

# Nutzung regionaler Reanalysen im Anwendungsbereich regenerativer Energien

**Christopher Frank**<sup>1,2</sup>, Jan Keller<sup>1,4</sup>, Christian Ohlwein<sup>1,3</sup>, Susanne Crewell<sup>2</sup>, Petra Friederichs<sup>3</sup>, Andreas Hense<sup>3</sup>, Ulrich Löhnert<sup>2</sup>, Sabrina Wahl<sup>1,3</sup>, Sandra Steinke<sup>1,2</sup>, Clarissa Figura<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Hans-Ertel-Centre for Weather Research – Climate Monitoring Branch

<sup>2</sup> Institute for Geophysics and Meteorology, University Cologne

<sup>3</sup> Meteorological Institute, University of Bonn

<sup>4</sup> Deutscher Wetterdienst DWD

# Ziele

## 1. Entwicklung eines Leistungsdatensatzes für Wind und Solar

- Aus hochaufgelöster Reanalyse (COSMO-REA)
- Über zwei Dekaden Europaweit
- Frei verfügbar

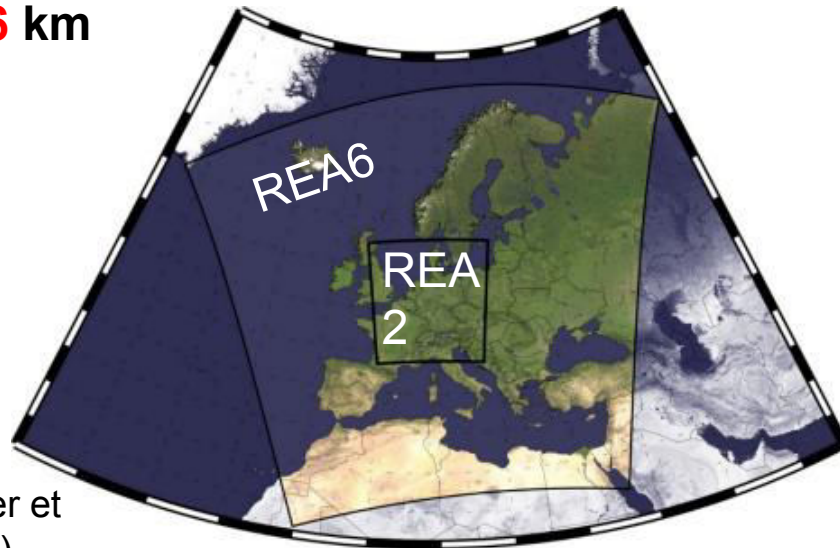
## 2. Quantifizierung der COSMO-REA Repräsentativität

- Vergleich Beobachtung und Simulation auf unterschiedlichen Skalen
- Schätzung der raumzeitlichen Repräsentativität der Globalstrahlung
- Bewertung des Mehrwertes der COSMO-REA

# COSMO-REANALYSEN

## COSMO-REA6

- CORDEX EUR-11
- ERA-INTERIM getrieben
- 1995 - 2014
- 40 Schichten
- 6 km



Bollmeyer et  
al. (2014)

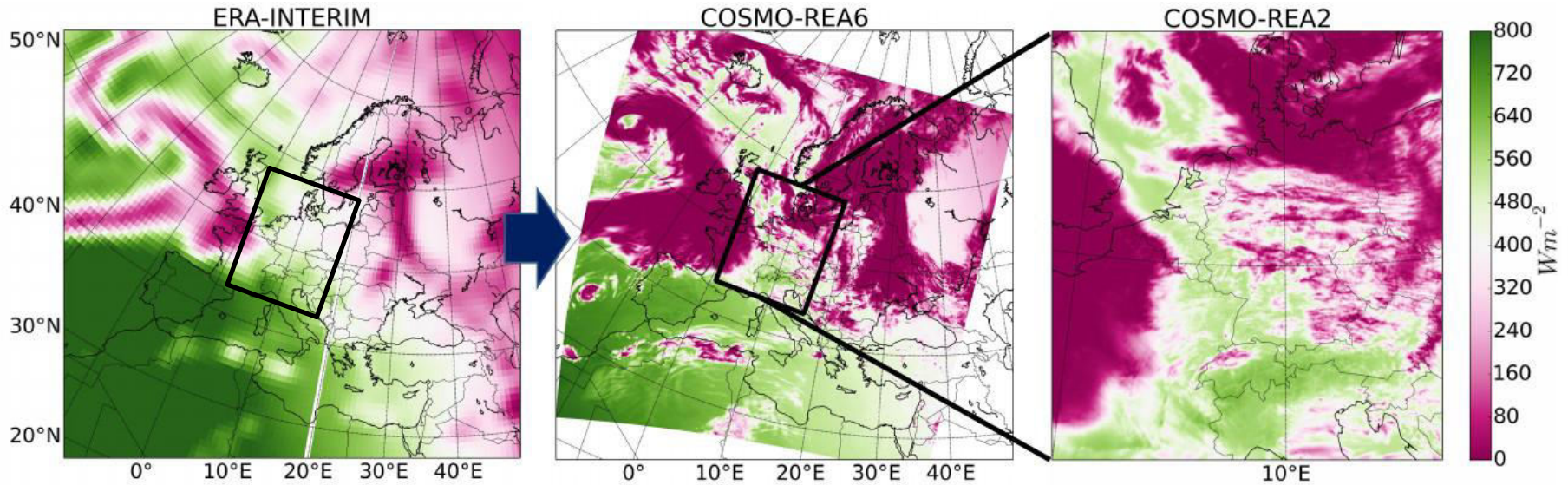
## COSMO-REA2

- Erweitertes COSMO-DE Gebiet
- COSMO-REA6 getrieben
- 2007 - 2014
- 50 Schichten
- 2 km

### REA2 Add-ons

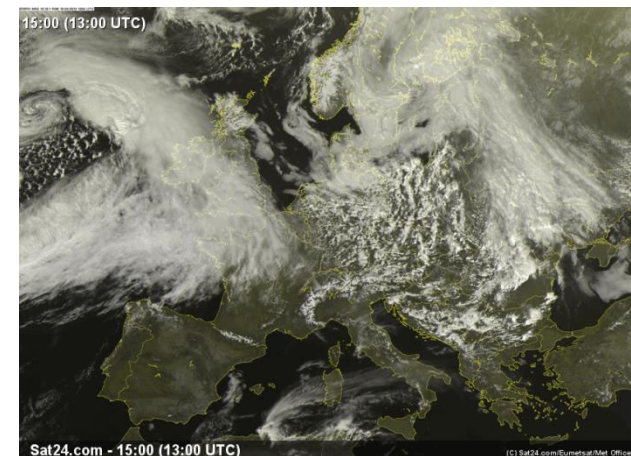
- Konvektions – erlaubend
- Zusätzliches Nudging von  
Wetterradar Beobachtungen

# Modellkette



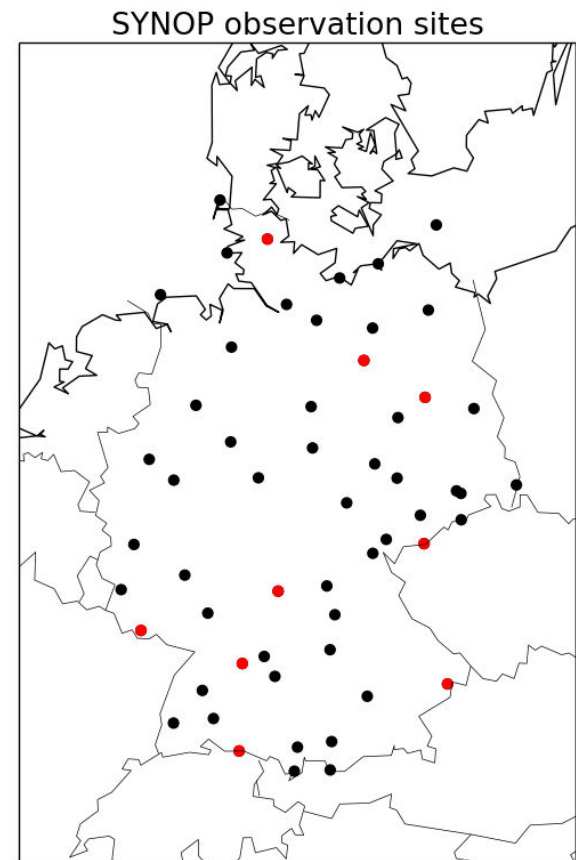
## *Direkte Sonneneinstrahlung (13.04.2013) an der Oberfläche*

- *ERA-INTERIM (Mittel 12-15 UTC)*
- *COSMO-REA6 (Mittel 12-13 UTC)*
- *COSMO-REA2 (Mittel 12-13 UTC)*



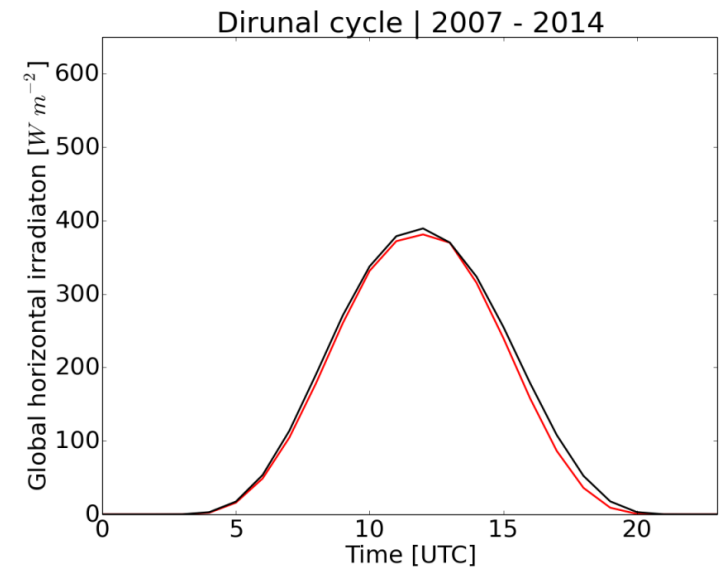
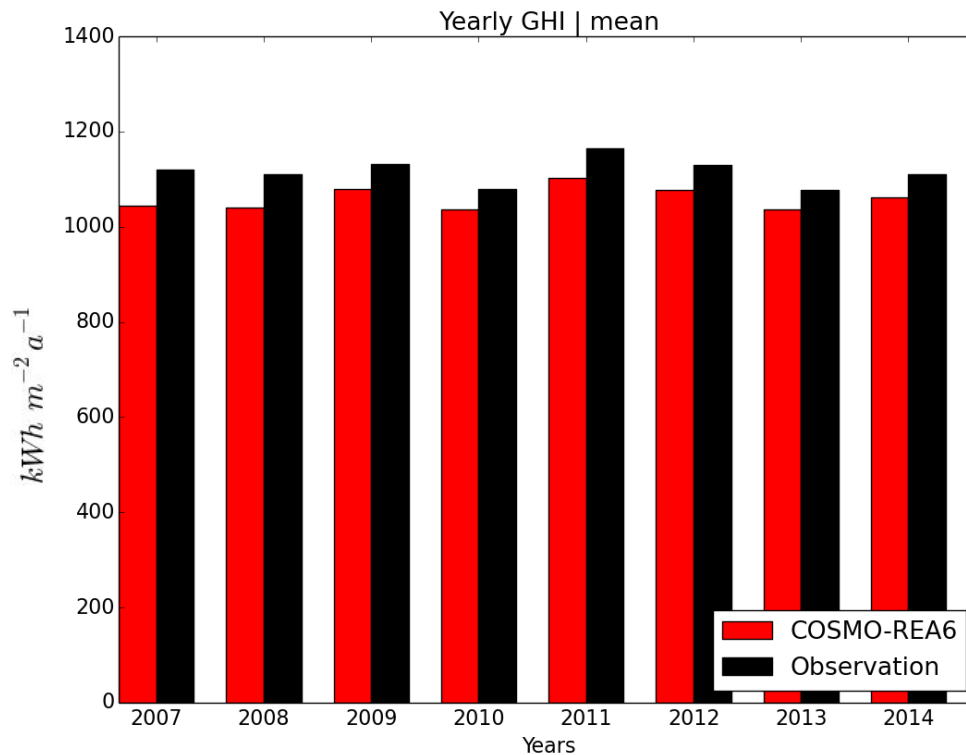
# Beobachtungen der Globalstrahlung

- DWD Beobachtungen der Globalstrahlung an SYNOP Stationen
- Insgesamt 56 Beobachtungsorte in Deutschland
- Zeitliche Mittel: **Stündlich**, Täglich, Monatlich
- Frei verfügbar auf CDC Datenbank des DWD's:  
[ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations\\_germany/climate/](ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/)



*Beobachtungsorte der  
Globalstrahlung.*

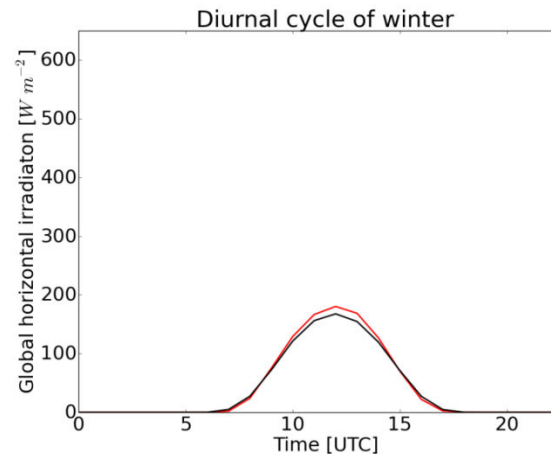
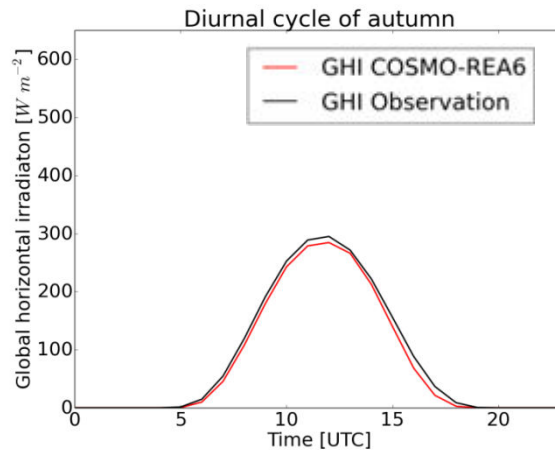
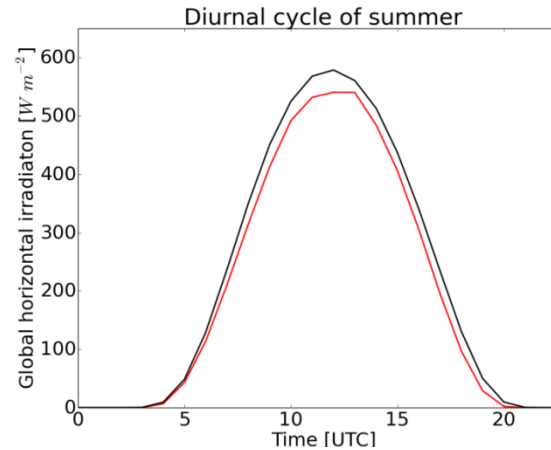
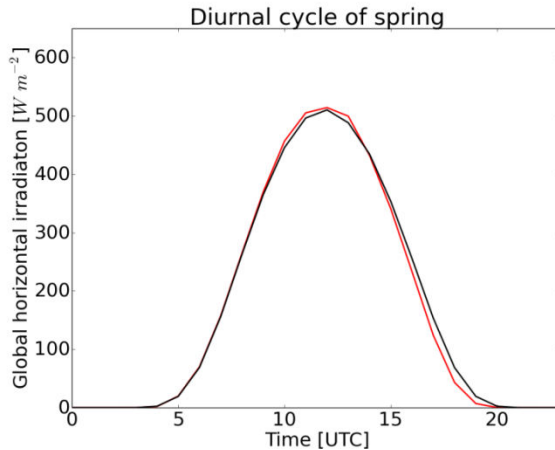
# Jahressummen und Tagesgang der Globalstrahlung



*Jahressummen (links) und Tagesgang (rechts) der Globalstrahlung (stündliche Mittelwerte). Messungen von 9 SYNOP Stationen (schwarz) und von den nächstliegenden Gitterzellen aus COSMO-REA6 (rot).*

- REA6 unterschätzt die Jahressummen um ca.  $55 \text{ kWh m}^{-2} \text{ a}^{-1}$
- Tagesgang gut repräsentiert

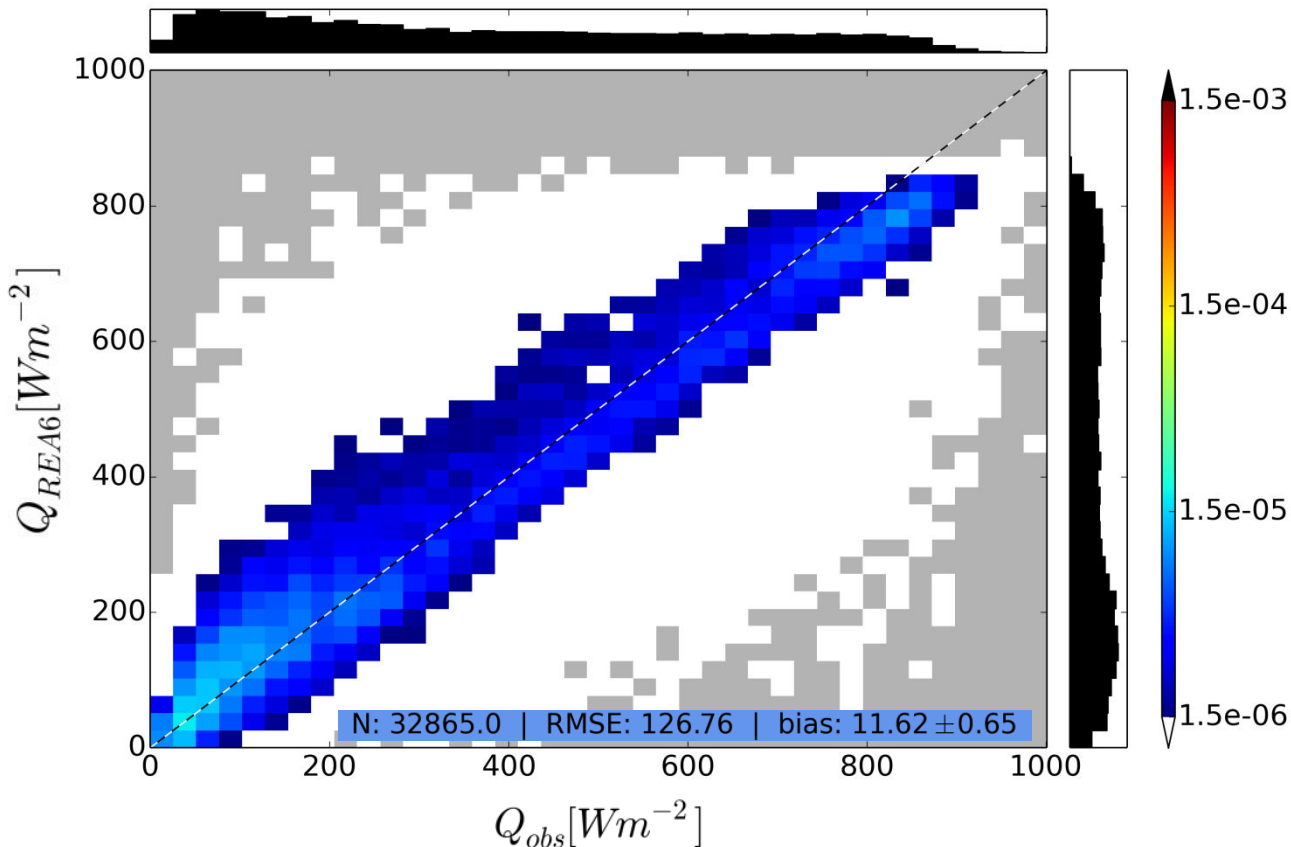
# Tagesgang der Globalstrahlung



*Tagesgang der Globalstrahlung (stündliche Mittelwerte). Messungen von 9 SYNOP Stationen (schwarze Linie) und von den nächstliegenden Gitterzellen aus COSMO-REA6 (rote Linie).*

➤ Güte der simulierten Einstrahlung ist Jahreszeiten-abhängig

## Vergleich der Globalstrahlung Mittags



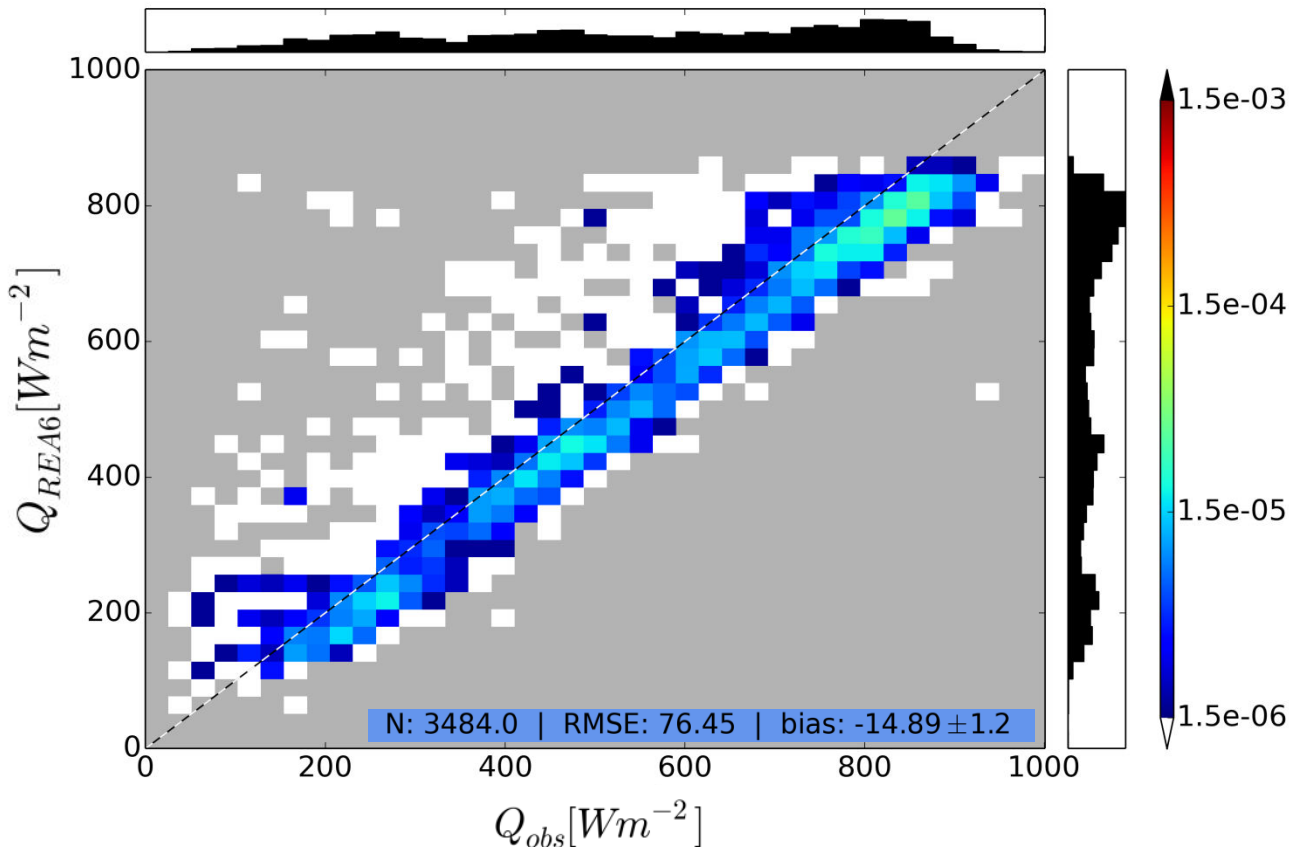
- Mittelwerte  
12-13 UTC
- Jahre: 2003,  
2008, 2013
- Alle  
Beobachtungen

➤ REA2 und REA6  
unterschätzen hohe  
Strahlungswerte

*Kombinierte Häufigkeitsverteilung der Globalstrahlung  
aus COSMO-REA6 und der korrespondierenden  
Beobachtungen.*



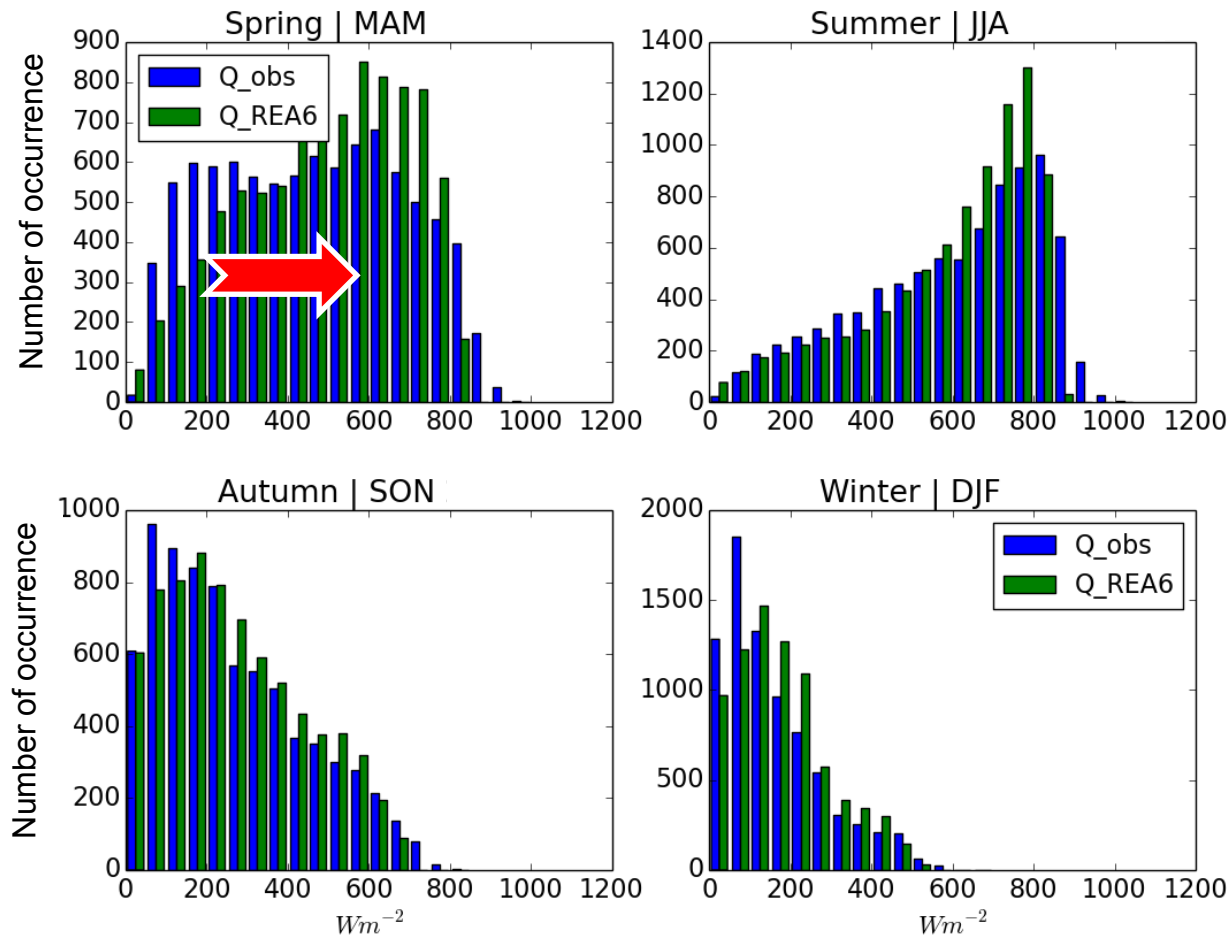
## Vergleich der Globalstrahlung Mittags



*Kombinierte Häufigkeitsverteilung der Globalstrahlung aus COSMO-REA6 und der korrespondierenden Beobachtungen.*

- Nur wolkenfreie Fälle (Modell) (10 % aller Fälle)
- Mittelwerte 12-13 UTC
- Jahre: 2003, 2008, 2013
- REA2 und REA6 unterschätzen Strahlung unter wolkenfreien Bedingungen

# Histogramm verschiedener Jahreszeiten



*Anzahlverteilung von Beobachtungen und REA6 als Funktion von Globalstrahlungsklassen.*

- Mittelwerte 12-13 UTC
  - Jahre 2003, 2008, 2013
- 
- REA2 und REA6 unterschätzen die optische Dicke der Wolken
  - Entwicklung eines "einfachen" Postprocessings

## Zwischenergebnisse

→ REA gibt jährliche verfügbare Strahlung gut wieder (Bias:  $11,62 \text{ Wm}^{-2}$  )

→ REA ...

- unterschätzt Strahlung im unbewölkten Fall um  $15 \text{ Wm}^{-2}$  aufgrund zu hoher Aerosolgehalte
- überschätzt Strahlung im bewölkten Falle, aber Vorsicht da
  - Zu viele bewölkte Fälle
  - Viele Fälle mit optisch sehr dünnen Wolken

→ **Kompensationseffekte**

Frage: Sind die simulierten Wolken zur richtigen Zeit am richtigen Ort?

## Skalenrepräsentativität und Mehrwert REA6/2

→ Skalenabhängige qualitative Untersuchung wie gut die beobachtete Variabilität von Reanalysen reproduziert wird.

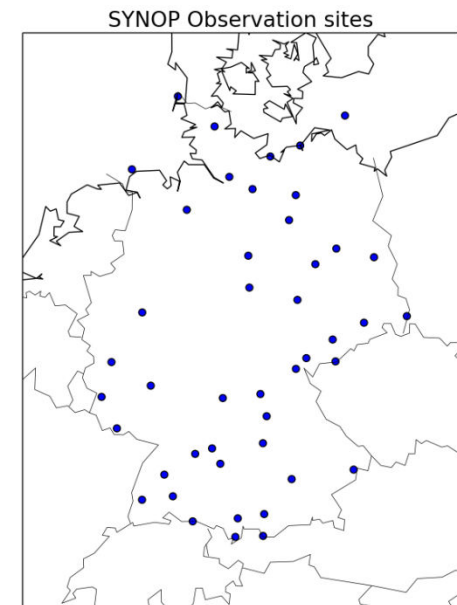
→ Schätzung nach Cannon et al. (2014)

- Berechne Differenz der Größe  $Q$  zwischen zwei Orten  $i$  und  $j$

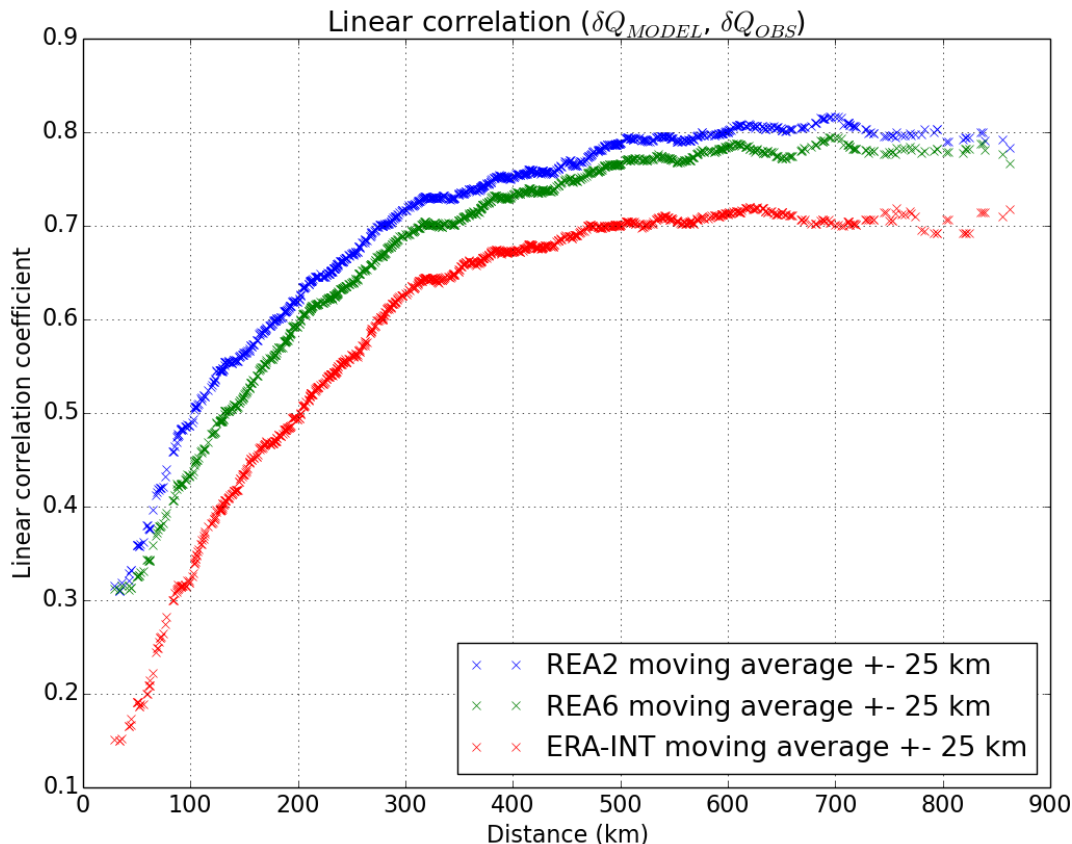
$$\delta Q_{obs} = Q_{obs,i} - Q_{obs,j} \quad \text{with } Q = (Q_{t1}, \dots, Q_{tn})^T$$

$$\delta Q_{rea} = Q_{rea,i} - Q_{rea,j}$$

- Berechne Korrelation:  $r(\delta Q_{rea}, \delta Q_{obs})$
- Berechne die Korrelation für jede Ort-zu-Ort Kombination
- Stelle die Korrelation als Funktion der Ort-zu-Ort Abstände da



# Skalenrepräsentativität



*Lineare Korrelation der beobachteten Strahlungsdifferenz und der simulierten Strahlungsdifferenz als Funktion des Abstandes zweier Stationen. Die Beobachtungen sind Mittelwerte über 3 Stunden. Datengrundlage 2013*

➤ Ansteigende Repräsentativität von ERA-INTERIM zu REA6 zu REA2

# Schätzung der Windenergie

- Schätze gelieferte Leistung einer Turbine an jedem Gitterpunkt
- Berechnung mittels Leistungskurve

$$P = 0.5 c_p \rho \pi R^2 v^3$$

$c_p$ : Leistungskoeffizient

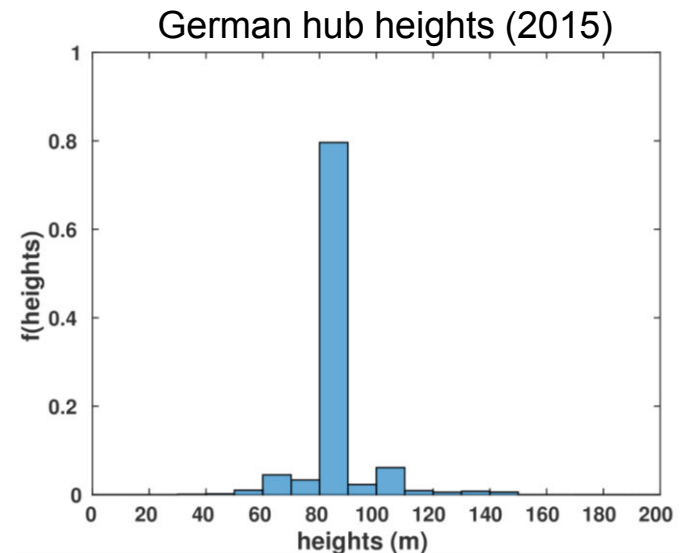
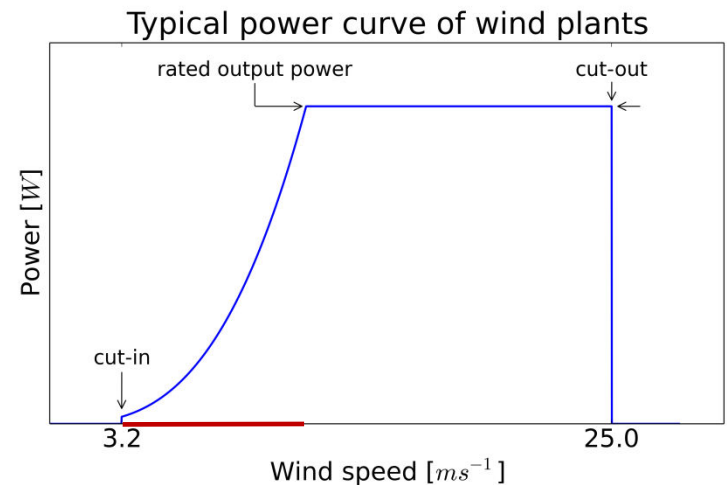
$\rho$ : Luftdichte

$R$ : Rotorblatt Radius

$v$ : Windgeschwindigkeit auf Turbinenhöhe

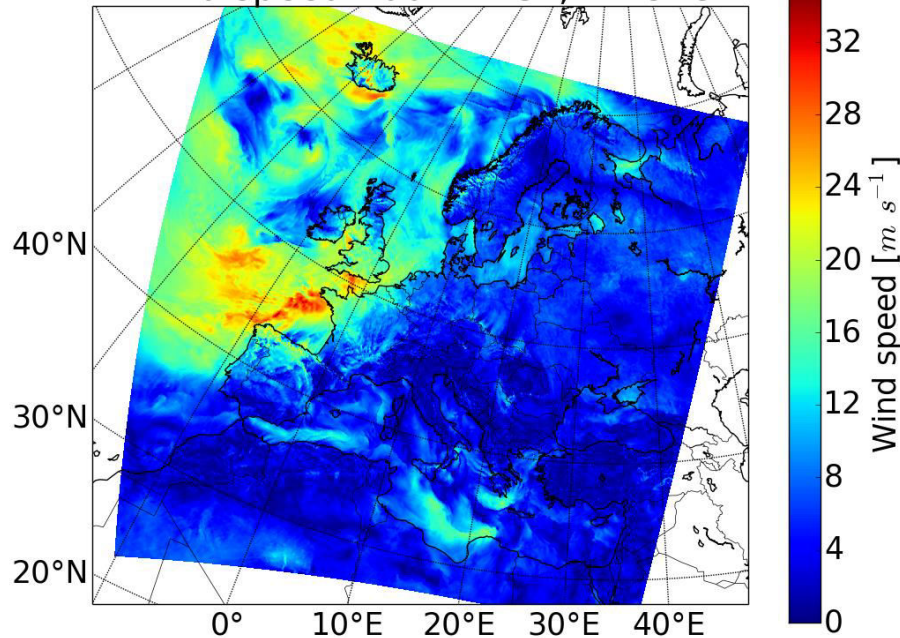
- Für  $c_p$  und  $R$ : Deutsche Standardwerte
- Für  $\rho$  und  $v$ : Interpolationen von benachbarten Modellschichten

ewi

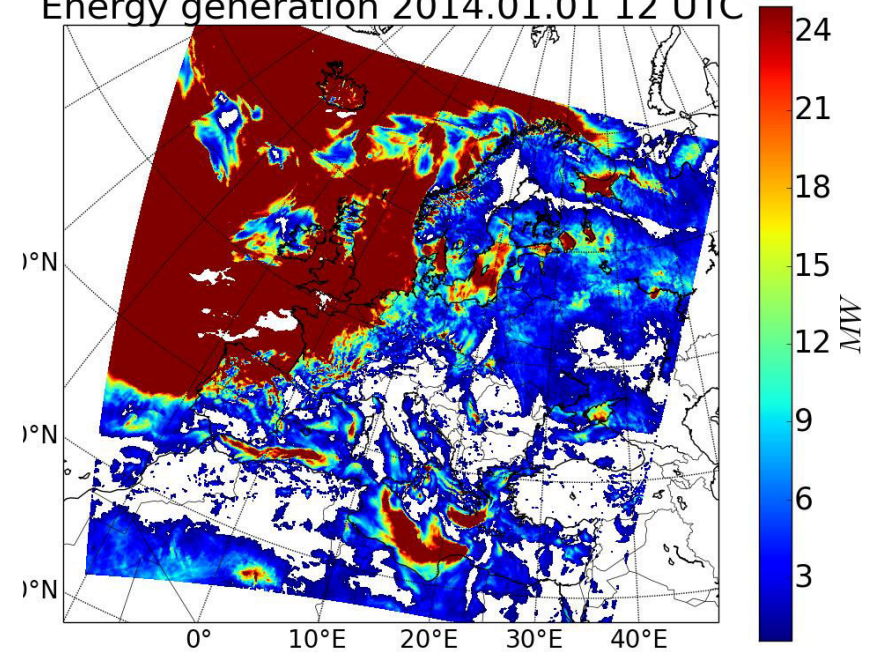


# Wind – Beispielfeld

Wind speed 100 m AGL, 12 UTC



Energy generation 2014.01.01 12 UTC



*Windgeschwindigkeit aus REA6 für den 01.01.2014 12 UTC (links) und die korrespondierende verfügbare Windenergie (rechts).*

## Fazit

- COSMO-REA liefert detaillierte Informationen (in Raum und Zeit) der Globalstrahlung
- Die verwendete Aerosol-Klimatologie in den COSMO Reanalysen führt zur Unterschätzung der clear sky Globalstrahlung, was durch eine Unterschätzung der optischen Dicke der Wolken (teils) kompensiert wird.
- Die Globalstrahlung wird in COSMO-REA besser repräsentiert als in ERA-INTERIM

## Ausblick

- Postprocessing der Globalstrahlung
- Analyse der kombinierten Wind- **und** Solarenergie Extremereignisse



# Nutzung regionaler Reanalysen im Anwendungsbereich regenerativer Energien

**Christopher Frank**<sup>1,2</sup>, Jan Keller<sup>1,4</sup>, Christian Ohlwein<sup>1,3</sup>, Susanne Crewell<sup>2</sup>, Petra Friederichs<sup>3</sup>, Andreas Hense<sup>3</sup>, Ulrich Löhnert<sup>2</sup>, Sabrina Wahl<sup>1,3</sup>, Sandra Steinke<sup>1,2</sup>, Clarissa Figura<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Hans-Ertel-Centre for Weather Research – Climate Monitoring Branch

<sup>2</sup> Institute for Geophysics and Meteorology, University Cologne

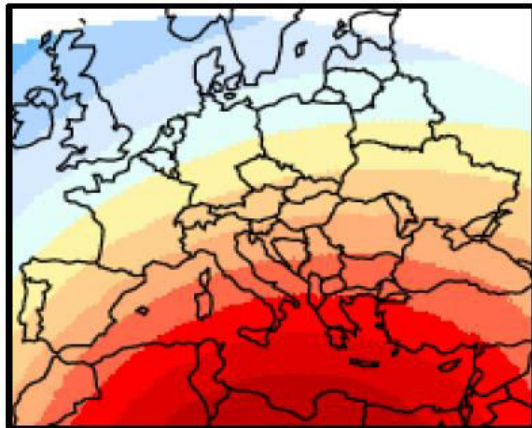
<sup>3</sup> Meteorological Institute, University of Bonn

<sup>4</sup> Deutscher Wetterdienst DWD

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

# Anhang: Tanré Klimatologie

## Tanré, 1984 (operational)



Source: Helmert et al. (2007)

AOT 500nm in between the years 2003 and 2014

