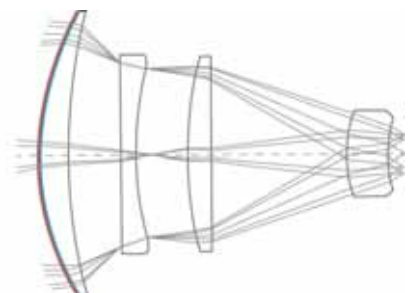
- ☐ IR-Strahlung wird auf ein Sensorelement abgebildet und von diesem absorbiert
- ☐ Im Sensorelement kommt es zu einer Temperaturänderung
- ☐ Diese bewirkt eine **Änderung einer elektrischen Größe**
- ☐ Je nach Detektortyp ändert sich
 - ☐ ein **Widerstand** (ΔR , Bolometer),
 - ☐ eine **Ladung** (ΔQ ; pyroelektrischer Sensor)
 - ☐ eine **Spannung** (ΔU ; thermoelektrischer Sensor)
- ☐ Die erforderliche **thermische Zeitkonstante** hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie **Detektortyp** und **Pixel-Pitch**
- ☐ Thermische Zeitkonstanten von Mikrobolometer-Detektoren:
 - ☐ 4 ms (a-Si, 45 μm pitch); 7 ms (a-Si, 25 μm und 17 μm pitch)
 - ☐ 13 ms (VOx, 25 μm pitch)



Kriterien bei der Auswahl geeigneterameratechnik


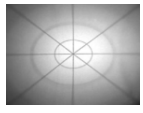
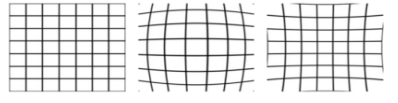
Details zu Infrarot-Optiken

- ☐ **Unterscheidungsmerkmale „Qualität der Objektive“**
 - ☐ IR-Objektive stellen eine der wichtigen **Schlüsselkomponenten** für das Thermographiesystem dar.
 - ☐ Die optischen Leistungsparameter können hinsichtlich **Funktionalität, Qualität und flexibler Anwendung** aufeinander abgestimmt werden.
 - ☐ Wichtige Kenngrößen sind **Brennweite, Blickwinkel, Lichtstärke, Spektralbereich**.
- ☐ Je nach Spektralbereich kommen verschiedene IR-transparente Materialien zum Einsatz, wie Silizium, Germanium oder Zinkselenid.
- ☐ Optimierung der **Transmissionseigenschaften** durch spezielle Mehrfach-Antireflexionsbeschichtungen (Hardcoating).



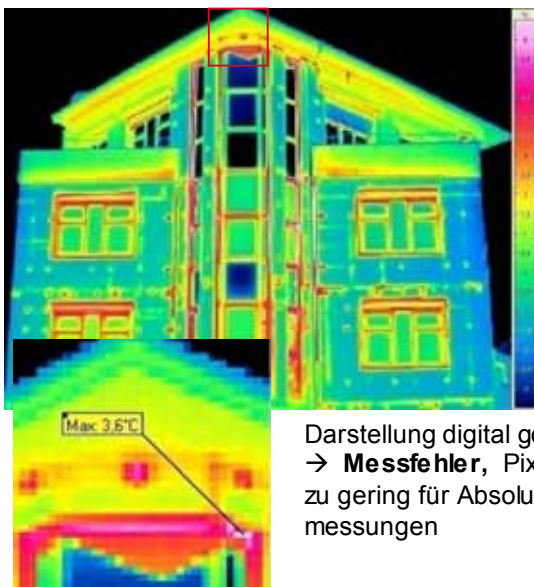
Kriterien bei der Auswahl geeigneterameratechnik

Details zu Infrarot-Optiken

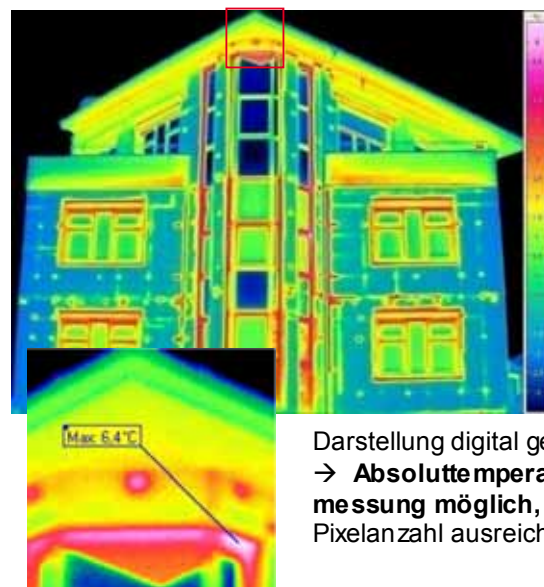
- ☐ Unterscheidungsmerkmale „Qualität der Objektive“
- ☐ Weitere qualitätsrelevante Kenngrößen:
 - ☐ Optimierung **Spektralbereich**: SWIR, MWIR, LWIR
 - ☐ Auf den Detektor übertragene **Lichtstärke** (z. B. $f/1$, $f/2,5$..., Kehrwert zur kleinsten Blendenzahl, wieviel Objekte-Intensität wird auf den Sensor übertragen)
 - ☐ Auflösungsvermögen, Modulations- oder **Kontrastübertragungsfunktion** (MTF, auflösbare Linienpaare pro Millimeter) 
 - ☐ **Vignitierung** (Intensitätsabfall in den Ecken) 
 - ☐ **Verzeichnung** (kissenförmig, tonnenförmig, Optimierung durch Einsatz von Korrekturlinsen) 
 - ☐ **Fokusstabilität** durch Athermalisierung

Kriterien bei der Auswahl geeigneterameratechnik

Geometrisch bedingte Messfehler am Beispiel der Gebäudethermografie



Darstellung digital gezoomt
→ **Messfehler**, Pixelanzahl
zu gering für Absolut-
messungen

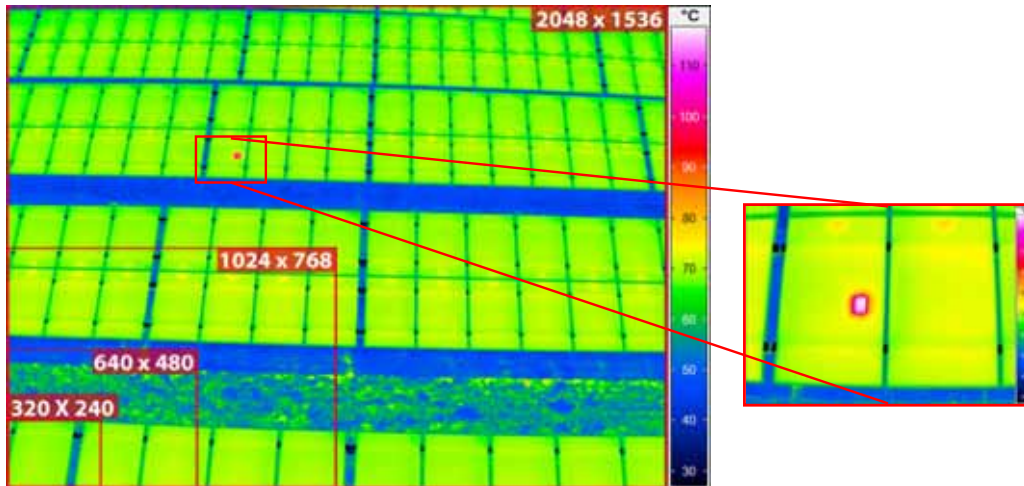


Darstellung digital gezoomt
→ **Absoluttemperatur-**
messung möglich,
Pixelanzahl ausreichend

Kriterien bei der Auswahl geeigneter Kamertechnik

Geometrisch bedingte Messfehler – Vermeidung durch Wahl geeigneter Bildfelder (Kamera-Optik-Kombination)

- ☐ Vergleich der Bildfeldgeometrien zur Erreichung der erforderlichen Pixelgröße (mind. 3 Pixel auf dem kleinsten Messobjekt)

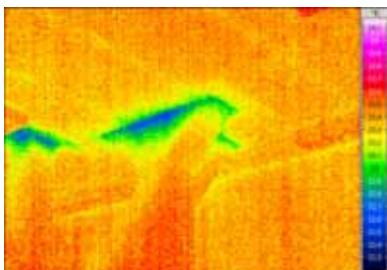


Kriterien bei der Auswahl geeigneter Kamertechnik

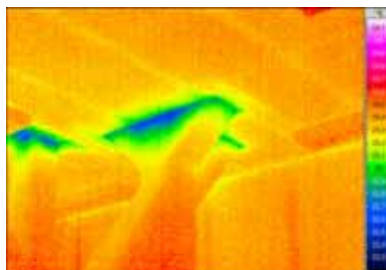
Thermische Auflösung am Beispiel der Gebäudethermografie

- ☐ Vergleichsaufnahmen mit hochwertiger Mikrobolometertechnik (640 x 480) IR-Pixel mit und ohne Low-Noise-Detektor

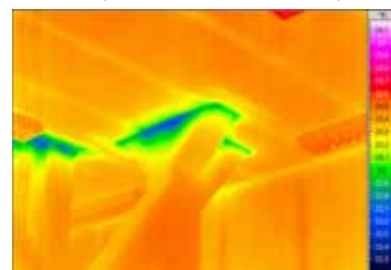
80 mK



50 mK (Premium Mode)



30 mK (Low-Noise-Detektor)



Messbedingungen

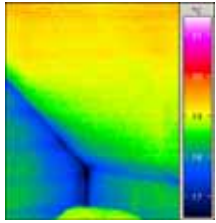
- ☐ Sehr schwierige Wärmestromverhältnisse
- ☐ Extrem kleiner Temperaturdarstellungsbereich von 2 K



Kriterien bei der Auswahl geeigneterameratechnik

Thermische Auflösung am Beispiel der Gebäudethermografie

Mobile M-Serie

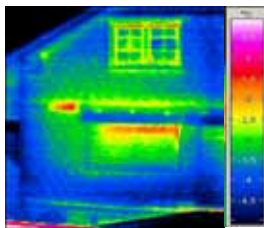


Thermische Auflösung: 0,08 K

Objekt-
temperatur:



20 °C



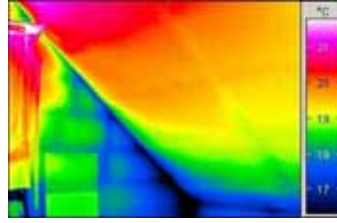
Thermische Auflösung: 0,32 K

Objekt-
temperatur

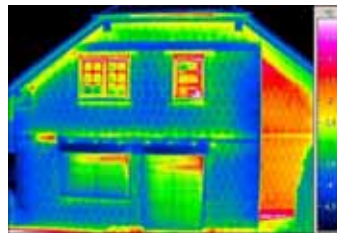


-10 °C

VarioCAM® hr-Serie



Thermische Auflösung: 0,05 K



Thermische Auflösung: 0,067 K

Verringerung der
therm. Auflösung

Faktor 1,34
bzw. Faktor 4

Kriterien bei der Auswahl geeigneterameratechnik

Bildfrequenz

Zeilenweise Arbeitsweise eines FPA-Detektors

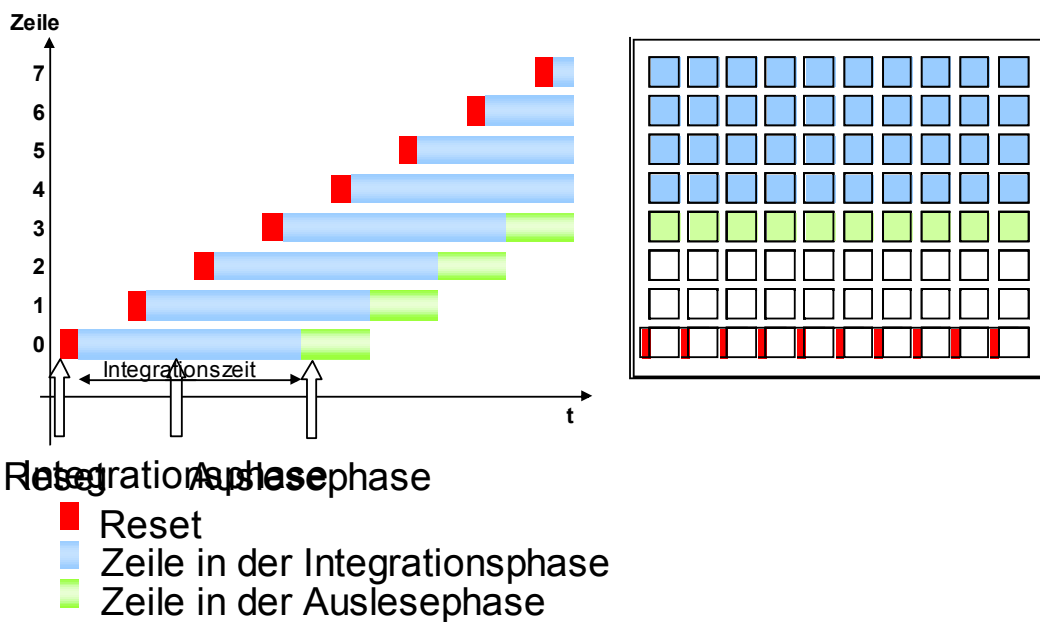
- ☐ Alle Kameras mit Mikrobolometertechnologie
- ☐ Integrationszeiten von bis zu 7 ms
- ☐ Wirtschaftlich

Snapshot Arbeitsweise von FPA-Detektoren

- ☐ Meist Kameras mit Kühlsystemen
- ☐ High-Speed-Systeme, z. B. ImageIR
- ☐ Integrationszeiten bis zu 10 µs
- ☐ Hohe Anschaffungskosten

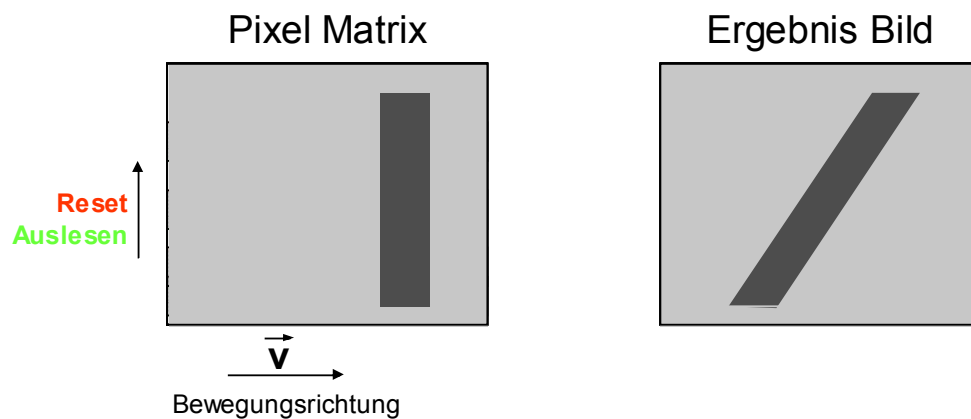
Kriterien bei der Auswahl geeigneter Kameratechnik

Zeilenweise Arbeitsweise von FPA-Detektoren



Kriterien bei der Auswahl geeigneter Kameratechnik

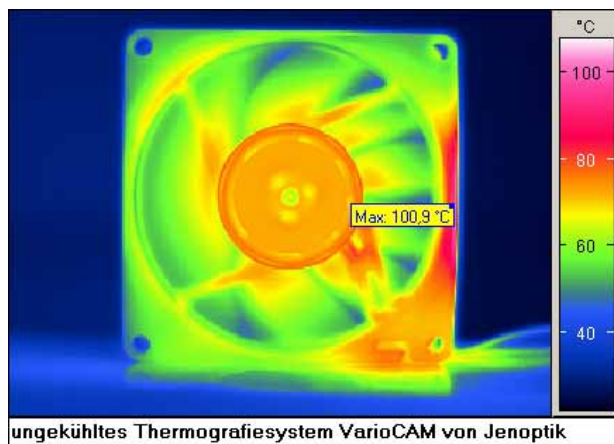
Zeilenweise Arbeitsweise von FPA-Detektoren



Objekte werden verzerrt dargestellt

Kriterien bei der Auswahl geeigneter Kameratechnik

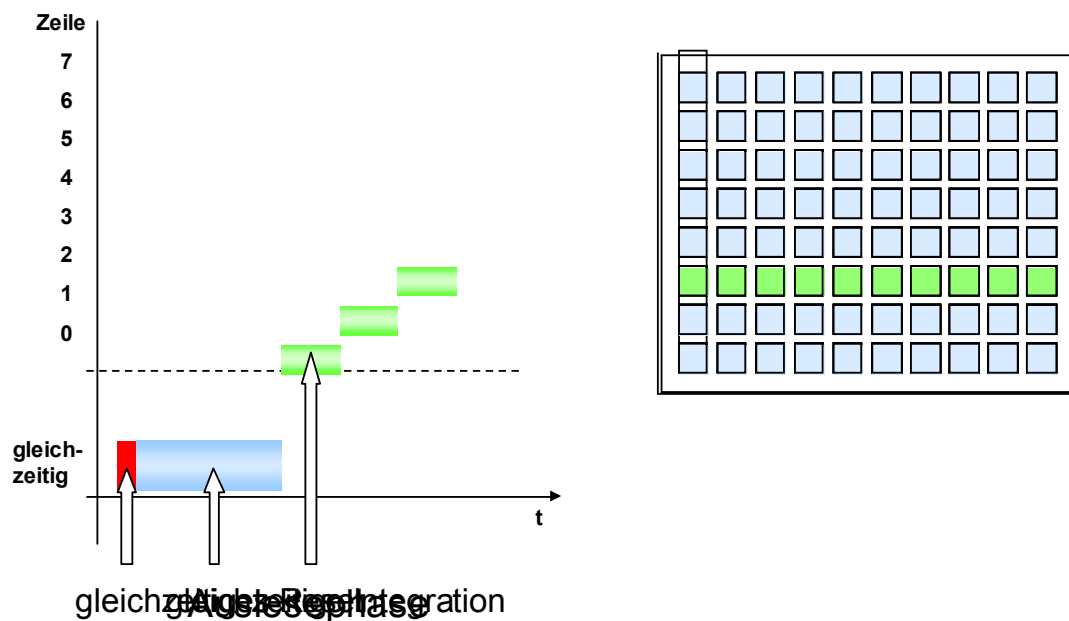
Zeilenweise Arbeitsweise von FPA-Detektoren



Aufgenommen mit VarioCAM® hr mit einer **Frame-Rate** von 60 Hz

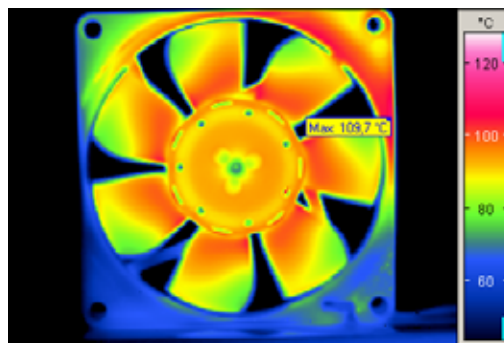
Kriterien bei der Auswahl geeigneter Kameratechnik

Snapshot Arbeitsweise von FPA-Detektoren



Kriterien bei der Auswahl geeigneter Kameratechnik

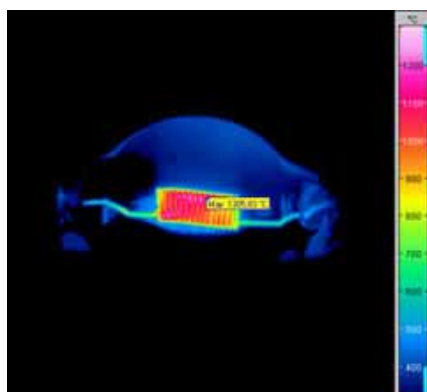
Snapshot Arbeitsweise von FPA-Detektoren



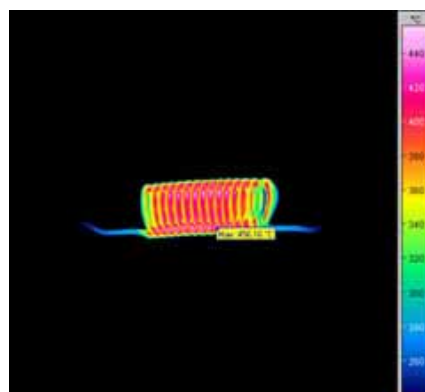
Aufgenommen mit einem MCT-Detektor – ImagelR® mit einer **Frame-Rate** von 200 Hz

Kriterien bei der Auswahl geeigneter Kameratechnik

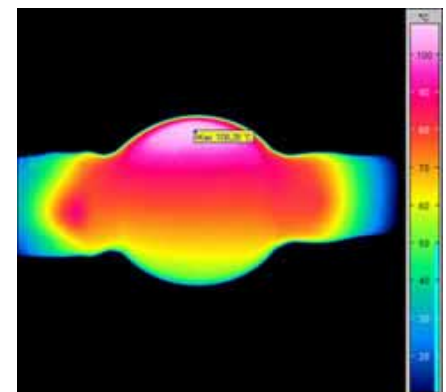
Auswahl des spektralen Empfindlichkeitsbereiches – Glasmessung



Ohne Spektralfilter
Spektralbereich (2 ... 5) μm



„Durch-Glas-Filter“
Messung von Objekten hinter Glas
mit einem Spezialfilter 2,3 μm

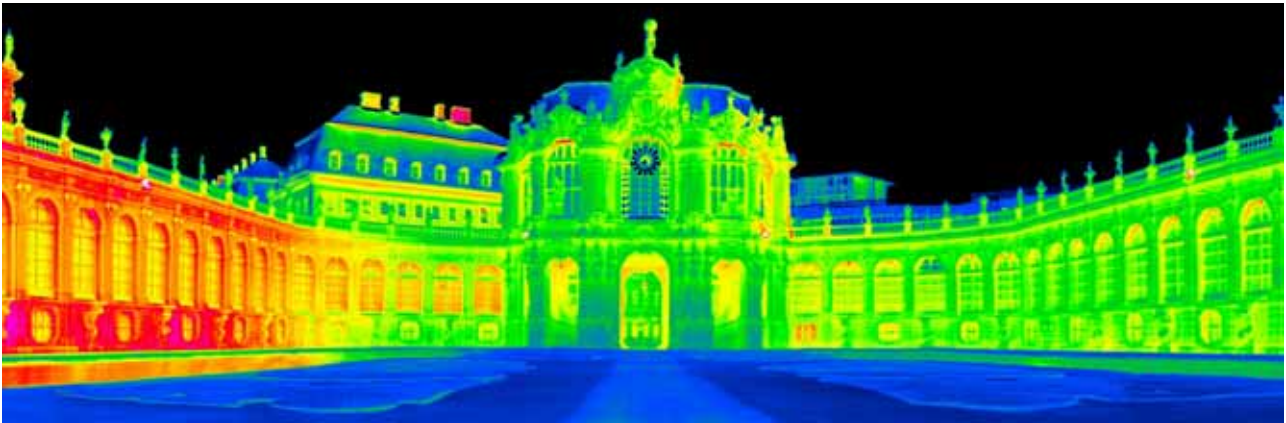


„Glasoberfläche“
Messung der Glasoberfläche mit
einem Spezialfilter 5,1 μm

Vorstellung der InfraTec GmbH

Infrarotsensorik und Messtechnik

- ☐ Gründung 1991
- ☐ Über 200 Mitarbeiter
- ☐ Fokussiert auf Infrarottechnologie
- ☐ Geschäftsbereiche: Infrarot-Sensorik und Infrarot-Messtechnik



Vorstellung der InfraTec GmbH

Kundenseminare

- ☐ Auf Kundenbedürfnisse abgestimmte Seminare
 - ☐ Thermografie-Grundlagenseminar
 - ☐ Bauthermografie-Seminar FORNAX
 - ☐ Infrarot-Thermografie-Kurs Stufe 1 (nach DIN 54162 und EN 473)
 - ☐ Seminar Photovoltaik-Thermografie
 - ☐ Thermografie-Software Seminar
- ☐ **20. September 2012 – Dornbirn/Vorarlberg**
 - ☐ Physikalische Grundlagen der Infrarotthermografie
 - ☐ Thermografie als Prüfverfahren – Grundsätze und Fehlerquellen
 - ☐ Aufbau und Parameter von Thermografiegeräten
 - ☐ Einsatzmöglichkeiten der Infrarotthermografie
 - ☐ Praktische Thermografie an ausgewählten Messobjekten
 - ☐ Auswertmöglichkeiten von Thermografieaufnahmen



Vorstellung der InfraTec GmbH

Geschäftsbereich Infrarot-Messtechnik

- ☐ Strategische Partnerschaft mit Jenoptik
- ☐ Thermografiesysteme für verschiedene Anwendungsgebiete



Vorstellung verschiedener Thermografiesysteme

Produkt-Neuvorstellung: VarioCAM® High Definition

- ☐ Weltweit **erste mobile Thermografiekamera** mit einer IR-Bildauflösung von **3,1 MegaPixeln**
- ☐ Als mobile Handkamera und stationäre Industrieversion erhältlich
- ☐ Neues Detektorformat ermöglicht das Thermografieren mit noch nie dagewesener **Präzision und Detailschärfe**
- ☐ Exakte Messungen kleinster Strukturen selbst auf großflächigen und weit entfernten Objekten ermöglicht **höchste Effizienz**
- ☐ **Innovative Messtechnik aus Deutschland**



Vorstellung verschiedener Thermografiesysteme

Produkt-Neuvorstellung: VarioCAM® High Definition

NEU



Vorstellung verschiedener Thermografiesysteme

Produkt-Neuvorstellung: VarioCAM® High Definition

NEU



Vorstellung verschiedener Thermografiesysteme

Produkt-Neuvorstellung: VarioCAM® High Definition

NEU

- ☐ Spektralbereich: (7,5 ... 14) μm
- ☐ Temperaturmessbereich: (-40 ... 1.200) $^{\circ}\text{C}$
- ☐ Temperaturmessbereich erweiterbar bis > 2.000 $^{\circ}\text{C}$
- ☐ Thermische Auflösung besser als 0,04 K
- ☐ Messgenauigkeit: $\pm 1,5$ $^{\circ}\text{C}$ oder $\pm 1,5$ %
- ☐ Li-Ionen-Akkutechnologie,
Standard-Videoakku, Einsatzdauer bis 3 h
- ☐ Sprachaufzeichnung und Textkommentierung
- ☐ **Bildmisch- und Überblendfunktion,**
gleichzeitige Darstellung von Thermobild
und hochauflösendem Videobild in Echtzeit



Vorstellung verschiedener Thermografiesysteme

Produkt-Neuvorstellung: VarioCAM® High Definition

NEU

- ☐ Neue mobile Mikrobolometerkamera von Jenoptik
mit **(1.024 x 768) IR-Pixeln**
- ☐ Mit optomechanischer MicroScan-Funktion
bis zu **(2.048 x 1.536) IR-Pixel**
- ☐ Bildfrequenz **bis 240 Hz**, GigE-Vision-Interface
- ☐ Integrierte lichtempfindliche 8 Megapixel-Digitalkamera
- ☐ **5,6"-Farb-TFT-Display** mit (1.280 x 800) Pixeln
- ☐ Robustes Leichtmetallgehäuse (IP54) für
rauen Industrieinsatz
- ☐ Qualität aus Deutschland



Vorstellung verschiedener Thermografiesysteme

Produkt-Neuvorstellung: VarioCAM® High Definition

NEU

- ☐ Präziser Laserentfernungsmesser (Reichweite bis 70 m)
- ☐ Integriertes hochempfindliches **GPS-Modul**
- ☐ Drahtlose Kamerasteuerung und Datenakquisition über **WLAN**
- ☐ **GigE-Vision**-Interface für High-Speed-Bildübertragung
- ☐ Integriertes **Trigger- und Prozessinterface**
- ☐ Speicherung **radiometrischer Filme** ohne zusätzlichen PC möglich
- ☐ Umfangreiches Sortiment hochwertiger **Vollobjektive (F/1.0)**

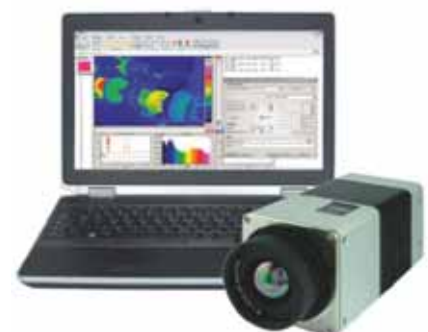


Vorstellung verschiedener Thermografiesysteme

Produktneuvorstellung: VarioCAM® HD head

NEU

- ☐ Stationäre Mikrobolometerkamera von Jenoptik mit **(1.024 x 768) IR-Pixeln**
- ☐ Mit optomechanischer MicroScan-Funktion bis zu **(2.048 x 1.536) IR-Pixel**
- ☐ **GigE-Vision-Interface** für High-Speed-Bildübertragung
- ☐ Bildfrequenz bis **240 Hz**
- ☐ Integriertes **Trigger- und Prozessinterface**
- ☐ Robustes Leichtmetall-Industriegehäuse, Schutzgrad: **IP67**
- ☐ **Qualität aus Deutschland**



Vorstellung verschiedener Thermografiesysteme

Produktneuvorstellung: VarioCAM® HD head

- ☐ Für stationäre industrielle und wissenschaftliche Anwendungen
- ☐ Spektralbereich: (7,5 ... 14) μm
- ☐ Messgenauigkeit: $\pm 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ oder $\pm 1,5\%$
- ☐ Temperaturmessbereich: (-40 ... 1.200) $^{\circ}\text{C}$
- ☐ Temperaturmessbereich erweiterbar bis $> 2.000^{\circ}\text{C}$
- ☐ Thermische Auflösung: besser als 40 mK
- ☐ Umfangreiches Sortiment hochwertiger **Vollobjektive (F/1.0)**

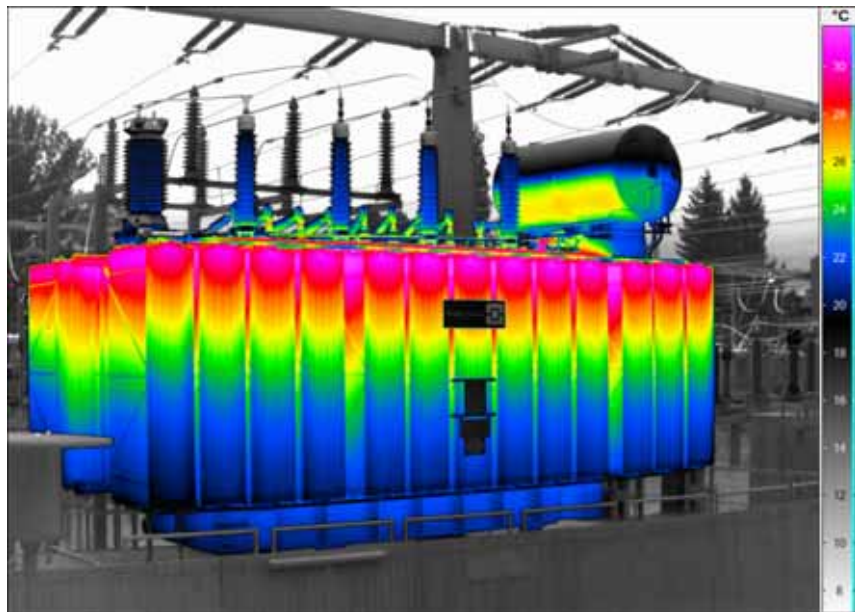


NEU



Vorstellung verschiedener Thermografiesysteme

Produktneuvorstellung: VarioCAM® HD head



NEU

Vorstellung verschiedener Thermografiesysteme

Produkt-Neuvorstellung: ImageIR® 9300

NEU

- ☐ Neue High-End-Thermografiekamera
ImageIR® 9300 im MegaPixel-Format
- ☐ Gekühlter FPA-Photonendetektor
(1.280 x 1.024) IR-Pixel
- ☐ **Bildfrequenz bis 390 Hz**, GigE-Vision-Interface
- ☐ Integriertes **Triggerinterface** für hochpräzise,
wiederholgenaue Triggerung schneller Vorgänge
- ☐ **Snapshot-Detektor**, extrem kurze Integrationszeiten in
Mikrosekundenbereich
- ☐ **Qualität aus Deutschland**
- ☐ Modulare Konzeption



Vorstellung verschiedener Thermografiesysteme

Produkt-Neuvorstellung: ImageIR® 9300

NEU

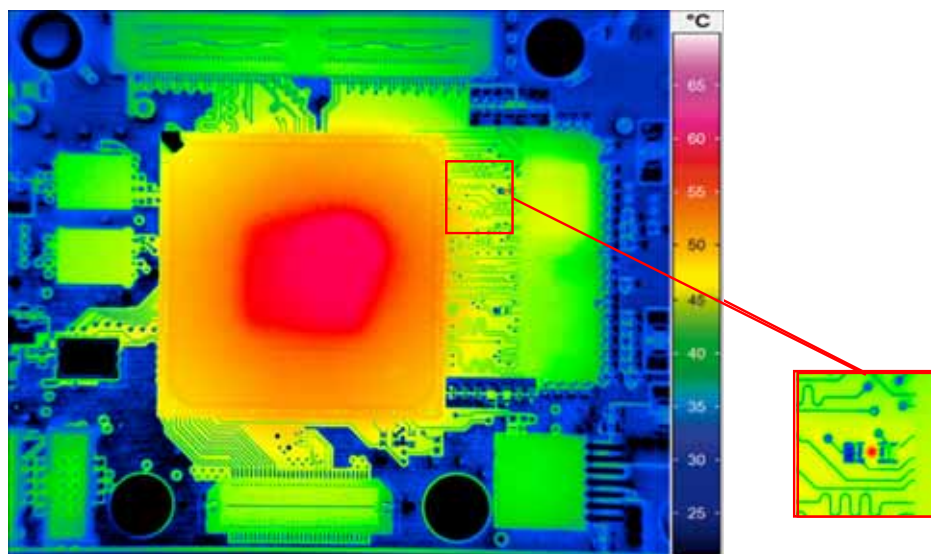
- ☐ Spektralbereich: (3,6 ... 4,9) μm
- ☐ **Pixelauflösung: bis 2 μm**
- ☐ Detektorkühlung: Stirlingkühler
- ☐ Messgenauigkeit: $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ oder $\pm 2\text{ }%$
- ☐ Temperaturauflösung: 0,025 K @ 30 $^{\circ}\text{C}$;
typisch 0,02 K
- ☐ Temperaturmessbereich: (-40 ... 300) $^{\circ}\text{C}$;
optional bis 2.000 $^{\circ}\text{C}$
- ☐ Schutzgrad: IP54, IEC 529



Vorstellung verschiedener Thermografiesysteme

Produkt-Neuvorstellung: ImageIR® 9300

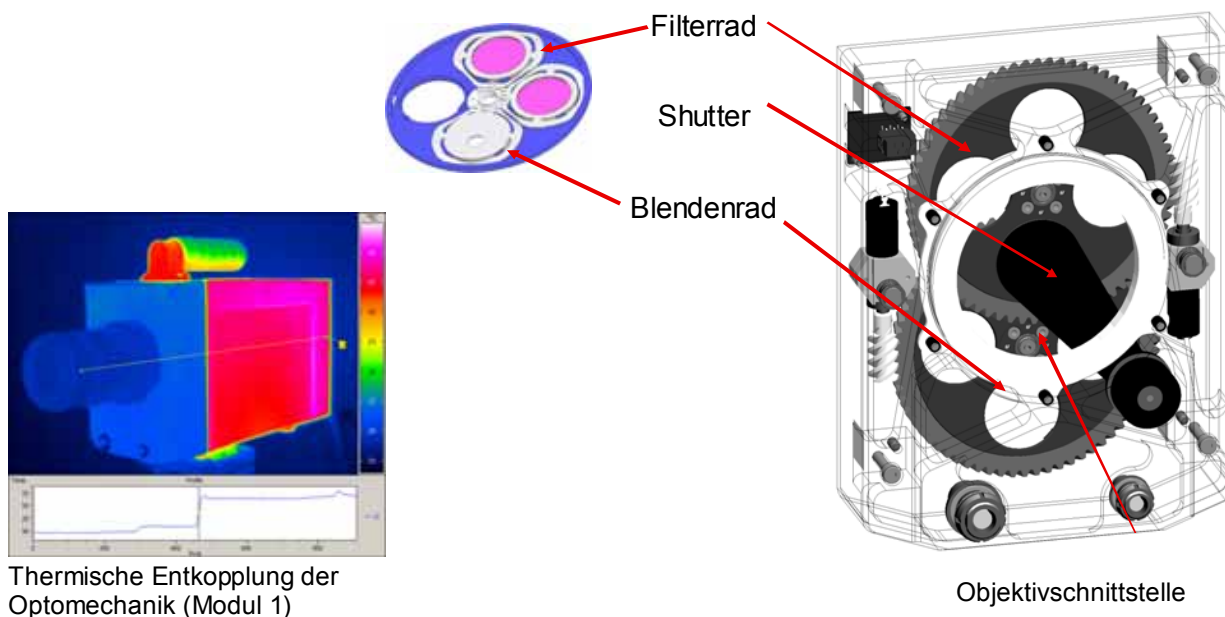
Beispielaufnahmen im MegaPixel-Format mit ImageIR® 9300



NEU

Vorstellung verschiedener Thermografiesysteme

High-End-Thermografieserie ImageIR® von Infra Tec



Thermische Entkopplung der Optomechanik (Modul 1)