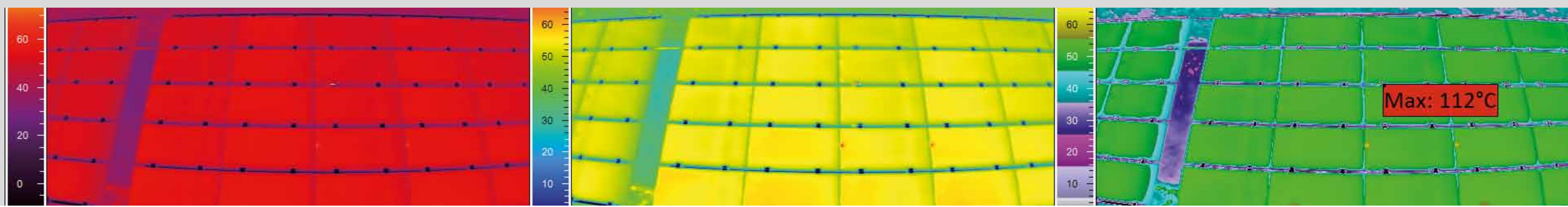


Prozess der Standardisierung in der Photovoltaik-Thermografie



1 Einleitung

Thermografische Analysen von PV Anlagen variieren stark in Aussagen und Qualität. Dadurch sind sie für Empfänger nur begrenzt verwertbar. Für die Outdoor-PV-Thermografie besteht somit ein Bedarf Standards zu etablieren, wie für vergleichbare Prüfverfahren längst geschehen. Seit 2011 entstanden mehrere nationale Initiativen, gemäß nebenstehender Chronologie. Die einzige veröffentlichte Richtlinie darunter ist die des Bundesverbandes für Angewandte Thermografie (VATH).



Chronologie

- 2011 – Initiierung des Normungsprozess durch Solarschmiede (heute: HaWe Engineering)
- 2012 – Antrag und Genehmigung INS-Projekt; Parallel Start VDI-Fachausschuss 202.2
- 2013 – Start INS/DKE-Vornormenprojekt unter Leitung der DGS-Berlin; Parallel Gründung VATH Arbeitsgruppe PV
- 2014 – Veröffentlichung der ersten PV-Thermografie-Richtlinie durch VATH; Gründung DKE-AK 373.0.30 aus INS unter Leitung der HaWe Engineering
- 2015 – Abschluss des INS-Projekts; Einreichung beim IEC als „New Work Item Proposal“

Mit Unterstützung von:



2 Abgrenzung und Schwerpunkt

In 2014 hat das IEC einen Entwurf von NREL mit Schwerpunkt auf Indoor-Labor-PV-Thermografie angenommen. Die neue DKE-Einreichung grenzt sich davon durch ihren Fokus auf Outdoor-Thermografie ab. Aufgrund der stark unterschiedlichen Anwenderkreise und Fragestellungen erwartet der DKE-Arbeitskreis eine produktivere Normenarbeit bei Trennung von Indoor- und Outdoor-Thermografie.

Eine deutlichere Überschneidung besteht zwischen Outdoor-PV-Thermografie und der klassischen Elektro-Thermografie (EI-Th) an Anschlusskästen. Entsprechend hat der VATH die PV als eigenständiges Kapitel in seine Niederspannungs-Richtlinie integriert. Fokus des DKE-Entwurfs sind die Anforderungen an den Messablauf und die Dokumentation. Diese können sich auch von der EI-Th erheblich unterscheiden.

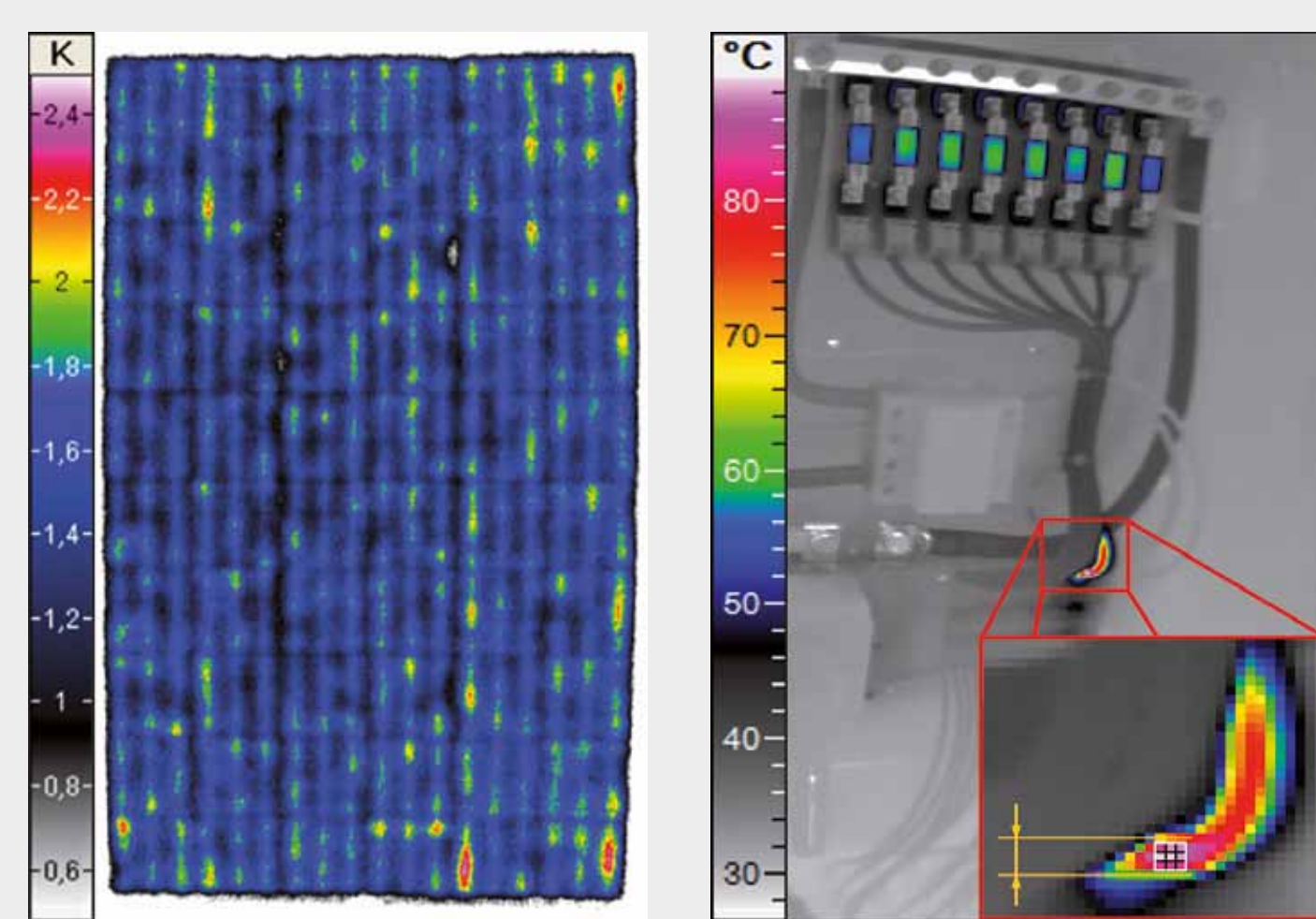


Abb. 1a

Abb. 1b

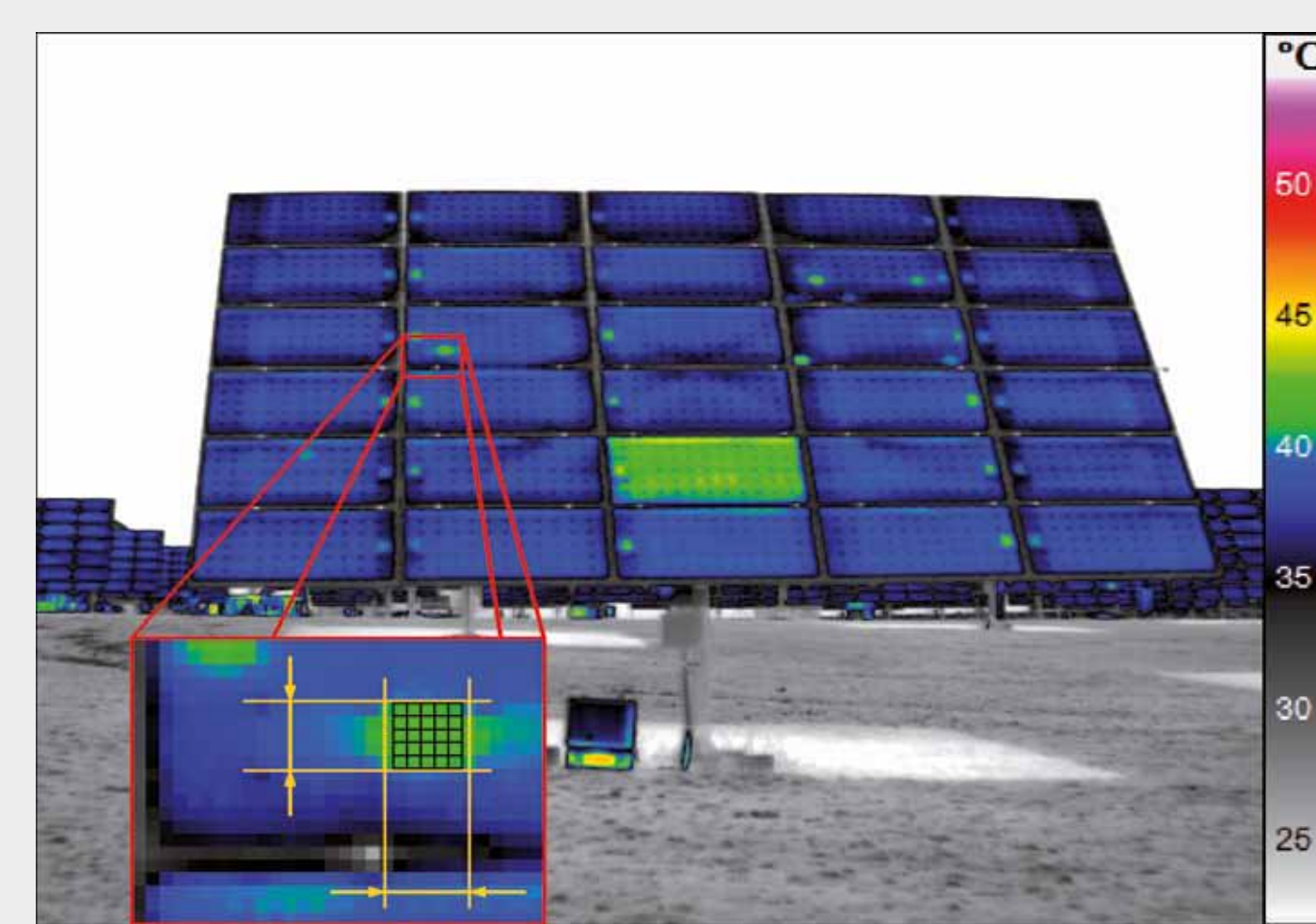


Abb. 2

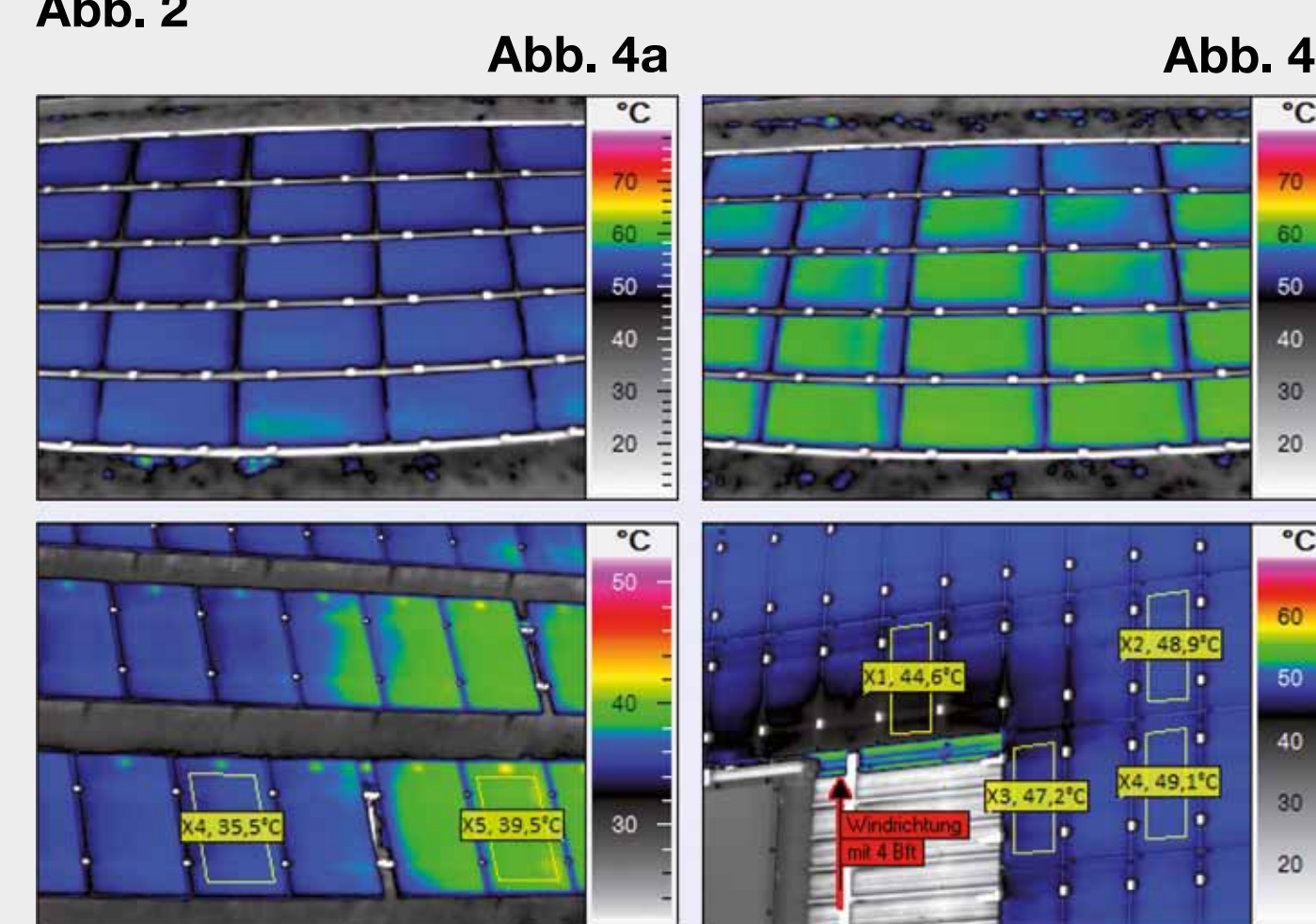


Abb. 4a

Abb. 4b

Abb. 4c

Abb. 4d

Abb. 1a: Labor-Modul mit und ohne Bestromung im Differenzbild. Im Labor werden mehrere IR-Messtechniken wie z. B. Pulse- oder Lock-in-Thermografie eingesetzt. Diese haben wenige Berührungspunkte zur Outdoor-Thermografie am Generator (**Abb. 2**).

Abb. 1b: Elektro-Thermografie an einem GAK mit Übergangswiderstand an einem Klemmabgang.

Abb. 1b und 2: Anforderungen an den Messablauf variieren zwischen EI- und PV-Thermografie. Als geometrische Mindestauflösung fordert die EI-Th den Durchmesser von Kabelabgängen mit einem realen Messfleck (3 x 3 ideale Pixel) aufzunehmen. Für die PV-Th wurde eine Mindestanforderung von 5 x 5 Pixeln zur Abbildung kristalliner Zellen erarbeitet.

Zur Reduzierung störender Umgebungseinflüsse sind Mindestanforderungen an die Aufnahmebedingungen zu stellen.

Abb. 3: Die Blickwinkel α und β sollten zur Reduzierung von Reflexionseinflüssen möglichst groß sein und sich möglichst wenig unterscheiden.

Abb. 4a und 4b: Die Temperaturdifferenz zwischen Generator im Betrieb und im Leerlauf beträgt nur 2 - 7 K. Überlagerungen durch Wolkenreflexion (**Abb. 4c**) und Wind (**Abb. 4d**) liegen in derselben Größenordnung. Für nachvollziehbare Messungen sind deshalb Grenzwerte für Umgebungseinflüsse festzulegen und deren Dokumentation gefordert.

3 Inhalte der Richtlinien

Die Ausbildung des Thermografen ist eine weitere zentrale Anforderung. Analog zu Richtlinien der EI-Th seitens des VATH und des Verbands der Sachversicherer (VdS) ist für vollumfängliche PV-thermografische Prüfungen das Wissen vergleichbar einer ISO 9712 Stufe 2 Ausbildung notwendig.

Als Kompromiss wird für vereinfachte Inbetriebnahmeprüfungen auch ein zweitägiger PV-Th.-Kurs akzeptiert. Derart Eingewiesene erhalten in den Richtlinien zusätzliche Orientierung über Listen typischer thermischer Auffälligkeiten (tA) und zugehöriger Handlungsempfehlungen.

Die Definition allgemein anerkannter Grenzwerte, zum Nachweis von Mängeln in Modulen, ist Ziel aller Richtlinien. Die Zusammenarbeit mit Modulherstellern im DKE-AK ermöglicht erste Festlegungen. Dieser Prozess wird langfristig weitere Studien zum Thema erfordern.

Thermogramm mit Auffälligkeit (tA)	Fehler	Handlungsempfehlung
	Ein Substring im Leerlauf	Modulaustausch vornehmen, bei möglicher Relevanz für Bandschutz (brennbares Material unter dem Modul) Modul umgehend außer Betrieb nehmen
	Mehrere Substrings im Leerlauf	Modulaustausch vornehmen

Thermogramm mit Auffälligkeit (tA)	Fehler	Handlungsempfehlung
	Modul(e) im Kurzschluss	Anschluss der Module bzw. des Strings und Betriebszustand des Wechselrichters prüfen. Thermograf Stufe 2 oder PV-Sachverständigen hinzu ziehen.
	Modul(e) verpolt	Polarität bzw. Stromflussrichtung durch die Module bzw. durch den Teilstrom prüfen

Tabelle: Teil der Liste thermischer Auffälligkeiten aus der VATH-Niederspannungsrichtlinie;

Die Tabelle richtet sich an Anwender mit geringer Erfahrung. In Kombination mit einer zweitägigen Schulung, soll die Liste das Erkennen einfacher und häufiger thermischer Muster erleichtern. Diese sind meist auch ohne Messungen absoluter und relativer Temperaturen nachvollziehbar. Versierten Nutzern dienen ausgelesene Temperaturen häufig als Plausibilitätskontrolle.

Die meisten übrigen ca. 100 bekannten Fehlerbilder sind nicht auf eine einfache Mustererkennung und kurze Handlungsempfehlung reduzierbar.

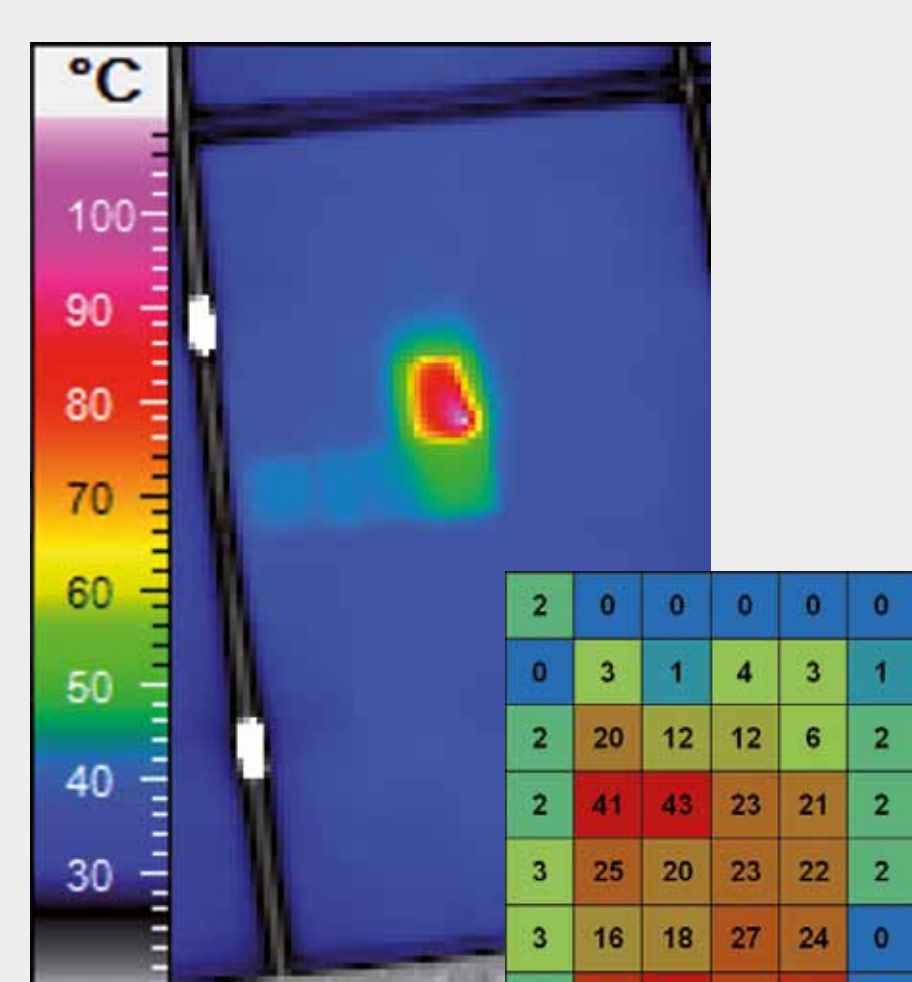


Abb. 5a

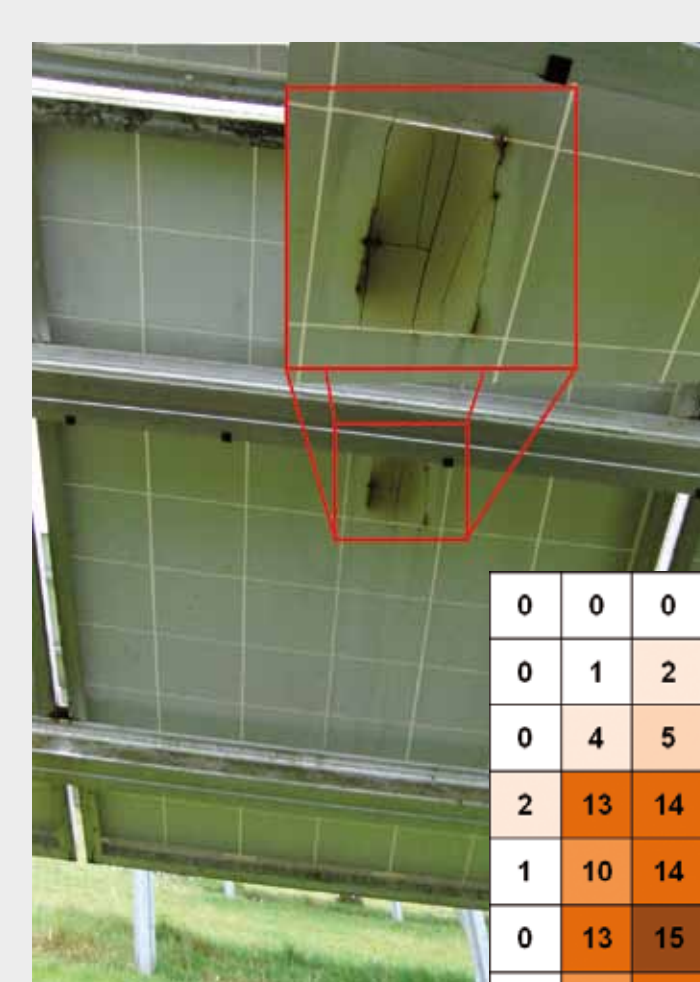


Abb. 5c

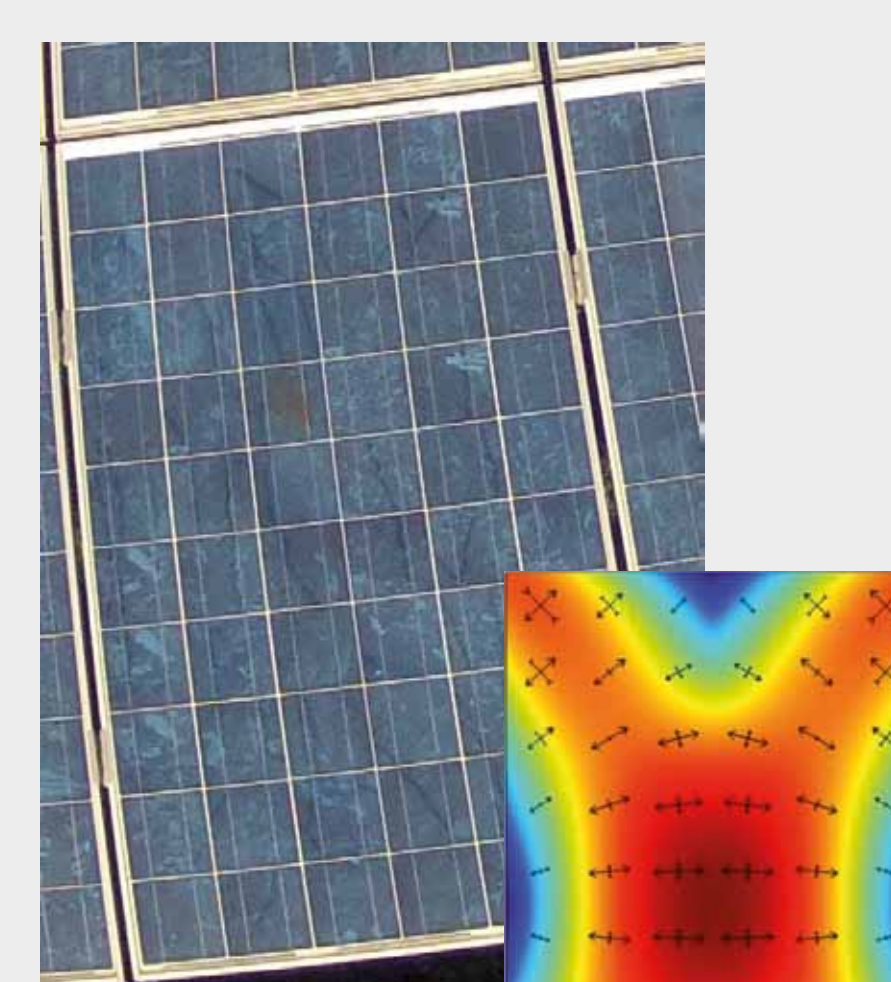


Abb. 5e

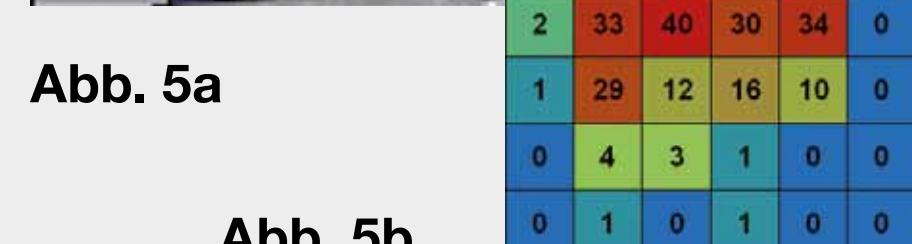


Abb. 5b

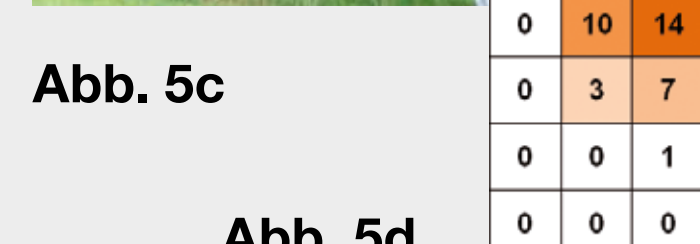


Abb. 5d

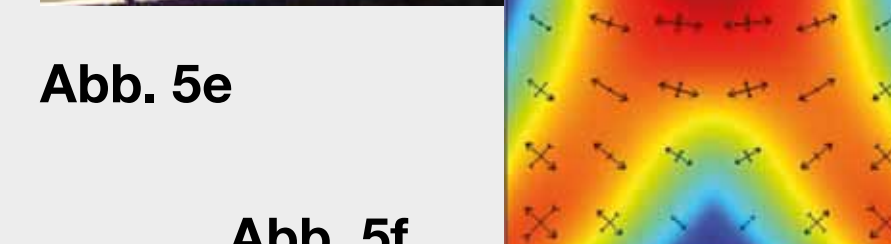


Abb. 5f

Abb. 5a-e: Die Bilder zeigen eine aktuelle Langzeitstudie zur Stabilität von Modulen mit Zellbrüchen.

Die oberen **Abb. 5a, 5c** und **5e** zeigen exemplarisch das Thermogramm und die beiden Lichtbilder (mit Schnecken Spuren) eines von 600 Modulen mit tA.

Abb. 5b zeigt die Häufungsverteilung der thermisch aktivsten Zellen. Entsprechend ist **Abb. 5d** die Häufungsverteilung der Zellen mit einer visuell erkennbaren Degradation der Rückseitenfolie als Indikator für die thermische Langzeitbelastung.

Abb. 5f zeigt im Vergleich eine flächige simulierte Druckbelastung einer Scheibe mit festem Rahmen;

Quelle: Kajari-Schröder S. (ISFH Hameln) „Mikrorisse in PV-Modulen unter mechanischer Belastung“; PV-Symposium, Bad Staffelstein 2011

4 Zusammenfassung

Aktuell sind die Verabschiedung einer nationalen Vornorm bis Ende 2015 und der Beginn einer internationalen Arbeit beim IEC die nächsten Ziele. Bis es hier zu neuen Veröffentlichungen kommt, bietet die VATH-Niederspannungsrichtlinie Orientierung (www.vath.de/regelwerke).

Weitere Studien werden die Aussagekraft des Verfahrens langfristig steigern. Zunächst stehen gemeinsame **Mindeststandards** bei der Bildaufnahme im Vordergrund. Hierzu zählen die geforderte Ausbildung, die geometrische Mindestauflösung sowie eine korrekte und voll-

ständige Dokumentation. Diese sind Basis vergleichbarer und aussagekräftiger Untersuchungsergebnisse.

Unser Dank gilt den Unterstützern und Teilnehmern der VATH- und DKE-Arbeitskreise.

¹⁾ HaWe Engineering GmbH (vormals Solarschmiede Engineering) Mühlthaler Weg 1 82131 Gauting-Hausen Tel.: 089 993071-0 Fax: 089 993071-9 weinreich@hawe-eng.com www.hawe-eng.com

²⁾ Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. LV Berlin Brandenburg Wrangelstraße 100 10997 Berlin www.dgs-berlin.de