



**HAL**  
open science

# Probabilistische Kurzfristvorhersage der Globalstrahlung mittels Analog-Ensemble unter Nutzung von satellitenbasierter Einstrahlung

Elke Lorenz, Tobias Zech, Wiebke Herzberg, Philippe Lauret, Mathieu David

► **To cite this version:**

Elke Lorenz, Tobias Zech, Wiebke Herzberg, Philippe Lauret, Mathieu David. Probabilistische Kurzfristvorhersage der Globalstrahlung mittels Analog-Ensemble unter Nutzung von satellitenbasierter Einstrahlung. Fachtagung Energiemeteorologie, Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Jan 2023, Bad Staffelstein, Germany. hal-04458845

**HAL Id: hal-04458845**

**<https://hal.univ-reunion.fr/hal-04458845>**

Submitted on 15 Feb 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Probabilistische Kurzfristvorhersage der Globalstrahlung mittels Analog-Ensemble unter Nutzung von satellitenbasierter Einstrahlung

**Elke Lorenz, Tobias Zech, Wiebke Herzberg (Fraunhofer ISE),  
Philippe Lauret, Mathieu David (University La Reunion)**

**Fachtagung Energiemeteorologie  
Bad Staffelstein, 24.01.2023  
[www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)**

# Agenda

---

**Motivation und Rahmenbedingungen**

**Analog Ensemble**

**Auswertung im Rahmen des IEA PVPS Task 16 Benchmarks**

# Probabilistische Vorhersagen

## Motivation

### Deterministische Vorhersage

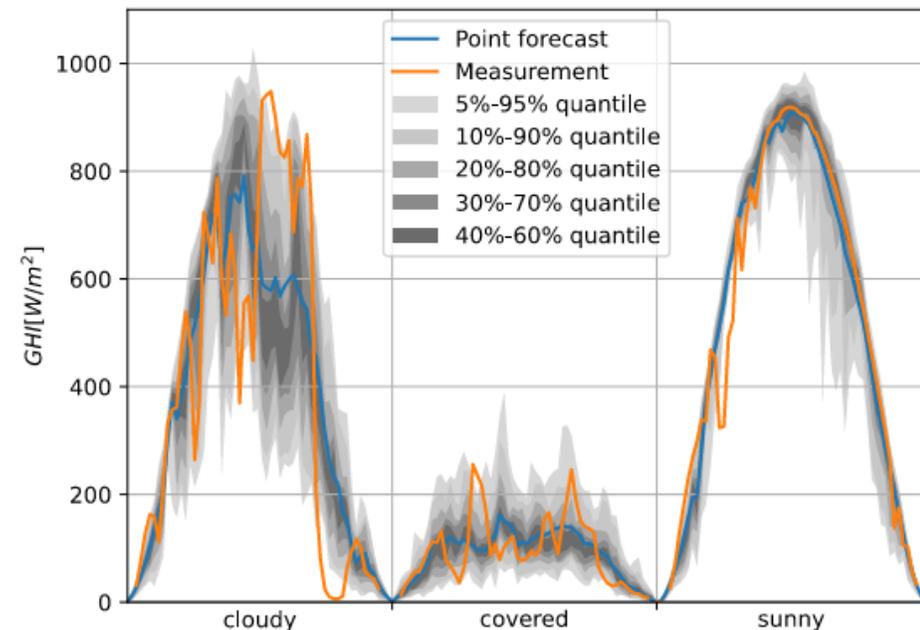
Ein Wert für jeden Vorhersagehorizont

### Probabilistische Vorhersagen

- Ensemblevorhersagen/Szenarien
- Wahrscheinlichkeitsverteilung möglicher Werte (z.B. Quantile)

**Reduktion von Risiken und Kosten, die durch Vorhersageunsicherheiten entstehen**

Probabilistische Vorhersagen beschreiben die Vorhersageunsicherheit in unterschiedlichen Wetterbedingungen



# Rahmenbedingungen

## IEA Task 16 probabilistischer Benchmark

---



Benchmark-Studie (IEA PVPS Task 16 “Solar Resource for High Penetration and Large-Scale Applications”)

- Vergleich probabilistischer Vorhersagen der horizontalen Globalstrahlung (GHI)
- Vorhersagehorizonte: Intra-hour und intra-day (bis zu 6 Stunden in 15 Minuten Auflösung)
- Quantil-Vorhersagen

# Messdaten

## GHI-Messwerte für 8 Standorte in Europa

Bereitgestellt im Rahmen des IEA PVPS Task 16 \*

Sorgfältige Qualitätskontrolle: automatisiert und manuell\*\*

Verschiedene Klimazonen Südspanien bis nach Estland

Zeitraum

- 2017: Trainingsdaten
- 2018: Testdaten

site name	lat (°N)	lon (°E)	Source
Almeria	37,09	-2,36	CIEMAT/DLR
Cener	42,82	-1,60	BSRN
Carpentras	44,08	5,06	BSRN
Milan RSE Site	45,48	9,25	RSE
Payerne	46,82	6,94	BSRN
Palaiseau	48,71	2,21	BSRN
Cabauw	51,97	4,93	BSRN
Toravere	58,25	26,46	BSRN

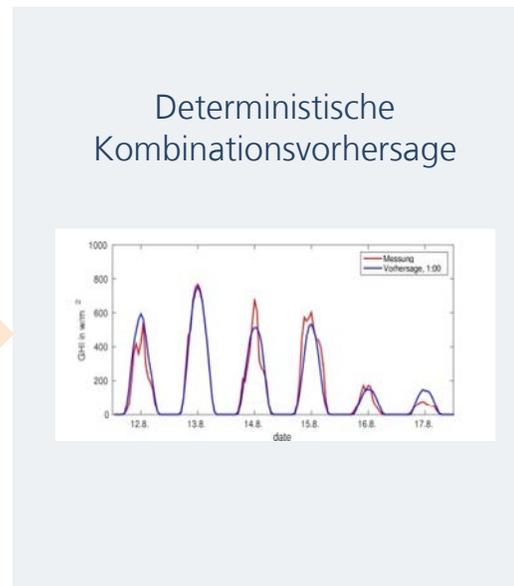
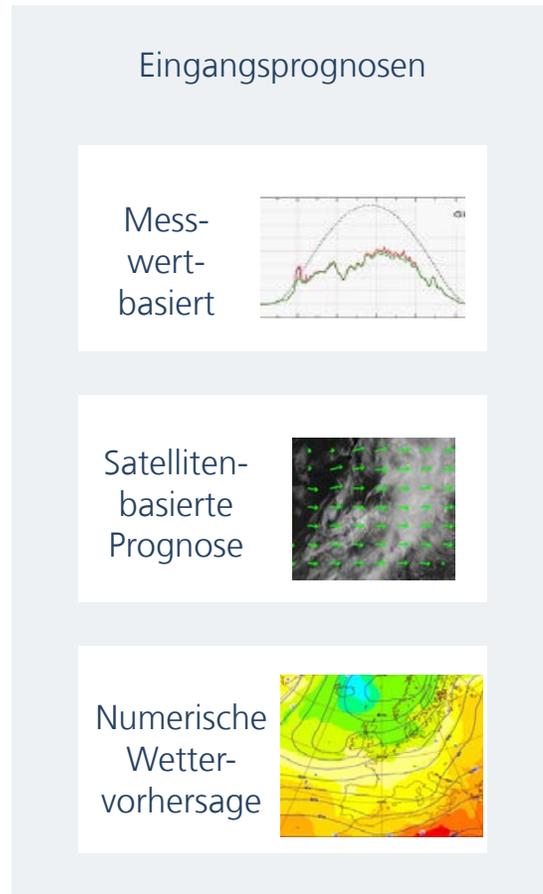
\* Forstinger et al 2023: Worldwide Benchmark of Modelled Solar Irradiance Data. Report IEA-PVPS T16-05: 2023

(<https://iea-pvps.org/key-topics/worldwide-benchmark-of-modelled-solar-irradiance-data/>)

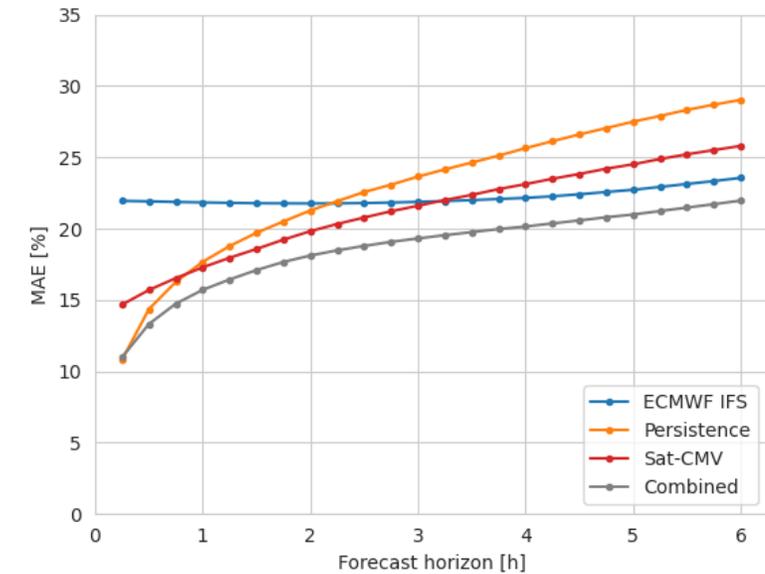
\*\* Forstinger et al 2021. "Expert Quality Control of Solar Radiation Ground Data Sets." ISES Solar World Conference, no. October.

# Analog Ensemble unter Nutzung verschiedener Datenquellen

## Deterministische Kombinationsprognose



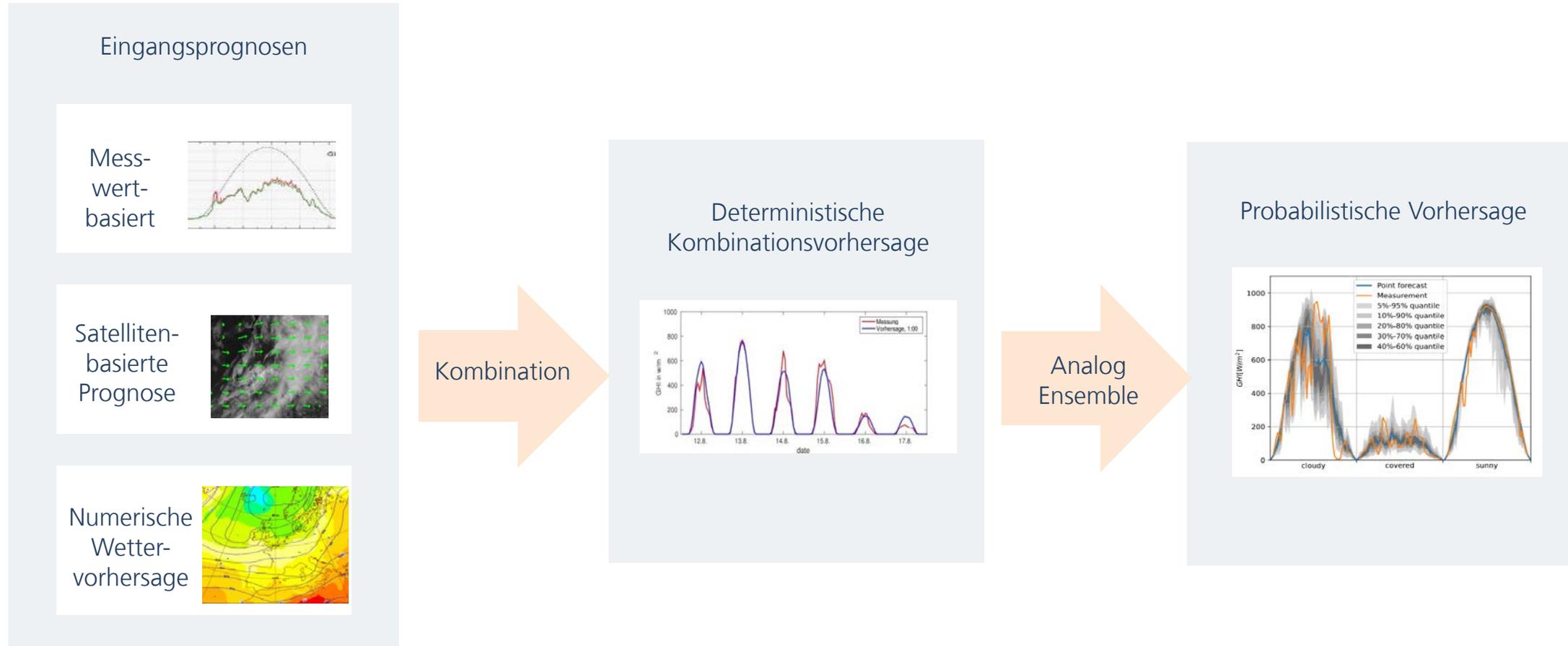
Alle 8 Standorte



Lineare Regression  
Gewichte abhängig vom Vorhersagehorizont

# Analog Ensemble unter Nutzung verschiedener Datenquellen

## Übersicht



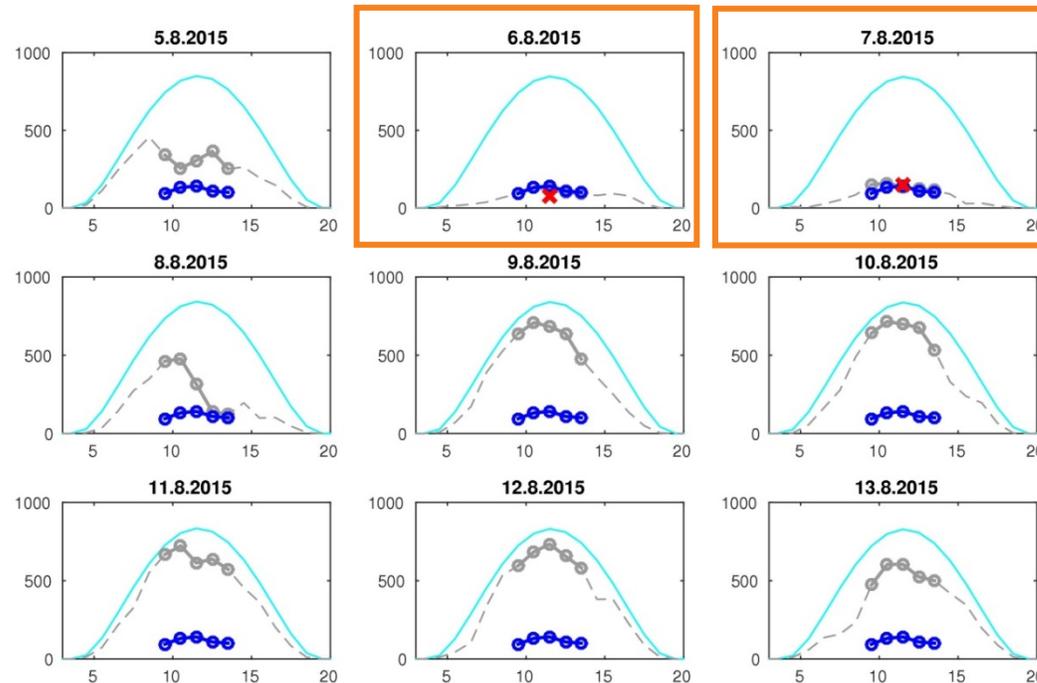
# Analog Ensemble

## Ansatz

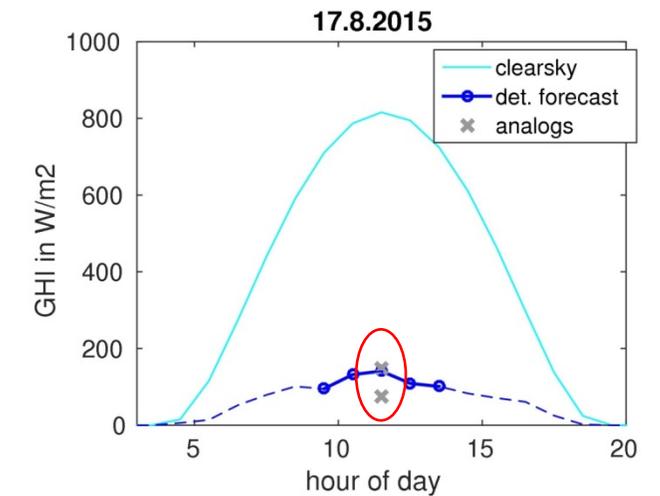
## Schritte

1. Suche N Vorhersagen, die zur aktuellen Vorhersage am ähnlichsten sind
2. Messwerte zu diesen historischen Vorhersagen bilden Analog Ensemble

## Historic forecasts



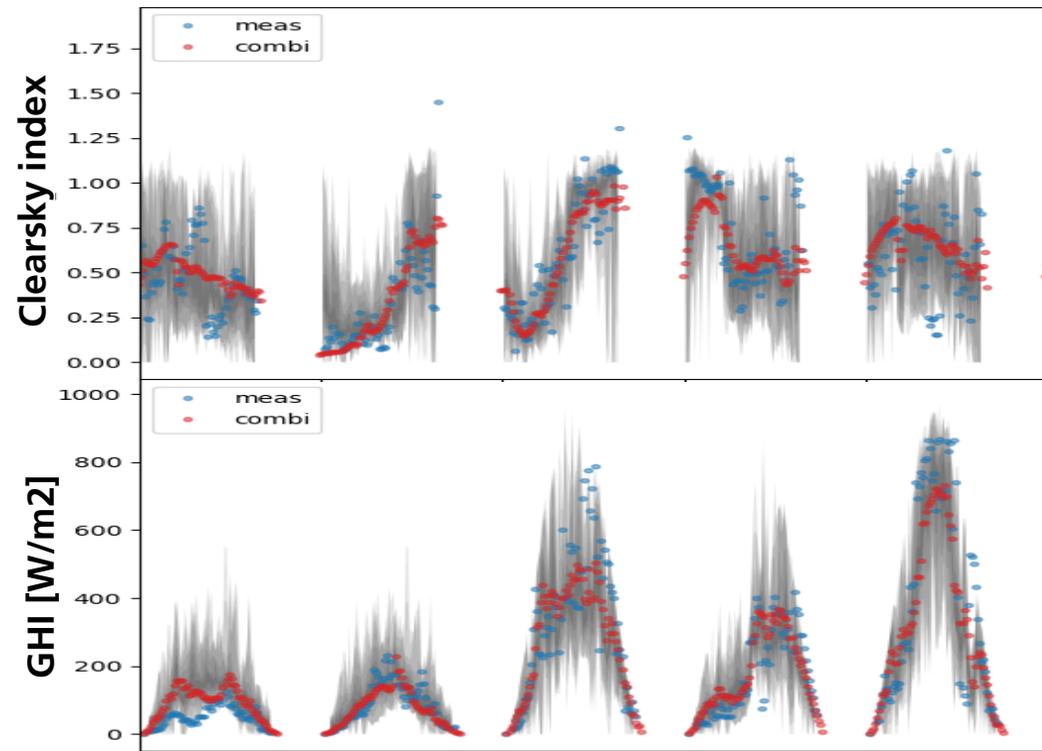
## Current forecasts



# Analog Ensemble

## Konfiguration

- Parameter zur Bestimmung der Analogs
  - Clearsky index
    - $s_0, s_0 \pm 15min, s_0 \pm 30min$
- Analog Suche separat nach
  - Vorhersagehorizont
  - Tageszeit
- Suchraum für Analogs
  - Letzte 180 Tage
  - Alle Standorte zusammen
  - > **Erhöhte Zuverlässigkeit**
- Probabilistische Vorhersagen
  - 40 Analog Ensemble Member
  - Kalkulation von 15 Quantilen (irregulär)



# Agenda

---

Motivation und Rahmenbedingungen

Analog Ensemble

**Auswertung im Rahmen des IEA PVPS Task 16 Benchmarks**

# IEA Task 16 probabilistischer Benchmark



Teilnahme von 6 Universitäten und Forschungseinrichtungen

Koordination und Vergleich der Vorhersagen:  
Universität La Reunion (France)

Ziel: Wissenschaftlicher Vergleich

# Vorhersagen der Bechmark-Partner

Partner	Vorhersagemethode	Eingangsdaten
Universität La Reunion	Parametrische Methode (ARMA-GARCH)	Messwerte
Universität Utrecht	„Non-linear quantile regression forest“ „(QRF)“	Messwerte
Univestität South Australia	„Linear AR and quantile regression“	Messwerte
Laboratorio de Energia Solar	„Linear quantile regression (LQR)“	Messwerte, Satellitendaten
Mins Paris Tech	Probabilistische CMV-Vorhersagen	Satellitendaten
Fraunhofer ISE	Deterministische Kombination & Analog Ensemble	Messwerte, Satellitendaten, NWP

# Benchmark Ergebnisse I

---

Maß zur Bewertung der Vorhersagen:  
Continuous Ranked Probability Score (CRPS)

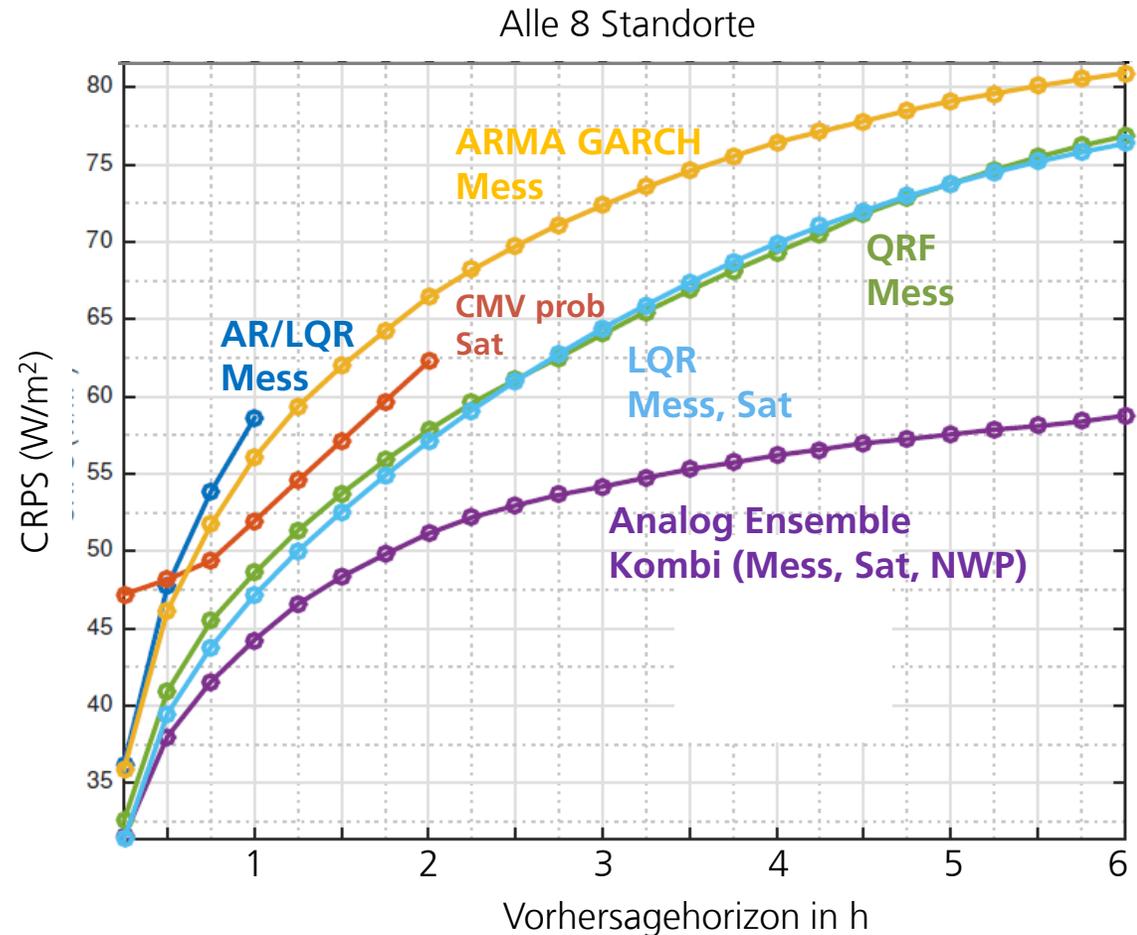
# Benchmark Ergebnisse I

Maß zur Bewertung der Vorhersagen:  
Continuous Ranked Probability Score (CRPS)

Große Unterschiede im CRPS

Auch bei rein messwertbasierten Verfahren  
deutliche Unterschiede

Niedrigster CRPS für  
ISE Analog Ensemble in Kombination mit  
verschiedenen Eingangsdaten



# Erweiterter Satz an Vorhersagen

Verschiedene probabilistische Methoden angewendet auf Kombinationsprognosen

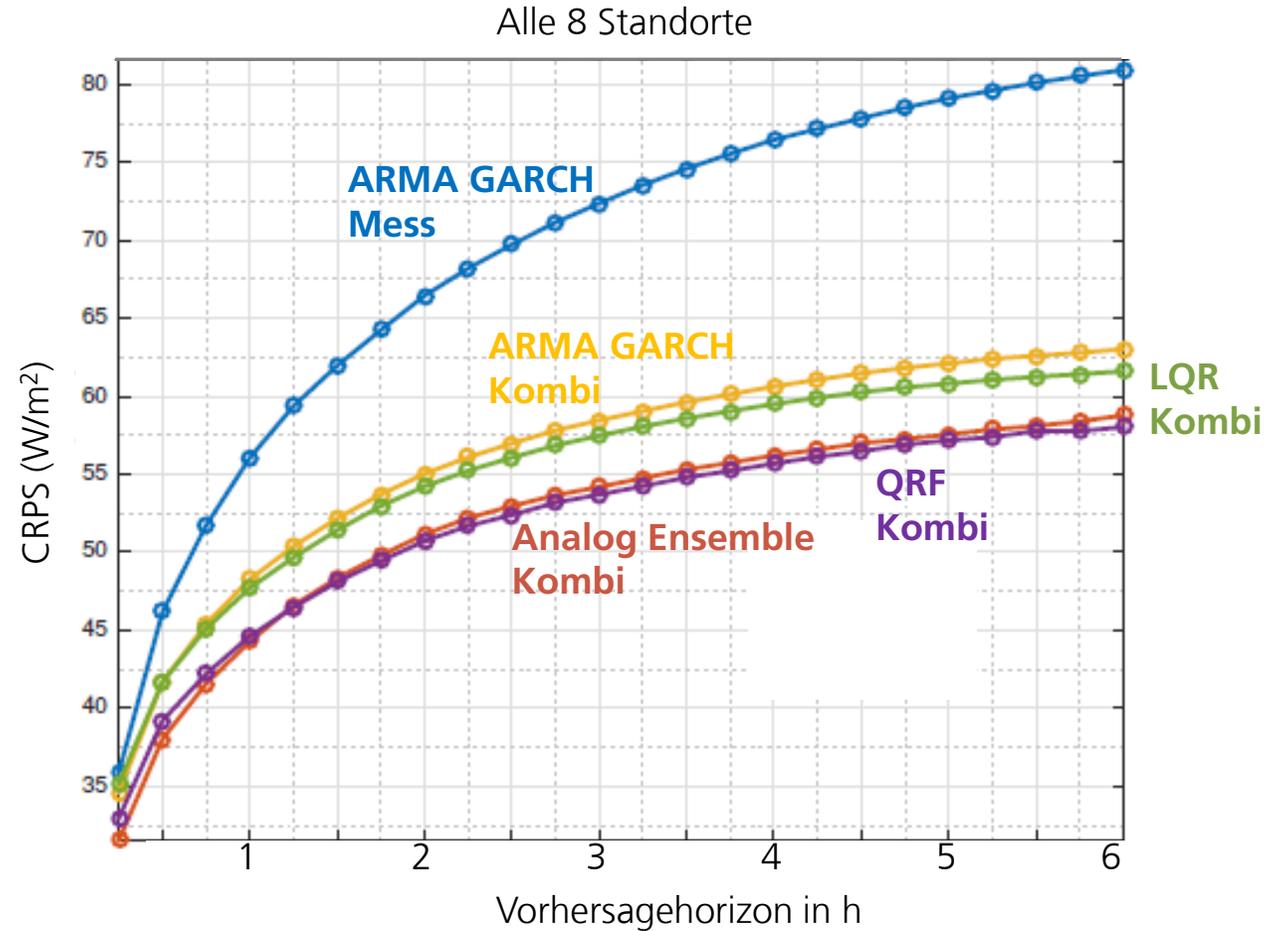
Partner	Vorhersagemethode	Eingangsdaten
Universität La Reunion & Fraunhofer ISE	Parametrische Methode (ARMA-GARCH)	Kombination (Messwerte, Satellitendaten, NWP)
Universität La Reunion & Fraunhofer ISE	Quantile regression forest (QRF)	Kombination (Messwerte, Satellitendaten, NWP)
Universität La Reunion & Fraunhofer ISE	Linear quantile regression LQR	Kombination (Messwerte, Satellitendaten, NWP)
Fraunhofer ISE	Analog Ensemble	Kombination (Messwerte, Satellitendaten, NWP)

# Benchmark Ergebnisse II

Verschiedene Probabilistische Methoden angewendet auf Kombinationsprognosen

Deutliche Verbesserung im CRPS für verschiedene probabilistische Kombinationsmethoden im Vergleich zur Nutzung von Messwerten

Niedrigster CRPS für Analog Ensemble and „quantile regression forest“ (QRF)



# Zusammenfassung

---

Kombination von Messwerten, satellitenbasierten Prognosen und numerischen Wettervorhersagen erlaubt die Erstellung qualitativ hochwertiger, probabilistischer Prognosen

Analog Ensemble Ansatz erlaubt zuverlässige probabilistische Prognosen - nicht nur auf Basis von numerischen Wetterprognosen

Internationale Zusammenarbeit im IEA PVPS Task 16 ermöglicht

- Unabhängige Auswertungen
- Erkenntnisgewinn und gemeinsame Entwicklungen

Gemeinsame Veröffentlichung zum probabilistischen Benchmark ist in Arbeit

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!

Elke Lorenz  
Gruppe Energie Meteorologie  
Bereich Strom  
Elke.lorenz@ise.fraunhofer.de

**SORLEV**  
FKZ 03EE1010A

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**TwinSolar**

Grant Nr 01076447



Funded by  
the European Union

