

Nutzung regionaler Reanalysen im Anwendungsbereich regenerativer Energien

Christopher Frank^{1,2}, Jan Keller^{1,4}, Christian Ohlwein^{1,3}, Susanne Crewell², Petra Friederichs³, Andreas Hense³, Ulrich Löhnert², Sabrina Wahl^{1,3}, Sandra Steinke^{1,2}, Clarissa Figura^{1,3}

¹ Hans-Ertel-Centre for Weather Research – Climate Monitoring Branch

² Institute for Geophysics and Meteorology, University Cologne

³ Meteorological Institute, University of Bonn

⁴ Deutscher Wetterdienst DWD

Ziele

1. Entwicklung eines Leistungsdatensatzes für Wind und Solar

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

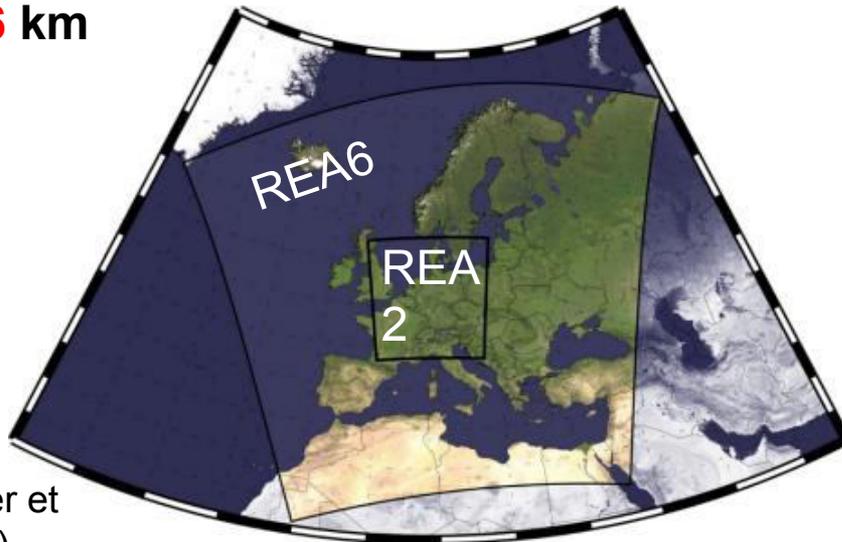
2. Quantifizierung der COSMO-REA Repräsentativität

- 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)

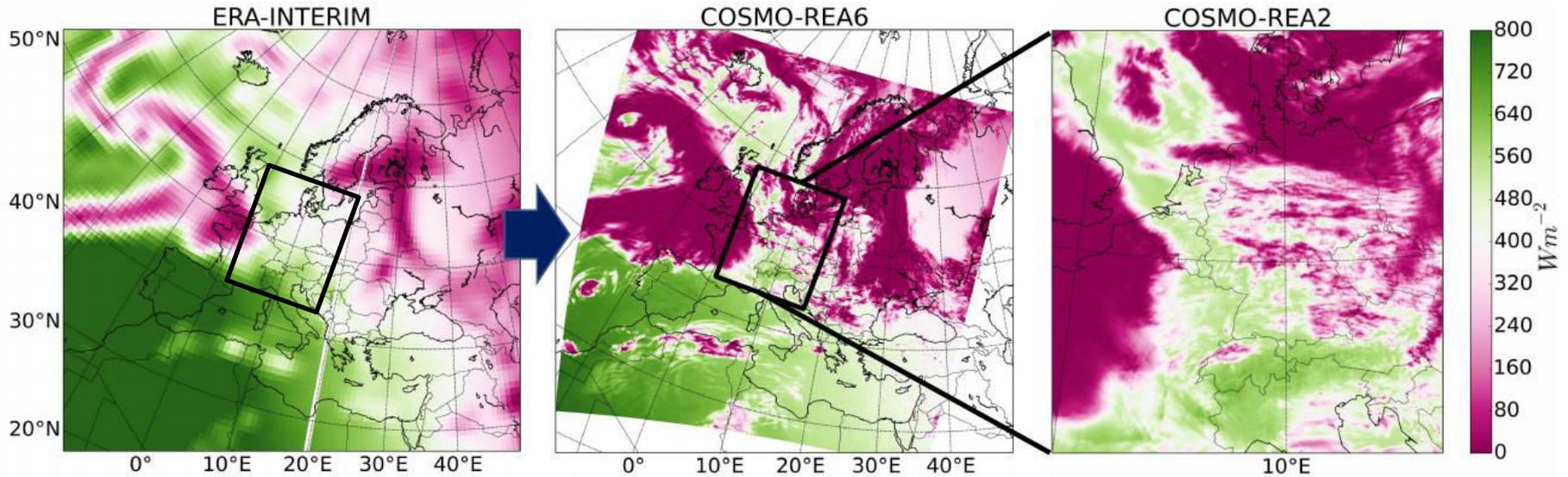
COSMO-REA2

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

REA2 Add-ons

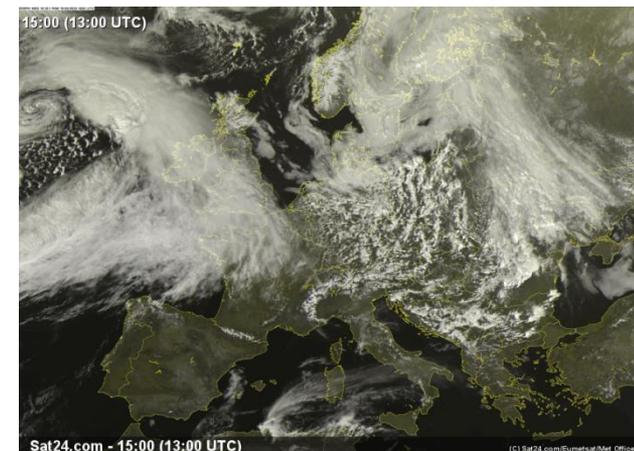
- Konvektions – erlaubend
- Zusätzliches Nudging von
Wetterradar Beobachtungen

Modellkette



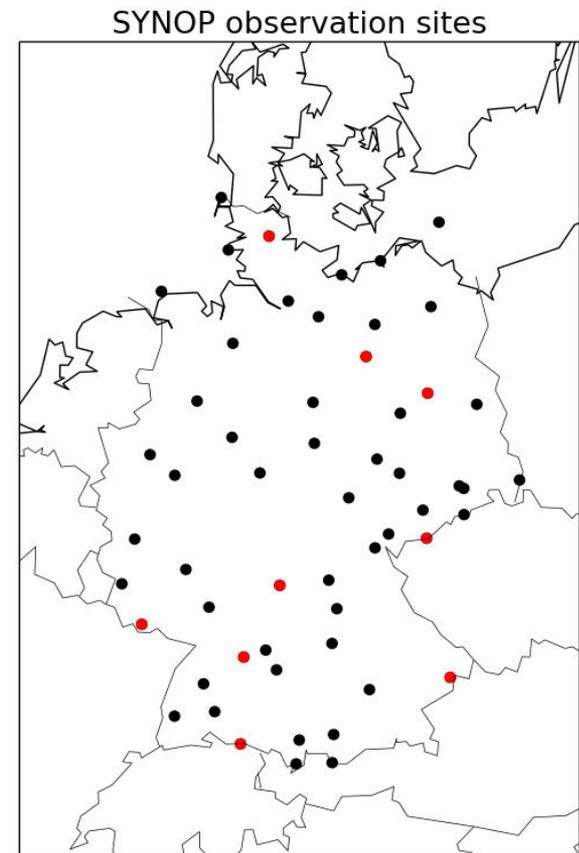
Direkte Sonneneinstrahlung (13.04.2013) an der Oberfläche

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



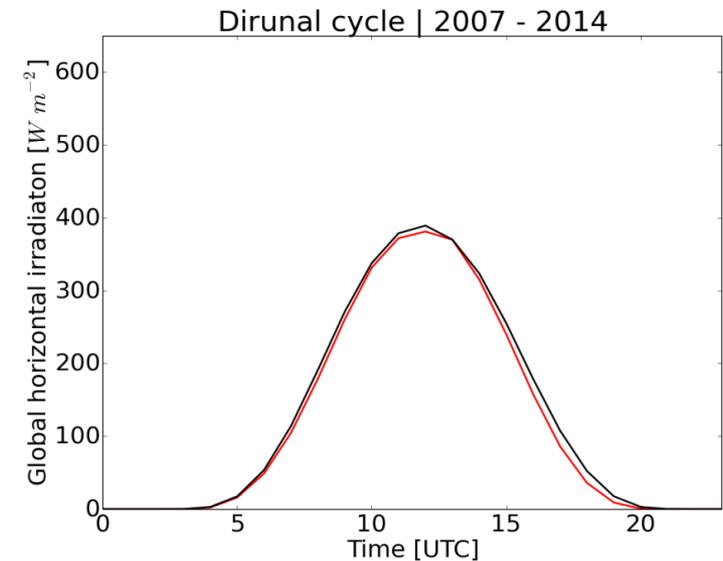
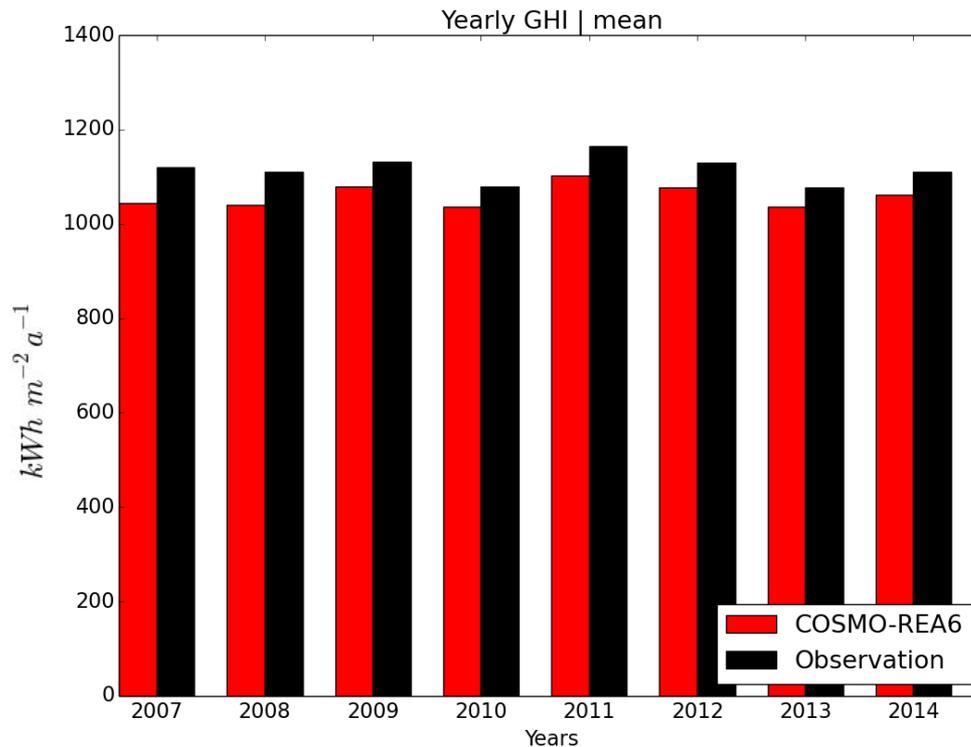
Beobachtungen der Globalstrahlung

- 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/



*Beobachtungsorte der
Globalstrahlung.*

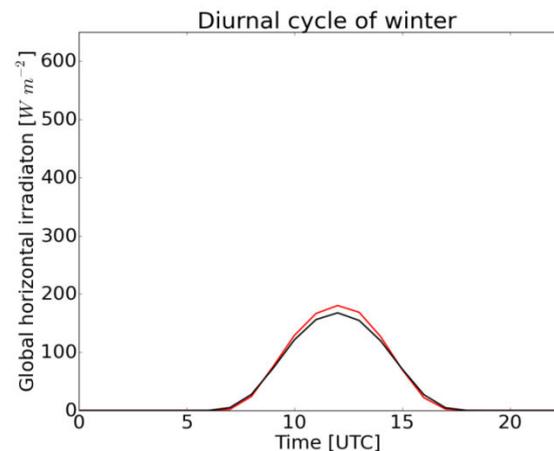
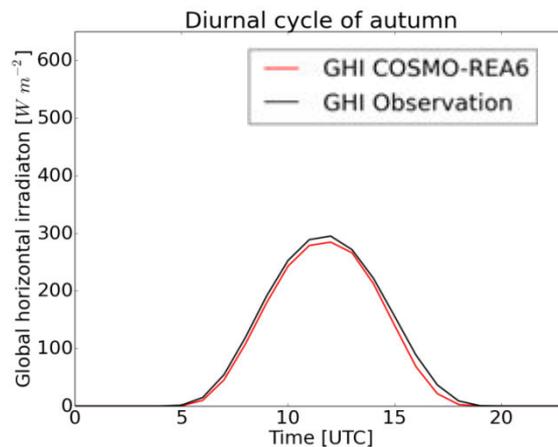
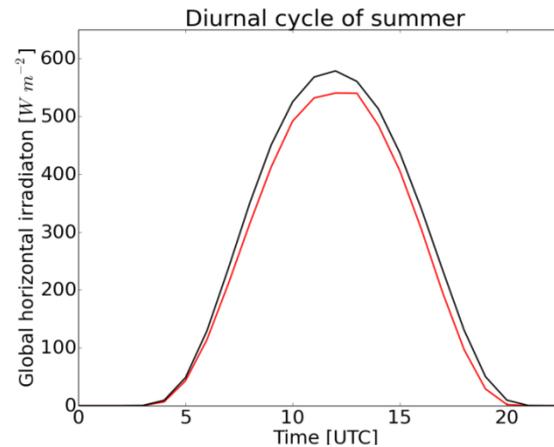
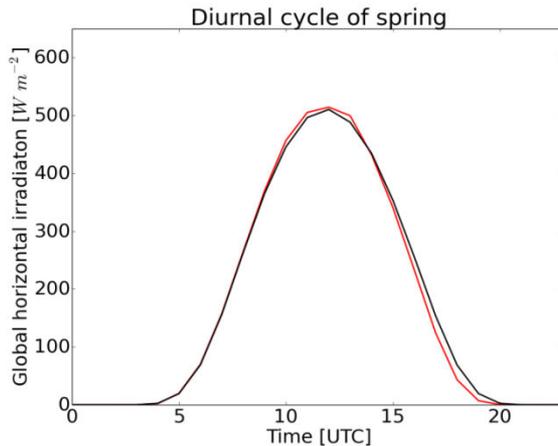
Jahressummen und Tagesgang der Globalstrahlung



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

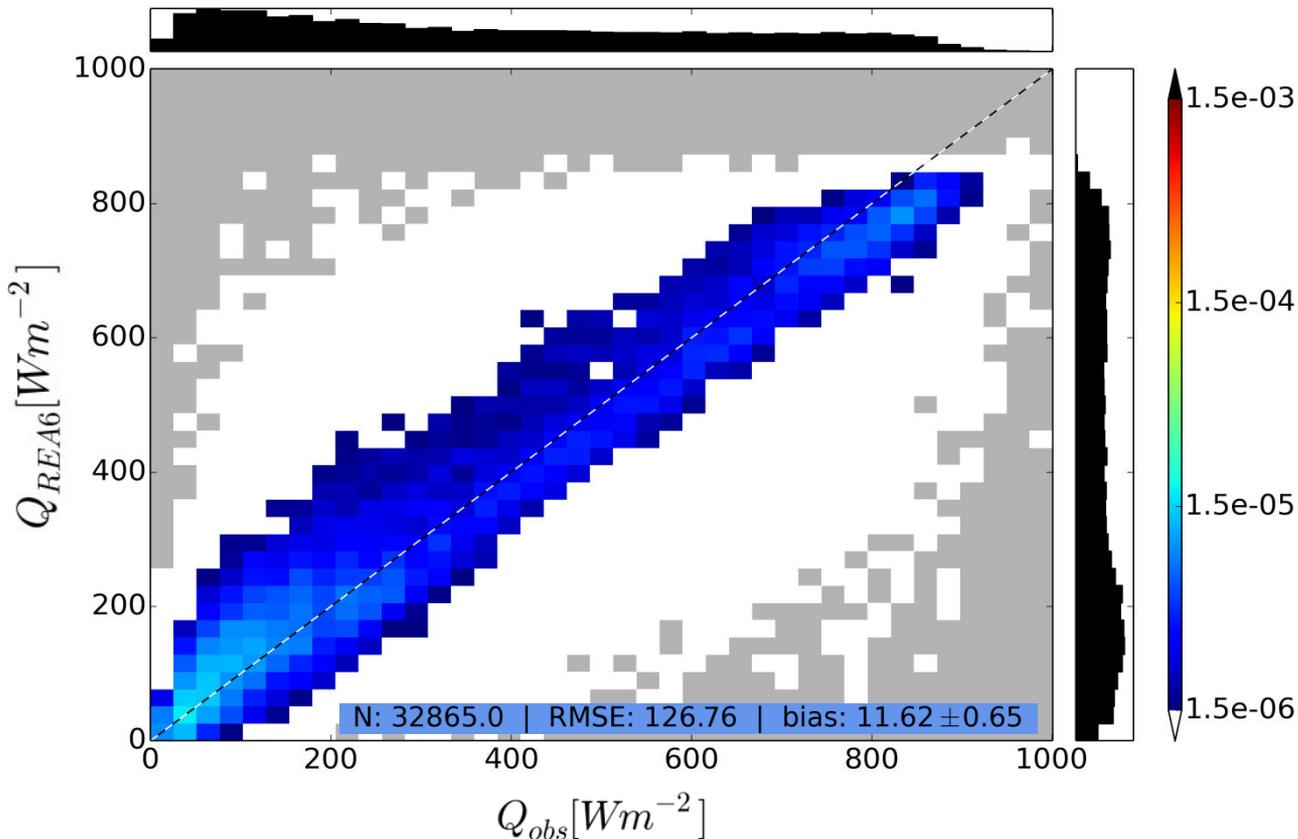
Tagesgang der Globalstrahlung



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

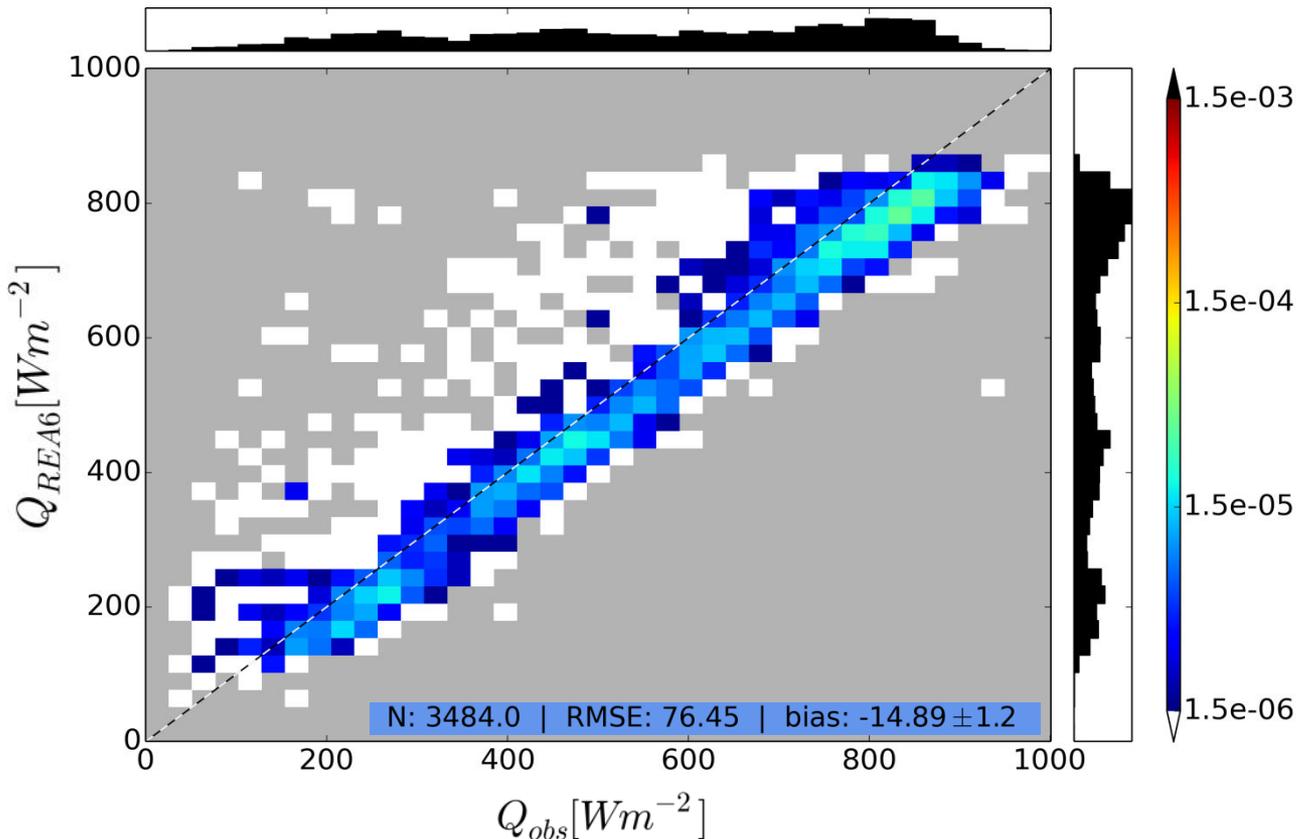


- Mittelwerte
12-13 UTC
- Jahre: 2003,
2008, 2013
- Alle
Beobachtungen

➤ REA2 und REA6 unterschätzen hohe Strahlungswerte

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

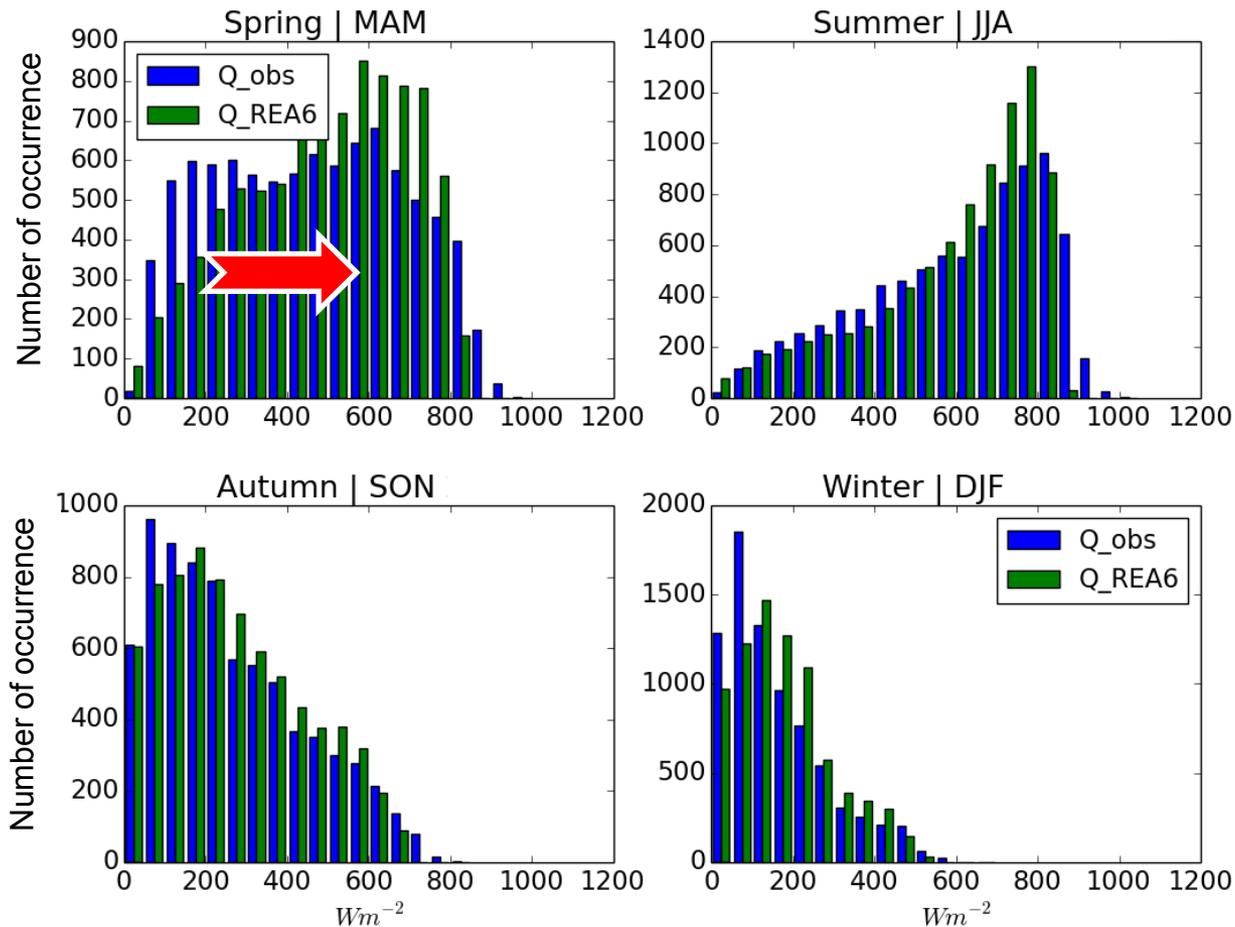
Vergleich der Globalstrahlung Mittags



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 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.

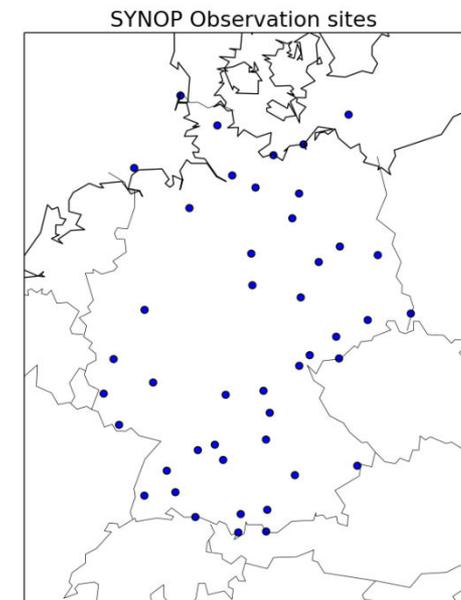
→ Schätzung nach Cannon et al. (2014)

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

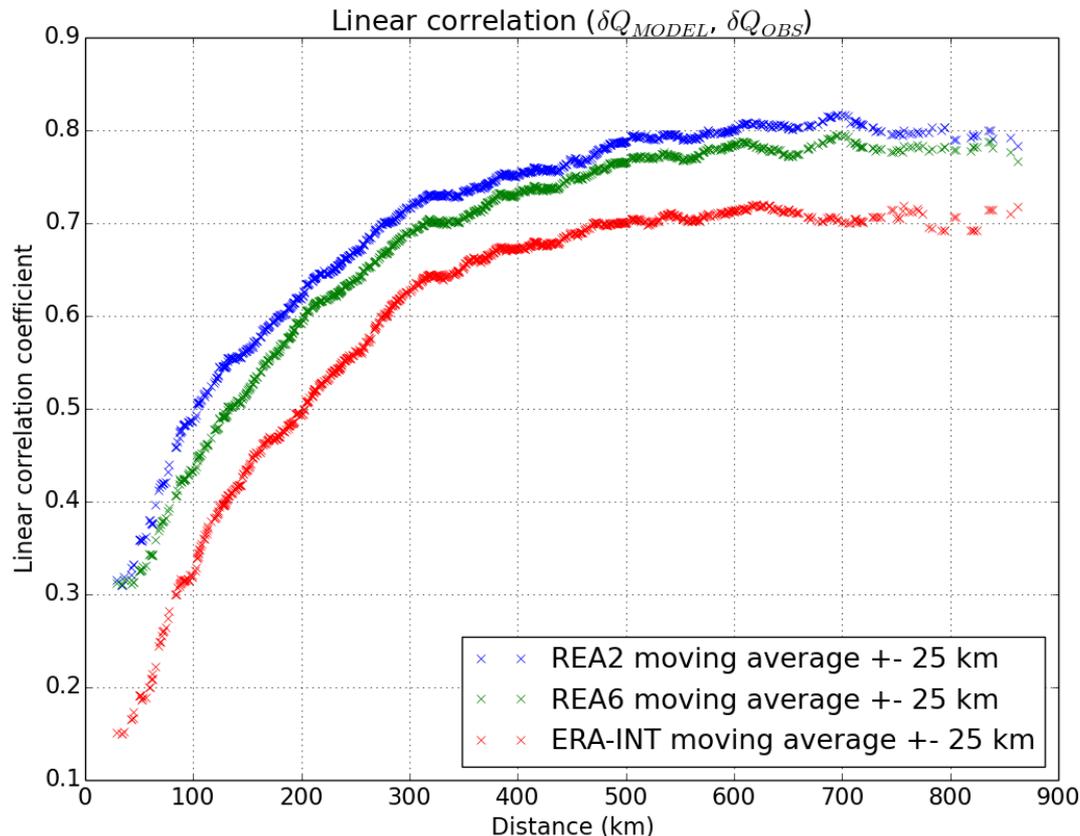
$$\delta Q_{obs} = Q_{obs,i} - Q_{obs,j} \quad \text{with } Q = (Q_{t1}, \dots, Q_{tn})^T$$

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

- 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

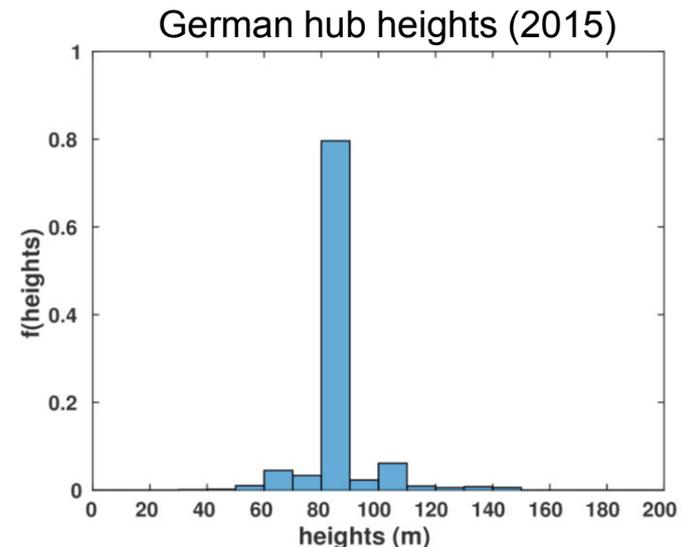
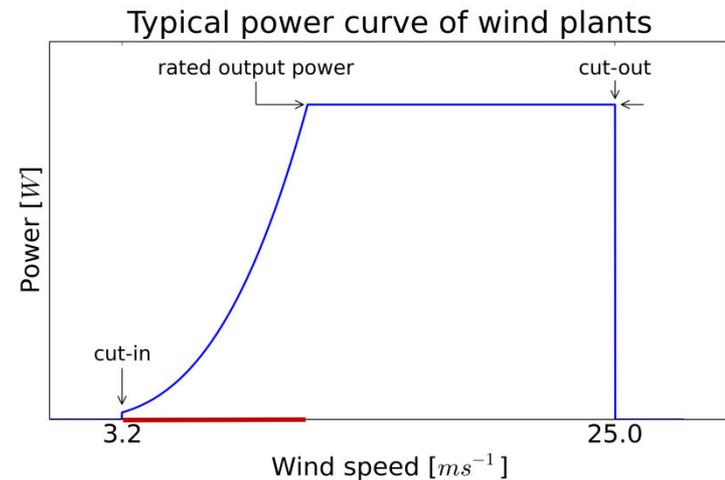
ρ : Luftdichte

R : Rotorblatt Radius

v : Windgeschwindigkeit auf Turbinenhöhe

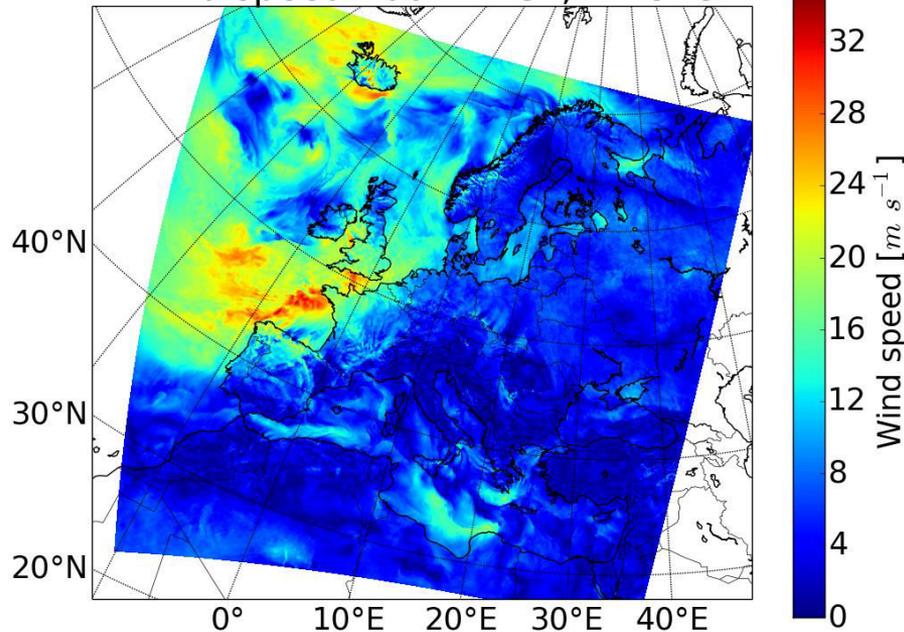
- Für c_p und R : Deutsche Standardwerte
- Für ρ und v : Interpolationen von benachbarten Modellschichten

ewi

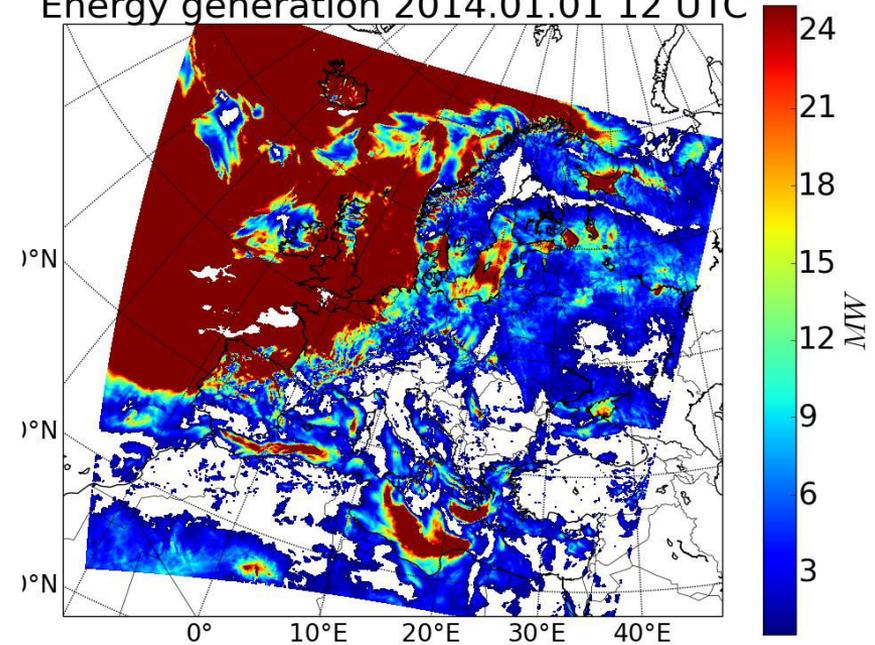


Wind – Beispielfeld

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^{1,2}, Jan Keller^{1,4}, Christian Ohlwein^{1,3}, Susanne Crewell², Petra Friederichs³, Andreas Hense³, Ulrich Löhnert², Sabrina Wahl^{1,3}, Sandra Steinke^{1,2}, Clarissa Figura^{1,3}

¹ Hans-Ertel-Centre for Weather Research – Climate Monitoring Branch

² Institute for Geophysics and Meteorology, University Cologne

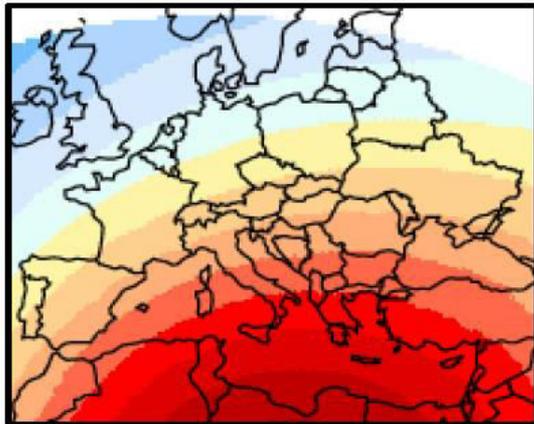
³ Meteorological Institute, University of Bonn

⁴ 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

