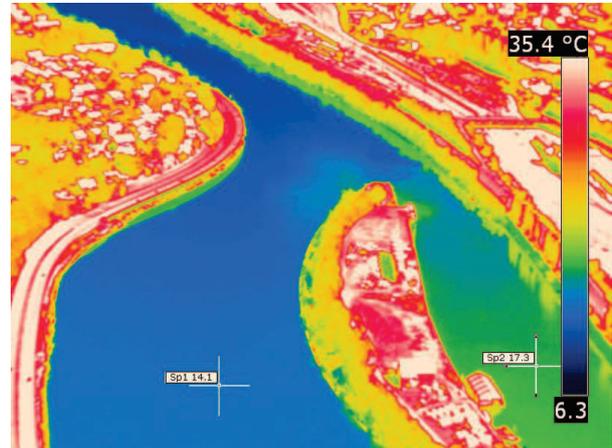


## Willkommen in der Welt der Infrarotmesstechnik

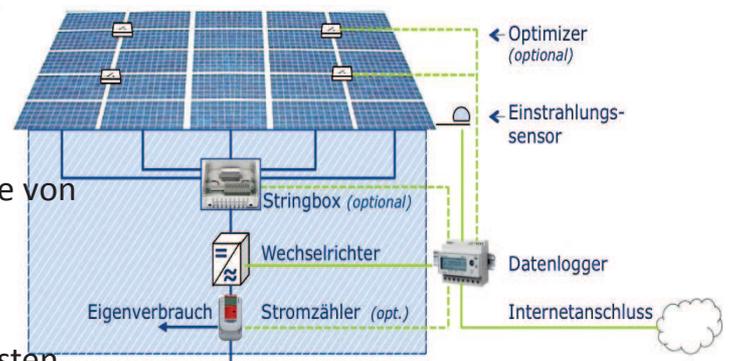
Präsentiert von: Evi Müllers



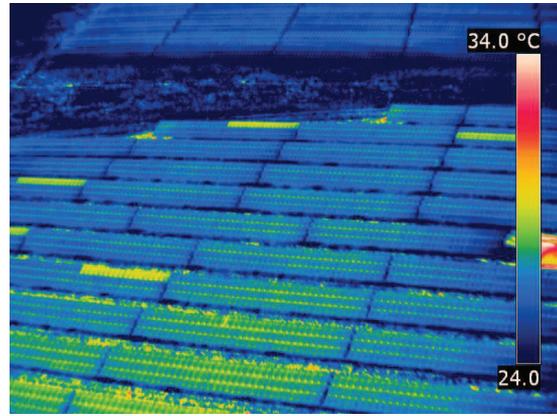
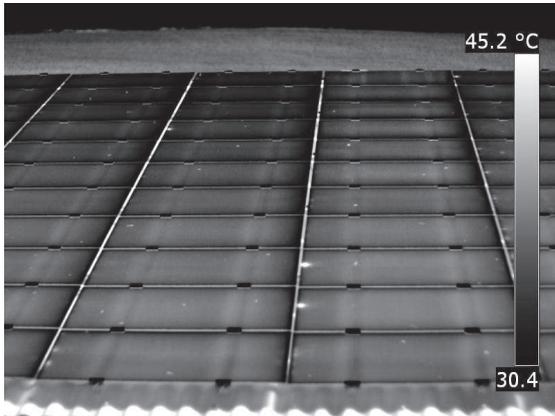
... der etwas andere Blickwinkel...

## Motivation für PV-Thermografie

- Datenlogger finden nur Fehler/Verluste in einer Größe von etwa 1.000 Watt.
- Kein anderes Messverfahren als die Thermografie kann in der Praxis in einer bestehenden PV-Installation Leistungsverluste von wenigen Watt entlarven.
- Auch kleine Fehler auf Modulebene können bei großer Anzahl zu relevanten Ertragsverlusten führen.



Thermografie hat den breitesten Einsatzbereich aller PV-Messverfahren



Von kleinsten Fehlern ... Bis über die Entscheidung vieler Fehler auf Modulebene  
... Bis zum schnellen Blick über mehrere MW Generatorfläche

## Welche Fehler können auftreten?

### Fehlerhafte Module

- Fehler in den Zellen selber
- Fehlerhafte Zellenkontakte
- Fehlerhafte Dioden
- Modulkontakte

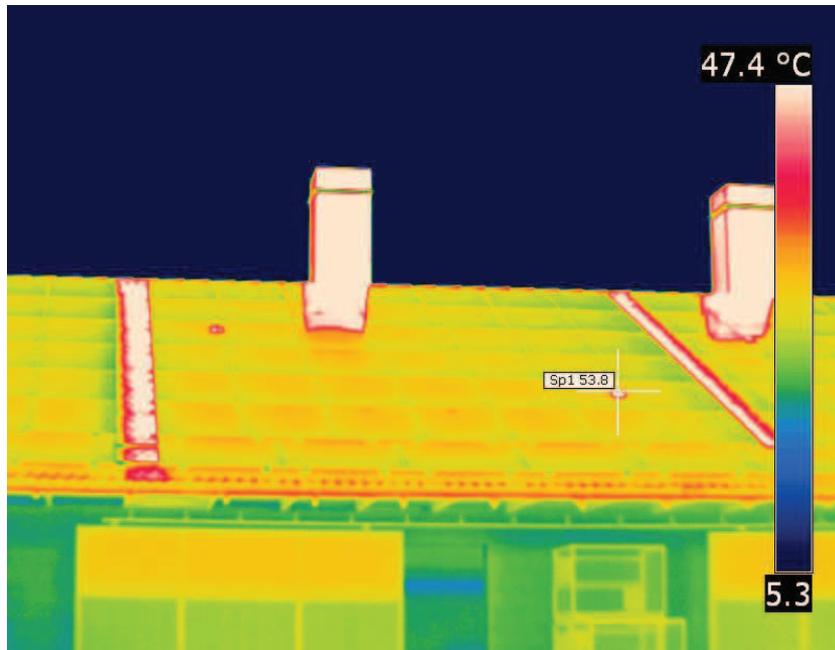
### Leistungskontakte

### Wechselrichter

### Anschlüsse / Verbindungen

Netz, Sicherung...

## Fehlersuche



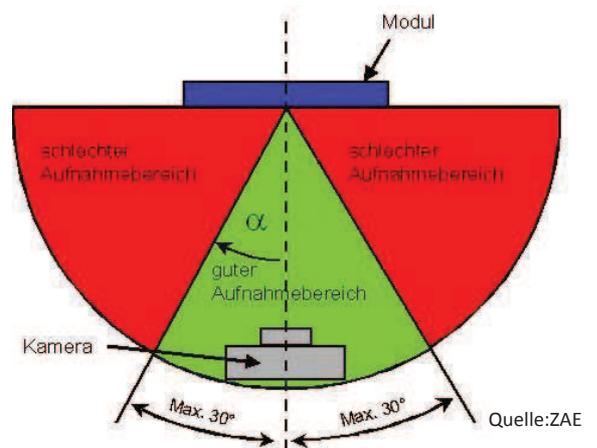
Modul

## Thermografische Untersuchung

Kristalline Module: mind.  $500\text{W}/\text{m}^2$ , besser sind  $700\text{W}/\text{m}^2$ .

Dünnschichtmodule: Einstrahlung von über  $800\text{W}/\text{m}^2$

Niedrige Außentemperaturen sind ebenfalls geeignet den thermischen Kontrast zu vergrößern.

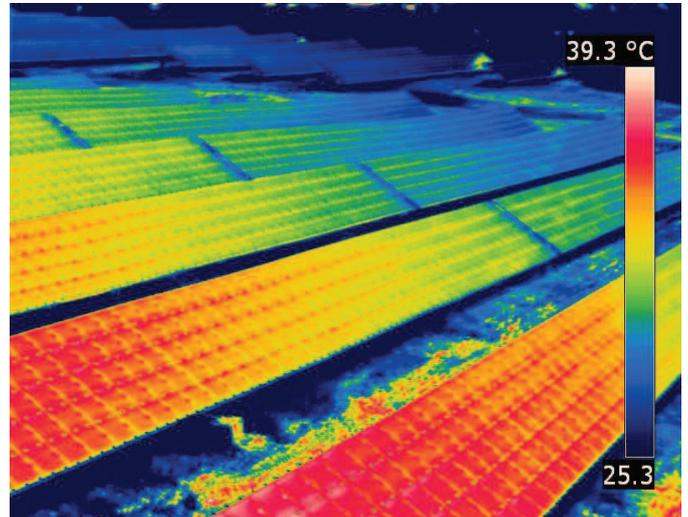


Empfohlener Betrachtungswinkel beim Thermografieren

## Messfehler

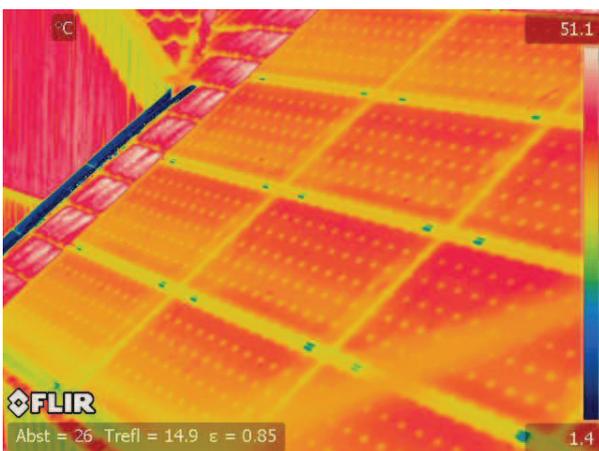
Messfehler entstehen vor allem durch:

- Zu schräger Aufnahmewinkel
- Zeitliche Veränderung der Sonneneinstrahlung (z.B. durch Änderung der Bewölkung)
- Reflektionen z.B. Sonne, Wolken, umgebende höhere Gebäude
- Teilabschattung z.B. durch Aufbauten wie Reklameschilder, umgebende Gebäude

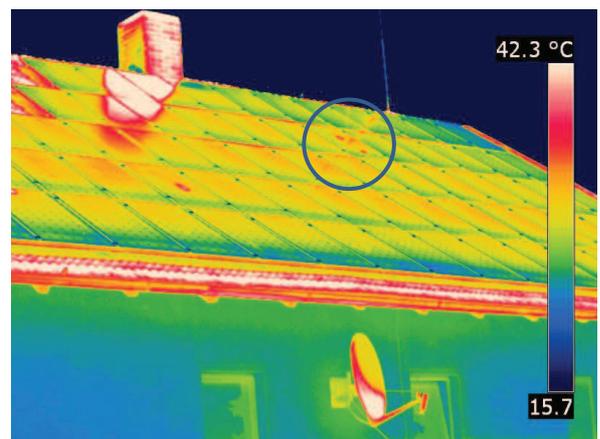


Einfluss des Betrachtungswinkels

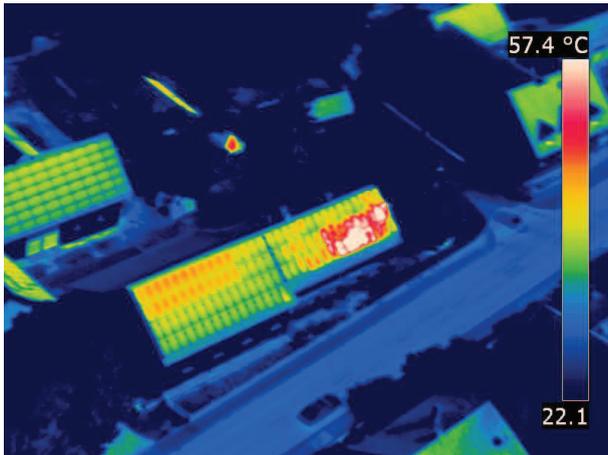
## Standortwahl



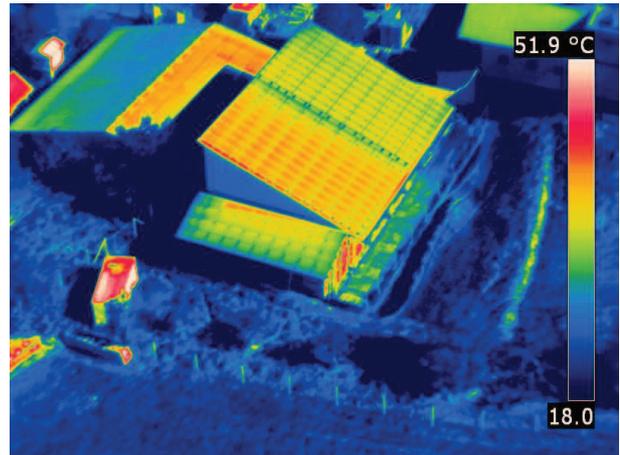
Reflektion der Hebebühne



Reflektion der Antenne

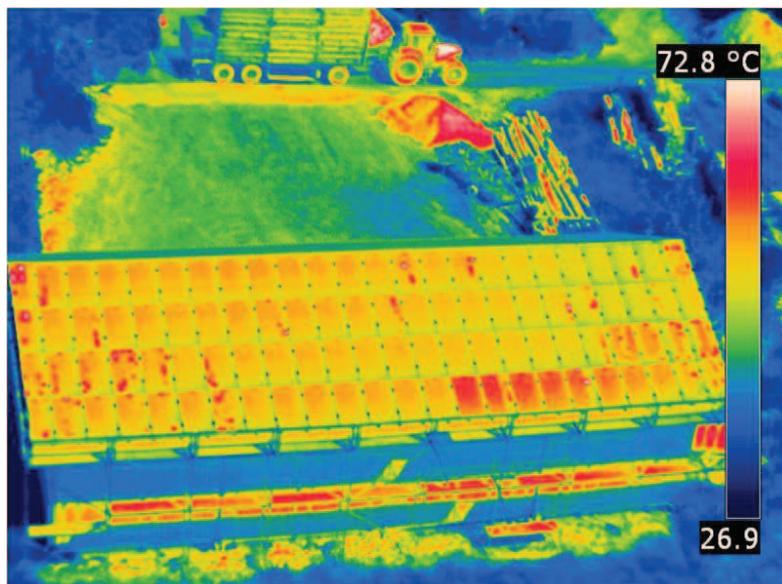


Reflektion des Helikopters

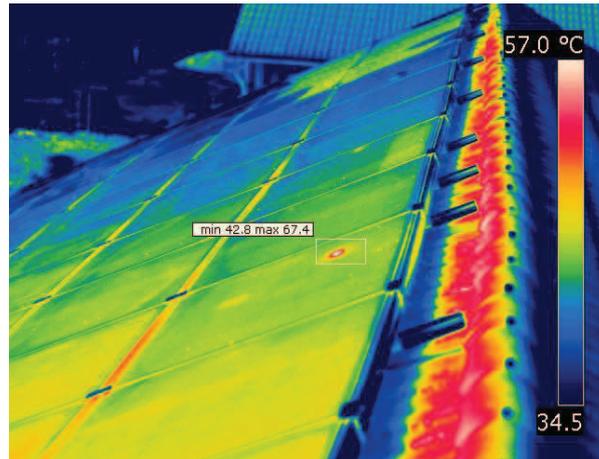


Sonnenreflektion

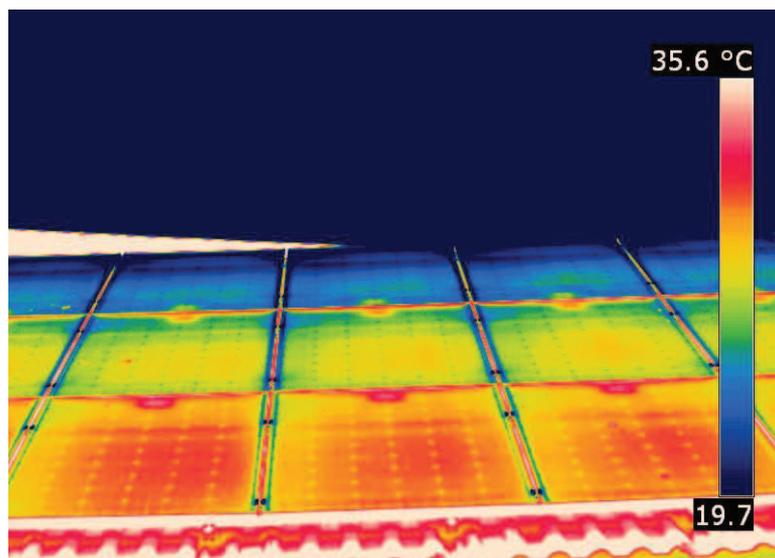
## Auswahl typischer Modulfehler



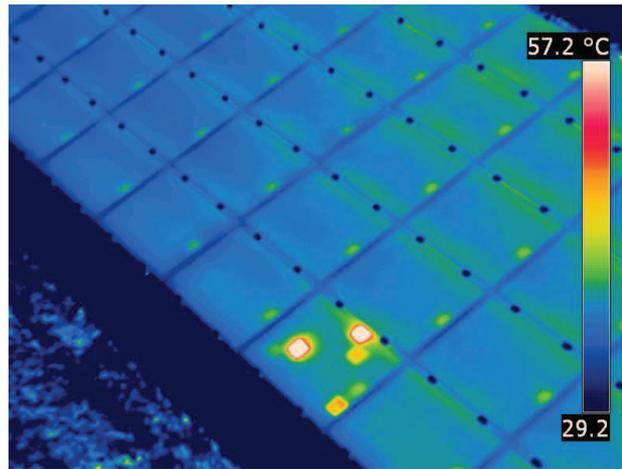
Ein Mix aus vielen Fehler incl. Blitzeinschlag



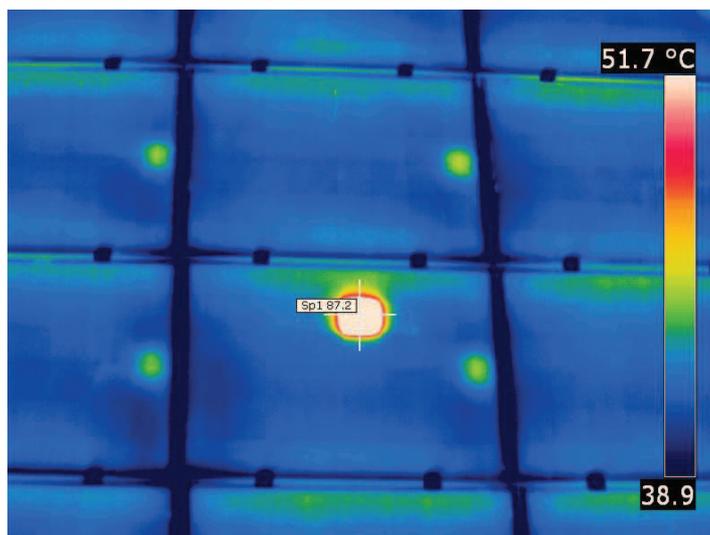
Fehlertyp	Beispielursache	Erscheinungsbild
Herstellungsfehler	Unreinheiten und Gaseinschlüsse	„hot spot“ oder „cold spot“
	Zellriss	Erwärmung in der Zelle Form meist länglich



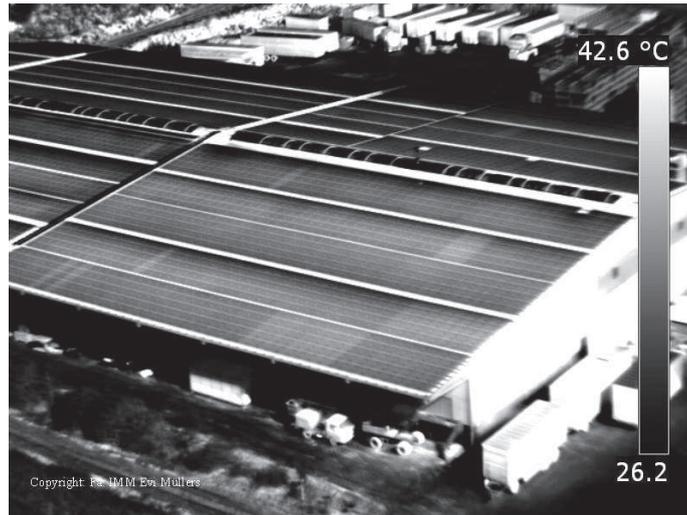
Fehlertyp	Beispielursache	Erscheinungsbild
Temporäre Abschattung	Vogeldreck, Verschmutzung, Feuchte	Punktförmige Erwärmung



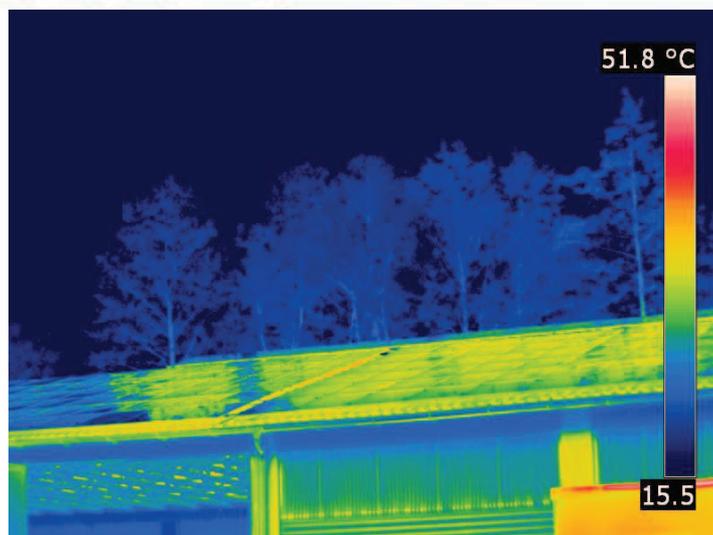
Fehlertyp	Beispielursache	Erscheinungsbild
Defekte Bypassdiode verursacht Kurzschluss und setzt den Verschattungsschutz herab	Klassiker am Ende eines Modulstrings durch falsche Modulverkabelung beim Bau	„Patchwork“



Fehlertyp	Beispielursache	Erscheinungsbild
Zellbruch	Zellbruch erscheint wärmer	Teil einer Zelle
	Risse	Erwärmung in der Zelle Form meist länglich

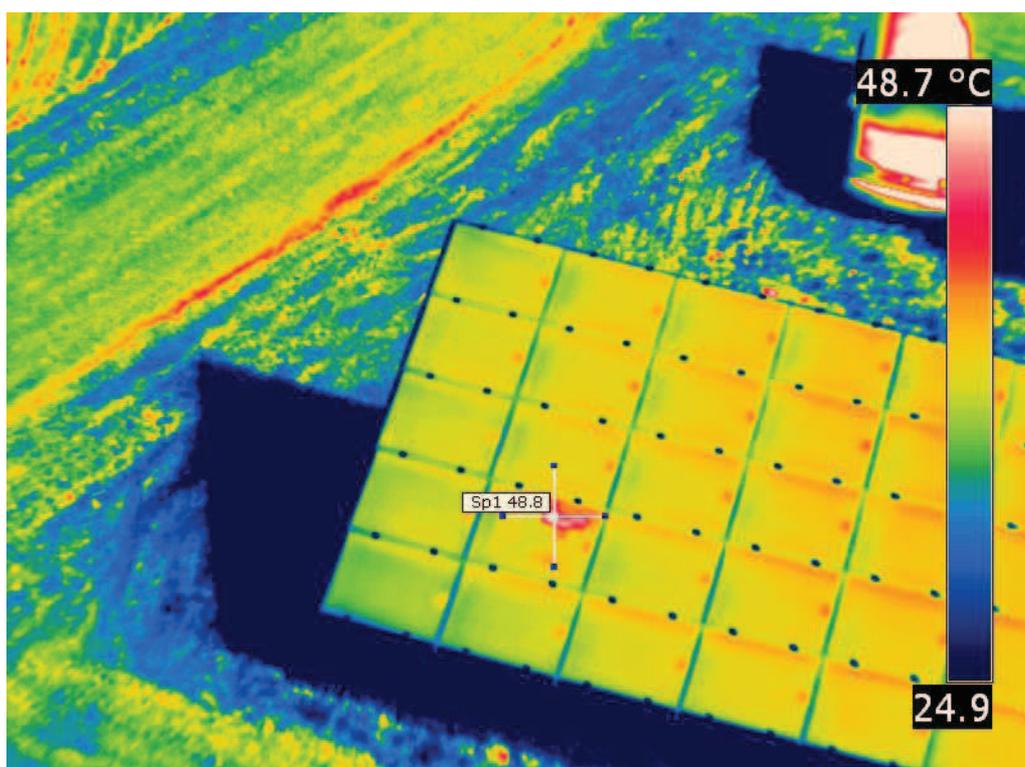
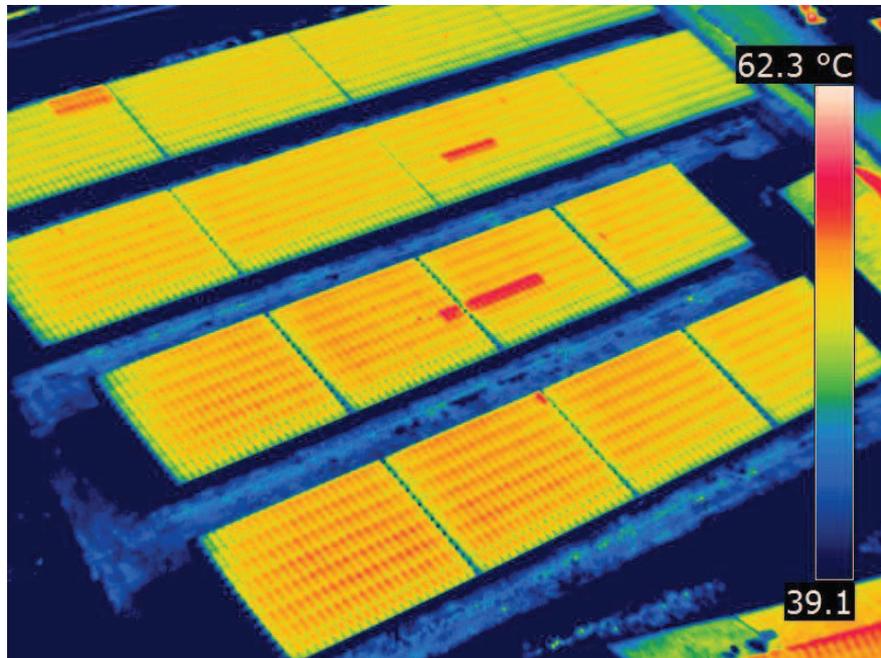


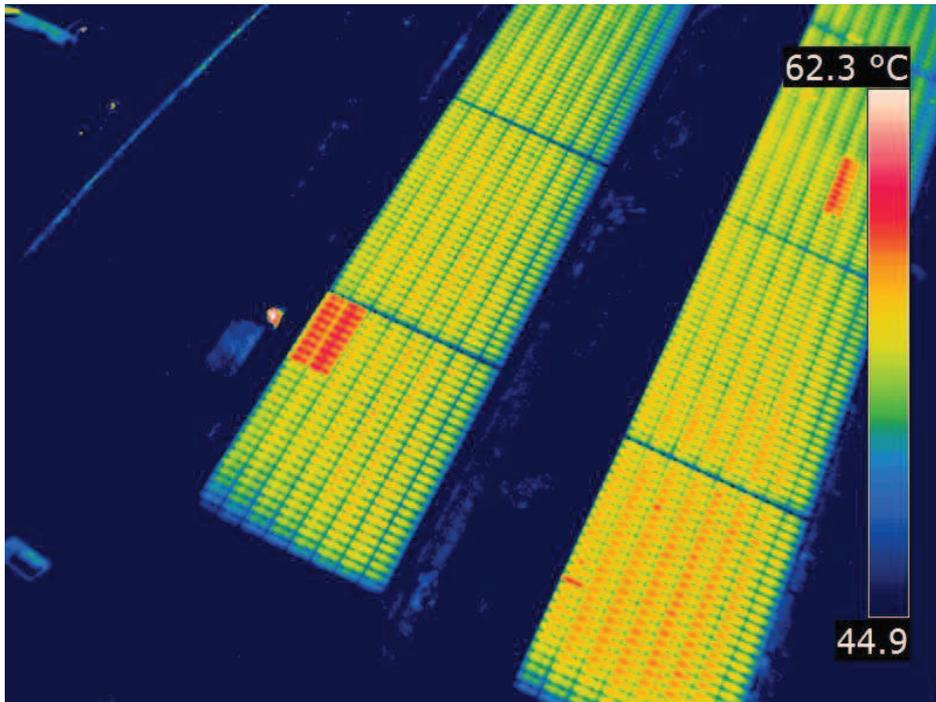
Fehlertyp	Beispielursache	Erscheinungsbild
Verschaltungsfehler	Modul oder Modulstrang nicht angeschlossen	Ein Modul oder Modulstrang gleichmäßig wärmer



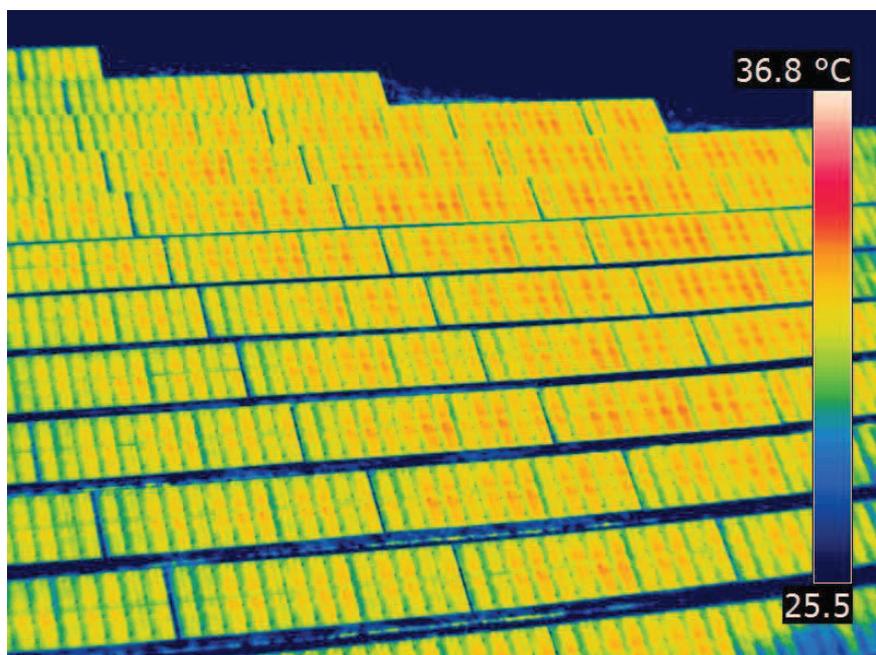
Fehlertyp	Beispielursache	Erscheinungsbild
Verschattung	Bäume, Gebäude, Wolken	Reflexionen

## Solarparks - Helikopter





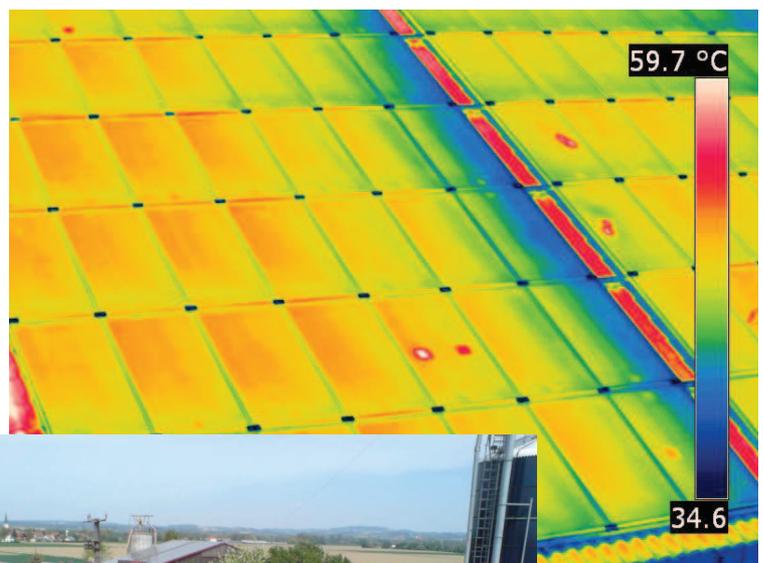
Näherer Abstand kein Thema – da abgeschlossener Bereich



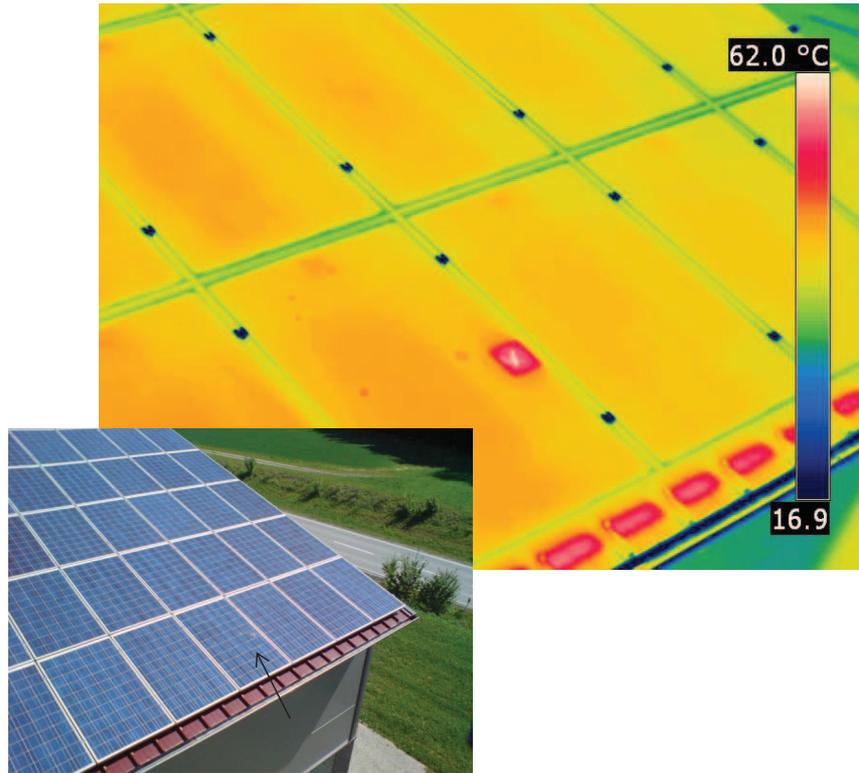
Messungen mit der Hebebühne und vom Boden...

Verschiedene Fehler

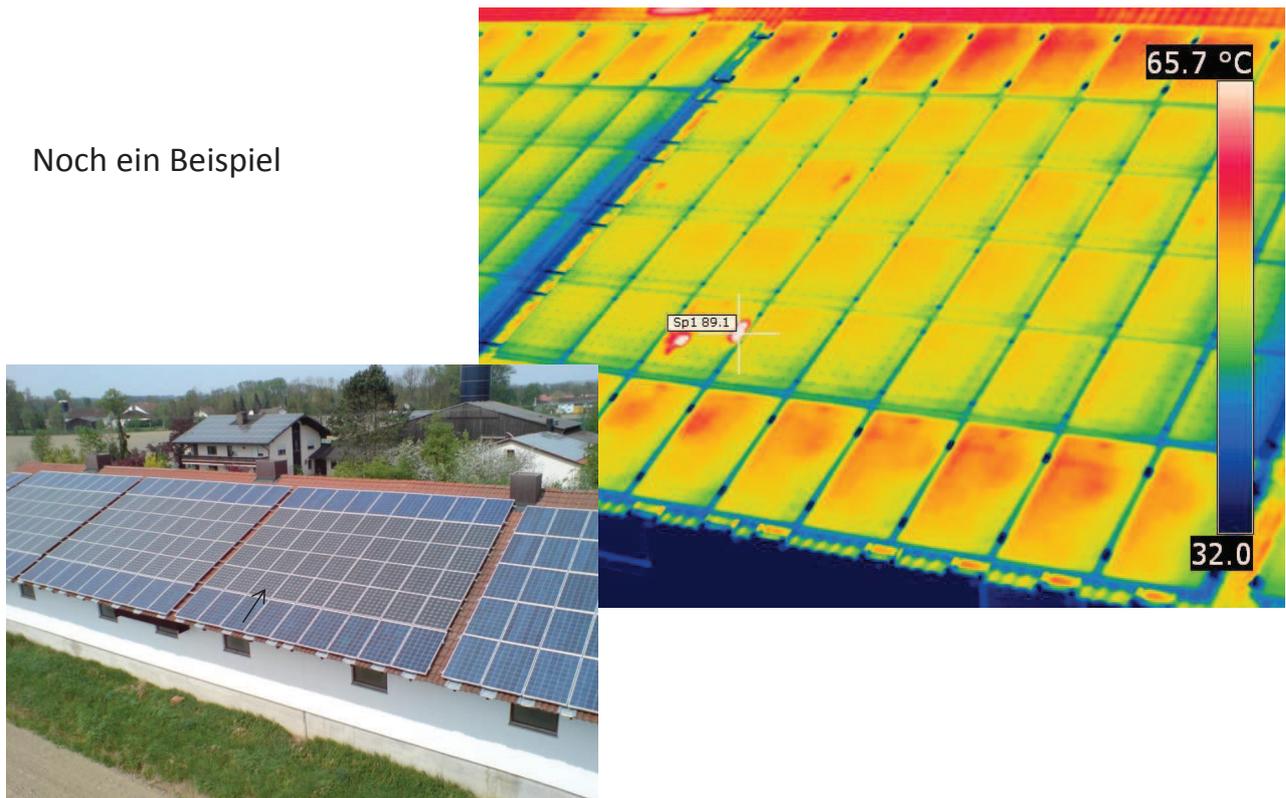
Zellbrüche/ Glasbruch



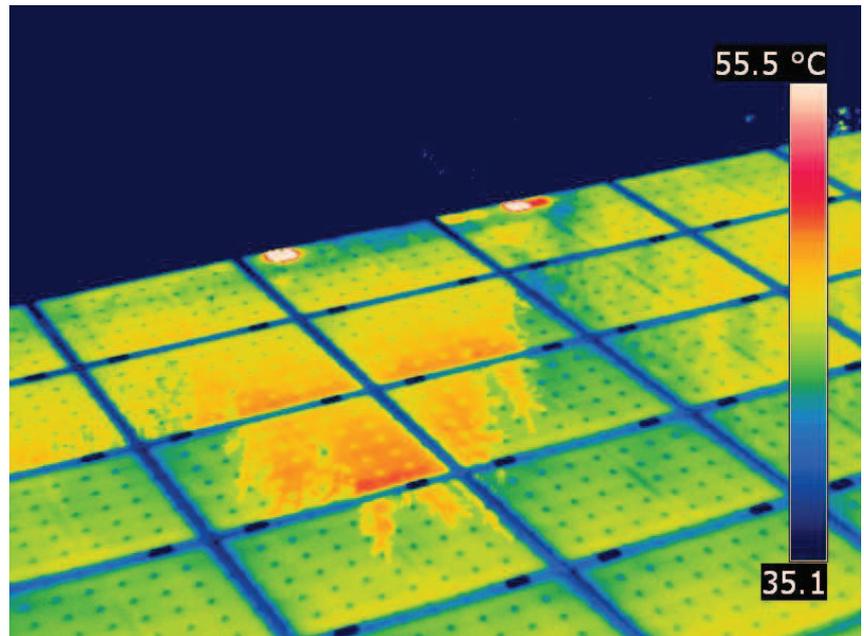
Optimale Aufnahme



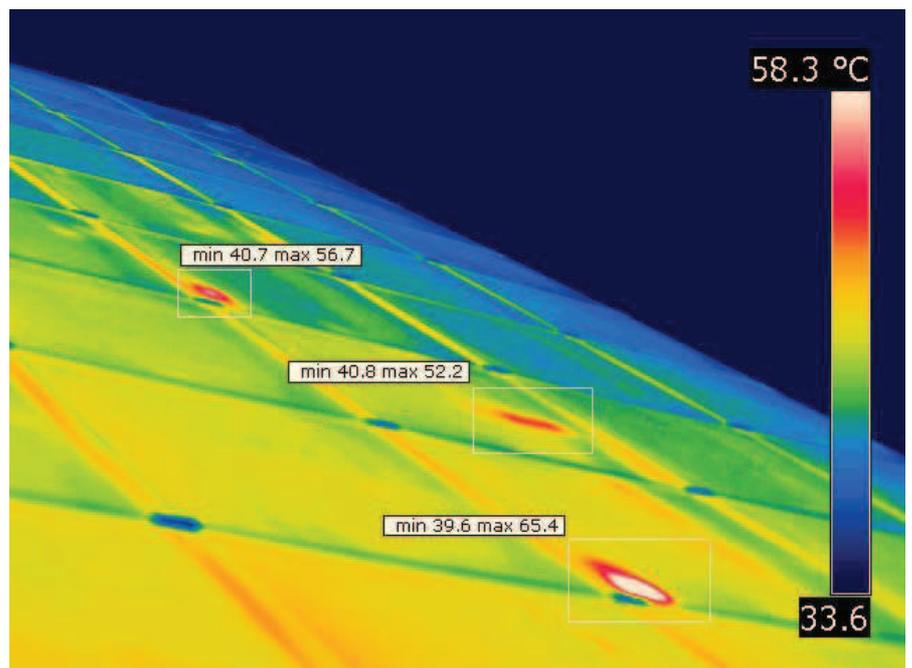
Noch ein Beispiel



Reflektionen und Hotspots



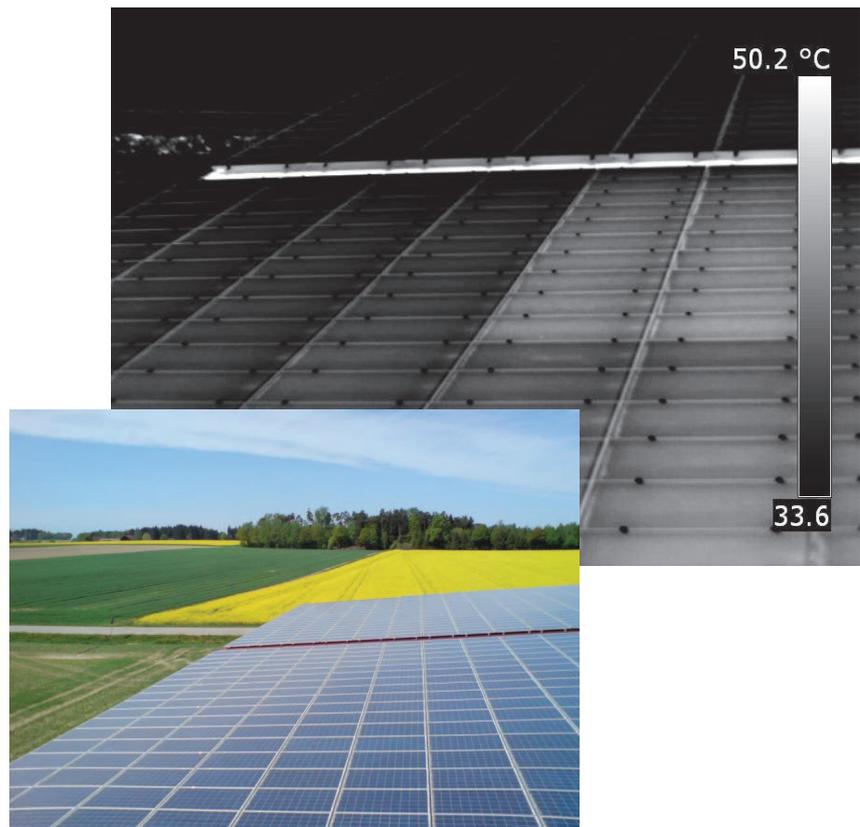
Kontrolle einer Aufdachanlage



Sabotage durch einen Marder; Ausfall eines ganzen Strings aufgrund durchgebissenen Kabels



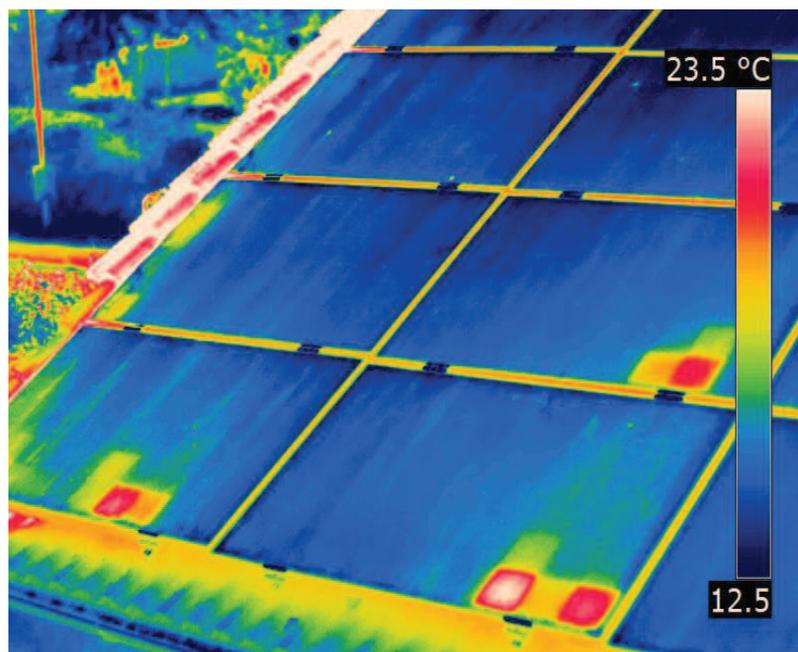
Inaktive Strings



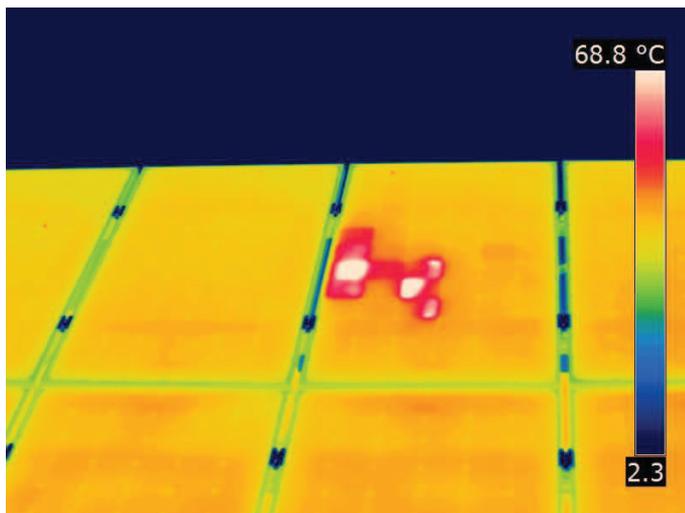
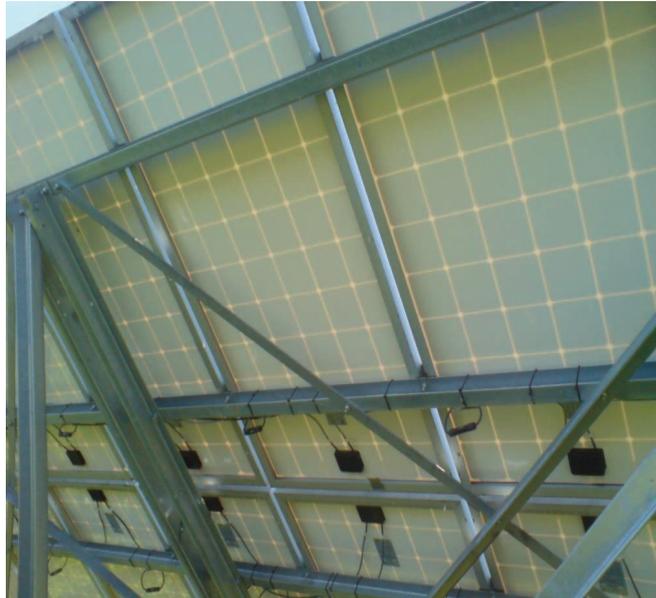
Detailaufnahme / Wunsch Modulherstellers



Keine Schäden an den Zellen – sondern nur Verunreinigung



Aufgestellte Module können auch von der Modulrückseite thermografiert werden. Damit umgeht man das Problem störender Reflektionen von Sonne und Wolken. Außerdem können die auf der Rückseite auftretenden Temperaturen höher sein, da die Zelle direkt und nicht durch die Glasoberflächen gemessen wird.



Vorderseite

Rückseite

