



Stand der Richtlinien und Normenarbeit zur Photovoltaik - Thermografie



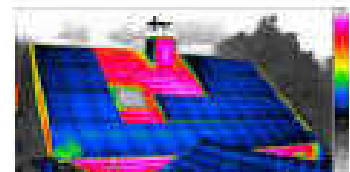
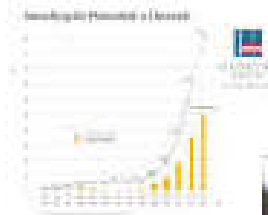
STANDARDS
GEBEN
ORIENTIERUNG!

Referent
Bernhard Weinreich



Inhaltsverzeichnis

- PV-Markt in Österreich heute
- Stand der Technik PV-Thermografie
- Anwendungsfelder im österreichischen PV-Markt
- Motivation für eine PV-Thermografie-Norm
- Bisherige Historie Richtlinienarbeit
- Exemplarische Inhalte der aktuellen Richtlinie
- Weiterführende Quellen für PV-Thermografie-KnowHow
- Fazit



DKE
VDE 0761



IEC





TABLE 1 EUROPEAN SOLAR PV MARKET AND PROSPECTS

	Annual installed Capacity 2014 (MW _p)	Cumulative installed Capacity 2014 (MW _p)	Political support prospects
Austria	180	757	Yes
Belgium	65	3,144	Yes
Bulgaria	7	1,033	No
Croatia	11	10	Yes
Czech Republic	2	11,134	No
Denmark	47	406	Yes
France	307	6,433	Yes
Germany	1,488	34,006	Yes
Greece	17	2,594	Yes
Italy	385	11,011	Yes
Italy	6	10	Yes
Netherlands	100	1,341	Yes
Poland	27	14	No
Portugal	110	417	Yes
Spain	71	1,223	Yes
Slovakia	0,4	284	Yes
Spain	21	3,188	No

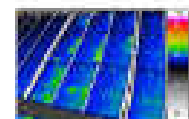
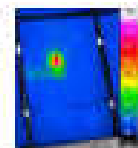
Quelle: Solar Power Europe



ca. 4 MW im
Bildausschnitt
entspricht für Österreich:
1. Gesamtleistung 2000
2. Installation in 2008
3. Größte Anlage in 2015



- PV-Thermografie ist nicht „Hot-Spots finden“!
- PV-Thermografie ist ein differenzierendes Analyseinstrument für:
 - > 40 x schleichende bis Brandschutz-relevante Modulfehler
 - alle Arten von Planungs- bis Installationsfehlern
 - viele weitere Problemen von Verschmutzung auf, bis zu mechanischen Fehlern unter den Modulen, etc.
- Aber: Wirtschaftlicher Einsatz und Kombination mit anderen PV-Analyse-Verfahren ist immer im Blick zu halten!
- Die Entwicklung des Verfahrens ist noch lange nicht am Ende.

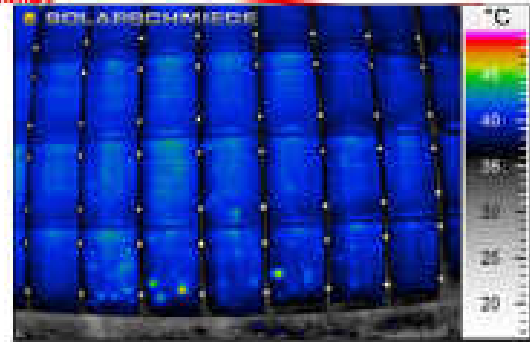




Exemplarische Planungsfehler

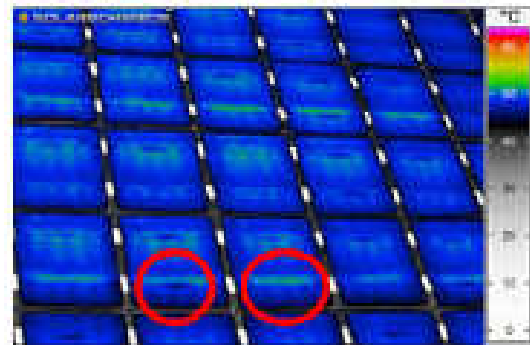
- Verschattungen (Reinigungsintervalle)
- PID sensible Module ohne negative Erdung
- Mismatch wegen variierender Orientierung oder fehlerhafter Systemzusammenstellung (normale WR mit mehreren MPP-Trackern, SunPower-Modul, variierende Stranglängen)

Δ Azimut



Exemplarische Installationsfehler

- Visualisierung der Klemmpositionen
- Falsch angeschlossene Module im Leerlauf, Kurzschluss oder mit Verpolung
- Flächig fehlende Gummiauflager zwischen Modul und Oberprofil; Folge: Vollständige Deinstallation einer MW - Anlage zur Wahrung der Modulgarantie



- **Kleine PV-Anlagen unter 100 kW**
PV - Thermografie nur durch Installateur, lokale Bau- und Elektrothermografen oder bei konkretem Verdacht kosteneffizient.



- **Mittlere PV-Anlagen 100 kW – 1 MW**
PV-Thermo. als zusätzliche Maßnahme zur Qualitätssicherung immer sinnvoll

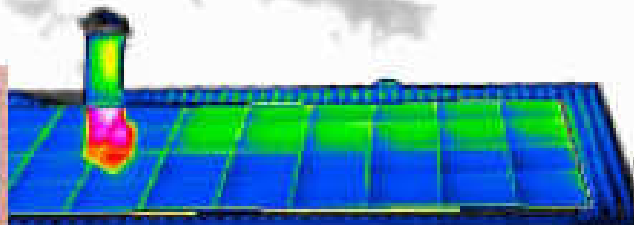
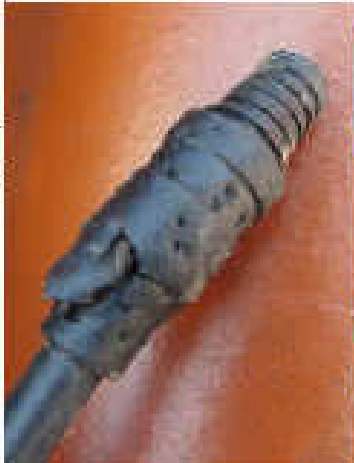
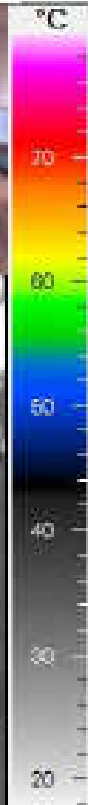
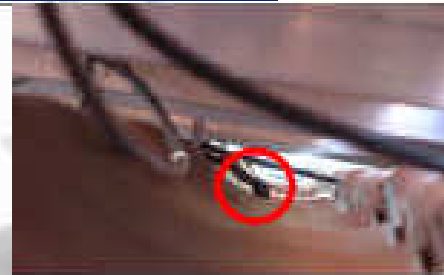
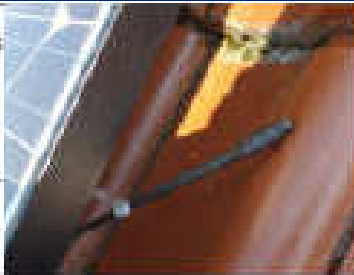


- **Große PV-Anlagen über 1 MW (≙ 2 Hektar)**
PV-Thermo. auch bei Mehrfachmessungen über die Anlagen-Lebensdauer immer wirtschaftlich (3.Monat; 1,5.Jahr; alle 6 J.)





Datensatz:
 R_21979.jpg.cs
 Datum:
 17.09.2015
 Zeit: 15:50:28
 Kamera S.-Nr.:
 Bearb.:
 17.09.2015
 Emission: 0,9
 Umg.-Temp.:
 20,0°C
 Projekt: k.A.
 Einstrahlung:
 700 W/m²
 Wind: 105-Ost
 Lufttemp.: 24°C
 Modulwirkungs-
 grad: 14%
 Modulabschnitt:
 Emission: 0,8



Geometrische Auflösung und
 Blickwinkel nicht Richtlinien
 konform für Modulbewertung!

Für die Detektion des Modulstring-
 fehlers aber völlig ausreichend!



-> siehe Kapitel VATh-Beurteilung	Jahr der Messung:		2009		2010		2011		2012			2013			2014			
	Bericht-Nr.	Firma-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VATh-Mitglied			nein	nein	ja	ja	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja
Art der PV-Anlage			Dach	Freifl.	Freifl.	Dach	Freifl.	Dach	Dach	Freifl.	Dach	Dach	Dach	Freifl.	Freifl.	Freifl.	Dach	Freifl.
Hilfsmittel / Kameraträger			Lift	Lift	Hohl	Lift	?	Lift	?	?	Lift	Hohl	Lift	?	?	?	?	?
7. Kamera - Detektorformat			640	64	640	640	640	320	320	640	640	640	192	384	640	320	320	384
8.1 Korrektur von c. & T _{amb}			nein	nein	ja	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja
8.2 sinnvolle Skalierung			0	0	ja	ja	nein	nein	0	0	0	nein	ja	nein	nein	nein	nein	ja
10.1 Auftraggeber -nehmer			ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	0
10.3 Zielsetzung u. Objekt			ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	0	ja	ja	ja	nein	ja
10.5 Beteiligte Personen			ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
10.7 Messsystemdaten			ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	0	0	ja	ja	nein	nein	ja

Deutliche
in G



Legende:
 = Gebiete mit thermischen Anomalien

Abbildung 1: Nachgestellter Ausschnitt (Urheberrechtsschutz) aus einem PV-Th Gutachten. Dargestellte geometrische Auflösung und Aussagekraft entsprechen dem Original.



- 2011 – Initiierung Normungsprozess durch Solarschmiede (heute: HaWe Engineering)
- 2013 – Start INS/DKE - Vornormenprojekt unter Leitung der DGS - Berlin
- 2014 – Veröffentlichung der ersten Richtlinie durch den deutschen Thermografen Verband VATH
- 2014 – Start DKE - Arbeitskreises unter Leitung der HaWe Engineering
- 2015 – Abschluss INS - Projekt; Antrag NWI an IEC



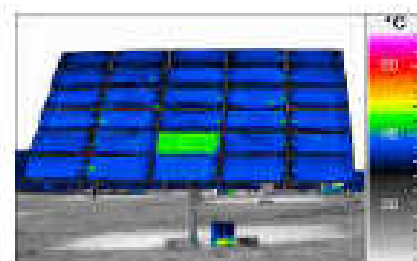
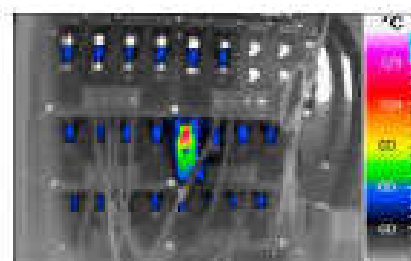
Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie
International Solar Energy Society, German Section

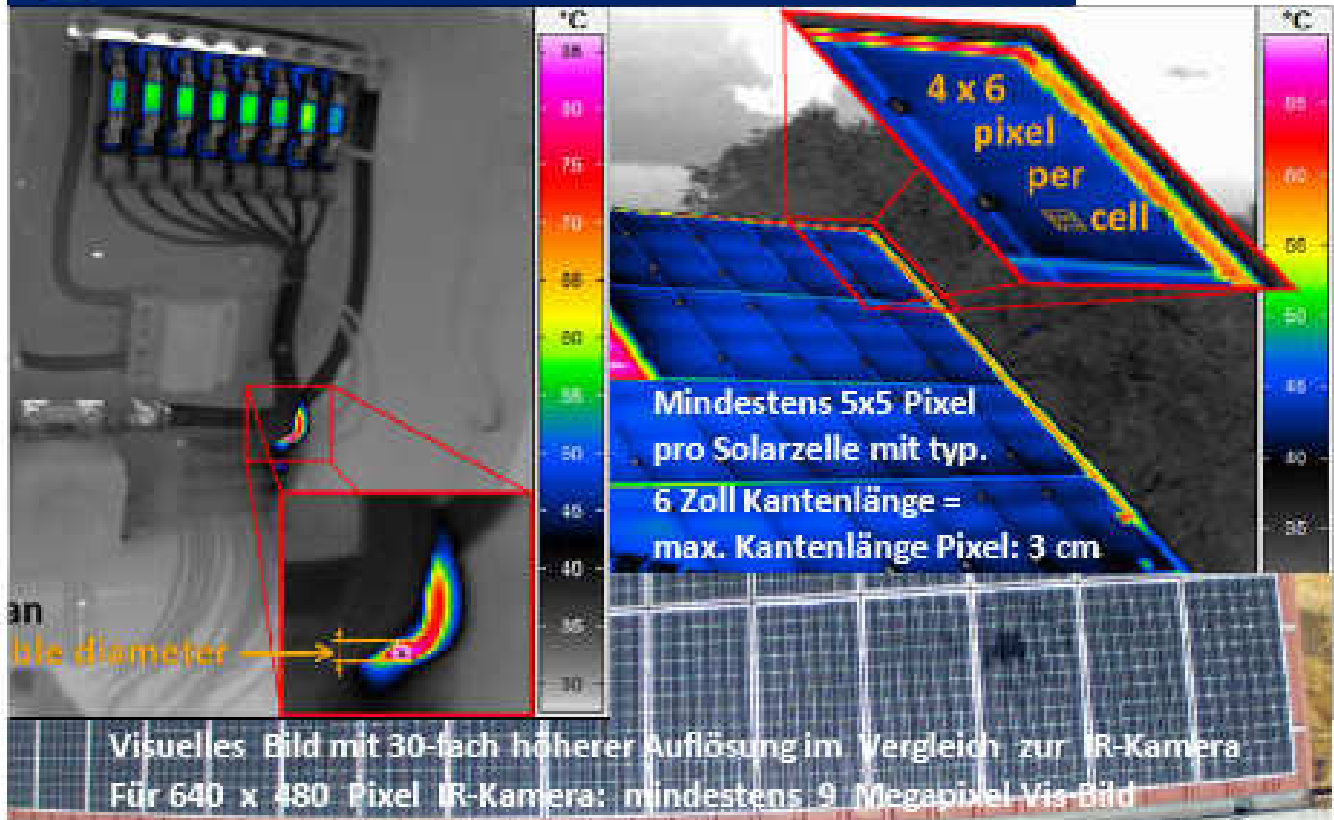


- Richtlinien der Elektrothermografie oft nicht übertragbar bei
 - der Aufnahme der Bilder

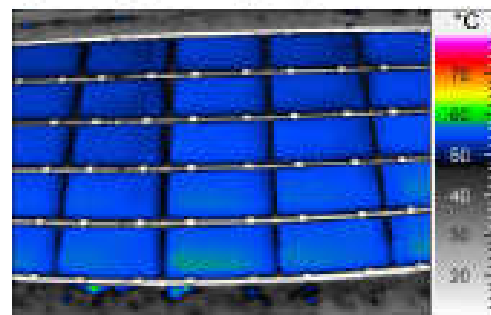
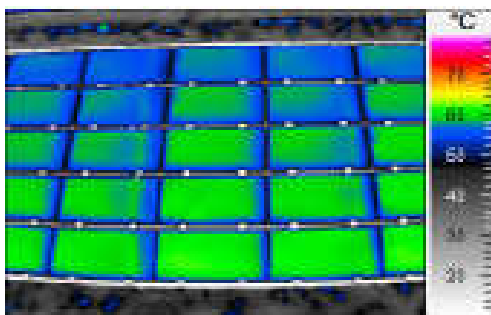
Kapitel VATH	Aufnahmetechnik	a) Elektro -Thermografie	b) Photovoltaik -Thermografie
(13.) 1	Zusätzliche Ausbildung neben Thermografie	Ausbildung als Elektrofachkraft	Kenntnis über PV - Systeme und PV - Messtechnik
(13.) 4	Schutzausrüstung	gegen Stromunfälle	zusätzlich gegen Absturz
(13.) 6	Mindestbelastung	20 % Betriebsstrom	60 % bzw. 600 W/m ² Einstr.
(13.) 7	Geometrische Auflösung der Infrarotkamera	≤ 1,5 mrad bezogen auf Standard-Optik	5 x 5 ideale Pixel pro Solarzelle

- der Interpretation der Bilder

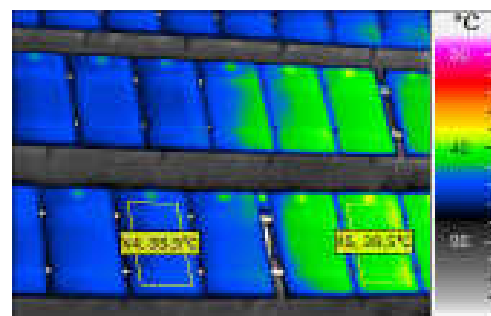
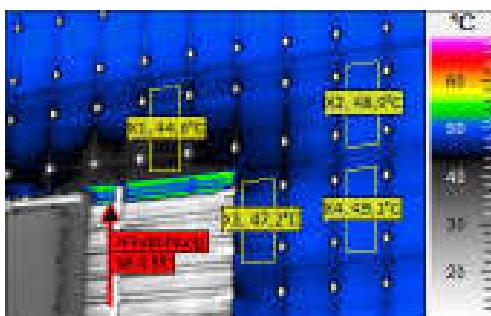




- Betriebszustand des Generators muss (durchgehend) geprüft werden!



- Wetter mit Windrichtung und -stärke, so wie Bedeckungsart und -grad doku.!

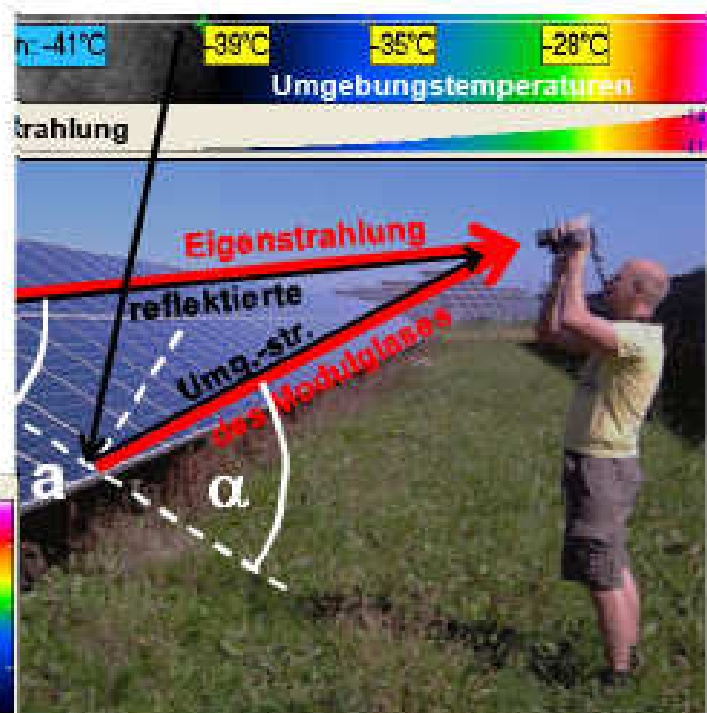
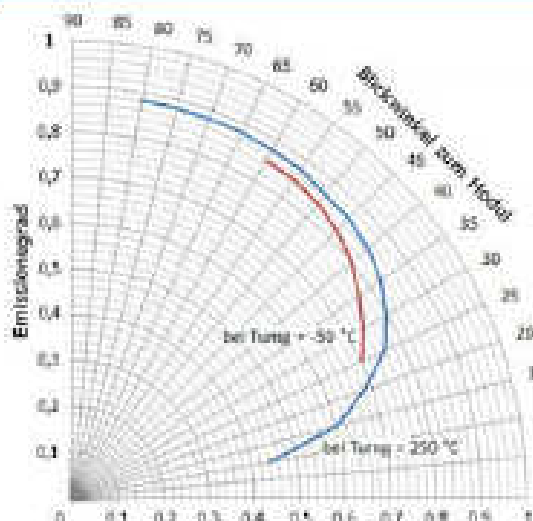




- Die Rahmenbedingungen sind z.T. mit zusätzlichem Messgerät aufzunehmen:

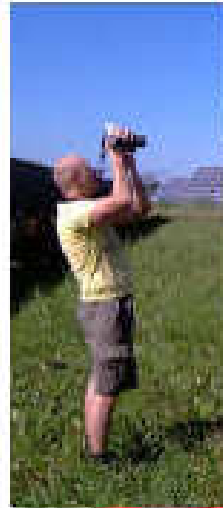
Parameter	Aufnahme- hilfsmittel	Möglicher Grenzwert	Dokumenta- tionsbereich	Sinnvolle Genauigkeit
Einstrahlung	Sensor	$> 400 - 700 \text{ W/m}^2$	alle 1-15 min	Kalibriert mit $\pm 5 \%$
Generator - Betriebszustand	Stromzange- Logger	$> 40 - 70 \%$	alle 1-15 min	$\pm 3 \%$
Lufttemperatur	IR-Kamera oder Fühler	möglichst nahe NOCT (20°C)	alle 15 - 60 min	Kalibriert mit $\pm 2 \text{ K}$
Windstärke	Bft - Skala	$< 3 - 6 \text{ Bft}$	alle 2 - 4 h	$\pm 1 \text{ Bft}$
Bedeckungsgrad	Fotokamera	$< 1/8 - 3/8$	alle 2 - 4 h	$\pm 1/8$

Bft = Beaufort-Skala: gebräuchlich zur Einschätzung der Windstärke nach phänomenologischen Kriterien, beispielsweise anhand der Bewegung von Blättern und Ästen;





- Hebebühnen (Hänger, LKW, Selbstfahrer) bieten zusätzlich Zugang zum Dach
- Hochstative (frei stehend / am Fahrzeug) gute Lösung für Anlagen von 20 - 300 kW
- Fliegende Plattformen unbemannt: sehr flexibel aber mit Grenzen; bemannt: meist erst ab 40 - 100 MW sinnvoll
- Handarbeit zu Fuß: unverzichtbar. KEINE Drohne prüft Kabelschächte, GAKs oder das Innere von Anschlussdosen!



- VATH Richtlinie Elektro - Niederspannung + Photovoltaik (seit 2014)
http://www.vath.de/docs/richtlinien/VATH-Richtlinie_Elektro_NS+PV.pdf



- DKE - Arbeitskreis; Hintergründe siehe Poster B10, Bad Staffelstein 2015

- Diese und weitere Veröffentlichungen unter

<http://www.hawe-engineering.com/publikationen-2/wissenschaftliche-veroeffentlichungen/>



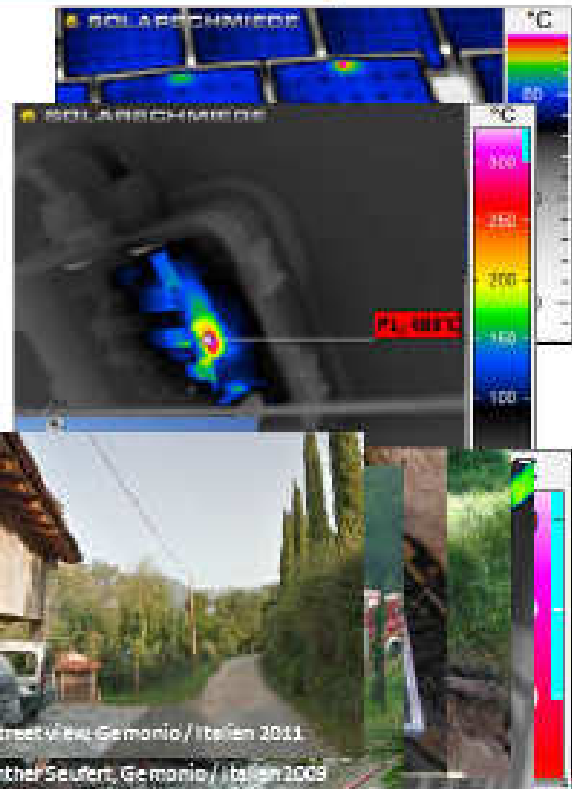
PV - Thermografie ist immer auch Brandschutz!

- 🚩 Kritische Fehler sind nicht immer leicht erkennbar
- 🚩 Brände gehören zur PV wie zu jeder Elektroinstallation. Der Gleichstrom macht es nicht besser!



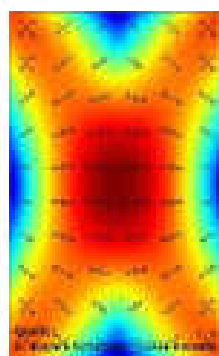
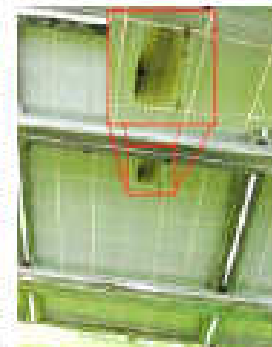
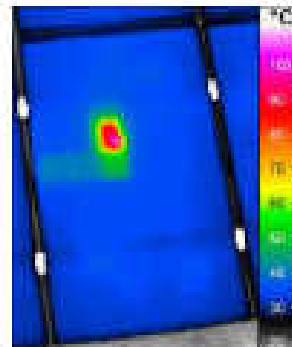
Quelle: Google street View Germano / Italien 2011

Quelle: Günther Seufert, Germano / Italien 2009



Auswertung: 600 Module mit thermisch aktiven Zellbrüchen

- Exemplarisch: Häufungsverteilung von 600 thermisch aktiven Zellbrüchen
- Vergleich mit Verteilung der Degradation der Rückseitenfolien
- Vergleich mit simulierter Druckbelastung:
Quelle: ISFH Hameln Rajni-Schröder S. „Mikrorisse in PV-Modulen unter mechanischer Belastung“ Vortrag, 26tes PV-Symposium, Bad Staffelstein 2011
- Ein mögliches Fazit: Übertemperaturen um AD gehen in der Regel auch von diesen aus



	A	B	C	D	E	F	
1	2	8	8	8	8	8	1
2	8	3	1	4	3	1	2
3	2	28	12	12	8	3	3
4	2	11	18	22	21	3	4
5	3	21	23	23	23	3	5
6	2	18	18	27	28	8	6
7	2	22	24	28	24	8	7
8	1	28	12	18	18	8	8
9	3	4	2	1	8	8	9
10	8	1	8	7	8	8	10

	F	E	D	C	B	A	
1	8	8	8	8	8	8	1
2	8	1	2	1	8	8	2
3	8	4	5	5	7	8	3
4	2	12	14	18	12	8	4
5	1	18	18	13	12	8	5
6	8	12	12	11	8	1	6
7	8	18	18	13	14	8	7
8	8	3	7	7	8	8	8
9	8	8	1	2	8	8	9
10	8	8	8	8	8	8	10



- PV – Thermografie ist ein wertvolles Instrument, dessen Anwendung durch eine gemeinsam mit der PV-Industrie erarbeitete Richtlinie erleichtert wird.
- Einsatzmöglichkeiten müssen immer unter wirtschaftlichen Aspekten im konkreten Fall geklärt werden.
- KnowHow und Ausbildung ist der Schlüssel zu einem wirtschaftlichen Einsatz.
- Auch für den österreichischen Markt gibt es passende Lösungen, die im Detail noch erarbeitet werden müssen.
- Ihre Herausforderung und Ihre Chancen! Viel Erfolg!



Teleskop Sofia

Glücksfall für die deutsche PV - Thermografie

Plötzlich ging das Geld aus: Völlig überraschend ist die Nasa aus dem gemeinsam mit Deutschland betriebenen Teleskop "Sofia" ausgestiegen. Wie es mit dem eine Milliarde Dollar teuren Projekt

weitergeht, ist ganz klar. Im Alexander Stimm mehr... Original: sueddeutsche.de



Quelle: NASA, Photo: Jim Ifo us

Neue Perspektiven gesucht?



Quelle: HaWe Eng. / Weinreich, Luftbild 80 MW Anlage

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !





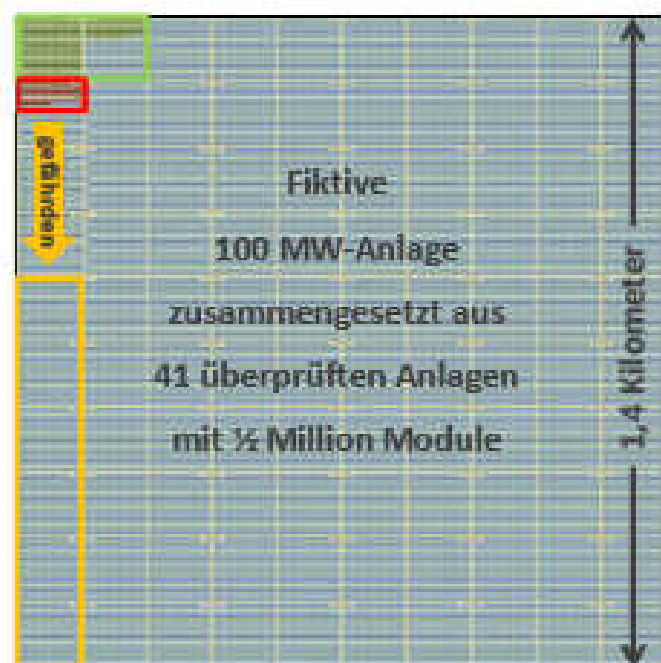
Feldstudie: Einblick in die Ergebnisse

Darstellung der Ergebnisse:

 1 aktives MegaWatt
mit knapp 5.000 Modulen

Leistungsverluste und Mängel

- 1)  knapp 1,5 MW inaktive
Generator-Anteile
- 2)  über 1.500 mangel-
hafte Module ...
- 3)  ... gefährden die Verfüg-
barkeit von etwa 6 MW





1 Modul
von 74 mit
mangelhaften
Anschlussdosen (AD);
(187 weitere Mod. mit
leicht auffälligen AD sind

hier nicht weiter berücksichtigt, da bei diesen keine eindeutige Aussage zur Schadensentwicklung möglich war.)

Anzahl Module	Fehler - Kategorie: mangelhafte Module	Anteil in %	Anzahl Module	Fehler - Kategorie: mangelhafte Module	Anteil in %
I. 74	erwärmte Anschlussdose (AD)	0,016%	152	Substrings (Kurzschluss)	0,033%
913	Substrings (Leerauf / AD Fehler)	0,201%	152	Zellen (erwärmt / erhitzt)	0,033%
II. 26	Lötprünze, Quer- u. Zellverbinder	0,006%	119	Zellbruch, Bröckelbruch	0,026%
72	Substrings (Leerauf / Lötl-Fehler)	0,016%	24	Glasbruch	0,006%

