

Wir messen es.



**Praxisratgeber
Thermografie für
Photovoltaik-Anlagen.**

Einleitung.

Noch vor wenigen Jahren eilte die Solarstrombranche von einem Wachstumsrekord zum nächsten. Heute ist die Branche geprägt durch eine harte Konsolidierungsphase mit Überkapazitäten und einem massiven Preisverfall. In Verbindung mit dem Wegfall staatlicher Fördergelder sind deutlich weniger installierte Kilowattstunden zu verzeichnen und somit geringer gefüllte Auftragsbücher in der Solarstrombranche. Photovoltaik-Anlagen sind als Beitrag

zur Energiewende und zum nachhaltigen Umgang mit Ressourcen jedoch nicht wegzudenken. Weiterhin werden kleinere und größere Photovoltaik-Anlagen in Deutschland installiert. Nach der Boomphase gewinnt vor allem die Wartung bereits installierter Anlagen an Bedeutung. Dieser Praxisratgeber zeigt Ihnen, wie Thermografie Sie bei der Inbetriebnahme, der Dokumentation und im Wartungsfall unterstützt und gibt hilfreiche Tipps und Tricks für den Einsatz einer Wärmebildkamera.



Inhaltsverzeichnis:

Motivation und Gründe für den Einsatz der Thermografie.	4
Fehlerbilder und Ursachen.	7
Tipps & Tricks zur Messung und Fehlervermeidung.	11
Wie sieht die ideale Wärmebildkamera aus?	14
Testo Wärmebildkameras für Photovoltaik.	17
Weiterbildungen.	18
Fazit.	19

Motivation und Gründe für den Einsatz der Thermografie.

Mangelnde Qualität auf „deutschen“ Märkten. In einem Beitrag des Magazins Focus berichtete der TÜV Rheinland bereits letztes Jahr über die mangelhafte Qualität von installierten Solaranlagen auf „deutschen“ Dächern. Im Rahmen des Erneuerbaren Energien Gesetzes waren die Auftragsbücher prall gefüllt und die Solarteure kamen den Aufträgen kaum hinterher. Dies hatte zur Folge, dass nicht nur gut ausgebildete Handwerksunternehmen Aufträge abgearbeitet haben. Viele Quereinsteiger und wenig qualifizierte Fachkräfte halfen den riesigen Bedarf zu decken. Die Konsequenzen sind heutzutage noch zu spüren: Verarbei-

tungsfehler, schlechte Energie-Erträge der Anlagen bis hin zu Sicherheits- und Brandrisiken. Das Nachsehen hat zunächst der Endverbraucher. Eine qualitativ minderwertige Umsetzung fällt aber letztendlich auch auf das ausführende Unternehmen zurück (beispielsweise Regressansprüche)¹.

Ertragsverluste bei Kunden vermeiden. Basis einer neuen Photovoltaik-Anlage ist eine umfangreiche und detaillierte Ertrags- und Investitionsanalyse. Ertragsrechnungen werden dabei auf bis zu 20 Jahre berechnet. Diese Berechnungen beinhalten allerdings keine Leistungsverluste aufgrund schlecht ausgeführter Anlagen. Mit dem Einsatz der Thermografie kann man bereits bei der Inbetriebnahme eine Abnahmedokumentation erstellen und die ordnungsgemäße Installation nachweisen. So gibt es keine Überraschungen für den Endverbraucher und die Qualität ist nachweisbar. Um nachhaltig den Ertrag sicherzustellen, sind weitere regelmäßige Überprüfungen wichtig,

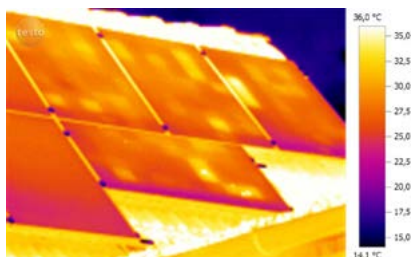


Abb. 1: Thermische Auffälligkeiten deuten auf einen möglichen Verlust des Stromertrags hin.

¹: Vgl. Fehling, Jonas: „TÜV warnt vor Solarschrott auf Deutschlands Dächern“, unter: http://www.focus.de/immobilien/energiesparen/solarenergie/tid-31367/mehr-schrott-auf-deutschlands-daechern-tuev-tadelt-maengel-bei-solaranlagen-qualitaet_aid_996363.html (abgerufen am 16.04.2014).

da der Wirkungsgrad einer Solaranlage von der Temperatur abhängt. Wenn Module aufgrund Verschattungen, defekter Zellen oder Substrings wärmer werden, d. h. Strom verbrauchen und nicht erzeugen, fällt der Wirkungsgrad bereits um 0,5 % pro Kelvin. Eine Erwärmung um durchschnittlich 10 °C gegenüber der mittleren Normaltemperatur bedeutet bereits eine um 5 % geringere Stromausbeute.

Gerade angesichts der aktuellen Branchen-Situation sind Weiterempfehlungen ein wichtiges Marketinginstrument, um nach einem durchgeführten Auftrag weitere Kunden zu gewinnen. Denn nur ein zufriedener Kunde wird ein professionelles und vertrauenswürdiges Unternehmen weiterempfehlen.

Effiziente Zusatz- und Nachfolgegeschäfte. Nachdem es in den Boomjahren vornehmlich darum ging, so schnell wie möglich eine Photovoltaik-Anlage zu installieren, verweist u. a. der TÜV Rheinland darauf, Photovoltaik-Anlagen regelmäßig prüfen und warten zu lassen. Wartungsverträge können im klassischen After-Sales-Geschäft eine weitere Einnahmequelle bilden. Der Einsatz von Thermografie ermöglicht es,

effiziente, wettbewerbsfähige Wartungsverträge anzubieten.

Qualitätssicherung und Garantie.

Mit dem Einsatz von Thermografie lässt sich überprüfen, ob die Qualität der Modulzellen den Anforderungen entspricht. Durch die richtige Kombination einzelner Module werden sogenannte Mismatches vermieden, in denen die leistungsfähigen Module durch „schlechtere“ Module ausgebremst werden.

Mit einer Untersuchung vor Ablauf der Garantiefristen können eventuelle Garantieansprüche gegenüber Lieferanten rechtzeitig geltend gemacht werden.

Brandschutz. Der Brandschutz spielt eine immer wichtigere Rolle. Zwar werden moderne Wechselrichter und elektrische Komponenten immer leistungsfähiger (hoher Wirkungsgrad), doch auch die dadurch entstehende hohe Abwärme muss berücksichtigt werden. Falsch montierte oder schlecht gekühlte Elektrokomponenten können schnell zu einer Brandgefahr führen, insbesondere, wenn der Untergrund aus brennbarem Material besteht. Elektrokomponenten sind aufgrund der Witterung und UV-Strahlung einer schnelleren Alterung ausgesetzt. Korrodierte oder lose

Elektrokabel weisen thermische Auffälligkeiten auf, die mit einer Wärmebildkamera sichtbar gemacht werden können.

Vorteil Zeitersparnis. Thermografie ist ein berührungsloses, optisches Messverfahren. Innerhalb kürzester Zeit können großflächig Solarmodule „abgescannt“ werden. Thermische Auffälligkeiten bzw. Temperaturunterschiede an Modulen werden sofort sichtbar und dienen als erster Indikator möglicher Fehler. Wurden früher alle Modulstränge einzeln vermessen, kann man sich mittels Thermografie für die weiteren Messungen (z. B. mit einem Kennlinienmessgerät) nun auf die thermisch auffälligen Module und Zellen konzentrieren.

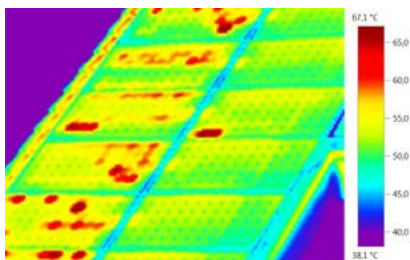


Abb. 2: Defekte Module nach einem Gewitter mit Blitzzeinschlag.

Vorteil Versicherungsschutz.

Bislang waren defekte Bypassdioden nach Gewittern nur schwer zu lokalisieren. Thermografie stellt ein einfaches und schnelles Werkzeug zum Aufdecken solcher Schäden dar. Die Kosten zur Defekt-Behebung werden i. d. R. von Versicherungen übernommen.

Vorteil Personenschutz.

Photovoltaik-Anlagen stehen bei Tageslicht grundsätzlich unter Spannung. Bei modernen Modulsträngen sind Spannungen bis 1.000 V nicht selten. Dies stellt eine erhebliche Stromschlaggefahr für Personen dar. Die Erstellung von Wärmebildern erfolgt jedoch stets mit dem nötigen Abstand zum Messobjekt. So können die Vorgaben für Sicherheitsabstände problemlos eingehalten werden.

Fehlerbilder und Ursachen.

Auf der Suche nach dem Hotspot.

Verschattete oder defekte Modulzellen bilden einen internen elektrischen Widerstand. Dadurch wird die Modulzelle von einem Stromerzeuger zu einem Stromverbraucher, was wiederum zu einer unerwünschten Erwärmung („Hotspot“) führt. Die Zelle kann sich dabei so stark erhitzen, dass nicht nur die Zelle selbst geschädigt wird, sondern auch das Einkapselungsmaterial (EVA) und die Rückseitenfolie (TPT). Bypassdioden sollen diesen Effekt unterbinden. Defekte Bypassdioden oder nicht ansprechende Bypassdioden (bei geringer Verschattung) führen weiterhin zu unkontrollierbaren Hotspots. Wenn in der Planungsphase Verschattungen (z. B. durch Hochspannungsanlagen oder Bäume) nicht berücksichtigt wurden, stehen die Modulzellen und Bypassdioden unter einer jahrelangen Dauerbelastung. Im Wesentlichen gibt es zwei Konsequenzen von Hotspots:

- Der Stromertrag sinkt, da einzelne Zellen oder ganze Module Strom verbrauchen statt erzeugen.
- Durch die ungewollte Stromerzeugung erwärmen sich die Zellen und Module. Neben der Beschädigung der

Einzelzellen und der weiteren Senkung des Stromertrags kann dies zu einer konkreten Brandgefahr führen.

Generell lassen sich Störungen im Betrieb von Photovoltaik-Anlagen ab einer Sonneneinstrahlung von ca. 600 W/m^2 durch auffällige Veränderungen der thermischen Eigenschaften mit einer Wärmebildkamera schnell diagnostizieren. Derartige Veränderungen entstehen zum Beispiel durch:

- Defekte Bypassdioden
- Kontaktfehler und Kurzschlüsse in Solarzellen
- Eindringene Feuchtigkeit, Verschmutzungen
- Risse in Zellen oder im Modulglas
- Im Leerlauf befindliche und nicht angeschlossene Module
- Sog. Mismatches, d. h. Leistungsverlust durch unterschiedliches Leistungsvermögen einzelner Module
- Fehlerhafte Verkabelungen und lockere Kontaktstellen
- Alterungs- und Belastungserscheinungen.

Fehlerbilder an Zellen und Modulen.

Das Infrarotbild
(Abbildung 3)
zeigt typische
unterschiedliche

Fehlerbilder
bei defekten

Einzelzellen und Substrings. Die im Bild
sichtbaren Anschlussdosen weisen
eine sichtbare Erwärmung auf. Dies
muss nicht zwingend auf einen Fehler
hindeuten. Anschlussdosen können
aber überhitzen, so dass eine Prüfung
der Temperaturentwicklung bei Bedarf
notwendig ist.

Es kommt nicht selten vor, dass
Module im Leerlauf sind. Ursache
hierfür können falsch angeschlossene
Module oder durchgescheuerte bzw.
durchgebissene Kabel sein. Dies macht
sich durch ein gleichmäßig wärmeres
Infrarotbild im Vergleich zu den anderen
Modulen im Infrarotbild bemerkbar.

Aufgrund äußerer Einflüsse oder min-
derwertiger Qualität kann sich das EVA
als Schutzschicht lösen. Eindringende
Feuchtigkeit kann zur Zellkorrosion und
somit zu einem Leistungsverlust führen.
Mit einer Wärmebildkamera kann man
dies erkennen, bevor die Schichten
sichtbar „milchig“ werden.

Mikrorisse und Zellbrüche können
bereits beim Transport und bei der

defekter Substring

defekte Einzelzelle

Anschlussdosen

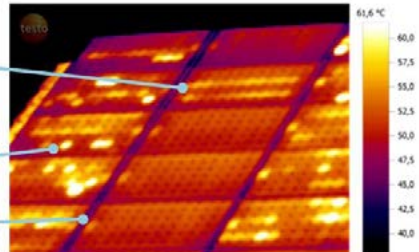


Abb. 3: Typische Fehlerbilder defekter Zellen und Substrings.



Abb. 4: Modul im Leerlauf.

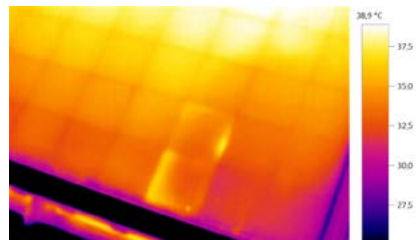


Abb. 5: Delamination an zwei Zellen.

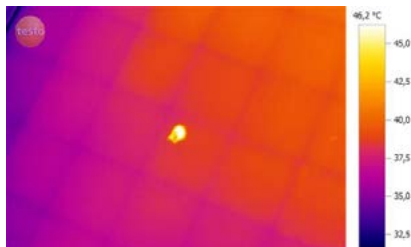


Abb. 6: Zellbruch an einer Zelle.

Montage entstehen. Auch mechanische
äußere Einflüsse können die Ursache

hierfür sein. Während Mikrorisse noch unkritisch sind, können Zellbrüche leistungsmindernd wirken.

Übersicht Fehlerbilder und Ursachen.

In der nachfolgenden Abbildung sind typische Fehlerbilder und deren mögliche Ursachen schematisch aufgelistet.

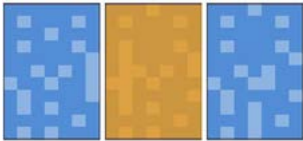
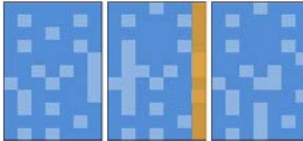
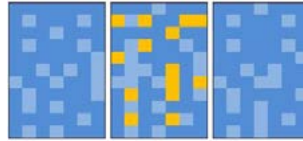
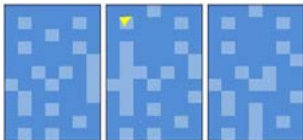
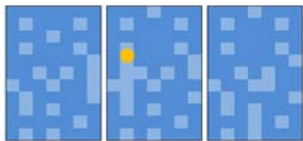
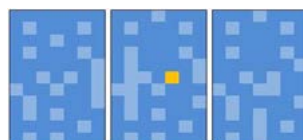
Infrarotbild	Beschreibung	Mögliche Fehler	Mögliche Ursache
	Gleichmäßige Erwärmung eines Moduls im Vergleich zu den anderen.	Modul befindet sich im Leerlauf.	Modul nicht angeschlossen, Kabel durchgebissen oder gebrochen.
	Das Modul zeigt eine zeilenhafte Erwärmung eines Strangs.	Kurzschluss eines Zellenstrangs.	Defekte Bypassdioden z. B. nach einem Gewitter
	„Patchworkmuster“ bei dem einzelne Zellen zufällig verteilt und deutlich wärmer sind.	Komplettes Modul im Kurzschluss.	Falsch angeschlossen oder alle Bypassdioden defekt.
	Nur ein Teil einer Zelle ist deutlich wärmer.	Zellbruch.	Transport - bzw. Montageschaden oder andere äußere mechanische Einwirkung.
	Punktförmige oder ungleichmäßige Erwärmung.	Zellriss oder Artefaktbildung.	Fabrikationsfehler bei Zellriss. Abschattung aufgrund z. B. Verschmutzung (Vogelkot,...).
	Erwärmung einer einzelnen Zelle.	Nicht zwingend Fehler.	Abschattung oder defekte Zelle.

Abb. 7: Schematische Darstellung der Infrarotbilder und mögliche Ursachen.

Überprüfung elektrischer und mechanischer Komponenten. Neben den einzelnen Zellen und Modulen können auch elektrische Komponenten mittels Thermografie überprüft werden. Korrosion an elektrischen Leitern, Verbindern oder lose Kabel führen zu elektrischen Übergangswiderständen, welche sich durch eine deutliche Temperaturerhöhung bemerkbar machen. So können neben den stromerzeugenden Modulen auch elektrische Komponenten überprüft werden:

- Korrodierte Kontaktstellen und Steckverbinder
- Wechselrichter
- Lose Kontaktstellen
- Überhitzte Anschlussdosen

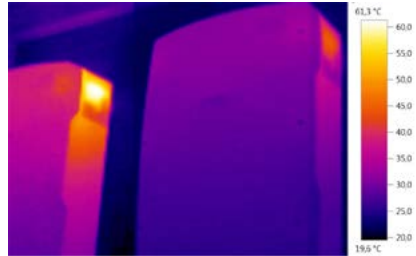


Abb. 8: Linker Wechselrichter ist deutlich wärmer.

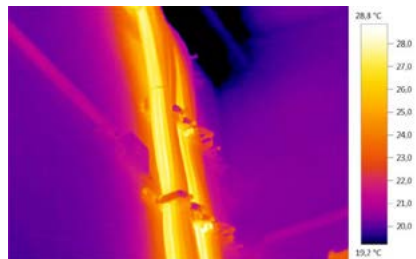


Abb. 9: Gleichstromkabel ohne kritische Erwärmung.

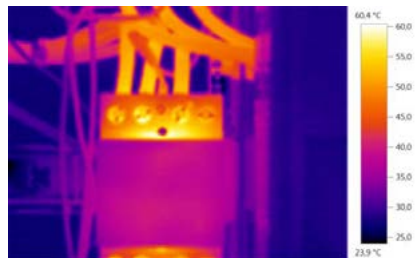


Abb. 10: Deutliche Erwärmung an elektrischen Anschlüssen.

Tipps & Tricks zur Messung und Fehlervermeidung.

Meteorologische Voraussetzung.

Die Prüfung sollte an möglichst wolkenfreien, trockenen Tagen mit intensiver Sonneneinstrahlung erfolgen (ca. 600 W/m^2). Eine direkte Sonneneinstrahlung bringt die Solarpanels auf volle Leistung, schadhafte Solarzellen treten aufgrund von Überlastung oder Ausfall auf dem Infrarotbild wärmer hervor als die restlichen Zellen. Eine Einstrahlung von etwa 600 W/m^2 gilt als Orientierungswert. Ändert sich die Sonneneinstrahlung während der Messung beispielsweise durch Bewölkung, so ist die Infrarotaufnahme nicht mehr verwendbar. Um möglichst hohe und somit gut detektierbare Temperaturgradienten zu erreichen, empfiehlt es sich, die Messung bei geringen Außentemperaturen durchzuführen (z. B. morgens oder abends). Eventuell muss

auch die kühlende Wirkung auf Panels durch Windzug berücksichtigt werden.

Korrekte Ausrichtung. Bei der thermografischen Messung ist die Ausrichtung der Kamera zum PV-Modul entscheidend. Abgestrahlte Energie ist richtungsabhängig, d. h. bei der IR-Temperaturmessung sollte die Ausrichtung der Kamera zur Moduloberfläche $60 - 90^\circ \text{C}$ betragen. Das PV-Modul sollte möglichst senkrecht zur Einstrahlrichtung der Sonne ausgerichtet werden.

Winkelabhängige Messfehler führen beispielsweise zur Suggestion von Temperaturunterschieden und verfälschen den Reflexionen. Darüber hinaus ist zu beachten, dass das Messbild nicht durch Reflexionen wie beispielsweise der Kamera selbst, des Messtechnikers, der Sonne oder naher Gebäude beeinträchtigt wird. Auch reflektierte Strahlung wird von der Kamera detektiert. Reflexionen lassen sich durch Veränderungen im Blickwinkel erkennen, da sich diese mitbewegen.

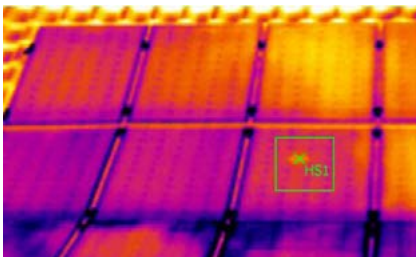


Abb.11: Wolkenreflexionen sind sichtbar.



Abb. 12: Korrekte Ausrichtung zur Messung eines Moduls.

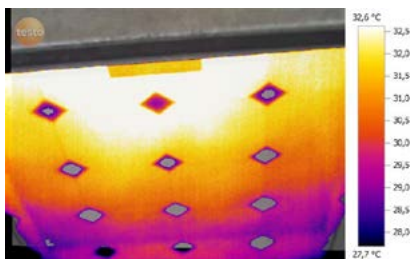


Abb. 13: Aufnahme eines Moduls von hinten.

Bei aufgeständerten Solarmodulen kann auch von hinten thermografiert werden, da Reflexionen nahezu ausgeschlossen werden können und ein höherer Emissionsgrad erreicht wird. Der Wärmeübergang reicht aus, um auch auf der Rückseite Temperaturverteilungen gut beurteilen zu können. So werden Fehlmessungen und Fehlinterpretationen vermieden.

Interpretation und Auswertung. Bei der Interpretation und Auswertung der Thermogramme ist Erfahrung erforderlich, da auch Module, die starke

Temperaturabweichungen aufweisen, nicht grundsätzlich defekt sein müssen. So können beispielsweise auffällige Wärmebilder auf partielle Abschattungen durch Verschmutzung hinweisen. Zugleich muss eine einzelne beschädigte Zelle nicht unbedingt zu einem Leistungsverlust des gesamten Panels führen. Erst der Ausfall ganzer Teilbereiche des Panels hat größere Leistungseinbußen zur Folge. Zusätzliche Untersuchungen wie eine Sichtprüfung, eine Kennlinien- oder eine Elektrolumineszenzmessung sind daher notwendig, um die vermeintliche Fehlerursache zu lokalisieren. Sehr vorsichtig zu interpretieren sind auf den Thermogrammen dargestellte Absoluttemperaturen. Spiegelungen der kalten Himmelsstrahlung können beispielsweise zu Fehlinterpretationen führen – klarer, blauer Sommerhimmel strahlt mit bis zu -25 °C . Hier empfiehlt es sich, mit ΔT -Werten zu arbeiten und besonders auf extreme Temperaturdifferenzen innerhalb eines Panels oder im Vergleich zum Nachbar-Panel zu achten.

Hotspots müssen nicht zwingend auf eine defekte Zelle hindeuten.

Nicht jeder thermische Hotspot muss auf einen Fehler in einer Solarzelle hinweisen. So können z. B. Aufstände-rungen und Anschlussdosen aufgrund des Wärmeübergangs an der Modul-oberfläche sichtbar werden.

Module mit starken Abweichungen sind nicht grundsätzlich defekt, eventuell sind sie nur verschmutzt und sollten gereinigt werden.

Level und Span. Die Einstellung des sogenannten Levels und Spans sind für das Erkennen von Fehlern enorm wichtig. Wärmebildkameras erkennen in ihrem Automatikmodus den wärms-ten und kältesten Punkt und passen die Farbabstufung über den gesamten Bereich an. Dies bedeutet, dass auf-grund einer weiten Spreizung relevante Temperaturunterschiede untergehen können.

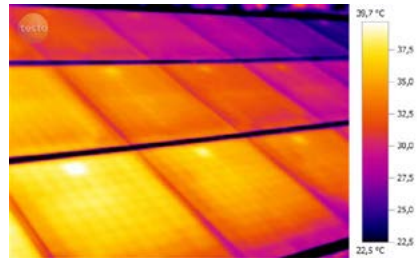


Abb. 14: Anschlussdosen auf der Rückseite sind sichtbar.

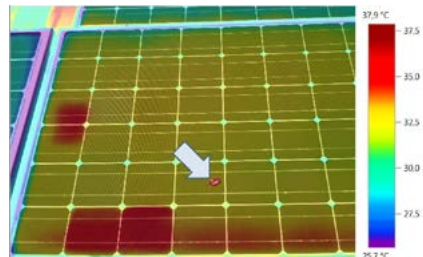


Abb. 15: Die Bildüberlagerung zeigt eine Verschmutzung durch Vogelkot am wärmsten Hotspot.

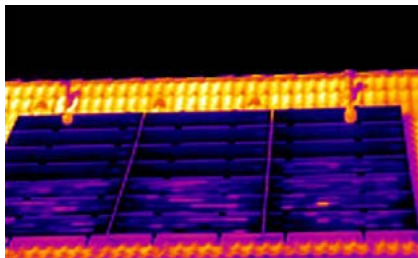
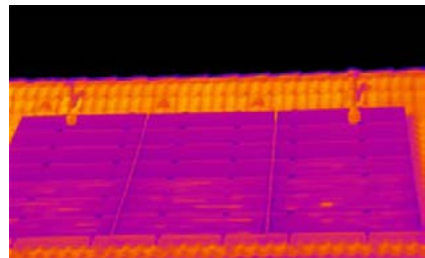


Abb. 16: Manuelle Einstellung.



Automatische Einstellung.

Wie sieht die ideale Wärmebildkamera aus?

Die Überprüfung von Photovoltaik-Anlagen mittels Thermografie stellt sehr hohe Anforderungen an den Einsatz einer Wärmebildkamera. Um eine Wärmebildkamera auszuwählen, die sich hierfür eignet, müssen mehrere Kriterien berücksichtigt werden:

- Infrarotauflösung des Detektors
- Thermische Auflösung (NETD)
- Wechselobjektive
- Kamerafunktionen
- Software

Infrarotauflösung bzw. geometrische Auflösung. Die geometrische Auflösung (angegeben in mrad) beschreibt die Möglichkeit einer Wärmebildkamera, aus einer gewissen Entfernung Objekte (z. B. einzelne defekte Modulzellen) zu erkennen. Da die geometrische Auflösung u. a. von der Infrarotauflösung des Detektors abhängig ist, sind bei großen Photovoltaik-Anlagen und bei Messungen aus großer Entfernung Infrarotauflösungen von mindestens 320 x 240 Pixel (76.800 Messpunkte) zu empfehlen. Bei der Überprüfung von kleinen Anlagen und bei Messungen aus geringer Entfernung können auch

Infrarotauflösungen ab 160 x 120 Pixel (19.200 Messwerte) ausreichend sein.

Thermische Auflösung (NETD).

Die thermische Auflösung beschreibt die Fähigkeit einer Wärmebildkamera, Temperaturunterschiede an einer Objektoberfläche erkennen zu können. Eine thermische Auflösung von z. B. 0,05 °C (oder 50 mK) bedeutet, dass die Wärmebildkamera diesen Unterschied erkennen und im Display über eine unterschiedliche Farbgebung abstufen kann. Je geringer die thermische Auflösung, desto besser das erzeugte Infrarotbild.

Wechselobjektive. Neben der Infrarotauflösung des Detektors beeinflusst auch der Öffnungswinkel des Objektivs die geometrische Auflösung. Um auch bei großen Anlagen, z. B. von einer Hebebühne aus, zeitsparend zu messen, sollten Teleobjektive austauschbar sein.



Kamerafunktionen. Ein Drehdisplay hilft bei der korrekten Ausrichtung der Wärmebildkamera (siehe Tipps und Tricks), um Messfehler zu vermeiden. Damit sind Überkopfaufnahmen möglich. Auch Messungen an der Rückseite von Modulen werden dadurch erleichtert. Die Wärmebildkamera kann in die gewünschte Position gedreht werden, ohne dass sich jemand auf den Boden legen muss.

Im sogenannten Solarmodus kann die Sonneneinstrahlung in W/m^2 mit jedem Bild gespeichert werden, um somit die zugehörige Umgebungsbedingung zu dokumentieren. Eine vollradiometrische Videomessung oder Loggingfunktion ermöglicht das Aufzeichnen von Videosequenzen. Bei diesem Aufnahmemodus werden einzelne aufgeständerte Bodenanlagenreihen mit einem Fahrzeug abgefahren, während die Wärmebildkamera Videosequenzen aufzeichnet. Die Aufnahmen werden im Anschluss zeitsparend am PC mittels Software ausgewertet. Bei großen Anlagen müssen nur die auffälligen Module weiter untersucht werden.

Software. Die Software ermöglicht die Optimierung sowie die Analyse und gewährleistet, dass die Befunde in den Bildern eindeutig dargestellt und

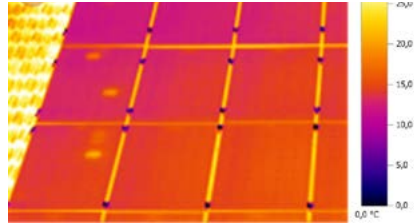


Abb. 17: Aufnahme einer Dachanlage mit Tele aus großer Entfernung.



Abb. 18: testo 885 mit Drehdisplay für Überkopfaufnahmen.

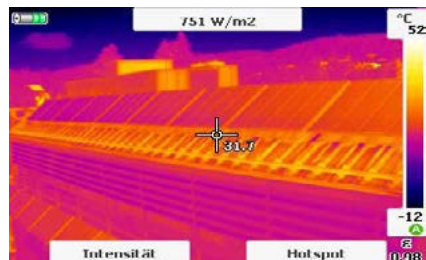


Abb. 19: Die Sonneneinstrahlung in W/m^2 wird in jedem Bild mit abgespeichert.

dokumentiert werden. Die Software sollte intuitiv zu bedienen, klar strukturiert und hochgradig benutzerfreundlich sein.

Ein Assistent für die Berichterstellung hilft in wenigen Minuten einen professionellen Bericht zu erstellen.

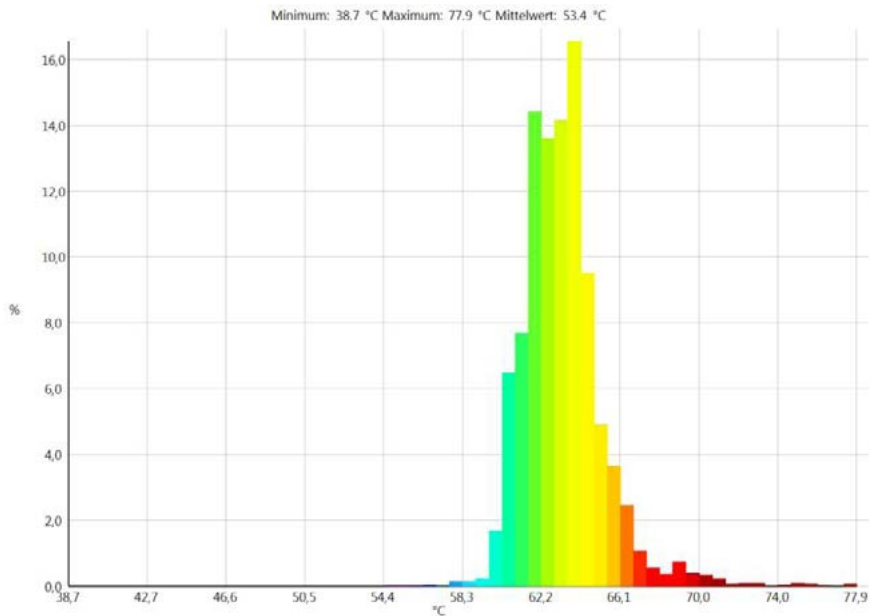


Abb. 20: Temperaturhistogramm eines Solarmoduls.

Abbildung 20 zeigt das Temperaturhistogramm eines Solarmoduls. Hieraus können verschiedene Aspekte abgelesen werden. Während im Mittelwert die Temperatur bei 53,4 °C liegt, gibt es Maximalwerte von bis zu 77,9 °C im Vergleich zum minimalsten Temperaturwert von 38,7 °C. Mit der Häufigkeitsangabe in Prozent lässt sich eine Aussage darüber treffen, wie viele Zellen

in kritischen Temperaturbereichen sind. Im vorhandenen Bild kann man ablesen, dass ca. 55 % aller Temperaturwerte größer 63 °C sind und somit bereits 10 °C mehr als der Mittelwert von 53,4 °C aufweisen.

Testo Wärmebildkameras für Photovoltaik.

Der Testsieger: testo 885.

In der Mai-Ausgabe 2013 der Fachzeitschrift Photon wurde testo 885 (mit SuperResolution Funktion) im wohl bislang umfangreichsten Wärmebildkameravergleich mit der Gesamtnote 1,6 (gut) zum Testsieger gekürt. Aktuell stellt testo 885 die beste Wärmebildkamera für die Überprüfung von Photovoltaik-Anlagen dar.

- Infrarotauflösung 320 x 240 Pixel
- Mit SuperResolution auf 640 x 480 Pixel (optional)
- Thermische Auflösung 0,03 °C
- Flexibilität durch Drehgriff und Dreh- und Schwenkdisplay
- Wechselbare Objektive (optional)



Abb. 21: testo 885

- Solarmodus
- Sequenzspeicherung und vollradiometrische Videomessung (optional)

Weiterbildungen.

Die Handhabung heutiger Wärmebildkameras ist mittlerweile so einfach, dass es ohne großes Studium des Handbuchs möglich ist, erste Infrarotaufnahmen zu erzeugen. Dennoch können sehr schnell Fehlmessungen und Fehlinterpretationen passieren.

Spezielle Schulungsseminare sorgen dafür, dass das notwendige Wissen für den richtigen Einsatz und die korrekte Interpretation vermittelt werden. Die Testo Akademie bietet einen für die Photovoltaik angepassten Tageskurs an. Dieser Tageskurs kann mit einer Prüfung „Sachkunde für Thermografie an Photovoltaik-Anlagen“ nach den Regularien der TÜV Rheinland Akademie abgeschlossen werden.



Abb. 23: Photovoltaik-Seminar bei der Testo Akademie.

Die Themenschwerpunkte im Überblick:

- Einführung in die Photovoltaik
- Thermische Auffälligkeiten
- Einführung in die Thermografie
- Physikalische Grundlagen und Strahlungslehre
- Richtiger Einsatz von Wärmebildkameras
- Erfassen thermischer Auffälligkeiten an Photovoltaik-Anlagen
- Bewertung und Konsequenzen der thermischen Analyse
- Praxismessungen und Übungen

Fazit.

Der Einsatz von Wärmebildkameras ist in der gesamten Branche auf dem Vormarsch. Das Potenzial und die Anwendungsmöglichkeiten sind aber noch längst nicht erschöpft. Im Vordergrund stehen die Identifizierung von sogenannten „Hotspots“, d. h. das Aufspüren potentieller Ertragsverluste oder auch Gefahrenstellen. Dies spielt auch bei der Frage von Garantieansprüchen eine wichtige Rolle. Ferner finden Kameraprüfungen an elektrischen Verteilern statt, z. B. bei schlecht verkabelten Stellen, die einen Energieverlust oder sogar eine Brandgefahr darstellen. Zudem wird durch Wärmebilder sichergestellt, dass stromführende Bauteile nicht überhitzen und Kühlungen richtig funktionieren.

Das Einsatzspektrum ist vielfältig. Wesentlich ist, dass Solarteure sowie PV-Sachverständige die Thermografie richtig interpretieren und die Kameras interpretationsfähige Bilder liefern. Für beide Anforderungen bietet Testo die passenden Produkte und Seminare.

Wir messen es.



Änderungen, auch technischer Art, vorbehalten.

Testo AG
Testo-Straße 1, 79853 Lenzkirch
Telefon +49 7653 681-700
Telefax +49 7653 681-701
E-Mail vertrieb@testo.de

www.testo.de

2980 4035 15/db/05.2014