

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

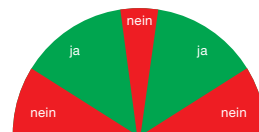
- ✓ **Sichtprüfung der Module:** Schmutz, Beschädigungen und Spannungen, Risse oder andere Anomalien an Modulen.
- ✓ **Funktionsprüfung von Modulen, Wechselrichter und Bypass-Diode:** Korrekte Installation, "Hotspots" (heiße Stellen, die auf Probleme hinweisen).
- ✓ **Überprüfung der Sicherheitseinrichtungen:** 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/m²** (ideal > 700 W/m²), 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.

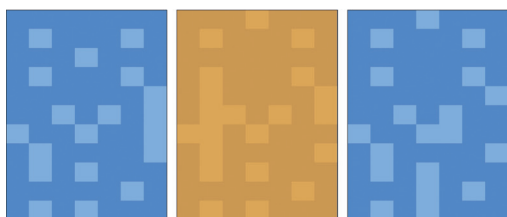
D. Positionierung der Wärmebildkamera:

- **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.

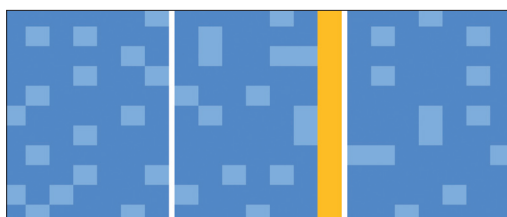


Infrarotbild 1

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.

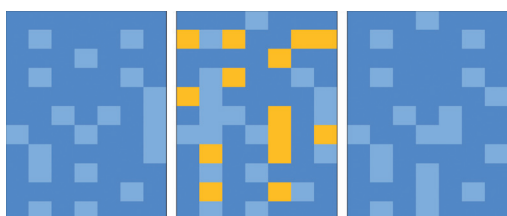


Infrarotbild 2

Beschreibung: Das Modul zeigt eine zeilenhafte Erwärmung eines Strangs.

Mögliche Fehler: Kurzschluss eines Zellenstrangs.

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

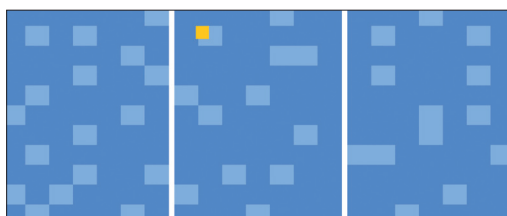


Infrarotbild 3

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.

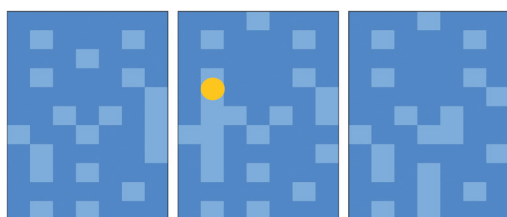


Infrarotbild 4

Beschreibung: Nur ein Teil einer Zelle ist deutlich wärmer.

Mögliche Fehler: Zellbruch.

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

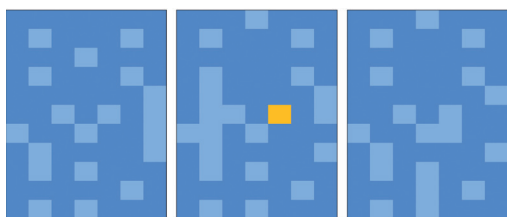


Infrarotbild 5

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.