

# Wolkenkamera-basierte Kurzzeitvorhersage der Direktstrahlung

S. Wilbert<sup>1</sup>, B. Nouri<sup>1</sup>, P. Kuhn<sup>1</sup>, D. Schüler<sup>1</sup>, C. Prah<sup>1</sup>, N. Kozonek<sup>1</sup>,  
R. Pitz-Paal<sup>1</sup>, T. Schmidt<sup>2</sup>, N. Kilius<sup>3</sup>, M. Schroedter-Homscheidt<sup>3</sup>, Z. Yasser<sup>4</sup>

<sup>1</sup> DLR, Institut für Solarforschung

<sup>2</sup> CSP Services

<sup>3</sup> DLR Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum

<sup>4</sup> TSK Flagsol

Sonnenkolloquium, Köln 6.7.2016



Wissen für Morgen



# Wolkenkamera-basierte Kurzzeitvorhersage der Direktstrahlung

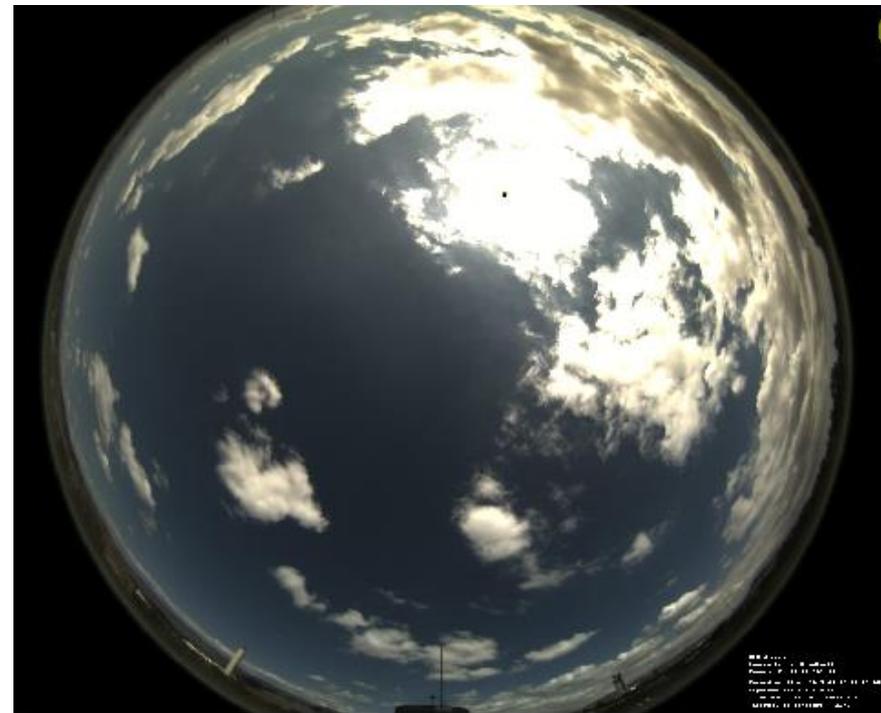
## Inhalt

1. Motivation

2. Wolkenkamera-basiertes Nowcasting von DNI (Direct Normal Irradiance) Karten  
Bsp. WobaS System (BMWi)

3. Validierungssystem

4. Fazit und Ausblick

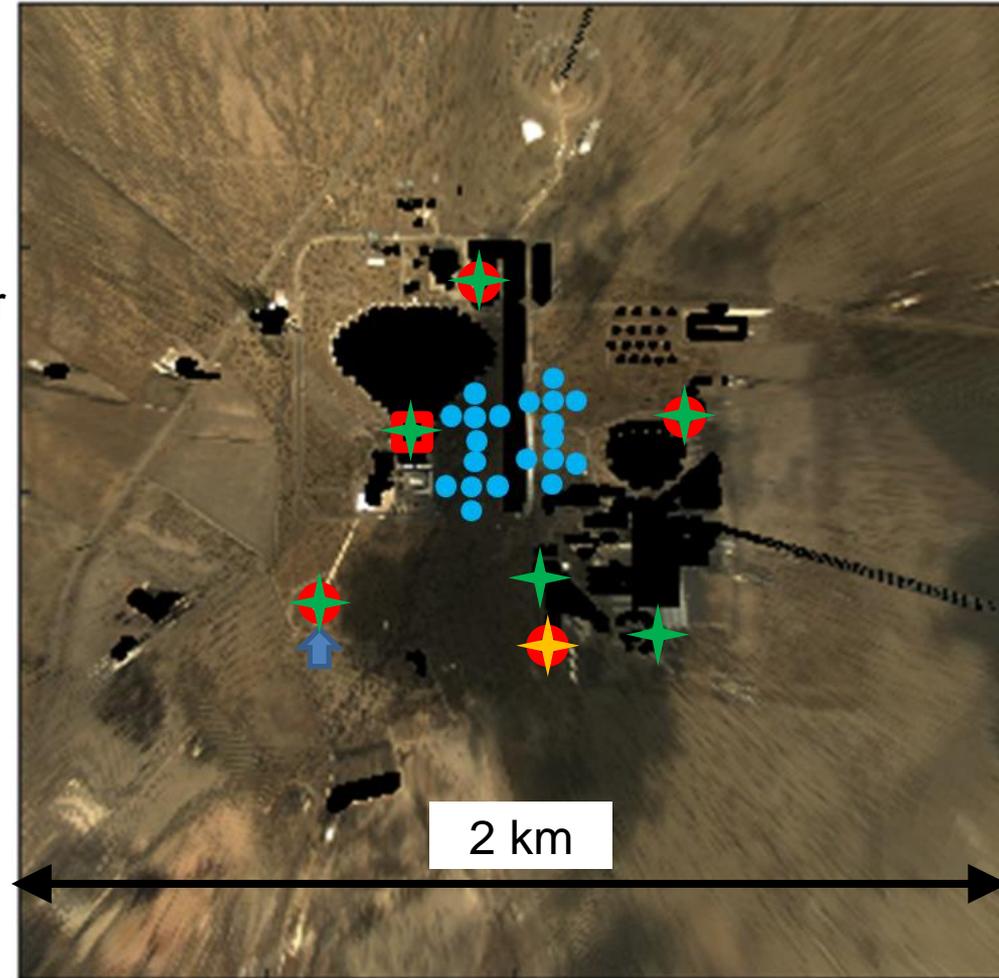


# Nowcasting- und Validierungssystem (PSA)

Nowcasting-  
Validierungs-

system  
system

- 4 Q24 Wolkenkameras
- ★ Pyrheliometer (DNI)
- 6 M25 Schattenkameras
- 20 Si-Pyranometer
- ★ Pyrheliometer und Pyranometer
- ↑ Ceilometer



# Funktionsprinzip des WobaS Systems

4 Wolkenkamera Fotos

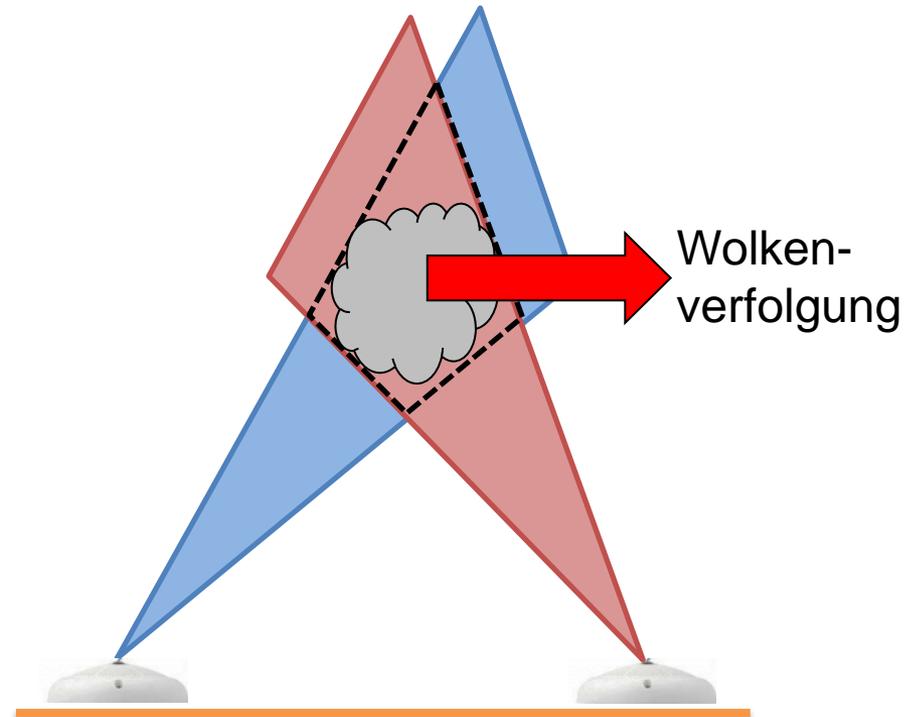
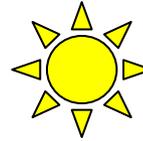
Wolkendetektion

Bestimmung der  
Wolkenkoordinaten

Berechnung von Schattenkarten

Kombination mit  
Strahlungsmessungen

DNI Karte für Aufnahmezeitpunkt

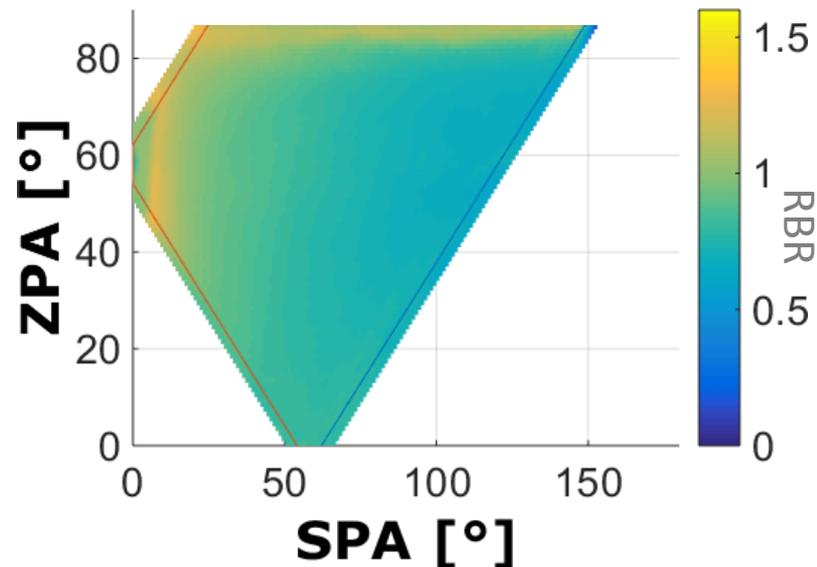


# Wolkendetektion - Clear Sky Library

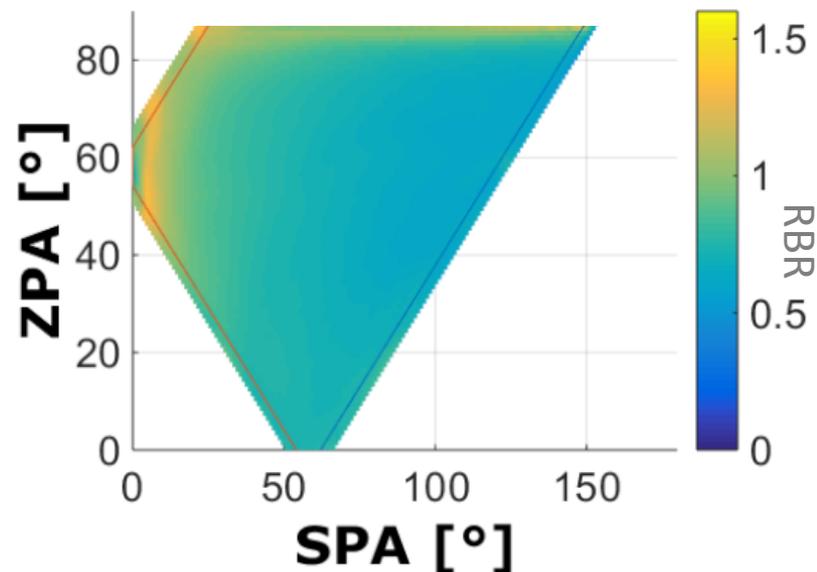
Bibliothek für Wolkenfreie Situationen

- Inhalt der Clear Sky Library „red to blue ratio“ (RBR) für Bilder ohne Wolken
- Wolkendetektion nutzt Clear Sky Library:
  - Vergleiche RBR von Pixel des auszuwertenden Bildes mit RBR aus Clear Sky Library
  - Abweichung über gewissem Schwellwert  $\Rightarrow$  Pixel zeigt Wolke
- 4 Dimensionen:
  - Sun to Pixel Angle (SPA)
  - Zenith to Pixel Angle (ZPA)
  - Air mass (AM)
  - Linke Trübung (TL, Ineichen, 2002; Wasserdampf, Aerosole)

AM=1.6 to 2. TL=3 to 3.5

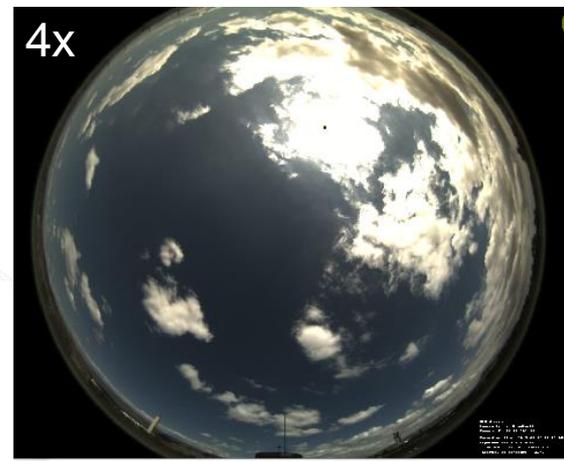
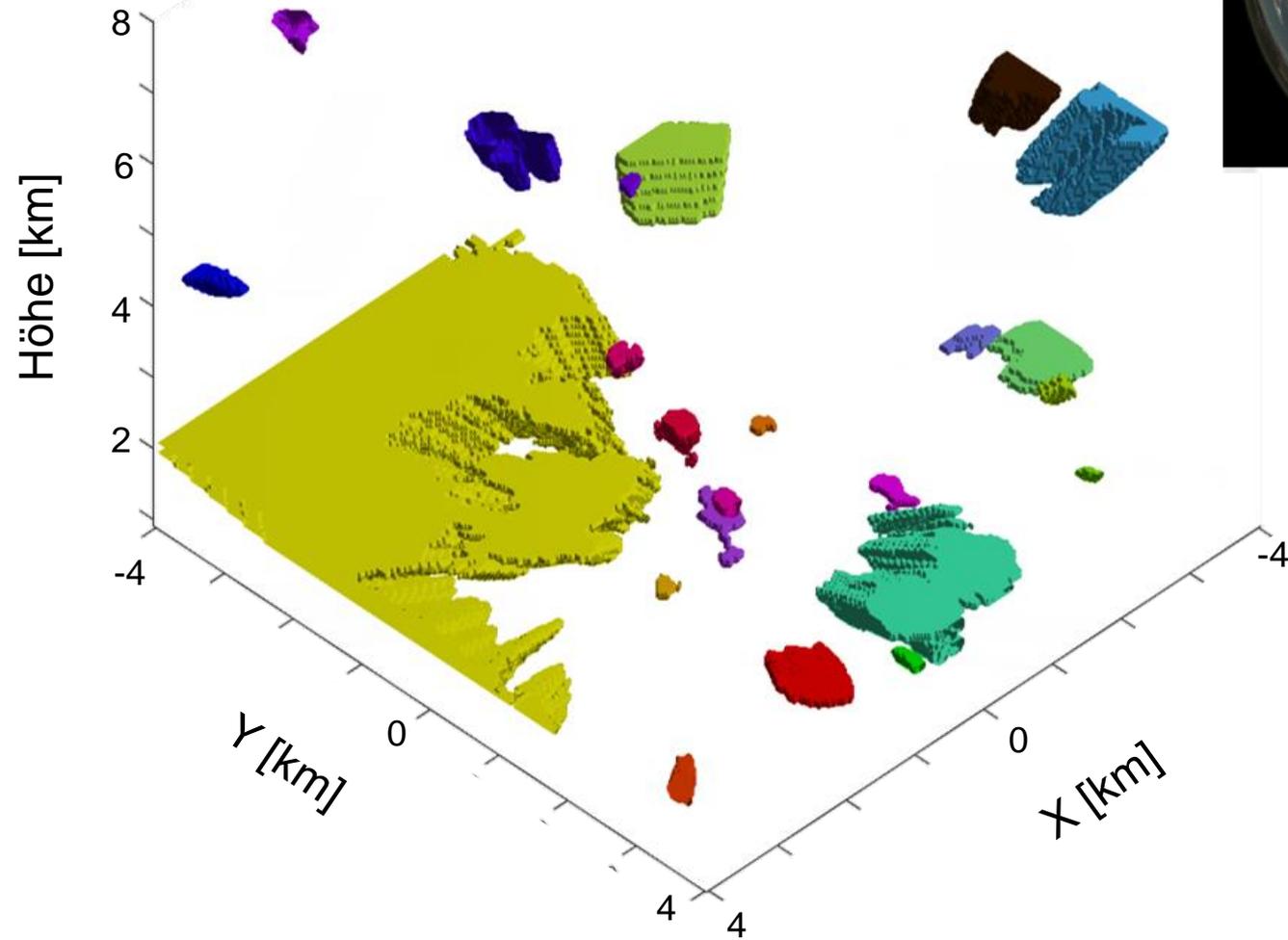


AM=1.6 to 2 TL=2.3 to 2.6



# Ergebnis: Wolkenkoordinaten

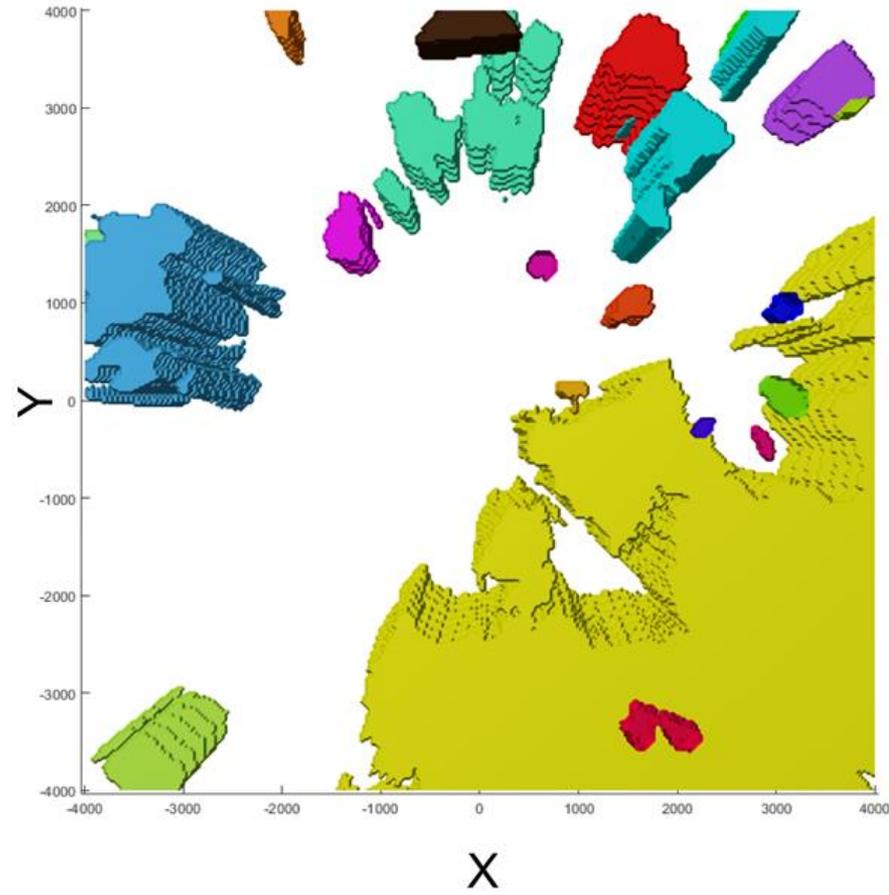
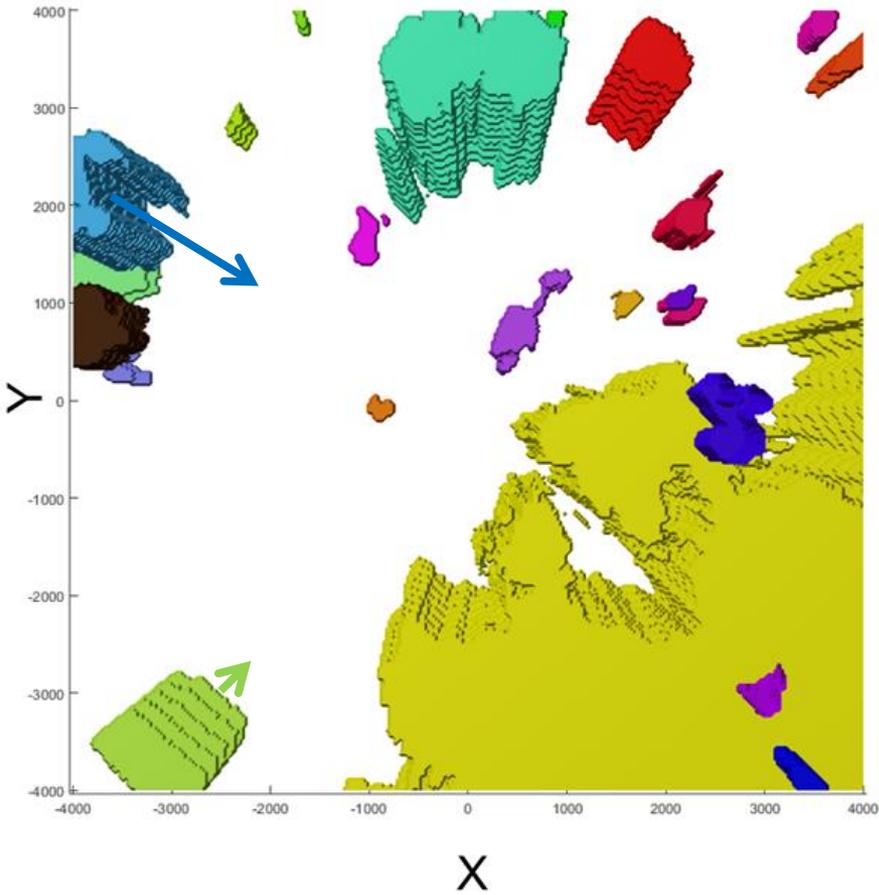
2015-09-19 12:26:00



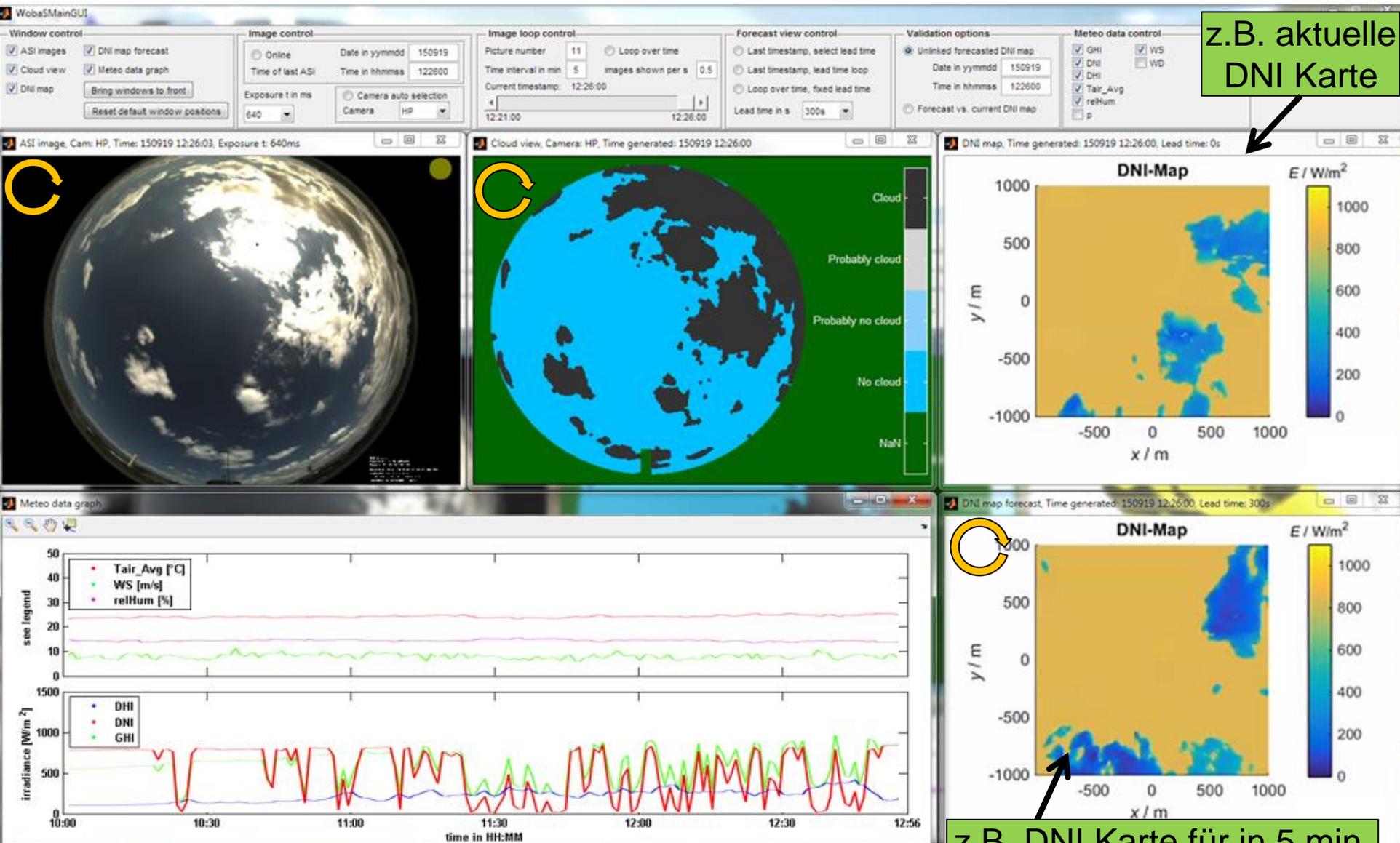
# Wolkenverfolgung - Vogelperspektive

2015.09.19 12:26:00

2015.09.19 12:26:30



# Benutzeroberfläche des WobaS Nowcasting Systems



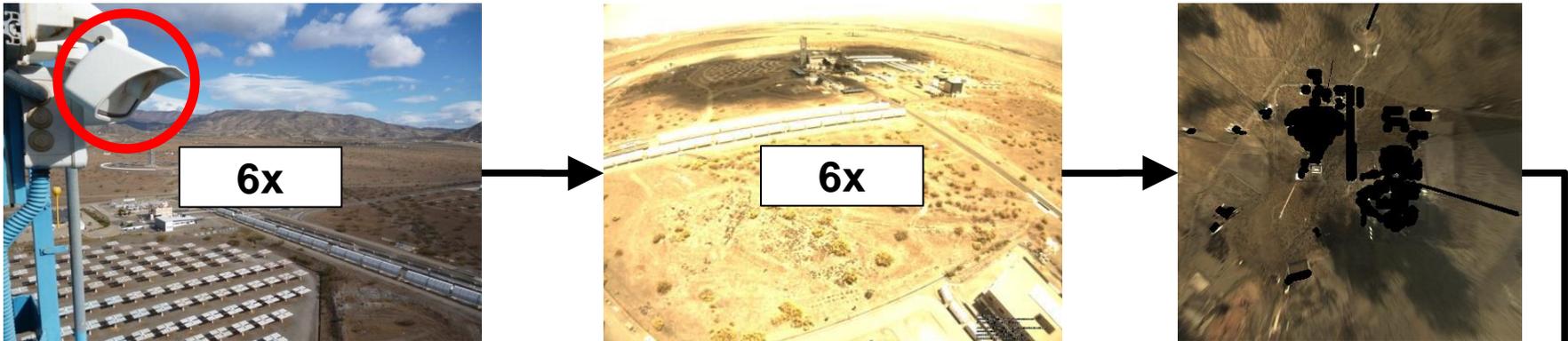
z.B. aktuelle DNI Karte

z.B. DNI Karte für in 5 min, oder DNI Nowcasts für nächste 15 min

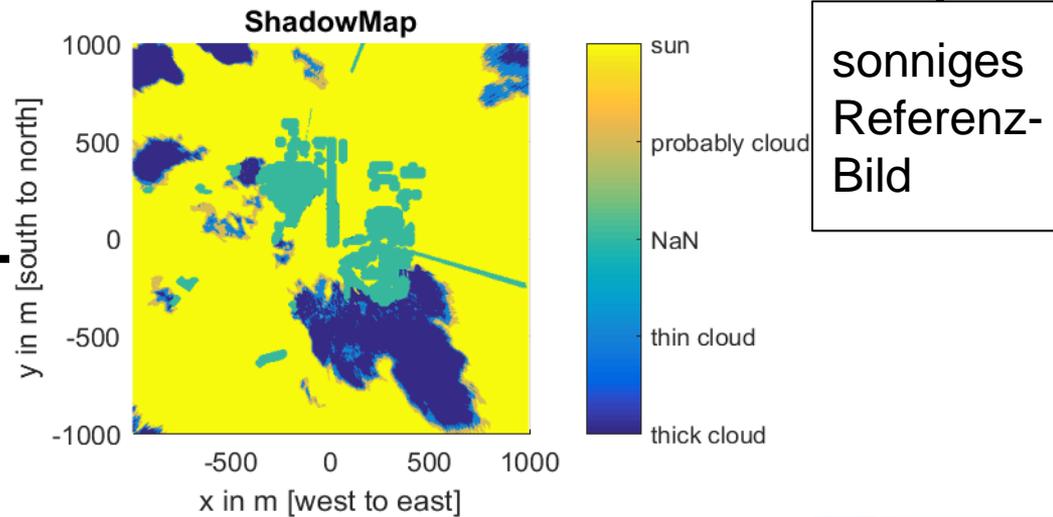
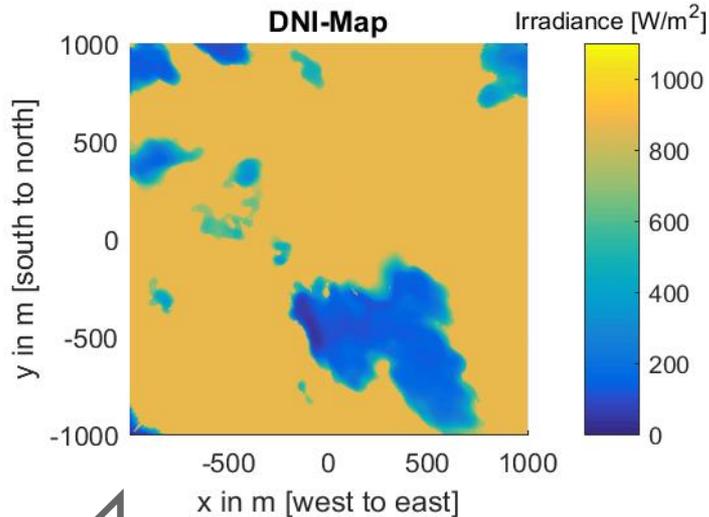


# Validierung mit Radiometern und Schattenkameras

Den Boden filmende Kameras ermöglichen DNI-Karten Berechnung



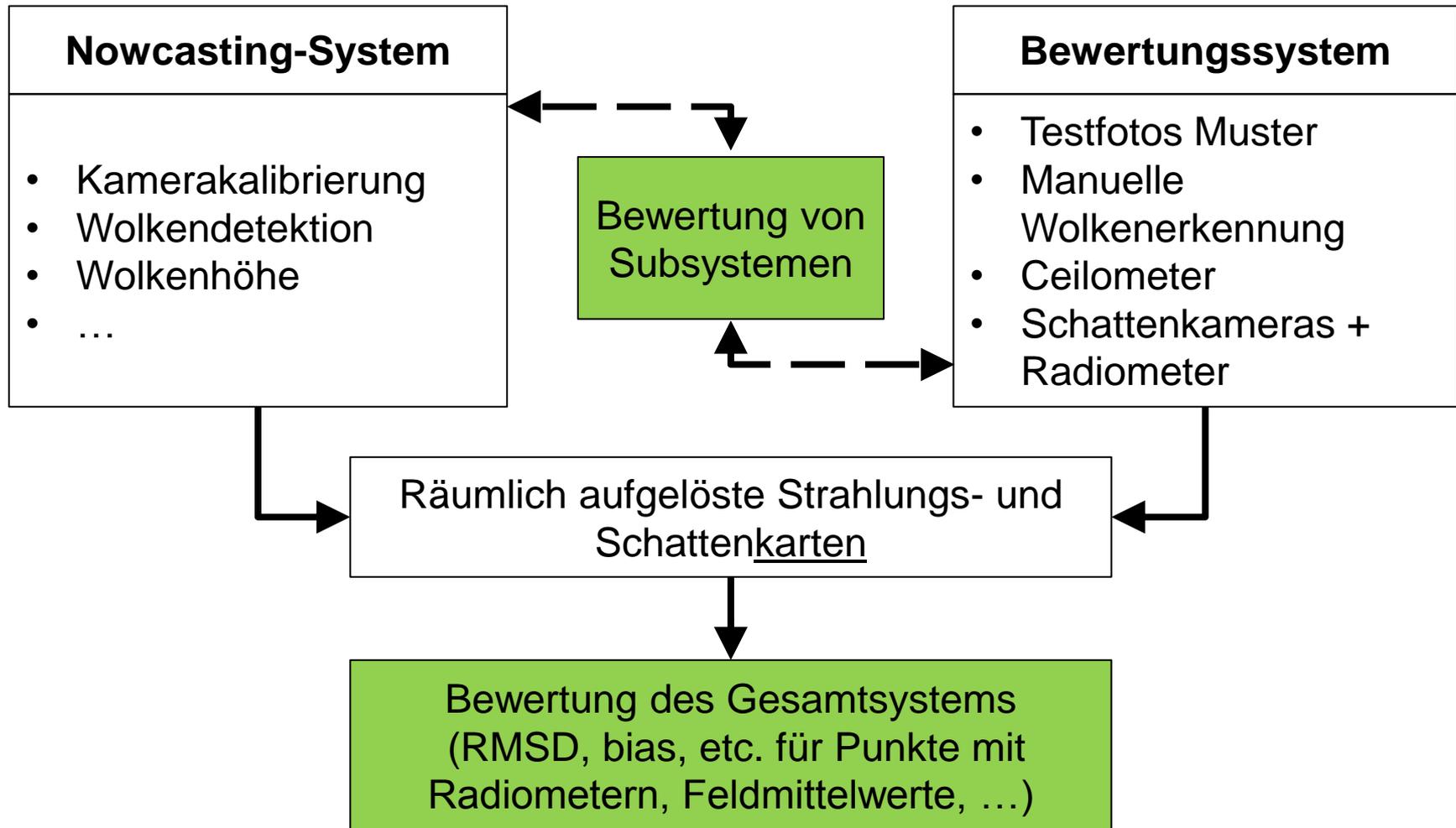
>20 Radiometer + schattiges Referenzbild



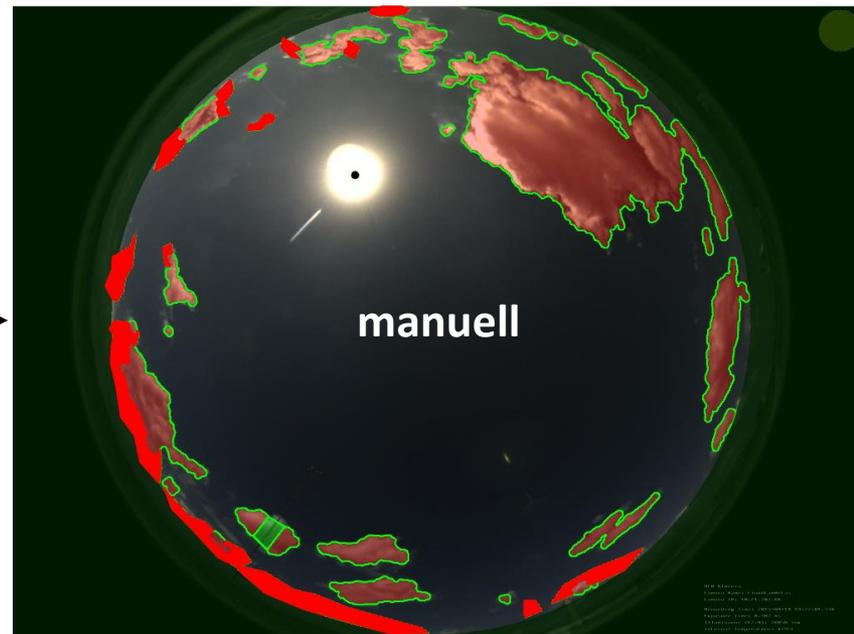
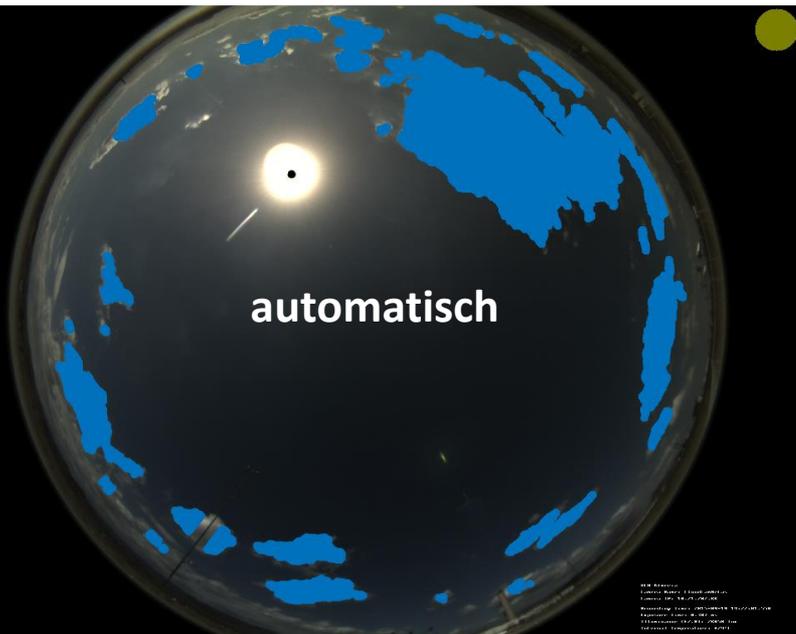
sonniges Referenz-Bild



# Validierung - Methodik



# Bsp. Validierung von Subsystem: Wolkendetektion



- Genauigkeit wird über Vergleich mit manueller Wolkenerkennung bestimmt
- Referenz-Datensatz von über 600 Bildern



# Validierung: Wolkendetektion

- Schnelle Bewertung von Wolkendetektion verschiedener Algorithmen
- Definition von Vergleichsgrößen, z.B.:
  - Wahrscheinlichkeit korrekter Detektion

$$= \frac{\#TP + \#TN}{\# \text{ aller Pixel}}$$

- Bewertung in Gruppen:
  - Bewölkungssituation
  - Trübung
  - Sonnenstand

		Manuelle Detektion	
		Wolke	Keine Wolke
Automatische Detektion	Wolke	TP	FP
	Keine Wolke	FN	TN





# Beispiel für Bewertung des Gesamtsystems

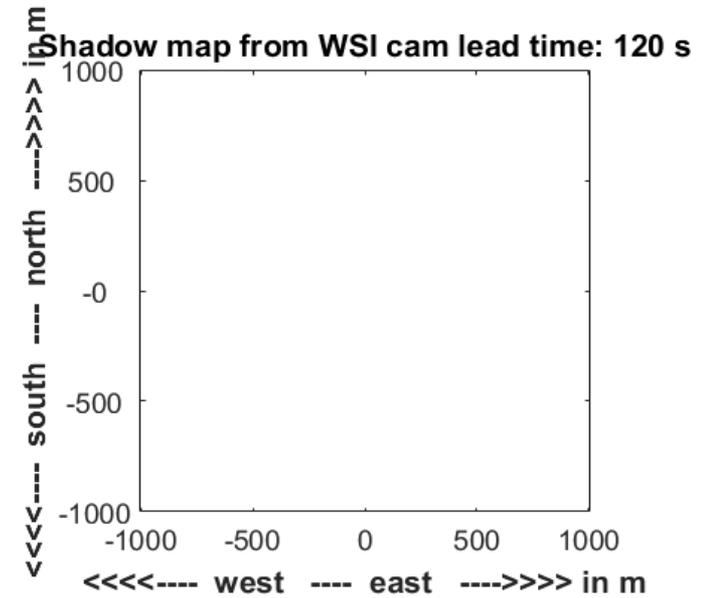
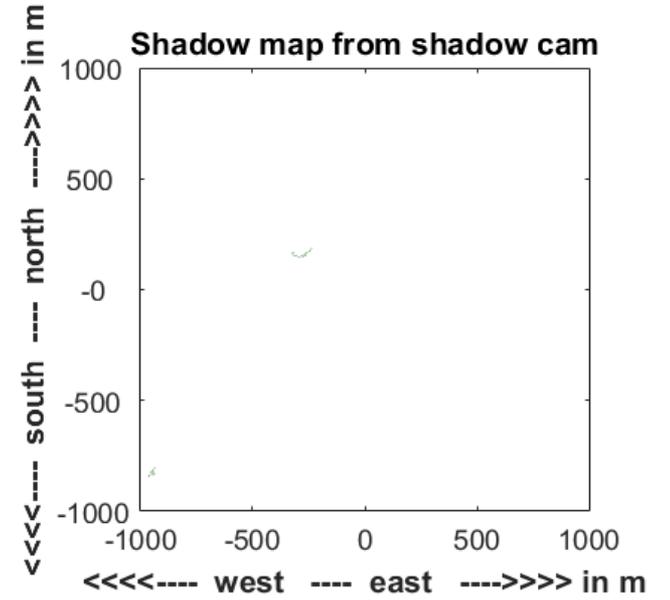
- Wolkenkamera-Vorhersagen für Schattenkarte in 2 min validiert mit Schattenkamera-Referenz
- 14.9.2015



9:42



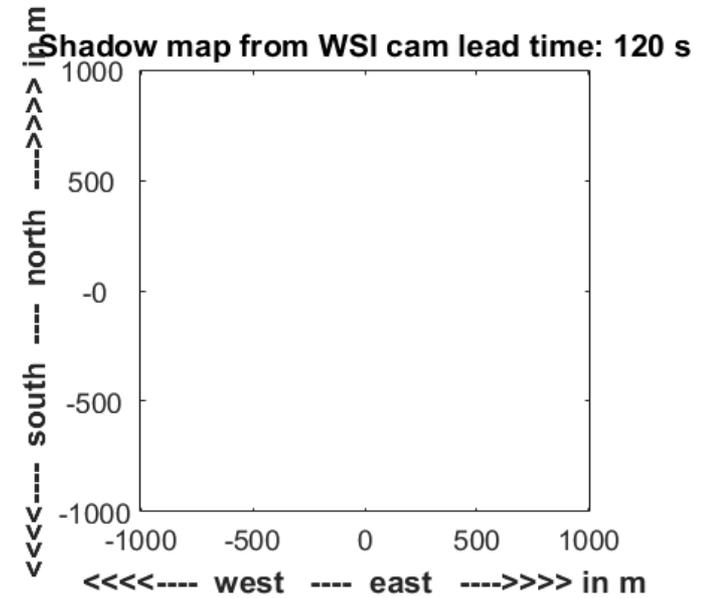
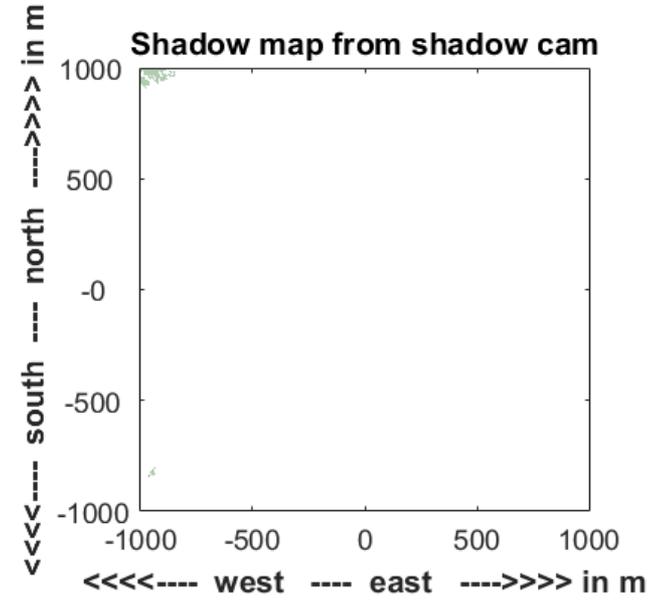
$\frac{\#TP + \#TN}{\#Pixel}$   
= 99.96 %



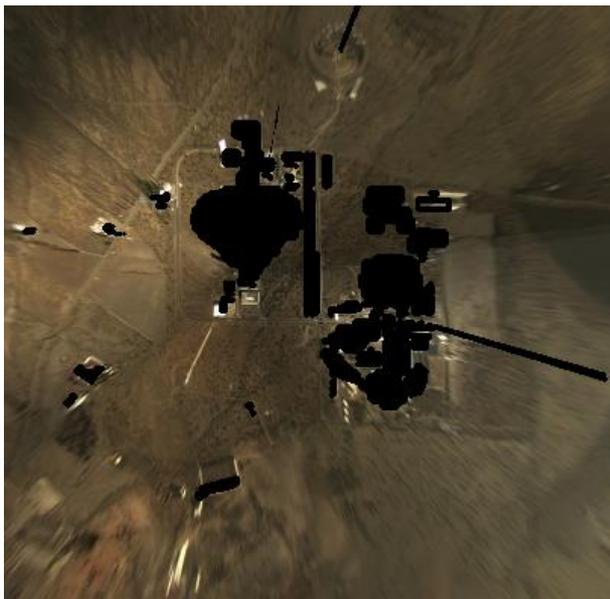
9:42:30



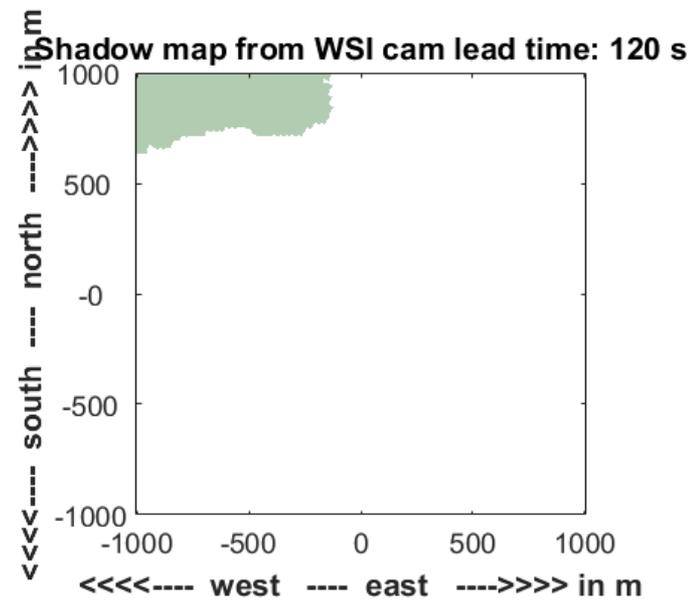
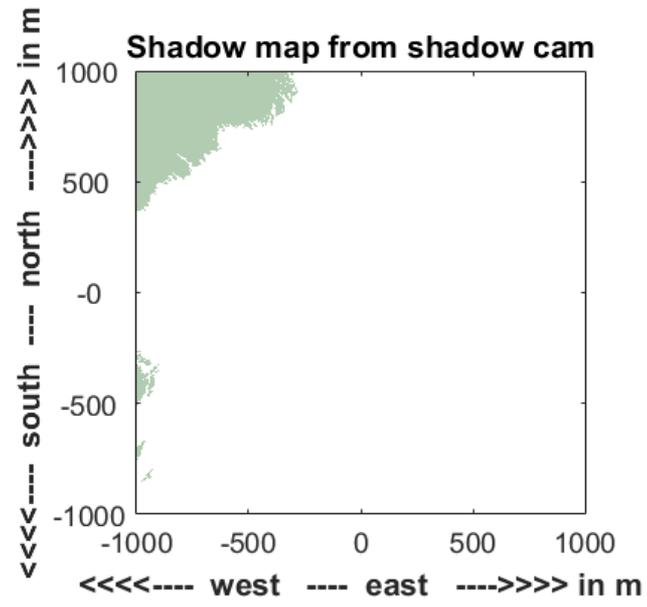
$\frac{\#TP + \#TN}{\#Pixel}$   
= 99.8 %



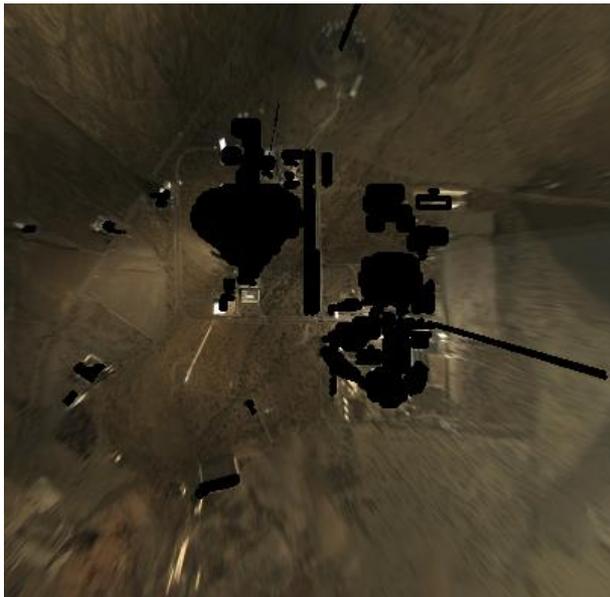
9:43



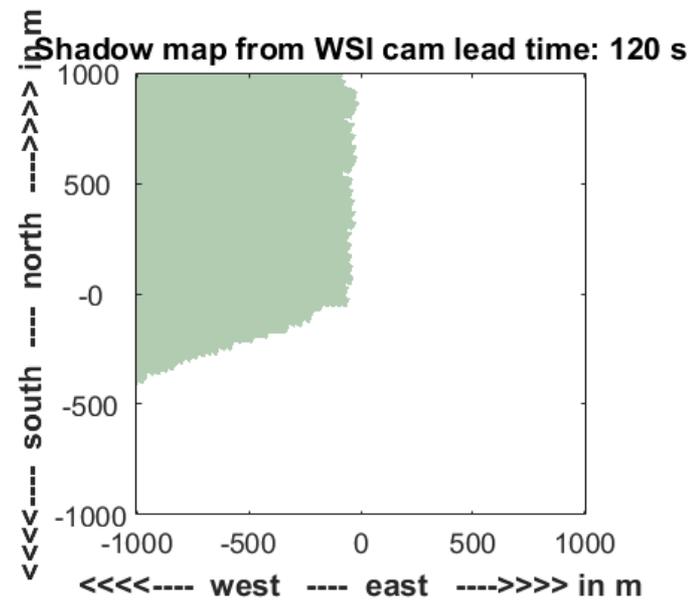
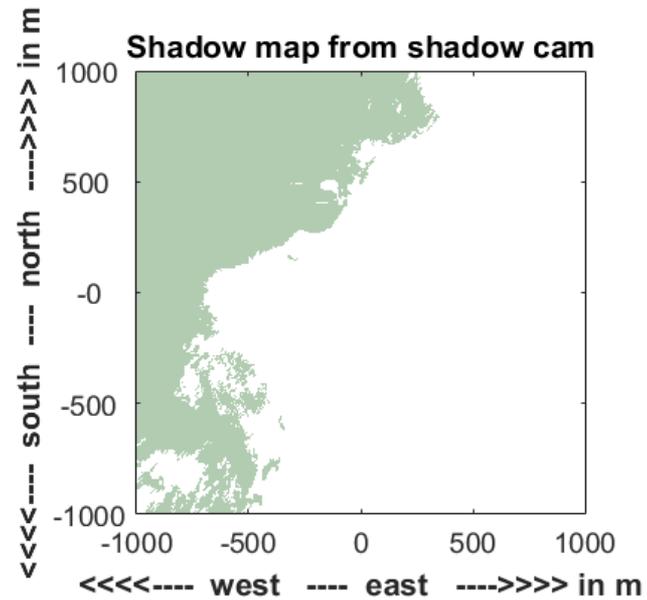
$\frac{\#TP + \#TN}{\#Pixel}$   
= 96.6 %



9:43:30



$\frac{\#TP + \#TN}{\#Pixel}$   
= 84.7 %



# Zusammenfassung

- Nowcasting System verfügbar
- Einzelkomponenten wie Wolkendetektion validiert
- Gesamtvalidierungssystem implementiert und Testdatensätze validiert
- Aufbau in TSK Parabolrinnenkraftwerk La Africana wird derzeit vorbereitet

# Nächste Schritte

- Detaillierte Validierung und Unsicherheitsanalyse des Nowcastingsystems
  - ~1Jahr Daten
- Anbindung an Satelliten- und Wettermodellbasierte Vorhersagen (DLR-DFD/ TSK Flagsol: CSP FoSyS System)
- Test in La Africana



Danke für Ihre  
Aufmerksamkeit!

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

WobaS  
Wolkenkamera-basierte  
Betriebsstrategien für  
konzentrierende  
Solarkraftwerke

Kontakt:  
[Stefan.Wilbert@dlr.de](mailto:Stefan.Wilbert@dlr.de)

DLR Almería  
Camera Name: CloudCamHP  
Camera IP: 10.21.202.99  
Recording Time: 2015-11-23 13:00:34.389  
Exposure Time: 0.614 ms  
Illuminance (F2.0): 13830 lux  
Internal Temperature: +14°C