Integrierte
Energiesysteme

UNIKASSEL
VERSITÄT

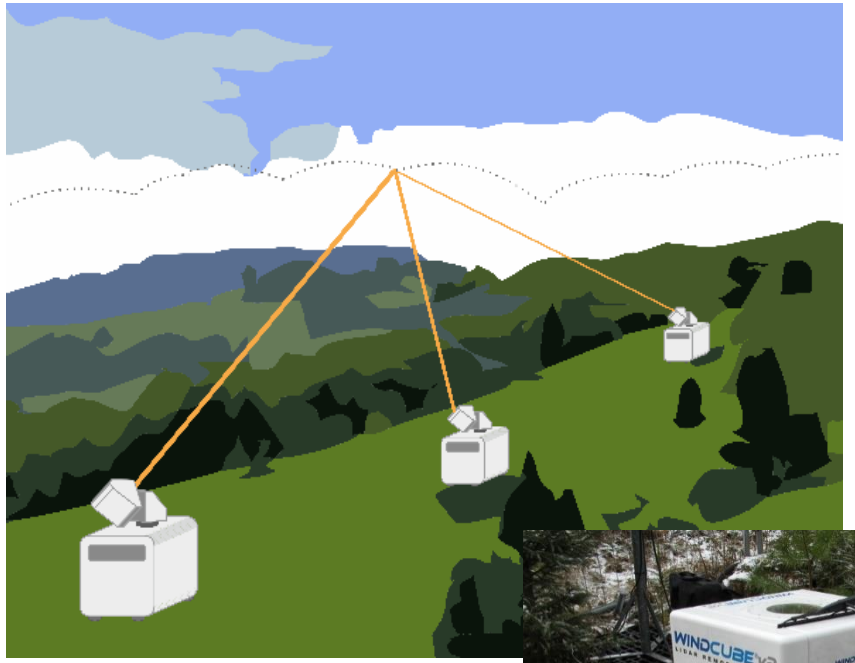
Sind Jahresmessungen noch zeitgemäß?

Herausforderungen und Lösungsansätze bei der Langzeitkorrektur kurzzeitiger Windmessungen

Alexander Basse, Dr. Anselm Grötzner, Dr. Doron Callies, Dr. Lukas Pauscher

Motivation: Messzeitverkürzung

- Großes Interesse an Verkürzung der Messdauer
- Saisonale Effekte und höhere Unsicherheiten bei Messungen < 12 Monate (systematische Fehler der Langzeitkorrektur*)
- Stetige Verbesserungen bei Reanalysedaten



© Fraunhofer IEE

* s. Basse, A.; Callies, D.; Grötzner, A.; Pauscher, L. (2021). *Seasonal effects in the long-term correction of short-term wind measurements using reanalysis data*. 10.5194/wes-2020-134.

Eine Verkürzung der Messdauer ist **ohne signifikante Erhöhung der Unsicherheit** möglich und sollte nach TR6 **nicht ausgeschlossen** werden

Eine Verkürzung der Messdauer ist **ohne signifikante Erhöhung der Unsicherheit** möglich und sollte nach TR6 **nicht ausgeschlossen** werden,

sofern gewisse Voraussetzungen erfüllt werden.

Agenda

- Datengrundlage und Methodik
- Ergebnisse
- Schlussfolgerungen und Fazit
- Ausblick

Datengrundlage

- 18 Standorte in Deutschland mit unterschiedlicher Geländekomplexität
  - 5 Mast, 11 Lidar, 2 Sodar
  - Messhöhen zwischen 100 und 140 m
  - einjährige Messungen

- 6 verschiedene Reanalysedatensätze (auf zur Messhöhe nächstgelegenen verfügbaren Höhe)
  - MERRA-2
  - ERA5
  - anemos-Merra2
  - anemos-ERA5
  - EMD-ConWx
  - EMD-WrfEurope+

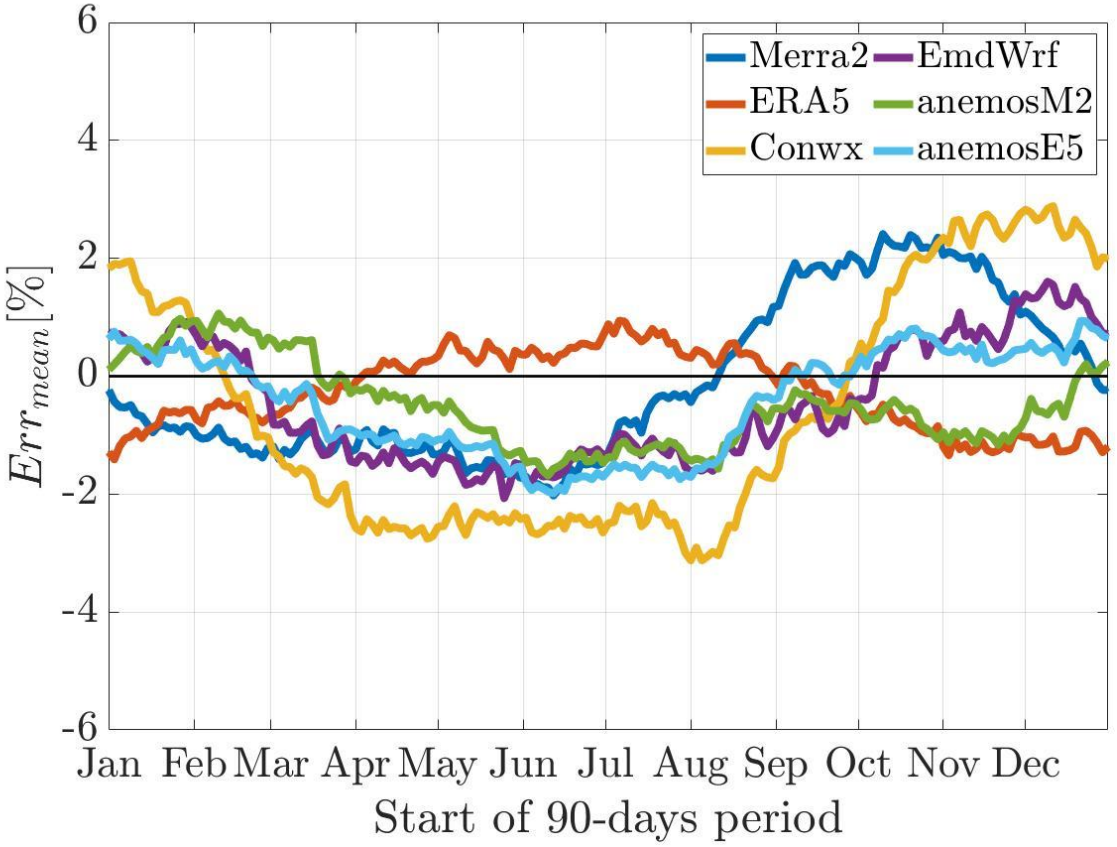
Datengrundlage

- 18 Standorte in Deutschland mit unterschiedlicher Geländekomplexität
  - 5 Mast, 11 Lidar, 2 Sodar
  - Messhöhen zwischen 100 und 140 m
  - einjährige Messungen → **Ansatz: Langzeitkorrektur von z.B. 3 Monaten auf 1 Jahr**

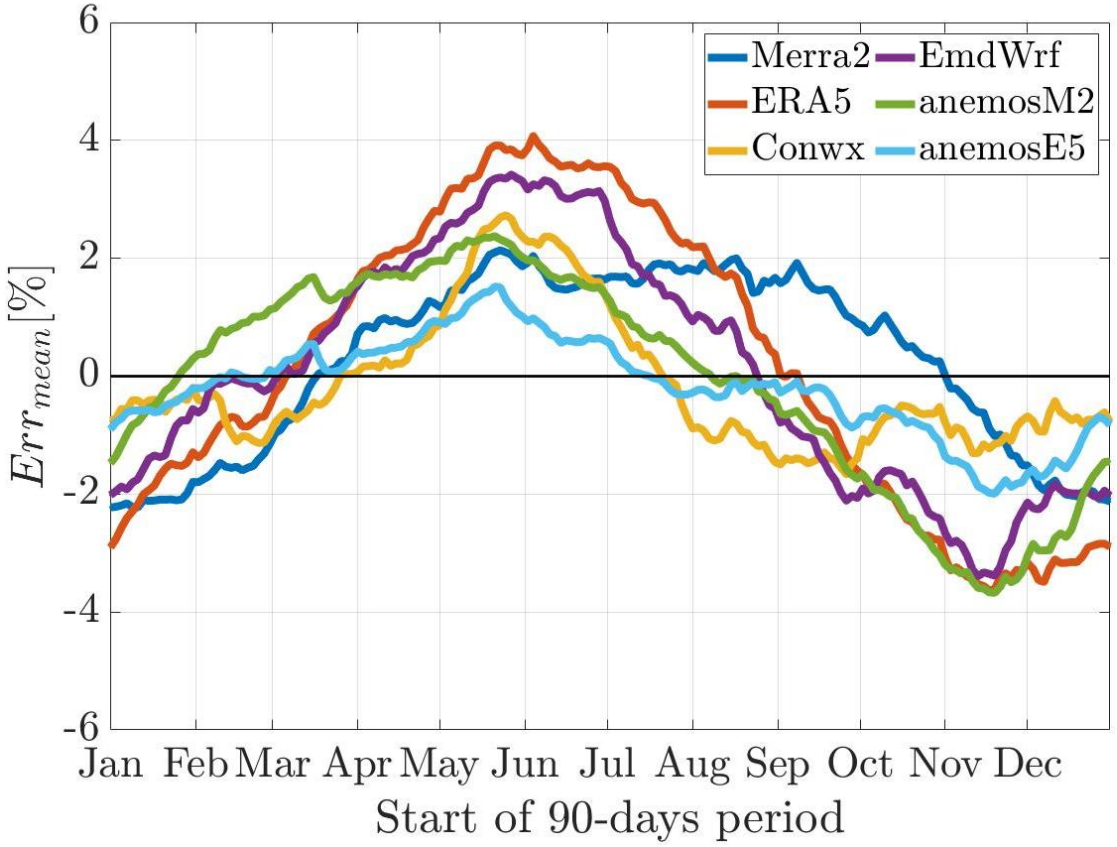
- 6 verschiedene Reanalysedatensätze (auf zur Messhöhe nächstgelegenen verfügbaren Höhe)
  - MERRA-2
  - ERA5
  - anemos-Merra2
  - anemos-ERA5
  - EMD-ConWx
  - EMD-WrfEurope+

Systematische Fehler im Mittelwert (Bias) bei dreimonatiger Messung

Regressionsmethodik:
Lineare Regression mit Residuen



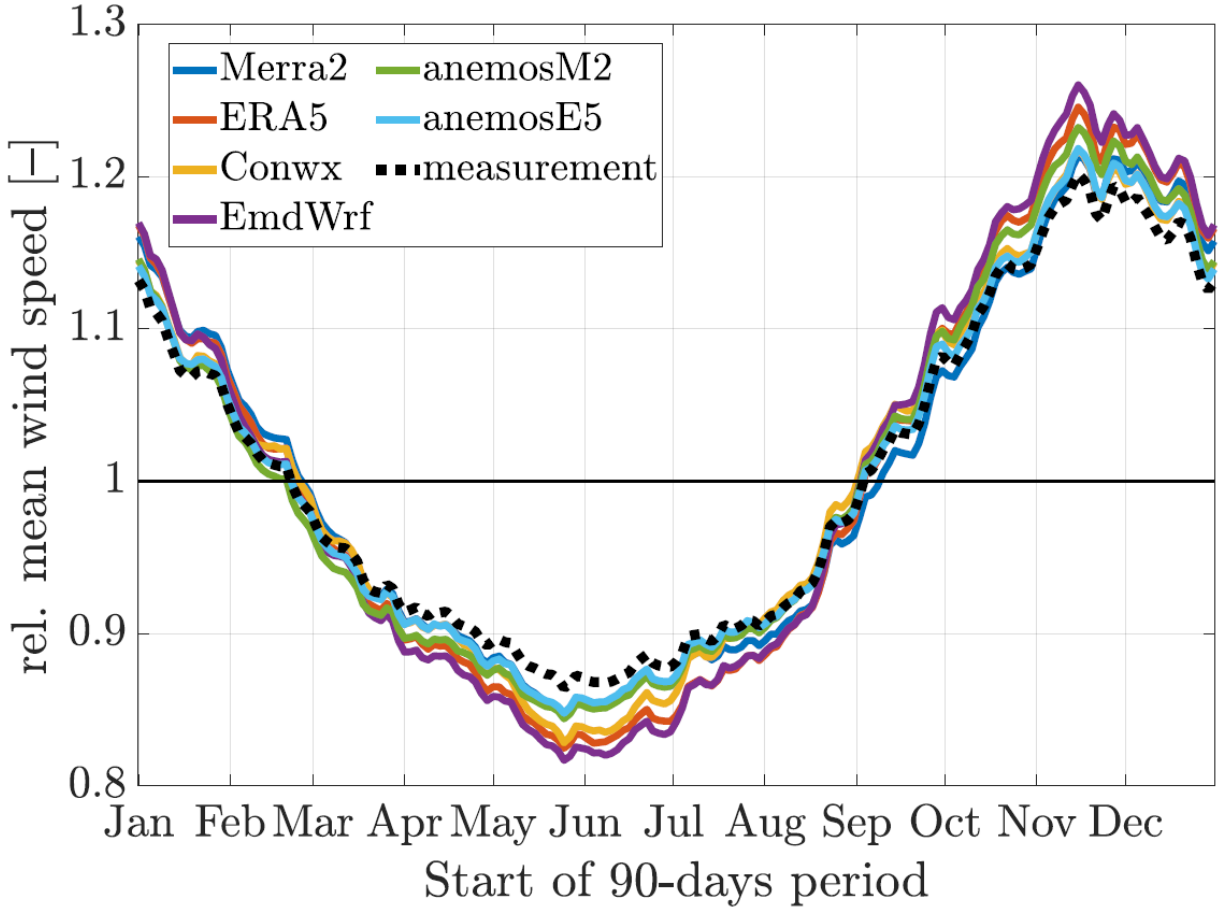
Regressionsmethodik:
Variance Ratio



3-monatige Messzeiträume („Sliding Window“); gemittelt über alle Standorte

UNIKASSEL VERSITÄT

Ursachenforschung: Jahresgang der Reanalysedaten

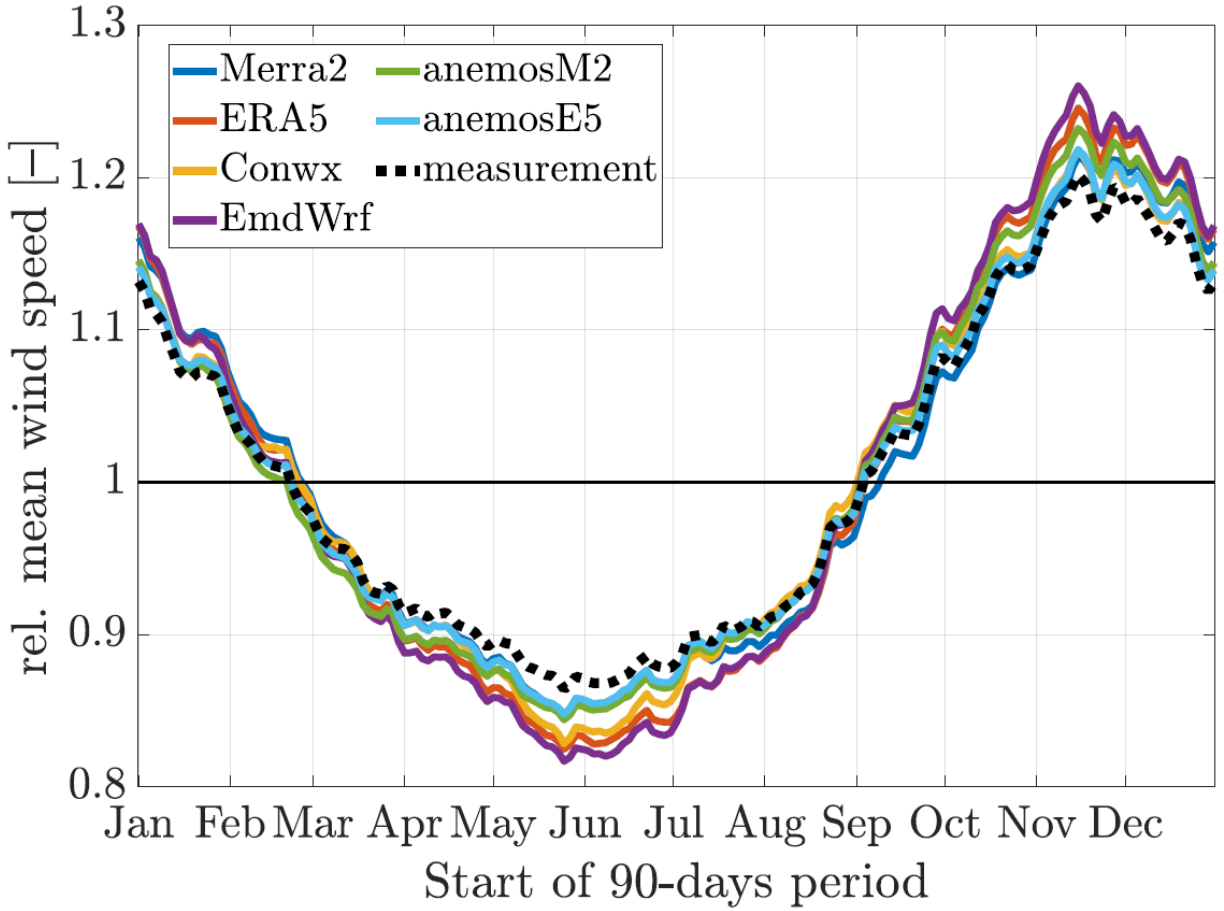


3-monatige Messzeiträume („Sliding Window“); gemittelt über alle Standorte

3-Monats-Mittelwerte im Vergleich zum Jahresmittelwert

→ Alle Reanalysedaten weisen einen zu starken Jahresgang auf

Ursachenforschung: Jahresgang der Reanalysedaten



3-monatige Messzeiträume („Sliding Window“); gemittelt über alle Standorte

$$E_{mean,abs} = \underbrace{(\bar{u}_{mess} - \bar{U}_{mess})}_{\text{Jahresgang der realen Windbedingungen}} - \underbrace{m}_{\text{Regressionsparameter}} \cdot \underbrace{(\bar{u}_{rea} - \bar{U}_{rea})}_{\text{Jahresgang der Reanalysen}}$$

Mathematischer Zusammenhang des Fehlers in der mittleren Windgeschwindigkeit mit

1.) tatsächlichem Jahresgang

2.) Jahresgang der Reanalysen

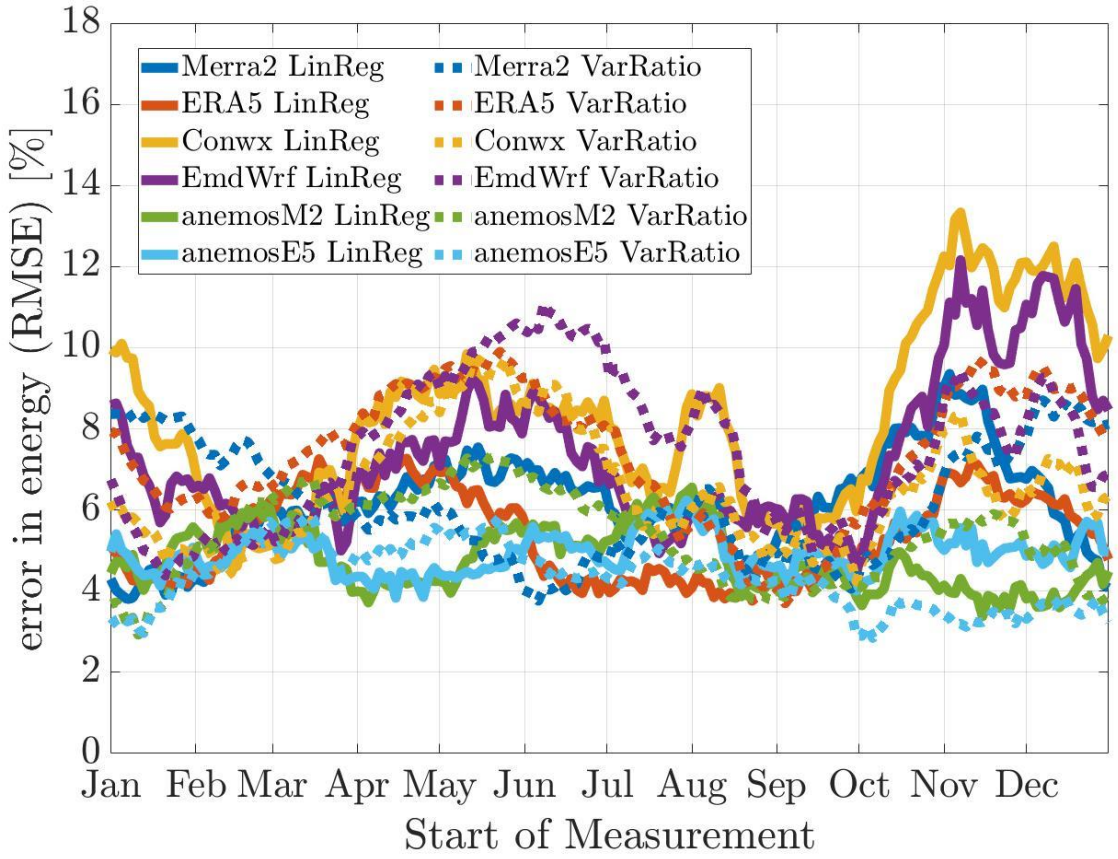
3.) Regressionsparameter

Fazit: systematische Fehler in den **Reanalysen**, unterschiedliche Ergebnisse je nach **MCP-Methodik**

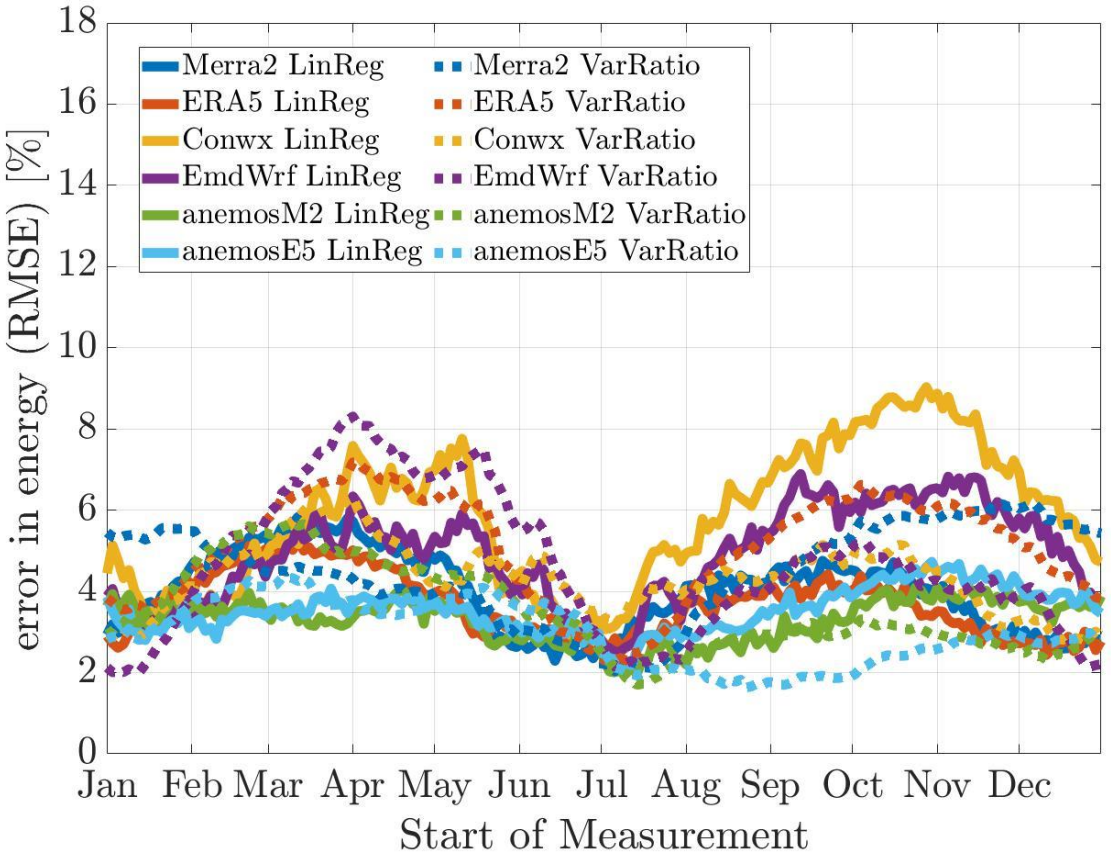
s. Basse, A.; Callies, D.; Grötzner, A.; Pauscher, L. (2021). *Seasonal effects in the long-term correction of short-term wind measurements using reanalysis data*. 10.5194/wes-2020-134.

Zusätzlicher Gesamtfehler in Abhängigkeit des Messbeginns – RMSE

Messdauer 90 Tage



Messdauer 180 Tage

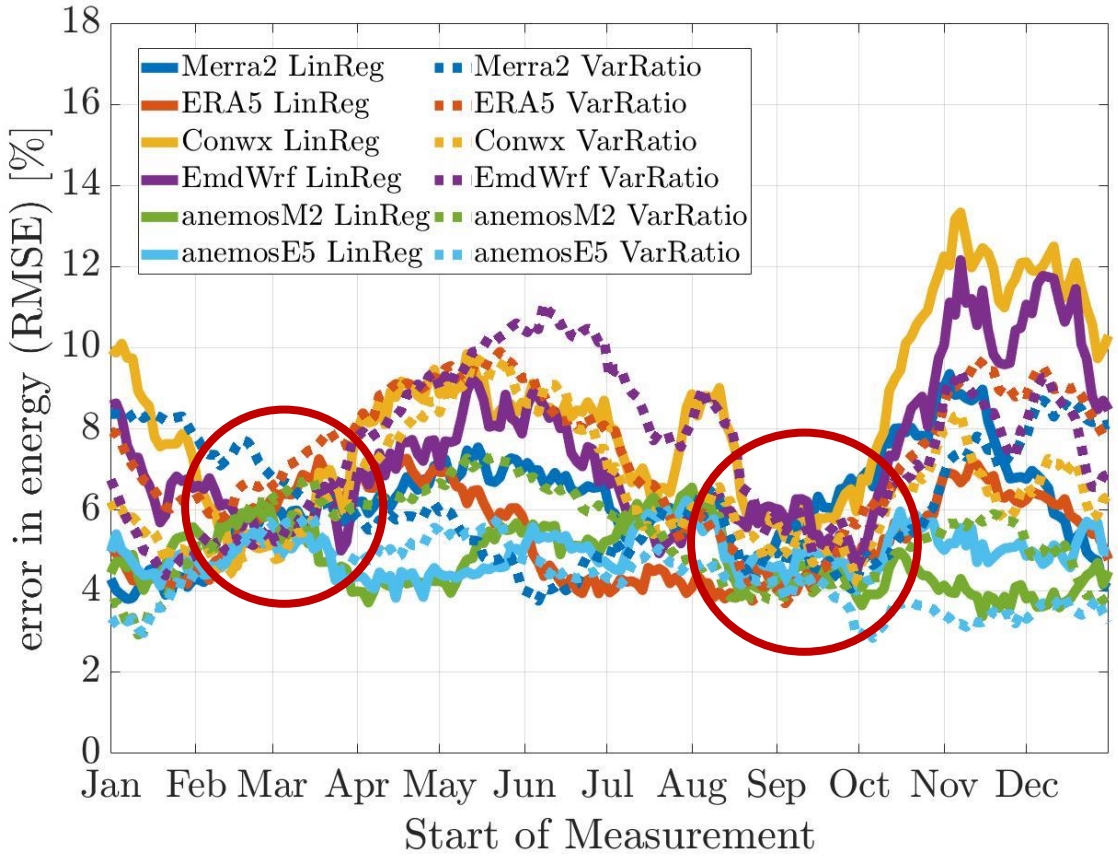


Zusätzlicher Fehler im Vergleich zu Langzeitabgleich mit einjähriger Messung; quadratische Mittelung über Fehlerwerte aller Standorte (RMSE).

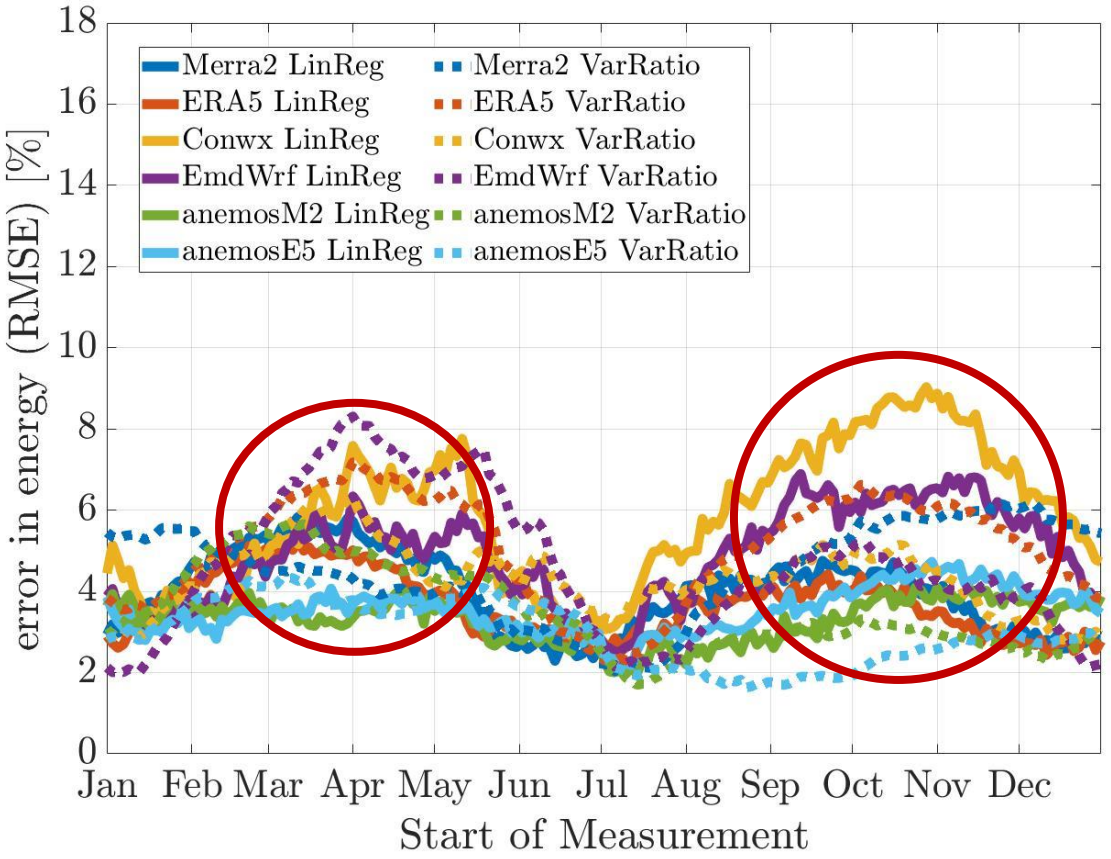
UNIKASSEL VERSITÄT

Zusätzlicher Gesamtfehler in Abhängigkeit des Messbeginns – RMSE

Messdauer 90 Tage



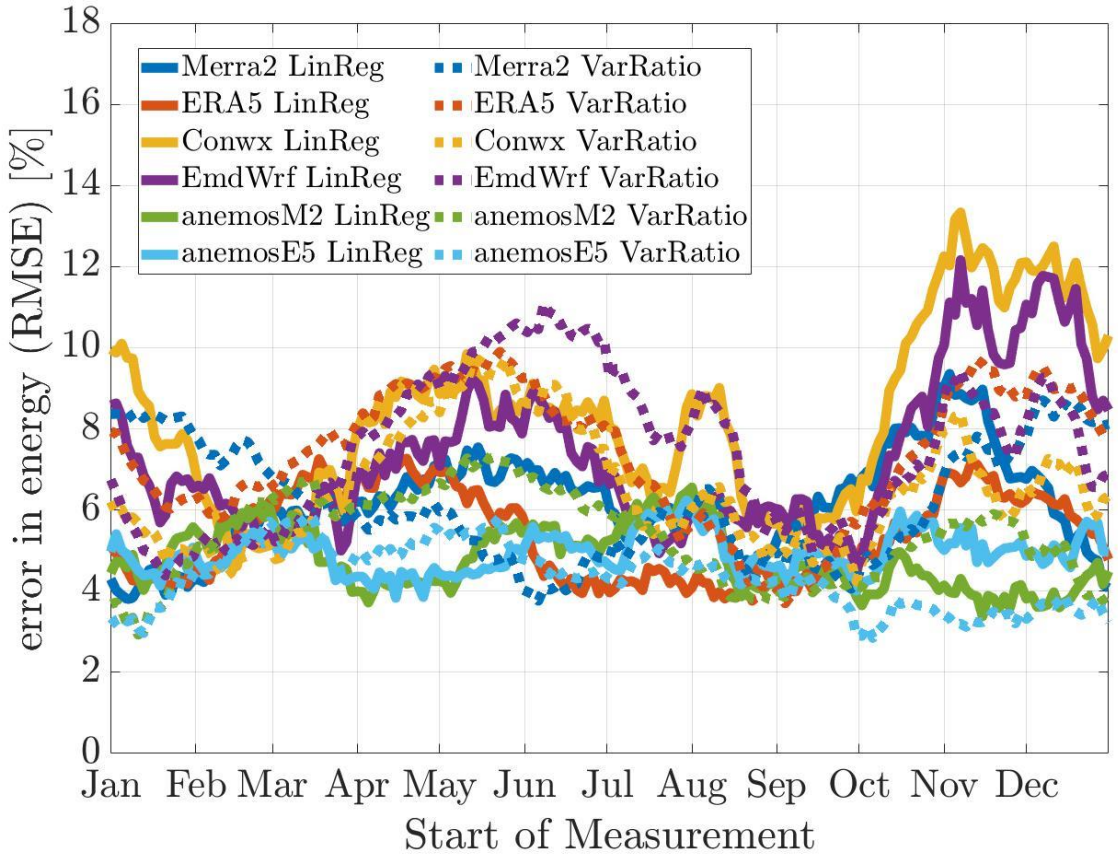
Messdauer 180 Tage



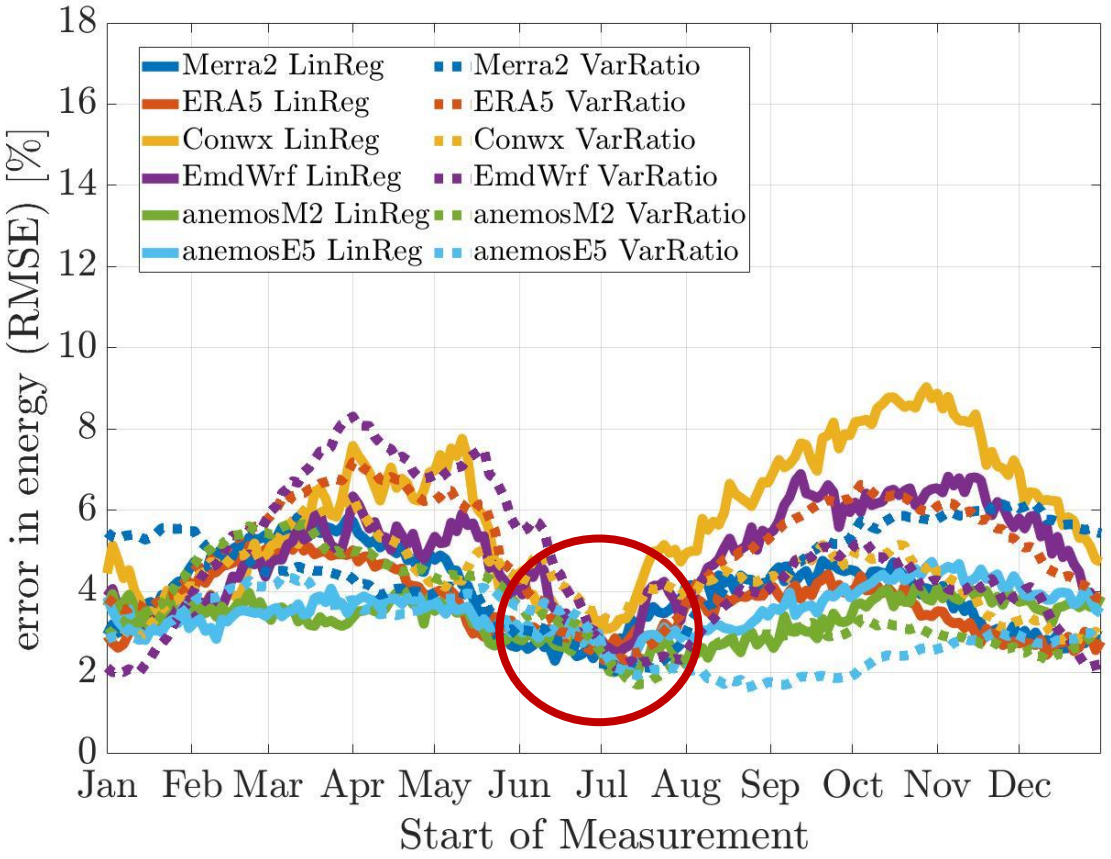
Zusätzlicher Fehler im Vergleich zu Langzeitabgleich mit einjähriger Messung; quadratische Mittelung über Fehlerwerte aller Standorte (RMSE).

Zusätzlicher Gesamtfehler in Abhängigkeit des Messbeginns – RMSE

Messdauer 90 Tage



Messdauer 180 Tage



Zusätzlicher Fehler im Vergleich zu Langzeitabgleich mit einjähriger Messung; quadratische Mittelung über Fehlerwerte aller Standorte (RMSE).

Von zusätzlicher Unsicherheit zu Gesamtunsicherheit

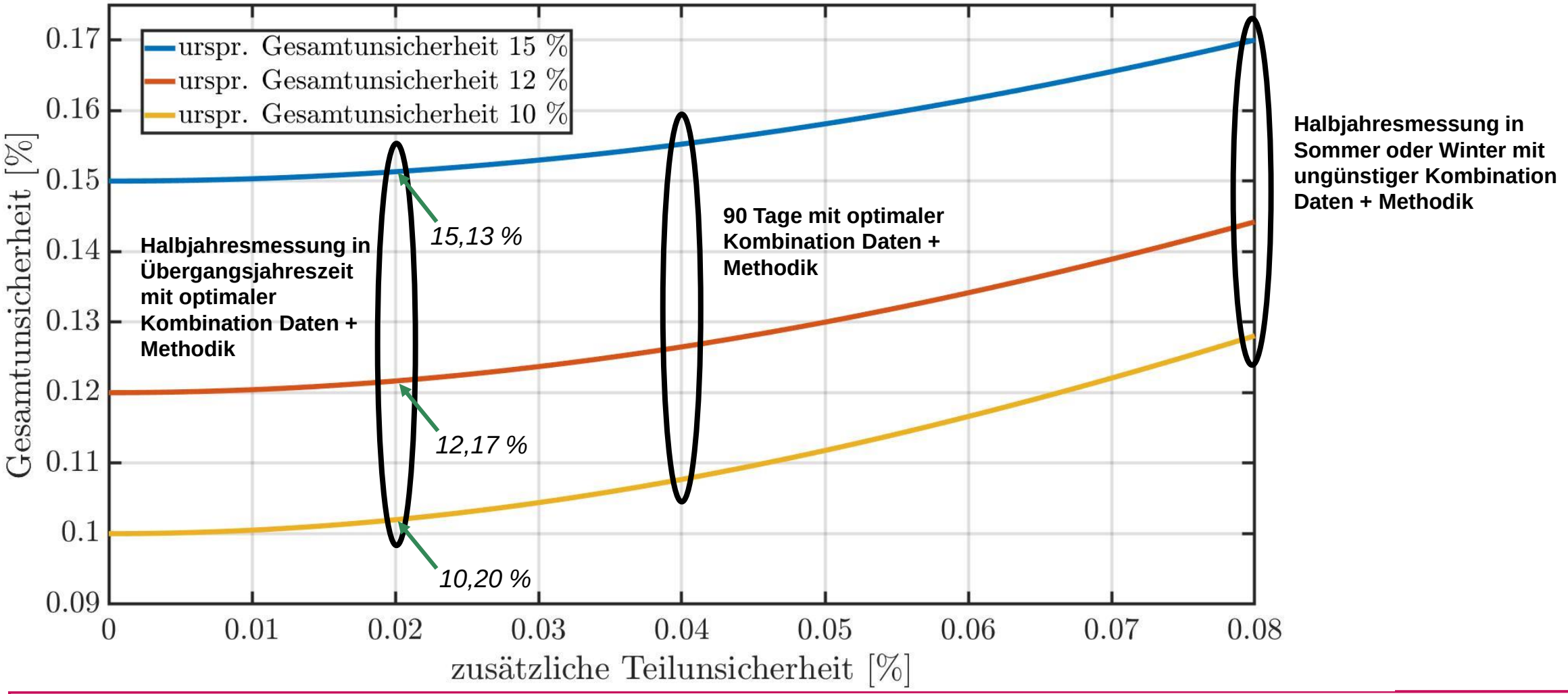
- Gesamtunsicherheit σ_{ges} setzt sich aus Teilunsicherheiten zusammen:

$$\sigma_{ges} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \cdots + \sigma_n^2}$$

für unabhängige Teilunsicherheiten σ_i.

- Annahme von **stochastischer Unabhängigkeit** der zusätzlichen Fehler von denen einer regulären Langzeitkorrektur (z.B. Langzeitkorrekturen mit unterschiedlichen Methoden und Reanalysen)

Unsicherheitsbetrachtung Energieertrag



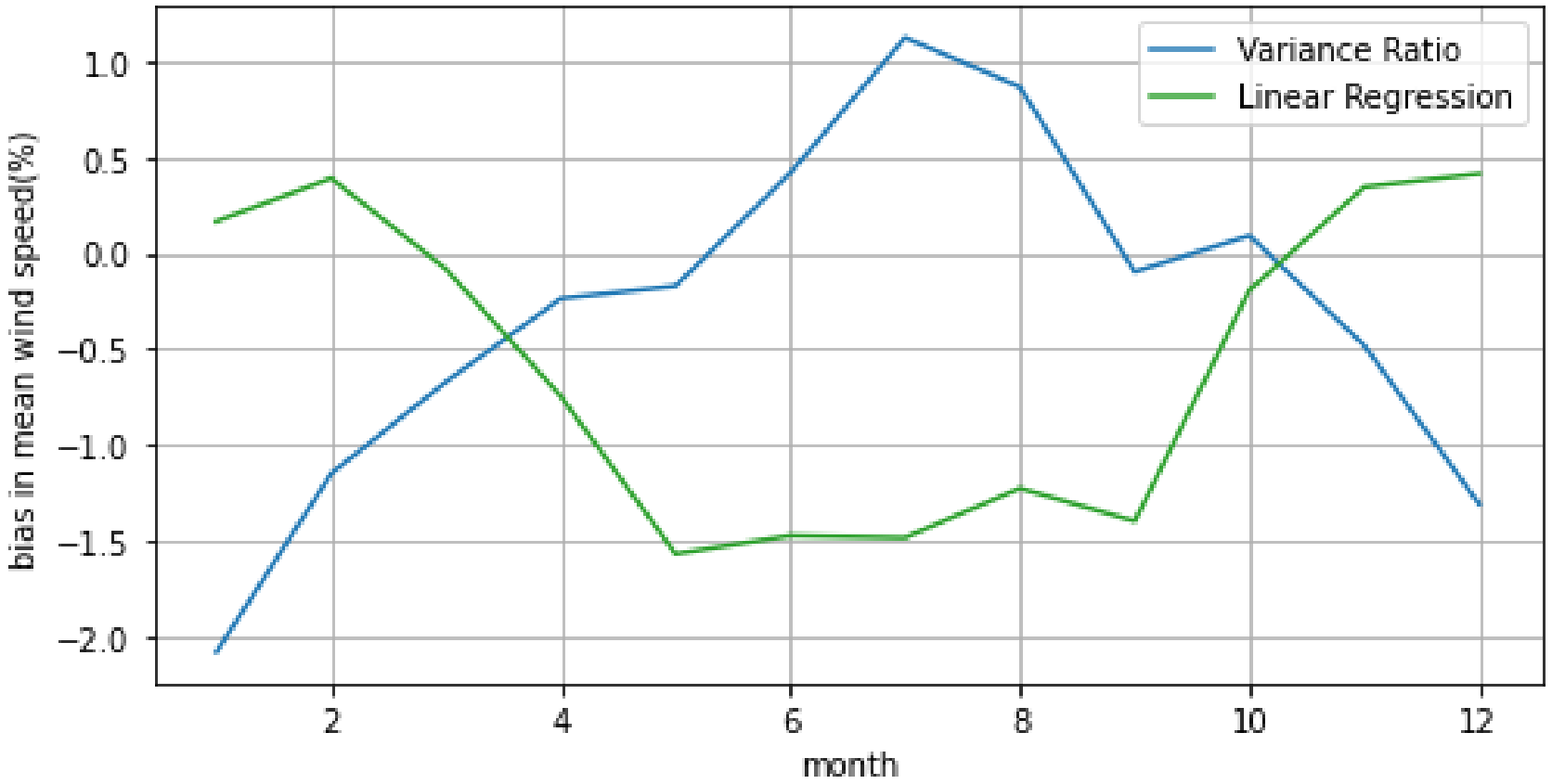
UNIKASSEL VERSITÄT

Schlussfolgerungen und Fazit

- Bei Verkürzung der Messung auf unter ein Jahr entstehen systematische Fehler (Saisonalitäten)
  → Die Genauigkeit hängt vom gewählten Messzeitraum ab
  → Messungen in Übergangsjahreszeiten sind empfehlenswert
- Je nach Reanalysedatensatz und MCP-Methode unterschiedliche Ausprägung der Saisonalitäten
- Bei halbjähriger Messung in einer Übergangsjahreszeit steigt die zusätzliche Unsicherheit nur geringfügig
- Wichtigste Kriterien für eine (mutmaßlich) akzeptable Verkürzung der Messdauer:
  - Messdauer
  - Jahreszeit
  - Langzeitdatensatz
  - MCP-Methodik

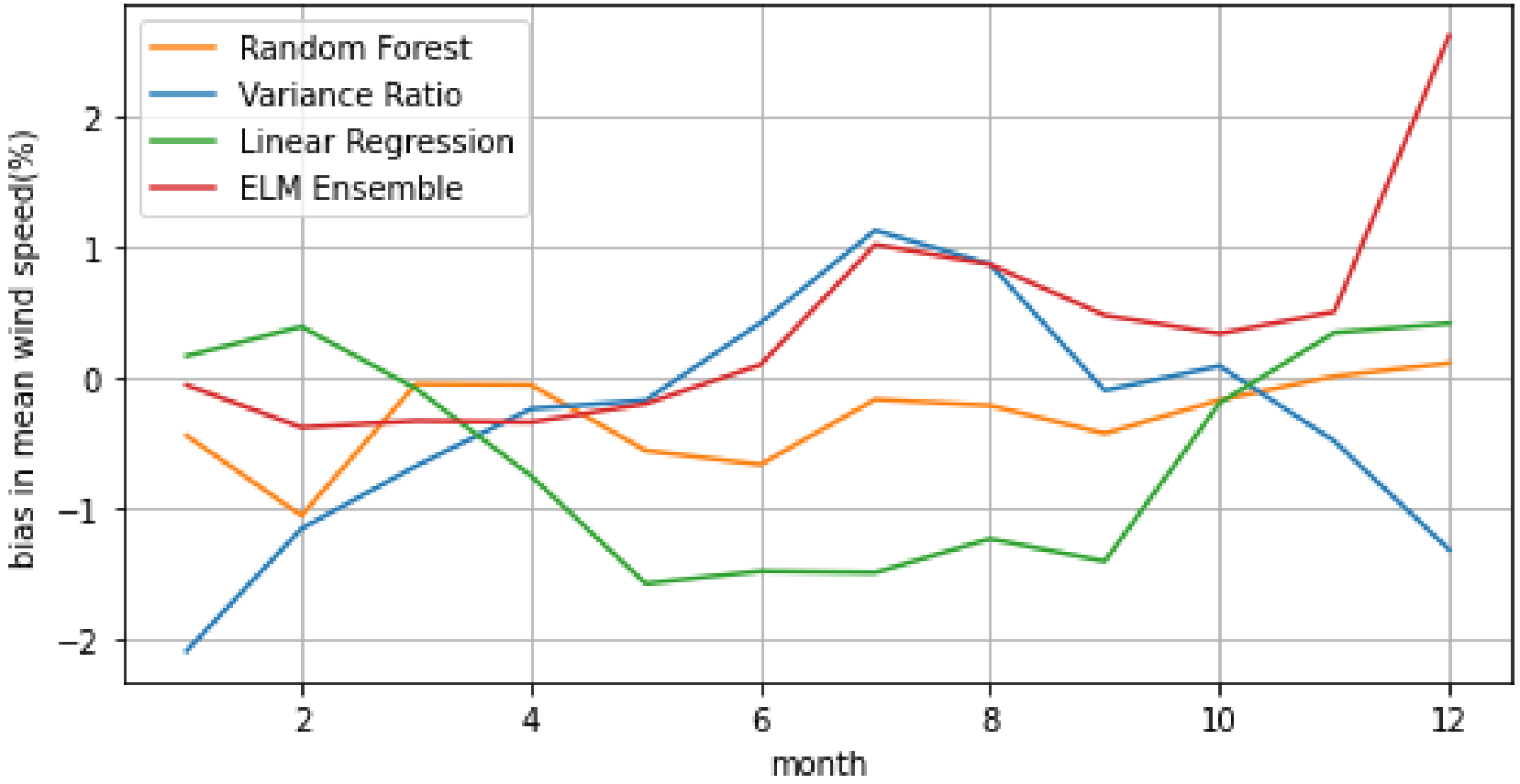
UNIKASSEL VERSITÄT

Ausblick: Reduktion der saisonalen Fehler



- verwendete Langzeitdaten: anemos-ERA5
- Langzeitabgleich von 3 Monaten auf 1 Jahr
- gemittelt über 11 Standorte

Ausblick: Reduktion der saisonalen Fehler



- verwendete Langzeitdaten: anemos-ERA5, anemosM2, ERA5, MERRA-2
- Langzeitabgleich von 3 Monaten auf 1 Jahr
- gemittelt über 11 Standorte

UNIKASSEL VERSITÄT

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

UNIKASSEL VERSITÄT

Integrierte Energiesysteme

Alexander Basse
Fachgebiet Integrierte Energiesysteme
Universität Kassel
Wilhelmshöher Allee 73, 34121 Kassel
+49 561 804-6169
alexander.basse@uni-kassel.de
ines.uni-kassel.de

…ein besonderer Dank an

GWU Umwelttechnik GmbH – nes GmbH & Co. KG – NOTUS energy Plan GmbH & Co. KG – Fraunhofer IEE – anemos GmbH – EMD Deutschland GbR

für die Bereitstellung von Mess- oder Reanalysedaten.