

Optimierung thermografischer Fehleranalyseverfahren auf Multi-MW-PV-Kraftwerke

Bernhard Weinreich⁽¹⁾ • Rudolf Haas⁽¹⁾ • Mike Zehner⁽²⁾ • Gerd Becker⁽²⁾

Beschreibung und Zielsetzung

Schon länger findet die Outdoor-Thermografie erfolgreich Anwendung in der PV. Bisher gab es aber nur wenig konkrete Empfehlungen für den praktischen Einsatz. Auch finden sich keine Arbeiten zur Anpassung der verwendeten Technik an die Aufgaben in der PV. Diese Arbeit möchte Wege aufzeigen, beides in Angriff zu nehmen, um das Verfahren durch Kostensenkungen mittelfristig weiter zu etablieren und so langfristig die Qualität von PV-Installationen zu verbessern.

Technische Entwicklungspotentiale

Speziell bei PV-Installationen im MW-Bereich bestehen erhebliche Einsparpotentiale, die zum größten Teil mit dem Einsatz fliegender Kamera-Plattformen direkt oder indirekt verknüpft sind. Mit Hebebühnen sind aktuell bei günstigen Bedingungen maximal 0,5 MW/h detailliert analysierbar. Bei Flachdächern, unwegsamem Gelände und PV-Kraftwerken mit deutlich über 10 MW stoßen Hebebühnen aber an Grenzen. Erste Tests und Vergleiche mit fliegenden Kameraträgern haben deren wirtschaftlichen Einsatz bestätigt. Die Versuche zeigten dabei, dass Aufnahmegeschwindigkeiten von bis zu 5 MW/h erreichbar sind.

Nutzbarkeit von Zeitfenstern

Schnelle, nicht bodengebundene Kameraträger und weitere technische Verbesserungen führen zu deutlich mehr und auch längeren nutzbaren Zeitfenstern, da

- sich auch kürzere wetterbedingte Zeitfenster nutzen lassen, die häufiger sind,
- einstrahlungsbedingte Zeitfenster durch optimierte Blickwinkel erweitert werden,
- Wolkenreflexionen durch frei positionierbare Kameras leichter aus dem Blickfeld zu rücken oder durch Polfilter zu unterdrücken sind, womit sich auch wetterbedingt grenzwertige Zeitfenster nutzbar machen lassen.

Motivation für Betreiber

Auf Basis von Untersuchungen mehrerer neuer PV-Installationen mit insgesamt 39 MW wird davon ausgegangen, dass allein die Defekte auf Modulebene, die nur über Thermogramme zu finden sind, im Mittel einen Leistungsverlust von 0,2 % verursachen. Eine Anlage mit 1 MW Leistung verliert folglich 2 kW. Wenn diese Defekte nicht entlarvt werden, verursachen sie bei einem mittleren jährlichen Ertrag von 1000 kWh/kW und einer aktuellen Einspeisevergütung für Freiflächen von 21 ct/kWh einen finanziellen Verlust von gut 8000 € über 20 Jahre. Dem gegenüber stehen

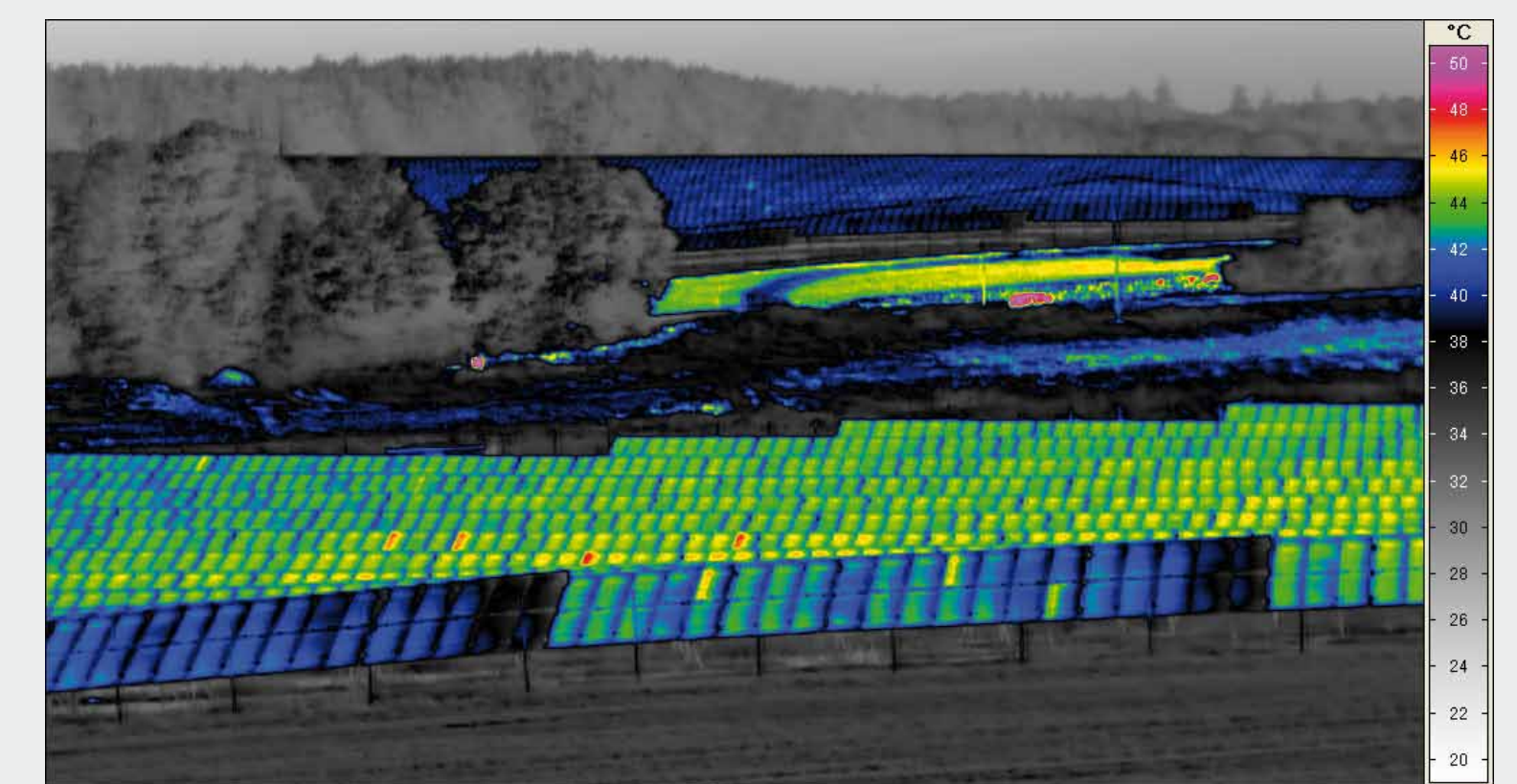


Abb. 1: Thermogramm eines großen PV-Kraftwerks im Infrarot mit typischen Fehlern, in der Mitte im Vordergrund 3 Module mit dekontaktierten Substrings, weitere im Hintergrund.

aktuell Vermessungskosten von maximal 2000 €/MW für kleine MW-Anlagen. Eine Vermessung amortisiert sich damit selbst bei sehr zurückhaltender Betrachtung nach spätestens 5 Jahren.

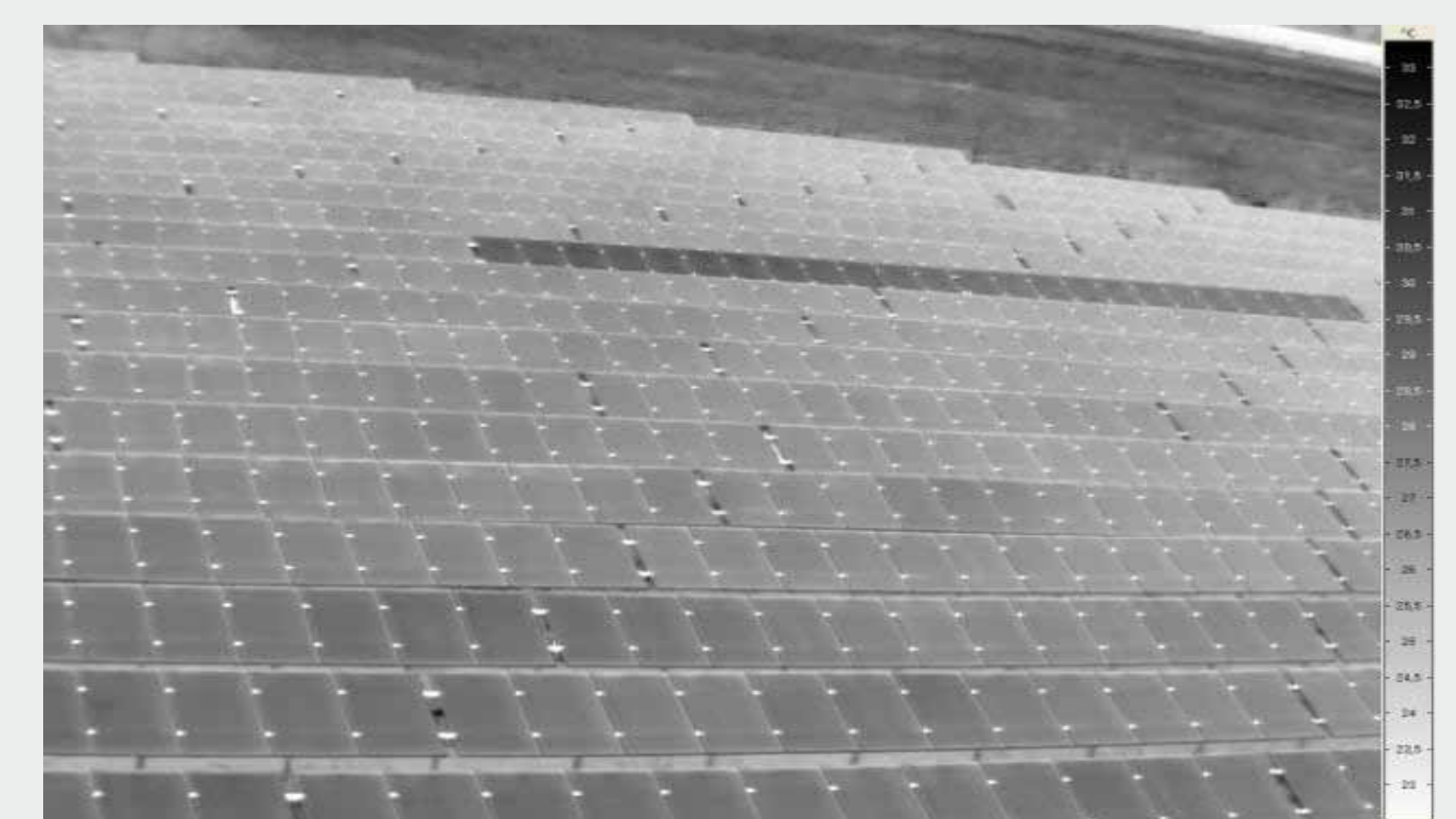


Abb. 2: Vergleich Aufnahme von fliegender Plattform links (noch mit verringerter Auflösung); Aufnahme von Hebebühne rechts; In beiden Bildern ein offener Modulstring: ein Fehler, der von Anlagenüberwachungssystemen und deren Anwendern immer noch sehr häufig übersehen wird.

Konstante Aufnahmequalität bietet diverse Verbesserungspotentiale

Da bei der Verwendung von Hebebühnen der Abstand zum Generator nicht frei bestimmbar ist und IR-Kameras prinzipiell keine Zoomobjektive besitzen, muss oft eine nicht optimale Auflösung in Kauf genommen werden. Zusätzlich kommen meist noch negative perspektivische Effekte hinzu. Bei einem frei positionierbaren Kameraträger werden perspektivische Effekte dagegen klein gehalten. Zusätzlich kann das gesamte Blickfeld in nahezu homogener Auflösungsqualität effektiv genutzt werden. Wird während des Flugs mit doppelter Aufnahme-frequenz gearbeitet, ist jedes Modul aus zwei Perspektiven einsehbar, ohne dass dabei wie sonst eine Verringerung der Vermessungsgeschwindigkeit in Kauf genommen werden muss.

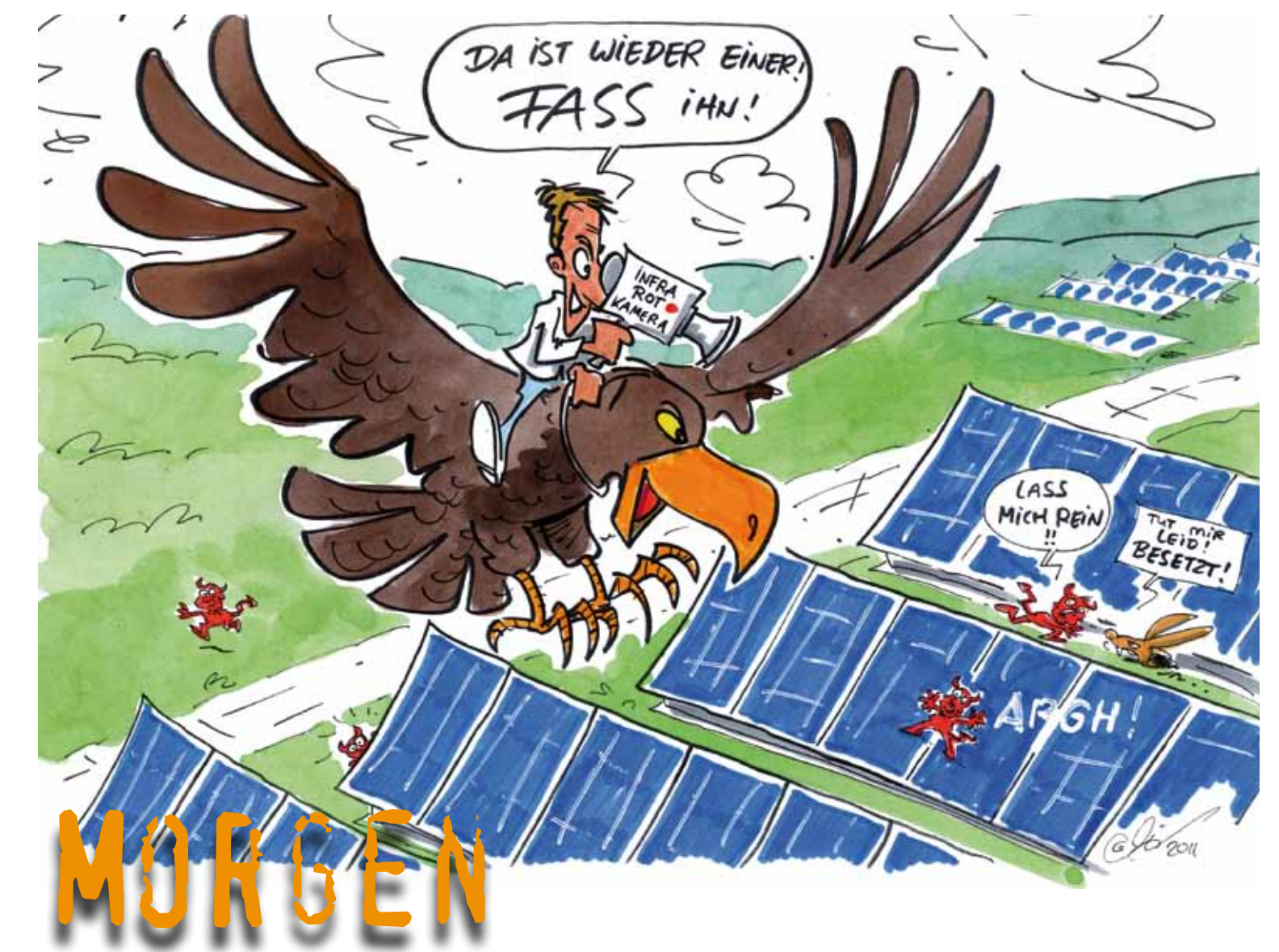
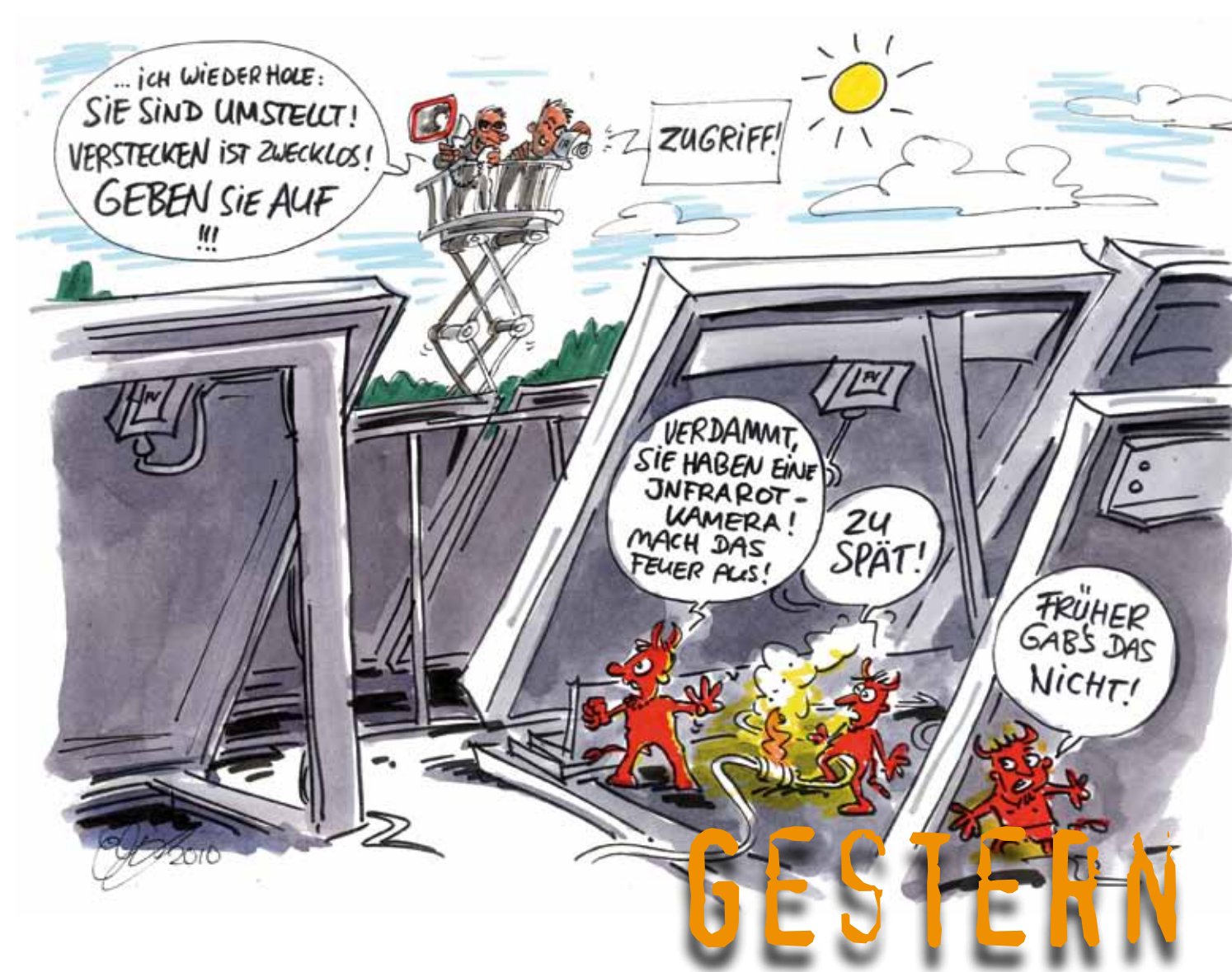
Auswertung, Interpretation und Dokumentation der Thermogramme

Aktuell erfolgt die Auswertung der Thermogramme eines Generators weitgehend manuell und erfordert in etwa dieselbe Zeit wie die gesamte Vermessung. Im Gegensatz zu den bisherigen Thermogrammen mit variierenden Blickwinkeln, lassen sich die in Zukunft vereinheitlichten Thermogramme leichter mittels Software bearbeiten. Diese kann die Arbeit der Zuordnung bzw. Nummerierung von Modulen, Interpretation und Dokumentation automatisieren. Langfristig ist eine Beschleunigung auch dieses Aufgabenbereichs ebenfalls bis zu einem Faktor 10 denkbar. Hinzu kommt, dass sich die Aussagekraft von Thermogrammen über die bisherige Benennung einzelner Fehler auf eine genauere Aussage zu Leistungsverlusten einzelner Zellen ausweiten lässt (s. Poster B18).

Abb. 3: Vergangenheit trifft Zukunft – bisherige Vermessungsmethode mit einer Hebebühne in einer Multi-MW-PV-Anlage; bei einer Vergleichsmessung mit und von einer fliegenden Kamera-Plattform aus aufgenommen, mit der zukünftige Vermessungen effizienter werden.

Thermografische Auffälligkeiten im Generator und mögliche Ursachen						
Thermogramm	Bezeichnung	mögliche Ursachen	elektrische Situation	mögliche Entwicklung	Sicherheitsrelevanz	Maßnahmen
	auffällige Anschlussdose	Übergangswiderstand am Kontakt in der Anschlussdose	Spannungsabfall und damit Leistungsverlust abhängig von der gemessenen Temperatur	Kompletttrennung des Kontakts => s. „offener Substring“ oder „Modul im Leerlauf“	Gefahr der Entstehung eines Lichtbogens im fortgeschrittenen Stadium	in Abhängigkeit von Höhe der Temperatur: Überprüfung der Anschlussdose, ggf. Korrektur vor Ort möglich
	offener Substring	gelöster Kontakt in der Anschlussdose oder im Verlauf der Bänderchen des Substrings	Spannungs- und Leistungsverlust im Modul um den Anteil des Substrings am Gesamtmodul, im Beispiel 1/3	Bei Ausfall der permanent geschalteten Bypassdiode => Totalverlust des Modulstrings => s. „offener Modulstring“	keine	Überprüfung der Anschlussdose, ggf. Korrektur vor Ort möglich, sonst Austausch des Moduls auf Leistungsgarantie
	kurzgeschlossener Substring	Kurzschluss über Substring in der Anschlussdose	Spannungs- und Leistungsverlust im Modul um den Anteil des Substrings am Gesamtmodul, im Beispiel 1/3	keine	keine	Überprüfung der Anschlussdose, ggf. Korrektur vor Ort möglich, sonst Austausch des Moduls auf Leistungsgarantie

Ausschnitt aus einer Tabelle zu Schulungszwecken mit typischen PV-thermografischen Fehlerbildern



Ausblick

Für PV-Kraftwerke im MW-Bereich versprechen die Verbesserungen eine erhebliche Senkung der Vermessungskosten. Innerhalb der nächsten zwei Jahre dürfte eine Beschleunigung des gesamten Analyseverfahrens um das 5 - 10 fache realisierbar sein. Damit wird angestrebt eine flächendeckende

Überprüfung aller Großanlagen mittels Thermografie zu etablieren. Weitere Potentiale bestehen bei der Ausbildung der Anwender auf das spezifische Feld der PV-Thermografie. Hierzu sind Schulungen mit geeignetem Anschauungsmaterial durchzuführen (siehe Ausschnitt aus Fehlertabelle).

¹⁾ Solarschmiede GmbH • Thermografie im Engineering Schwanthalerstr. 75a, D-80336 München
Tel.: +49 (0) 89 / 9 90 13 84 - 26
Fax: +49 (0) 89 / 9 90 13 84 - 9
weinreich@solarschmiede.de, www.solarschmiede.de

²⁾ Hochschule München, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Labor für Solartechnik und Energietechnische Anlagen
Lothstraße 64, D-80335 München