

Wolkenkamera-basierte Kurzzeitvorhersage der Direktstrahlung

S. Wilbert¹, B. Nouri¹, P. Kuhn¹, D. Schüler¹, C. Prah¹, N. Kozonek¹,
R. Pitz-Paal¹, T. Schmidt², N. Kilius³, M. Schroedter-Homscheidt³, Z. Yasser⁴

¹ DLR, Institut für Solarforschung

² CSP Services

³ DLR Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum

⁴ TSK Flagsol

Sonnenkolloquium, Köln 6.7.2016



Wissen für Morgen



Wolkenkamera-basierte Kurzzeitvorhersage der Direktstrahlung

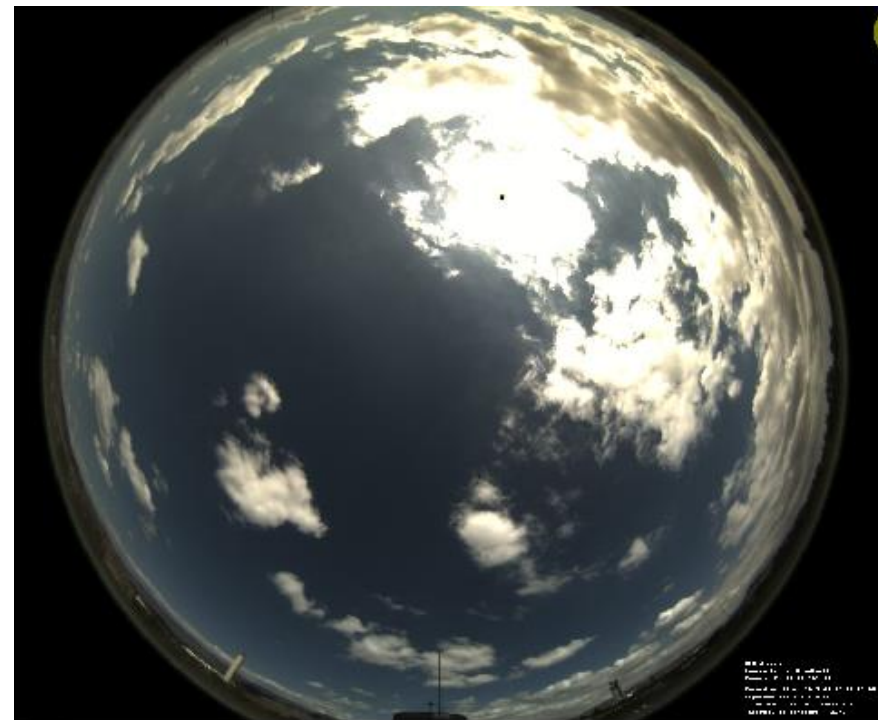
Inhalt

1. Motivation

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

3. Validierungssystem

4. Fazit und Ausblick

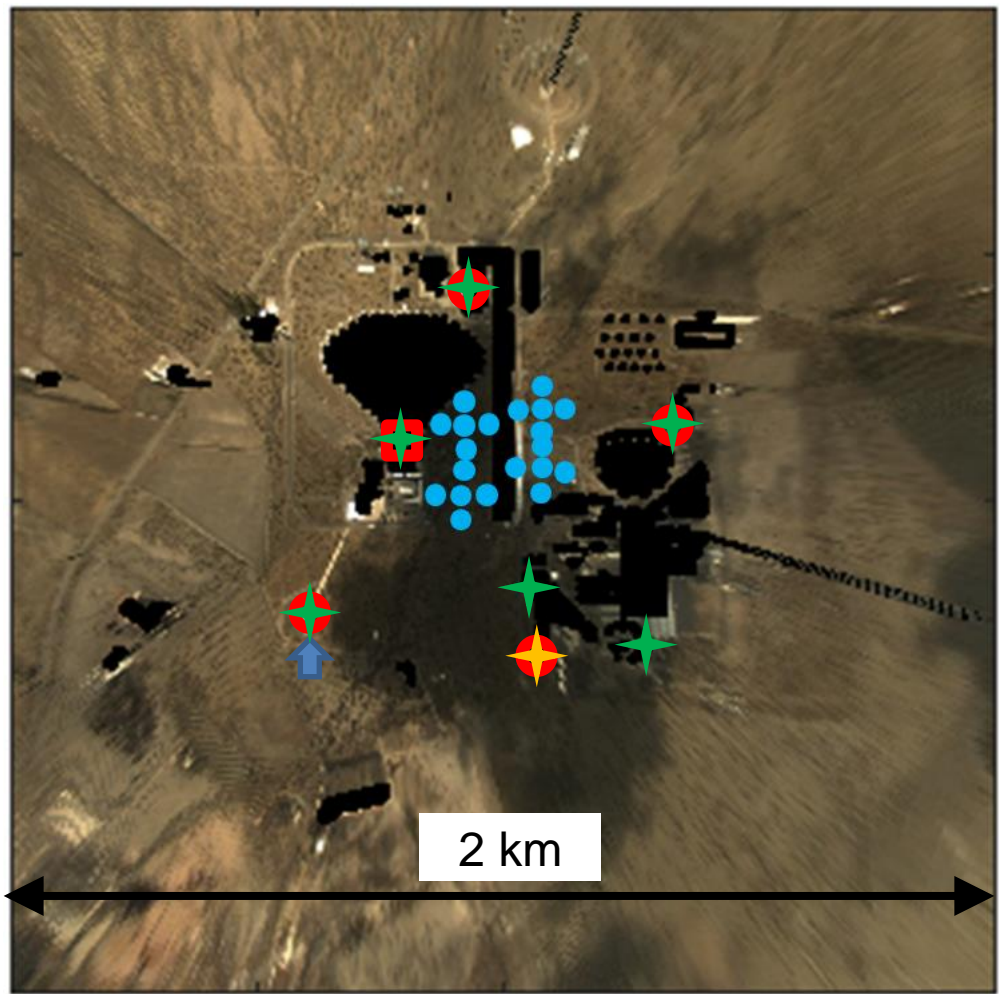


Nowcasting- und Validierungssystem (PSA)

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

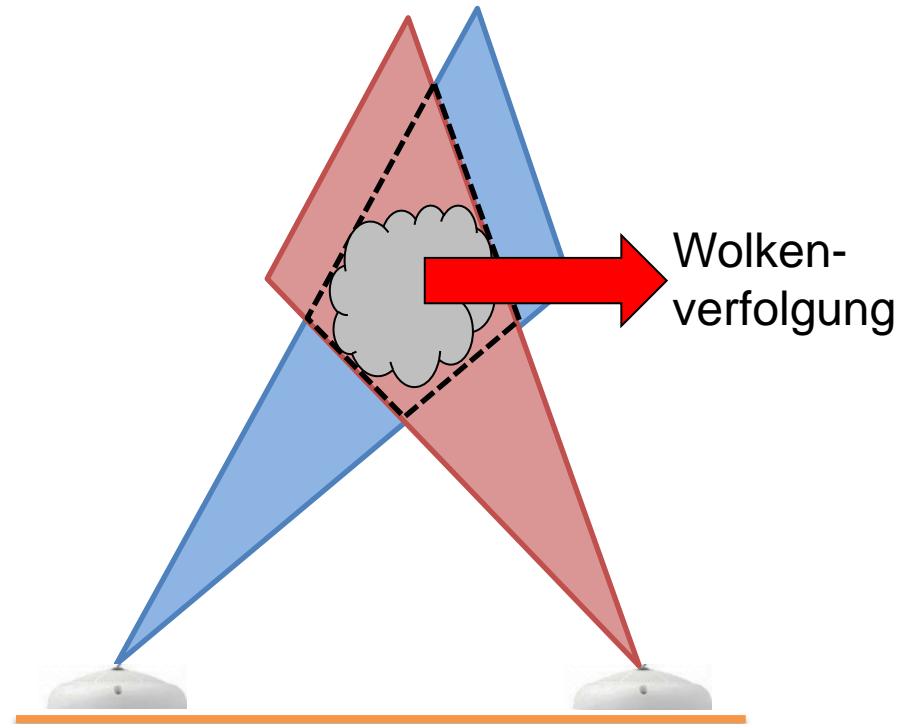
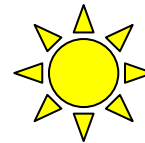
Wolkendetektion

Bestimmung der
Wolkenkoordinaten

Berechnung von Schattenkarten

Kombination mit
Strahlungsmessungen

DNI Karte für Aufnahmezeitpunkt

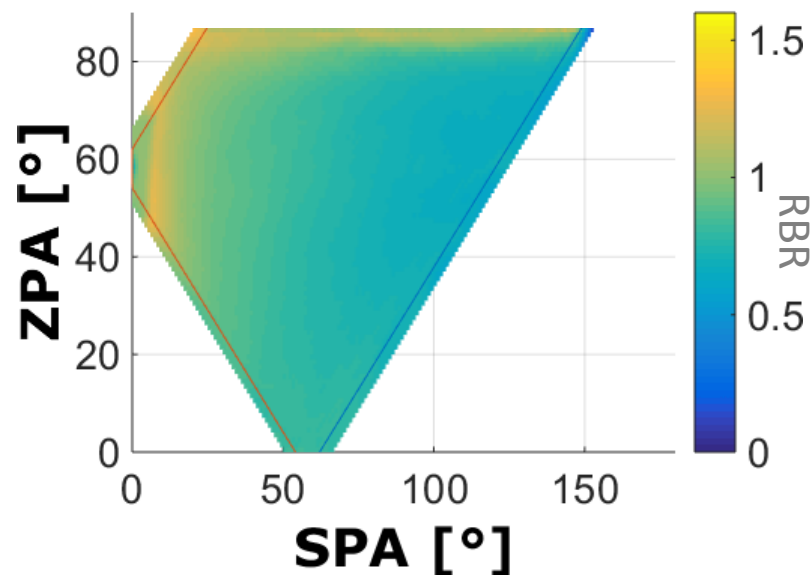


Wolkendetektion - Clear Sky Library

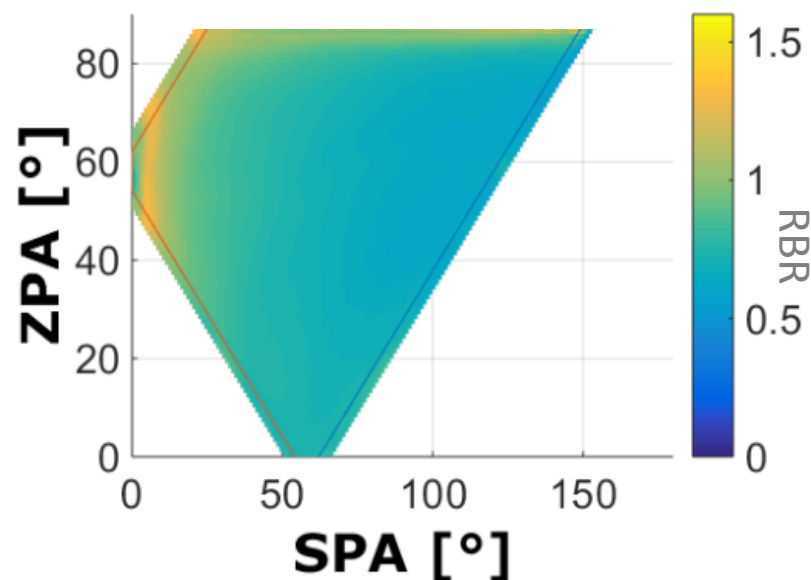
Bibliothek für Wolkenfreie Situationen

- 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

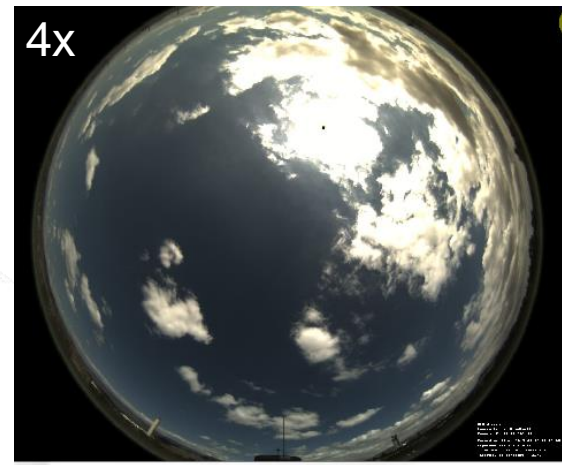
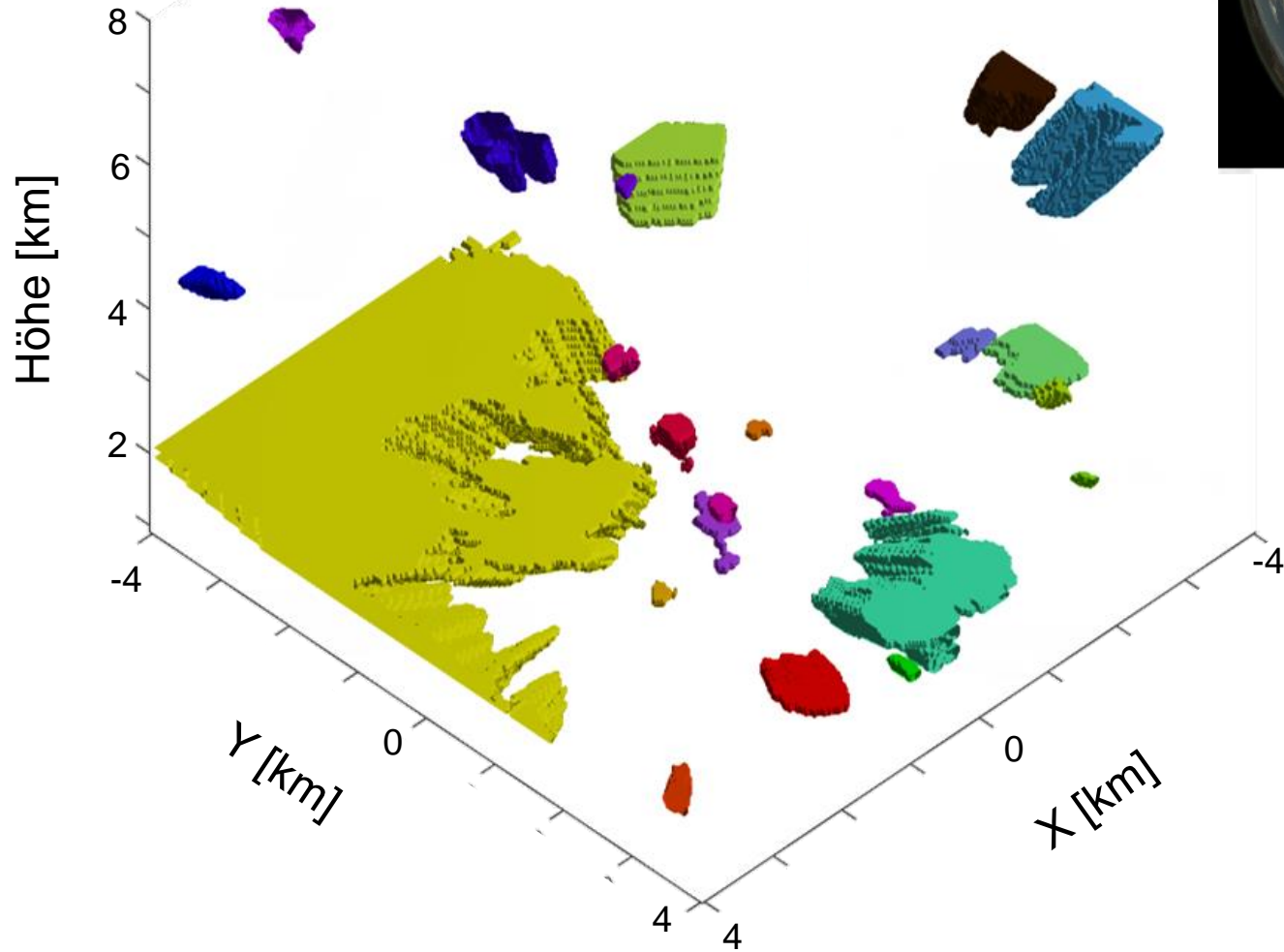


AM=1.6 to 2 TL=2.3 to 2.6



Ergebnis: Wolkenkoordinaten

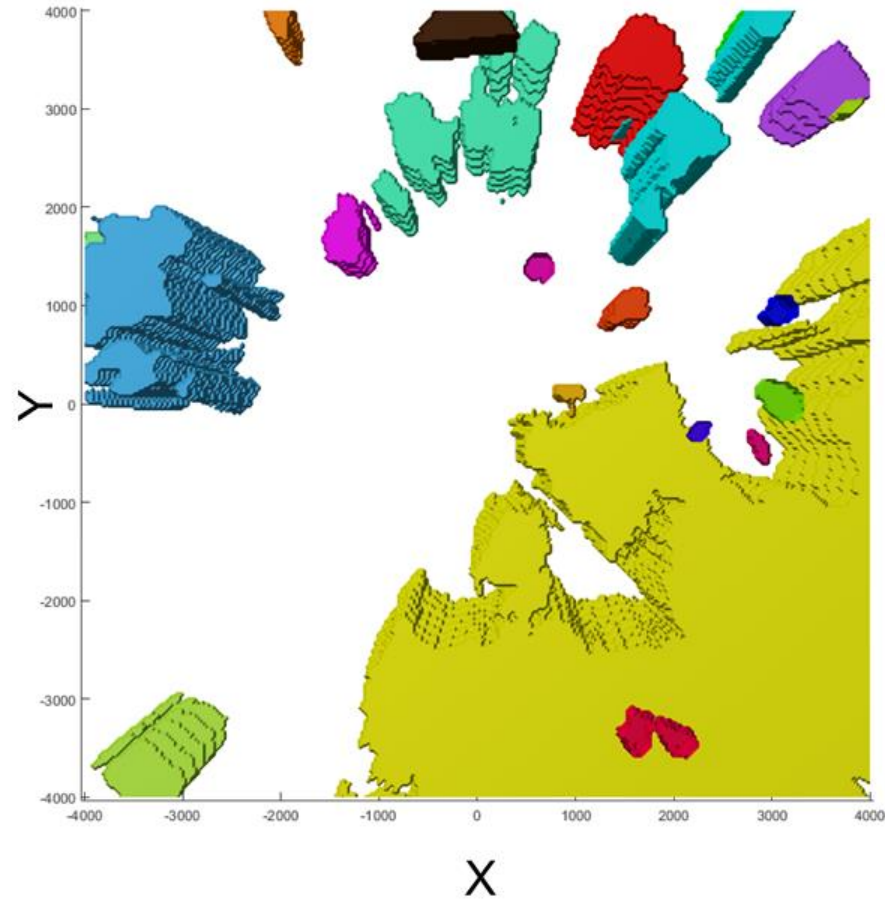
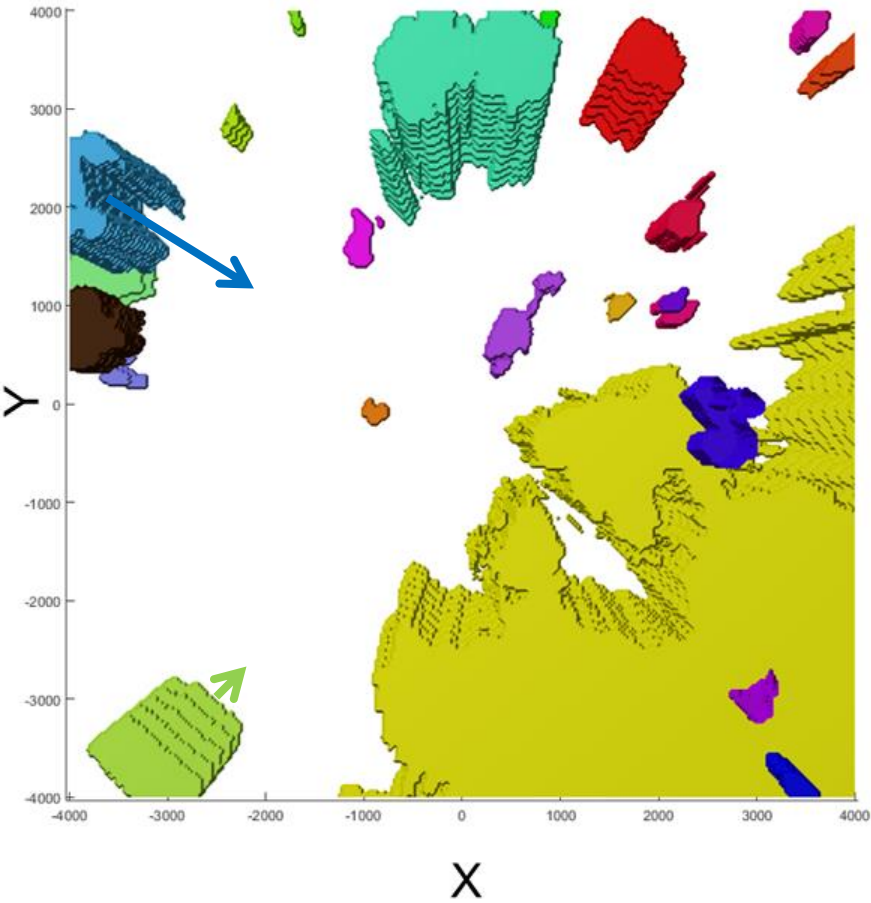
2015-09-19 12:26:00



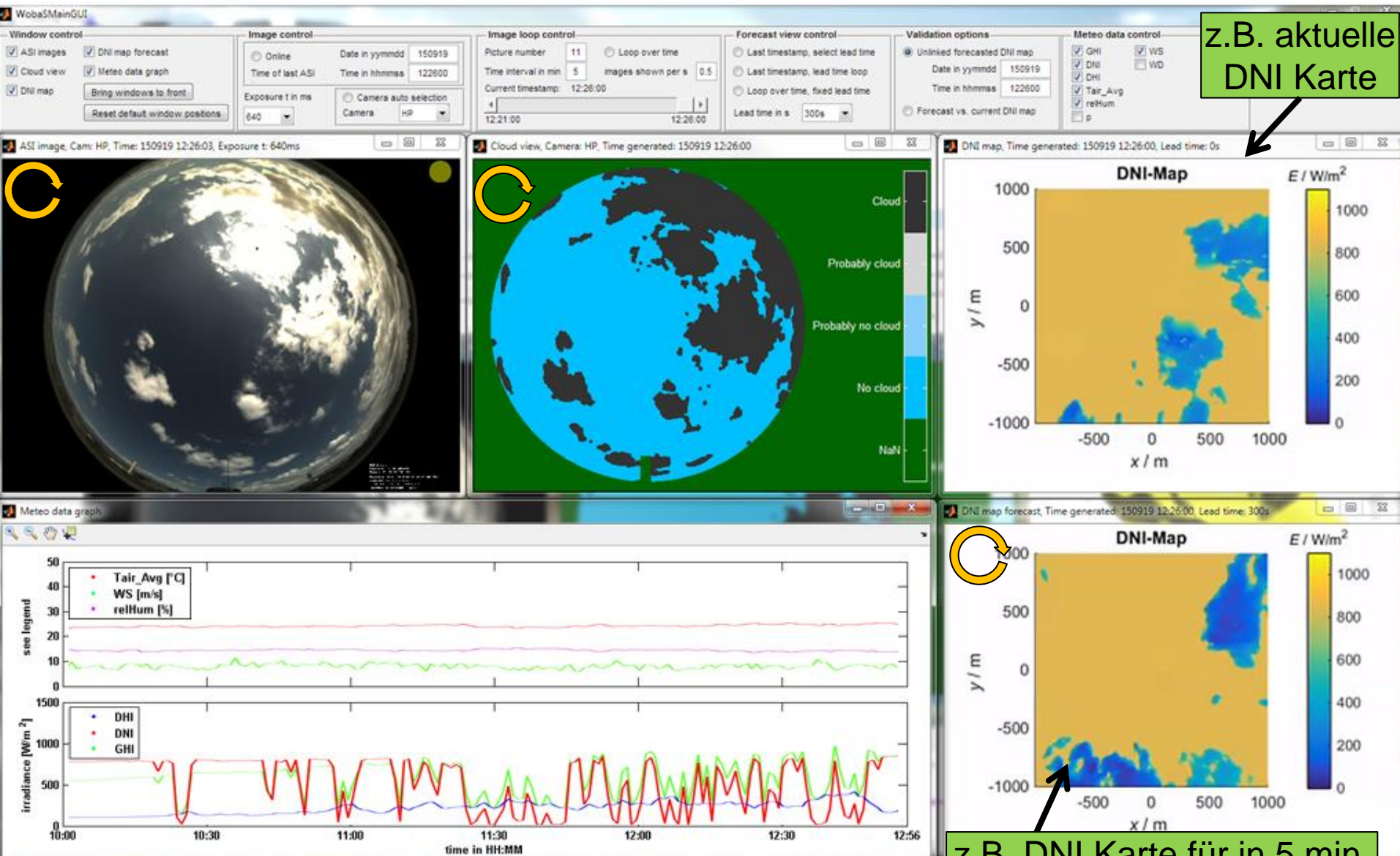
Wolkenverfolgung - Vogelperspektive

2015.09.19 12:26:00

2015.09.19 12:26:30



Benutzeroberfläche des WobaS Nowcasting Systems



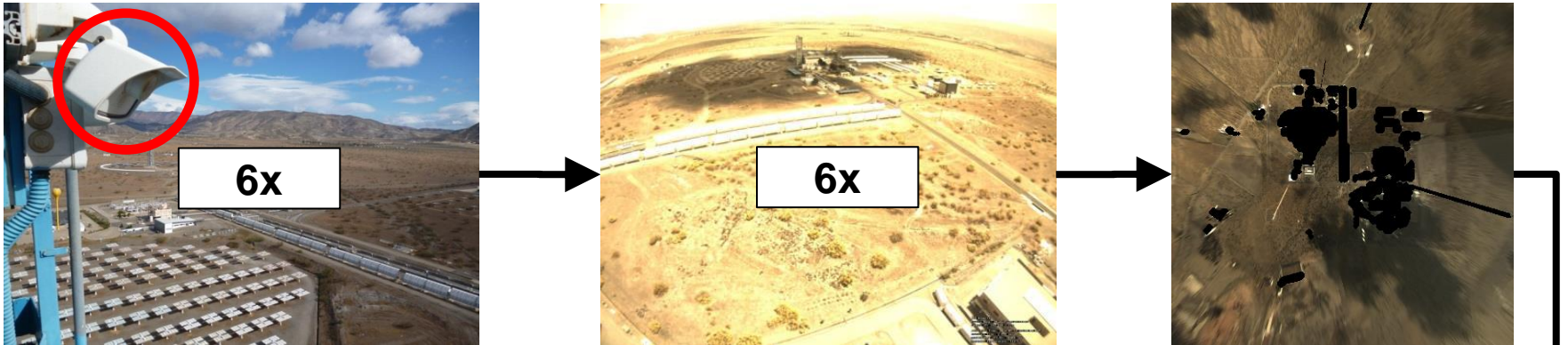
z.B. aktuelle DNI Karte

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

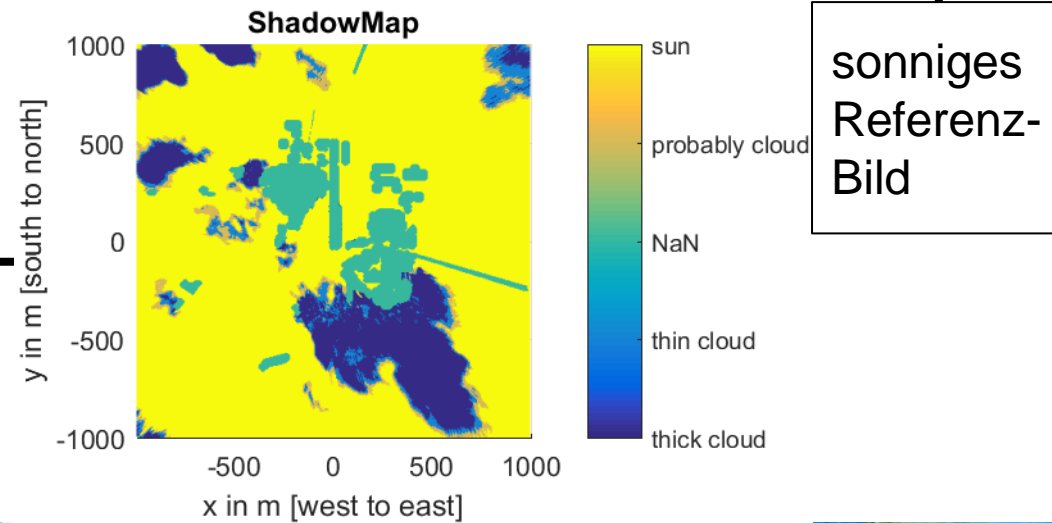
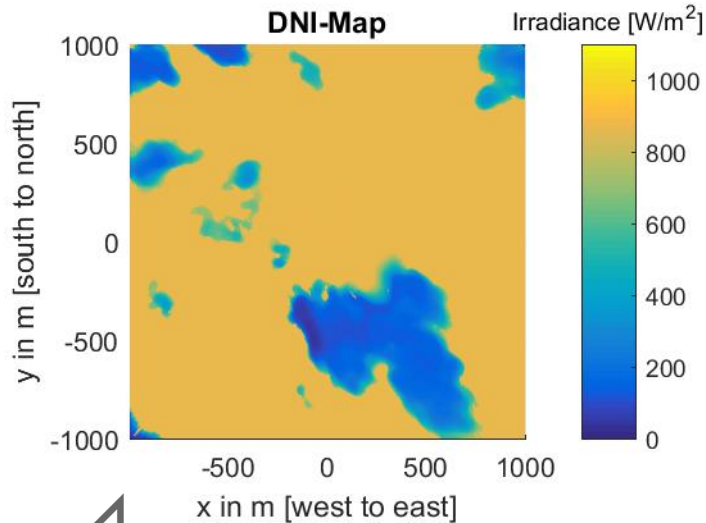


Validierung mit Radiometern und Schattenkameras

Den Boden filmende Kameras ermöglichen DNI-Karten Berechnung



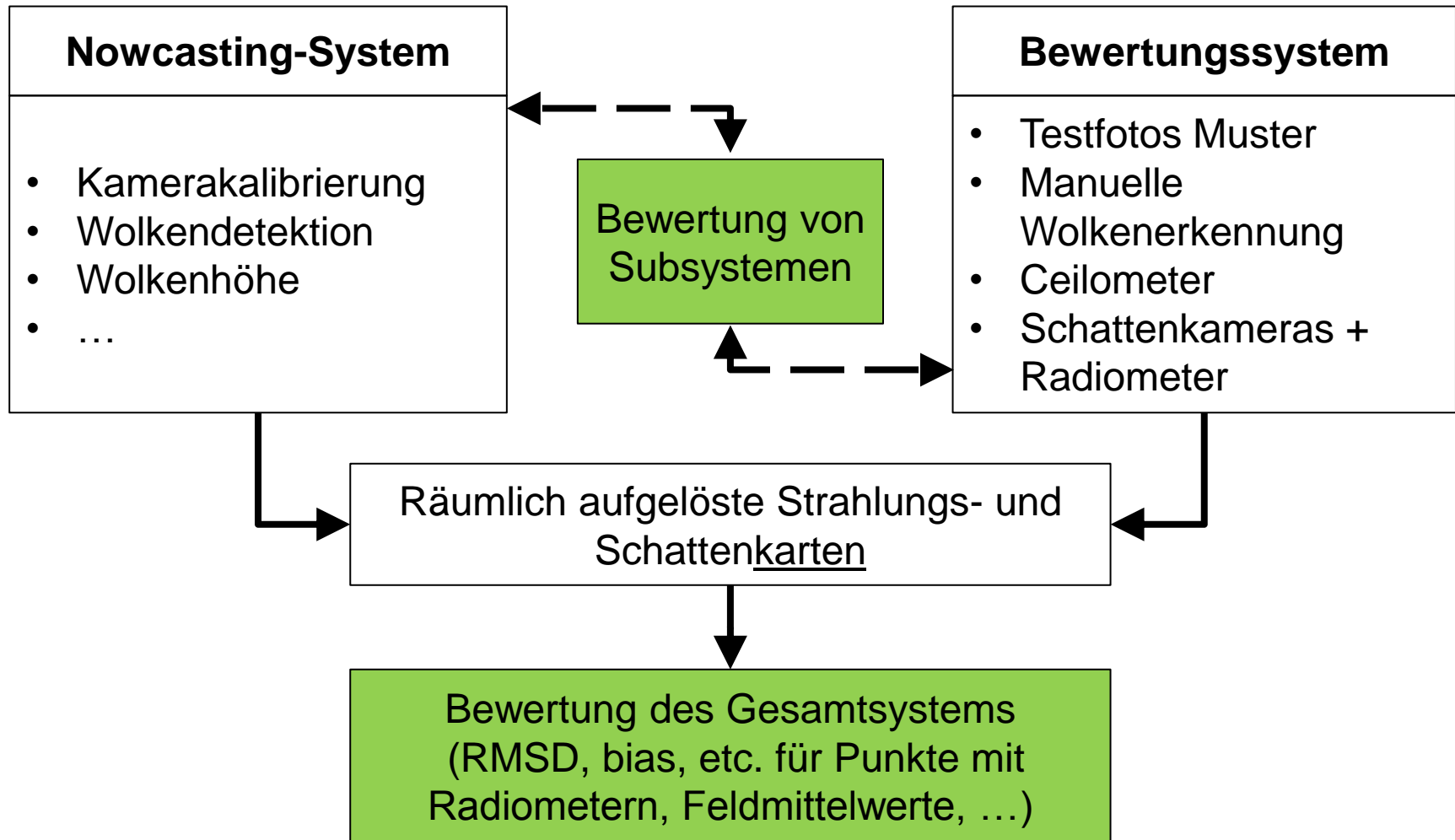
>20 Radiometer + schattiges Referenzbild



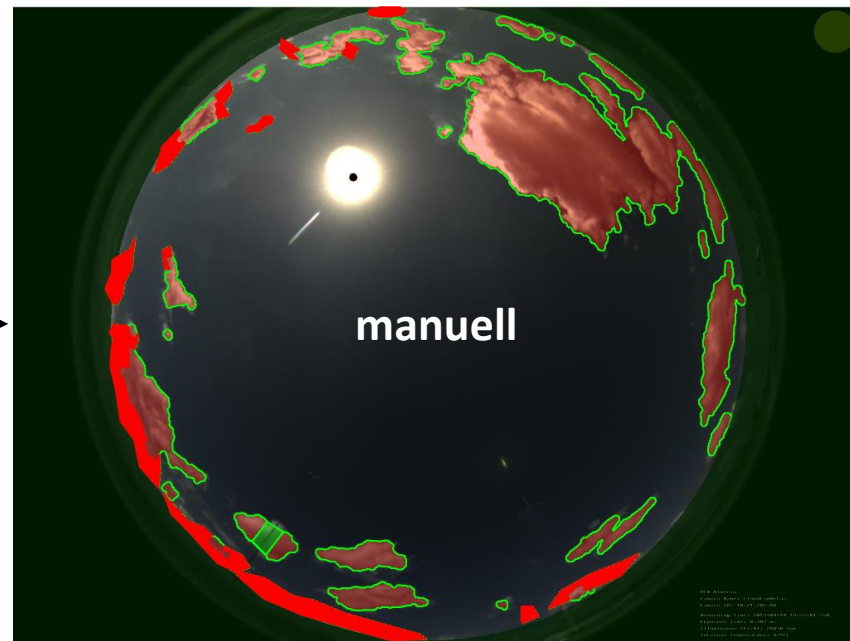
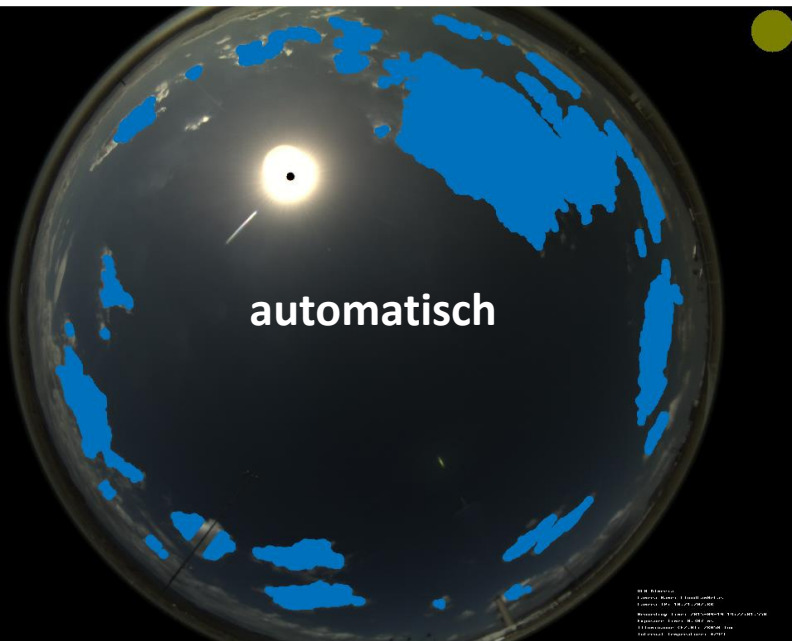
sonniges Referenz-Bild



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

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

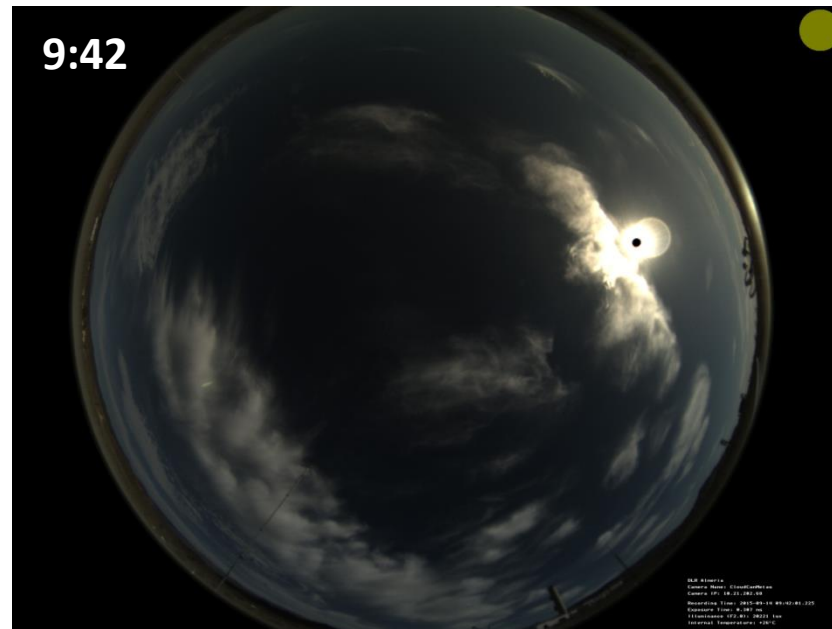
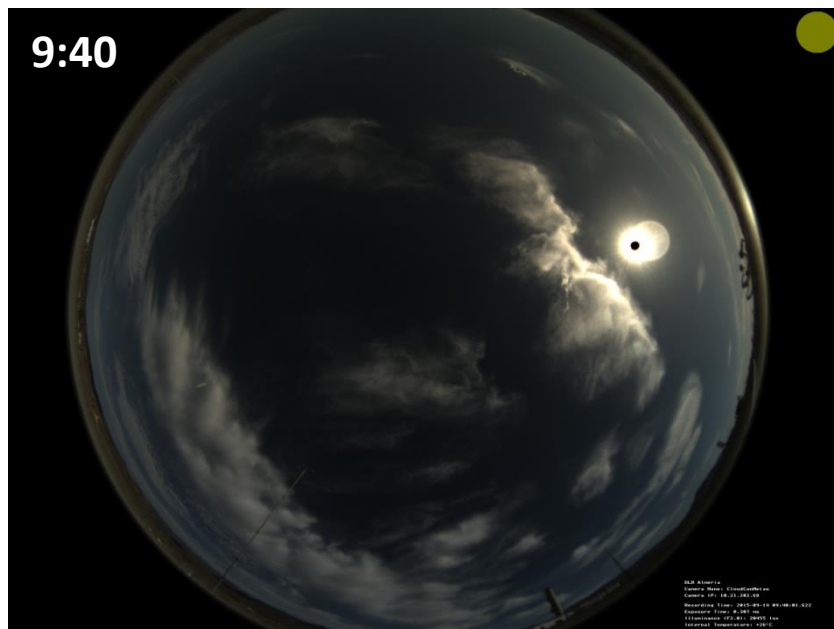
- Bewertung in Gruppen:
 - Bewölkungssituation
 - Trübung
 - Sonnenstand

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

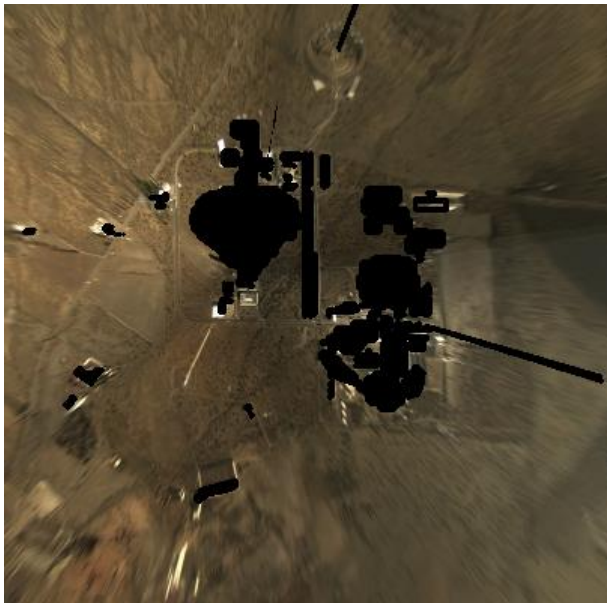


Beispiel für Bewertung des Gesamtsystems

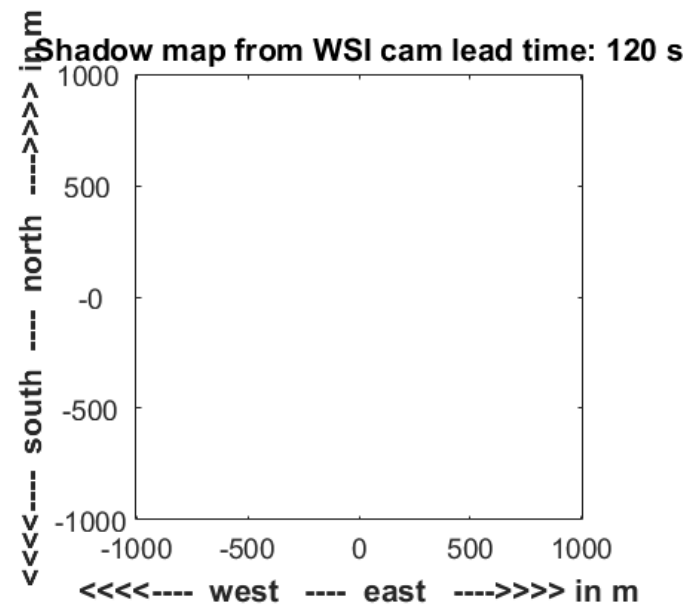
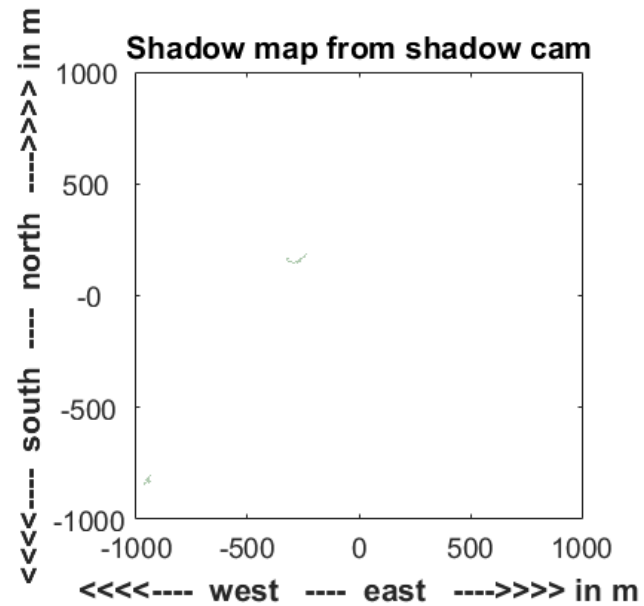
- Wolkenkamera-Vorhersagen für Schattenkarte in 2 min validiert mit Schattenkamera-Referenz
- 14.9.2015



9:42



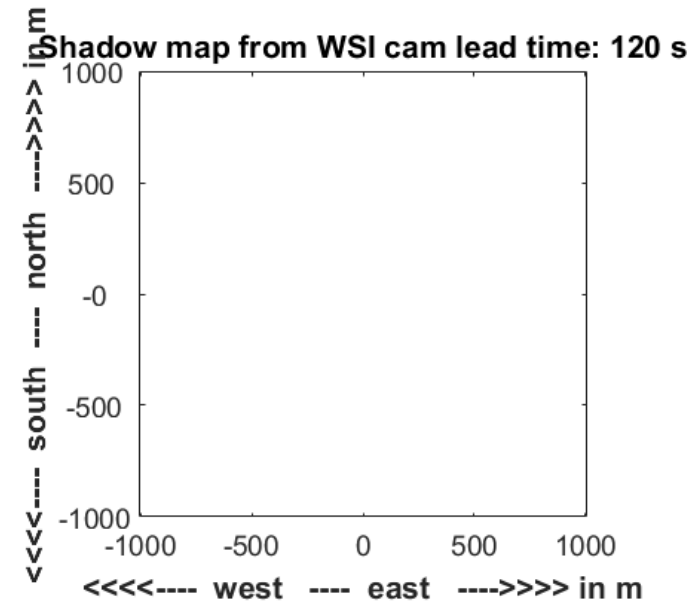
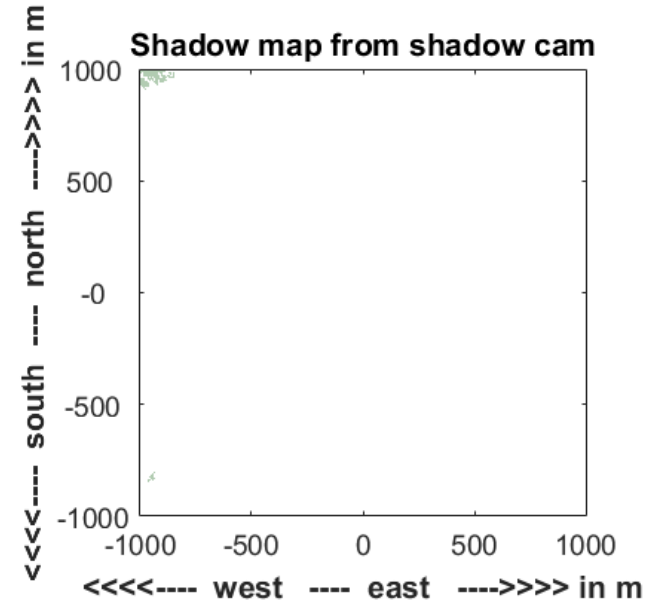
$\frac{\#TP + \#TN}{\#Pixel}$
= 99.96 %



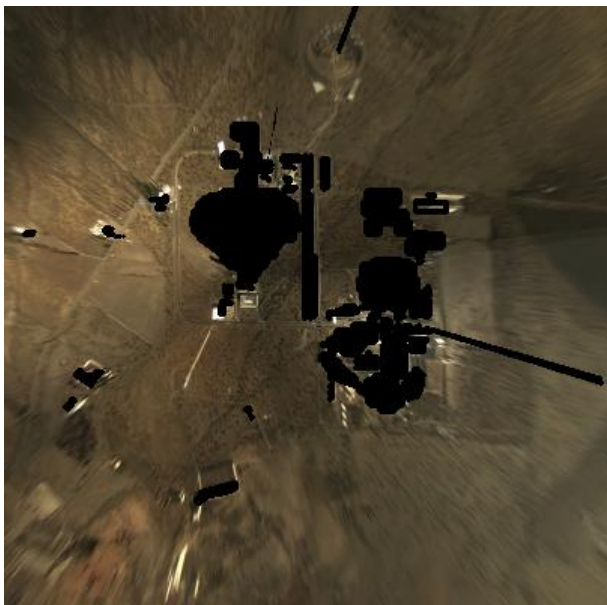
9:42:30



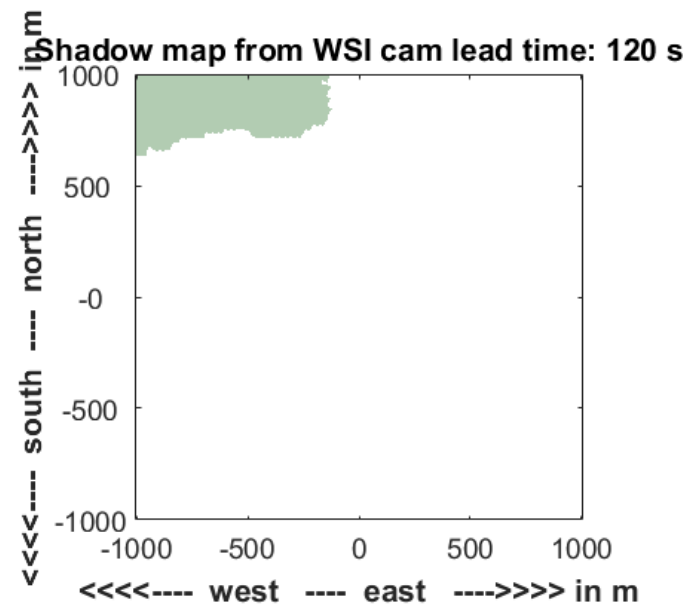
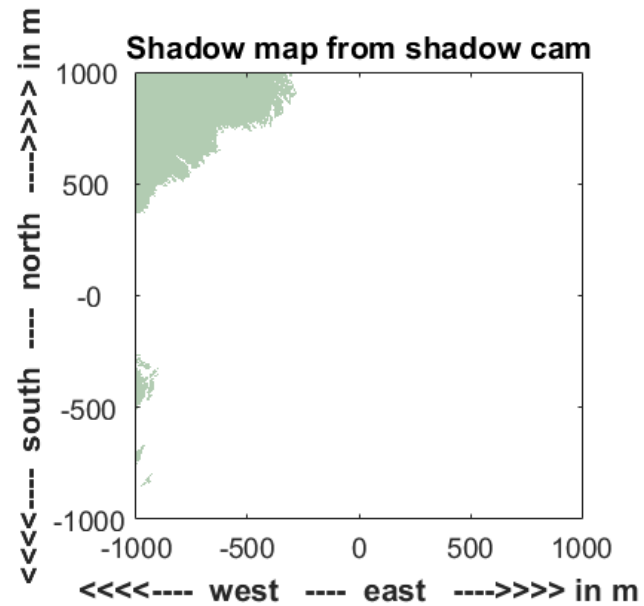
$\frac{\#TP + \#TN}{\#Pixel}$
= 99.8 %



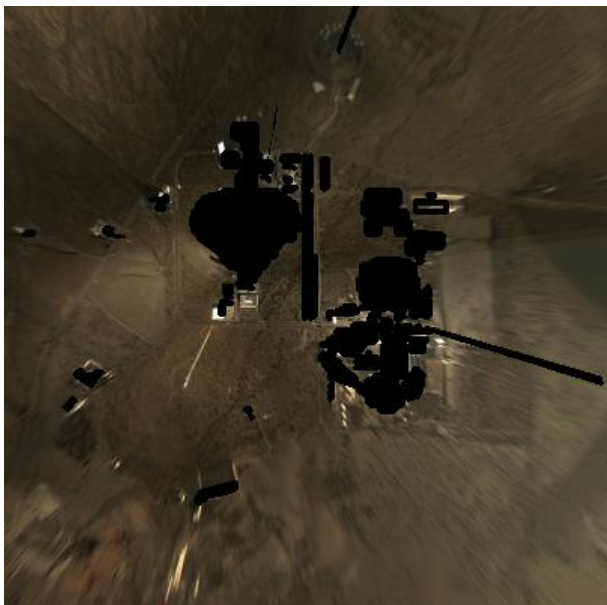
9:43



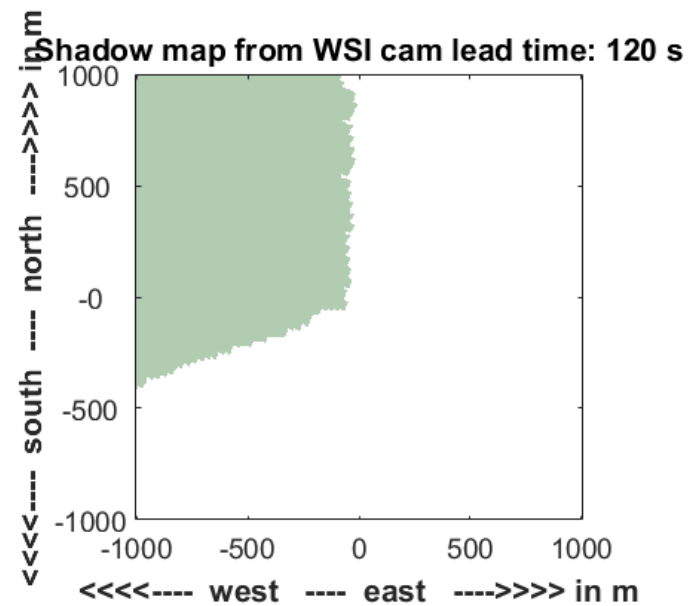
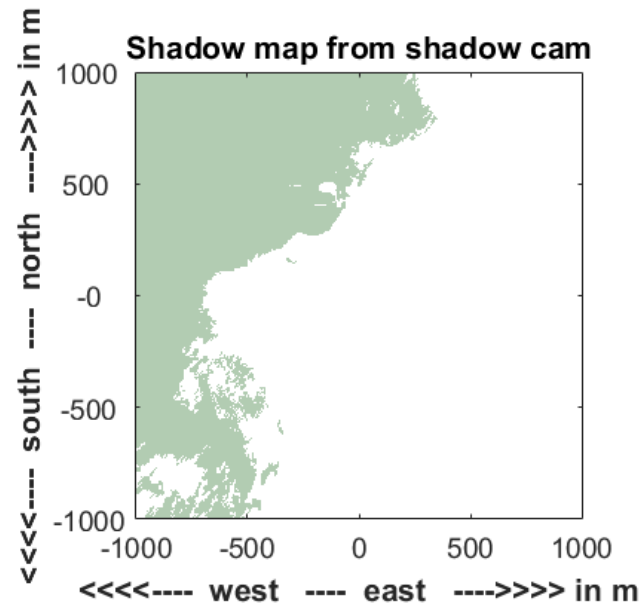
$\frac{\#TP + \#TN}{\#Pixel}$
= 96.6 %



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

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