

Strahlungsvorhersage mit Wolkenkameras – erste Resultate des Benchmarks

Jan Remund, Meteotest, Operating Agent IEA PVPS Task 16

PV Symposium Bad Staffelstein / Webinar (09.04.2020)



What is IEA PVPS?



- The International Energy Agency (IEA), founded in 1974, is an autonomous body within the framework of the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD).
- The Technology Collaboration Programme was created with a belief that the future of energy security and sustainability starts with global collaboration. The programme is made up of thousands of experts across government, academia, and industry dedicated to advancing common research and the application of specific energy technologies.



What is IEA PVPS?



- The IEA Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS) is one of the Technology Collaboration Programme established within the International Energy Agency in 1993
- 32 members - 27 countries, European Commission, 4 associations
- *“To enhance the international collaborative efforts which facilitate the role of photovoltaic solar energy as a cornerstone in the transition to sustainable energy systems”*

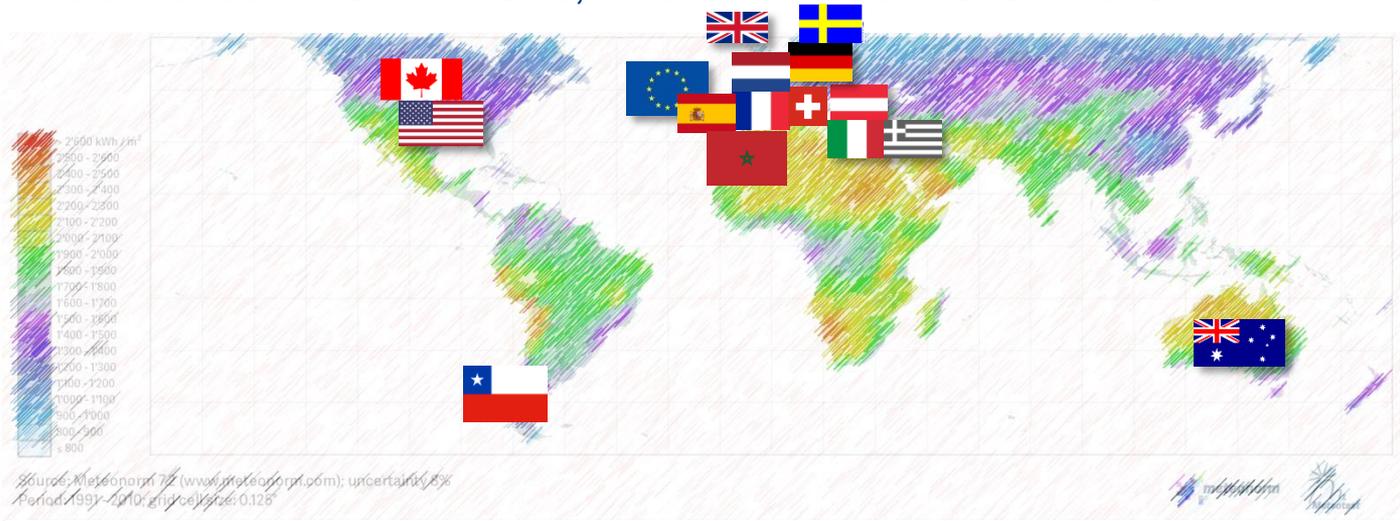




- Internationale Zusammenarbeit im IEA PVPS Task 16
- Vergleich von Vorhersagen mit Wolkenkameras
 - Ausgangslage
 - Methode
 - Erste Resultate



- Universitäten, Forschungsorganisationen, Wetterdienste und Dienstleister
- Vertretung DE: Fraunhofer ISE, IEE und DLR (mit CSP Services)
- Erste Periode: 2017 – 2020, zweite Periode: 2020 - 2023



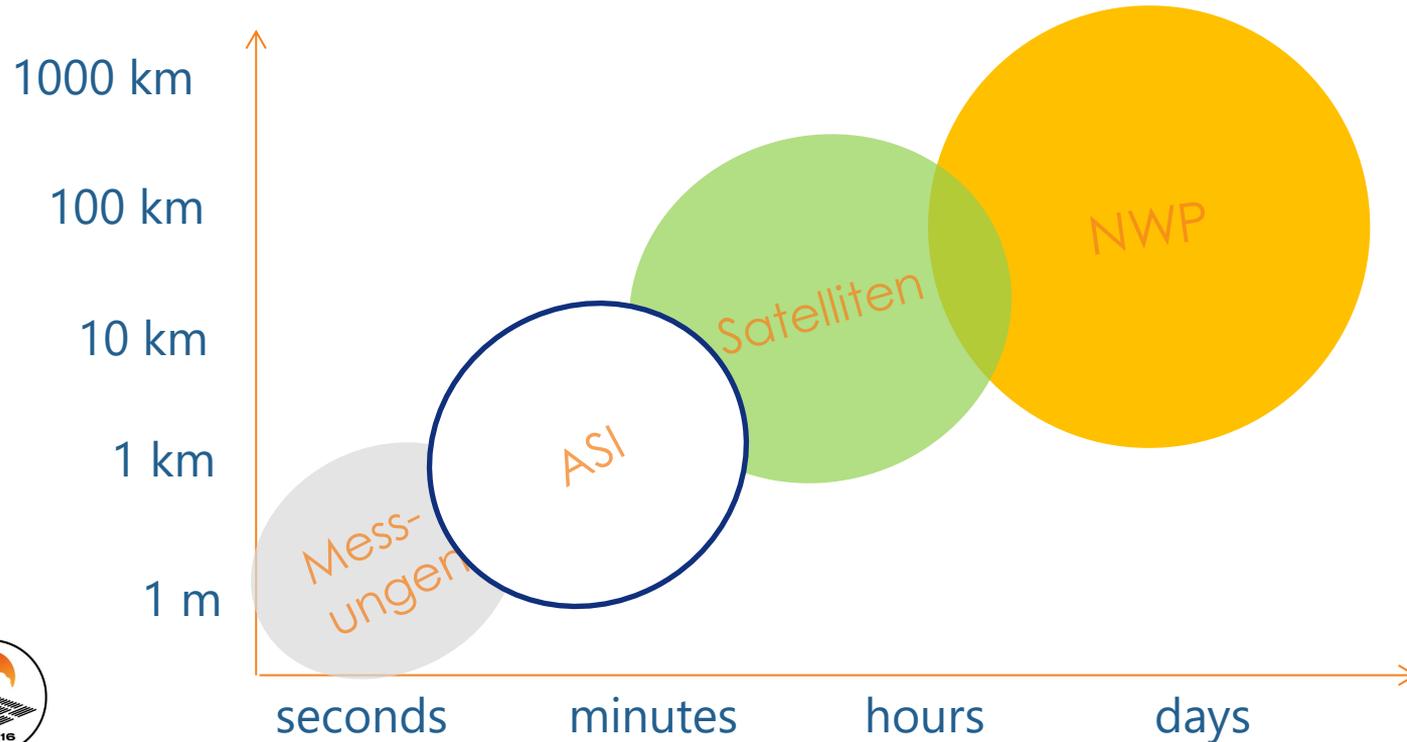


- Kurzfristvorhersage (15 Min.) mit Wolkenkameras
- Es gibt viele Namen: Wolkenkameras, Himmelskameras, ...
 - Im Task 16 nutzen wir Begriff “All Sky Imagers” (ASI)
- Es gibt viele Systeme
 - Kommerzielle
 - Entwicklungen an Universitäten / Hochschulen
- Erster Vergleich von verschiedenen Systemen
- Wie gut sind diese, wie unterscheiden sich diese?
 - Von Herstellern wird teils “das Blaue vom Himmel versprochen”
- Test in Südspanien (CIEMATs Plataforma Solar de Almeria“)
 - 3 Monate im Herbst 2019

Ausgangslage



Wolkenkameras sind gut für Vorhersagen im Bereich von Minuten (1-15) und 10 m – 1 km



Task 16 ASI Benchmark Team



- Jan Remund (Meteotest),
Schweiz: Leiter des Tasks
16
- Stefan Wilbert (DLR),
Spanien: “Gastgeber”
(am PSA)
- Andreas Kazantzidis
(Univ. Patras),
Griechenland: Analyse &
Evaluation





Teilnehmer (*kursiv: nicht Task Teilnehmer*):

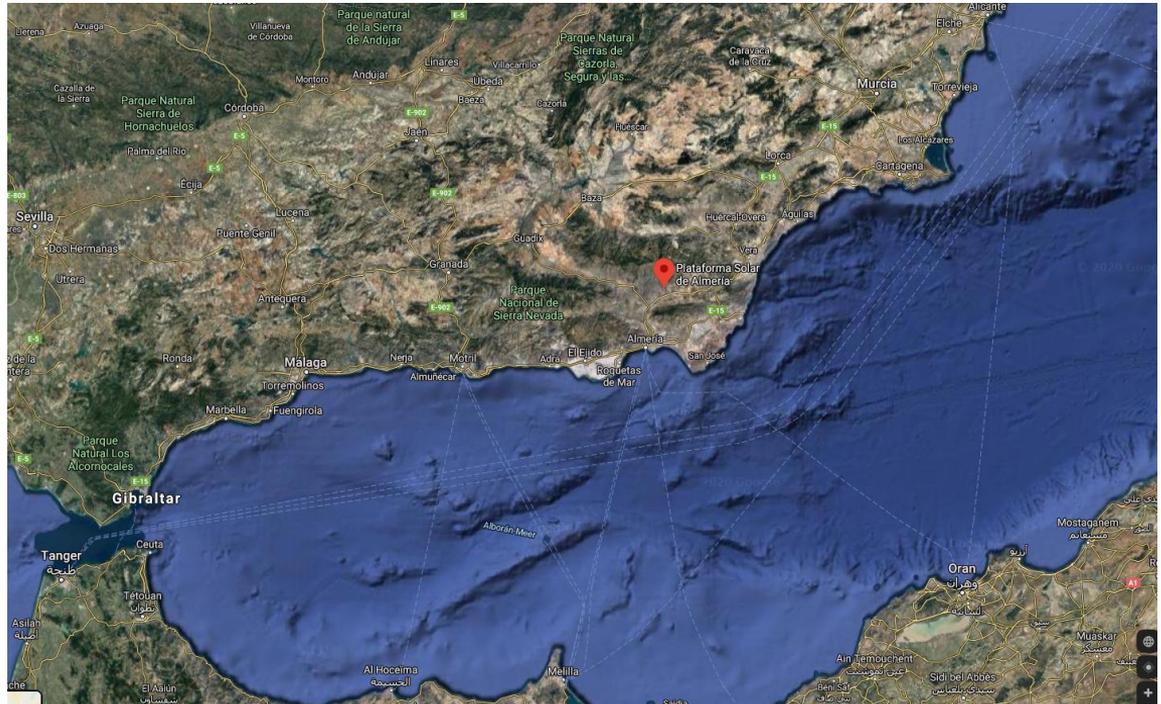
- Lennard Visser & Wilfried van Sark (Utrecht University) Niederlande
- *Mário Pó (EKO Instruments Europe B.V) Niederlande / Japan*
- **Jan Remund** (Meteotest) & Jörg Pierer (CSEM) Schweiz
- Robert Höller (FH Oberösterreich) Wels, Österreich
- *Rémi Chauvin (SARL PROMECA) & Julien Nou (PROMES-CNRS), Frankreich*
- Birk Kraas & Thomas Schmidt (CSP Services), Deutschland
- *Fabrizio Sossan (EPFL), Schweiz*
- **Stefan Wilbert** (DLR) and Luis Zarzalejo (CIEMAT), Spanien - - - - Hosts
- **Andreas Kazantzidis** (Univ. Patras), Griechenland - - - - Analysis & Evaluation
- *Eine Gruppe konnte nicht teilnehmen wegen eines Ausfalls einer Kamera*
- *Mind. Eine Gruppe musste absagen, da man Power für Vorhersagen fehlt*





Plataforma Solar de Almeria (PSA) vom Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) / Tabernas, Andalusien

- Viele genaue Messungen
- Viel Sonne
MN 7.3:
GHI = 1926 kWh/m² y
- Schwieriges Gelände (Berge)
 - Leewolken
 - Starke Schwankungen der Aerosole

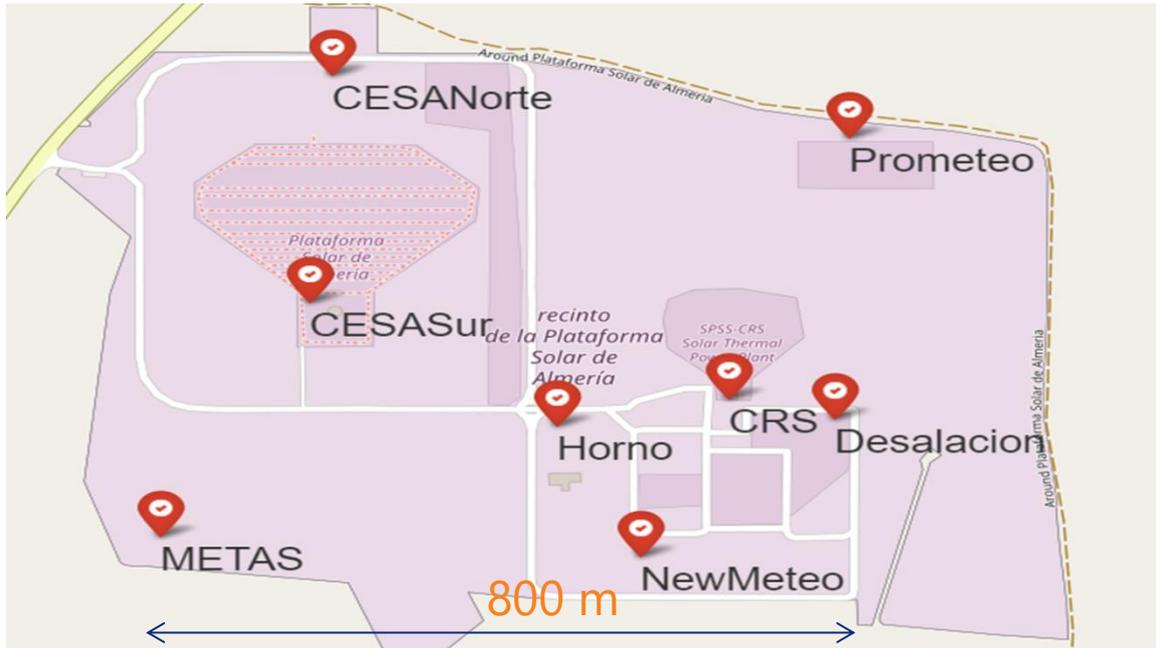


PSA Strahlungsmessstationen



Acht Standorte mit qualitativ hoch stehenden Messungen (GHI, DNI, GTI, 1 sec)

→ **METAS**: Ort, an dem alle verglichen werden



Messysteme (Standort Metas)



Anbindung

Team viewer
client

Upload to ftp
server at
night

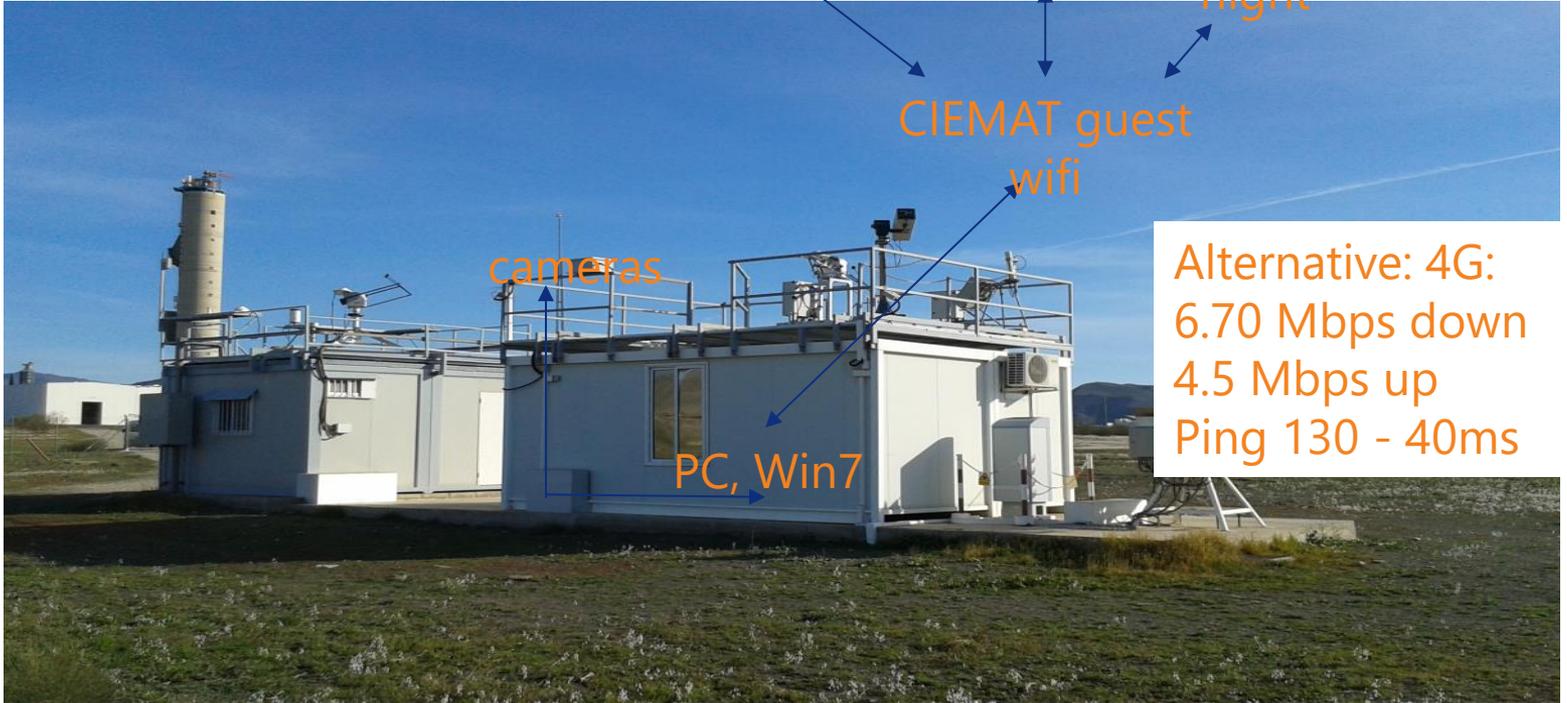
NTP

CIEMAT guest
wifi

cameras

PC, Win7

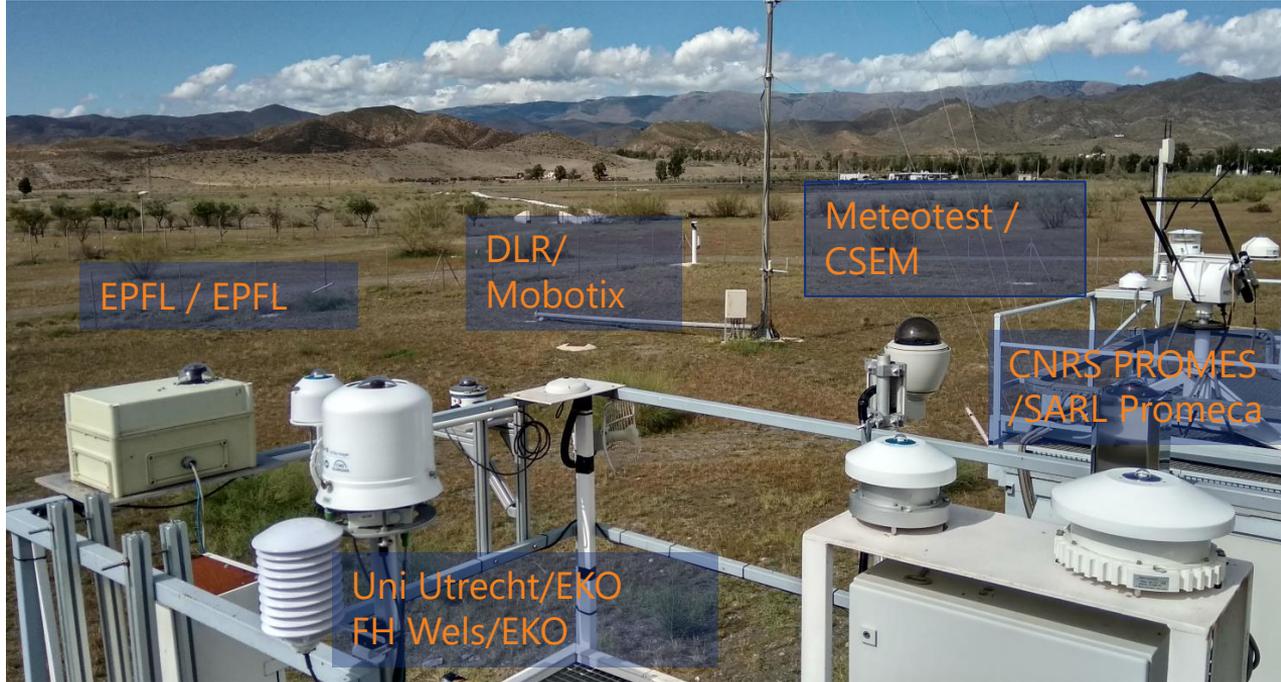
Alternative: 4G:
6.70 Mbps down
4.5 Mbps up
Ping 130 - 40ms



Messsysteme (Standort Metas)



- Alle Kameras an einem Standort





- Wie unterscheiden sich die Systeme?

Teilnehmer	Kamera	Anzahl	Methode für Wolkenerkennung	Methode für Trajektorien
EPFL	Prototyp	1		
Univ. Utrecht	EKO 16	2		
Promes-CNRS	SARL PROMECA	1		
Meteotest / CSEM	Prototyp	1	Deep learning (Pierer & Remund, 2019*)	Deep learning (Pierer & Remund, 2019*)
FH Wels	EKO 16	1		
DLR	Mobotix Q25 6MP	2	Clear sky library (Wilbert et al. 2016)	Segmentation indep. (Nouri et al., 2019)

* <https://www.aramis.admin.ch/Default.aspx?DocumentID=50306&Load=true>

Messsysteme: zwei Beispiele



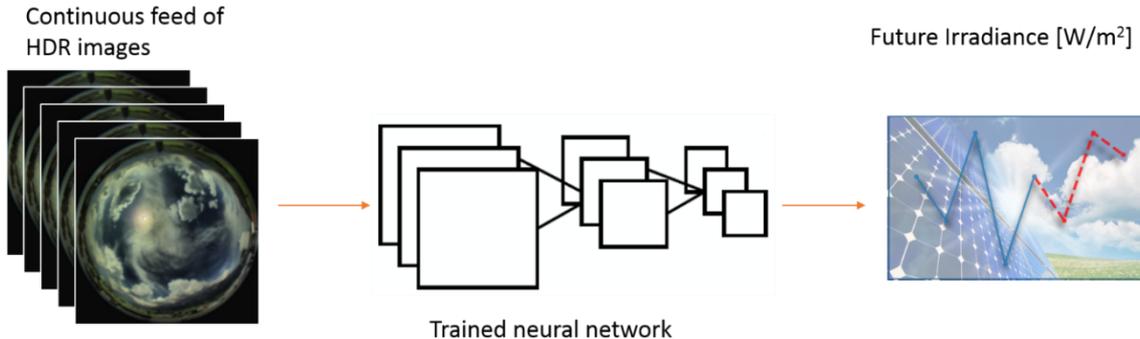
- Mobotix Q25:
 - + Standard, robust, günstig, sehr grosse Stückzahl
 - - Objektiv nicht für Wolkendetektion optimiert (Überstrahlung im Bereich der Sonne)
- Meteotest / CSEM Eigenbau
 - + Gebaut für Wolkenerkennung (Reflexionen)
 - - wenig Robust, hoher Aufwand, Probleme mit Feuchte
- Viele weitere Ansätze existieren (IR-Bilder)



Methoden: zwei Beispiele



- DLR: Physikalisch/Statistisch:
 - Wolkenerkennung über Analyse der Kanäle und Schönwetter-Strahlung
 - Wolkenvektoren basierend auf 3 aufeinanderfolgenden Bildern. Segmentierung der Differenzbilder t_2-t_1 und t_3-t_2 , dann Korrelation.
- Meteotest / CSEM Statistisch:
 - zu 100% auf deep learning Ansatz basiert (keine Sonnenbahnen, keine Wolkenphysik)







- Root-Mean Square Error (RMSE)
- Mean-Absolute Deviation (MAD)
- Mean-Absolute Error (MAE)
- Mean and Median Bias Error (MBE)
- Coefficient correlation (Pearson R)
- Interquartile Range (IQR = $p_{75} - p_{25}$)

Auswahl der Tage



Die Aufnahmen wurden eingeteilt auf Grund der Wolkenverhältnissen.

Wolken nahe am Horizont wurden ausgeschlossen.

Klassen:

1	Cloud-free (or almost cloud-free)
2	L: Scattered/broken cloudiness with Low clouds H: Scattered/broken cloudiness with High (and/or middle) clouds M: Scattered/broken cloudiness with Multiple (Low+High) clouds
3	L: Scattered/broken cloudiness with Low clouds (1/2 day), cloud-free (1/2 day) H: Scattered/broken cloudiness with High (and/or middle) clouds(1/2 day), cloud-free (1/2 day) M: Scattered/broken cloudiness with Multiple (Low+High) clouds (1/2 day), cloud-free (1/2 day)
4	A: Overcast cloud/rainy conditions B: Overcast cloud conditions during (1/2 day), scattered/broken cloudiness (1/2 day)

Auswahl der Tage (II)

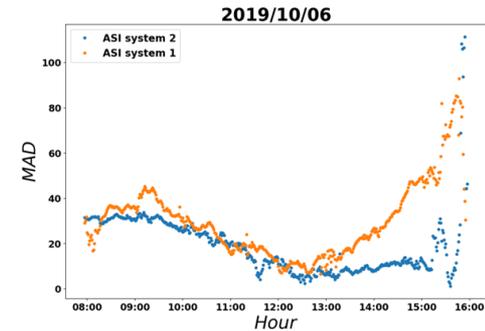
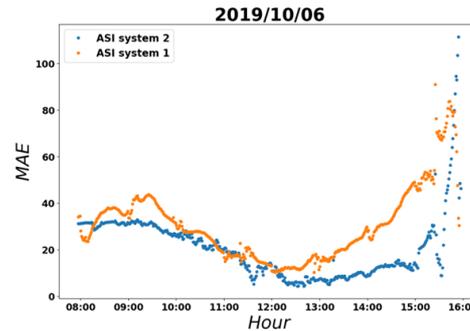
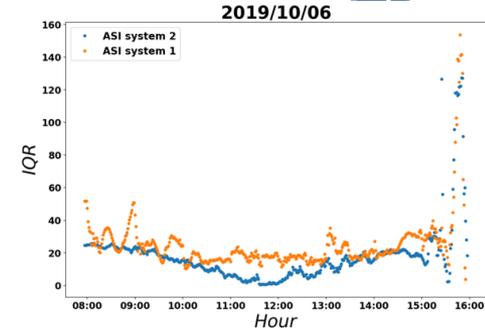
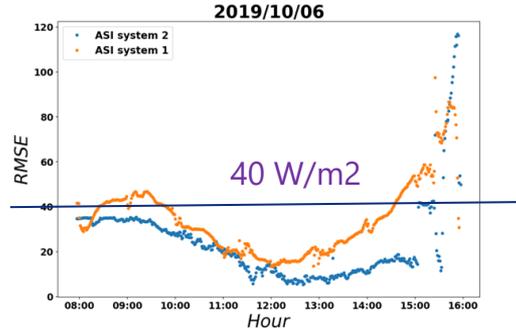
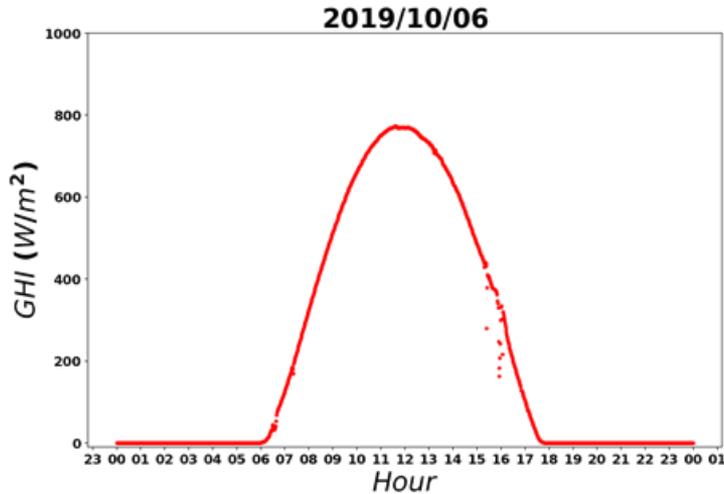


- 28 Tage wurden ausgewählt für alle Klassen mit Ausnahme 4A (bedeckt / Regen)
- 7 Tage (von 24) wurden ausgewählt für die Klasse 1 (wolkenfrei). Diese umfassen verschiedene Aerosolverhältnisse.
- Für die Klassen 2-4 wurden die Anzahl Tage so bestimmt, dass diese die Häufigkeit dieser Wetterlagen wiedergeben.
- Für jeden ausgewählten Tag pro Klasse, existieren im Minimum gleich viele Tage für das Training und den Test der Modelle.

Validierung: Wolkenlos



- Beispieltag 6.10.2019

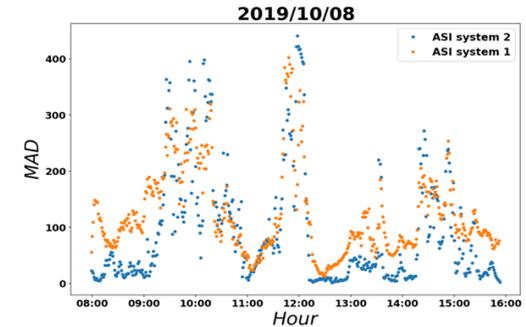
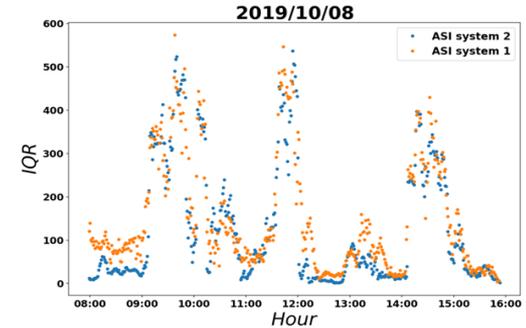
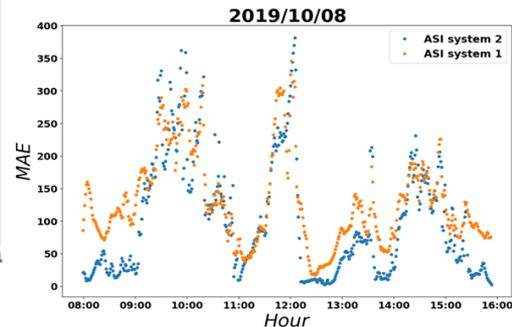
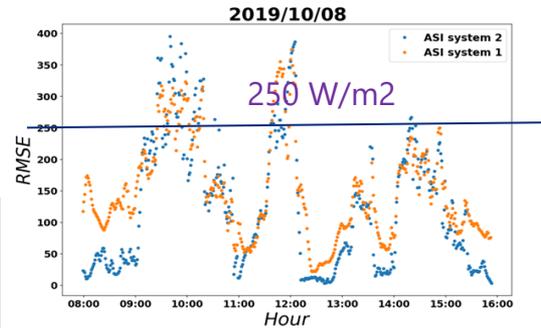
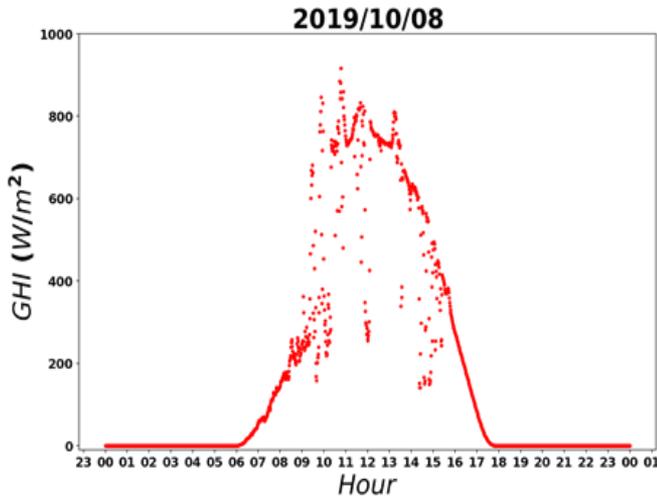


Statistical metrics: Root-Mean Square Error (RMSE), Mean-Absolute Deviation (MAD), Mean-Absolute Error (MAE), Interquartile Range (IQR = p75 – p25) and outliers, for the differences between GHI forecasts and measurements.

Validierung: Bewölkt



- Beispieltag 8.10.2019

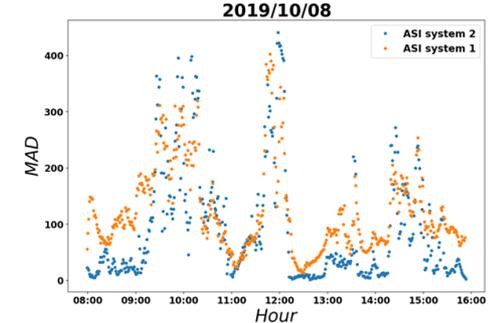
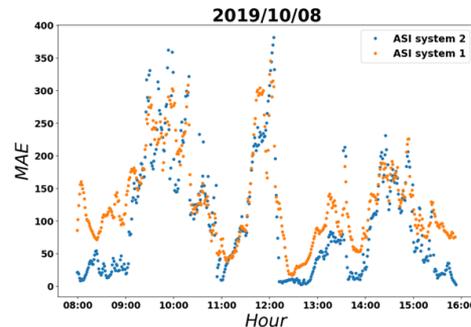
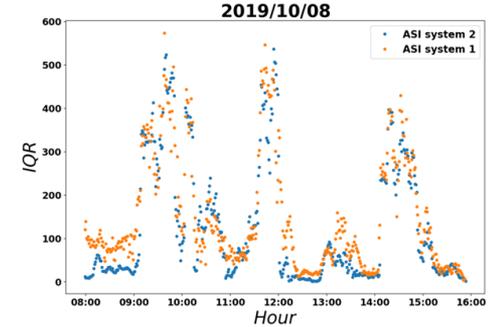
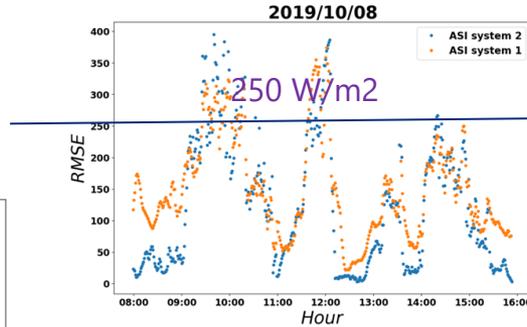
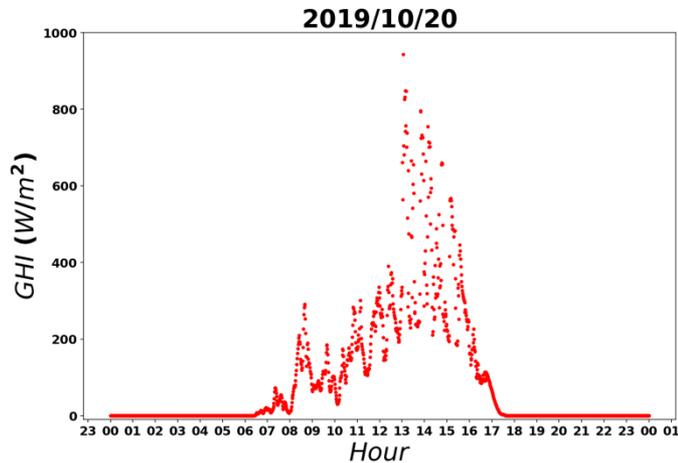


Statistical metrics: Root-Mean Square Error (RMSE), Mean-Absolute Deviation (MAD), Mean-Absolute Error (MAE), Interquartile Range (IQR = p75 – p25) and outliers, for the differences between GHI forecasts and measurements.

Validierung: Bedeckt



- Beispieltag 20.10.2019



Statistical metrics: Root-Mean Square Error (RMSE), Mean-Absolute Deviation (MAD), Mean-Absolute Error (MAE), Interquartile Range (IQR = p75 – p25) and outliers, for the differences between GHI forecasts and measurements.



- ASI sind interessante aber komplexe Materie
 - Das gilt auch für den Benchmark der ASI
- Erste Schritte gemacht (Beispieltage) – aber noch keine vollständige Analyse
- Zu früh, um die diversen Kamerasysteme zu vergleichen
- Unsicherheiten
 - bei wolkenlosen Verhältnissen klein
 - Bei wechselhaften Verhältnissen gross (x 6)
 - Gut für Detektion von konstanten / variablen Verhältnissen
 - Anwendungsgebiet sind z.B. PV-Diesel-Hybridsysteme



- Verzögerung wegen Covid-19
- Bis Ende Mai sollten Prognosedaten (Globalstrahlung) vorhanden sein
- Weitere Parameter (z.B. DNI) folgen später
- Analyse im Sommer
- Publikationen ab Herbst: Eurosun 2020, September

Besten Dank

J. Remund, Meteotest AG, A. Kazantzidis, Univ. Patras, S. Wilbert, DLR
Jan.remund@meteotest.ch

