



Berücksichtigung kleinskaliger/kurzzeitiger Strukturen des Einstrahlungsfeldes bei der Modellierung von Solarenergiesystemen – eine Übersicht

Hans Georg Beyer

University of Agder, Grimstad, Norway



Scope:

zur Beschreibung der Rückwirkungen von z.B..

→ verteilter PV im Städtnetz

→ MW PV-Anlagen

auf das Verteilnetz

auf Zeitskalen \ll 1h

ist eine km/15min Auflösung (Sat. Daten)

nicht ausreichend

Datenbasis zur kleinskaligen/kurzzeitigen
Struktur des Einstrahlungsfeldes gewinnbar aus:

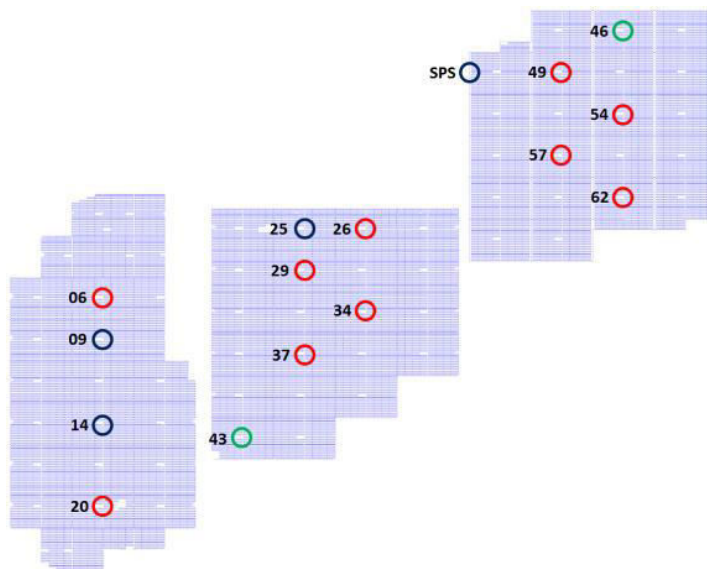
- Gruppen von Einstrahlungssensoren am Boden
- Wolkenkamera

Datenbasis:

- Gruppen von Einstrahlungssensoren am Boden

-> Daten zum Feld aus Zeitreihen für Einzelpunkte

genutzt zur Schätzung des räumlichen Feldes (Taylor Hypothesis)



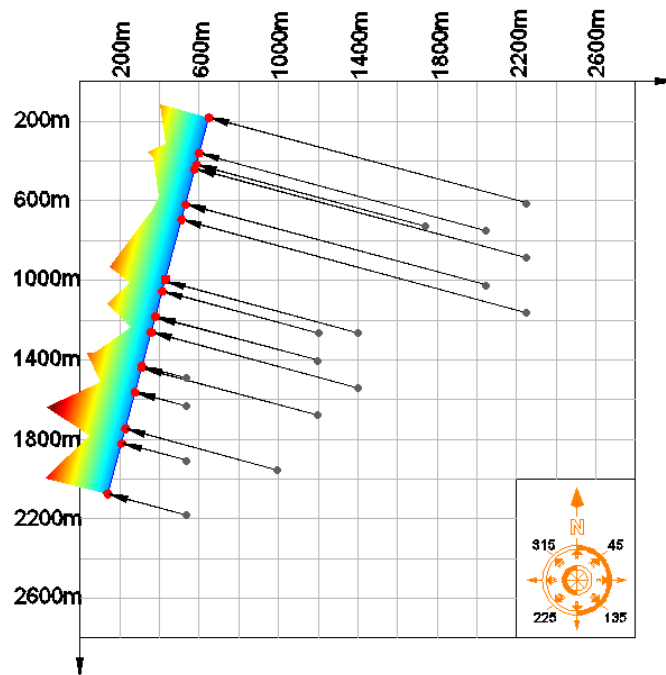
Gruppe von Sensoren
(Fläche MW PV Generator)

Luger et al. 2013

Datenbasis:

- Gruppen von Einstrahlungssensoren am Boden

-> Wolkenzug aus Korrelationsstruktur der Einzelpunktdata genutzt zur Transformation der Einzelpunktreihen in Felddaten(Taylor Hypothesis)



Fleet of ground sensors
(Fläche MW PV Generator)

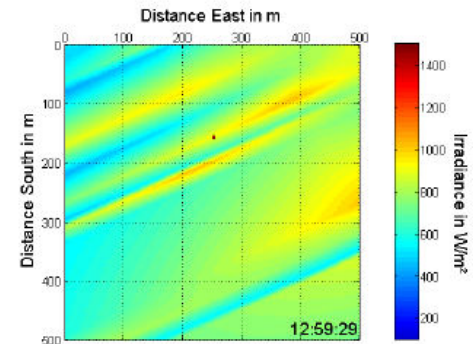
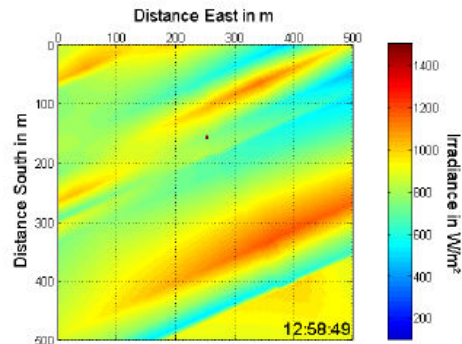
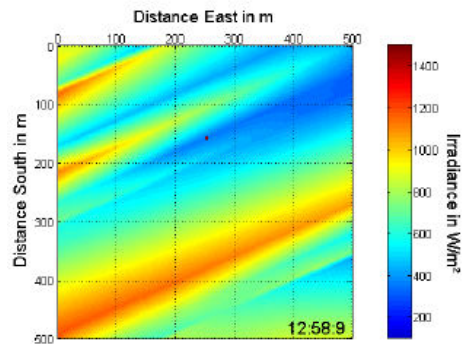
Luger et al. 2013

(siehe auch:
Steinberger-Willms 1993)

Datenbasis:

- Gruppen von Einstrahlungssensoren am Boden

-> Wolkenzug aus Korrelationsstruktur der Einzelpunktdata genutzt zur Transformation der Einzelpunktreihen in Felddaten (Taylor Hypothesis)



-> nutzbar zum Aufbau einer Bibliothek typischer Situationen

Datenbasis:

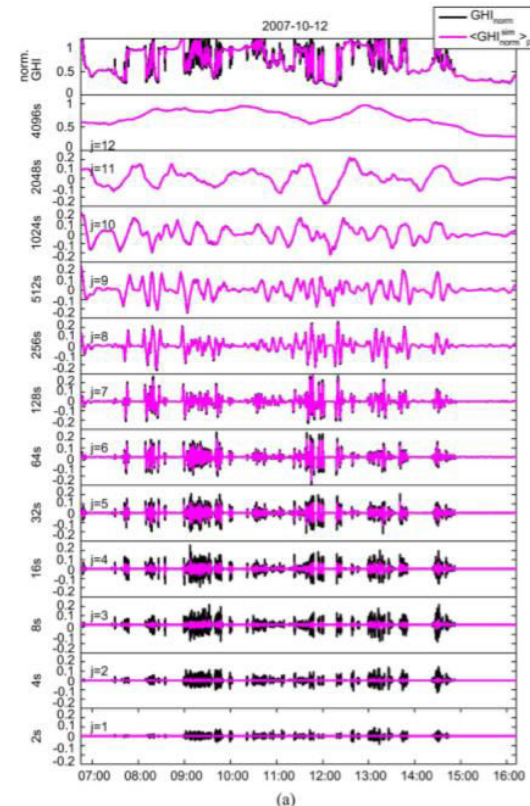
- Gruppen von Einstrahlungssensoren am Boden

Detailanalyse zur besseren Einsicht Zeitreihenstruktur

hier:

Anwendung der
Wavelet analyse
für Information auf
verschiedenen Zeitskalen

(Zeitreihe \leftrightarrow
räumliche Struktur
in Windrichtung)



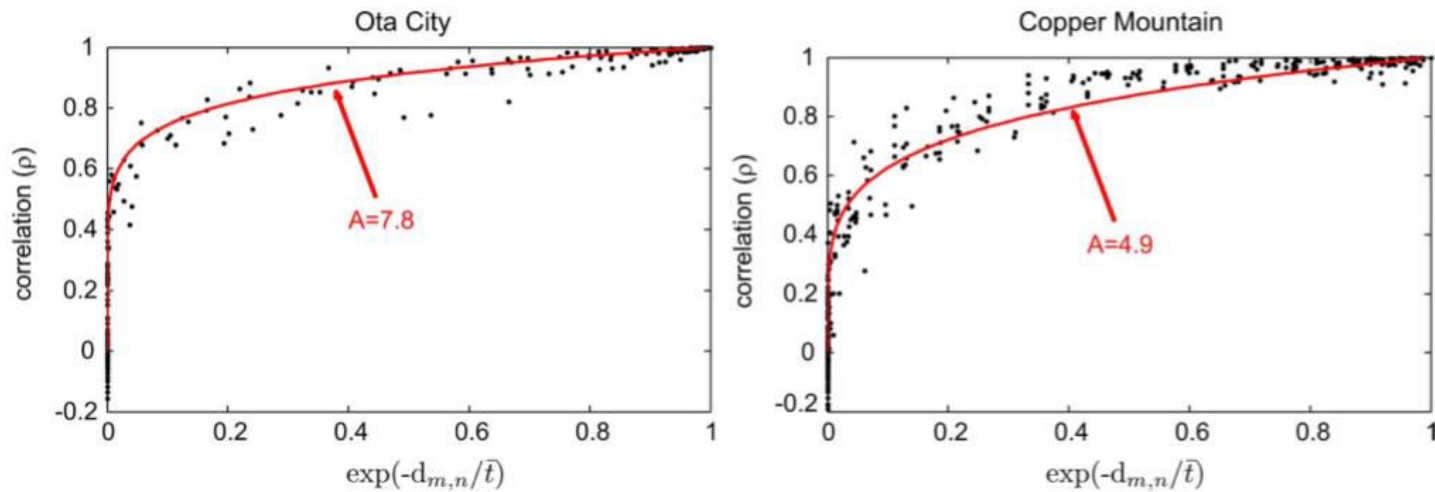
Datenbasis:

- Gruppen von Einstrahlungssensoren am Boden

Struktur quer zur Windrichtung aus Korrelation für Abstand und Frequenz

(siehe auch Hoff 2012/

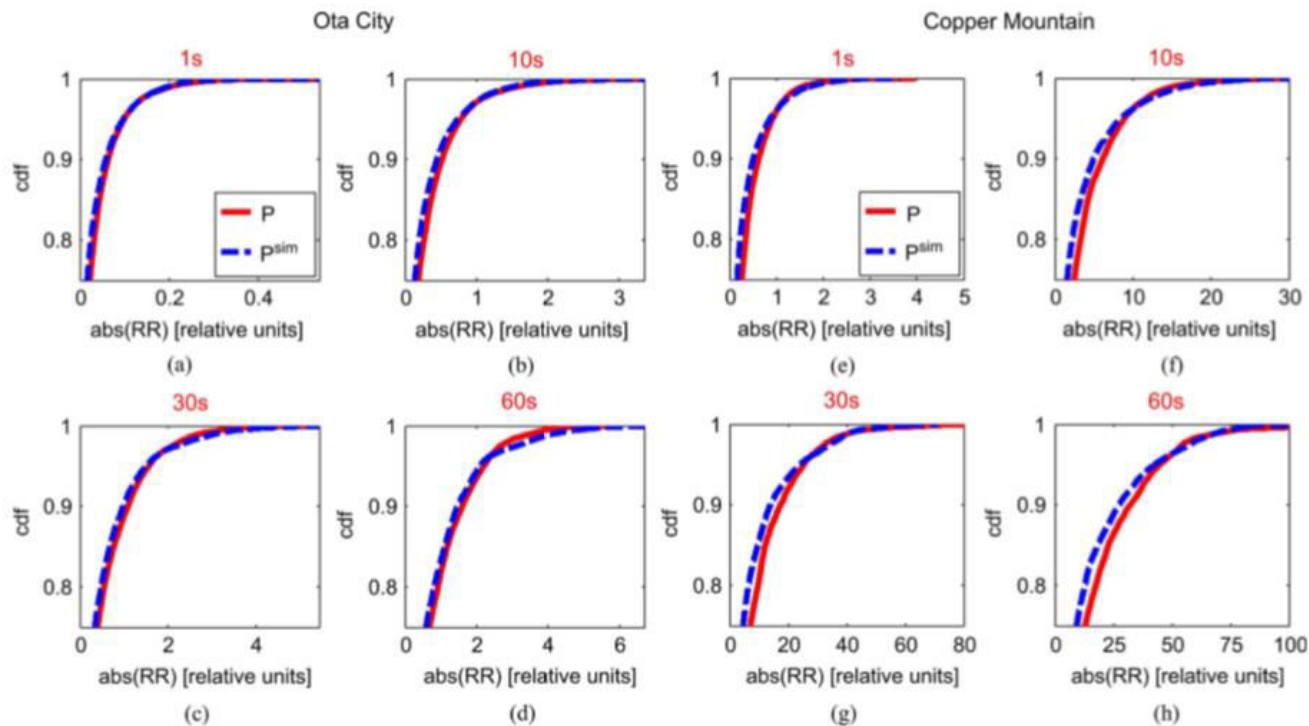
|



Datenbasis:

- Gruppen von Einstrahlungssensoren am Boden

Kombination gemessener (Wolkenzufrichtung) und modellierter (quer) Information
 ->z.B. Extraktion von Rampenstatistik auf verschiedenen Zeitskalen



Datenbasis:

- Gruppen von Einstrahlungssensoren am Boden

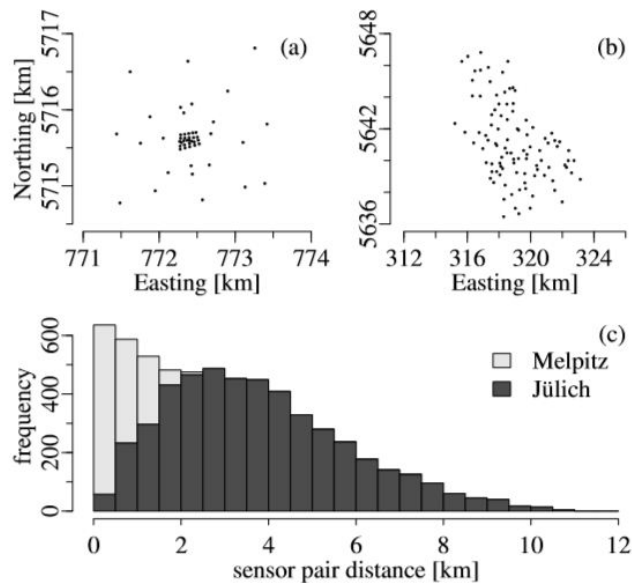
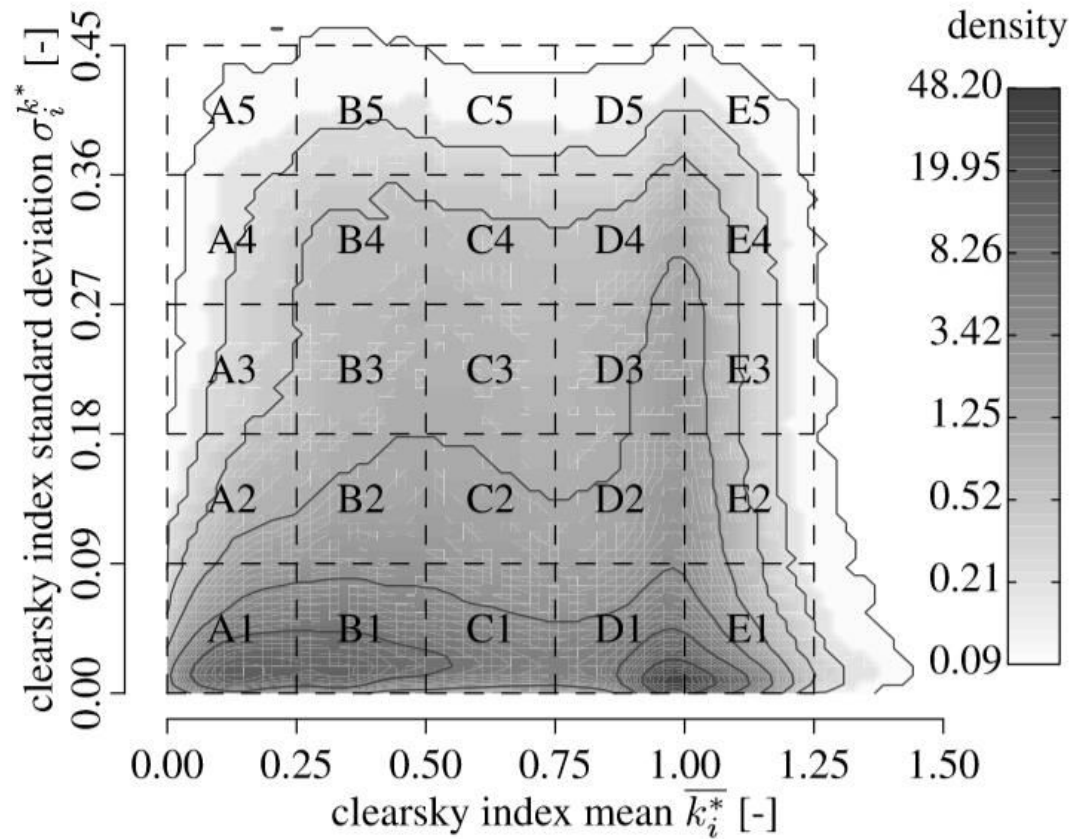


Figure 1. Panels (a) and (b) show maps of the coordinates (UTM projection, grid zone 32U) of all pyranometers deployed during the two field campaigns in (a) Melpitz and (b) Jülich. Panel (c) displays a histogram of the combined station pair distances from both data sets.

Datenbasis:

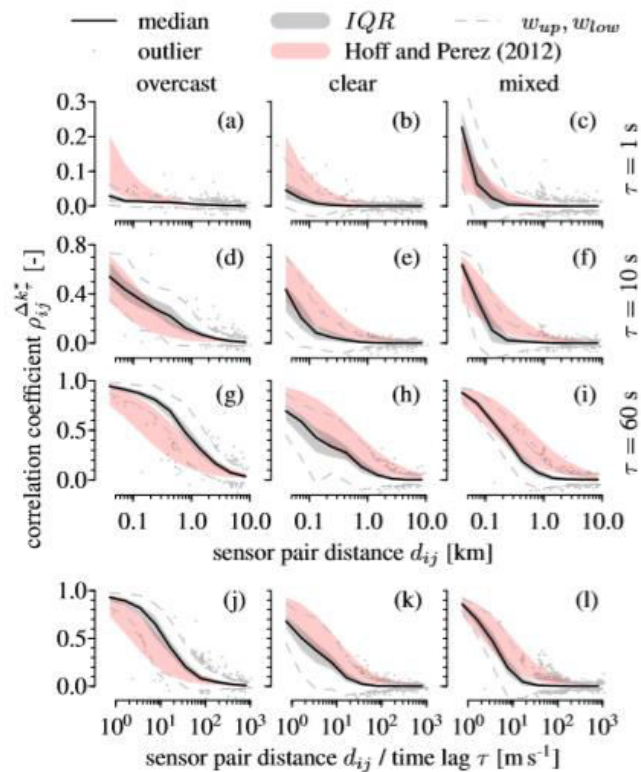
- Gruppen von Einstrahlungssensoren am Boden



Datenbasis:

- Gruppen von Einstrahlungssensoren am Boden

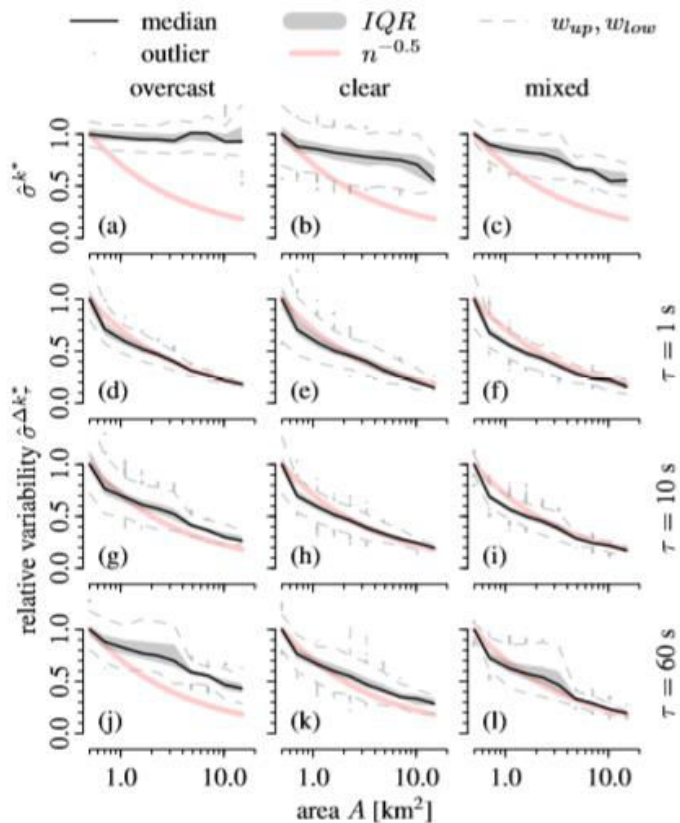
Extraktion der Feldstatistik für analytische Modelle



Datenbasis:

- Gruppen von Einstrahlungssensoren am Boden

Resultat aus analytischem Modell

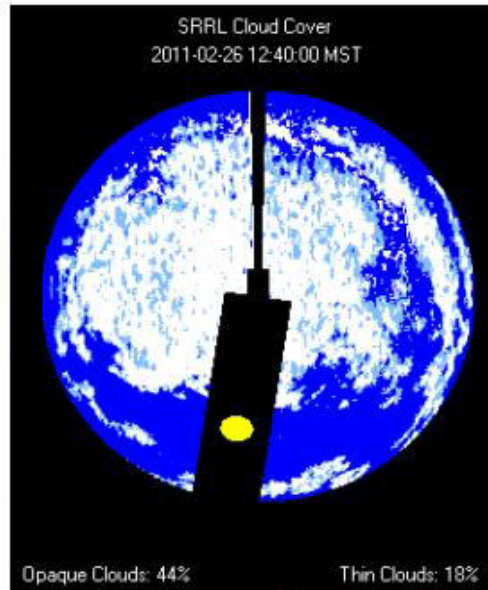


Datenbasis:

- Wolkenkamera



Sky image



**Processed Sky Image
(TSI software)**

Nitsche et al. 2014

→ Datenbasis:

Wolkenkamera

Analyse Wolken(-schatten) Geometrie

→ Erzeugung synthetischer Wolken(schatten)

- 2D

- 3D Wolken

→ Erzeugung synthetischer Wolken(schatten)

- 2D



Synthetisches Wolkenband auf Basis eines fraktalen Modells

Parameter: Cumulus Wolken

Beyer et.al 1994

→ Erzeugung synthetischer Wolken(schatten)

- 2D

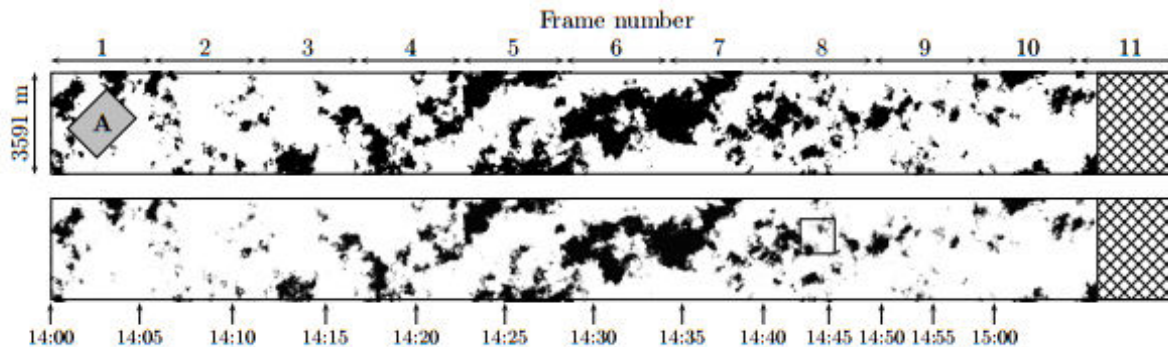
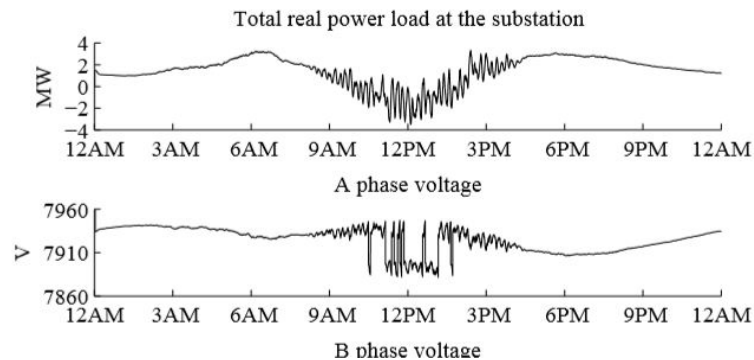


Figure 2.8: (Top) Generated binary cloud shadow pattern for time period between 2:00 and 3:00 PM. The wind direction is SW. A is the study area. (Bottom) Final cloud shadow pattern, using a multi-layer rendering technique. The pixels of the hatched area on the right were not needed in this simulation.

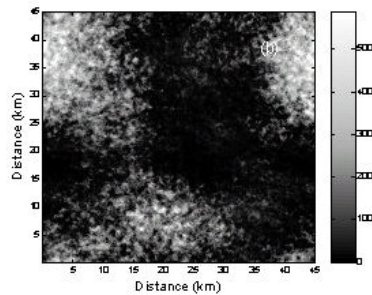
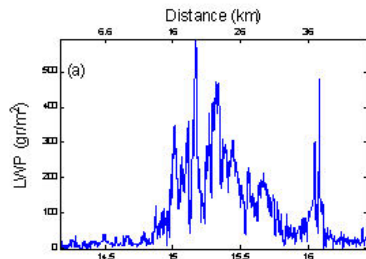


Anwendung:
 Zeitreihen PV-Erzeugung
 Spannungsvariation an
 Mittelspannungstrafo

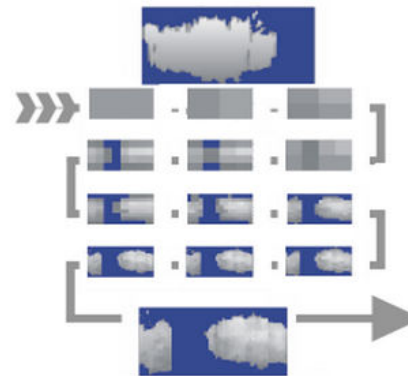
Cai 2014

Erzeugung synthetischer Wolken

- Generation Wolkenfeld 3D



With the [iterative method](#), you can make 3-dimensional surrogate clouds that have the cloud water distribution and the power spectrum of a measured cloud. For example, shown here, a 2D field from a 1D measurement.



With a global search algorithm, you can make [constrained surrogate clouds](#) that can have any (statistical) property that can be efficiently described by a cost function. A flexible, but computationally expensive method.

Evolutions Algorithmus zur Erzeugung 3D-Wolken mit vorgebarer Statistik

Berücksichtigung kleinskaliger/kurzzeitiger Strukturen des Einstrahlungsfeldes bei der Modellierung von Solarenergiesystemen – eine Übersicht

- Messnetz- Datensätze und Wolkenkamera Aufnahmen
 - Grundlage für Ableitung des Einstrahlungsfeldes über ausgedehnte Anlagen
 - direkte Auswertung
 - Ableitung von Strukturparametern
 - 2D und 3D Modellierung (Wolkenfeld)
 - analytische Modelle des Anlagenverhaltens

Literatur I

Beyer, H. G., Hammer, A., Luther, J., Poplawska, J., Stolzenburg, K. und Wieting, P., 'Analysis and synthesis of cloud pattern for radiation field studies', Solar Energy, 52, 379-390, 1994

Cai, C. , Fractal-based cloud shadow and irradiance model for power system analysis with high penetration of photovoltaics, Graduate Theses and Dissertations, Paper 13739. 2014

Hoff, H. Perez, R., Modeling PV Fleet Output Variability, Solar Energy, 2012.

Lave, M., Kleissl, J., Stein, J.S., A Wavelet-based Variability Model (WVM) for Solar PV Power Plants, IEEE Transactions on Sustainable Energy, Vol. 4, No. 2, 2013

Luger,S., Mock,J., Zehner, M., Lorenz, E., Kühnert.J., Weigl, T. Nagl,L., Rauscher,T., Becker, G., Betts,T., Gottschalg, R., 3D-SIM (3Dsolar Irradiance Modelling): The Optimization of an Irradiance Interpolation-Method and its Application for Central Europe, 28th EU PVSEC, Paris (France), 2013,

SteinbergerWillms, R. , Untersuchung der Fluktuation der Leistungsabgabe von räumlich ausgedehnten Wind- und Solarenergie-Konvertersystemen in Hinblick auf deren Einbindung in elektrische Versorgungsnetze, Dissertation, Universität Oldenburg, 1993

Literatur II

Lohmann, Gerald M., Adam H. Monahan, und Detlev Heinemann. 2016. „Local short-term variability in solar irradiance.“ Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, 2016

Nitche, N., Trombe, P.-J., Cros, S., Schmutz, N., Using cloud fraction derived from all-sky camera to improve beam solar irradiance forecasting by time-series modelling, 14th EMS / 10th ECAC, 2014

Venema, V., An evolutionary search algorithm to generate 3D cloud fields with measured cloud boundary statistics, report, http://www.meteo.uni-bonn.de/victor/articles/2003/2003_report_cloud_boundaries_evol_search.pdf, 2003