

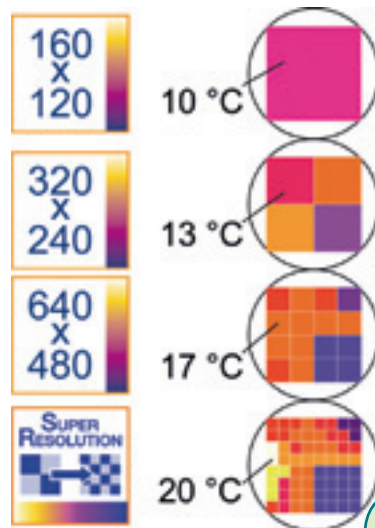
Thermografie-Experten brauchen möglichst scharfe Bilder, um Details erkennen und Problemen auf den Grund gehen zu können. CiH-Fachautor Marian Behaneck hat IR-Profikameras verglichen. Wo liegen die Unterschiede? Was macht eine gute Kamera aus?

Wer schärfer sieht, erkennt mehr! Das gilt auch für Wärmebilder. Im Baubereich, der Instandhaltung haustechnischer Anlagen oder der Inspektion von PV-Anlagen spielt die Detektorauflösung eine entscheidende Rolle. Zu geringe Auflösungen können dazu führen, daß man Detailprobleme an der Fassade oder Schäden an Photovoltaik-Modulen übersieht. Diese Gefahr besteht insbesondere beim Einsatz von Einsteiger-Kameras mit einer Detektor-Auflösung von 160 x 120 IR-Pixeln und weniger (siehe auch CIH 1-2/2014). Mit einer hoch auflösenden Infrarotkamera lassen sich diese Fehlerquellen ausschließen. Außerdem ist man schneller: während bei großen Objekten mit Low-Cost-Kameras mehrere Aufnahmen notwendig sind, um Details überhaupt zu erkennen, reicht mit einer Profi-Kamera meist eine einzige Aufnahme.

Ein guter Detektor macht die halbe IR-Kamera aus

Viele der Kamerakomponenten und -materialien sind teuer, z.B. die aus dem Halbleiter Germanium bestehende, hochwertige Optik. Auch Herstellungs-, Bearbeitungs- und Kalibrierungsverfahren sind geräte-, personal- und kostenintensiv. Neben den Kamerakomponenten (Detektortyp, Optik, Optomechanik, Elektronik etc.) und den technischen Parametern (Detektorauflösung, geometrische Auflösung, thermische Empfindlichkeit etc.) hat auch das „Drumherum“ – die Kalibrierung, Wartung, Schulung und der Service – Einfluß auf die Wertigkeit einer Infrarot-Kamera. Die Detektoren ungekühlter Thermografiekameras – dem aktuellen Standard bei handgeführten Systemen – bestehen aus sogenannten Mikrobolometer-Focal Plane Arrays – einer Matrix aus winzigen Strahlungsdetektor-Zellen. Je dichter das Matrixraster ist und je mehr Detektorzellen vorhanden sind, desto besser ist das Wärmebild – deshalb also ein wichtiges Qualitätskriterium. Ähnlich wie vor einigen Jahren im Digitalkamera-Bereich, beginnt auch bei den IR-Kameras allmählich das „Pixelrennen“, wenn auch

auf niedrigerem Niveau. Als Stand der Technik gelten heute Kameras mit 320 x 240 IR-Bildpunkten – auch deshalb, weil sie im Sachverständigen-Bereich und bei thermografischen Gutachten vor Gericht Bestand haben. Doch die Technik schreitet voran, und immer mehr Anbieter offerieren Kameras mit VGA-Auflösung (640 x 480). Die nächste Detektor-Generation mit

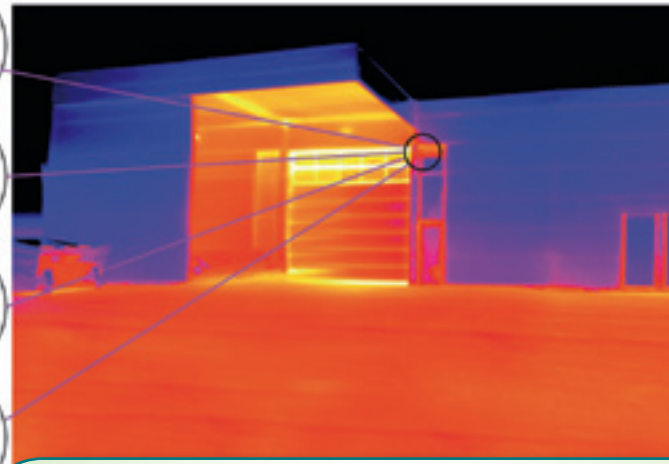


1.024 x 768 IR-Bildpunkten wurde kürzlich von InfraTec mit der VarioCAM HD 900 vorgestellt (siehe Tabelle). Das ist gegenüber der Einsteiger, Standard-, respektive Profiklasse 20, 10 bzw. 2,5 mal mehr! Auch die von einigen Herstellern offerierte Resolution Enhancement-Technologie (siehe Infokasten) zur Steigerung der IR-Auflösung bewirkt, daß Wärmebilder immer mehr der Bildqualität von Fotos nahekommen.

Auch andere Kamerakomponenten sind wichtig ...

Neben dem Detektor sind auch andere Kamerakomponenten für die Bildqualität verantwortlich, allen voran die Infrarotoptik. Zu den Qualitätskriterien von Objektiven gehören die Lichtstärke, die darüber entscheidet, wie viel Wärmestrahlung vom Objekt auf dem Detektor ankommt, das Auflösungsvermögen, die Abbildungstreue sowie die Qualität der Beschichtung. IR-

Profikameras für den Baubereich sollten möglichst mit einem für die Fassaden- und Raumthermografie geeigneten Weitwinkelobjektiv (z.B. 8-15 mm) mit großem Sehfeld ausgeliefert werden, das optional durch Standard- (z.B. 30-50 mm) und Teleobjektive (z.B. 60-130 mm) erweiterbar sein sollte. Eine automatische Objektiverkennung macht den Objektivwechsel komfortabler, doch nicht alle Kameras haben sie. Kameras mit IR-Zoomobjektiv gibt es auch schon (z.B. von Avio/NEC), wobei aus technischen Gründen nur feste Zoomschritte möglich sind (z.B. 10, 20, 30



BAU- UND ELEKTROTHERMOGRAFIE: Marktübersicht IR-Profikameras

und 40 mm). Wie schnell und präzise der ergänzend zum manuellen Fokus zuschaltbare Autofokus bei IR-Kameras anspricht, hängt von der eingebauten Optomechanik und Steuerelektronik ab. Elektronik und Software entscheiden auch darüber, wie schnell nach dem Einschalten die Kamera hochgefahren und einsatzbereit ist. Beim Gehäusedesign überwiegt in der Profiklasse eindeutig die Camcorder-Bauform. Wichtiger als das Gehäusedesign ist jedoch, daß die Kamera ausgewogen, bequem und mit Hilfe einer individuell einstellbaren Hand-schleife sicher in der Hand liegt. Aufgrund der schweren Optik neigen einige Kameras zur Kopfflastigkeit, was sich bei längerer Benutzung im Handgelenk negativ bemerkbar macht. Ebenso unterschiedlich wie die Bauform ist die Qualität des Kameragehäuses. Während Allround-Kameras aus dem





Bau-/Elektrothermografie

MARKTÜBERSICHT
IR-PROFIKAMERAS



mittleren Preisbereich meist über ein kratz- und schlagfestes ABS-Kunststoffgehäuse verfügen, bestehen Profikamera-Gehäuse in der Regel aus Leichtmetall (Aluminium oder Magnesium). Meist sind die Gehäuse teigummiert und damit besonders griffig. Für den rauen Outdoor-Einsatz sind heute alle Kameras gemäß Schutzart IP54 geschützt, vereinzelt auch gegen Stürze aus geringer Höhe gewappnet. Der Staub- und Spritzwasserschutz bleibt jedoch nur mit geschlossenen Geräteklappen, respektive hochwertigen, aufgeschraubten Steckeranschlüssen erhalten. Über letztere verfügen nur wenige Modelle. Das möglichst große und helle Farb-TFT-Display mit möglichst hoher Bildauflösung sollte sich ausklappen und um zwei Achsen

In der Profiklasse überwiegt die Camcorder-Bauform, wobei es auch neue Designkonzepte gibt (Trotec, InfraTec, FLIR Systems, Collage nicht maßstäblich)



nahezu in beliebige Richtungen drehen lassen. Dadurch sind Aufnahmen auch in beengten Situationen, etwa in möblierten Räumen, aus praktisch jeder Position heraus möglich: Überkopf, übereck oder aus der Froschperspektive. Bei starker Sonneneinstrahlung – etwa bei der Untersuchung von PV-Anlagen oder anderen Anwendungen im Sommer (siehe auch: www.thermografie.de, Rubrik „Sommerliche Anwendungen“) – sollte zusätzlich ein Sucher, möglichst mit Neigungs- und Dioptrieneinstellung vorhanden sein. Bedient werden die Kamerafunktionen in der Regel über einen Mini-Joystick und mehrere, teilweise

programmierbare Tasten. Eine zusätzliche Touchscreen-Bedienung ist hilfreich – mit Handschuhen bei winterlicher Kälte nutzt sie aber wenig. Stichwort Kälte: Kälteempfindlich ist neben dem Display auch der Akku – im Allgemeinen vertragen IR-Kameras aber Arbeitstemperaturbereiche zwischen -25 und +50 °C klaglos. Wichtig ist, daß häufig benötigte manuelle Einstellungsfunktionen wie Meßbereich, Emissionsgrad, reflektierte Temperatur, Temperaturskala und -spreizung etc. ohne umständliche Suche direkt aufrufbar sind. Ein Schwachpunkt bei nahezu allen Modellen ist die integrierte Digitalkamera. Mit in der Regel 1,3 bis 3 Megapixel Bildauflösung sowie einer mehr oder weniger hellen LED-Videoleuchte macht sie eher verschwommene als kontrastreiche visuelle Bilder. Deshalb nehmen Thermografie-Profis lieber eine gute Digitalkamera mit Zoomfunktion mit. Auch bei der Kamerakalibrierung gibt es Unterschiede, denn sie erfordert viel Zeit, einen hohen technischen und personellen Aufwand und ist entsprechend teuer. Eine gute Kalibrierung zeichnet sich durch eine Drei-Kennlinien-Kalibrierung mit einer Haupt- und zwei Nebenkennlinien zur Kompensation von

Produktname/Modell	Avio (NEC) Thermo GEAR G100MD	Avio (NEC) Thermal Imager R500SR	FLIR T420bx/440bx-Serie	FLIR T620bx/640bx-Serie	Fluke Ti32
Anbieter	Avio (NEC) www.nec-avio.de	Avio (NEC) www.nec-avio.de	FLIR Systems GmbH www.flir.de	FLIR Systems GmbH www.flir.de	Fluke Deutschland GmbH www.fluke.de
Bilddaten: Detektorauflösung nativ / mit Res. Enhancement / Sehfeld /IFOV / Bildfrequenz	320 x 240 / 32° x 24° / 1,78 mrad / bis 8,5 Hz	640 x 480 / 1280 x 960* / 22° x 17° / 0,8 mrad / 60 Hz, * Panorama-Fkt.	320 x 240 / 25° x 19°* / 1,36 mrad* / 60Hz, * MSX-Funktion	640 x 480 / 25° x 19°* / 0,69 mrad* / 30 Hz, * MSX-Funktion	320 x 240 / 23° x 17° / 1,25 mrad / 9-60 Hz
Messung: Spektral- / Temperaturbereich / NETD (30°C) / Genauigkeit	8-14 µm / -40°C bis +500°C / 0,06 K / ±2%	8-14 µm / -40°C bis +2.000°C / 0,03 K / ±2%	* bei 25 mm Objektiv 7,5 - 13 µm / -20 bis +650 °C in	* bei 25 mm Objektiv 7,8 - 14 µm / -40 bis +650 °C in	7,5-14 µm / -20 bis +600°C / 0,045 K / ±2 %
Kameraeinstellung: Emissionsgrad / Temperatur / Feuchte / Abstand	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	3 Bereiche / < 0,045 K / ±2 % ■ ■ ■ ■ ■	2 Bereiche / < 0,035 K / ±2 % ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ Ultra-Kontrast-Farbpaletten
Messfunktionen: Isothermen / Minimal- / Maximalwert / Taupunkt / Sprach- / Textnotiz	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ Movie	■ ■ ■ ■ ■ Wärmebr., Luftfeuchte-, Taupunktalarm etc.	■ ■ ■ ■ ■ Wärmebr., Luftfeuchte-, Taupunktalarm etc.	■ ■ ■ ■ ■ Überhitzungsalarm
Optik: Fokus manuell / autom. / Wechsellens / Teleobj. opt. / Weitwinkel opt. / Objektverkennung	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
Display: dreh-/schwenkb./Touchscr./Aufl./Größe	■ ■ ■ ■ / 640 x 480 px / 3,5"	■ ■ ■ ■ / 640 x 480 px / 5"	■ ■ ■ ■ / 320 x 240 px / 3,5"	■ ■ ■ ■ / 800 x 480 px / 4,3"	■ ■ ■ ■ / 640 x 480 px / 3,7"
Speicher: Speicher int. / Wechselsp. (Größe, Art)	4 GB / 4 GB, SD beliebig	■ (4 GB) / ■ (beliebig, SD)	■ (2 GB, SD)	■ (2 GB, SD)	■ (2 GB, SD)
Digitalkamera: Auflösung / Bild im Bild / Panorama / LED-Leuchte	3 MP / ■ ■ ■ ■ / 3-stufen-Fusion	3 MP / ■ ■ ■ ■ / 3 Stufen-Fusionsdarstellung	3,1 MP / ■ ■ ■ ■ Panorama in der Software	5 MP / ■ ■ ■ ■ / Panorama in der Software	2 MP / ■ ■ ■ ■ / präzise Ausrichtung. Sichtbild/IR-Bild (ohne Parallaxe)
Zusatz: Sucher / Laserpointer / Distanzmesser / GPS	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ LED-Licht	■ ■ ■ ■ ■ Kompass	■ ■ ■ ■ ■ Kompass	■ ■ ■ ■ ■ 2 Akkus
Schnittstellen: USB ?/0 / Bluetooth / WiFi / Firewire	2.0 / ■ ■ ■ ■ / Video (NTSC/PAL)	2.0 / ■ ■ ■ ■ / Echtzeitverb. z. PC	USB-A, Mini-USB 2.0 / ■ ■ ■ ■ / Composite Video	USB-A, Mini-USB 2.0 / ■ ■ ■ ■ / DVI-Video / HDMI-Anschluss	277 x 122 x 170 / 1050 / 54 /
Gehäuse: Abmessungen mm / Gewicht g / Schutzklasse IP / Material	212 x 138 x 76 / 800 / 54	225 x 140 x 158 / 1.290 / 54 / KS-Alufume, stoßfest	106 x 201 x 125 / 880 / 54 / Magn.	143 x 195 x 95 / 1.300 / 54 / Magn.	Kunststoff mit Gummierarmierung
Akku: Li-Ion/tauschb./Ladeanz./Betriebs-/Ladezeit	■ ■ ■ ■ / 3 h / 2 h	■ ■ ■ ■ / 3 h / 2 h	■ ■ ■ ■ / 4 h / 2 h	■ ■ ■ ■ / 2,5 h / 3 h	■ ■ ■ ■ / > 4 h / 2,5 h
Zubehör: Netzteil / Ladestation / Kabel / Koffer / Manual / Software	■ ■ ■ ■ ■ IR-Schulungshandb., Kalibrationscheck	■ ■ ■ ■ ■ Thermografie-Lehrbuch	■ ■ ■ ■ ■ Headset, Stativadapter, Speicher, m. Adapter etc.	■ ■ ■ ■ ■ 2. Akku, Headset, Stativadapt., Speicher, m. Adapter, HDMI-Kabel etc.	■ ■ ■ ■ ■ 2 Li-Ion-Akkus
Support: Schulungen / Hotline / Softwareupdates / Kalibrierung opt.	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ opt. Kalibrationscheck 360,- € netto	■ ■ ■ ■ ■ 2 bzw. 10 Jahre Garantie	■ ■ ■ ■ ■ 2 bzw. 10 J. Garantie	■ ■ ■ ■ ■ / Verlängerung Gewährleistung
Besonderheiten	stufenloser digital Zoom, Semiweitwinkel + Makro, flexibles Display	Panorama-Vollautomatik, Auflös. und Bedienung, VGA 640x480 Detektor	MSX-Funktion, Meterlink, Autofokus o.manuell, Live-Linienprofil (T440bx)	MSX-Funktion, Meterlink, Autofokus o. manuell, kont. Autofokus (T640bx), Live-Linienprofil	IR-Fusion (Bild im Bild etc.), Software inkl. Upgrades kostenlos, sturzsicher bis 2 m
Preis (in EUR, zzgl. MwSt.)	ab 4.490,- (inkl. Koffer und Infrarotsoftware InfReC)	ab 13.800,- (inkl. Koffer und Infrarotsoftware InfReC)	ab 8.950,-	ab 19.950,-	7.495,-

■ Kriterium erfüllt ■ Kriterium nicht erfüllt k.A.: keine Angabe, Abbildungen nicht maßstäblich! Alle Angaben beruhen auf Anbieterinformationen, Stand: 1/14

Umgebungstemperaturschwankungen sowie durch ein aussagekräftiges Kalibrierungszertifikat aus. Vorhanden sein sollte nach dem Kauf z.B. ein kostenfreier Support inklusive 24-Stunden-Servicehotline, ein kostenfreier Software-Updateservice sowie ein vielfältiges Schulungsangebot.

Welche Hardware-Zusatzausstattung ist sinnvoll?

Über die Standardfunktionen hinaus packen viele Anbieter gleich mehrere, mehr oder weniger nützliche Funktionen in die Kamera hinein. Ein Laserpointer, der am Objekt den aktuellen Meßpunkt anzeigt, gehört zum Standard. Es gibt aber auch schon Kameras, die den Laserstrahl zusätzlich für die Messung des aktuellen Objektabstands zur Ermittlung der kleinstmöglichen Meßfleckgröße (s.u.) nutzen. Auch ein Headset für Sprachnotizen ist teilweise im Kamera-Lieferumfang enthalten. Einfacher als die manuelle Eingabe von Meßwerten, wie z.B. der Luftfeuchte, ist die Verwendung eines Funk-Feuchtefühlers, der der Kamera ständig aktuelle Meßdaten liefert. Zum Einsatz kommen dabei Funkübertragungsstandards (z.B. Bluetooth).

Auch WLAN wird schon integriert – etwa um Wärmebilder auf Smartphones oder Tablet-PCs kabellos zu übertragen oder die Kamera fernzusteuern. Eine weitere, insbesondere für die Instandhaltung interessante Funktion bietet eine Meßorterkennung, respektive ein integriertes GPS-Modul. Das ermöglicht eine geografische Verortung der Wärmebilder – nützlich, wenn z.B. in einem Stadtgebiet eine Vielzahl von Meßobjekten an unterschiedlichen Stellen in regelmäßigen Zeitabständen thermografisch erfaßt werden müssen. Zusätzlich gibt es vor allem für High-End-Kameras: Wechseloptiken, Filter, Stative, Kamera-Schutzgehäuse,



Zu den nützlichen Zusatzfunktionen gehört die Funkübertragung von Messwerten, hier eines Feuchtefühlers, ... (FLIR Systems)

diverses Datentransfer-Zubehör und anderes mehr. Netzteil, eine Ladestation, ein Netz- und USB-Kabel, ein stabiler Transportkoffer sowie eine Auswertungs-Software sollten dabei sein.

Welche Bedienfunktionen gibt es?

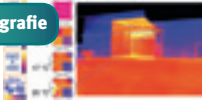
Auch softwareseitig werden über den Standard hinaus so manche Zusatzfunktionen offeriert. Bevor es an die eigentliche Auswertung mit der kostenlos mitgelieferten Auswertungssoftware im Büro geht, kann man bereits am Kamera-Display Messungen und Analysen durchführen. So erkennt man noch vor Ort potentielle Problembereiche und kann ihnen gegebenenfalls weiter auf den Grund gehen. Auch deshalb sind möglichst große und brillante Displays wichtig. Zu diesen Meß- und Analysefunktionen gehören die Hotspot-/Coldspot-Anzeige, frei positionierbare Meßpunkt-Markierungen sowie eine in ihrer Größe beliebig änderbare und ebenfalls frei positionierbare Meßbereichsmarkierung mit Minimal-, Maximal- und Durchschnittswertanzeige. Alarmmarken können für die schnelle



Fluke Ti400	Jenoptik VarioCAM hr 700	Jenoptik VarioCAM HD 900	Testboy TV294-384 Digital	Testboy TV295-384 Touch	Testo 885	Testo 890
Fluke Deutschland GmbH www.fluke.de	InfraTec GmbH www.infrotec.de	InfraTec GmbH www.infrotec.de	Testboy GmbH www.testboy.de	Testboy GmbH www.testboy.de	Testo AG www.testo.de	Testo AG www.testo.de
320 x 240 / 23° x 17° / 1,31 mrad / 9-60 Hz	640 x 480 / 1.280 x 960 / 30° x 23° / 0,8 mrad / 60 Hz	1.024x768/2.048x1.536/32°x24° / 0,57 mrad / 30-240 Hz (opt.)	384 x 288 / 25° x 19° / ,37 mrad / 50 Hz	384 x 288 / 25° x 19° / 1,37 mrad / 50/60 Hz	320 x 240 / 640 x 480 / 30° x 23° / 1,7 mrad / 9/33 Hz	640 x 480 / 1280 x 960 / 42° x 32° / 1,13 mrad / 9/33 Hz
7,5-14 µm / -20 bis +1200°C / 50 mK / ±2 %	7,5-14 µm / -40 bis +1.200°C / 0,03 K / ±1 %	7,5-14 µm / -40 bis +1.200°C / 0,05 K / ±1,5 %	8-14 µm / -20 bis +600°C / 0,06 K / ±2%	8-14 µm / -20 bis +600°C* / 0,06 K / ±2% * optional bis +1.200°C	7,5-14 µm / -20 bis +1200°C / 0,03 K / ±2%	7,5-14 µm / -20 bis +1200°C / 0,04 K / ±2%
IR-Fusion, Fernüberwachung	Premium Snap	Premium Snap		+1.200°C		
		Distanz				
/ 640 x 480 px / 3,5"	/ 640 x 480 px / 3,5"	/ 1.280 x 800 px / 5,6"	/ 320 x 240 px / 2,7"	/ 640 x 480 px / 3,6"	/ 480 x 272 px / 3,5"	/ 480 x 272 px / 3,5"
(4 GB) / (4 GB, MicroSD)	(2 GB) / (2 GB, SD)	(4 GB, SD)	(2 GB, MicroSD)	(8 GB, MicroSD, max.	(2 GB, SD)	(2 GB, SD)
2 MP /	1,3 MP /	8 MP / / fokussfrei	1,3 MP /	32 GB) 3 MP /	3,1 MP /	3,1 MP /
2 Akkus, Kompaß etc.	Mikro, Lautspr.	Mikro, Lautspr.			Meßorterk.	Meßorterk.
HDMI	VGA, Video-Out	2.0 / / GB Ethernet, HDMI	2.0 /	2.0 / / LAN	2.0 /	2.0 /
277x122x167 / 1040 / 54 / Kunststoff mit Gummiering	133 x 106 x 110 / 1.500 / 54 / Leichtmetallgehäuse	210 x 125 x 155 / 1.700 / 54 / Leichtmetallgehäuse	245 x 105 x 230 / 1.000 / 54 / k.A. (sturzsicher bis 2 m)	245 x 105 x 230 / 1.000 / 54 / k.A. (sturzsicher bis 2 m)	253 x 132 x 111 / 1.570 / 54 / ABS	253 x 132 x 111 / 1.570 / 54 / ABS
> 4 h / 2,5 h	/ 5 h / 2 h	/ 3 h / 2 h	/ 3 h / 2 h (2 Akkus)	/ 3 h / 2 h (2 Akkus)	/ 4,5 h / 2 h	/ 4,5 h / 2 h
	/ allg.	/ allg.	/ 2 Akkus,	2 Akkus,	/	/
zwei Li-Ion-Akkus	Reportsoftware IRBIS 3, bauspez.	Reportsoftware IRBIS 3, bauspez.	Audio-, Video-Kabel	Audio-, Video-Kabel	Linsenschutzglas	Linsenschutzglas
/ / Verlängerung	Reportsoftware FORNAX 2	Reportsoftware FORNAX 2	/ / Grundlagen-	/ / Grundlagen-		
Gewährleistung	/ / Zertifizierungs-	/ / Zertifizierung	schulung inkl.	schulung inkl.		
IR-Fusion (Bild im Bild etc.), Auto-	MicroScan, Low Noise-Detektor,	Thermogramme bis 3,1 MP,	3 Jahre Garantie, Software	3 Jahre Garantie, Software	Preis/Leistung (Bildqualität,	Preis/Leistung (Bildqualität,
fokus, Software + Upgrades	alternativ mit 384x288 IR-Pixeln	Distanzmesser, altern. m. 640 x	inkl. Updates kostenlos	inkl. Updates kostenlos,	NETD etc.), kostenlose	Detektor etc.), kostenlose
kostenlos, sturzsicher bis 2 m		480 IR-Pixeln		Bluetooth, Touchscreen	Software, Schulungen	Software, Schulungen
7.995,-	ab 18.900,-	ab 35.000,-	4.990,-	5.990,-	ab 6.500,-	ab 11.950,-



Bau-/Elektrothermografie

MARKTÜBERSICHT
IR-PROFIKAMERAS

Anzeige von Meßwertüber- oder -unterschreitungen ebenso gesetzt wie Isothermen angezeigt werden, die alle Bildbereiche eines zuvor definierten Temperaturbereichs farblich hervorheben. Für bauphysikalische Untersuchungen, Sachverständigengutachten und Schadensanalysen unerlässlich ist die Anzeige der Oberflächenfeuchte. Aus den Werten für die Umgebungstemperatur und Luftfeuchte wird für jeden Meßpunkt die relative Oberflächenfeuchte ermittelt. Ein daraus generiertes Feuchtebild zeigt schimmelgefährdete Bereiche farbig an. Standard bei den meisten Kameras ist die Bild-im-Bild-Funktion oder die Überlagerung von Thermografie- und Realbild.

Damit lassen sich manchmal Sachverhalte anschaulicher darstellen und Problemstellen besser lokalisieren. Teilweise werden Wärmebild- und Visualbild-Daten nicht einfach überlagert, sondern in Echtzeit rechnerisch zusammengefügt (z.B. mit der MSX-Funktion von FLIR Systems), was für mehr Klarheit und Brillanz der Wärmebilder sorgen soll. Bei besonders

großen Objektausdehnungen kann eine in der Kamera integrierte Panorama-Funktion sehr nützlich sein.

Profikameras im Vergleich

Berücksichtigt wurden in der tabellarischen Übersicht Kameras mit einer Detektorauflösung von 320 x 240 bis 1.024 x 768 IR-Pixeln. In diesem mittleren und im oberen Preissegment ist die Kamera-Modellvielfalt inzwischen recht groß. Teilweise haben die Anbieter mehrere Modelle für Fortgeschrittene und Profis im Programm. Aus Platzgründen konnte jeder Anbieter maximal zwei Geräte seiner Wahl vorstellen – sofern vorhanden möglichst ein Standard- und ein High-End-Modell. Stichwort Anbieter: beim Kameravergleich sollte man auch ihn berücksichtigen: Ist er „nur“ Anbieter oder zugleich der Hersteller? Kalibriert er die Kamera auch? Ist er auf die IR-Thermografie spezialisiert? Zählen auch Gebäude-Energieberater zu seinen Kunden? Entscheidend für die Kamera sind die Bild- und Meßdaten: Neben der Detektorauflösung bestimmt die thermische Empfindlichkeit und die geometrische Auflösung die Qualität des Thermogramms. Letztere, auch IFOV-Wert genannt, ist abhängig vom aktuell eingesetzten Objektiv und definiert die kleinstmögliche Meßfleckgröße. Das ist jene Fläche auf dem Meßobjekt, die aus einem Meter Entfernung einer einzelnen Detektorzelle (s.o.) in einem Wärmebild zugeordnet werden kann. Multipliziert man den IFOV-Wert (mrad) mit der Objektentfernung (m) und einem Korrekturwert für die verwendete Optik, erhält man in mm die Meßfleckgröße. Sie entscheidet insbesondere bei kleinen Objektstrukturen bzw. bei großen Entfernungen (z.B. bei Schaltschränken oder Leiterplatten, respektive PV-Solarzellen oder Starkstromanlagen) darüber, wie genau gemessen werden kann. Das Seh- oder Bildfeld gibt in vertikaler und horizontaler Richtung den Erfassungsbereich der jeweiligen Optik an. Die Bildfrequenz sollte etwa um die 50 Hz (und höher) liegen und ist für die zeitliche Betrachtung thermischer Vorgänge wichtig. Wichtige Parameter bei der Messung sind, neben dem Spektralbereich (Standard: 7,5-14 µm), der erfaßte Temperaturbereich, der im Baubereich zwischen -20° und +100°C liegen sollte, sowie vor allem die thermische

Empfindlichkeit (NETD-Wert). Sie gibt die kleinste Temperaturdifferenz an, die vom Detektor erfaßt werden kann und liegt bei Profigeräten zwischen 0,03 und 0,05 Kelvin bei 30°C. Die Genauigkeit gibt die Meßabweichung; sie liegt etwa bei ±2% oder ±2°C. Damit man auch ein umfangreicheres Objekt ohne Akkuwechsel erfassen kann, sollten die Akkulaufzeiten zwischen 3 und 5 Stunden liegen. Anbieterangaben sind jedoch mit Vorsicht zu genießen, denn sie basieren häufig auf einem praxisfremden Nutzungsprofil. Deshalb sollte eine Lade-

RESOLUTION ENHANCEMENT:
SCHARF ODER SUPERSCHARF?

Je höher dabei die Detektorauflösung ist – d.h. je mehr Meßwerte das Wärmebild enthält – desto präziser ist die Messung und desto geringer ist die Gefahr von Meßfehlern. Die von Avio/NEC, Testo oder Jenoptik entwickelten Verfahren verbessern die nutzbare geometrische Auflösung des Wärmebilds gegenüber der nativen Detektorauflösung, sodaß beispielsweise beim MicroScan-Verfahren von InfraTec aus ursprünglichen 1.024 x 768 IR-Pixeln die 4-fache Pixelanzahl, nämlich 2.048 x 1.536 IR-Pixel generiert werden. Ermöglicht wird dies durch eine Kombination aus optomechanischem und rechnerischem Verfahren. Dabei werden keine Daten interpoliert, sondern echte Meßwerte generiert. Weitere Informationen: www.irpod.net, www.testo.de, www.infratec.de, www.luftdicht.de, www.thech.ch, usw.

standsanzeige vorhanden und ein geladener Ersatzakku immer in der Nähe sein. Die austauschbaren Lithium-Ionen-Akkus sollten möglichst kurze Ladezeiten aufweisen.

FAZIT

Auch die Profi-Liga wird erschwinglicher – statt Preisen bei Mittelklasse- und Profikameras vor einigen Jahren um rund 15.000 bzw. 40.000 Euro, sind Kameras mit 384 x 288-Detektor heute schon ab 2.500 (Trotec) und 640 x 480-Kameras schon ab 12.000 Euro bzw. 14.000 Euro (Testo, ebs ATuS) zu haben. Daß Abstriche gemacht werden müssen, z.B. Kunststoff-, statt Leichtmetallgehäuse, am nicht vorhandenen Sucher, einfacheren Optiken, Kabelanschlüssen, Kalibrierungsverfahren, einer kleineren Wechselobjektiv- und Zubehöerauswahl ist klar. Thermografie-Experten werden diese Abstriche an ihrem wichtigsten Arbeitswerkzeug kaum hinnehmen und den Mehrpreis für mehr Qualität und eine bessere Ausstattung akzeptieren. Aber Gelegenheitsnutzer freuen sich über mehr Bildscharfe für weniger Geld. <<<

TROTEC IC080LV	TROTEC ICX640P
TROTEC GmbH & Co. KG www.trotec.de	TROTEC GmbH & Co. KG www.trotec.de
384 x 288 / 24° x 21° / 1,1 mrad / 50/60 Hz	640 x 480 / 24° x 18° / 0,65 mrad / 50/60 Hz
7,5-14 µm / -20 bis +600°C / 0,05 K / ±2%	8-14 µm / -20 bis +600°C / 0,05 K / ±2%
■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ / vielfältige Bereichsdef. f. Min/Max-Temperatur
■ ■ ■ ■ ■ / 320 x 240 px / 3,5"	■ ■ ■ ■ ■ / 640 x 480 px / 5"
■ ■ ■ (2 GB, Mini SD)	Display abnehmbar
0,3 MP / ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ (4 GB, SD)
■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ LCD-Sucher (800x480)
2.0 / ■ ■ ■ ■ ■	2.0 / ■ ■ ■ ■ ■ / RS232
155 x 55 x 160 / 500 / 54 / Kunststoff	327 x 143 x 170 / 1.650 / 54 / Kunststoff
■ ■ ■ ■ ■ / ca. 2,5 h / 3 h	■ ■ ■ ■ ■ / ca. 2,5 h / 3 h
Standard-Camcorder-Akku	Standard-Camcorder-Akku
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
Preis-/Leistung, einfache und schnelle Bedienung, günstiger Standard-Akku	Preis-/Leistung, großes, abnehmba- res Display, günstiger Standard-Akku
2.520,-	10.923,-