



## **Die Kombination zweier meteorologischer Reanalysen als Grundlage des Site Assessments**

**David Brandt, Achim Strunk  
EWC Weather Consult GmbH**

Vierte Fachtagung Energiemeteorologie  
21. April 2016

These:

## Reanalyse-Ensembles verbessern die Qualität von Windpotenzialanalysen!

Inhalt:

- Windpotenzialanalyse und MCP
- Reanalysen in der Windpotenzialanalyse
- Vorstellung von zwei Reanalysen
- Vergleich der zwei Reanalysen
- Kombination der Reanalysen
- Bewertung der Reanalysekombination
- Zusammenfassung und Ausblick

## Windpotenzialanalyse (WiPo):

3

- Ermittlung des kinetischen Energiegehalts des Windes an einem Standort
- Bewertung der Wirtschaftlichkeit von potenziellen Windenergieanlagen
- Gesucht ist der langfristige Ertrag -> „Windklima“
- Annahme: längere Historie -> niedrigerer Schätzfehler
- Optimal: Historie > 30 Jahre

## Measure, Correlate, Predict (MCP):

- Messung der Windgeschwindigkeit vor Ort, i.d.R. 1 Jahr
- Zusätzlich: Langzeitreferenzzeitreihe in der Nähe
- Ermittlung einer Übertragungsfunktion, Langzeitreferenz → Messreihe
- Berechnung einer virtuellen Langzeitmessung
- Systematische Fehler werden korrigiert
- Trends in Langzeitreferenz sind problematisch

"Reanalyses combine [weather] model fields with observations distributed irregularly in space and time into a spatially **complete gridded meteorological dataset**, with an **unchanging model** and analysis system spanning the **historical data record**."

M. Rienecker

## Pro:

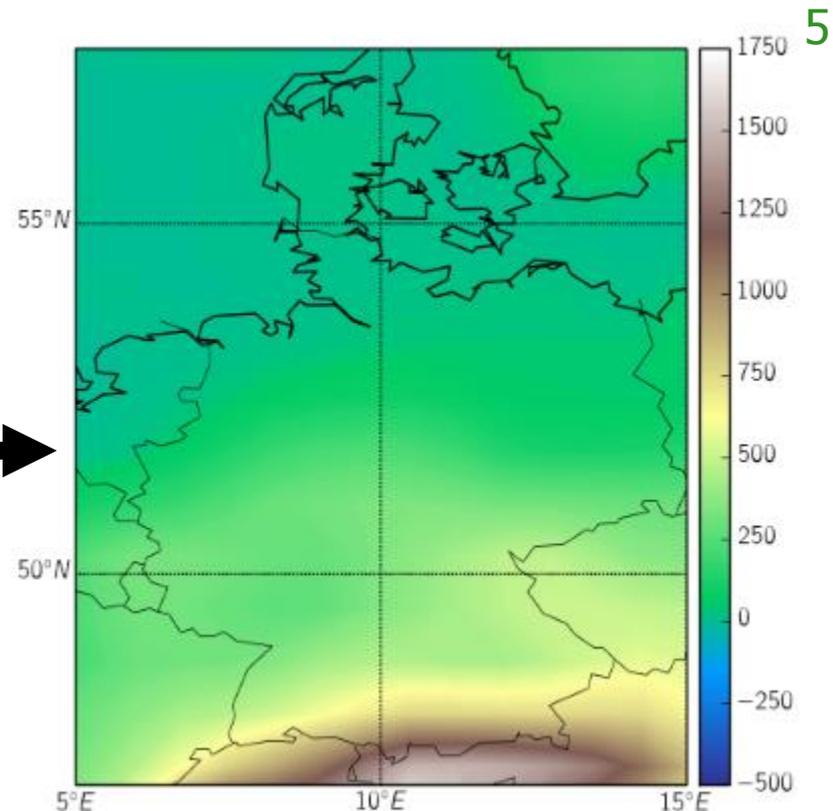
- Global verfügbar
- Historie > 30 Jahre
- Beste historische Schätzung des Zustands der Atmosphäre

## Repräsentation der Orographie:

- Orographie nur auf Maschenweite
- „Sub-grid“ Orographie wird parametrisch berücksichtigt

## Contra:

- Keine unabhängigen Vergleichswerte  
→ Güte der Windgeschwindigkeiten in der Grenzschicht unbekannt
- Die Wahl der „richtigen“ Reanalyse



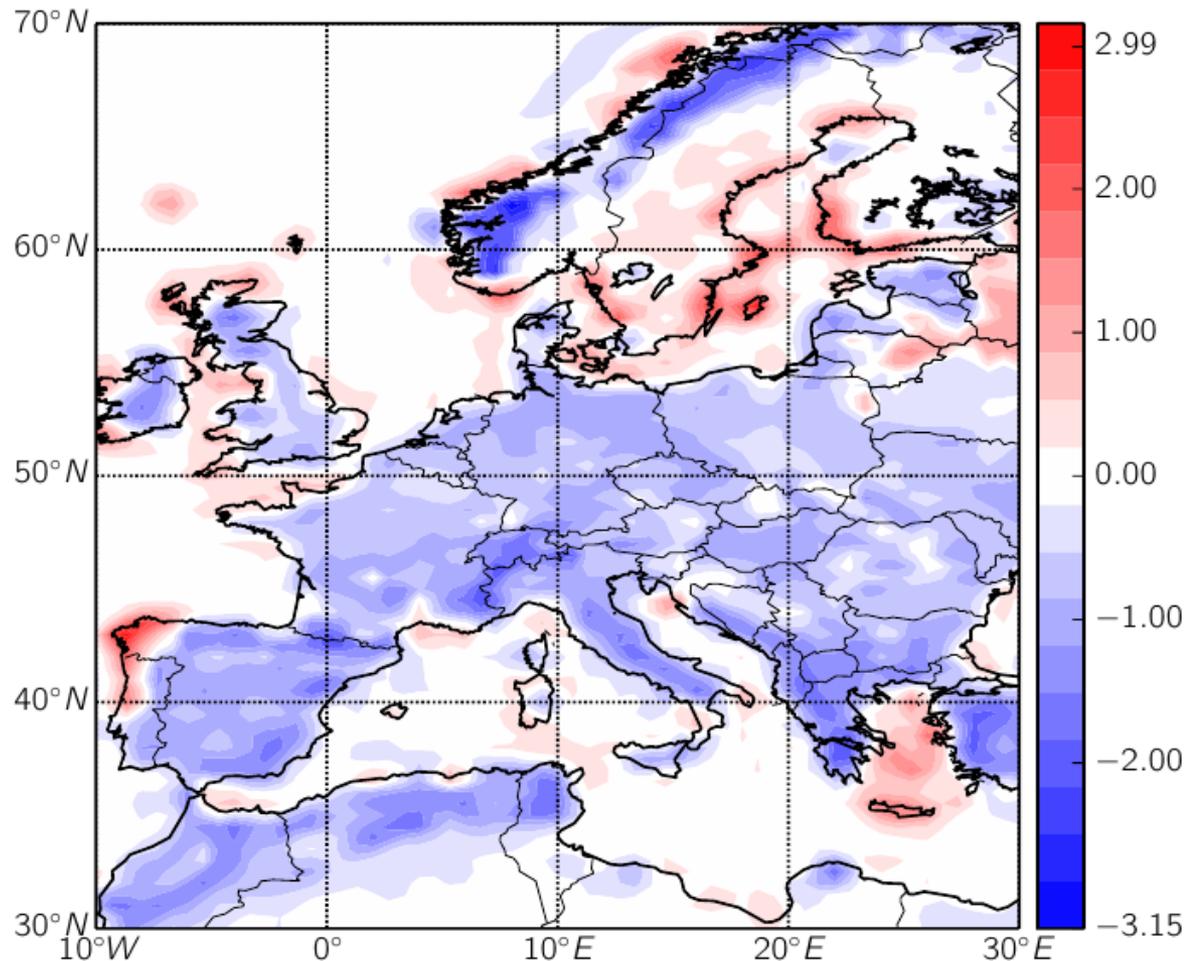
Orographie Deutschlands in ERA-Interim [m ü.N.N.]

→ Bewertung von Reanalysen schwierig, aber Vergleich möglich

Name:	Modern Era Retrospective Analysis for Research and Applications (MERRA)	ECMWF Interim Reanalysis (ERA-Interim)
Entwickler:	National Aeronautics and Space Administration (NASA)	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)
Zeitspanne:	1979 – heute (Verzögerung: ca. 4 Wochen)	1979 – heute (Verzögerung: ca. 3 Monate)
Auflösung:	2/3° longitude * 1/2° latitude	N128 → ~79 km
Zeitliche Auflösung:	1 / 3 / 6 h	3 / 6 h
Höhenlevel 1h:	2, 10, 50, ~60 m	---
Höhenlevel 6h:	~60, ~180, ~300, ..., ~6e4 m	~10, ~30, ~60, ~100, ~160, ..., ~6e4 m
Variablen:	u, v, u*, T, q, p, p <sub>s</sub> , O <sub>3</sub> , ...	d, vo, T, q, p, p <sub>s</sub> , O <sub>3</sub> , ...

Mittlere Abweichung abs. Windgeschwindigkeit auf 50m ü.G. [m/s]

7



Systematische  
Abweichung!

## Normalisierung der Jahresmittel

8

$$P_a = \frac{\overline{M_a} - \overline{M_{35a}}}{\overline{M_{35a}}}$$

$\overline{P_a}$  : Relative Windgeschwindigkeit

$\overline{M_a}$  : Jahresmittel der absoluten Windgeschwindigkeit

$\overline{M_{35a}}$  : 35 Jahresmittel der absoluten Windgeschwindigkeit

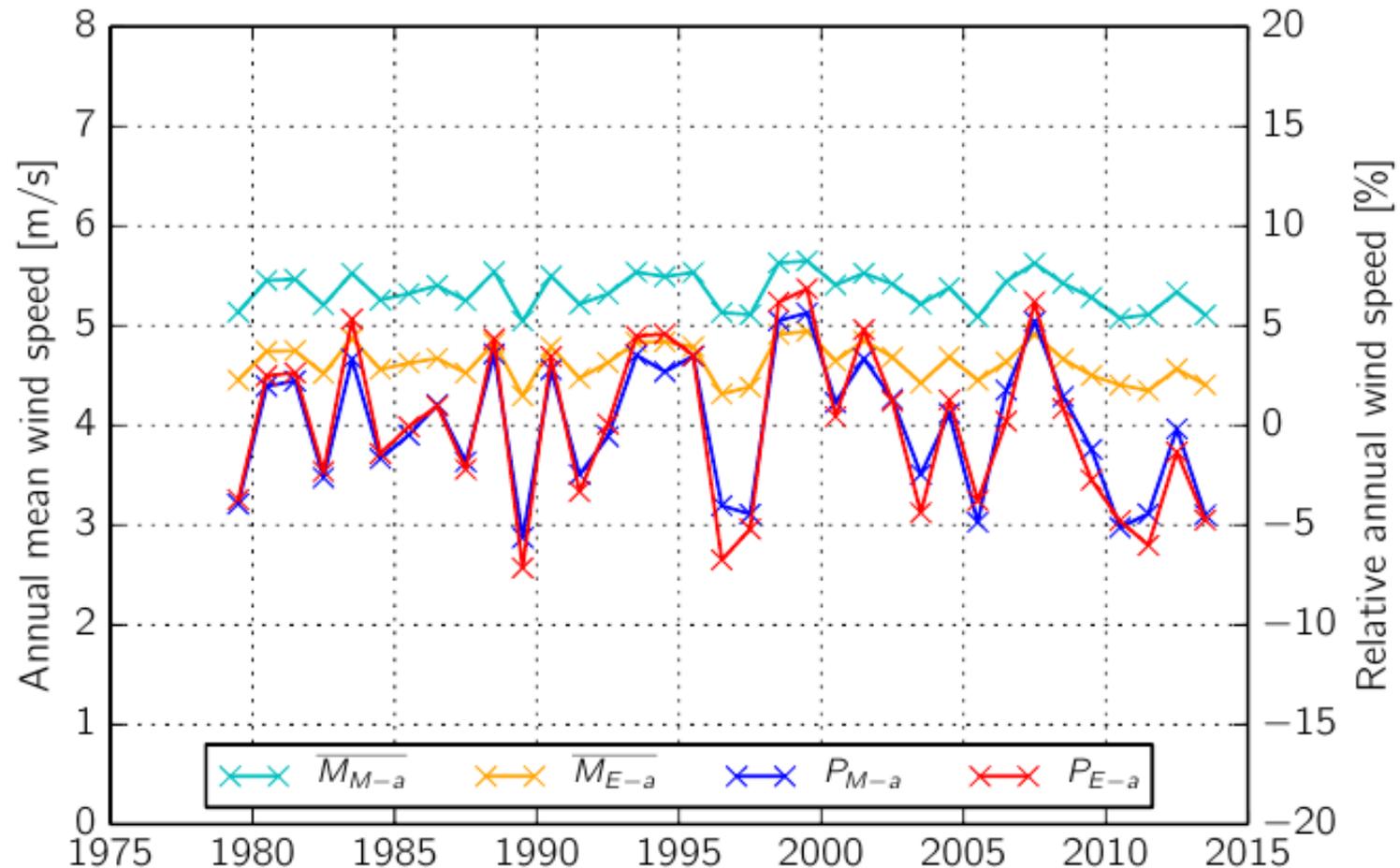
## Suche nach potenziellen Trends:

- Vergleich der  $\overline{P_a}$  Zeitreihen von MERRA und ERA-Interim:
  - Hohe Ähnlichkeit der Zeitreihen:
    - Keine Aussage über die Richtigkeit der Entwicklung
  - Niedrige Ähnlichkeit der Zeitreihen:
    - Mind. eine Langzeitenentwicklung muss falsch sein.

# Langzeitstabilität: Beispiel 1

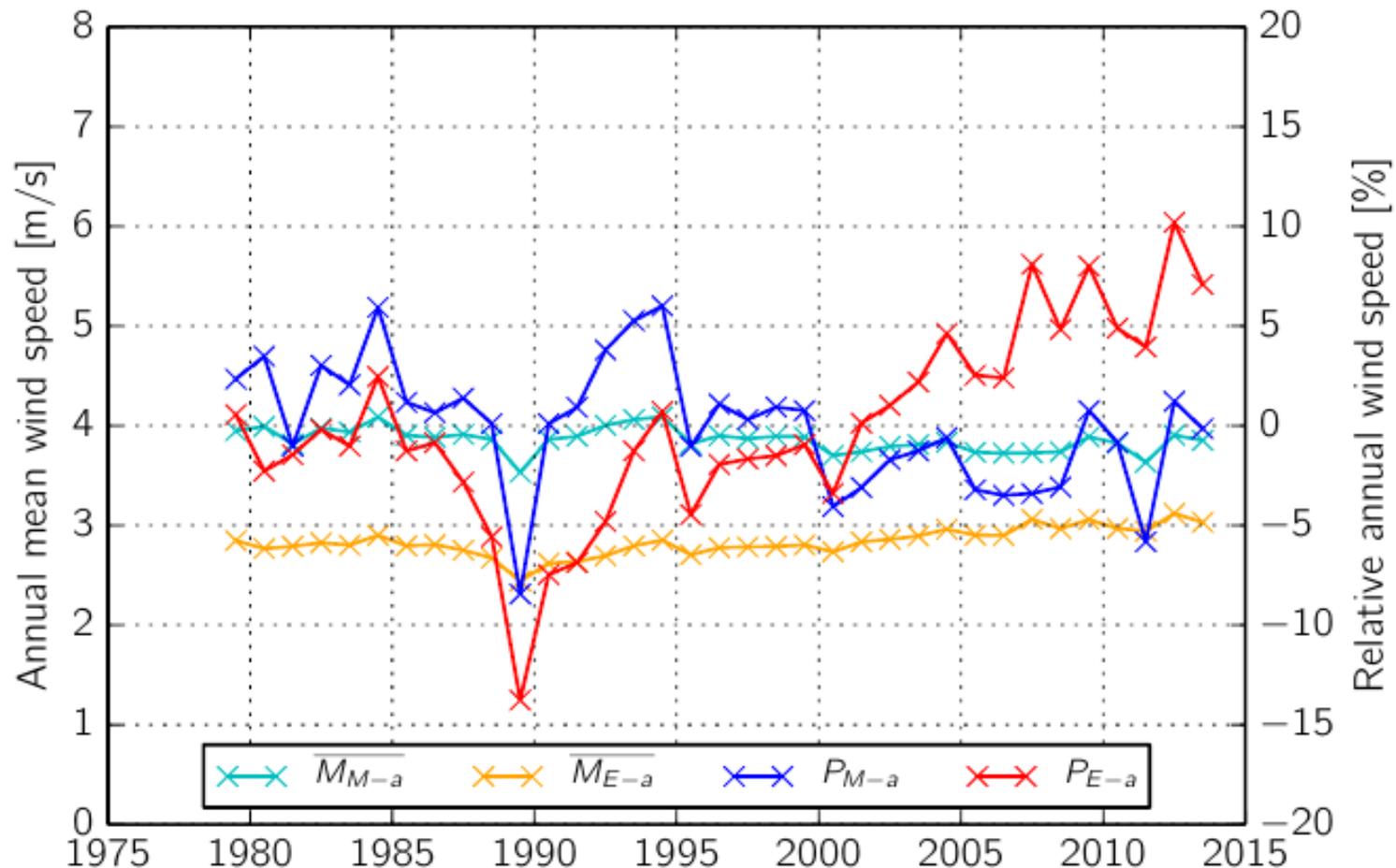
Unauffällige Langzeitentwicklung an einem Punkt in Süddeutschland

9



# Langzeitstabilität: Beispiel 2

Auffällige Langzeitentwicklung mit potenziellen falschen Trends an einem Punkt in Norditalien 10



## Basis Kombinationsalgorithmus

11

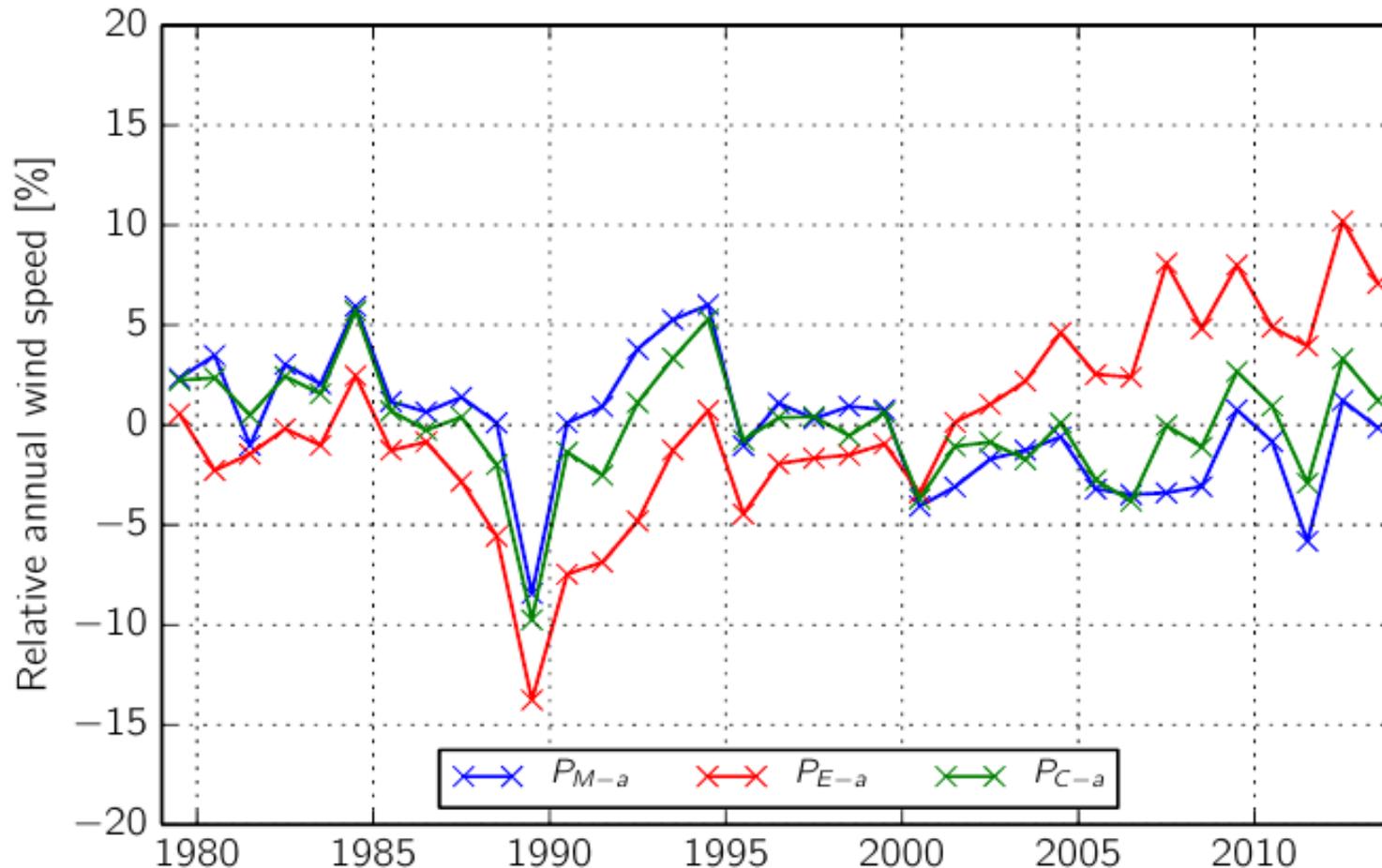
- Vergleich der Reanalysedaten: (teilweise gezeigt)
  - Mittlere Abweichungen
  - Potenzielle Trends
- Wissenschaftlichen Publikationen zu: (nicht gezeigt)
  - Windgeschwindigkeiten in ERA-Interim/MERRA
  - Langzeitstabilität von ERA-Interim/MERRA
- Vergleich der Renalysesysteme: (nicht gezeigt)
  - Verwendete Datenquellen
  - „Data-Assimilation“ Systeme
  - Bias Korrektur

## Der Ansatz:

- Die Extraktion des Tagesgangs aus MERRA
- Die Mittelungen der Langzeitentwicklung von beiden Reanalysen
- Die Korrektur der mittleren Windgeschwindigkeiten auf ERA-Interim Niveau

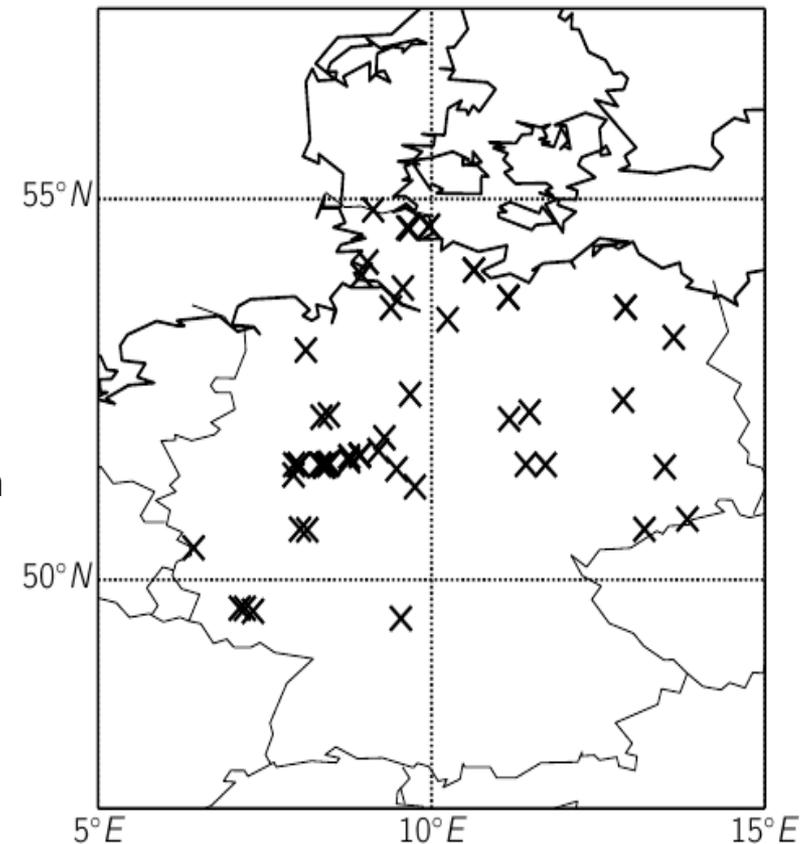
Potenziell stabilere Langzeitentwicklung des kombinierten Reanalysedatensatzes (grün) an einem Punkt in Norditalien

12



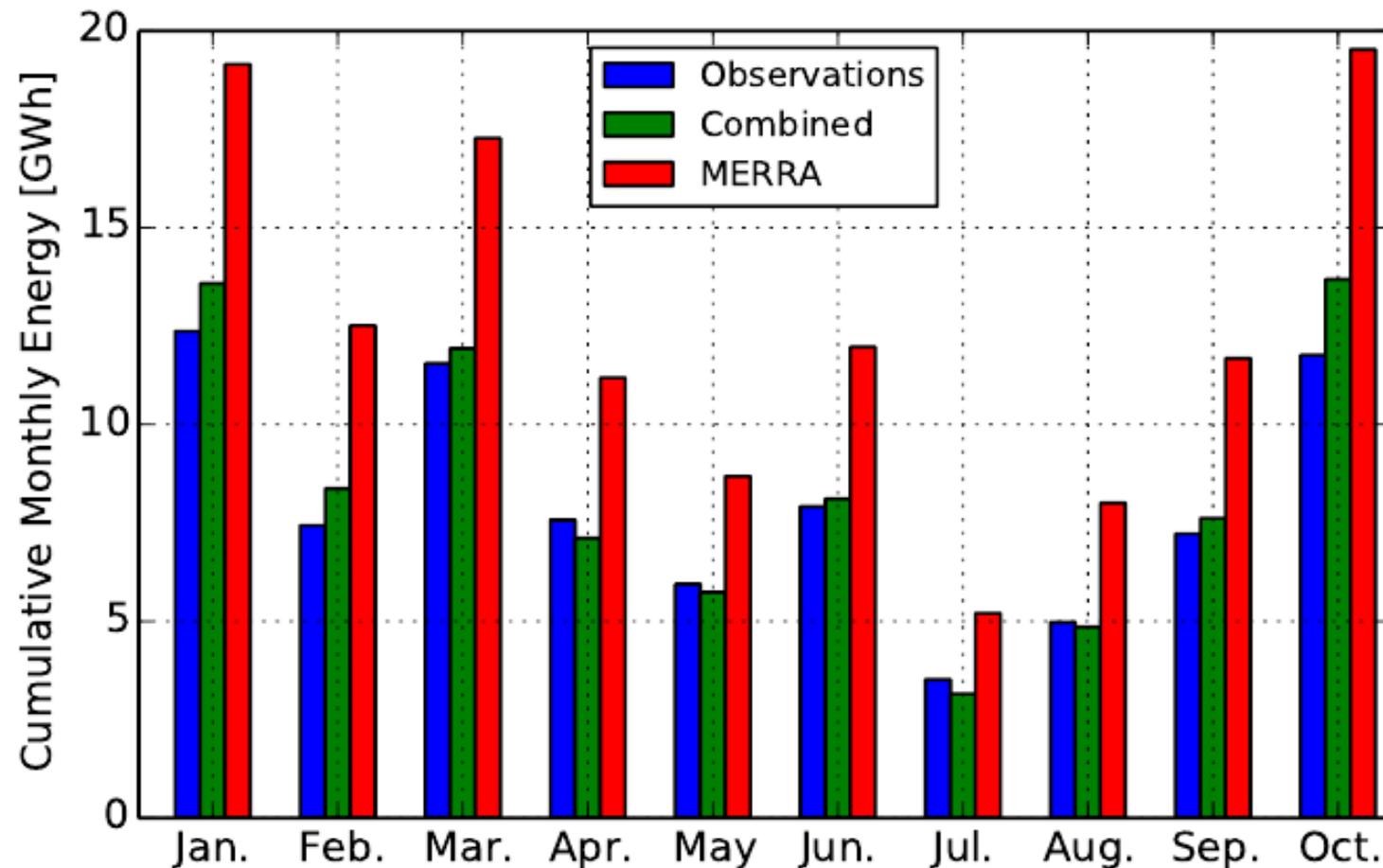
## Validation anhand historischer Einspeisedaten von:

- 60 Windparks
- Nabenhöhe: 40 – 60 m
- Durchschnittliche Nabenhöhe : 52 m
- Nominal Power: 256 MW



## Vergleich der gemessenen mit simulierten Einspeisedaten 2013

14



Typische Verfahren der WiPo benötigen Langzeitreferenz Daten

15

Reanalysen eignen sich hervorragend als Langzeitreferenz da ...

- ... sie den kompletten Globus abdecken
- ... sie für eine Zeitspanne > 30 Jahren verfügbar sind

Mögliche Probleme bei Verwendung von Reanalysen zur WiPo sind:

- Falsche Trends der Reanalysen
- Systematische Fehler

Kombination von Reanalysen reduzieren diese Probleme

Die Kombination aus ERA-Interim und MERRA zeigt:

- Potenziell höhere Langzeitstabilität
- Höhere Genauigkeit

Weiteres Vorgehen:

- Integration von mehr Reanalysen
- Kopplung mit Meso-Scale-Modellen/Downscaling