



# **JENDRA POWER AG**

---

Thermographie mit der Drohne –  
ein wichtiges Hilfsmittel zur  
Qualitätssicherung für  
Photovoltaikanlagen

---

# Über die Jendra Power

Die Jendra Power AG erbringt als zertifizierter Sachverständiger Experten-Dienstleistungen rund um Solarkraftwerke während deren ganzen Lebensdauer. Angefangen bei Standortanalysen, Projektprüfungen in der Planungsphase über Qualitätssicherung beim Bau, Abnahmeprüfungen bis zur Produktionsanalyse und Fehlersuche im Betrieb erbringen wir sämtliche technischen Dienstleistungen.

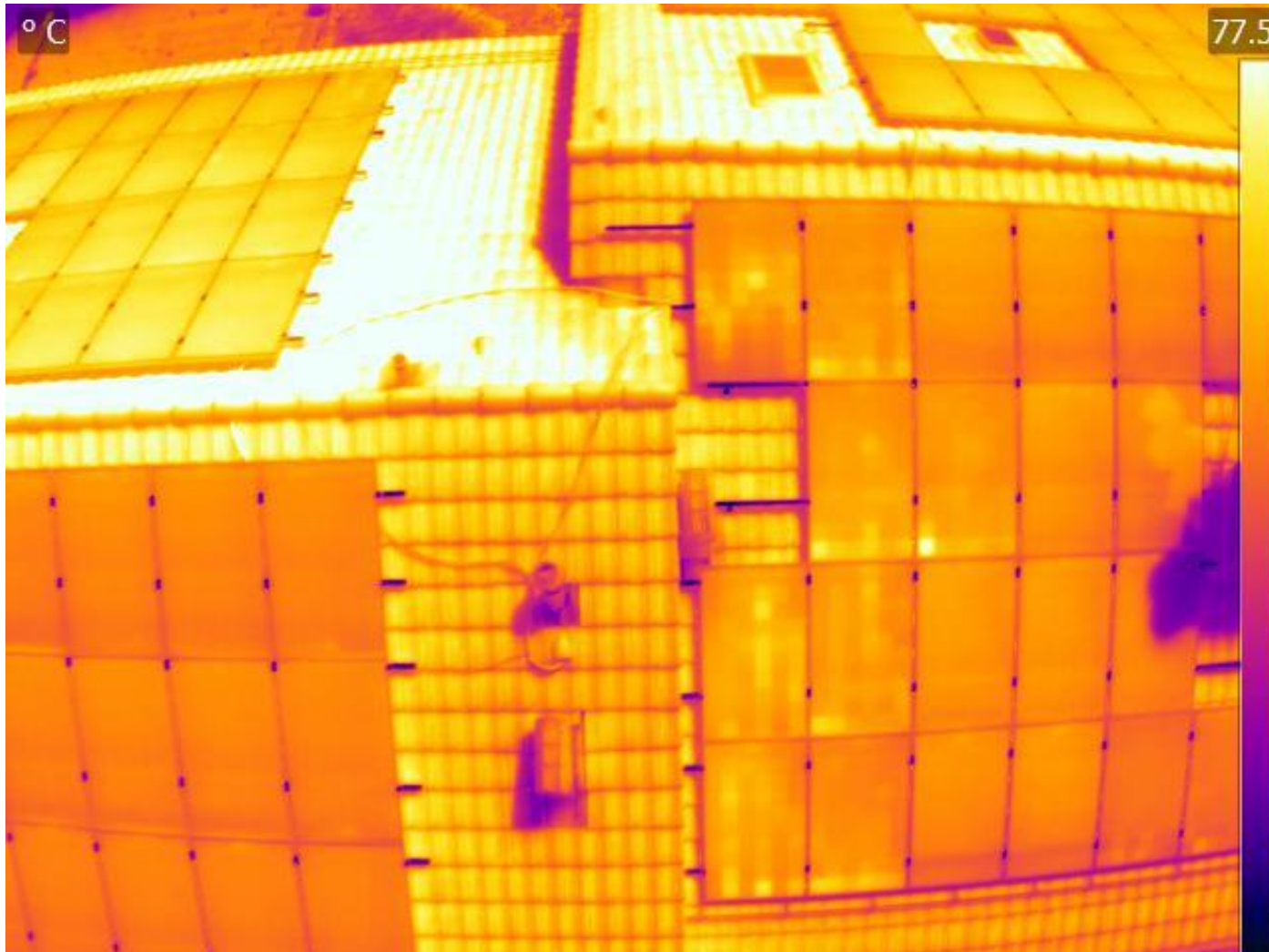
Robert Kröni ist als Solarexperte vom TÜV zertifiziert:



## **Fehler, die in Photovoltaikanlagen erkannt werden können**

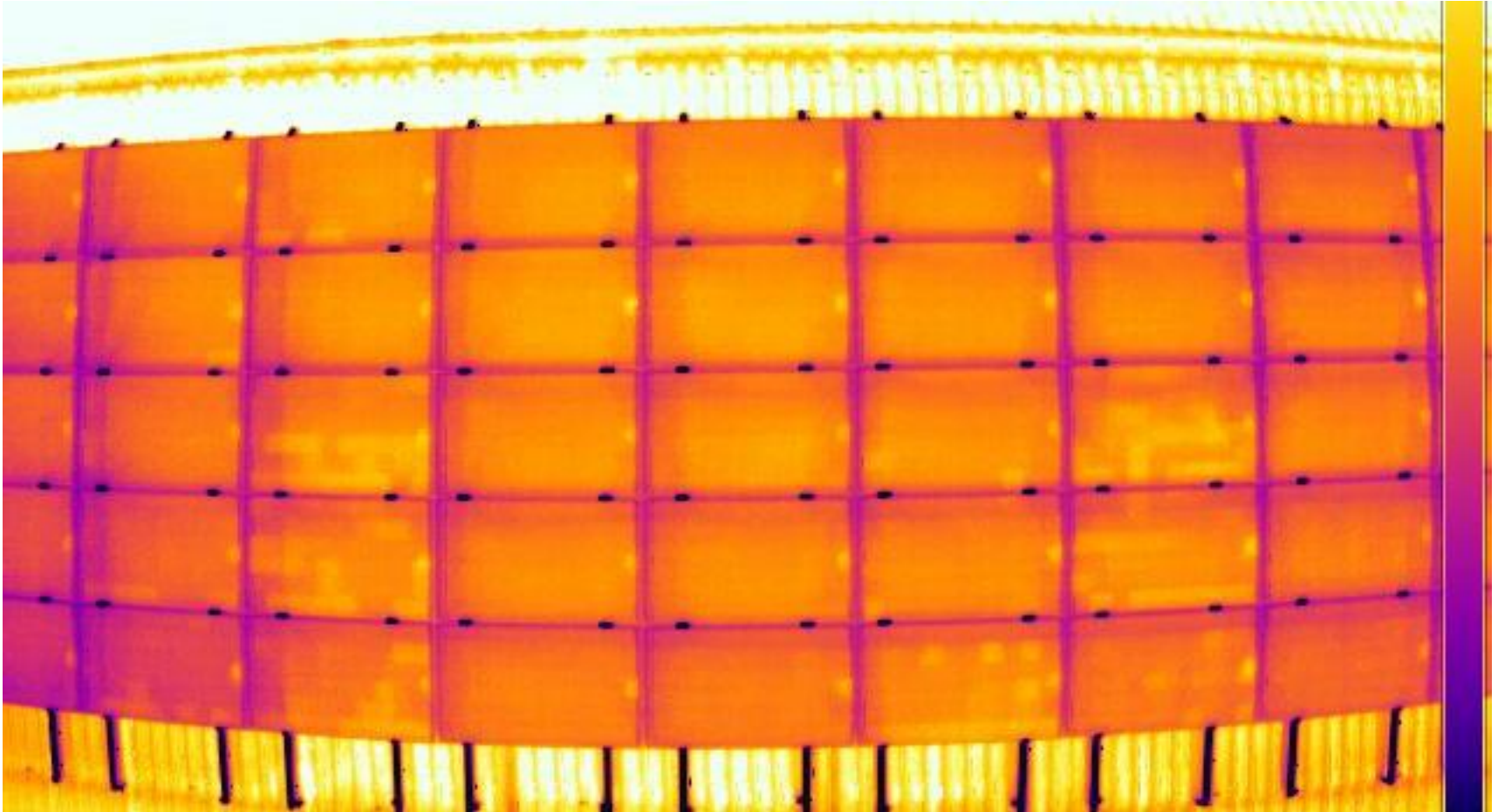
- Potential induzierte Degradation
- Teil- oder Ganzausfälle von Modulen
- Strangausfälle
- Fehler in Anschlussdosen
- kalte Lötstellen
- Strangkurzschlüsse
- defekte Zellen/Herstellungsfehler
- Blitzschäden
- Montagefehler
- Modulbrüche
- Starke Verschmutzung mit Bildung von Hotspot

## Beispiel 1: Potential Induzierte Degradation

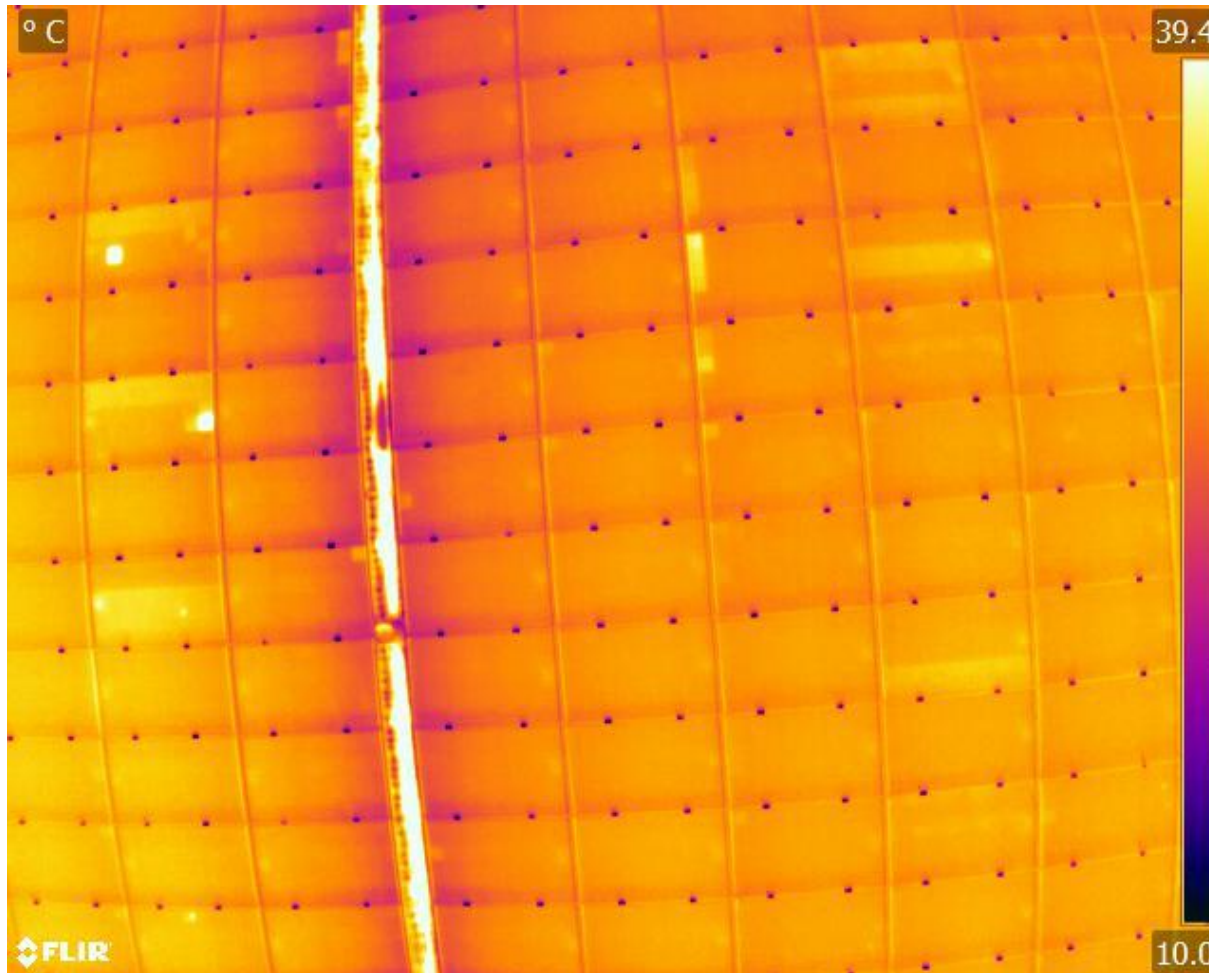




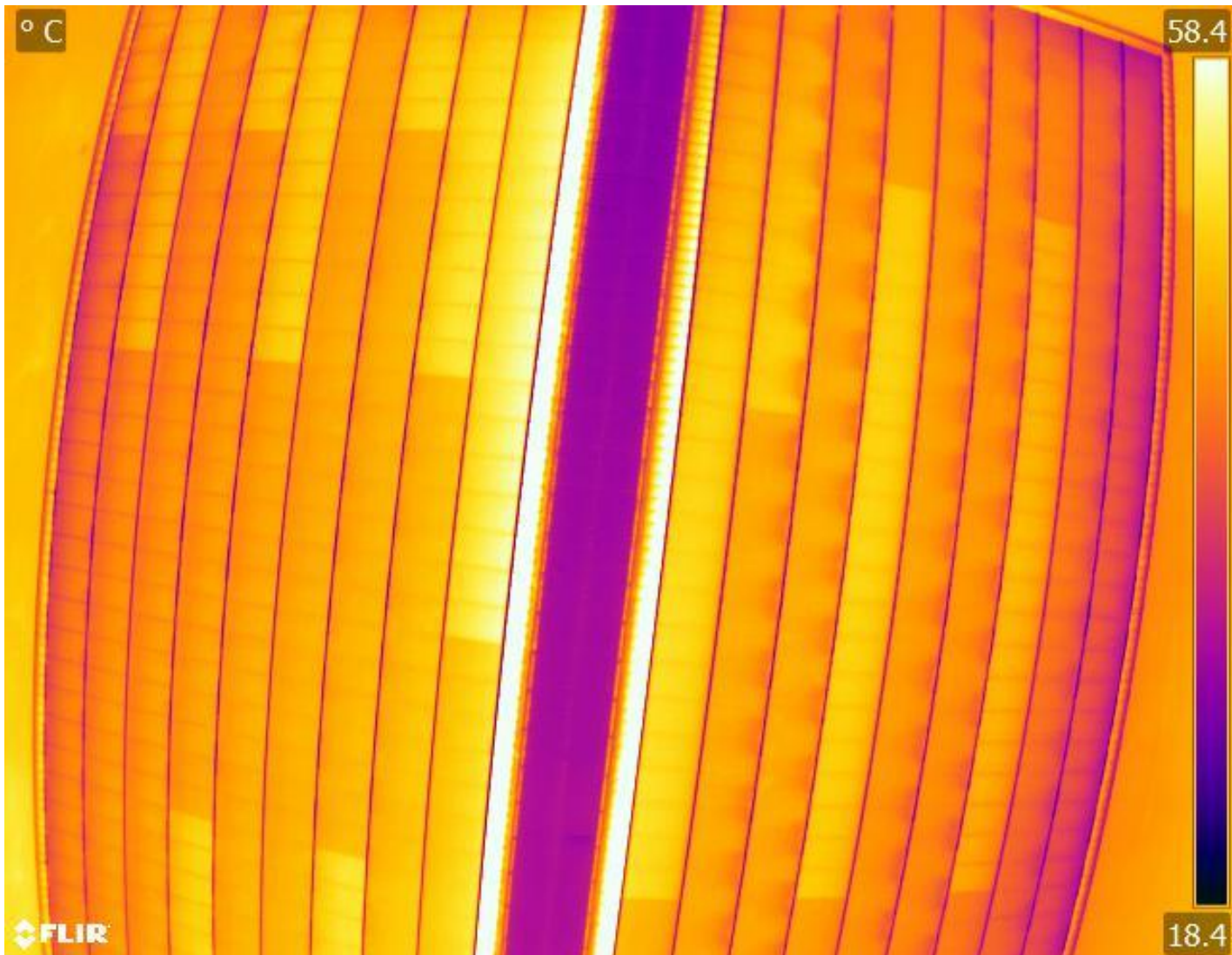
## Beispiel 1: Potential Induzierte Degradation



## Beispiel 2: Teilausfälle, Verschmutzung, Schatten, Zellfehler

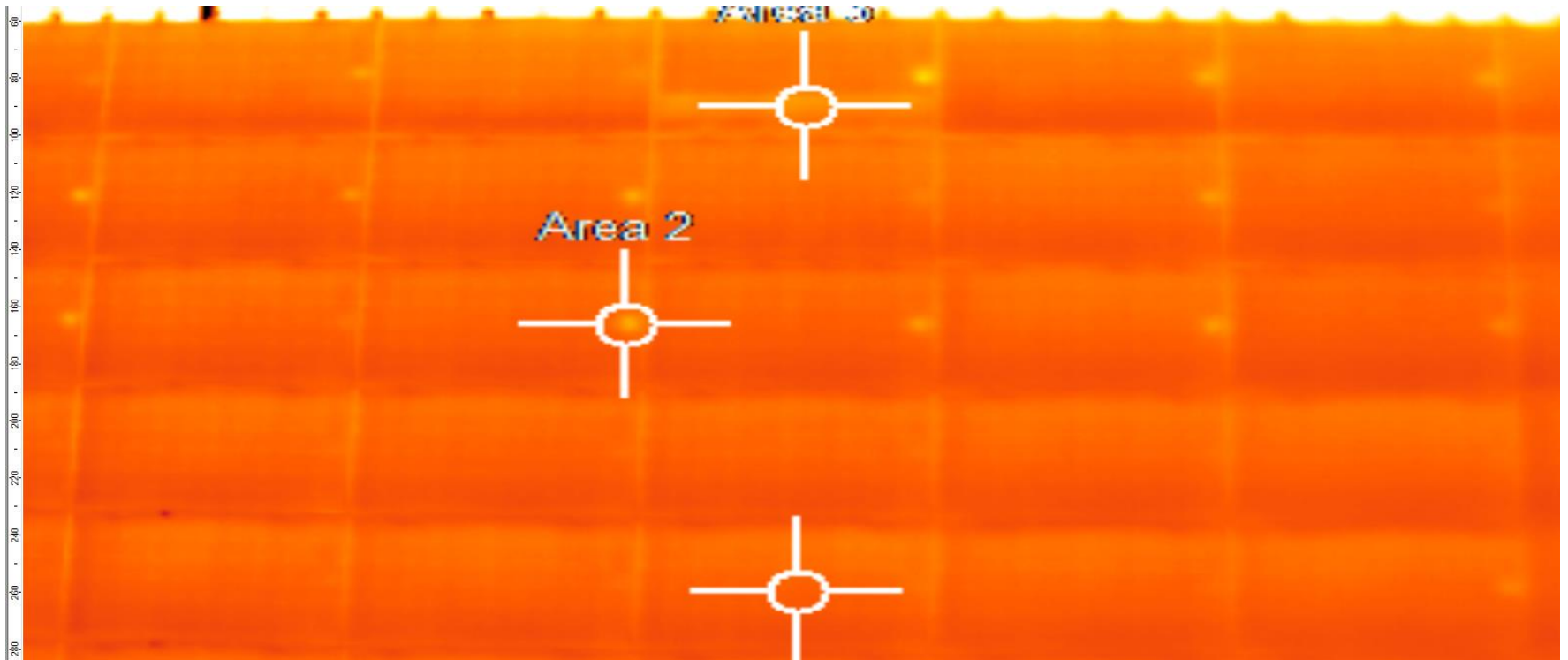


## Beispiel 3: Strangausfälle

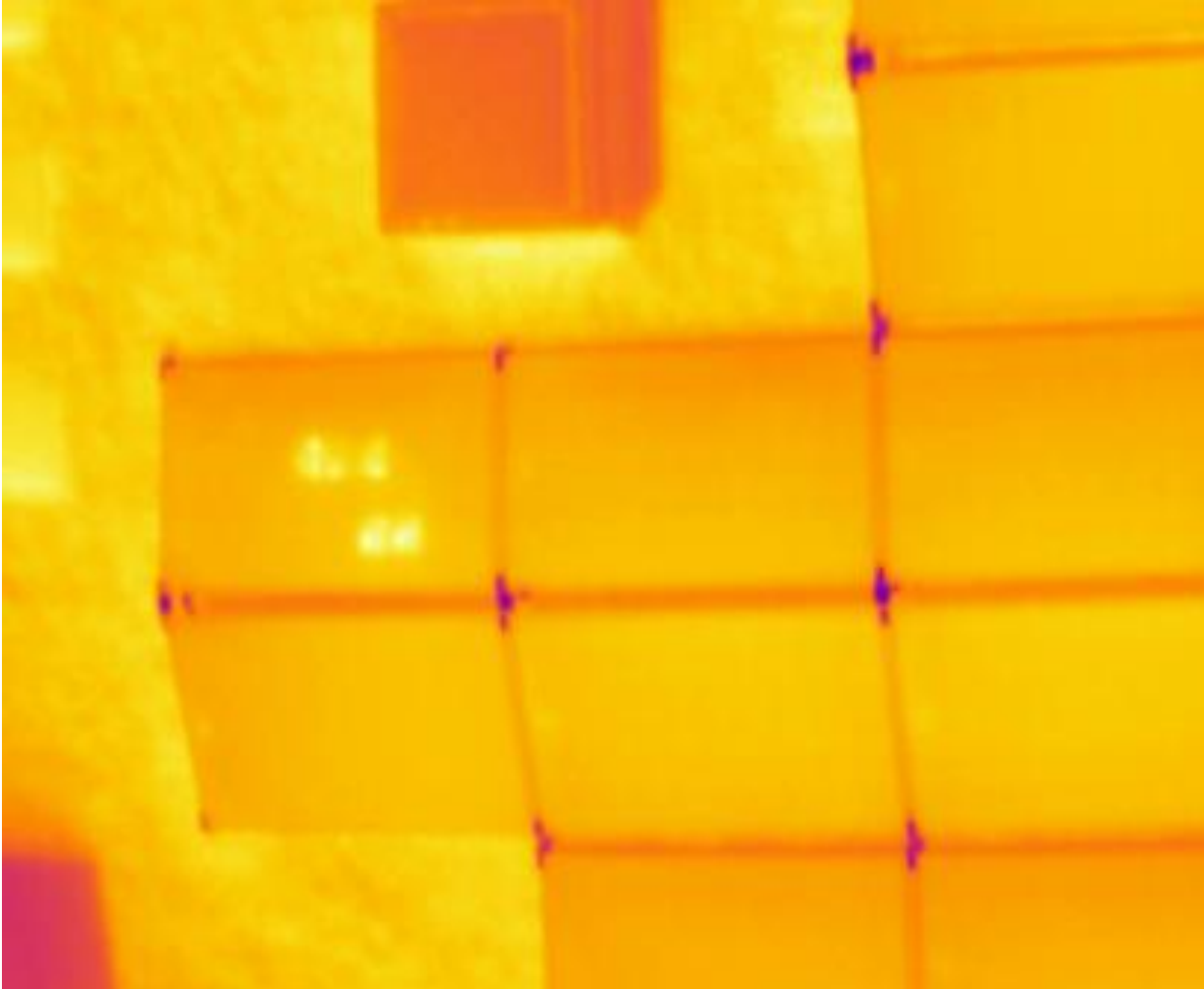




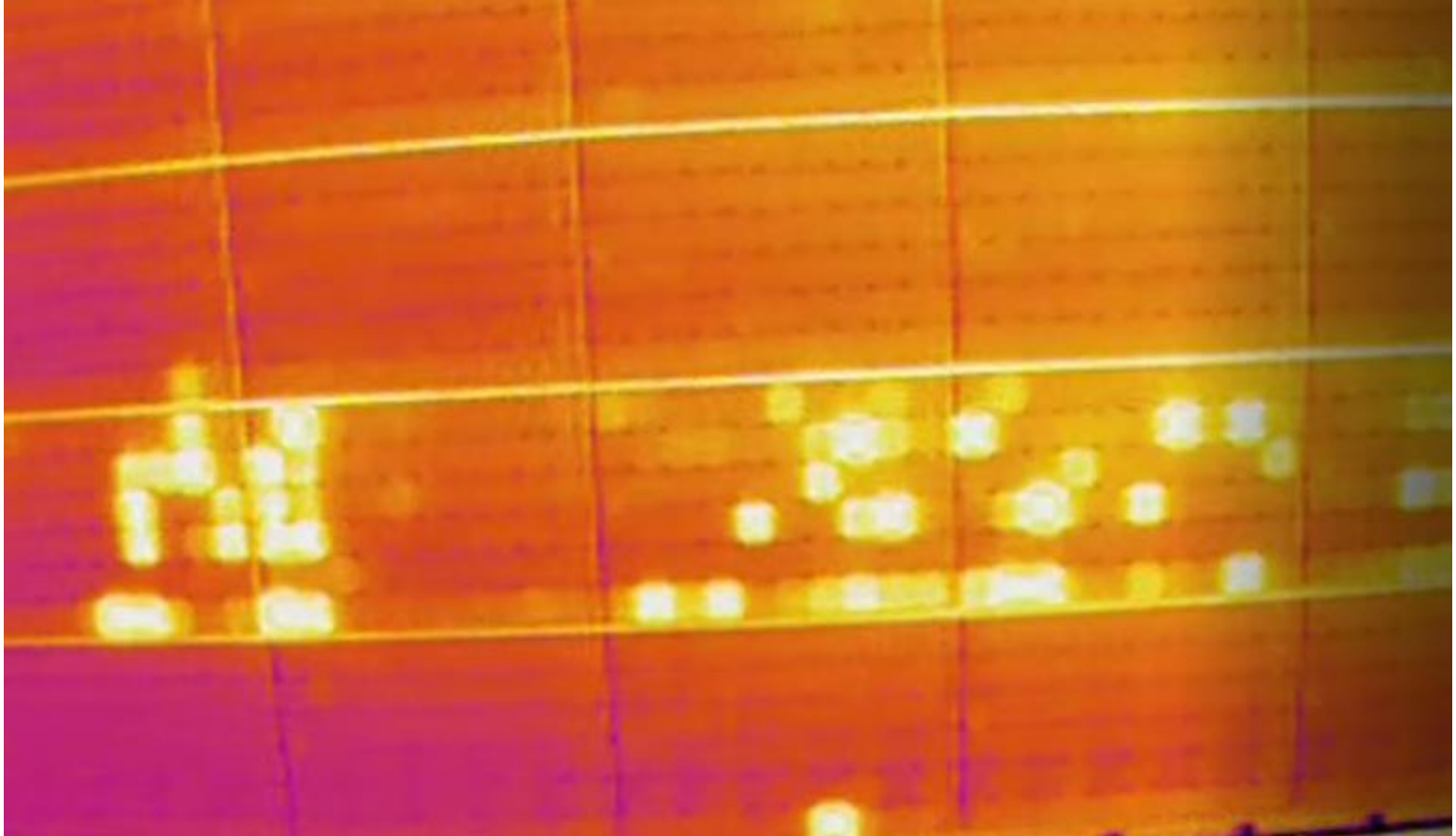
## Beispiel 4: Fehler in Anschlussdosen



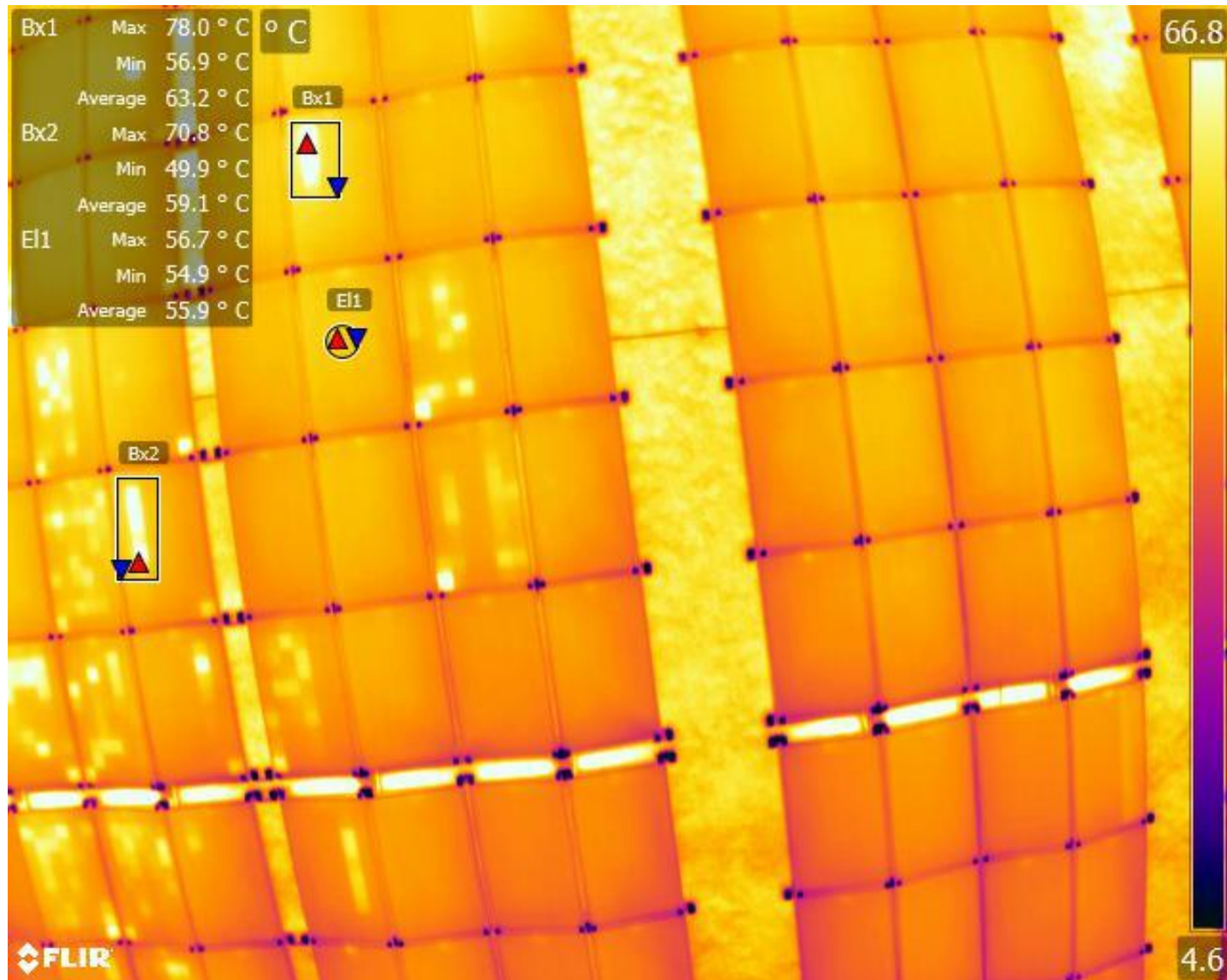
## Beispiel 5: kalte Lötstellen



## Beispiel 6: Strangkurzschlüsse

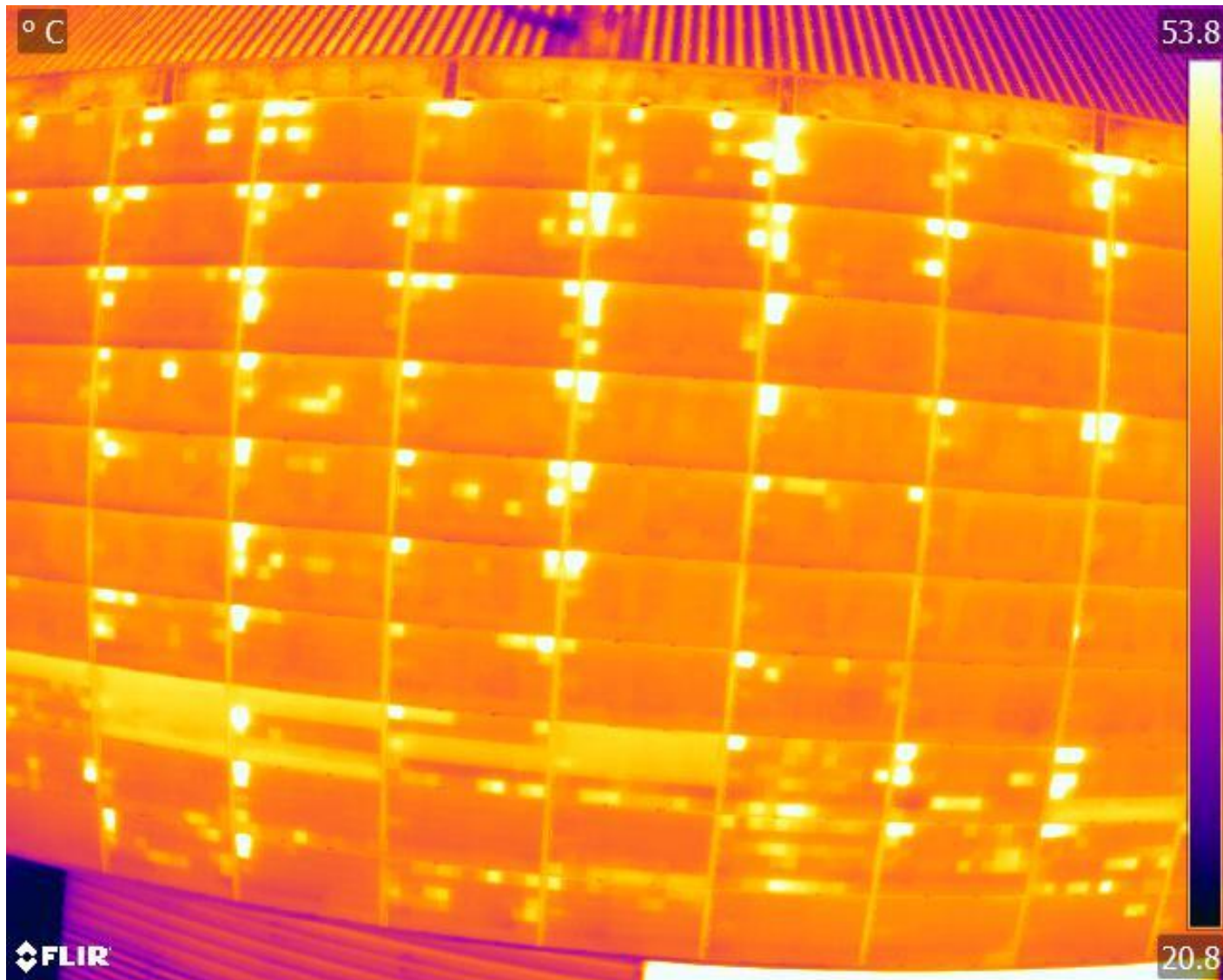


## Beispiel 7: Zelldefekte/Herstellungsfehler

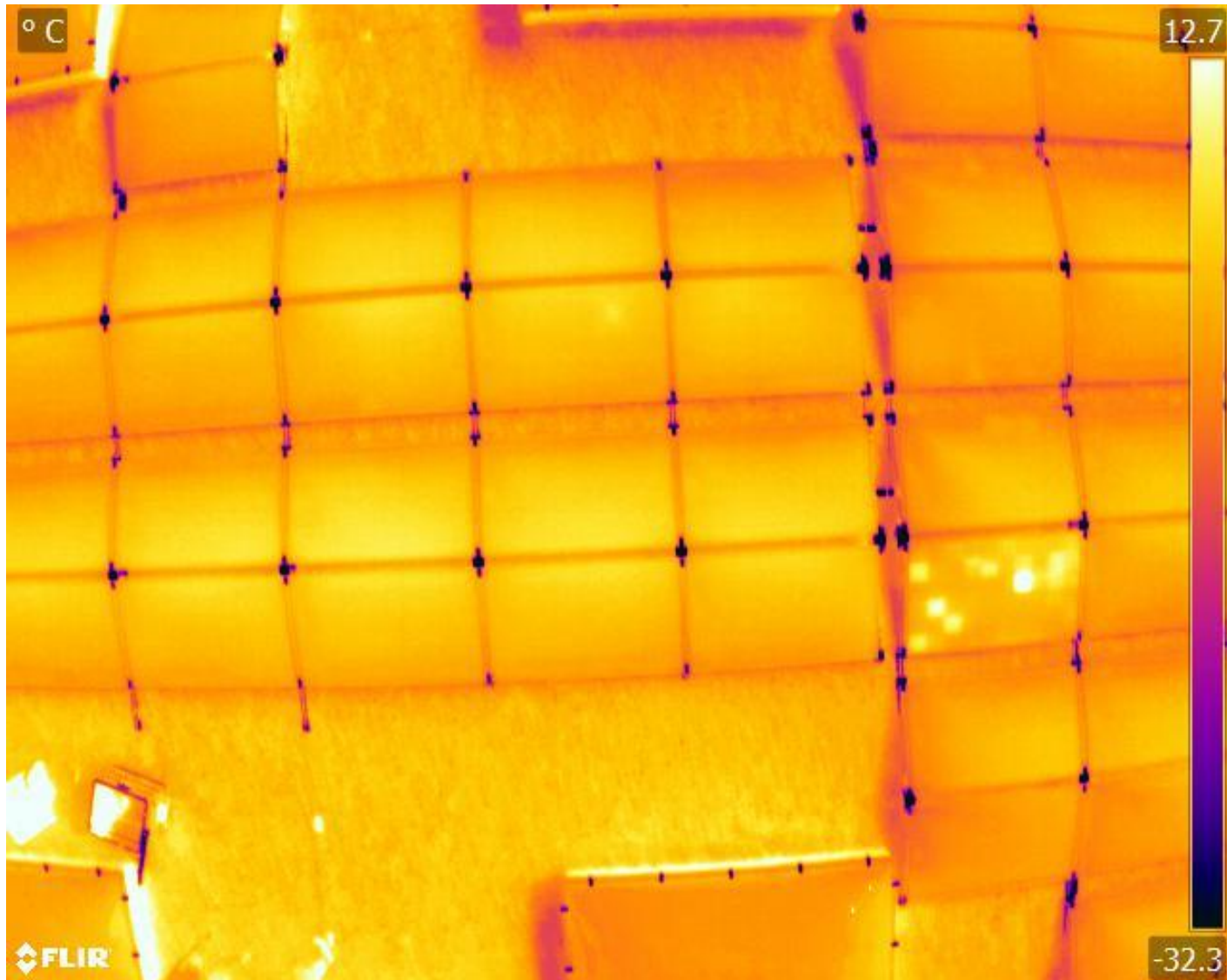




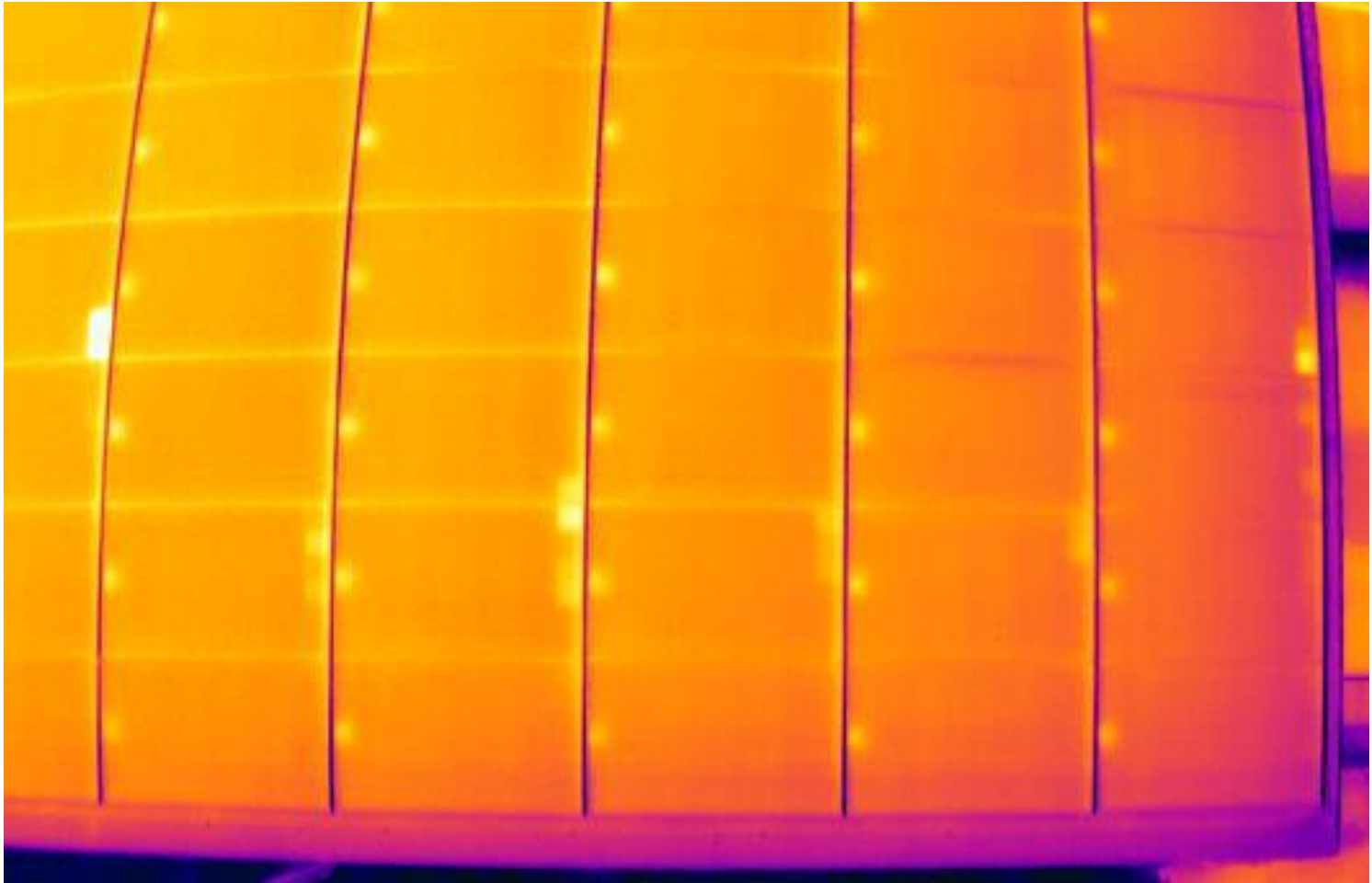
## Beispiel 8: Blitzschaden



## Beispiel 9: Modulbrüche

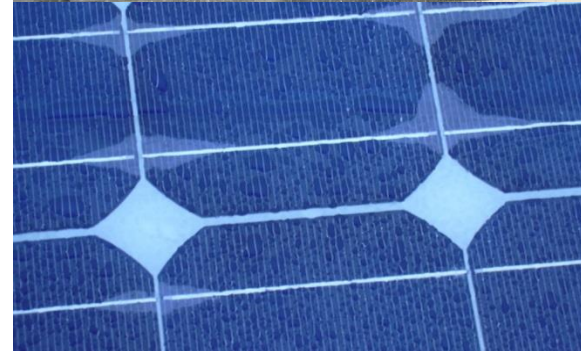
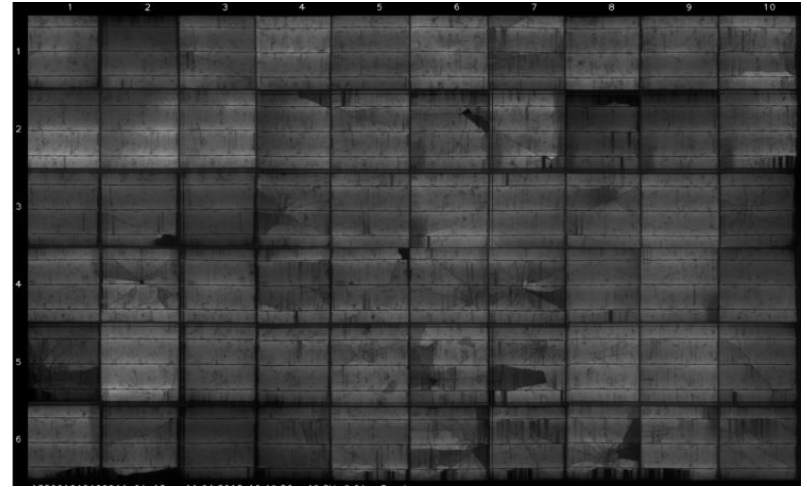


## Beispiel 10: schädliche Verschmutzung



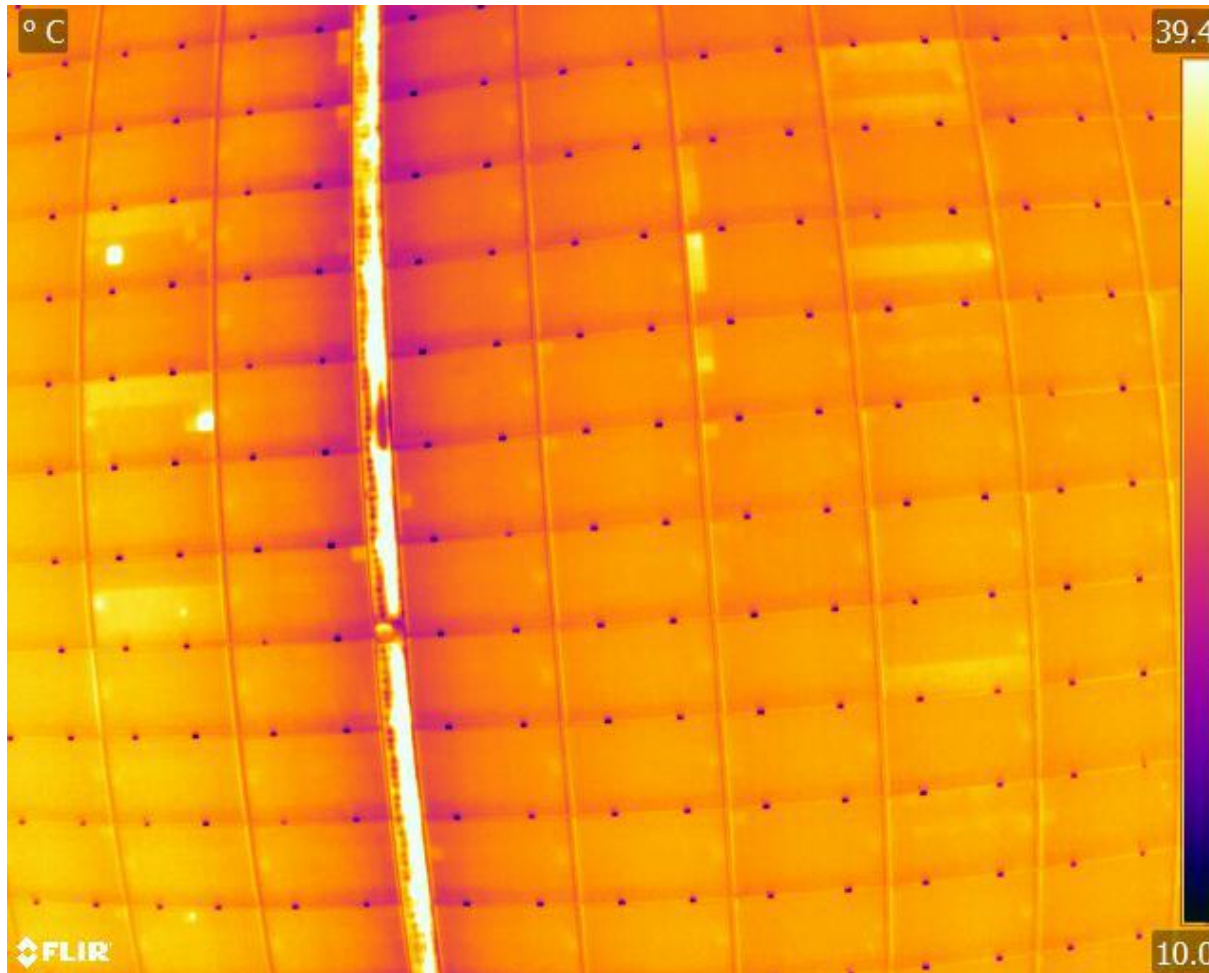
# Fehler, die mit Thermographie nicht erkannt werden können

- Mikrorisse (sofern nicht grosse Zellbereiche abgetrennt)
- Materialdegradation in den Einbettungsmaterialien, z.B. Browning
- Delamination
- Isolationsfehler





# Lokalisierung ist ein schwieriger Fall



# Herausforderungen dieser Technik

- Das Wetter muss stimmen, genug Einstrahlung, nicht zu viel Wind
- Lokalisierung der Defekte!
- Rapide technische Entwicklung, fast jeden Monat kommt eine interessante neue Entwicklung, nach zwei Jahren ist die Ausrüstung schon fast veraltet.
- Sperrzonen, Bewilligungen
- Soll man als Solarexperte selber fliegen oder fliegen lassen?
- Lernaufwand

**Eine erfolgreiche Durchführung der Flugmission ist nicht in jedem Fall garantiert. Aber wir verrechnen die Kosten nur im Erfolgsfall**

# Unsere Erfahrung

- 182 Thermographieflüge, 172 verschiedene Anlagen
- Davon waren 57 Anlagen fehlerfrei
- Die geprüfte Leistung beträgt 70 MW, das entspricht rund 275'000 Modulen
- Rund 0.5% der Module hatten Fehler, sichtbar in der Thermographie, **PID ausgenommen**
- **8% der von uns geprüften Anlagen hatten PID, und diese Anlagen haben 25% der Leistung vereinigt**
- 0.9% der Module waren funktionslos, weil die Stränge ausser Betrieb waren
- Der häufigste Fehler sind Teilausfälle

# Wo bringt die Drohnenthermographie am Meisten?

- In der Erkennung von PID ist die Luftthermographie unschlagbar.
- Serienfehler eines Herstellers werden rasch erkannt.
- Serienfehler: mangelhafte Bypassdioden, Lötfehler, schlechte Zellsortierung.
- Hat der Blitz eingeschlagen und ihr diskutiert mit der Gebäudeversicherung: Thermographie und die Diskussion ist beendet.
- Am effizientesten ist die Luftthermographie dann, wenn man eine Gruppe von Anlagen prüfen kann. Ein Treffer, und der Aufwand, hat sich gelohnt.



## **Ein weiteres starkes Argument: unter Umständen kann dank der Drohne auf eine Absturzsicherung verzichtet werden !**

- Optische und thermographische Modulkontrolle aus der Luft.
- Isolationsmessung und Kennlinienmessung vom Boden aus.
- Reinigung vom Boden aus (mit einem Auslegerreinigungswagen).
- Die Dachbegehung ist dann nur noch ausnahmsweise nötig, temporäre Absturzsicherungen sind dann von der SUVA erlaubt.
- Es braucht ein Nutzungs- und Sicherheitskonzept, aber dann geht es.

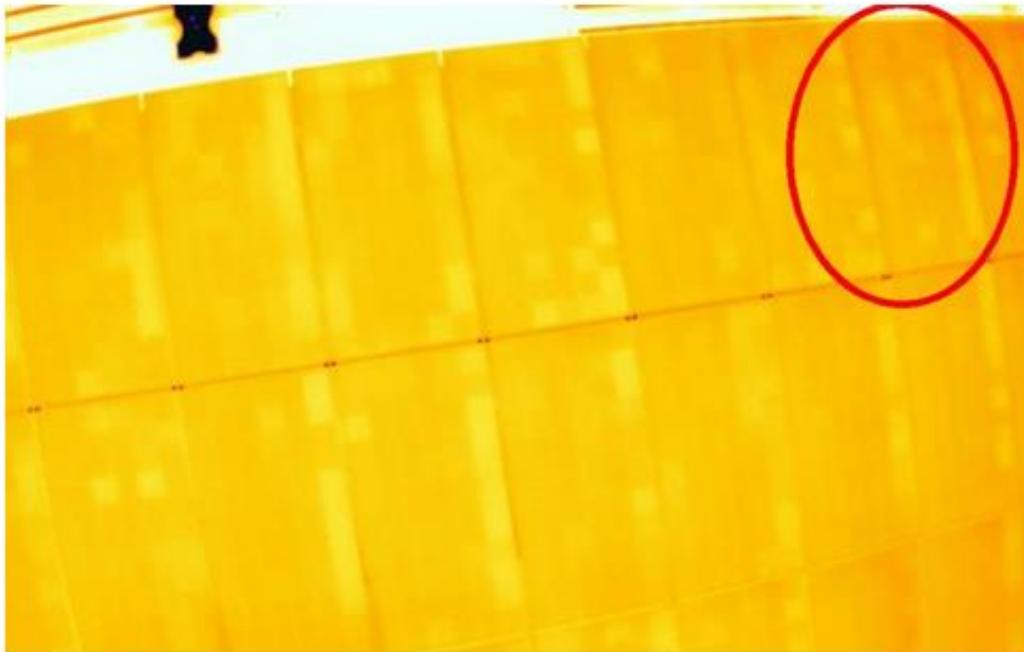
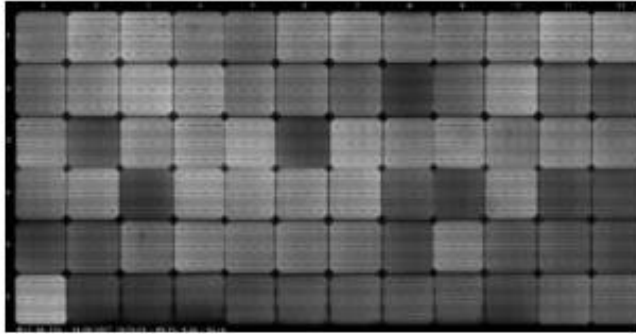
# **Zusammenfassung**

- **Die Drohnenthermographie ist zu einem normalen Arbeitsinstrument geworden. Wir setzen diese Technologie standardmässig bei jeder Anlagekontrolle ein.**
- **Die Resultate sind sehr aussagekräftig und nützlich für die Eigentümer der Anlagen.**
- **Die Luftthermographie ist effizient und kostengünstig**
- **Oft ist es die einzige Option für Thermographie**
- **Und unter Umständen kann auf eine Absturzsicherung verzichtet werden.**

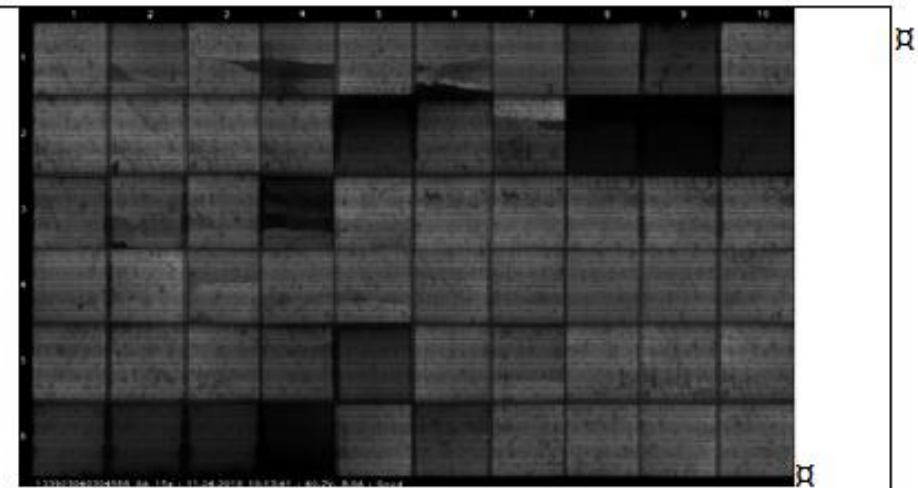
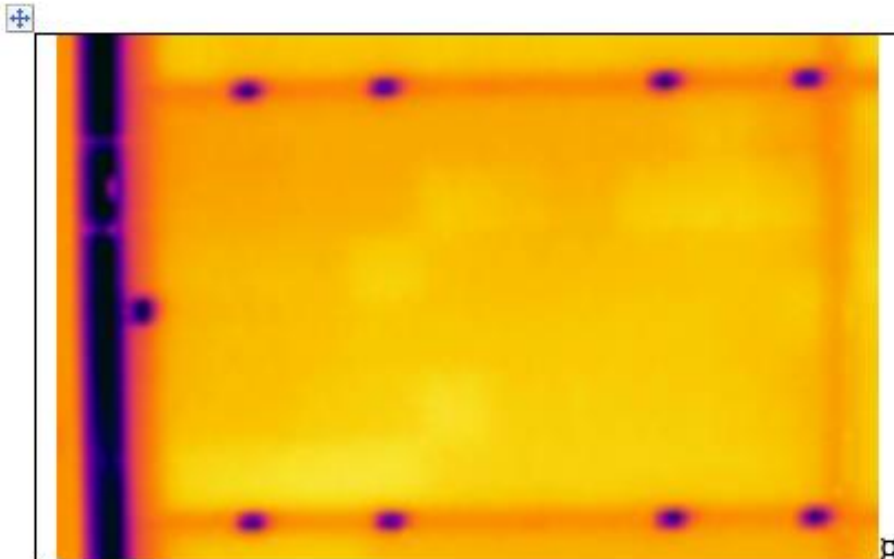
JENDRA POWER AG  
Photovoltaic Experts  
Robert Kröni  
Klostermatt 10  
CH-6330 Cham  
Phone: +41 44 515 12 79  
office@jendra-power.com  
www.jendra-power.com  
www.flying-inspection.ch  
Sachverständigenblog: [www.kroeni.ch](http://www.kroeni.ch)  
Youtube-Kanal: Jendra Power  
TÜV-zertifizierter Sachverständiger für Photovoltaik



# Potential Induzierte Degradation, Thermographie und Elektrolumineszenz



# Potential Induzierte Degradation, Thermographie und Elektrolumineszenz



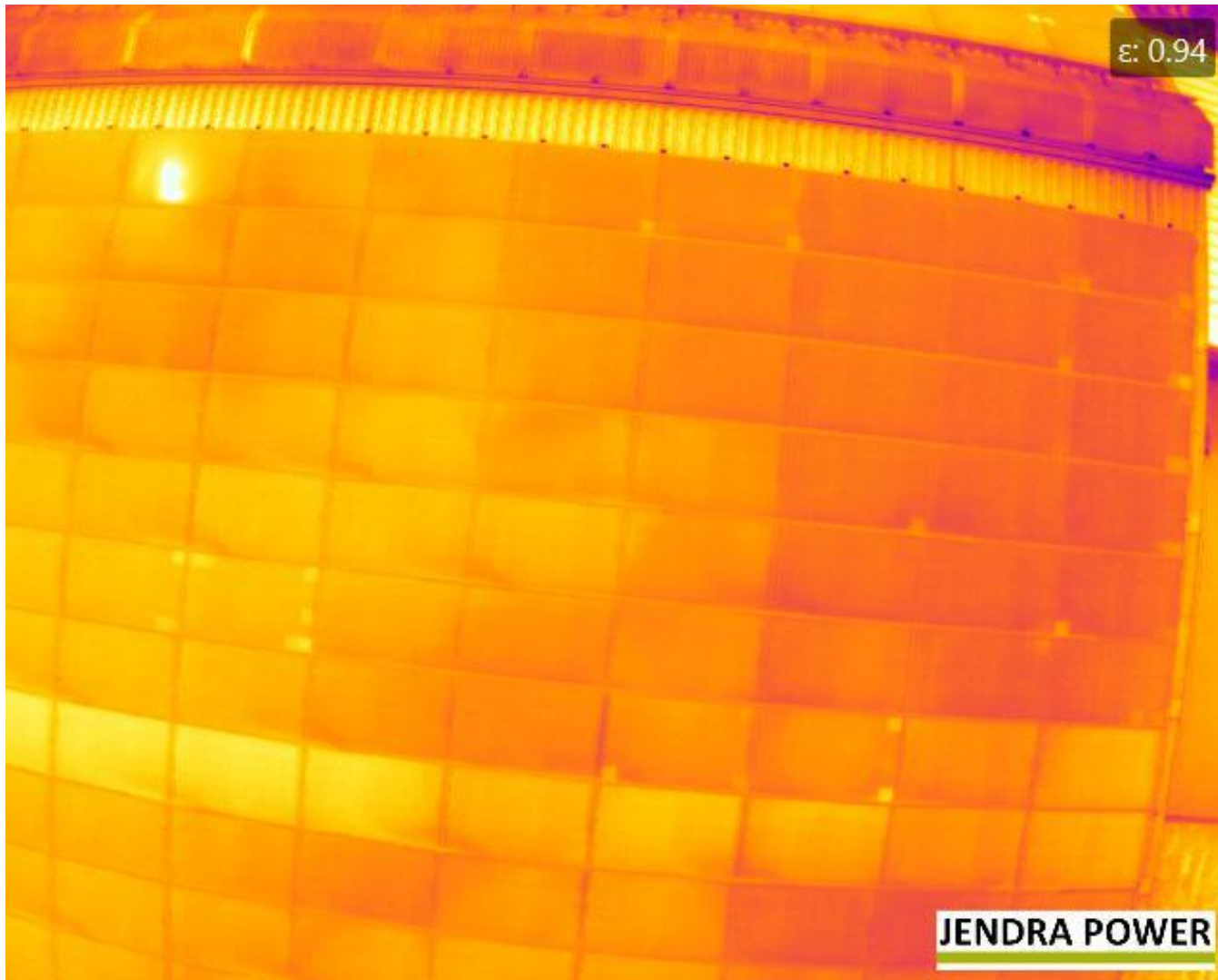
Thermal-image

EL

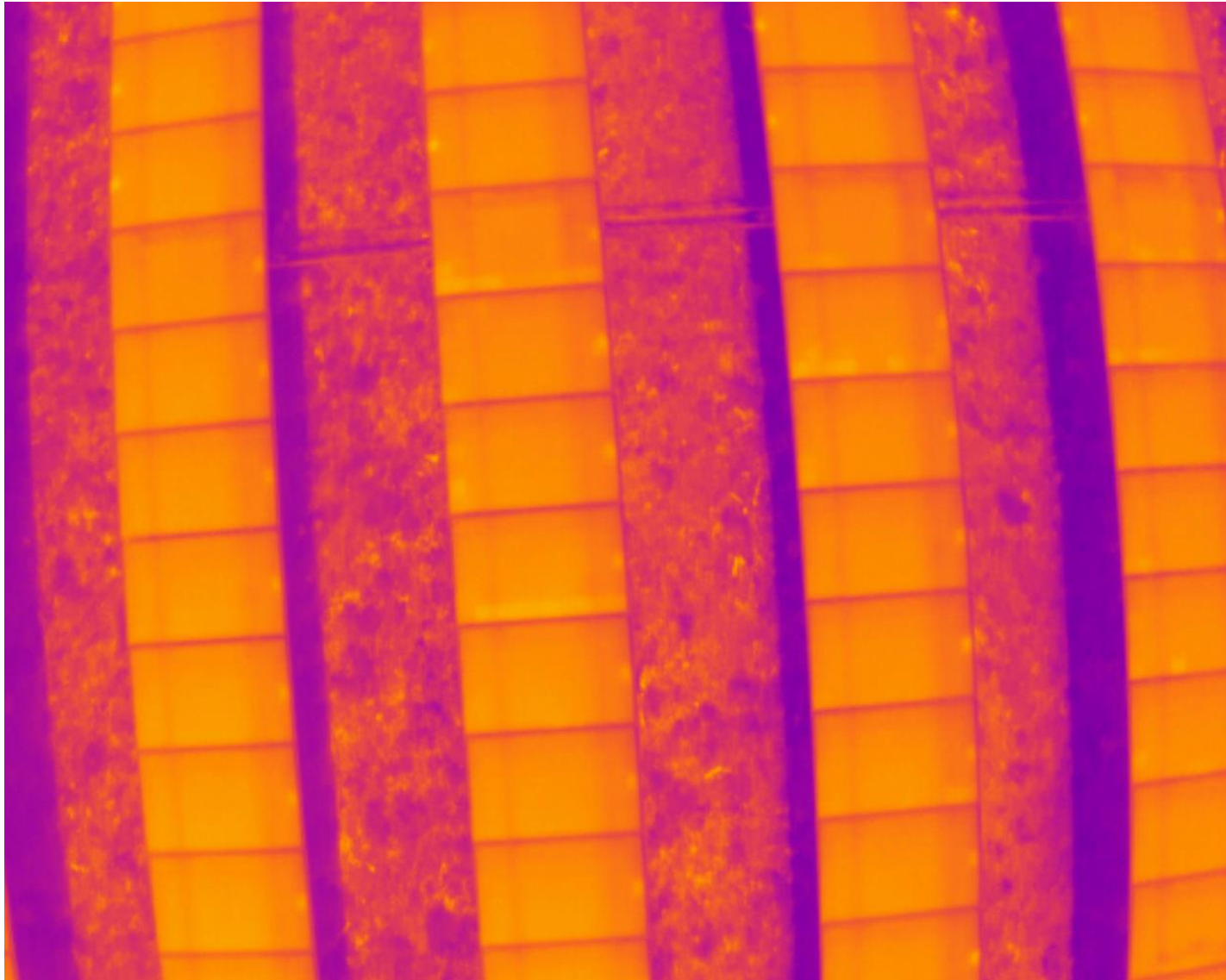
III.12:EL-thermal-picture-of-133903040304568



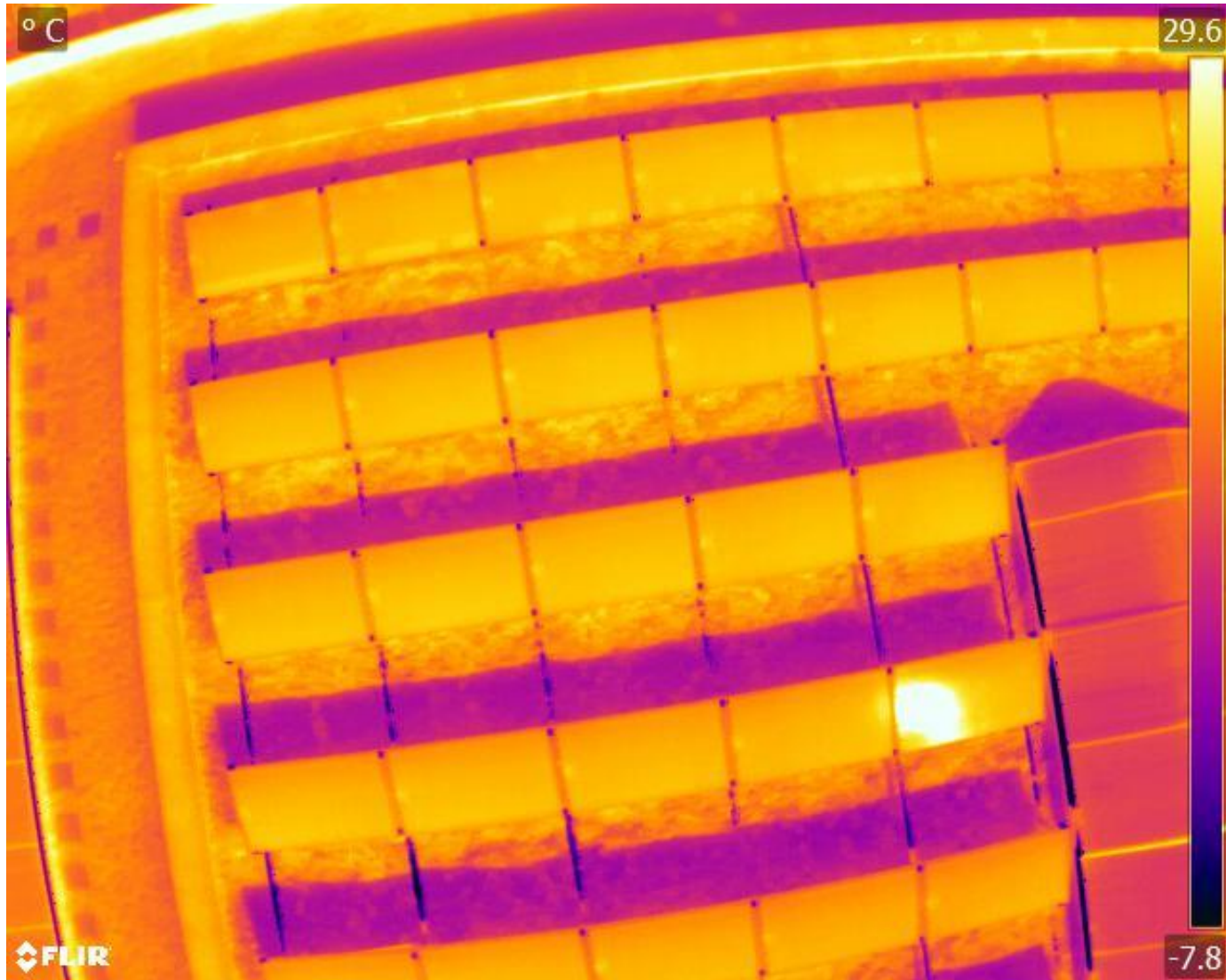
## Andere Bilder von PID



## Andere Bilder von PID

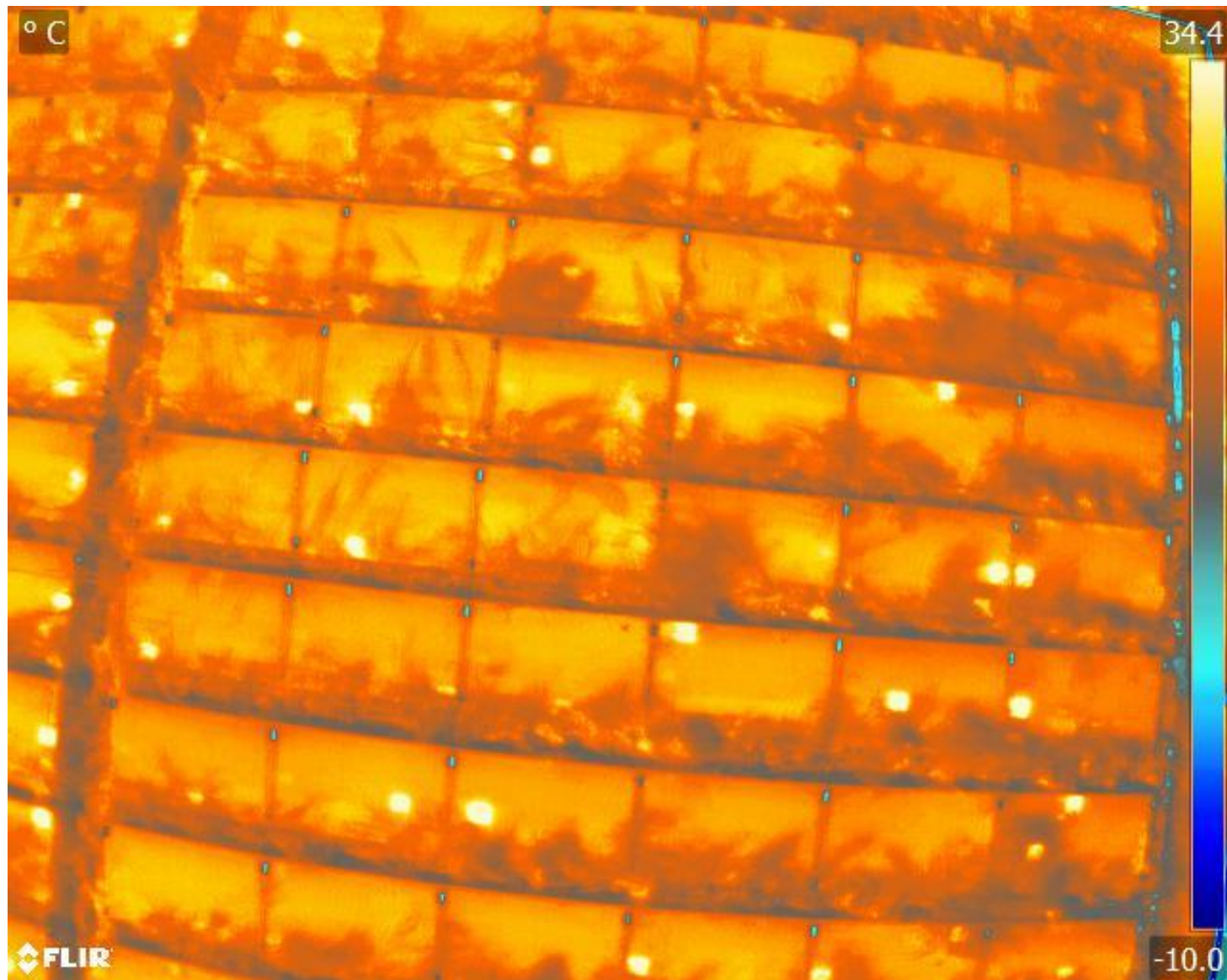


## Andere Beispiele von PID

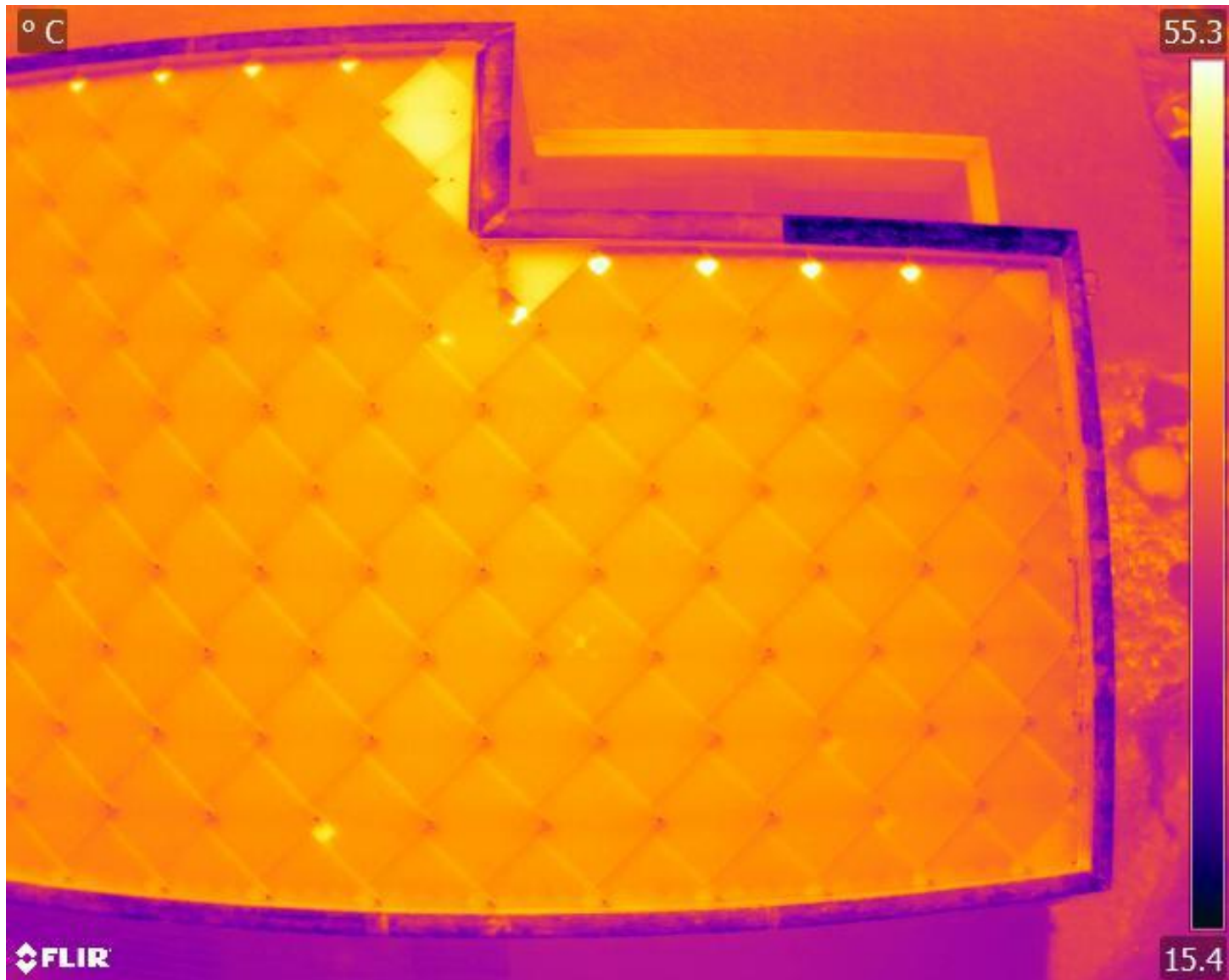




# Unkrautbewuchs



# Schädlichkeit von Schattenwurf

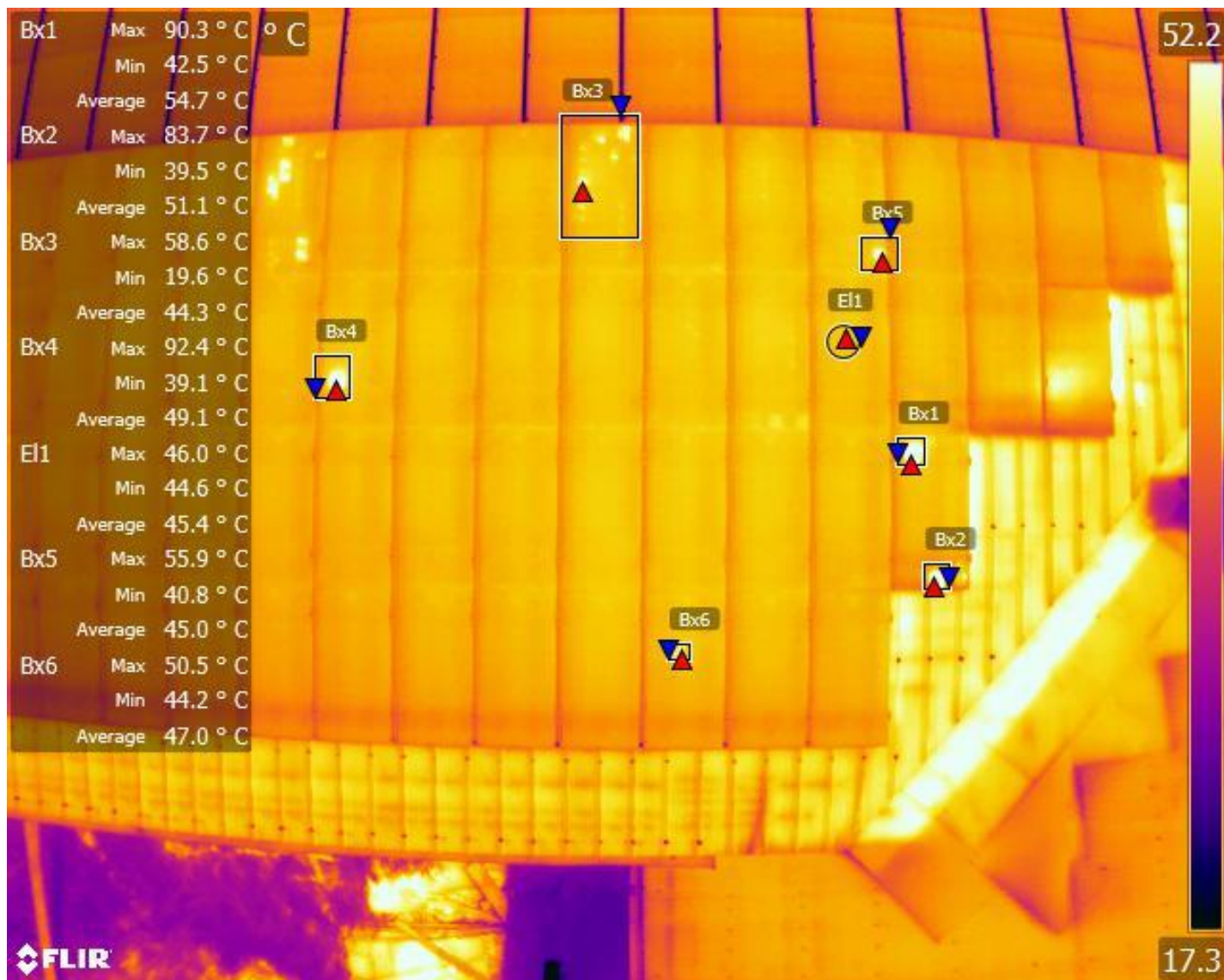




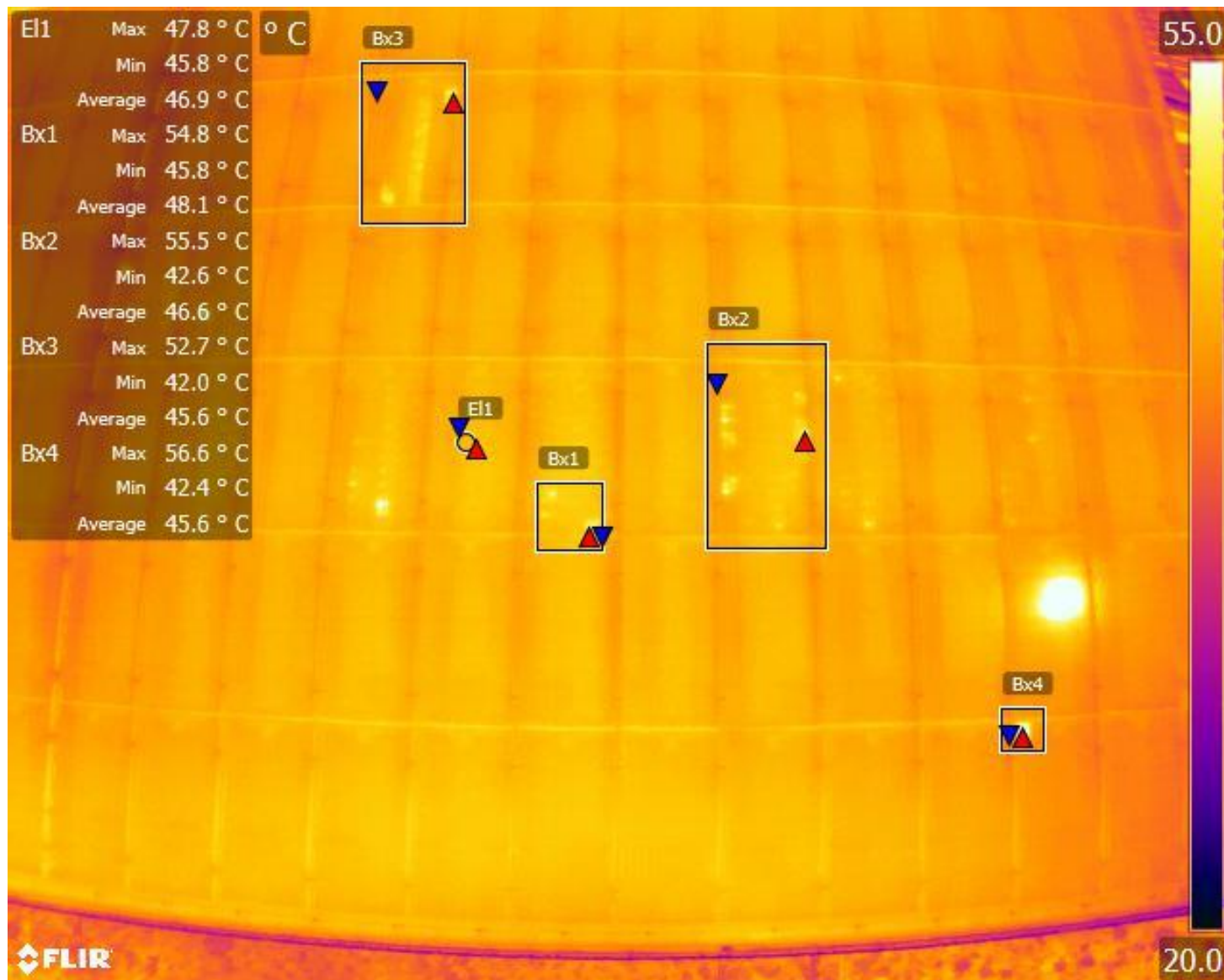
## Viele Teilausfälle



# Undefinierbare Fehler



# Undefinierbare Fehler



## Multiple Fehler

