

# Checkliste für die Prüfung von Photovoltaik- anlagen mit einer Wärmebildkamera

## A. Wann sollte geprüft werden:

- **Nach Inbetriebnahme:** um anfängliche Defekte ausschließen zu können.
- **Im Problemfall:** bei Funktionsstörung oder nachlassendem Wirkungsgrad.
- **Regelmäßig und vor Ende der Garantiezeit** (laut Herstellervorgabe): um Garantieansprüche geltend zu machen.
- **Regelmäßig (alle 2 Jahre):** um optimalen Wirkungsgrad zu sicherzustellen.
- **Regelmäßig** (laut Versicherungsbedingungen): um Schadensfälle geltend zu machen.

## B. Checkliste

- ✓ **Sichtprüfung der Module:** Schmutz, Beschädigungen und Spannungen, Risse oder andere Anomalien an Modulen.
- ✓ **Funktionsprüfung von Modulen, Wechselrichter und Bypass-Diode:** Korrekte Installation, "Hotspots" (heiße Stellen, die auf Probleme hinweisen).
- ✓ **Überprüfung der Sicherheitseinrichtungen:** Überspannungsschutz und Fehlerstromschutzeinrichtungen.
- ✓ **Kontrolle des Montagesystems und der Verkabelung:** Korrekte Installation, Beschädigungen durch Witterung, Tierbiss oder Verschmorungen.
- ✓ **Falls vorhanden:** Prüfung und Eichung des Zählers, Prüfung des Stromspeichers.
- ✓ **Leistungsmessung der Anlage**
- ✓ **Wartung oder Reinigung der Anlage**
- ✓ **Dokumentation der Anomalien und Wartungsarbeiten im Protokoll**
- ✓ **Messgeräte**
  - Wärmebildkamera mit hoher Auflösung und Wechselobjektiven (s. u.)
  - Elektrisches Messgerät für Strom, Spannung und Widerstand
  - Messgerät für Sonneneinstrahlung (Pyranometer)

## C. Umgebungs- und Messbedingungen:

- **Sonneneinstrahlung > 500 W/m<sup>2</sup>** (ideal > 700 W/m<sup>2</sup>), da bei niedrigeren Werten vorhandene Modul-Fehler übersehen werden können.
- **Klarer Himmel**, um störende Reflexionen durch Wolken zu vermeiden. Bei bedecktem Himmel sind aussagekräftige Aufnahmen nur möglich, wenn die verwendete Infrarotkamera empfindlich genug ist.
- **Vermeiden Sie Reflexionen** durch umstehende Gebäude oder SAT- bzw. Antennenanlagen.
- Messungen sollten bei **möglichst windstillem Wetter** erfolgen, um den thermischen Gradienten nicht zu beeinträchtigen.
- **Aufnahmen am Morgen** können bei ausreichender Sonneneinstrahlung eine Option sein, da die Lufttemperatur niedriger und damit der thermische Kontrast höher ist.

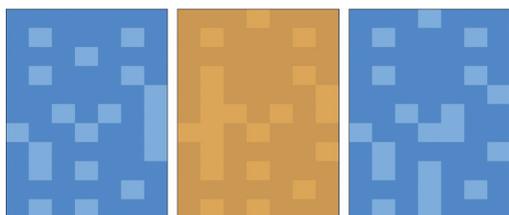
## D. Positionierung der Wärmebildkamera:

- **Betrachtungswinkel** von 5° bis 60° (im Bild grün dargestellt): um Eigenreflexionen zu vermeiden, Kamera nicht senkrecht zum Modul positionieren.



- Eine **größere Entfernung** zum Untersuchungsobjekt kann vorteilhaft sein, da man so eine größere Fläche auf einmal aufnimmt. Für ausreichende Qualität des Wärmebildes ist eine Auflösung von mindestens 320 x 240, besser 640 x 480 Pixel und ein wechselbares Teleobjektiv ratsam.

# Fehlerbilder und Ursachen.

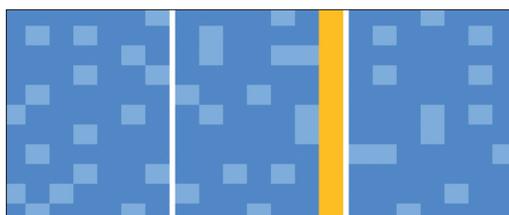


## Infrarotbild 1

**Beschreibung:** Gleichmäßige Erwärmung eines Moduls im Vergleich zu den anderen.

**Mögliche Fehler:** Modul befindet sich im Leerlauf.

**Mögliche Ursache:** Modul nicht angeschlossen, Kabel durchgebissen oder gebrochen.

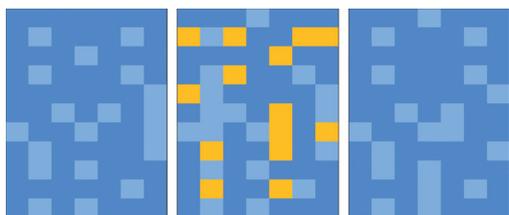


## Infrarotbild 2

**Beschreibung:** Das Modul zeigt eine zeilenhafte Erwärmung eines Strangs.

**Mögliche Fehler:** Kurzschluss eines Zellenstrangs.

**Mögliche Ursache:** Defekte Bypassdiode z. B. nach einem Gewitter.

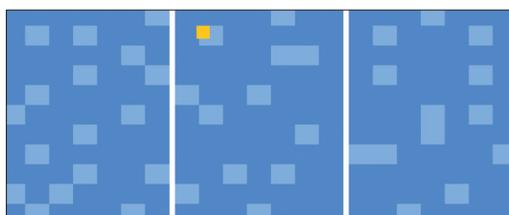


## Infrarotbild 3

**Beschreibung:** „Patchworkmuster“ bei dem einzelne Zellen zufällig verteilt und deutlich wärmer sind.

**Mögliche Fehler:** Komplettes Modul im Kurzschluss.

**Mögliche Ursache:** Falsch angeschlossen oder alle Bypassdioden defekt.

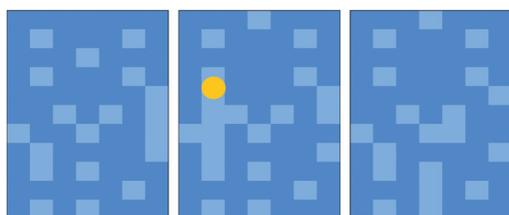


## Infrarotbild 4

**Beschreibung:** Nur ein Teil einer Zelle ist deutlich wärmer.

**Mögliche Fehler:** Zellbruch.

**Mögliche Ursache:** Transport - bzw. Montageschaden oder andere äußere mechanische Einwirkung.

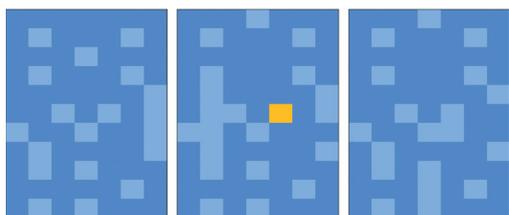


## Infrarotbild 5

**Beschreibung:** Punktförmige oder ungleichmäßige Erwärmung.

**Mögliche Fehler:** Zellriss oder Artefaktbildung.

**Mögliche Ursache:** Fabrikationsfehler bei Zellriss. Abschattung aufgrund z. B. Verschmutzung (Vogelkot, ...).



## Infrarotbild 6

**Beschreibung:** Erwärmung einer einzelnen Zelle.

**Mögliche Fehler:** Nicht zwingend Fehler.

**Mögliche Ursache:** Abschattung oder defekte Zelle.