

Regelmäßige Vermessung thermischer und optischer Komponenten in Parabolrinnenfeldern

Marc Röger, Christoph Prah, Niels Algner, Wolfgang Reinalter
21. Kölner Sonnenkolloquium 2018



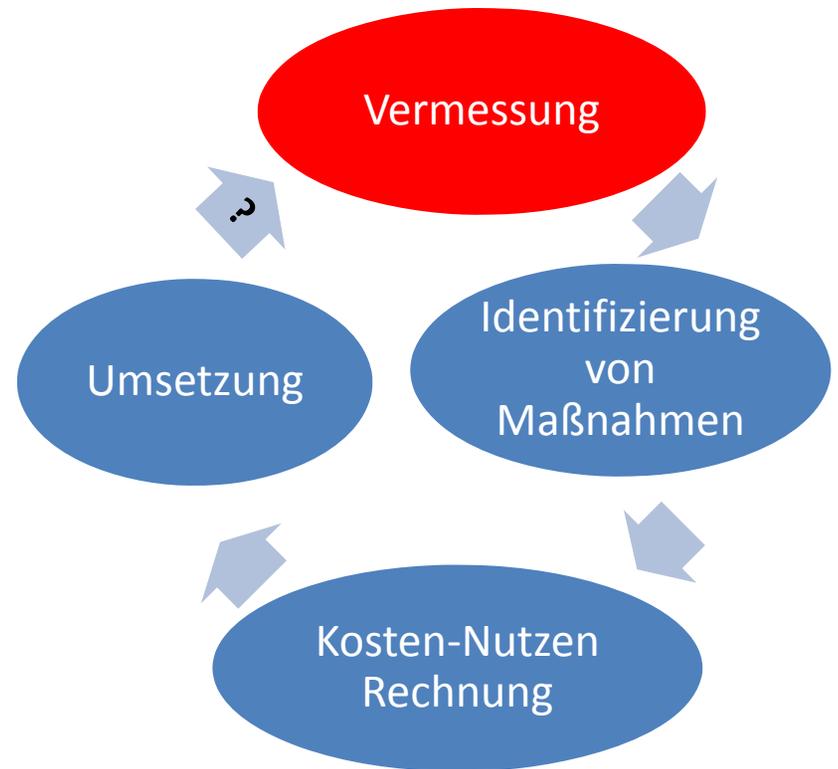
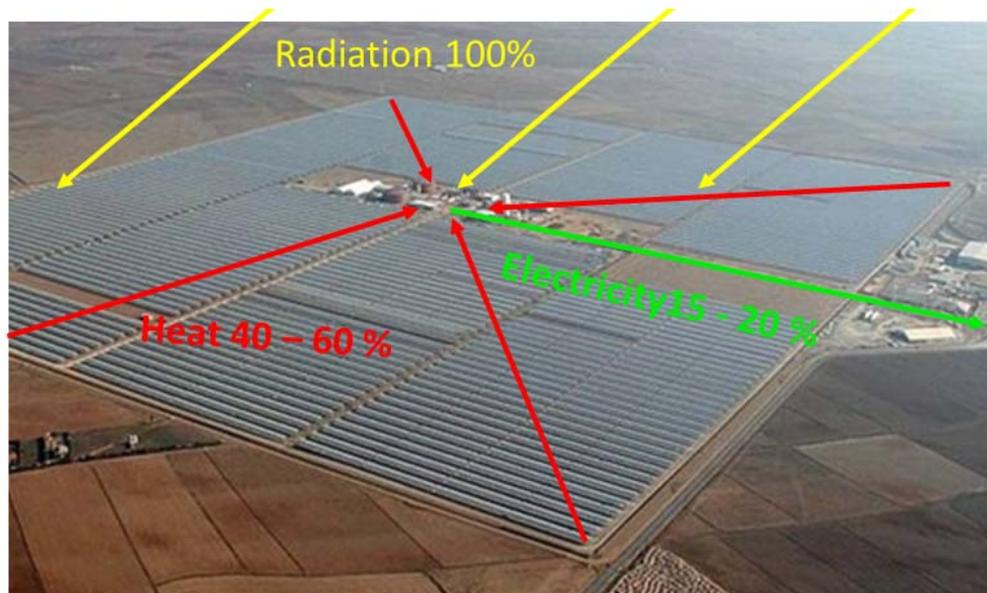
Übersicht

- 1 Motivation**
- 2 Welche Komponenten beeinflussen den Wirkungsgrad?**
- 3 Hard- & Software, Umsetzung**
- 4 Verfahren zur Überwachung und Optimierung des Solarfeldes**
 - Geometrie: Survey/High Resolution
 - Wärmeverluste: Thermographie
 - HTF Leckagen: QFly-Sniffer
- 5 Anwendungsfälle und Beispiel**
- 6 Zusammenfassung und Ausblick**



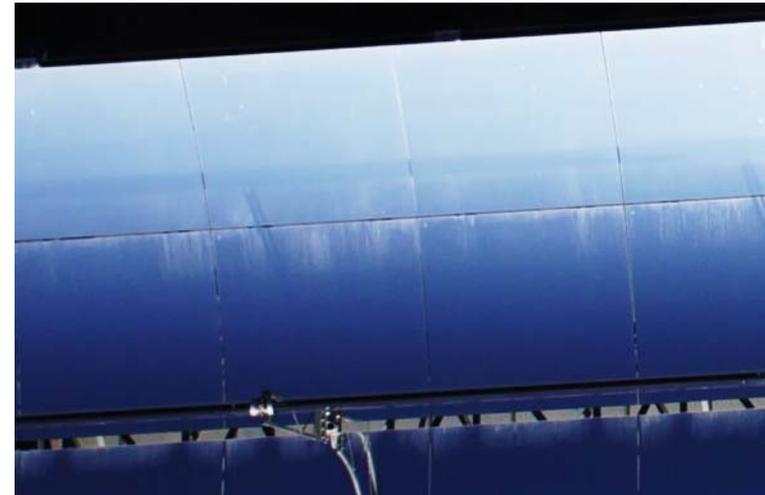
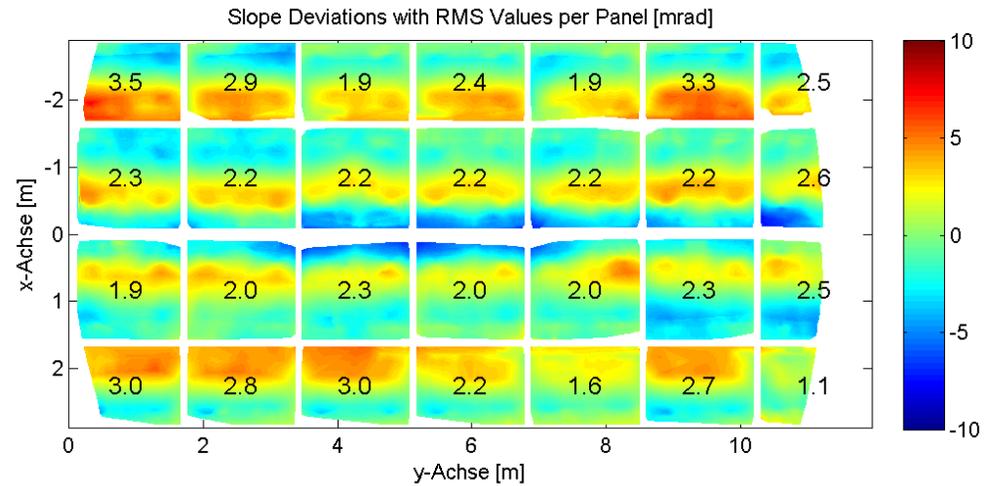
1 Wirkungsgrad des Solarfeldes kleiner als erwartet: Welche Konsequenzen und Maßnahmen?

- Monetäre Verluste bei um 1% reduziertem optischen Feldwirkungsgrad (50 MWel):
~ 0.5 Mio. €/ p.a.



2 Was beeinflusst den Wirkungsgrad des Solarfeldes? Komponenten und ihre Parameter

- **Spiegel**
 - **Geometrieabweichung (SDx)**
 - **Soiling (Verschmutzung)**
 - **Reflektivität (Degradation)**
 - **Verfügbarkeit (Bruch)**



2 Was beeinflusst den Wirkungsgrad des Solarfeldes? Komponenten und ihre Parameter

- Spiegel
 - Geometrieabweichung (SDx)
 - Soiling (Verschmutzung)
 - Reflektivität (Degradation)
 - Verfügbarkeit (Bruch)
- **Kollektor Struktur**
 - **Geometrie**
 - **Deformation & Torsion**
 - **Absorberrohr-Lage**
- **Nachführung**
 - **Sensorik und Montage**
 - **Schrittweite**



2 Was beeinflusst den Wirkungsgrad des Solarfeldes? Komponenten und ihre Parameter

- Spiegel
 - Geometrieabweichung (SDx)
 - Soiling (Verschmutzung)
 - Reflektivität (Degradation)
 - Verfügbarkeit (Bruch)
- Kollektor Struktur
 - Geometrie
 - Deformation & Torsion
 - Absorberrohr-Lage
- Nachführung
 - Sensorik und Montage
 - Schrittweite
- **Absorber**
 - **Wärmeverluste**
 - **Bruch**



2 Was beeinflusst den Wirkungsgrad des Solarfeldes? Komponenten und ihre Parameter

- Spiegel
 - Geometrieabweichung (SDx)
 - Soiling (Verschmutzung)
 - Reflektivität (Degradation)
 - Verfügbarkeit (Bruch)
- Kollektor Struktur
 - Geometrie
 - Deformation & Torsion
 - Absorberrohr-Lage
- Nachführung
 - Sensorik und Montage
 - Schrittweite
- Absorber
 - Wärmeverluste
 - Bruch
- **REPAs & Rohrleitungen**
 - **Screening auf Wärmeverluste**
 - **HTF Leckagen**



2 Was beeinflusst den Wirkungsgrad des Solarfeldes? Komponenten und ihre Parameter

• Spiegel



nur eff.

- Geometrieabweichung (SDx)
- Soiling (Verschmutzung)
- Reflektivität (Degradation)



- Verfügbarkeit (Bruch)

• Kollektor Struktur



- Geometrie
- Deformation & Torsion
- Absorberrohr-Lage

• Nachführung



- Sensorik und Montage
- Schrittweite

• Absorber



- Wärmeverluste
- Bruch

• REPAs & Rohrleitungen

- Screening auf Wärmeverluste
- HTF Leckagen



Angaben für Andasol-Typ-Kraftwerk



3 Ausrüstung zur luftgestützten Vermessung

Hardware

UAV:

- MD4-1000
- DJI (Phantom 4)



Kamera:

- Sony Nex7
- TEAX thermal Fusion



Gassensor

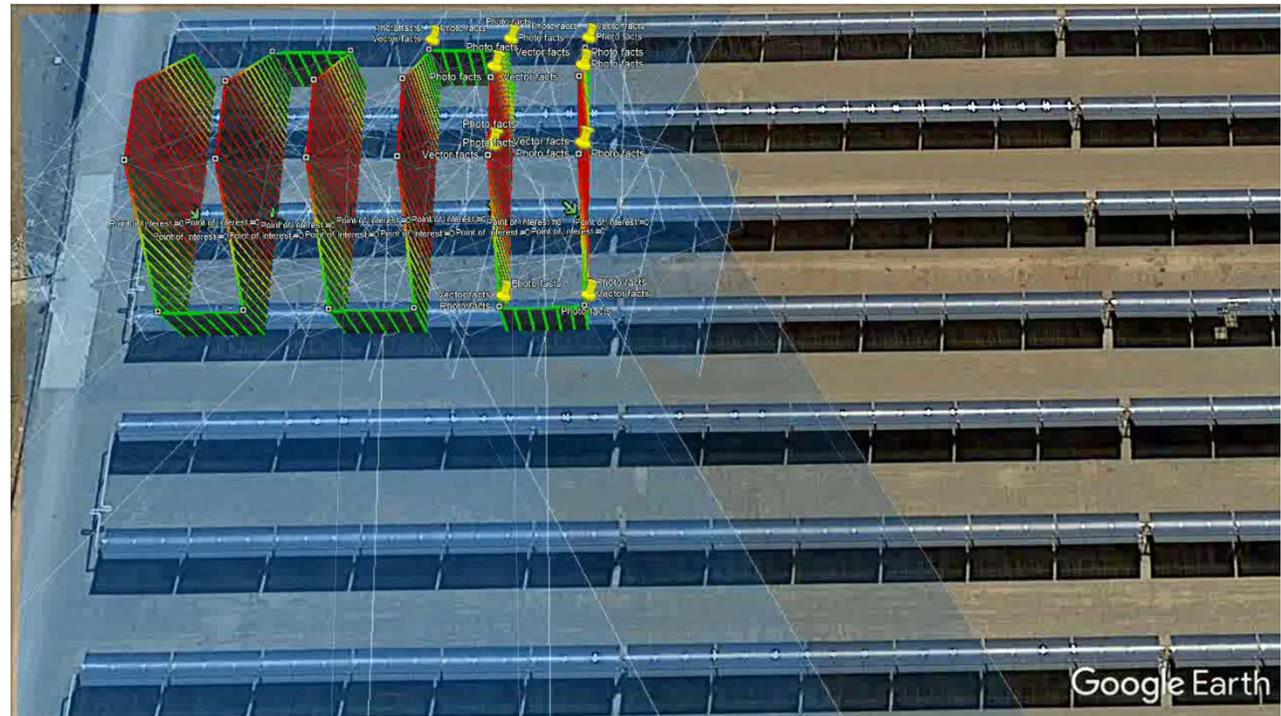
Software:

- Matlab
 - Wegpunkttrouten
 - Bildbearbeitung und Geometrieberechnungen
- AICON 3D Studio
 - Nahbereichsphotogrammetrie
- SPRAY/STRAL
 - Ray-Traycing
- UGCS
 - Steuerung verschiedener Drohnentypen



3 Umsetzung

- Erstellung der automatischen Flugrouten



3 Umsetzung

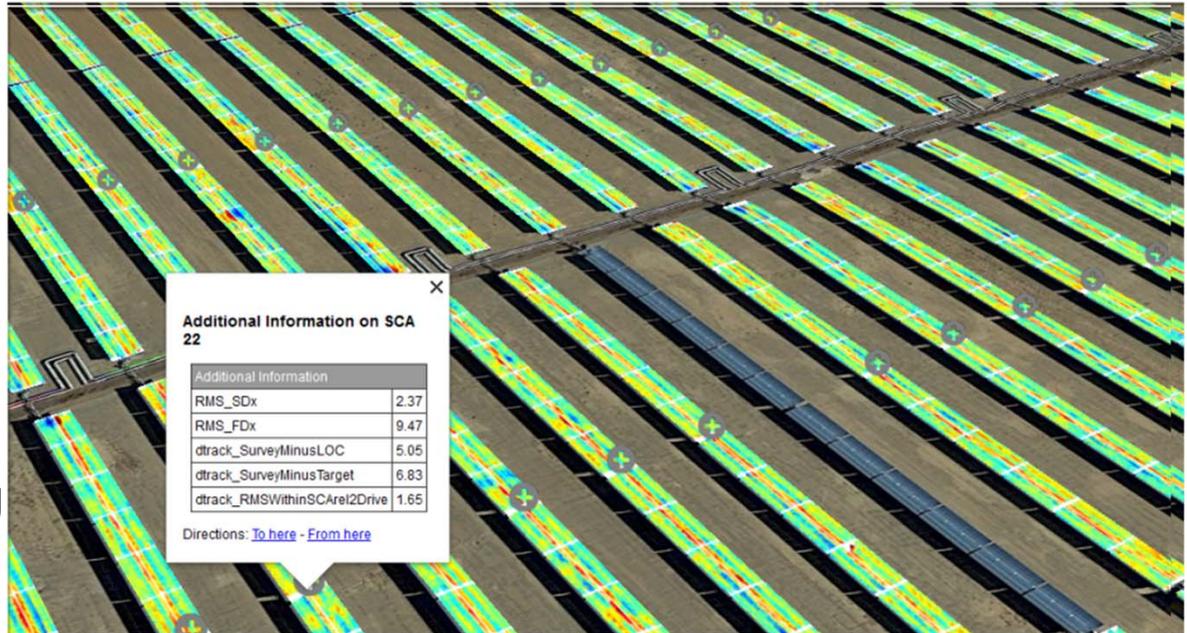
- Datenerfassung
- Rohdaten:
 - Bilder/Videos
 - Geo-Ref.



3 Umsetzung

- Extrahierung von Performance-relevanten Parametern aus den Rohdaten mittels:
 - Bildverarbeitung
 - Photogrammetrie
 - Geometrie-Berechnung (TARMES)
 - Raytracing

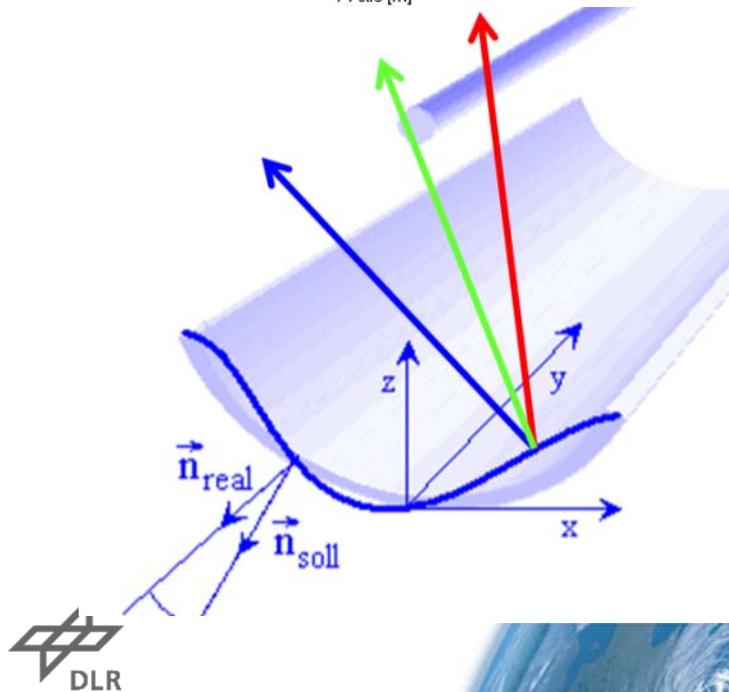
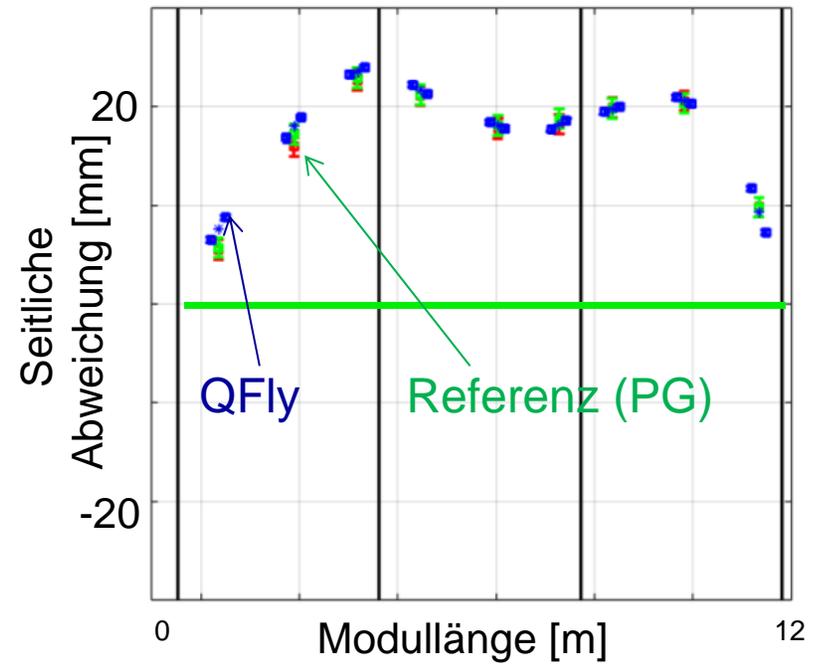
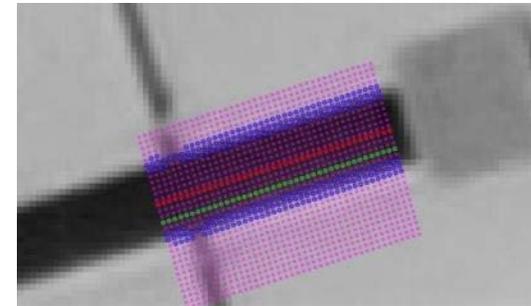
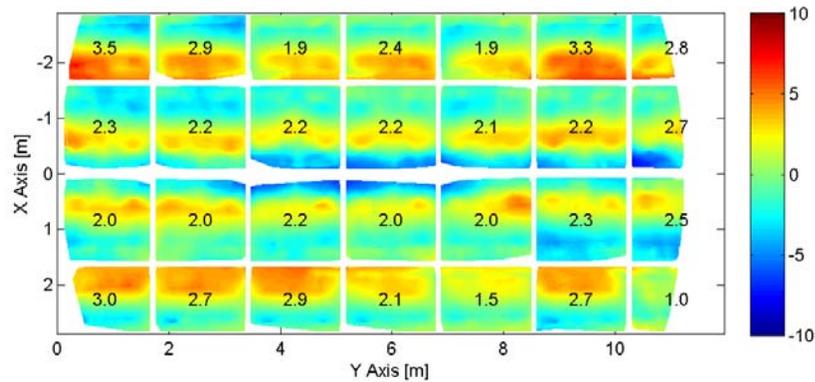
- Darstellung der Ergebnisse mittels Google Earth



Modus: High Res
Flug-Höhe: < 30 m
Volume Solarfeld: 5%/Tag

4a QFly High Resolution: Spiegelform (SDx [mrad]):

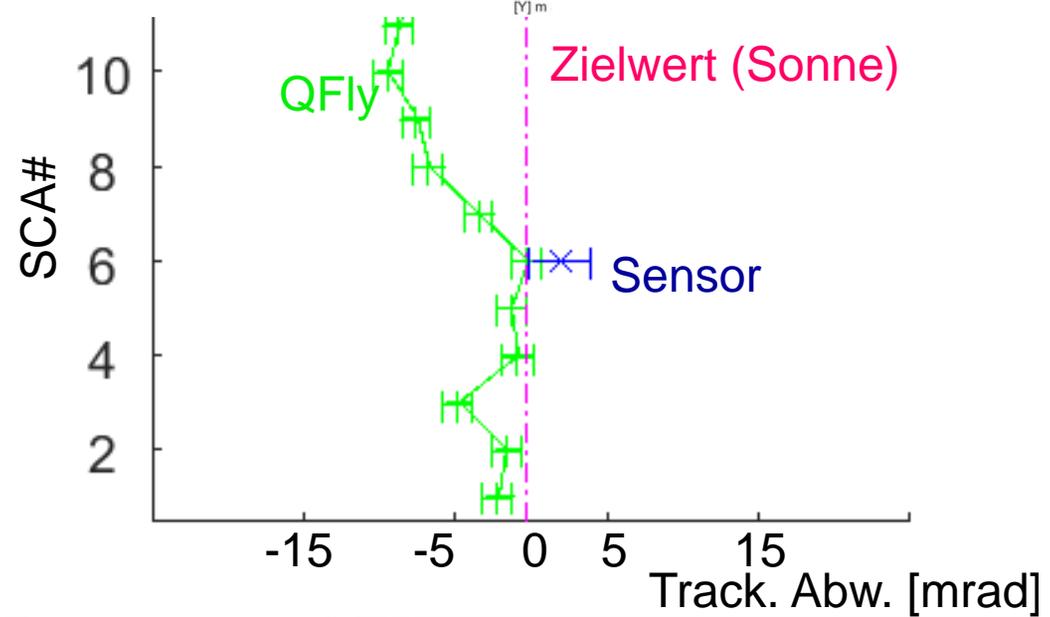
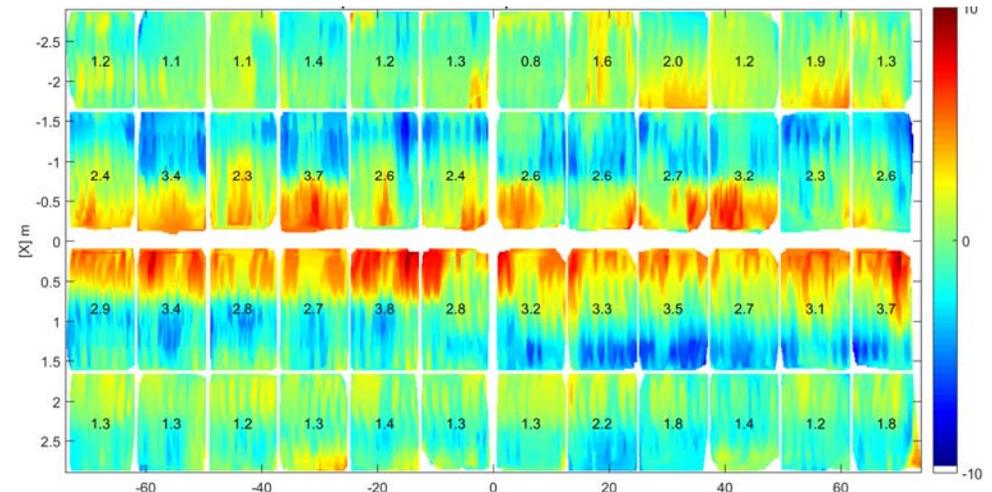
Absorber-Position:



Modus: Survey
 Flug-Höhe: < 250 m
 Volume Solarfeld: 100%/4h

4b QFly Survey

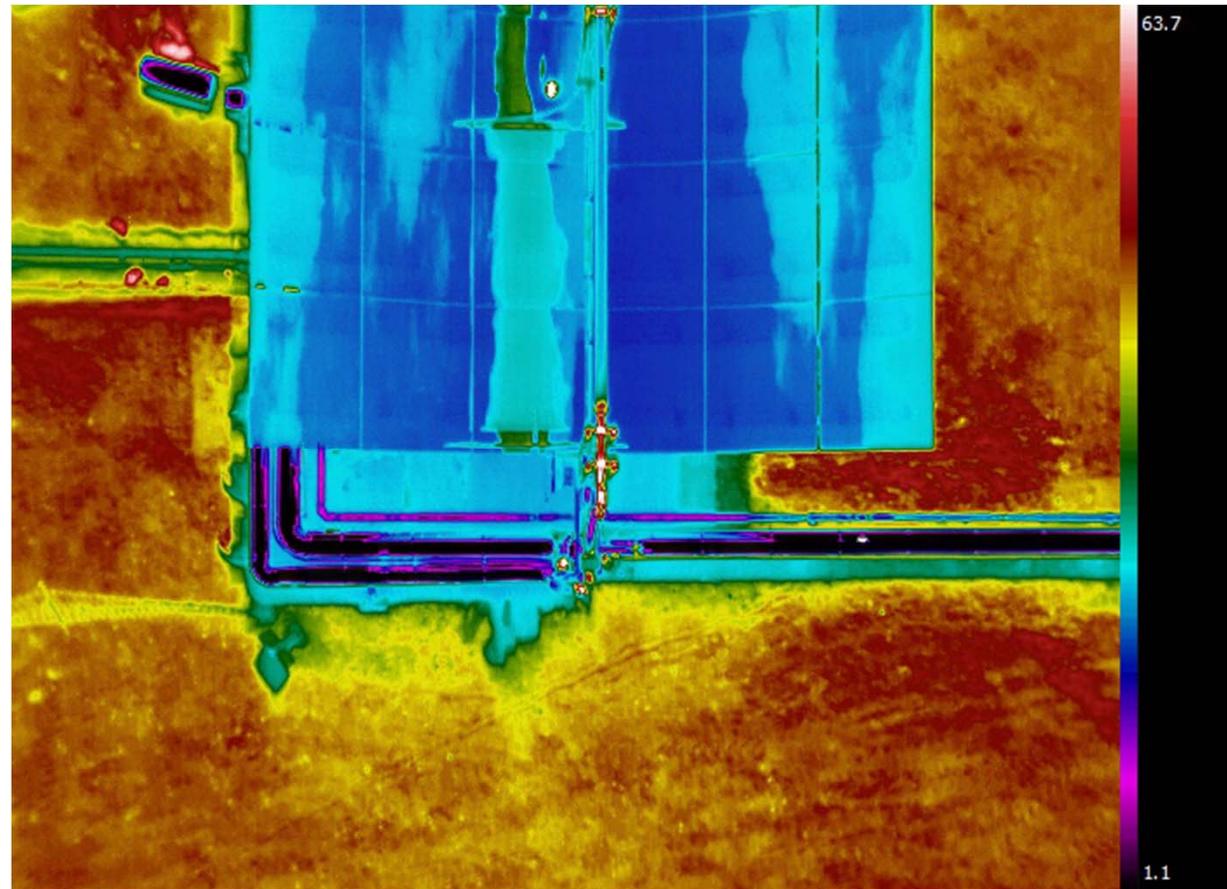
- Geometrie:
 - SDx_eff Karten für den ganzen Kollektor (SCA)
 - Torsion & Twist
 - Sun Sensor Alignment
- Statistiken für ganze Solarfelder
- Datenerfassung in weniger 4 h für 50 MW_{el} mit 7.5h Speicher



Modus: IR
Flug-Höhe: < 15 m
Volume Solarfeld: 25%/Tag

4c QFly Thermo

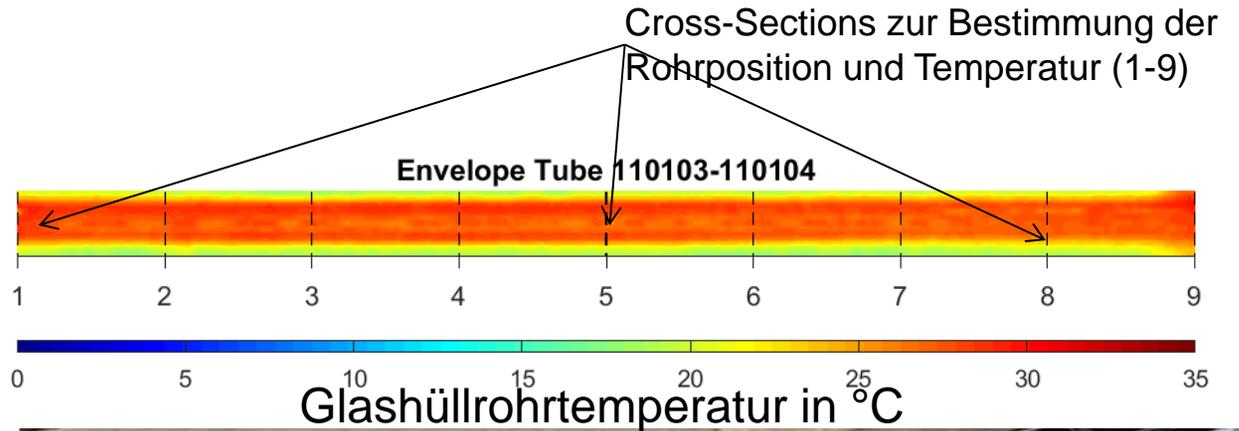
- Messung der Glashüllrohrtemperatur mittels IR Kamera
- Messgenauigkeit ca. 2°K
- Film zeigt Rohdaten mit nicht angepasster Emissivität!



Modus: IR
Flug-Höhe: < 15 m
Volume Solarfeld: 25%/Tag

4c QFly Thermo

- Messung der Glashüllrohrtemperatur mittels IR Kamera
- Messgenauigkeit ca. 2°K
- Automatische Auswertung und Zuordnung der SCEs im Solar-Feld



4d QFly Sniffer (Proof-of-Concept)

- Anspruchsvolle Messaufgabe wegen geringem Dampfdruck bei Umgebungstemperatur
- Gas-Sensor mit ausreichender Sensitivität und vor allem Abklingzeit für Biphenyl/Diphenylether identifiziert
- z.Zt.: Integration in UAV und Datenaufnahme



5 Anwendungs-Konzept zur regelmäßigen Überwachung

1. Status der Solarfeldes (wöchentlich)

QFly IR

- a. Absorber: Wärmeverluste/Bruch
- b. Defekte oder beschädigte Spiegel

QFly Sniffer

- a. HTF Leckagen-Ort

QFly Survey

- a. Screenen auf Tracking-Fehler
- b. Defekte oder beschädigte Spiegel

2. Bestimmung der Solarfeldleistung (alle 6-12 Monate, oder nach Ereignissen)

QFly High Res und/oder Survey

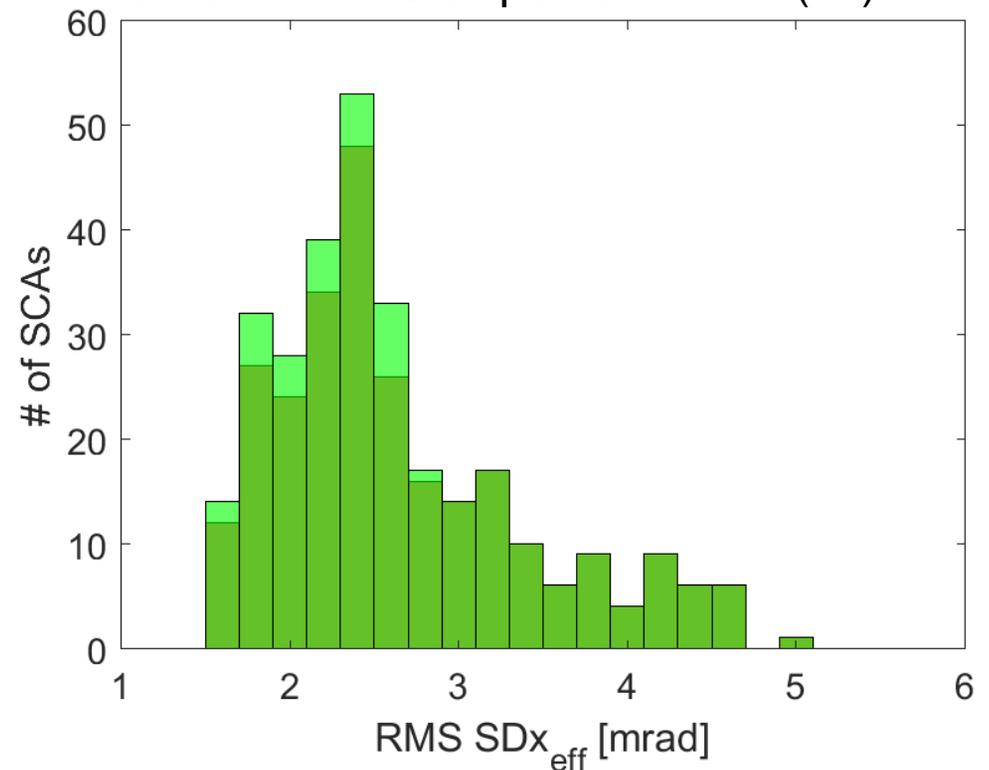
- a. Spiegelformfehler
- b. HCE-Positionsfehler
- c. SCE-Module Ausrichtungsfehler
- d. Torsionsfehler
- e. Tracking-Fehler
- f. Positionssensor-Kalibrierung (Encoder / Neigungssensor)



5 Anwendungs-Beispiel: Andasol 3

- Datum: November 2016
- Vermessung des gesamten Solarfeldes in verschiedenen Betriebs-Modi
- Verschiedene Phänomene¹⁾ entdeckt, welche in Kooperation mit dem Betreiber weiter untersucht werden:
 - Inhomogener optischer Wirkungsgrad in Teilen des Solarfeldes
 - Sensoralignment
 - Verbesserung der Lagerreibung und/oder SCE Alignment

Histogramm of collector RMS slope deviations (eff)



1) Prah1 et al: Airborne Characterization of the Andasol 3 Solar Field, Solar PACES 2017



6 Zusammenfassung

- Das **Messsystem QFly** bietet ein breites Spektrum an Messmethoden.
- Sie decken nahezu alle betriebsrelevanten Parameter des Solarfeldes ab:
Geometrie/Tracking, Temperatur, Leaks
- **Sehr schnelle** und **vollautomatische** Datenerfassung und Auswertung
- Modi: High-Resolution (**einzelne Loops**) oder Survey (**Felder**)
- **Geringer Einfluss** auf dem Kraftwerks**betrieb**
- **Einsatzerfahrung** in verschiedenen Anlagen und kommerziellen Kraftwerken
in Deutschland, Spanien, Israel, Portugal
und geplante Messungen
im Oman und in Marokko.



Ausblick: QFly für Heliostate/Turmkraftwerke und Soiling Messung

Soiling Messung:

- Vielversprechender Proof-of-Konzept zu luftgestützter Soiling-Messung



Turmkraftwerke - Projekte HelioPoint und Helibo:

- Die akkurate Nachführung der Heliostaten ist systemrelevant für Turmkraftwerke
 - Sicherheit
 - Performance
- Bedarf nach neuen Verfahren zur initialen Kalibration des Heliostatfeldes
 - Schnell, unabhängig von Umgebungsbedingungen und zusätzlicher Infrastruktur



VIELEN DANK
für Ihre Aufmerksamkeit.

*Wir danken dem Technologie-Marketing
des DLRs für die Unterstützung.*

Marc Röger
marc.roeger@dlr.de

Christoph Prahl
christoph.prahl@dlr.de

Knowledge for Tomorrow

