

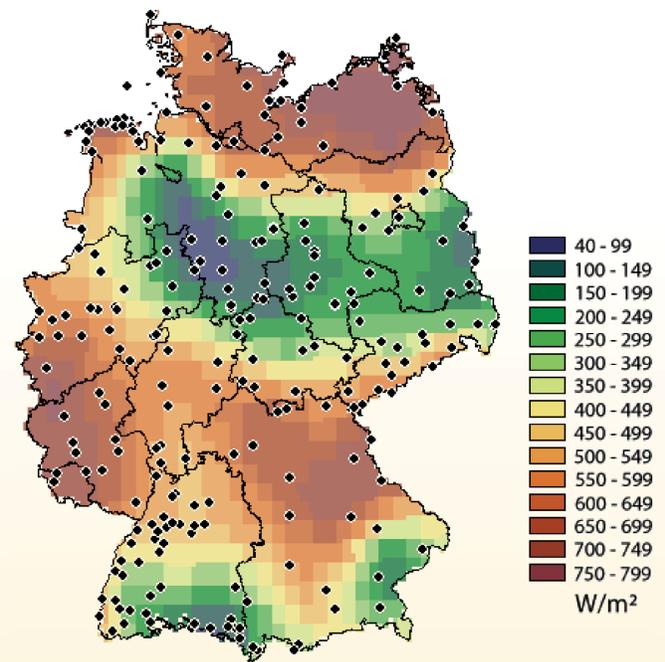
# Weiterentwicklung von Verfahren zur Solarleistungsvorhersage: Prognose von Verbundleistungen und deren Vertrauensbereiche

E. Lorenz<sup>1</sup>, J. Hurka<sup>1</sup>, D. Heinemann<sup>1</sup>, H.G. Beyer<sup>2</sup>, M. Schneider<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universität Oldenburg, Institut für Physik, Oldenburg

<sup>2</sup>Hochschule Magdeburg-Stendal, Institut für Elektrotechnik, Magdeburg

<sup>3</sup>Meteocontrol GmbH, Augsburg



Strahlungsvorhersage für den 9.7.07, 11:00 mit Bodenmeßstationen von DWD und Meteomedia GmbH.

## Einleitung

Eine verlässliche Solarleistungsprognose wird mit steigender PV-Netzdurchdringung für das Netz- und Erzeugungsmanagement immer wichtiger. Wir stellen einen verbesserten Ansatz zur Strahlungsvorhersage vor und gehen dabei insbesondere auf die Vorhersagequalität von Verbundleistungen und die Bestimmung von Vertrauensintervallen ein.

Die Vorhersagegenauigkeit von Solarleistungsvorhersagen ist im wesentlichen durch die Genauigkeit der zugrundeliegenden Einstrahlungsvorhersage bestimmt. Für die vorliegende Auswertung wurden Strahlungsvorhersagen mit stündlichen Meßwerten der Einstrahlung von über 200 meteorologischen Stationen für den Zeitraum Januar bis Oktober 2007 verglichen.

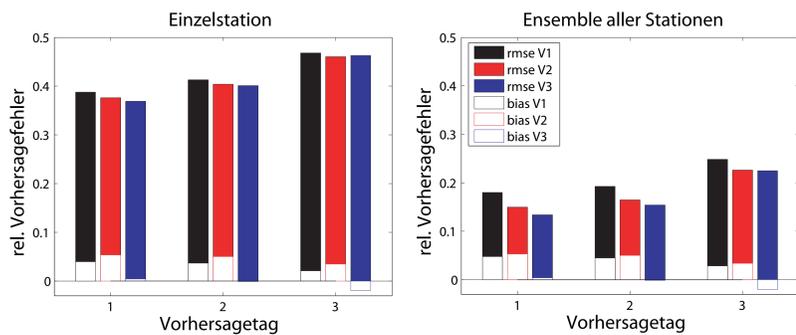
## Strahlungsvorhersage

### Grundlage:

Strahlungs- und Wolkenvorhersagen des ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)  
zeitliche Auflösung: 3 Stunden  
räumliche Auflösung: 0.25° x 0.25°

### Ansätze zur Berechnung einer optimierten stundenaufgelösten Vorhersage der Globalstrahlung:

- V1: Lineare zeitliche Interpolation der vorhergesagten Einstrahlung.
- V2: Kombination mit einem Modell der Einstrahlung bei klarem Himmel zur besseren Berücksichtigung des Tagesgangs.
- V3: Korrektur systematischer Abweichungen der Vorhersage mit V2 durch eine bewölkungsabhängige Biaskorrektur.

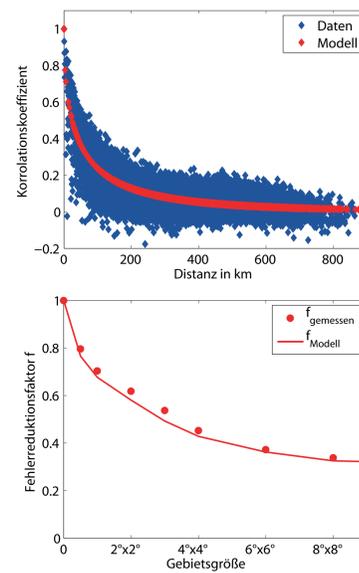


Relativer Vorhersagefehler der Globalstrahlung in Bezug auf die mittlere Einstrahlung für die verschiedenen Vorhersageansätze.

Für regionale Vorhersagen führt die Korrektur von systematischen Abweichungen zu einer deutlichen Verbesserung.

## Räumliche Ausgleichseffekte bei Vorhersage der Verbundleistung

Die Reduktion der Vorhersagefehler bei Betrachtung der mittleren Einstrahlung für ein Ensemble von Stationen ist durch die Korrelation der Vorhersagefehler zwischen den einzelnen Standorten bestimmt. Mit einem Modell zur Berechnung der Kreuzkorrelationskoeffizienten lässt sich der Vorhersagefehler der mittleren Einstrahlung  $RMSE_{mean}$  eines beliebigen Ensembles von Stationen berechnen.



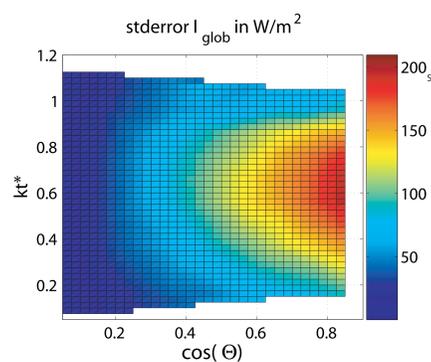
Modellierung des Korrelationskoeffizienten der Vorhersagefehler an zwei Standorten als Funktion des Stationsabstands.

Fehlerreduktionsfaktor  $f = RMSE_{mean} / RMSE_{single}$  in Abhängigkeit von der Gebietsgröße.

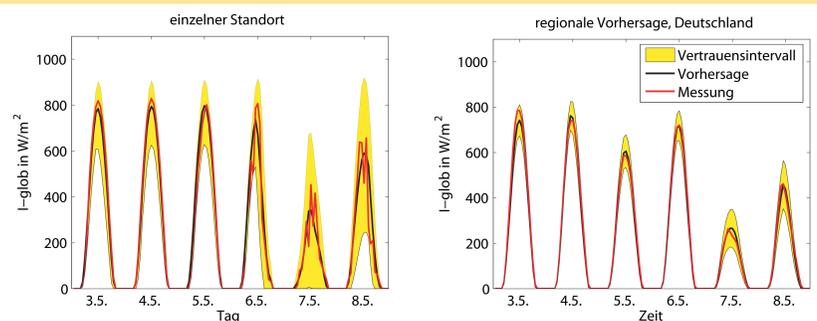
Für Ensembles verringern sich die Vorhersagefehler gegenüber Einzelstandorten deutlich, für ein Gebiet der Größe Deutschlands auf etwa ein Drittel, für eine Fläche von 3°x3° auf die Hälfte.

## Vertrauensintervalle

Neben einer guten Qualität der Vorhersage ist es für die Anwendung wichtig, die mit der Vorhersage verbundene Unsicherheit möglichst genau zu kennen. In Abhängigkeit von der Wetterlage können Situationen unterschiedlicher Vorhersagequalität unterschieden werden. Es wurden 95% Vertrauensintervalle unter der Annahme einer Gaußverteilung der situationspezifischen Fehler ( $I_{forecast} \pm 2\sigma$ ) berechnet.



Standardabweichung  $\sigma$  der Vorhersagefehler in Abhängigkeit vom Bewölkungsgrad ( $kt^*$ ) und dem Sonnenstand ( $\cos \Theta$ ). Für Ensembles wird mit dem Fehlerreduktionsfaktor  $f$  multipliziert.



Globalstrahlungsvorhersage mit Vertrauensbereichen für 6 Tage im Mai.

	Meßwerte innerhalb der Vertrauensintervalle		mittlere Breite des Vertrauensbereichs	
	theoretisch	gemessen	mean ( $\sigma$ )	
Einzelstation	95.4%	95.2%	28.4%	
Ensemble	95.4%	90.9%	10.0%	

Für Einzelstandorte wird die angestrebte Zuverlässigkeit erreicht, für Ensembles sind die Vertrauensintervalle etwas zu schmal.

## Zusammenfassung

Es wurden verschiedene Ansätze zur Bestimmung einer optimierten stündlich aufgelösten Vorhersage auf Basis von ECMWF-Vorhersagen vorgestellt und verglichen. Die Verbesserungen mit einem Ansatz, der eine Korrektur systematischer Fehler für unterschiedliche Bewölkungssituationen berücksichtigt, sind insbesondere für regionale Vorhersagen deutlich. Der relative Vorhersagefehler für die mittlere Einstrahlung aller untersuchten Stationen in Deutschland ist gegenüber dem relativen Fehler für Einzelstationen auf 1/3 reduziert. Weiterhin wurde ein Verfahren zur Bestimmung von wetterabhängigen Vertrauensbereichen für Einzel- und Ensembleprognosen vorgestellt und validiert.