



## Solartechnik Stiens setzt FLIR Wärmebildkameras für die Qualitätskontrolle seiner Solarmodule ein

'Wir haben mehrere Lieferanten verglichen, und FLIR war der Gewinner'

*Die Vorkommen fossiler Brennstoffe schwinden, die Preise für Kohle und Gas setzen zu neuen Höhenflügen an, und viele Menschen haben die Sonne als erneuerbare Energiequelle im Blick. Um sicher zu sein, dass die ausgelieferten Solarmodule optimale Leistungen erbringen, setzt Solartechnik Stiens eine Wärmebildkamera von FLIR für die Suche nach Fehlerstellen ein.*

*"Da Solarzellen Sonnenlicht in Strom umwandeln, erzeugen sie auch Wärme", erläutert Benjamin Kimpel, Servicetechniker bei Solartechnik Stiens. "Ineffiziente Zellen erzeugen jedoch viel mehr Wärme als die ordnungsgemäß arbeitenden Zellen und sind daher auf einem Wärmebild deutlich als heiße Stelle zu erkennen. Und genau danach suchen wir."*

Solartechnik Stiens ist ein relativ junges Unternehmen. Die Mitarbeiterzahl ist von zwei Angestellten bei der Firmengründung im Jahr 2004 auf derzeit 55 angestiegen. Auf dem Dach des Haupt-Bürogebäudes des Unternehmens in Kaufungen, das 2008 eingeweiht wurde, befindet sich eine Solaranlage mit 46 kWp Leistung. Die obere Hälfte des Gebäudes folgt ständig dem

Lauf der Sonne. Alle zehn Minuten bewegt sich die obere Etage des Bürogebäudes fast unmerklich. Von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang dreht es sich um 180° und richtet die Solarmodule während der Sonnenstunden auf die Sonne aus. Die Sonnenenergie wird auf diese Weise optimal genutzt.

Die FLIR T335 Wärmebildkamera: leicht, kompakt und einfach einsetzbar.



Benjamin Stiens, Servicetechniker bei Solartechnik Stiens.



Alle zehn Minuten bewegt sich die obere Etage des Bürogebäudes von Solartechnik Stiens in Kaufungen fast unmerklich, um die Solarmodule auf dem Dach nach der Sonne auszurichten.





Die FLIR T335 Wärmebildkamera ist mit mehreren unterschiedlichen Wechselobjektiven erhältlich.

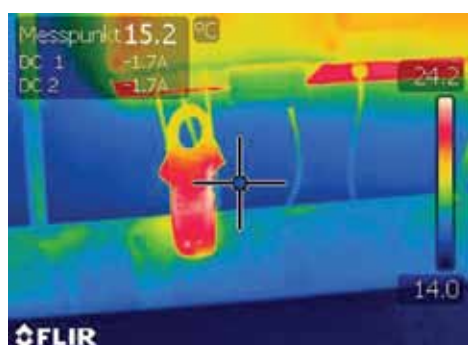
## FLIR T335 Wärmebildkamera: Die Benutzerfreundlichkeit ist entscheidend.

Damit keine defekten Solarmodule an die Kunden geliefert werden, hat Solartechnik Stiens eine FLIR T335 Wärmebildkamera erworben, mit der die PV-Module vor der Auslieferung überprüft werden. Wie alle Wärmebildkameras der T-Serie von FLIR ist die T335 sehr praxisorientiert aufgebaut. Die mobilen Wärmebildkameras der T-Serie von FLIR setzen neue Maßstäbe bei Ergonomie, Benutzerfreundlichkeit und Gewicht. Benutzerfreundlichkeit ist entscheidend: Die Ingenieure von FLIR Systems haben die Rückmeldungen der Anwender im Hinblick auf Komfort und Deutlichkeit in eine Reihe umfassender und innovativer Leistungsmerkmale einfließen lassen.

Die FLIR T335 Wärmebildkamera besitzt einen ungekühlten Mikrobolometer-Detektor, der klare Wärmebilder mit einer



Diese Wechselrichter wandeln den Gleichstrom der Solarmodule in Wechselstrom um.



Mit der FLIR MeterLink-Technologie lassen sich die vom Zangenmessgerät erfassten Messdaten via Bluetooth übertragen und mit dem Wärmebild verknüpfen.

Auflösung von 320 x 240 Pixeln liefert. Er kann Temperaturen exakt in einem Bereich von -20 °C bis +650 °C bei einer thermischen Genauigkeit von unter 50 mK messen. "Die Qualität der Bilder, die die FLIR T335 Wärmebildkamera liefert, ist erstaunlich, noch wichtiger für unsere Anwendung ist jedoch das praktische Design", betont Benjamin Kimpel. "Vor allem die Tatsache, dass sie extrem leicht ist und eine neigbare Objektiveneinheit besitzt, macht sie zum idealen Werkzeug für Inspektionen vor Ort, wenn es darum geht, bereits installierte Solarmodule auf Fehler zu untersuchen."

## Ineffiziente Solarzellen

"Wärmebildkameras eignen sich optimal für die Überprüfung von PV-Modulen auf defekte Zellen", erläutert Servicetechniker Kimpel. "Wenn eine Solarzelle weniger Strom erzeugt, erwärmt sie sich normalerweise stärker als die anderen Zellen. Daher lassen sich solche ineffizienten Zellen problemlos mit einer Wärmebildkamera lokalisieren."

Die Ursache für die Leistungsschwäche von Solarzellen liegt in der Gleichförmigkeit des verwendeten Halbleitermaterials. Bei den meisten PV-Modulen ist dieser Halbleiter Silizium. Die multikristallinen Silizium-Wafer, die in den meisten Solarzellen eingesetzt werden, können bereits während des Produktionsprozesses oder auch später sehr anfällig für die Ausbildung dieser Ungleichförmigkeiten sein. Wenn in einer Solarzelle eine höhere Konzentration dieser Ungleichförmigkeiten auftritt, produziert sie weniger Strom und mehr Wärme als andere Zellen und schraubt damit die Leistung des gesamten PV-Moduls nach unten.

## Defekte können ein ganzes Modul wertlos machen

Für die Umwandlung in Wechselstrom ist eine bestimmte Menge von elektrischem Strom erforderlich. Wenn ineffiziente Zellen nun die Stromerzeugung des gesamten Moduls unter diesen kritischen Schwellwert drücken, kann das ganze Modul dadurch völlig wertlos werden.

Es gibt jedoch noch viele andere Ursachen für schwache Leistungen von Solarmodulen wie gerissene Zellen, Glasbruch, Eindringen von Wasser, unterbrochene Lötkontakte, defekte Zellstränge, defekte Bypass-Dioden, Ablösung des Halbleitermaterials, defekte Steckverbinder, um nur einige zu nennen. Welches Problem auch vorliegen mag, Wärmebildkameras unterstützen den Bediener dabei, den Defekt zu lokalisieren und geben oft auch Hinweise auf die Ursache. In allen möglichen Fällen kann eine Wärmebildkamera eine wichtige Rolle beim Detektieren des Fehlers spielen.

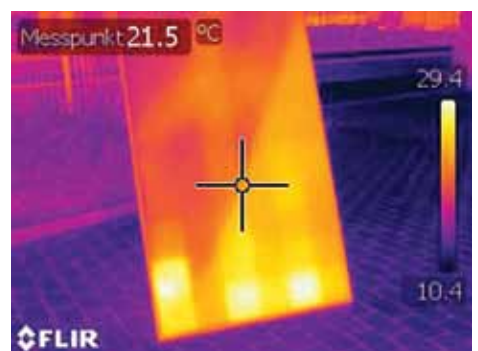


Diese auf Masten montierten Solarmodule lassen sich von hinten untersuchen, um Reflexionen zu minimieren.

## Erkennen von Defekten

"Wir wollen verhindern, dass bei unseren Kunden defekte Solarmodule ankommen", erläutert Benjamin Kimpel. "Außerdem möchten wir auch nach der Installation ihre Leistung überwachen können." Für die Erkennung dieser Defekte sind effiziente, kostengünstige Test- und Messverfahren erforderlich, die aussagekräftige Werte zur Leistung und zur elektronischen Struktur einer Zelle liefern. "Wir haben mehrere unterschiedliche Lieferanten zu einer Vorführung ihrer Wärmebildkameras eingeladen. Dabei stellte sich heraus, dass FLIR das am besten für unsere Anwendung geeignete Produkt hat. Wir haben einen Testaufbau mit einem in Betrieb befindlichen Solarmodul eingerichtet und wollten wissen, welche Wärmebildkamera die heiße Stelle als erste detektiert."

Bei diesem Test erklärten der FLIR Vertriebsmanager Michael Mende und Stefan Töpfer vom FLIR Vertriebspartner



Ein Test mit einem Solarmodul auf dem Parkplatz von Solartechnik Stiens zeigt, dass die heißen Stellen sogar von vorne mühelos auf dem Wärmebild zu erkennen sind.

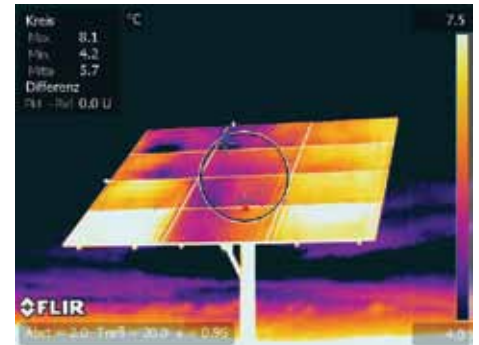




Empfohlener (grün) bzw. ungünstiger (rot) Betrachtungswinkel bei thermografischen Untersuchungen.



Die heißen Stellen auf diesem Wärmebild, das von der Vorderseite des Solarmoduls aufgenommen wurde, könnten ein Anzeichen dafür sein, dass eine Vielzahl von Zellen ineffizient arbeitet.



viZaar AG in Albstadt die neue FLIR T335 Wärmebildkamera dem Servicetechniker Benjamin Kimpel. "Die FLIR T335 verbindet nicht nur ergonomisches Design mit hervorragender Bildqualität, sie erzielte auch das beste Ergebnis in unserem Vergleichstest, da sie die heiße Stelle lange vor den anderen Wärmebildkameras lokalisierte. Daher entschieden wir uns klar für die FLIR T335."

### Der richtige Betrachtungswinkel

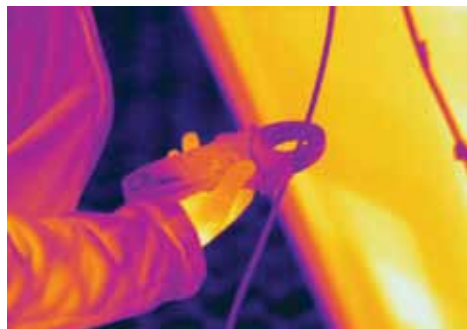
Benjamin Kimpel überzeugt die FLIR T335 aber nicht nur wegen der Kameraqualität, des ergonomischen Designs und ihrer praxisorientierten Funktionen: "Die Schulung, die wir von FLIR Systems erhalten, ist ebenso wichtig", betont Servicetechniker Kimpel. Obwohl alle FLIR Wärmebildkameras so konzipiert sind, dass ihre Bedienung kinderleicht ist, beinhaltet Wärmebildtechnik weitaus mehr als nur das Wissen, wie

die Kamera gehandhabt wird. "Wenn Solarmodule mit der Wärmebildkamera von vorne untersucht werden, muss man sehr darauf achten, nicht aufgrund von Reflexionen falsche Schlussfolgerungen zu ziehen."

Nach Angaben von FLIR Vertriebsmanager Michael Mendes sollte der Betrachtungswinkel sorgfältig gewählt werden, so dass eine Fehlinterpretation der Wärmebilder ausgeschlossen ist. Dazu könnte es nämlich durch die von umliegenden Objekten abgestrahlte Wärme kommen, welche im Glas reflektiert wird. "Das beste Ergebnis würde bei rechtwinkliger Ausrichtung der Wärmebildkamera zum Solarmodul erzielt, denn der Emissionsgrad ist dann am höchsten und nimmt mit größer werdendem Winkel ab. In diesem Fall könnten jedoch die Reflexionen der Kamera und der Bediener selbst im Wärmebild zu sehen sein. Daher stellt ein Betrachtungswinkel von 5 bis 60° (wobei 0° rechtwinklig ist) einen guten Kompromiss dar."



Die Untersuchung von der Rückseite zeigt keine heißen Stellen; die heißen Stellen in dem vorhergehenden Wärmebild, das von vorne aufgenommen wurde, waren durch Reflexionen bedingt.



Die vom Modul produzierte Strommenge kann recht einfach mit dem Zangenmessgerät ermittelt werden. Die Messdaten werden mithilfe der FLIR MeterLink-Technologie mit dem Wärmebild verknüpft.

Eine noch bessere Lösung für dieses Problem ist es nach Michael Mende natürlich, Reflexionen generell zu vermeiden ...

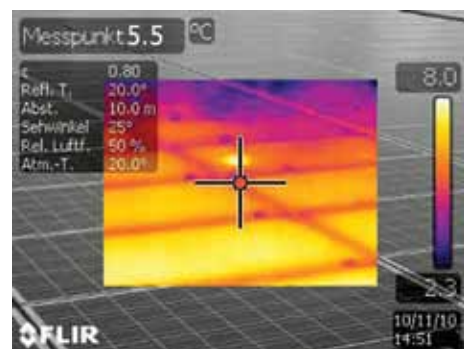
### Aufnahmen von der anderen Seite

Der optimale Ansatz zur Lösung dieses Problems ist die generelle Vermeidung von Reflexionen. "Bei Solarmodulen, die auf einem Dach installiert sind, ist dies nicht immer möglich, aber bei den Modulen

auf dem Parkplatz von Solartechnik Stiens, die auf Masten montiert sind, können Aufnahmen mit einer Wärmebildkamera von der Rückseite des PV-Moduls gemacht werden. Die Rückseite des Moduls reflektiert die Wärmestrahlung nicht so stark, daher lässt sich die Temperatur des PV-Moduls exakter messen."

### MeterLink

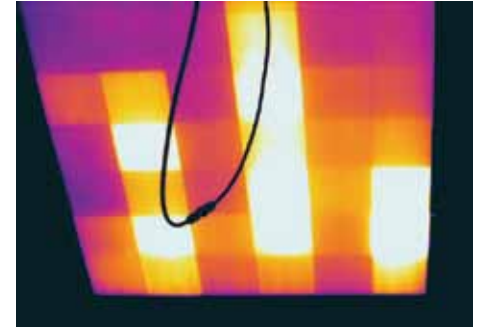
Zusammen mit der FLIR T335



Mittels der Bild-im-Bild-Funktion kann der Bediener das Wärmebild direkt über das entsprechende Realbild legen. Er kann per Tastendruck Wärmebilder einfach innerhalb des Realbilds bewegen sowie ihre Größe und Form verändern.



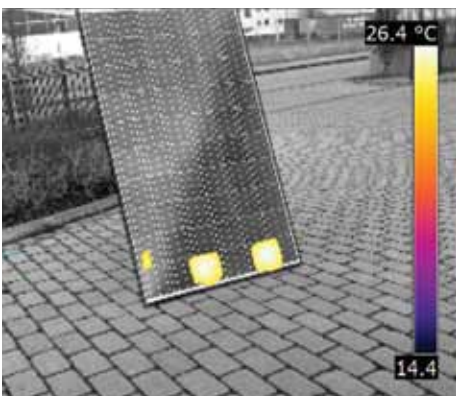
Die mobilen Wärmebildkameras der T-Serie von FLIR setzen neue Maßstäbe bei Ergonomie, Benutzerfreundlichkeit und Gewicht.



Diese von der Rückseite desselben Solarmoduls aufgenommenen Bilder zeigen deutlich weniger Reflexionen als die Aufnahmen von vorne und lassen dadurch wesentlich exaktere Temperaturmessungen zu.



Diese heißen Stellen scheinen auf ineffiziente Solarzellen hinzuweisen, eine nähere Untersuchung zeigt jedoch, dass mehrere dieser Stellen durch die reflektierte Wärme der vor dem Modul stehenden Personen entstanden sind.



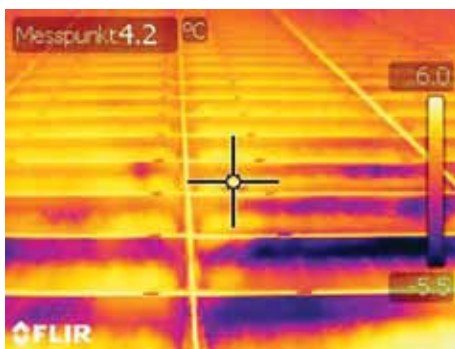
In dieser Thermal Fusion Aufnahme werden nur die heißen Stellen auf dem Wärmebild gezeigt.

Wärmebildkamera hat Solartechnik Stiens auch ein Extech-Zangenmessgerät erworben, da dieses über eine MeterLink-Verbindung mit der FLIR T335 verbunden werden kann. Die FLIR MeterLink-Technologie vereinfacht die Arbeit bei elektrischen oder Gebäudeinspektionen, denn mit ihrer Hilfe lassen sich die Messdaten des Zangenmessgeräts via Bluetooth an die FLIR Wärmebildkamera übertragen. Das spart Zeit und beseitigt das Risiko fehlerhafter Aufzeichnungen oder Notizen. "Bevor wir die FLIR T335 Wärmebildkamera via MeterLink mit der Stromzange verbinden konnten, mussten wir die abgelesenen Messwerte von Hand in einem Heft notieren. Mit FLIR MeterLink fließt diese Information automatisch in unseren Bericht ein."

## Fusion und Bild-im-Bild

Eine weitere nützliche Funktion der FLIR T335 Wärmebildkamera ist die Möglichkeit, ein Tageslichtbild mit einem Wärmebild zu kombinieren. Die FLIR T335 bietet dazu zwei verschiedene Verfahren: Thermal Fusion und Bild-im-Bild.

Mit diesen beiden Funktionen der FLIR T335 lassen sich problemlos aussagekräftige Berichte erstellen und Bilder von möglichen Defekten an Kollegen oder Kunden weiterleiten. Mittels der Bild-im-Bild-Funktion kann der Bediener das Wärmebild direkt über das entsprechende Tageslichtbild legen, das mit der in die T335 integrierten 3,1 Megapixel Digitalkamera aufgenommen wurde. Diese Funktion kombiniert per Knopfdruck die Vorteile des Infrarotbilds mit denen des Realbilds. Der Bediener kann Wärmebilder einfach innerhalb des Tageslichtbilds bewegen sowie ihre Größe und Form verändern.



Dieses Wärmebild zeigt deutlich, dass Reflexionen bei der Inspektion von Solarmodulen ein Problem darstellen können: Die Wärmebildkamera nimmt das reflektierte Wärmebild der Wolke auf, anstatt die Temperatur des Moduls zu messen.

Bei der FLIR Fusion-Technologie geht die Integration von Tageslichtbild und Wärmebild noch einen Schritt weiter. Mit ihr lassen sich bestimmte Temperaturbereiche des Wärmebilds über das Realbild legen, beispielsweise so, dass nur die heißen Stellen angezeigt werden.

"Die Bild-im-Bild-Funktion und Thermal Fusion sind sehr nützlich, um Kollegen oder Kunden schnell zu zeigen, wo sich ineffiziente Solarzellen befinden. Denn manche Leute haben Schwierigkeiten zu erkennen, welchen Teil des Solarmoduls sie betrachten, wenn man ihnen nur ein Wärmebild vorlegt."

## FLIR QuickReport

Für die Berichterstellung setzt Servicetechniker Kimpel FLIR QuickReport ein. "Eine total einfache und intuitiv zu bedienende Software", bestätigt uns Benjamin Kimpel. Mit FLIR QuickReport können Anwender die von ihren Infrarotkameras aufgenommenen radiometrischen Bilder in nur drei einfachen Schritten organisieren, analysieren und in einem Bericht darstellen.

Über die Software kann der Anwender nicht nur die Farbpalette und den Temperaturkontrast ändern, um kleinste Details besser herauszuarbeiten. Sie übernimmt auch die Messwerte, die das Extech-Zangenmessgerät via MeterLink an die Kamera übertragen hat, in den Bericht.

"Mit der FLIR T335 können wir definitiv gewährleisten, dass alle unsere Solarmodule die strengen Qualitätskriterien einhalten, für die Solartechnik Stiens bekannt ist", betont Benjamin Kimpel abschließend.



**viZaar industrial imaging AG**  
 Hechinger Straße 152  
 D-72461 Albstadt  
 Fon: 0 74 32 / 98 37 5-0  
 Fax: 0 74 32 / 98 37 5-50  
 info@thermografie-xtra.de  
 www.thermografie-xtra.de