

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**

Agenda

Motivation und Rahmenbedingungen

Analog Ensemble

Auswertung im Rahmen des IEA PVPS Task 16 Benchmarks

Probabilistische Vorhersagen

Motivation

Deterministische Vorhersage

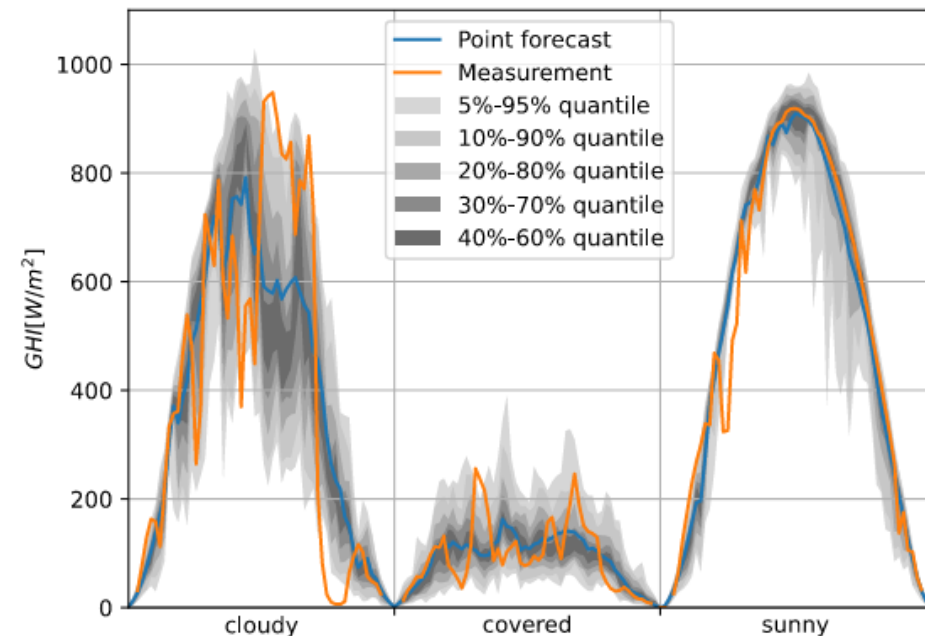
Ein Wert für jeden Vorhersagehorizont

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

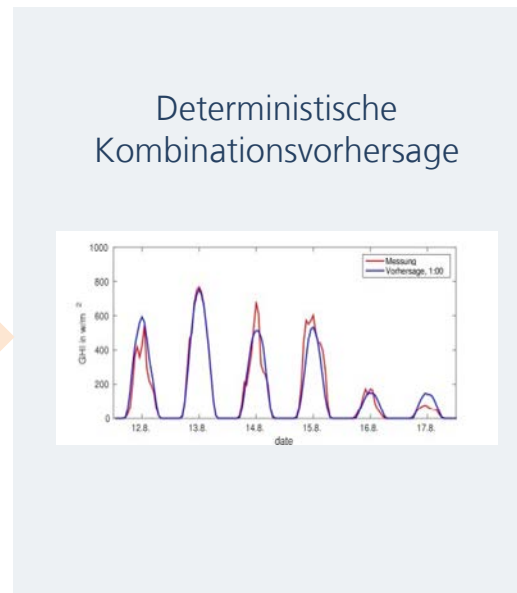
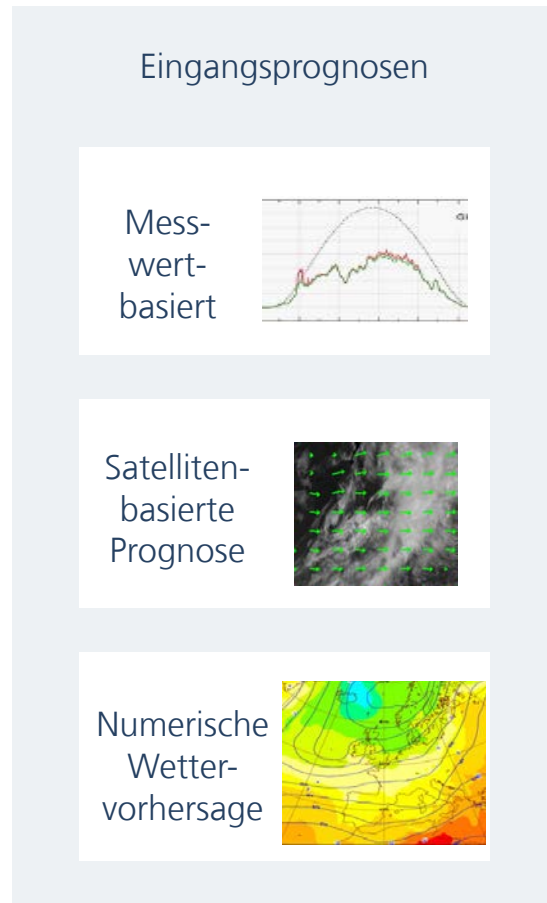
* Forstinger et al 2023: Worldwide Benchmark of Modelled Solar Irradiance Data. Report IEA-PVPS T16-05: 2023

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

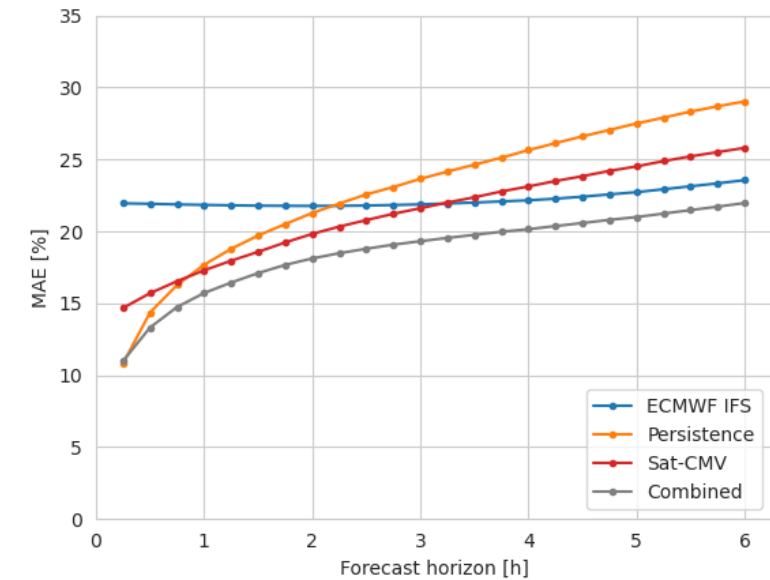
** Forstinger et al 2021. "Expert Quality Control of Solar Radiation Ground Data Sets." ISES Solar World Conference, no. October.

Analog Ensemble unter Nutzung verschiedener Datenquellen

Deterministische Kombinationsprognose



Alle 8 Standorte



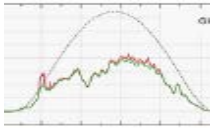
Lineare Regression
Gewichte abhängig vom Vorhersagehorizont

Analog Ensemble unter Nutzung verschiedener Datenquellen

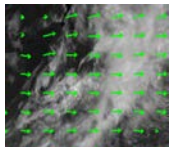
Übersicht

Eingangsprognosen

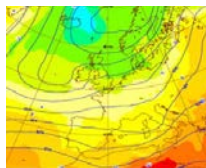
Messwertbasiert



Satellitenbasierte Prognose

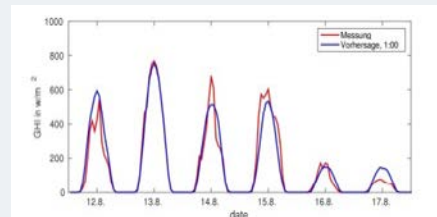


Numerische Wettervorhersage



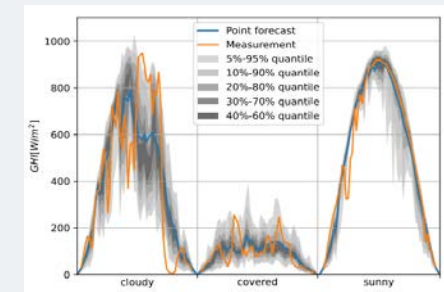
Kombination

Deterministische Kombinationsvorhersage



Analog Ensemble

Probabilistische Vorhersage



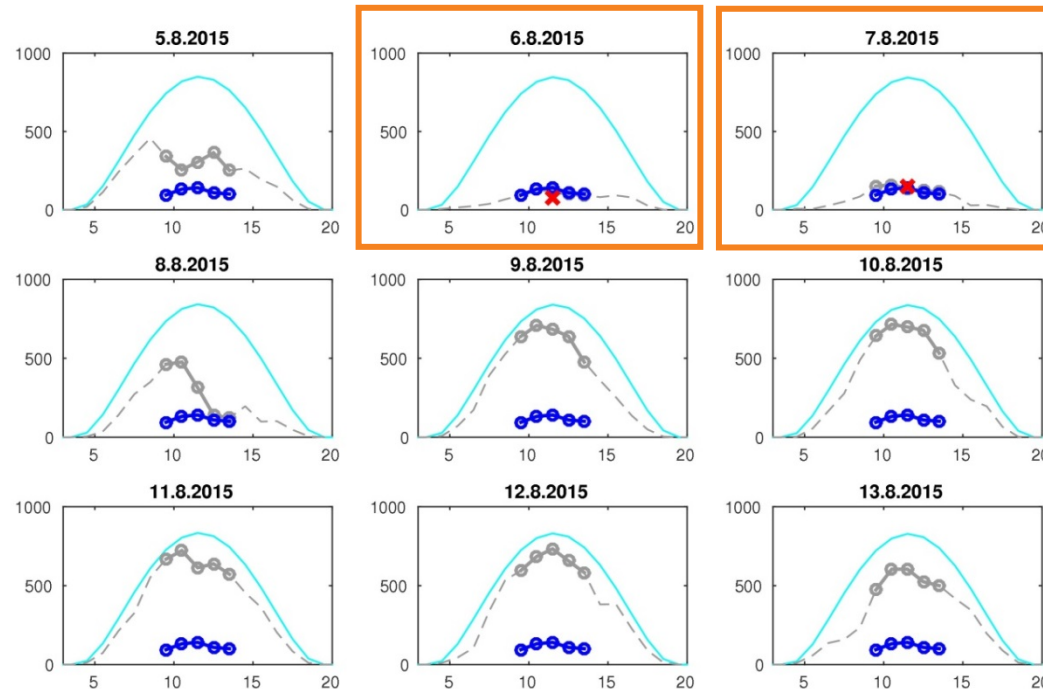
Analog Ensemble

Ansatz

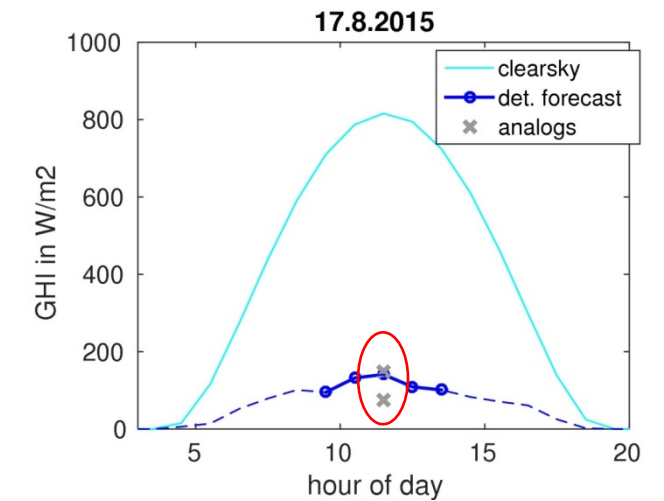
Schritte

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

Historic forecasts



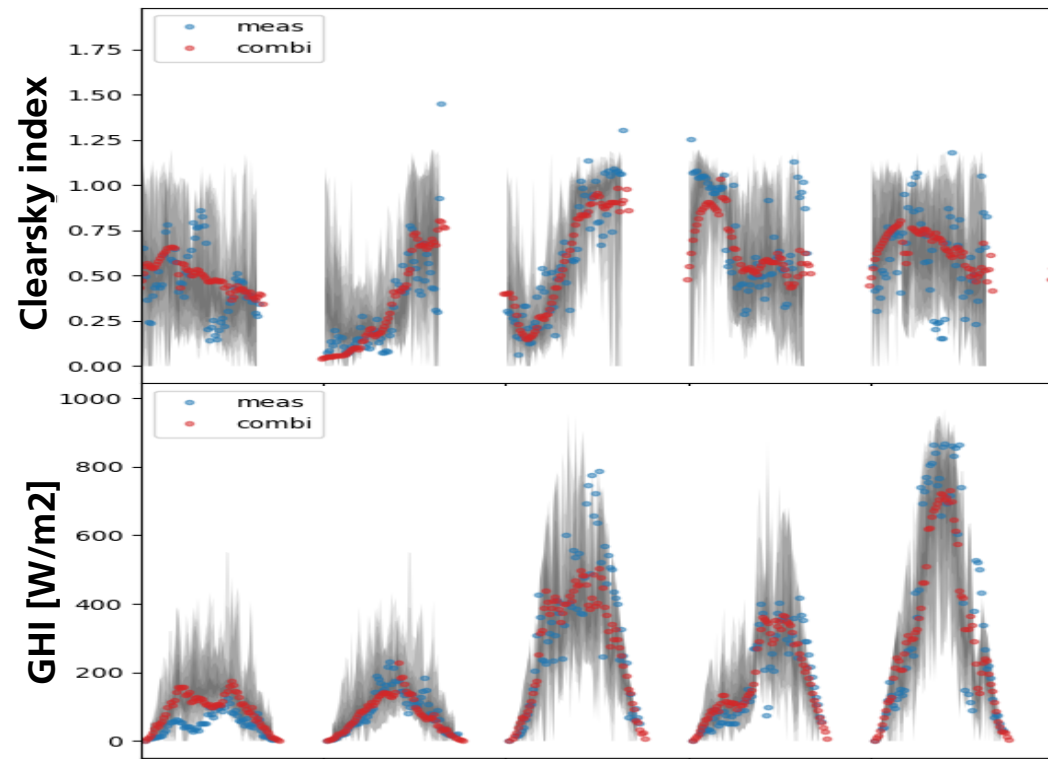
Current forecasts



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)

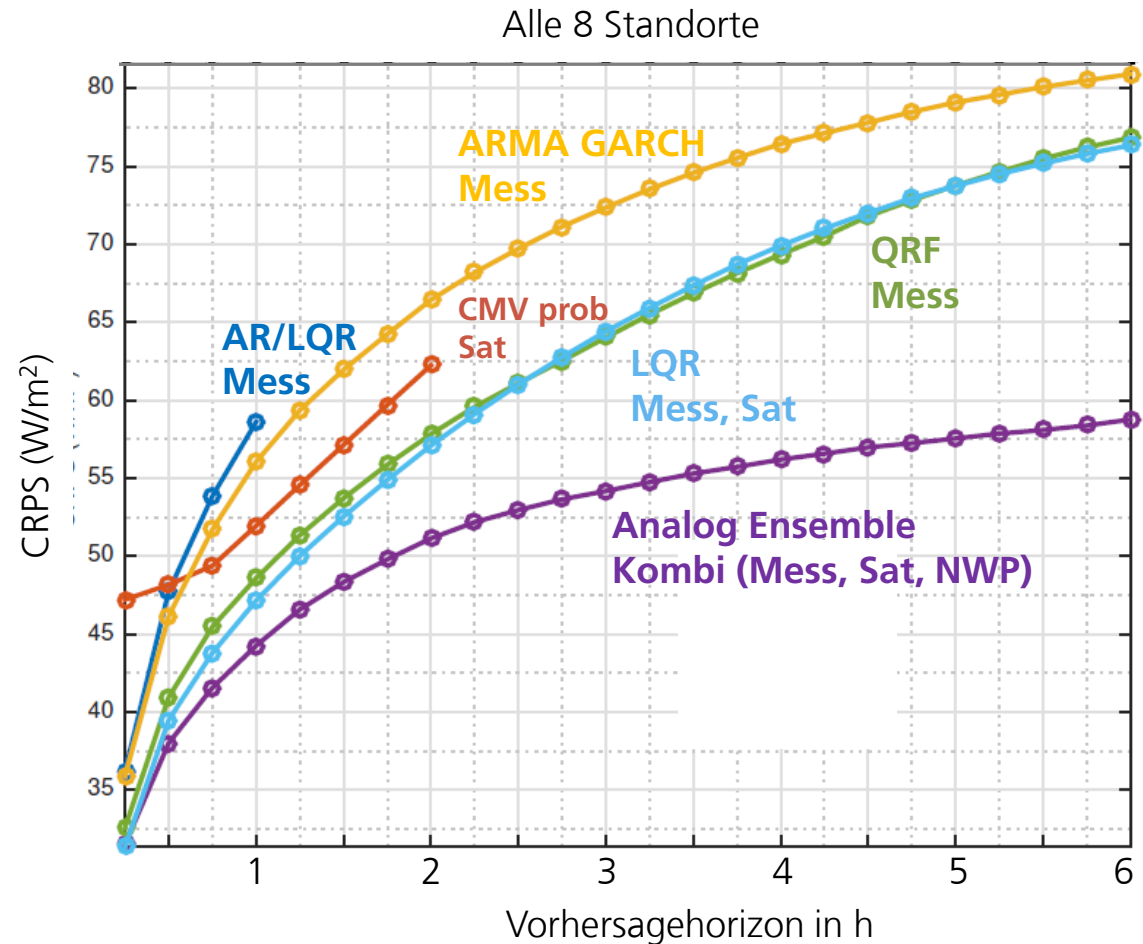
Benchmark Ergebnisse I

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

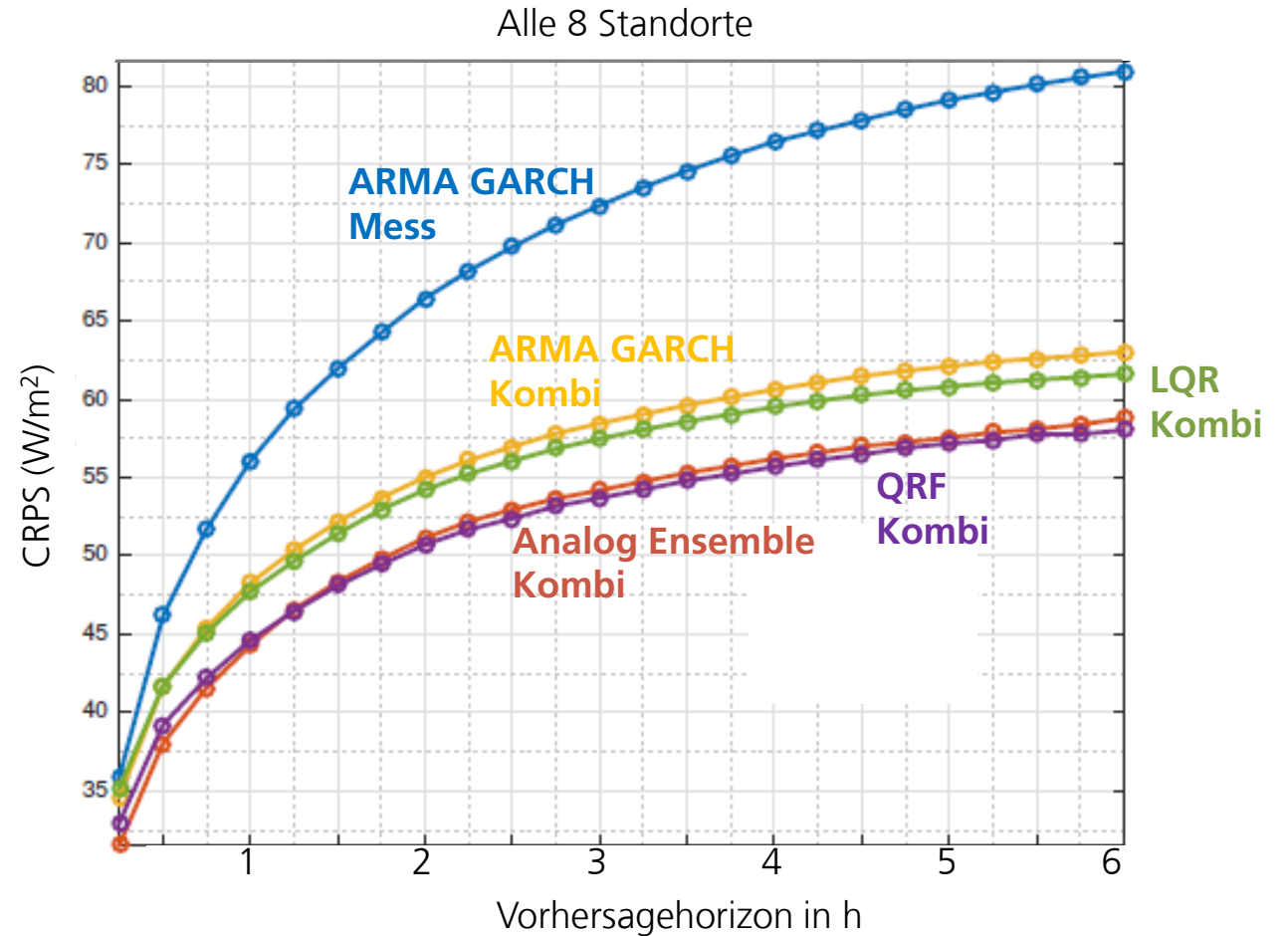
Partner	Vorhersagemethode	Eingangsdaten
Universität La Reunion & Fraunhofer ISE	Parametrische Methode (ARMA-GARCH)	Kombination (Messwerte, Satellitendaten, NWP)
Universität La Reunion & Fraunhofer ISE	Quantile regression forest (QRF)	Kombination (Messwerte, Satellitendaten, NWP)
Universität La Reunion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



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages


Grant Nr 01076447

