



## 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

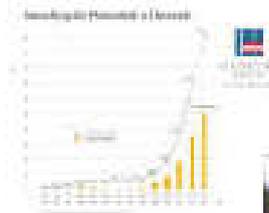




TABLE 1 EUROPEAN SOLAR PV MARKET AND PROSPECTS

	Annual installed Capacity 2014 (MW <sub>p</sub> )	Cumulative installed Capacity 2014 (MW <sub>p</sub> )	Political support prospects
Austria	180	757	☀️
Belgium	65	3,144	☀️
Bulgaria	7	1,033	☀️
Croatia	11	10	☀️
Czech Republic	2	11,134	☀️
Denmark	47	408	☀️
France	307	5,433	☀️
Germany	1,888	34,008	☀️
Greece	17	3,594	☀️
Italy	385	11,013	☀️
Malta	6	10	☀️
Netherlands	100	1,342	☀️
Poland	27	14	☀️
Portugal	110	417	☀️
Spain	72	1,223	☀️
Slovakia	0,4	284	☀️
Spain	21	3,188	☀️

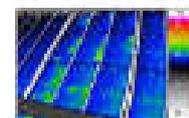
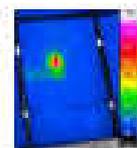
Quelle: Solar Power Europe



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.

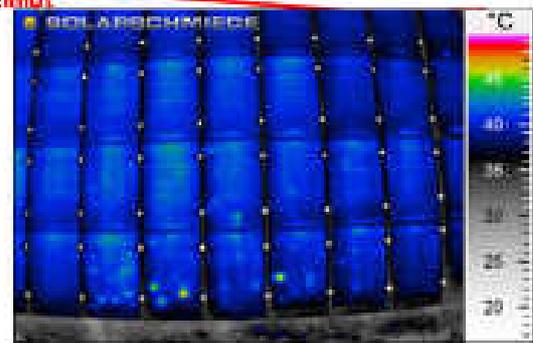




## Exemplarische Planungsfehler

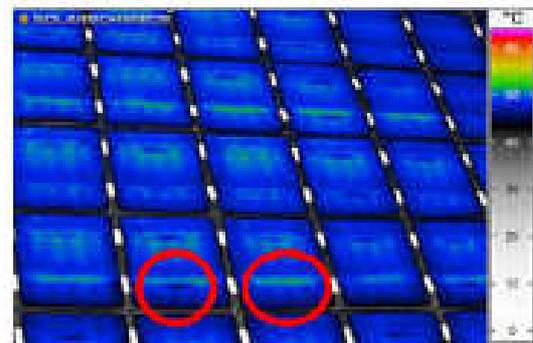
- Verschattungen (Reinigungsintervalle)
- PID sensible Module ohne negative Erdung
- Mismatch wegen variierender Orientierung oder fehlerhafter Systemzusammenstellung (normale WR mit mehreren MPP-Trackern, SunPower-Modul, variierende Stranglängen)

Δ Azimut



## Exemplarische Installationsfehler

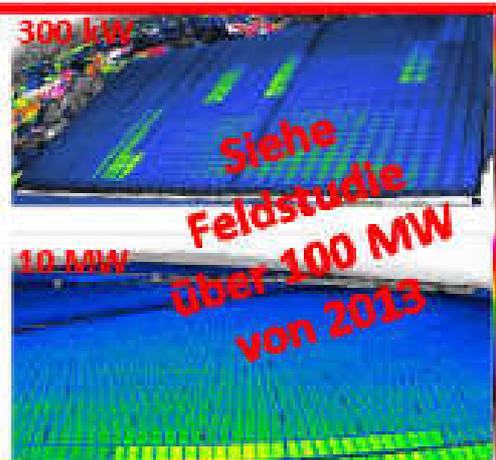
- Visualisierung der Klemmpositionen
- Falsch angeschlossene Module im Leerlauf, Kurzschluss oder mit Verpolung
- Flächig fehlende Gummiauflager zwischen Modul und Oberprofil; Folge: Vollständige Deinstallation einer MW - Anlage zur Wahrung der Modulgarantie



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



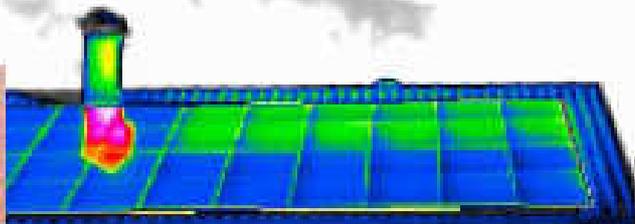
- **Mittlere PV-Anlagen 100 kW – 1 MW**  
PV-Thermo. als zusätzliche Maßnahme zur Qualitätssicherung immer sinnvoll



- **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: 1 BR-Ost  
 Lufttemp.: 24°C  
 Modulwirkungsgrad: 14%  
 Modulabschnitt:  
 Emission: 0,8



Geometrische Auflösung und Blickwinkel nicht Richtlinien konform für Modulbewertung!

Für die Detektion des Modulstringfehlers aber völlig ausreichend!



-> siehe Kapitel V.7.1.1	2009		2010		2011		2012			2013			2014		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bericht-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Firma-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	5	12	13	14
VATh-Mitglied	nein	nein	ja	ja	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja
Art der PV-Anlage	Dach	Freifl.	Freifl.	Dach	Freifl.	Dach	Dach	Freifl.	Dach	Dach	Dach	Freifl.	Freifl.	Freifl.	Dach
Hilfsmittel/Kameraträger	Lift	Lift	Hohl	Lift	?	Lift	?	?	Lift	Hohl	Lift	?	?	?	?
7. Kamera-Detektorformat	640	640	640	640	640	320	320	640	640	640	640	384	384	640	320
8.1 Korrektur von c. & T <sub>amb</sub>	nein	nein	ja	ja	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nein
8.2 sinnvolle Skalierung	0	0	ja	ja	ja	nein	nein	0	0	0	nein	ja	nein	nein	nein
10.1 Auftraggeber-nahmer	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
10.5 Beteiligte Personen	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

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



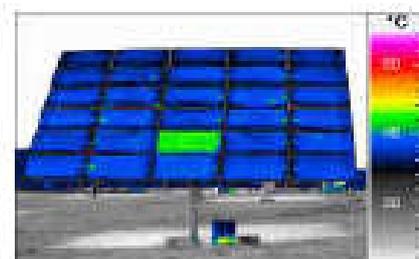
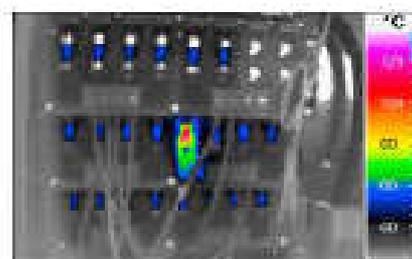
Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie  
International Solar Energy Society, German Section

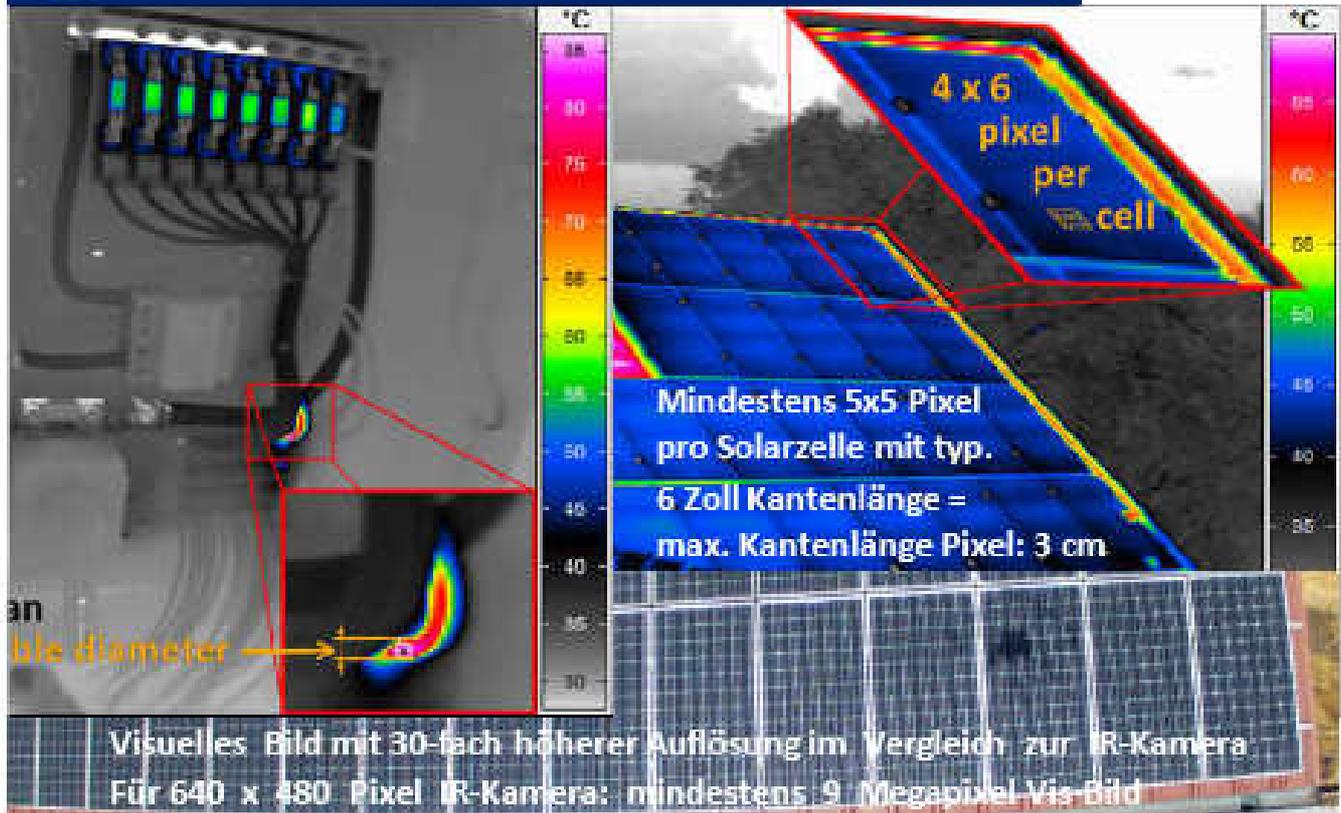


- Richtlinien der Elektrothermografie oft nicht übertragbar bei
  - der Aufnahme der Bilder

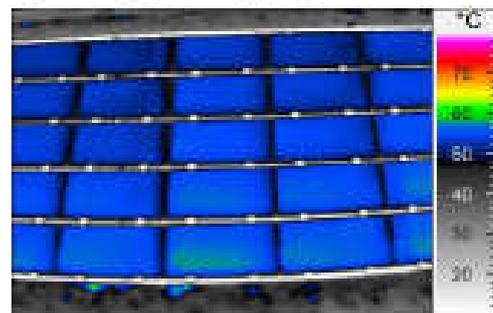
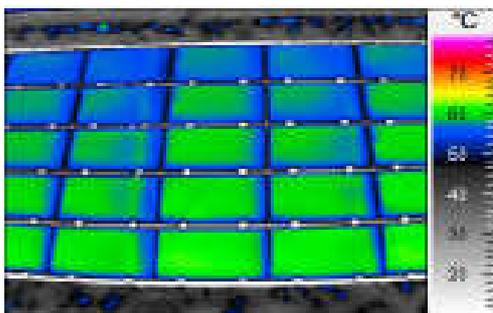
Kapitel VATH	Aufnahmetechnik	a) Elektro -Thermografie	b) Photovoltaik -Thermografie
(13.) 1	Zusätzliche Ausbildung neben Thermografie	Ausbildung als Elektrofachkraft	Kenntnis über PV - Systeme und PV - Messtechnik
(13.) 4	Schutzausrüstung	gegen Stromunfälle	zusätzlich gegen Absturz
(13.) 6	Mindestbelastung	20 % Betriebsstrom	60 % bzw. 600 W/m <sup>2</sup> 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

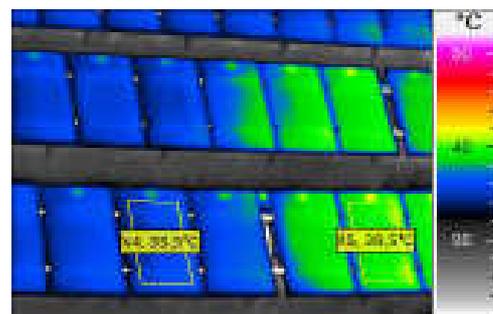
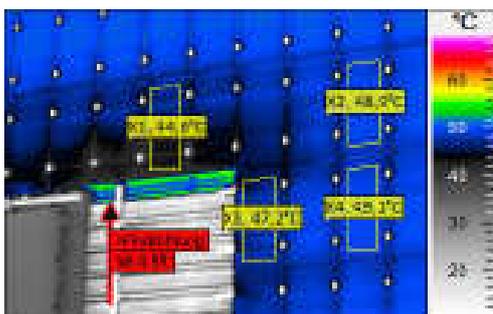




- Betriebszustand des Generators muss (durchgehend) geprüft werden!



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

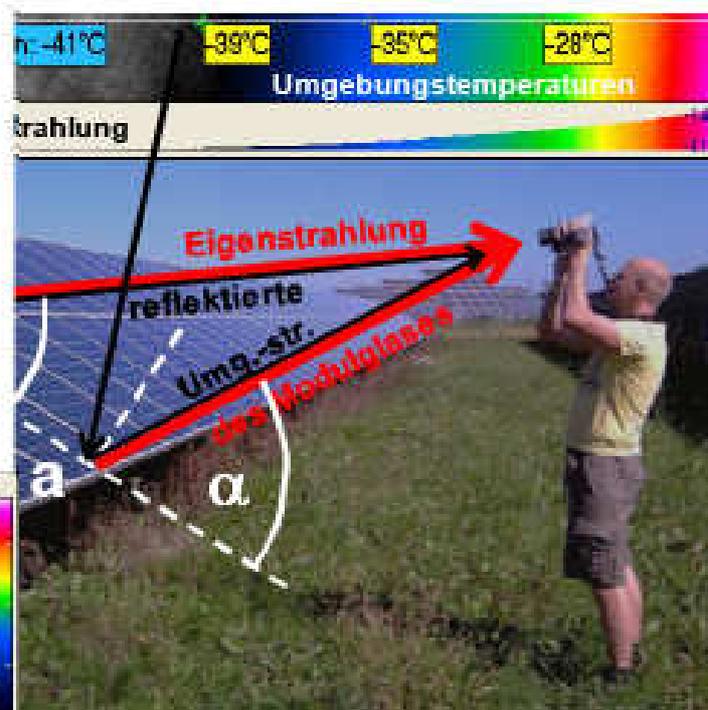
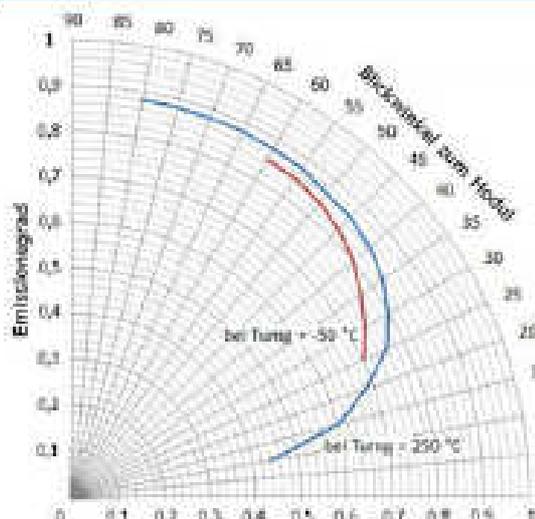




- Die Rahmenbedingungen sind z.T. mit zusätzlichem Messgerät aufzunehmen:

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





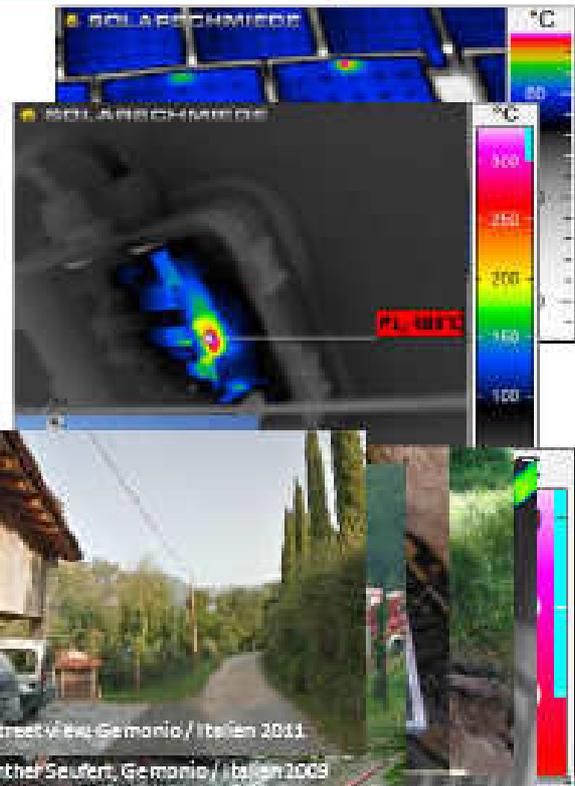
# PV - Thermografie ist immer auch Brandschutz!

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



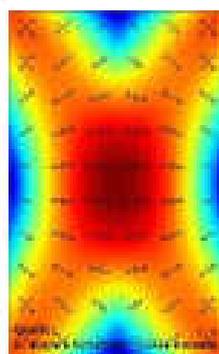
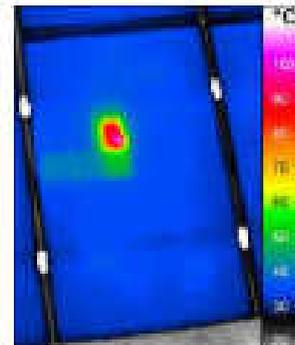
Quelle: Google street View Germano / Italien 2011

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	3	18	18	27	28	8	6
7	2	23	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	1	8	8	8	8	8	1
2	2	8	1	2	1	8	2
3	3	8	4	5	5	7	3
4	4	3	12	14	18	12	4
5	5	1	18	18	13	12	5
6	6	8	12	12	11	8	6
7	7	8	18	18	12	14	7
8	8	8	3	7	7	8	8
9	9	8	8	1	2	8	9
10	10	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 Stirm 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 !



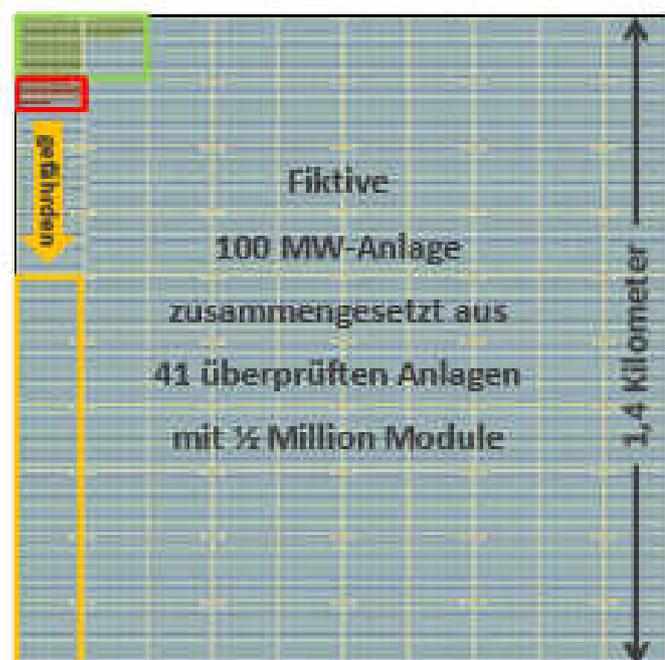
## Feldstudie: Einblick in die Ergebnisse

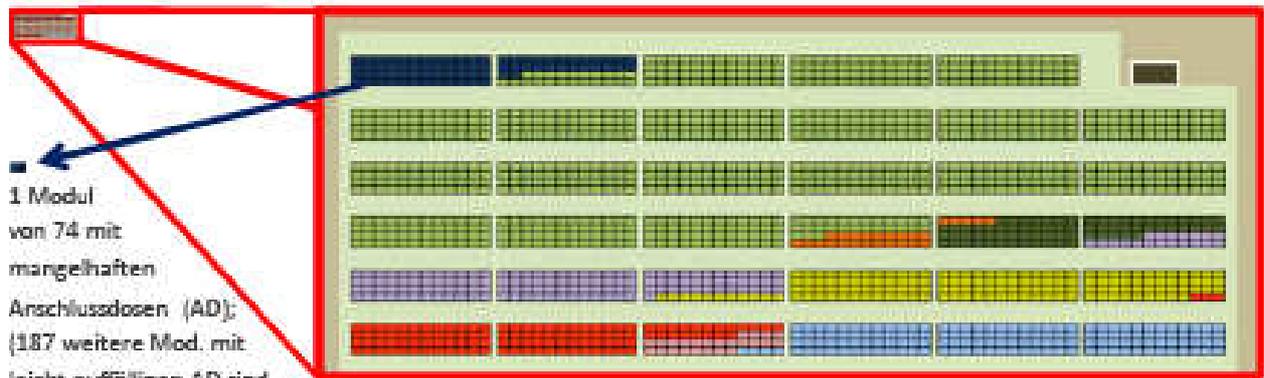
### Darstellung der Ergebnisse:

 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, Bräunbruch	0,026%
72	Substrings (Leerauf / Lötl-Fehler)	0,016%	24	Glasbruch	0,006%

