

Flussdichtemessung für großindustrielle Turmreceiver

21. Kölner Sonnenkolloquium

04.07.2018

Matthias Offergeld, Marc Röger, Hannes Stadler,
Philip Gorzalka, Bernhard Hoffschmidt



Wissen für Morgen



Neulich am Solarturm Jülich...



In ca. 20 min verständlich:

- „Heliostatgymnastik“??
- Wie kann man Zeit zum Stillstand bringen?
- Welcher Zusammenhang mit Flusssdichtemessung?

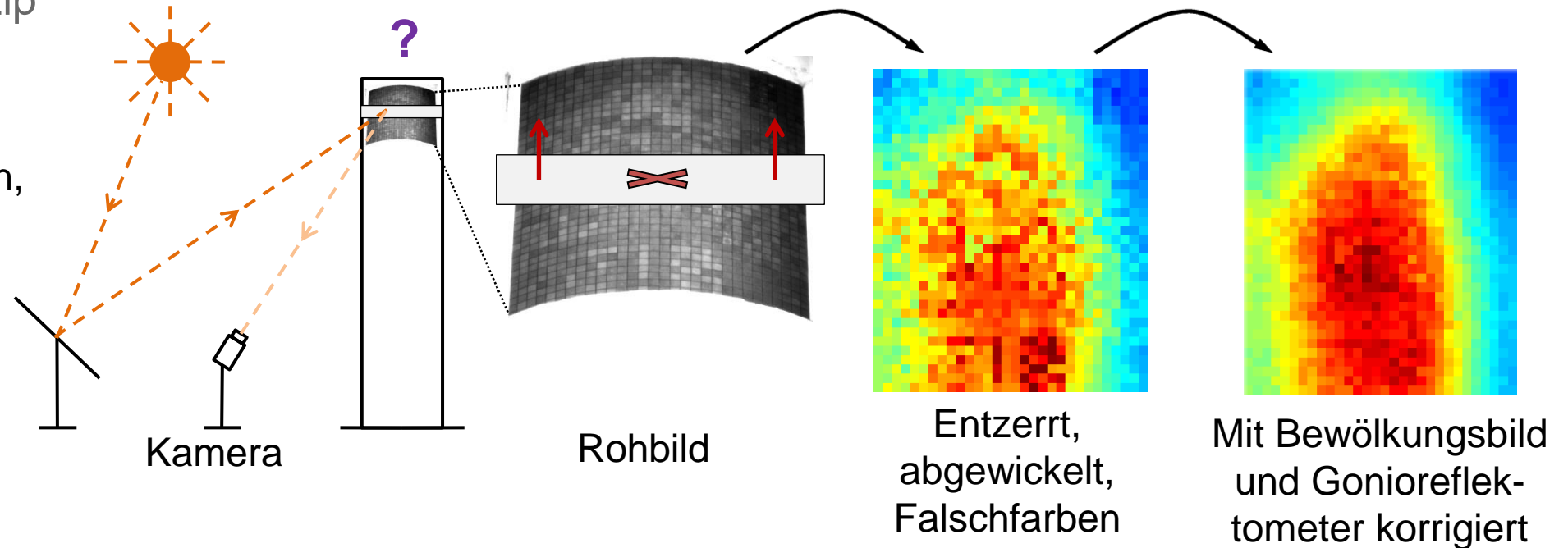


Flusssichtmessung mithilfe der an Absorber reflektierten Strahlung

Motivation und Prinzip

Ziele:

- Vermeidung Schäden, Verlängerung Lebensdauer
- Regelung zur Effizienzsteigerung
- Getrennte Bestimmung η Heliostatfeld und Receiver, z. B. Abnahme



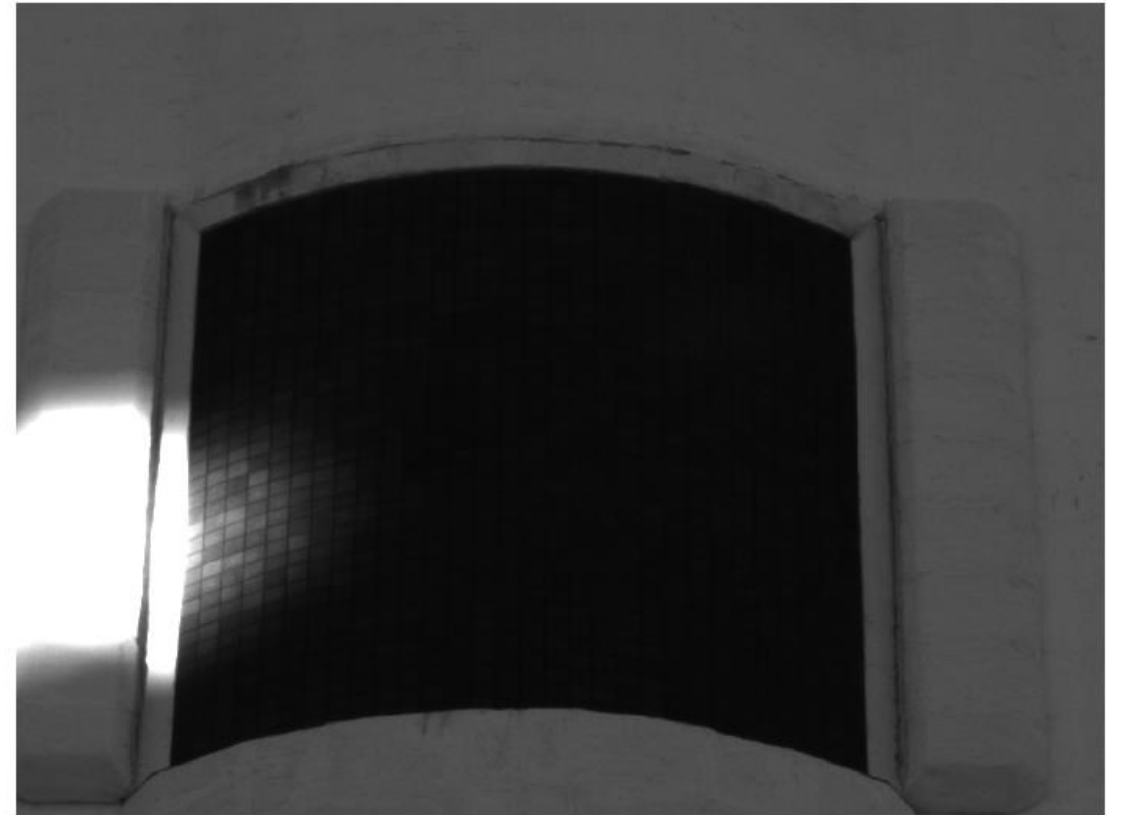
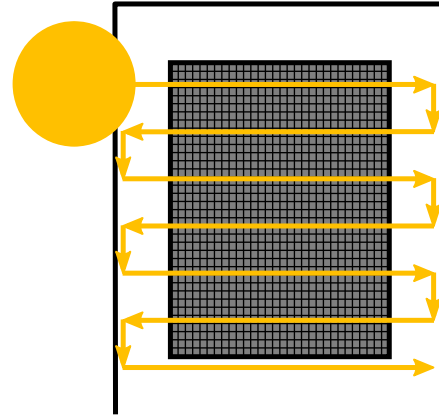
- Moving Bar: teuer, insbes. bei großen Receivern
- Mittels Reflexion Absorber:
 - 1) Reflexionseigenschaften (abhängig insbes. von Ort / Material und Richtungen)
 - 2) Richtungszusammensetzung Strahlung
 - 3) Kalibration
- Verfahren Bewölkungsbild und GoRef mit Verbesserungspotential



Scan des Absorbers

Durchführung

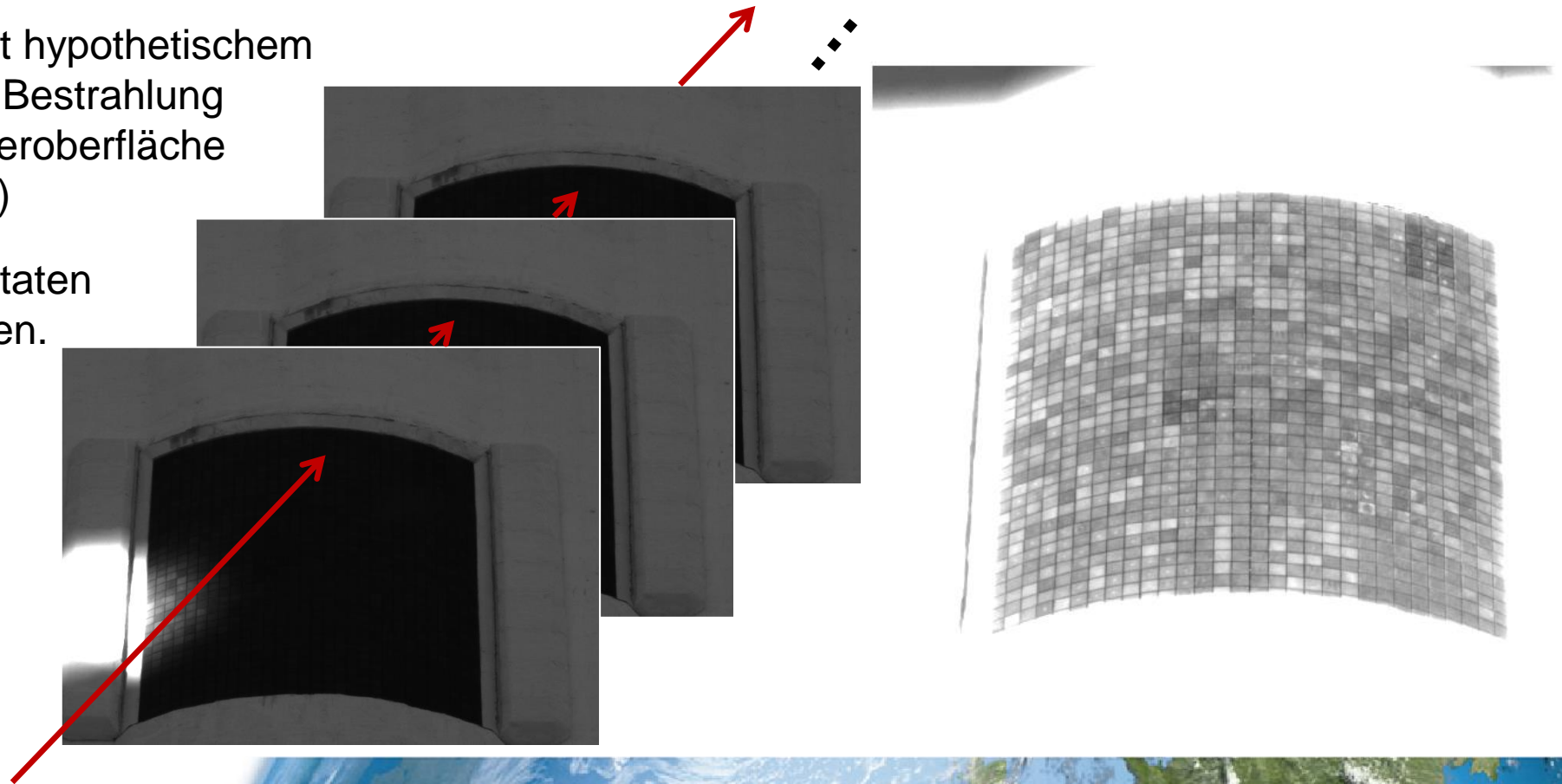
- Ziel: Homogene Einstrahlungssituation
- Mäanderförmige Bewegung des Brennflecks eines Heliostaten über Absorber. Auch Scheinwerfer prinzipiell verwendbar.
- Gleichzeitig Serienbildaufnahme (17 fps), ca. 10.000 Bilder



Scan des Absorbers

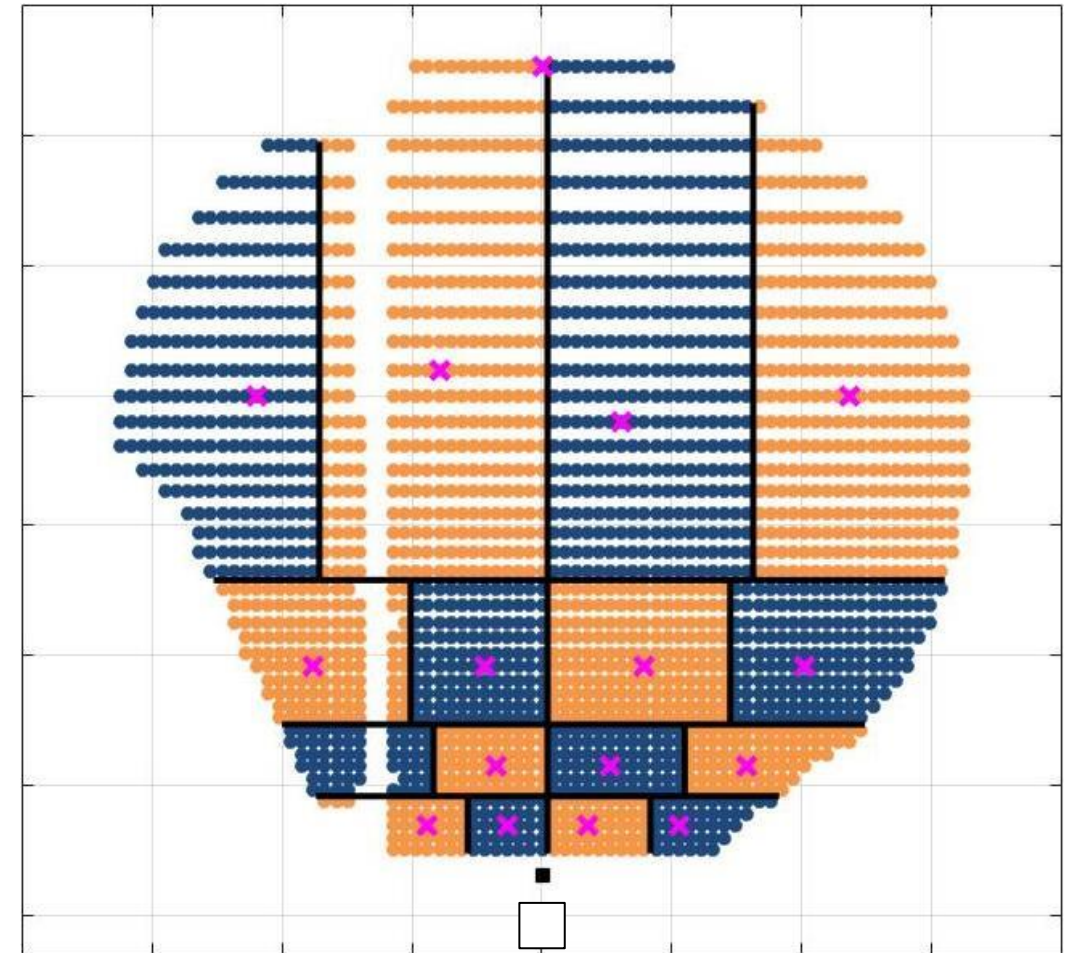
Auswertung

- Erzeugung eines einzelnen „Maximalbildes“ aus Bildserie durch pixelweise Bestimmung des maximalen Grauwertes (und diverse Korrekturen)
- Maximalbild entspricht hypothetischem Bild bei gleichzeitiger Bestrahlung der gesamten Absorberoberfläche mit E_{\max} (Ziel erreicht)
- Zeit scheint für Heliostaten stillgestanden zu haben.



Richtungsabhängigkeit, Richtungszusammensetzung und Kalibrierung

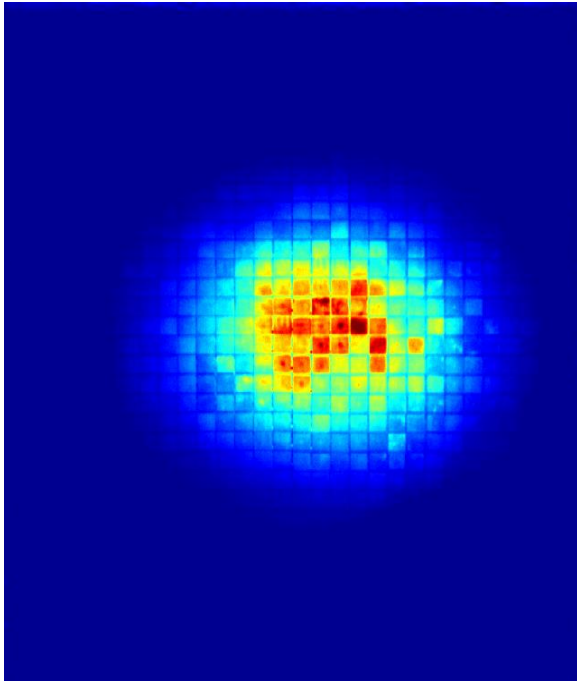
- Einteilung Heliostatfeld in 16 Gruppen
- Scan mit 1 Heliostat pro Gruppe
- Zusätzlich Scan von Referenzfläche (Strahlenschutz / diffus reflektierendes Target)
- Vorteil: Individuelle Ermittlung Richtungsabhängigkeit für alle Absorbersegmente
- Bestimmung Richtungszusammensetzung Strahlung
 - a) Mit Raytracing-Software
 - b) Durch gruppenweises (De)Fokussieren
- Kalibration:
 - a) Radiometer (lokal bekannte Flussdichte)
 - b) Definierte Bestrahlung mit Heliostatgruppe (global bekannter Strahlungsfluss)



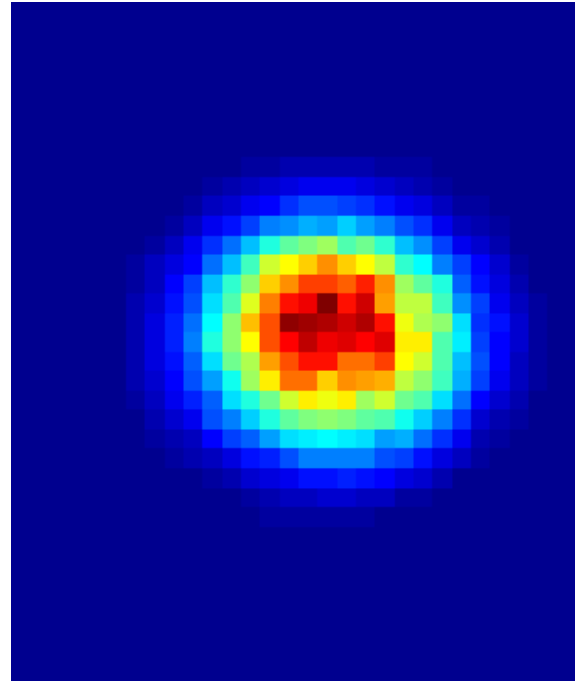
Anwendung Flussdichtemessung Solarturm Jülich

Einzelner Heliostat

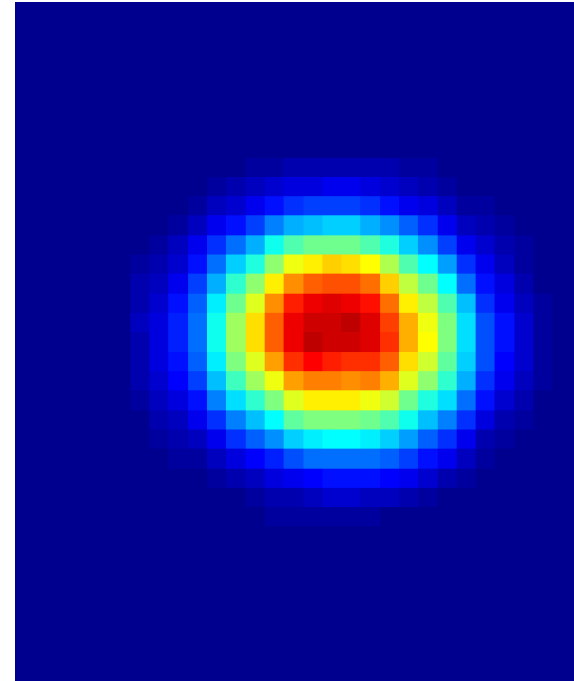
Unkorrigiert, Pixel



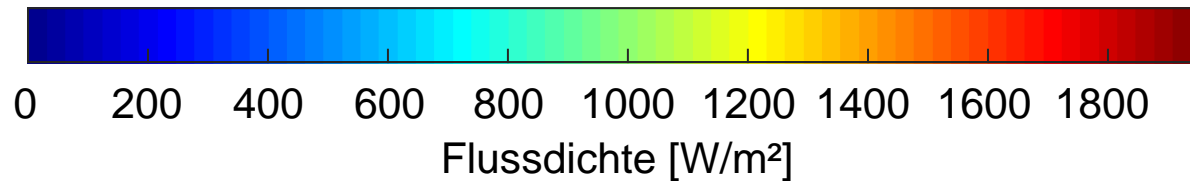
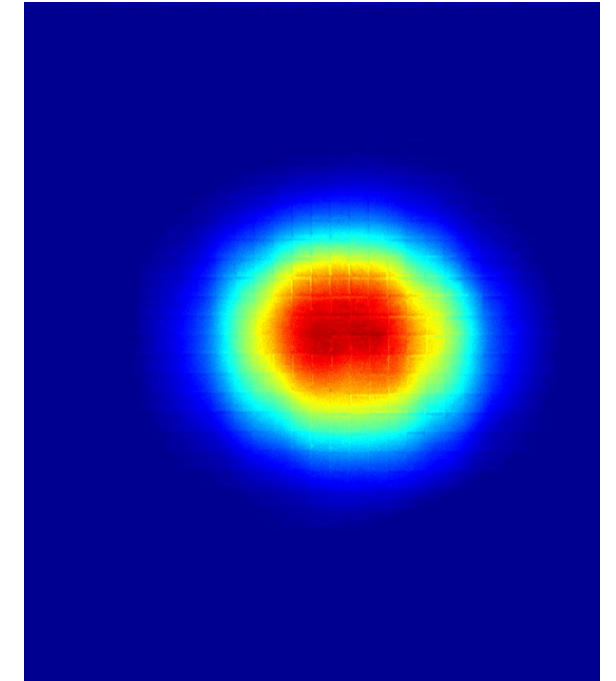
Mit Bewölkungsbild
korrigiert, Segmente



Mit Scan korrigiert,
Segmente



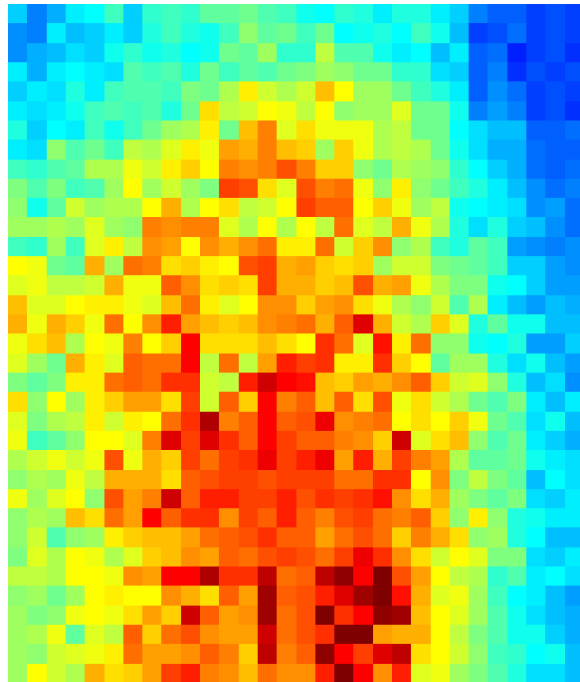
Mit Scan korrigiert, Pixel



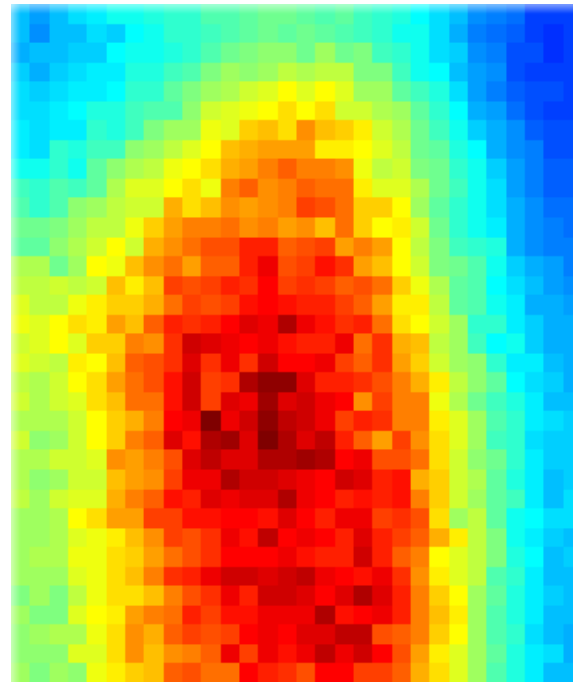
Anwendung Flussdichtemessung Solarturm Jülich

Alle Heliostatfeldbereiche

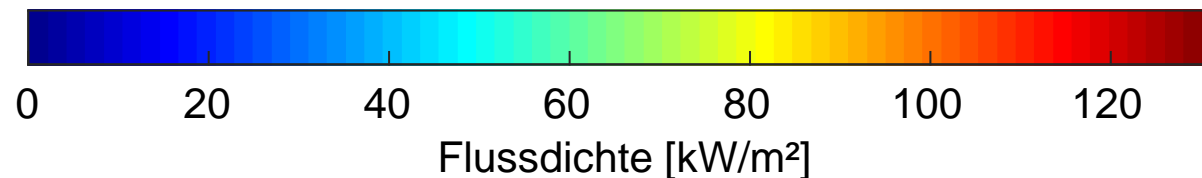
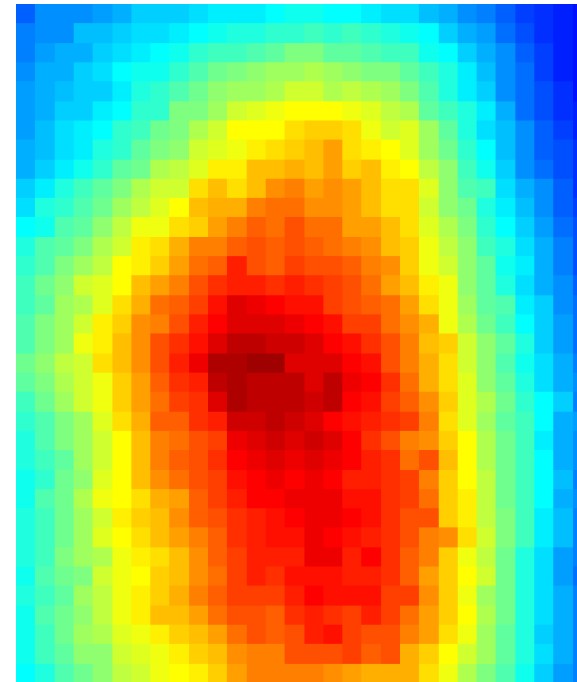
Unkorrigiert



Mit Bewölkungsbild und GoRef korrigiert



Mit Scans korrigiert

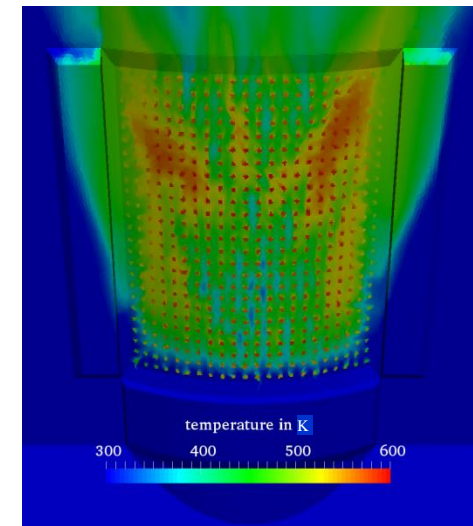
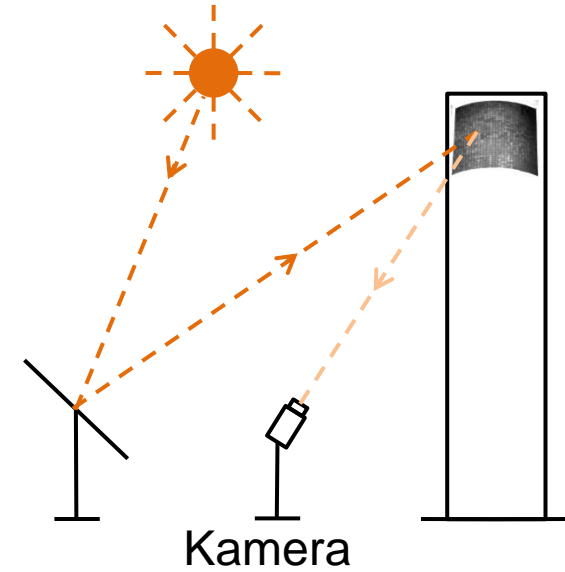


- Deutliche Vergleichmäßigung der gemessenen Flussdichteverteilung durch Scans
- Grund: Lokale Unterschiede in der Richtungsabhängigkeit berücksichtigt
- Unterschied Strahlungsleistung: ca. 4 %



Vergleich mit CFD-Simulationen

- 5 verschiedene Betriebszustände (Heißlufttemperaturen 380...600 °C)
- Verwendung von gemessenem Strahlungsfluss, Massenstrom und Rückführlufttemperatur als Input für Simulationen
- Vergleich von simulierten und gemessenen Heißlufttemperaturen
- Gute Übereinstimmung
⇒ Indiz für Zuverlässigkeit der Messung



Fazit

- Vorteile Scan-Verfahren gegenüber Bewölkungsbild und Gonioreflektometer:
 - Gleichmäßigere Bestrahlung
 - Individuelle Bestimmung der Richtungsabhängigkeit für alle Absorbersegmente
 - Spektrum wie bei Messung
 - Keine Bewölkung erforderlich
 - Patent beantragt
- ⇒ Vielversprechend für kommerzielle Anwendungen

Ausblick

- Abschluss Messunsicherheitsanalyse
- Vergleich mit Radiometermessungen
- Übertragung auf externe Rohrreceiver
- Scans bei Nacht
- Senkung Aufwand

- Entwicklung neues Projekt

Kontakt:

matthias.offergeld@dlr.de





Danke!

