



Abb.: Infracam

Abb. 1: Auch die Handhabung ist für eine Kaufentscheidung wichtig, nicht nur die technischen Parameter.

# Welche Kamera darf es sein?

**Marktübersicht Wärmebildkameras für die Bauthermografie** ■ Eine Infrarotkamera ist zum Sinnbild für Energieeffizienz im Bauwesen geworden. Durch den Preisverfall in der Gerätetechnik beschäftigen sich immer mehr Unternehmer damit, diese Technik auch einzusetzen. Vor dem Kauf einer Thermografiekamera für die Anwendung im Bauwesen sollte man sich die wichtigsten Entscheidungskriterien bewusst machen, um ein Produkt zu finden, das bestmöglich auf die eigenen Anforderungen zugeschnitten ist. **Hermann Kaubitzsch**

**B**is vor wenigen Jahren war es nicht möglich, eine Wärmebildkamera unter 40.000 Euro zu erwerben. Seitdem sind die Preise stark gefallen, die preisgünstigsten Modelle sind derzeit für unter 1.000 Euro im Versandhandel zu bekommen. Verbunden mit dem veränderten Bewusstsein der Endlichkeit der Energieressourcen machte dieser Preisverfall Infrarotkameras zu gefragten Messwerkzeugen, um die Energieeffizienz vorhandener Gebäudesubstanz zu überprüfen.

Infrarotkameras unterscheiden sich jedoch deutlich in ihren Funktionen. Deshalb ist es für die Auswahl einer geeigneten

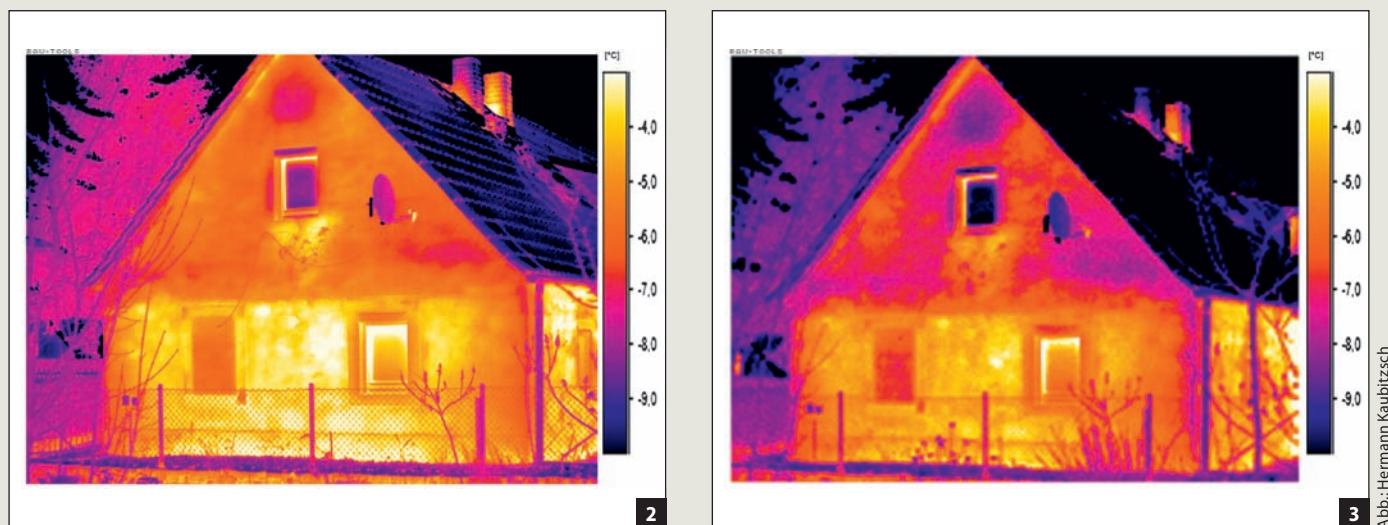
Kamera unabdingbar, die Aufgabenstellung und die Erkenntnisse, die durch den Kameraeinsatz gewonnen werden sollen, genau zu definieren.

## Strahlungsempfindlicher Detektor ist Herz einer Infrarotkamera

Eine Infrarotkamera misst empfangene Strahlung, berechnet daraus eine Temperatur und färbt diese Temperaturwerte anhand einer Farbpalette ein. So entsteht ein Infrarotbild (Thermogramm). Hauptverantwortlich dafür ist ein strahlungsempfindlicher Detektor – sozusagen das Herz einer Infrarotkamera.

Weil es technisch nicht möglich ist, einen Detektor herzustellen, der für die gesamte Strahlung im Infrarotspektrum gleich empfindlich ist, muss man sich auf einen Teil des Infrarotspektrums beschränken. Dieser Wellenlängenbereich sollte auch in dem Bereich liegen, in dem Gebäudeoberflächen den größten Strahlungsanteil aussenden. Hier hat sich ein Wellenlängenbereich von etwa 7,5 bis 13 µm etabliert (Langwellenbereich LW).

Andere Wellenlängenbereiche sind demzufolge weniger oder überhaupt nicht geeignet. Beispielsweise können „preisgünstige Infrarotkameras“ für weniger als »



**Abb. 2/3:** Die Dektorauflösung kann das Messergebnis verfälschen. Abb. 2 zeigt die Aufnahme eines Wohnhauses, das mit einem  $640 \times 480$ -Pixel-Detektor aufgenommen wurde. Abb. 3 wurde mit einer Kamera mit einem  $200 \times 150$ -Pixel-Detektor erstellt.

Abb.: Hermann Kaubitzsch

100 Euro keine Temperaturen von Gebäudeoberflächen messen, weil deren Empfindlichkeitsbereich unterhalb  $2 \mu\text{m}$  liegt (Nahes Infrarot NIR).

### Absolute Messgenauigkeit liegt bei $\pm 1$ bis 2 Kelvin

Auch wenn es sich bei der Investition in eine Infrarotkamera meist um einen höheren Geldbetrag handelt, sollte man sich von vornherein darüber im Klaren sein, dass man von diesem berührungslosen Temperaturmessverfahren keine sehr hohe Messgenauigkeit erwarten kann. So sind nahezu alle Infrarotkameras im Bereich von  $\pm 1$  bis 2 Kelvin absolute Messgenauigkeit spezifiziert.

Eine höhere Messgenauigkeit ist nur durch geeignete Zusatzmaßnahmen außerhalb des Vermögens der Infrarotkamera zu erzielen. Für Einsatzgebiete der Bauphysik, bei denen um Zehntel oder um Hundertstel gerungen wird, muss genau geprüft werden, wie das Messverfahren diesen Ansprüchen gerecht werden kann.

### Thermische Empfindlichkeit ist wichtiges Kriterium

Demgegenüber gibt es Messaufgaben, bei denen es nicht unbedingt auf die genaue Ermittlung der Oberflächentemperatur,

sondern mehr auf die Darstellung der Temperaturverteilung auf den Oberflächen ankommt. Typische Beispiele sind Leck- oder Wärmebrückenortungen. Hier schlägt die Stunde der Infrarotkamera, denn heutzutage können handelsübliche Geräte Temperaturunterschiede von 0,1 bis zu 0,03 Kelvin darstellen.

Dieser Unterschied sieht auf den ersten Blick recht belanglos aus, stellt sich aber auf den zweiten Blick als eines der wichtigsten Einkaufskriterien heraus. Wenn man bedenkt, dass auf einer Bauteiloberfläche meistens Temperaturunterschiede von nur wenigen Kelvin vorhanden sind, wird die thermische Empfindlichkeit einer Infrarotkamera (NETD) umso wichtiger.

Gleichzeitig sollte die Infrarotkamera auch in der Lage sein, Infrarotbilder mit einer kleinen Temperaturspanne darzustellen. Übliche Werte sind hier 2 bis 4 Kelvin. In Zukunft wird sich die thermische Empfindlichkeit noch weiter verbessern, wobei sich bei etwa 0,01 Kelvin physikalische und materialbedingte Grenzen auftun.

### Ungeeignete Detektorauflösung kann zu Messfehlern führen

Wenn man die technische Entwicklung im Digitalkamerabereich bedenkt, fällt einem

zuerst die Entwicklung in der Bildauflösung auf: vom  $640 \times 480$ -Pixel-Format bis zu heutigen 16- oder mehr-Megapixel-Formaten. Diesen rasanten Fortschritt gab es und wird es bei Infrarotkameras nicht geben.

Üblich sind heute Formate von weniger als  $160 \times 120$  Pixel bis zu  $640 \times 480$  Pixel. Ein nativer (nicht interpolierter) Megapixel-detektor ist im normalen Verbrauchermarkt momentan noch nicht zu bekommen. Und es wird vermutlich einen Detektor mit deutlich mehr als 2 Megapixeln für eine Infrarotkamera auch nicht geben. Denn es gibt physikalische Grenzen.

Je kleiner die Detektorauflösung ist, umso pixeliger und detailärmer ist auch das Infrarotbild. Bei einer Digitalkamera kann dieser Informationsverlust meist hingenommen werden. Bei Infrarotkameras kann dieser Informationsverlust zu inakzeptablen Messfehlern führen. Schlicht gesagt: Ist der Abstand zum Messobjekt zu groß, misst die Infrarotkamera durch den damit einhergehenden Informationsverlust falsche Temperaturen. Demzufolge wäre es bei der Wahl eines geeigneten Infrarotkamerasystems gut zu wissen, welche Messobjekte man künftig bearbeiten will, zum Beispiel kleine Einfamilienhäuser mit kleinem Abstand oder

große Wohnanlagen mit großem oder auch kleinem Messabstand.

Es muss also nicht immer das Topmodell mit der höchsten Bildauflösung sein, erst recht nicht, wenn die Infrarotkamera das Verwenden von Wechselobjektiven ermöglicht. Durch zusätzliche Objektive kann der Bildausschnitt aufgabenbezogen variiert werden. Um flexibel zu sein, ist besonders bei kleinem Budget auf diese optionale Erweiterungsmöglichkeit zu achten.

Im Bauwesen kann die zeitliche Auflösung einer Infrarotkamera komplett vernachlässigt werden. Die Strahlung breitet sich im Raum mit Lichtgeschwindigkeit aus, und eine Infrarotkamera schafft es üblicherweise zwischen 1- und 60-mal pro Sekunde ein Infrarotbild im Display darzustellen. Weil Gebäude nicht weglaufen können und thermische Vorgänge an und in Gebäuden sehr langsam ablaufen, ist dieses Ausstattungsmerkmal zu vernachlässigen.

Die meisten Anwendungen für Infrarotkameras finden im Winter statt und das oft nicht im, sondern vor dem Haus. Das heißt, in diesen Fällen muss die Infrarotkamera für den Einsatz bei winterlichen Bedingungen unter 0 °C geeignet sein und einen sinnvollen Temperaturmessbereich besitzen.

Die zu messenden Bauteiloberflächen liegen im Allgemeinen zwischen -50 und +100 °C. Ein deutlich größerer Messbereich ist aus mehreren Gründen eher kontraproduktiv. Zum einen verschieben sich die tatsächlich zu messenden Temperaturen in den ungünstigen unteren Temperaturmessbereich. Zum anderen sind deutlich höhere Temperaturen für Bauspezialisten eher selten.

### Auch die Handhabung prüfen und die Kamera in die Hand nehmen

Neben diesen wichtigen Kameraspezifikationen gibt es weitere wichtige Faktoren, die für die Kaufentscheidung eine Rolle spielen. Als erstes ist hier die Ergonomie einer Infrarotkamera zu nennen. Hier gibt es große Unterschiede, und jedem Kaufinteressierten ist zu empfehlen, nicht nur anhand der technischen Daten zu entscheiden. Es wäre gut, die Infrarotkamera auch einmal über einen längeren Zeitraum in der Hand zu halten.

Wenn man mit der Bedienung der Infrarotkamera nicht klarkommt, sollte man die Finger davon lassen. So vermeidet man, sich bei -10 °C in der Nacht stundenlang mit wackeligen Bedienungsteilen oder komplizierten Menüführungen herumzuergeren. Und wenn man alle 30 Minuten das Auto aufsuchen muss, um den Akku zu wechseln, wird man auch nicht glücklicher. Akkulaufzeiten von wenigstens 3 bis 5 Stunden haben sich bewährt.

### Objektparameter müssen sich einstellen lassen

Alle Infrarotkameras verfügen über mehr oder weniger Messfunktionen. So steht meistens mindestens ein Messpunkt zur Verfügung, der im Bild positioniert werden kann, um dort die genaue Temperatur ablesen zu können. Alternativ dazu gibt es meistens auch Messflächen, die automatisch die minimale, maximale oder durchschnittliche Temperatur des gekennzeichneten Bildbereichs anzeigen.

Diese Messfunktionen sollten auf jeden Fall zum Funktionsumfang gehören, genauso wie die exakte Einstellung der Objektparameter, zu denen mindestens der Emissionsgrad und die reflektierte Temperatur gehören. Nur so kann man überhaupt genaue Messergebnisse ermitteln.


### Digitalkamera ist eine nützliche Zusatzfunktion

In einem Bericht ist jedem Infrarotbild ein „normales“ Foto (Lichtbild) mit möglichst gleichem Bildausschnitt zuzuordnen, um eine gute allgemeine Verständlichkeit zu erreichen. Daraus lässt sich ableiten, dass es günstig ist, wenn in der Infrarotkamera zusätzlich eine Digitalkamera eingebaut wurde, um gleichzeitig Infrarotbild und Foto aufnehmen zu können. Bei der Güte der eingebauten Digitalkameras gibt es aber große Unterschiede. Aufnahmen mit schlechten Objektiven und/oder sehr geringer Bildauflösung lassen sich bei meist ungünstigen Lichtverhältnissen kaum in einem Bericht verwenden.

Ob eine Infrarotkamera mit neuen Zusatzfunktionen wie Bildüberlagerung von Foto und Infrarotbild, Panoramafunktion, Laseranzeige und Ähnlichem ausgestattet sein muss, ist eine subjektive Entscheidung.


Wenn die verwendeten Infrarotbilder für einen Bericht benötigt werden, muss auch überlegt werden, wie sie am Computer weiterverarbeitet werden können. Wichtig dafür sind eine gute Schnittstellenausstattung der Infrarotkamera (USB, Firewire und so weiter) und eine leicht verständliche Software. Viele Hersteller bieten CDs mit einer zeitgebundenen Demolizenz an, um den Funktionsumfang der Software vor dem Kauf testen zu können.

### Neueinsteiger brauchen eine Schulung


Abschließend sei auf ein oft vernachlässigtes Kriterium aufmerksam gemacht. Nicht jeder Käufer eines Klaviers ist automatisch ein guter Pianist. Jeder Käufer einer Infrarotkamera sollte auch diesen Punkt kritisch bedenken; für Neueinsteiger ist ein mehrtägiges Seminar unvermeidbar. Spätestens wenn der Ersteller der Infrarotbilder gefragt wird, wie die reflektierte Temperatur ermittelt wird oder warum unter genau diesen Bedingungen mit einem Emissionsgrad = 1 gearbeitet werden kann, muss man sattelfest antworten können. Sonst ist mit dem Kauf einer Infrarotkamera auch gleich noch der Abschluss einer guten Haftpflichtversicherung zu empfehlen. 


#### Autor

Hermann Kaubitzsch  
bgk infrarotservice GmbH  
1. Stellvertretender Vorsitzender  
des Bundesverbandes für Angewandte  
Thermografie e. V. (VATH)  
Riesa

 **Weitere Informationen**  
Die aktuelle VATH-Richtlinie Bauthermografie steht unter [www.vath.de](http://www.vath.de) in der Rubrik Richtlinien zum Download bereit.


**BauenimBestand**  **24.de**






 **Online-Archiv**  
unter [www.BauenimBestand24.de](http://www.BauenimBestand24.de)  
**Themen**  
Energetische Sanierung,  
Außenwände  
**Schlagwort**  
Thermografie

 **Download der Marktübersicht**  
unter [www.BauenimBestand24.de](http://www.BauenimBestand24.de)  
in der Rubrik Marktübersicht

<p>Hersteller oder Vertriebsorganisation/Internetadresse</p>	<p><b>EBS AUTOMATISIERTE THERMOGRAPHIE UND SYSTEMTECHNIK GMBH NEC AVIO SALES &amp; TECHNICAL SERVICE UND KALIBRATION ZENTRUM FÜR ZENTRALEUROPA</b>  <b>Am Moosrain 7</b>  <b>85652 Landsham</b>  <b>Tel.: 089 9230687-0</b>  <b>Fax: 089 9230687-29</b>  <b>E-Mail: info@irPOD.net</b>  <b>Internet: www.irPOD.net</b>  <b>e-Shop: www.Adnex.de</b></p>	<p><b>FLIR SYSTEMS GMBH</b>  <b>Berner Straße 81</b>  <b>60437 Frankfurt/Main</b>  <b>Tel.: 069 9500900</b>  <b>Fax: 069 95009040</b>  <b>E-Mail: flir@flir.de</b>  <b>Internet: www.flir.de</b></p> 		
<p>Produktname</p>	<p>NECThermal Imager InFRc R300</p> 	<p>i3 i5 i7</p> 	<p>E30bx E40bx E50bx E60bx</p> 	
<p>Sensor-/Detektortyp</p>	<p>uFPA Mikrobolometer</p>	<p>Mikrobolometer/Focal Plane Array (FPA)</p>	<p>Mikrobolometer/Focal Plane Array (FPA)</p>	
<p>Detektormaterial</p>	<p>VOx NEC Detektor</p>	<p>Vanadiumoxid (VOx)</p>	<p>Vanadiumoxid (VOx)</p>	
<p>Detektorauflösung (in Pixel)</p>	<p>H = 1.280 oder V = 960 (4 × 320 × 240)</p>	<p>60 × 60 80 × 80 120 × 120</p>	<p>160 × 120 160 × 120 240 × 180 320 × 240</p>	
<p>Temperaturmessbereich (in °C)</p>	<p>-40 bis +2.000</p>	<p>-20 bis +250</p>	<p>-20 bis +120</p>	
<p>Einsatzbereich (in °C)</p>	<p>-15 bis +50</p>	<p>0 bis +50</p>	<p>-15 bis +50</p>	
<p>Thermische Auflösung (in K bei 30 °C)</p>	<p>0,050 (0,03 SN-mode)</p>	<p>0,150 0,100 0,100</p>	<p>&lt; 0,100 &lt; 0,045 &lt; 0,045 &lt; 0,045</p>	
<p>Reale Messfleckgröße</p>	<p>H 3,8 cm und V 2,9 cm bei einer Auflösung von minimal 0,12 mm bei FAA 10 cm ohne aktiven Zoom</p>	<p>11 mm bei 1 m Abstand</p>	<p>8 mm 8 mm 5,5 mm 4 mm bei 1 m Abstand</p>	
<p>Messgenauigkeit, absolut (in K oder %)</p>	<p>+/- 1 K bzw. +/- 1% of reading</p>	<p>2 K oder 2%</p>	<p>2 K oder 2%</p>	
<p>Objektive</p>	<p>Das Standardobjektiv kann mit Wechselobjektiven ergänzt werden. Weitwinkel- und Teleobjektive sind im Lieferumfang optional enthalten.</p>	<p>Standardoptik 25 °</p>	<p>Standardoptik 24 ° (optional: Weitwinkel 45 °, Tele 15 °)</p>	
<p>Basisfunktionen</p>	<p>Panorama, Echtzeitrecording für Video- und Infrarot auf radiometrischen JPG mit Vollaufokus</p>	<p>fester Messpunkt, Messbereich mit Min./Max.-Funktion, Isotherme, Korrektur des Emissionsgrads, Korrektur der reflektierten Umgebungstemperatur</p>	<p>Messpunkt(e), Messbereich(e) mit Min./Max.-Funktion, Isotherme, Taupunktalarm, Wärmebrückenalarm, Korrektur des Emissionsgrads, Korrektur der reflektierten Umgebungstemperatur, Infrarotfenster Auto-Korrektur, Sprachkommentare, Bild-in-Bild und Bildfusion, Digitalzoom, Laserpointer</p>	
<p>Aufnahme radiometrischer Videos (ja/nein)</p>	<p>ja (inklusive Tageslichtvideos)</p>	<p>nein</p>	<p>ja</p>	
<p>Anwendungsgebiete</p>	<p>Vorbegende Instandhaltung, Gebäudethermografie und Blowerdoor, Solarzelleninspektion, PV-Anlagen Fehlersuche und Effizienzprüfung, Elektrothermografie, Qualitätssicherung</p>	<p>Einsteigermodell für: Sachverständige, Architekten + Planer, Bauüberwachung, Leckageortung, Heizungs-/ Lüftungs-/Klimabau, Sanitär und Klempnerei, Dachdecker und Fensterbauer</p>	<p>Kompaktmodell für: Sachverständige, Architekten + Planer, Bauüberwachung, Leckageortung, Heizungs-/ Lüftungs-/Klimabau, Sanitär und Klempnerei, Dachdecker und Fensterbauer, Facility Manager</p>	
<p>Kalibrierung</p>	<p>Werkskalibrierung im Intervall von 1–2 Jahren durch Service Center Deutschland</p>	<p>Herstellerekalibrierung und Reparaturen im Service-Center Frankfurt</p>	<p>Herstellerekalibrierung und Reparaturen im Service-Center Frankfurt</p>	
<p>Fokussierung</p>	<p>Voll-Autofokus für Infrarot- und Tageslichtvideo</p>	<p>fest</p>	<p>manuell</p>	
<p>Displayart und -größe</p>	<p>Antireflex-Display und Eye-piece-Viewer</p>	<p>LCD-Display 2,8"</p>	<p>LCD-Touch-Screen 3,5" mit 320 × 240 Pixel</p>	
<p>Speichermedium und -größe (in GB)</p>	<p>SD-Card (beliebig)</p>	<p>MiniSD-Karte 2 GB</p>	<p>MicroSD-Karte 2 GB</p>	
<p>Datenübertragung</p>	<p>High speed USB für Infrarot- und Tageslichtvideo (Echtzeitverarbeitung)</p>	<p>USB</p>	<p>USB, Composite Video, WLAN</p>	
<p>Spannungsversorgung</p>	<p>Li-Ion-Akkus (3 h) oder wahlweise 110 V/220 V Netzspannung bzw. 12 Volt Kfz</p>	<p>Lithium-Ionen-Akku, austauschbar</p>	<p>Lithium-Ionen-Akku, austauschbar</p>	
<p>Betriebszeit (in h)</p>	<p>3–4 h Laufzeit mit Standard-Akkus, bis 10 h (ext. Akkus)</p>	<p>5 h</p>	<p>5 h</p>	
<p>Schulungs-, Zertifizierungsangebote</p>	<p>TRAIN E (Einsteiger) TRAIN A (Applikation) TRAIN SW (Reporting) Level/Stufe I (EN473) Level/Stufe II (EN473) Level/Stufe III (EN473)</p>	<p>durch eigenes Schulungszentrum (ITC Germany)</p>	<p>durch eigenes Schulungszentrum (ITC Germany)</p>	

		<p><b>ICODATA GMBH</b>                  Werner-Heisenberg-Straße 4                  63263 Neu Isenburg                  Tel.: 06102 59770-7                  Fax: 06102 59770-9                  E-Mail: <a href="mailto:vertrieb@icodata.de">vertrieb@icodata.de</a>                  Internet: <a href="http://www.icodata.de">www.icodata.de</a></p>		<p><b>INFRATEC GMBH</b>                  Gostritzer Straße 61–63                  01217 Dresden                  Tel.: 0351 871861-0                  Fax: 0351 8718727                  E-Mail: <a href="mailto:info@infratec.de">info@infratec.de</a>                  Internet: <a href="http://www.infratec.de">www.infratec.de</a></p> <p style="text-align: center;"><b>InfraTec</b></p>			
<p>B425</p> 		<p>B660</p> 		<p>S80HR/Real Time</p> 		<p>Jenoptik VarioCAM hr basic</p> 	
Mikrobolometer/Focal Plane Array (FPA)		Mikrobolometer/Focal Plane Array (FPA)		uFPA		uFPA	
Vanadiumoxid (VOx)		Amorphes Silizium (a-Si)		Amorphes Silizium		a-Si	
320 × 240		640 × 480		384 × 288		320 × 240	
–20 bis +350		–40 bis +120 (optional bis 2.000)		–20 bis +250, optional bis +600, 1.000 oder 1.500		–40 bis 120, opt. bis 1.200	
–15 bis +50		–15 bis +50		von ca. –20 bis +50		–15 bis +50	
0,05		< 0,030		0,1		0,05, opt. 0,035	
4 mm bei 1 m Abstand		2 mm bei 1 m Abstand		0,11 × 0,11 cm IFOV		0,14 cm (aus 1 m Entfernung)	
2 K oder 2 %		1 K oder 1 %		+/- 2° K oder 2 %		1,5 K, 2 %	
Standardoptik 25° (optional Weitwinkel- (45°, 90°) oder Teleoptiken (6°, 15°) und Makrooptiken (1-fach, 2-fach, 4-fach)		Standardoptik 24° oder Weitwinkel 45° oder Tele 12° und Makrooptiken (1-fach, 2-fach, 4-fach)		Standardobjektiv 24° × 18°, Wechselobjektiv: Weitwinkel bzw. Teleobjektiv optional		25 mm Standardobjektiv, verschiedene Objektive optional möglich	
Messpunkte, Messbereiche mit Min./Max.-Funktion, Isotherme, Taupunktalarm, Wärmebrückenalarm, Automatische Hot-/Coldspoterkennung, Korrektur des Emissionsgrads, Korrektur der reflektierenden Umgebungstemperatur, Infrarotfenster Auto-Korrektur, Text- und Sprachkommentare, Bild-in-Bild und Bildfusion, Digitalzoom, Laserpointer		Messpunkte, Messbereiche mit Min./Max.-Funktion, Isotherme, mitlaufende Linie, Taupunktalarm und Wärmebrückenalarm, Automatische Hot-/Coldspoterkennung, Automatische Kontrastoptimierung (DDE), Korrektur des Emissionsgrads, Korrektur der reflektierenden Umgebungstemperatur, Infrarotfenster Auto-Korrektur, eingebautes GPS, Text- und Sprachkommentare, Bild-in-Bild und Bildfusion, Digitalzoom, Laserpointer		Echtzeitaufnahme von Infrarotsequenz mit radiometrischen Daten, Mindestfokusbereich nur 100 mm, Linienprofile, Isotherme, Korrektur von Emissionsgrad und Umgebungstemperatur, schwenkbares Display		vielfältige Automatikfunktionen, z. B. Autospeichern, Leichtmetallgehäuse, 60 Hz, Akkus mit Ladestandsanzeige	
ja		ja		ja, mit Version S80Hr Real Time		optional	
Expertenkamera für: Energieberatung, Leckageortung, Heizungs-/Lüftungs-/Klimabau, Sanitär und Klempnerei, Dachdecker und Fensterbauer, Facility Manager		Profikamera für: Dienstleister, Energieberatung, Leckageortung, Heizungs-/Lüftungs-/Klimabau, Sanitär und Klempnerei, Facility Manager		Bauthermografie		Gebäudethermografie, Elektrothermografie, Instandhaltung	
Herstellerekalibrierung und Reparaturen im Service-Center Frankfurt		Herstellerekalibrierung und Reparaturen im Service-Center Frankfurt		externe Werkskalibrierung erforderlich		Werkskalibrierung bei Jenoptik	
automatisch oder manuell		automatisch oder manuell		manuell		motorisierter Fokus, Autofokus, manuell, intern gekapselt	
LCD-Touch-Screen 3,5" mit 320 × 240 Pixel		Breitband-Display 5,6" mit 1.024 × 600 Pixel oder integrierter, neigbarer Sucher		Schwenkbares Display 3,5"		3,5", dreh- und schwenkbar	
MicroSD-Karte 2 GB		SD-Karte 4 GB		Speicherkarte 2 GB		SD-Karte 2 GB	
USB, WiFi, Bluetooth		USB, Composite Video, IrDA, WLAN, optional FireWire		Mit USB-Schnittstelle und USB-Speicherkarte		PAL/NTSC-FBAS, S-Video, RS232, opt. FireWire (IEEE 1394)	
Lithium-Ionen-Akku, austauschbar		Lithium-Ionen-Akku, austauschbar		Akku oder Netzteil		Standard Li-Ion-Akku, opt. Weitbereichsnetzadapter	
4 h		3 h		ca. 2,5 Stunden		bis 5 h	
durch eigenes Schulungszentrum (ITC Germany)		durch eigenes Schulungszentrum (ITC Germany)		Operator Kurs, Bauthermografie, Industriethermografie, Stufe 1, 2		Kundenschulung, Gebäudethermografie, Photovoltaikanlagethermografie, Level 1 nach DIN 54162 und EN 473 jeweils im Schulungszentrum Dresden	

<b>Hersteller oder Vertriebsorganisation/Internetadresse</b>	<b>INFRATEC GMBH</b> <b>Gostritzer Straße 61–63</b> <b>01217 Dresden</b> <b>Tel.: 0351 871861-0</b> <b>Fax: 0351 8718727</b> <b>E-Mail: info@infratec.de</b> <b>Internet: www.infratec.de</b>		
<b>Produktname</b>	Jenoptik VarioCAM hr inspect 480	Jenoptik VarioCAM hr inspect 680	mobileIR E4 
<b>Sensor-/Detektortyp</b>	uFPA	uFPA	uFPA
<b>Detektormaterial</b>	aSi	aSi	aSi
<b>Detektorauflösung (in Pixel)</b>	384 × 288, opt. 768 × 576	640 × 480, opt. 1.280 × 960	160 × 120
<b>Temperaturmessbereich (in °C)</b>	–40 bis 1.200, opt. bis 2.000	–40 bis 1.200, opt. bis 2.000	–20 bis 250, opt. bis 1.200
<b>Einsatzbereich (in °C)</b>	–15 bis +50	–15 bis +50	–10 bis +50
<b>Thermische Auflösung (in K bei 30 °C)</b>	0,035	0,03	0,1
<b>Reale Messfleckgröße</b>	0,14 cm (aus 1 m Entfernung)	0,08 cm (aus 1 m Entfernung)	0,23 cm (aus 1 m Entfernung)
<b>Messgenauigkeit, absolut (in K oder %)</b>	1,5 K, 2 %	1 K in ausgewählten Temperaturbereichen, sonst 1,5 K, 2 %	2 K, 2 %
<b>Objektive</b>	25 mm Standardobjektiv, verschiedene Objektive optional möglich	30 mm Standardobjektiv, verschiedene Objektive optional möglich	11 mm Standardobjektiv, verschiedene Objektive optional möglich
<b>Basisfunktionen</b>	Bildüberlagerung, Tageslichtbild, Video-LED, Laserpointer, Sprachaufzeichnung, interner Echtzeitspeicher, Sucher	Bildüberlagerung, Tageslichtbild, Video-LED, Laserpointer, Sprachaufzeichnung, interner Echtzeitspeicher, Sucher	Bildüberlagerung, Tageslichtbild, Laserpointer, Sprachaufzeichnung
<b>Aufnahme radiometrischer Videos (ja/nein)</b>	ja	ja	nein
<b>Anwendungsgebiete</b>	Gebäudethermografie, Elektrothermografie, Instandhaltung, F/E	Gebäudethermografie, Elektrothermografie, Instandhaltung, F/E	Gebäudethermografie, Elektrothermografie, Instandhaltung
<b>Kalibrierung</b>	Werkskalibrierung bei Jenoptik	Werkskalibrierung bei Jenoptik	Werkskalibrierung
<b>Fokussierung</b>	motorisierter Fokus, Autofokus, manuell, intern gekapselt	motorisierter Fokus, Autofokus, manuell, intern gekapselt	motorisierter Fokus, Autofokus, manuell
<b>Displayart und -größe</b>	3,5", dreh- und schwenkbar	3,5", dreh- und schwenkbar	3,6"
<b>Speichermedium und -größe (in GB)</b>	SD-Karte 2 GB	SD-Karte 2 GB	SD-Karte 2 GB
<b>Datenübertragung</b>	PAL/NTSC-FBAS, S-Video, RS232, FireWire (IEEE 1394), WLAN	PAL/NTSC-FBAS, S-Video, RS232, FireWire (IEEE 1394), WLAN	PAL/NTSC-FBAS, USB
<b>Spannungsversorgung</b>	Standard Li-Ion-Akku, Weitbereichsnetzadapter	Standard Li-Ion-Akku, Weitbereichsnetzadapter	Standard AA-NIMH Akkus, Ladernetzteil
<b>Betriebszeit (in h)</b>	bis 5 h	bis 5 h	bis 3,5 h
<b>Schulungs-, Zertifizierungsangebote</b>	Kundenschulung, Gebäudethermografie, Photovoltaikanlagethermografie, Level 1 nach DIN 54162 und EN 473 jeweils im Schulungszentrum Dresden	Kundenschulung, Gebäudethermografie, Photovoltaikanlagethermografie, Level 1 nach DIN 54162 und EN 473 jeweils im Schulungszentrum Dresden	Kundenschulung, Gebäudethermografie, Photovoltaikanlagethermografie, Level 1 nach DIN 54162 und EN 473 jeweils im Schulungszentrum Dresden

		<b>TESTO AG</b> Testo-Straße 1 79853 Lenzkirch Tel.: 07653 681 700 Fax: 07653 681 701 E-Mail: <a href="mailto:vertrieb@testo.de">vertrieb@testo.de</a> Internet: <a href="http://www.testo.de/thermografie">www.testo.de/thermografie</a>		<b>TROTEC GMBH</b> Grebbener Straße 7 52525 Heinsberg Tel.: 02452 962400 Fax: 02452 962200 E-Mail: <a href="mailto:info@trotec.de">info@trotec.de</a> Internet: <a href="http://www.trotec.de">www.trotec.de</a>	
					
mobileIR M8	testo 876	testo 882	EC 060	IC 080 LV	
uFPA	FPA	FPA	Focal Plane Array (FPA), ungekühlter Mikrobolometer	Focal Plane Array (FPA), ungekühlter Mikrobolometer	
aSi	aSi	aSi	Amorphes Silizium	Amorphes Silizium	
160 × 120	160 × 120 Pixel	320 × 240 Pixel	160 × 120 Pixel	384 × 288 Pixel	
-20 bis 250, opt. bis 1.200	-20 bis +280	-20 bis +350, optional erweiterbar bis +550	-20 bis +250	-20 bis +600	
-10 bis +60	-15 bis +40	-15 bis +40	-15 bis +50	-15 bis +50	
0,08	< 0,08	< 0,06	0,1	0,1	
0,23 cm (aus 1 m Entfernung)	Mit Standardobjektiv 32°: bei Abstand 1 m: 1 cm, bei Abstand 10 m: 10 cm	Mit Standardobjektiv 32°: bei Abstand 1 m: 0,5 cm, bei Abstand 10 m: 5 cm	2,2 mm bei 1 m Abstand	1,1 mm bei 1 m Abstand	
2 K, 2%	+/- 2°C (2%) vom Messwert	+/- 2°C (2%) vom Messwert	+/- 2% vom Messwert	+/- 2% vom Messwert	
11 mm Standardobjektiv, verschiedene Objektive optional möglich	Standardobjektiv 32° × 23°, optional wechselbares Teleobjektiv: 9° × 7°	Standardobjektiv 32° × 23°	Standardobjektiv, verschiedene Wechselobjektive	Ja, es kann mit Wechselobjektiven gearbeitet werden: 48°-, 12°-Linse	
Bildüberlagerung, Tageslichtbild, Laserpointer, Sprachaufzeichnung	Camcorder Design mit flexiblen Klapp- und Schwenk-Display, Intuitive Einhandbedienung, Integrierte Digitalkamera, Sprachaufzeichnung, Motorfokus, Isothermenanzeige, Min-max-on-Area-Berechnung, Auto-hot-cold-Erkennung, spez. Messmodus für schimmelgefährdete Stellen	Bildwiederholffrequenz 33 Hz, Integrierte Power-LEDs, Laser, Intuitive Einhandbedienung, Integrierte Digitalkamera, Sprachaufzeichnung, Motorfokus, Isothermenanzeige, Min-max-on-Area-Berechnung, Auto-hot-cold-Erkennung, spez. Messmodus für schimmelgefährdete Stellen	Großes schwenkbares Farbdisplay, Bildaufzeichnung von bis zu 50/60 Hz, Integrierter Laserpointer, Digitalkamera, Fotoleuchte, Automatische Temperaturverfolgung	Großes schwenkbares Farbdisplay, Temperaturmessung am ganzen Bild, Bildaufzeichnung von bis zu 50/60 Hz, Bild-in-Bild-Funktion (DuoVision), integrierter Laserpointer, Datenübertragung per USB, Bluetooth, Echtzeit-IR-Videoaufnahme, Digitalkamera, Sprachaufzeichnung	
optional	nein	nein	ja, mit der EC 060 V+ in Verbindung mit der USB-RealTime SW	ja, mit entsprechenden RealTime-Ausführungen des jeweiligen Modells in Verbindung mit der USB-RealTime SW	
Gebäudethermografie, Elektrothermografie, Instandhaltung	Gebäudethermografie: Baumängel aufspüren, Dachleckagen orten, Gebäudehüllen analysieren, Solaranlagen prüfen, Rohrbrüche lokalisieren, Feuchteschäden untersuchen, Heizungen prüfen, Luftdichtigkeit prüfen, Schimmelbildung vorbeugen, Elektrothermografie, Vorbeugende Instandhaltung	Gebäudethermografie: Baumängel aufspüren, Dachleckagen orten, Gebäudehüllen analysieren, Solaranlagen prüfen, Rohrbrüche lokalisieren, Feuchteschäden untersuchen, Heizungen prüfen, Luftdichtigkeit prüfen, Schimmelbildung vorbeugen, Elektrothermografie, Vorbeugende Instandhaltung	Produktionskontrolle und Anlagenwartung, Elektrothermografie, Leckageortung, Gebäudethermografie, Energieberatung	Produktionskontrolle und Anlagenwartung, Elektrothermografie, Leckageortung, Gebäudethermografie, Energieberatung	
Werkskalibrierung	Interner Abgleich, optional erhältlich: ISO-Kalibrierzertifikate	Interner Abgleich, optional erhältlich: ISO-Kalibrierzertifikate	externe Werkskalibrierung	externe Werkskalibrierung	
motorisierter Fokus, Autofokus, manuell	manuell und Motorfokus (ermöglicht Einhandbedienung)	manuell und Motorfokus (ermöglicht Einhandbedienung)	manuell	manuell	
2,5"-Touchscreen, schwenkbar	3,5"-Klapp- und Schwenk-LCD mit 320 × 240 Pixel	3,5"-LCD mit 320 × 240 Pixel	Bewegliches 2,5"- TFT-LCD; 6 Farbpaletten	Bewegliches 3,5"-TFT-LCD; 6 Farbpaletten	
Mini-SD-Karte 2 GB	SD-Karte 2 GB	SD-Karte 2 GB	2 GB Mini-SD-Karte	2 GB Mini-SD-Karte	
PAL/NTSC-FBAS, USB	USB 2.0	USB 2.0	Composite Video	USB 2.0 Composite Video	
Li-Ion-Akku, Weitbereichsnetzadapter	5V/4 A (via 220-V-Netzteil/Ladestation oder 12-V-Kfz-Ladeadapter)	5V/4 A (via 220-V-Netzteil/Ladestation oder 12-V-Kfz-Ladeadapter)	Standard, Li-Ion, wiederaufladbar, austauschbar, Netzbetrieb optional	Standard, Li-Ion, wiederaufladbar, austauschbar, Netzbetrieb optional	
bis 4 h	ca. 4 h	ca. 4 h	~2,5 h	~2,5 h	
Kundenschulung, Gebäudethermografie, Photovoltaikanlagenthermografie, Level 1 nach DIN 54162 und EN 473 jeweils im Schulungszentrum Dresden	Stufe 1 Schulung nach DIN 54162/EN 473 mit optionalem Zertifikat durch die Personalzertifizierstelle PersCert TÜV des TÜV Rheinland, Stufe 2-3 Schulung nach DIN 54162/EN 473 direkt beim Verband für angewandte Thermografie möglich, Operatorschulung für Elektro- und Industriethermografie, Operatorschulung für Bauthermografie	Stufe 1 Schulung nach DIN 54162/EN 473 mit optionalem Zertifikat durch die Personalzertifizierstelle PersCert TÜV des TÜV Rheinland, Stufe 2-3 Schulung nach DIN 54162/EN 473 direkt beim Verband für angewandte Thermografie möglich, Operatorschulung für Elektro- und Industriethermografie, Operatorschulung für Bauthermografie	1-Tages-Seminar „Thermographie im Bauwesen“	1-Tages-Seminar „Thermographie im Bauwesen“	