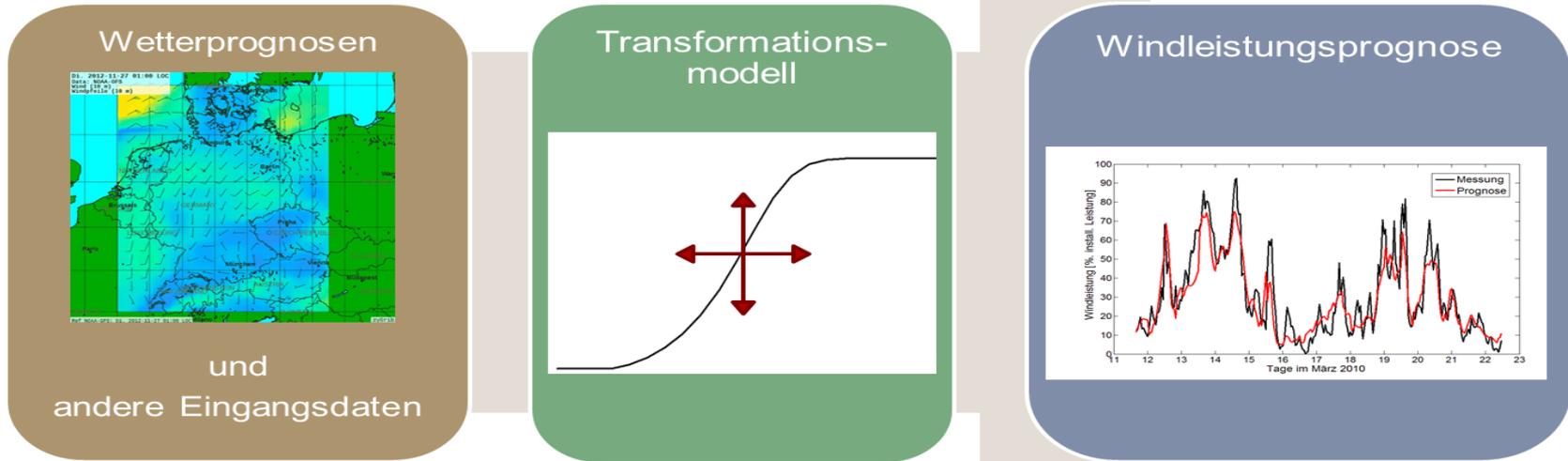

Vorstellung eines neuen modellspezifischen Fehlermaßes zur Bewertung von Windleistungsprognosemodellen

4. Fachtagung Energiemeteorologie
20.-22. April 2016 in Bremerhaven

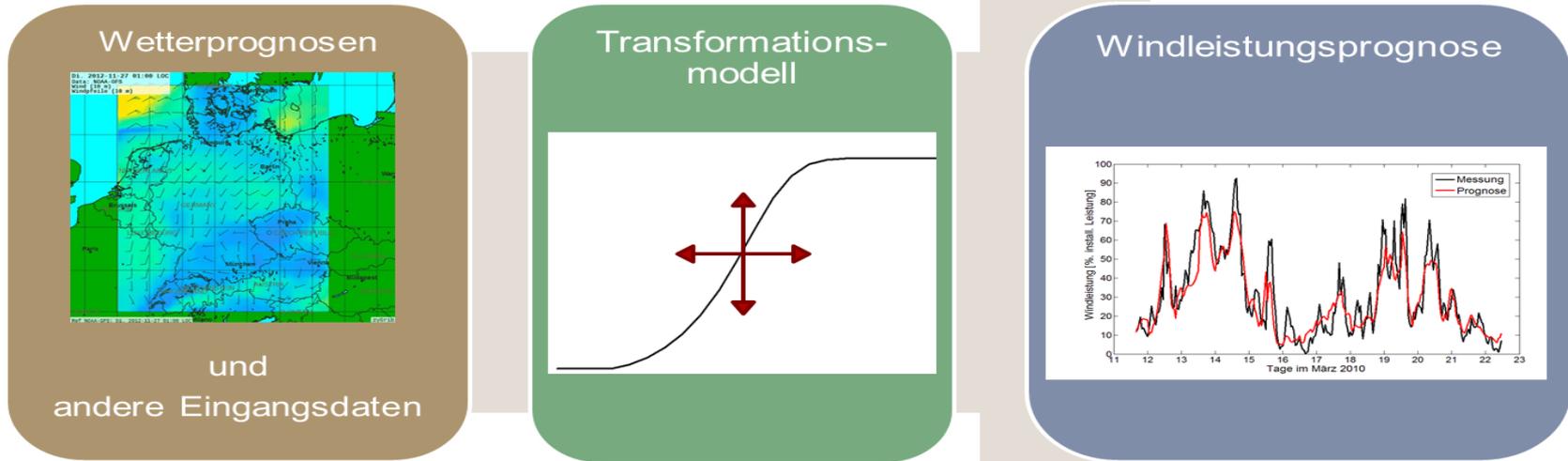
Jan Dobschinski, Malte Siefert, Yves-Marie Saint-Drenan



Grundlegende Datenbasis

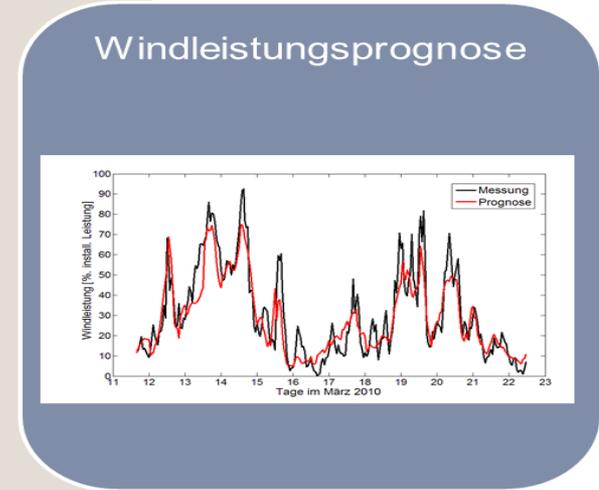
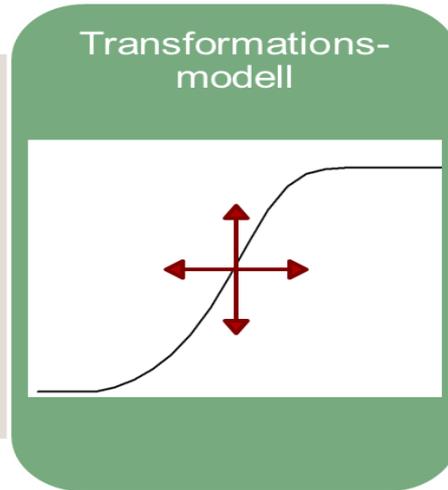
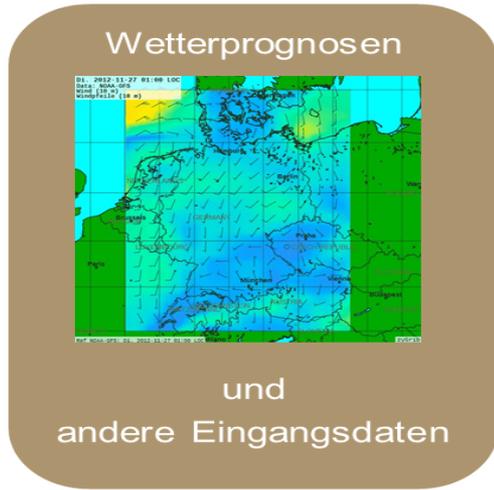


Grundlegende Datenbasis



17 verschiedene Windprognosen
unterschiedlicher Wettermodelle
mit Prognosehorizonten 6-30 h

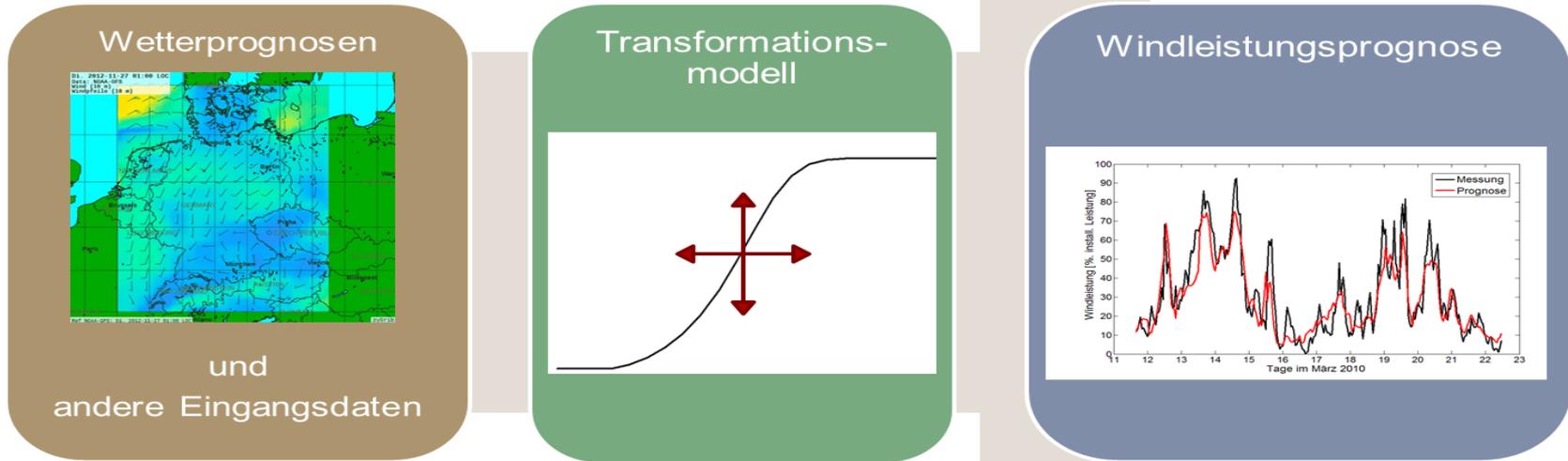
Grundlegende Datenbasis



17 verschiedene Windprognosen
unterschiedlicher Wettermodelle
mit Prognosehorizonten 6-30 h

Identische Verfahren
zur Transformation in
Windleistung

Grundlegende Datenbasis

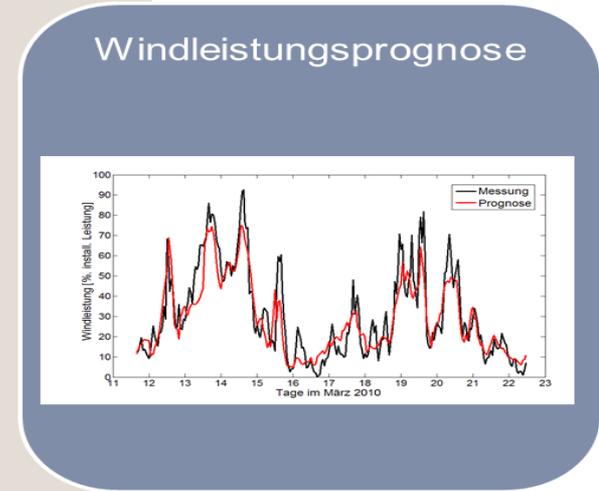
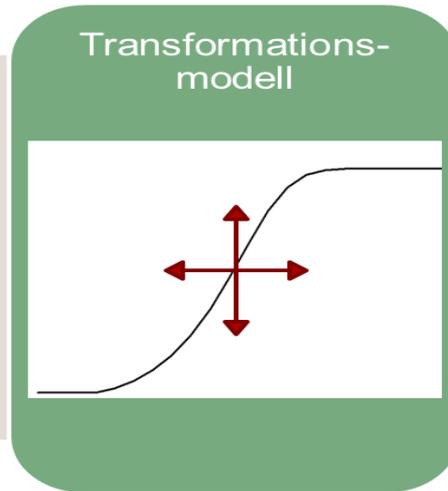
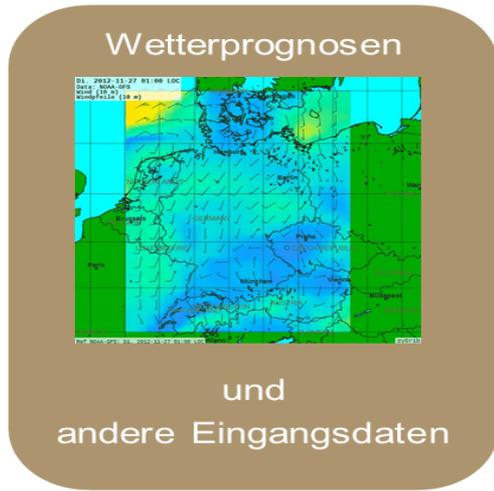


17 verschiedene Windprognosen unterschiedlicher Wettermodelle mit Prognosehorizonten 6-30 h

Identische Verfahren Zur Transformation in Windleistung

17 verschiedene Prognosemodelle

Grundlegende Datenbasis



17 verschiedene Windprognosen unterschiedlicher Wettermodelle mit Prognosehorizonten 6-30 h

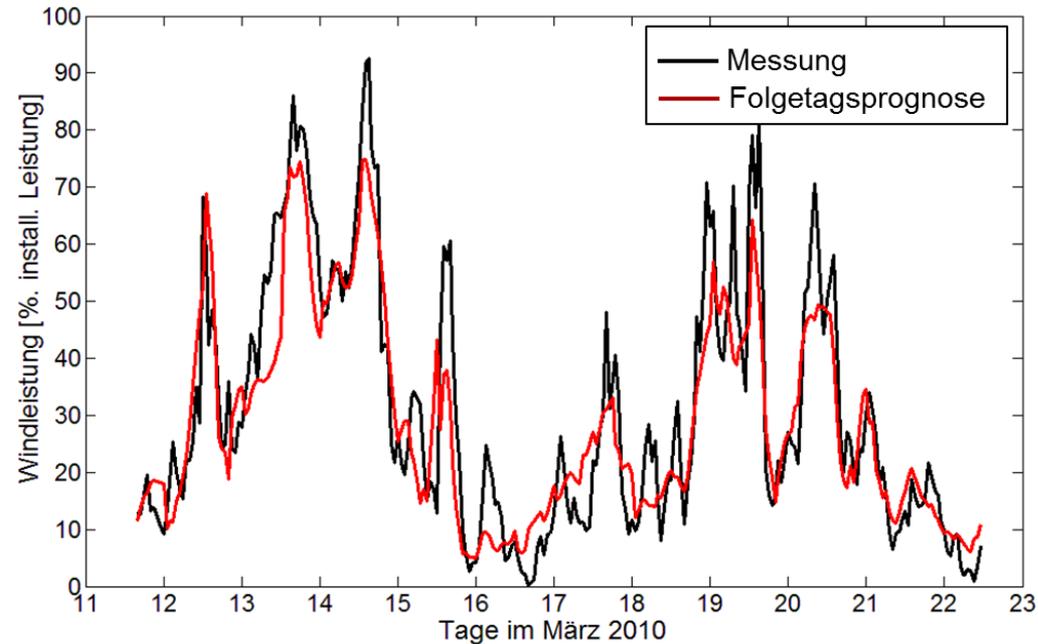
Identische Verfahren Zur Transformation in Windleistung

17 x 250 Windpark- und Portfolioprognozen*

[*Portfolio besteht aus 2 bis 50 Windparks zufällig verteilt über Deutschland]

17 verschiedene Prognosemodelle

Prognoseauswertung „standardmäßig“ in Form des RMSE

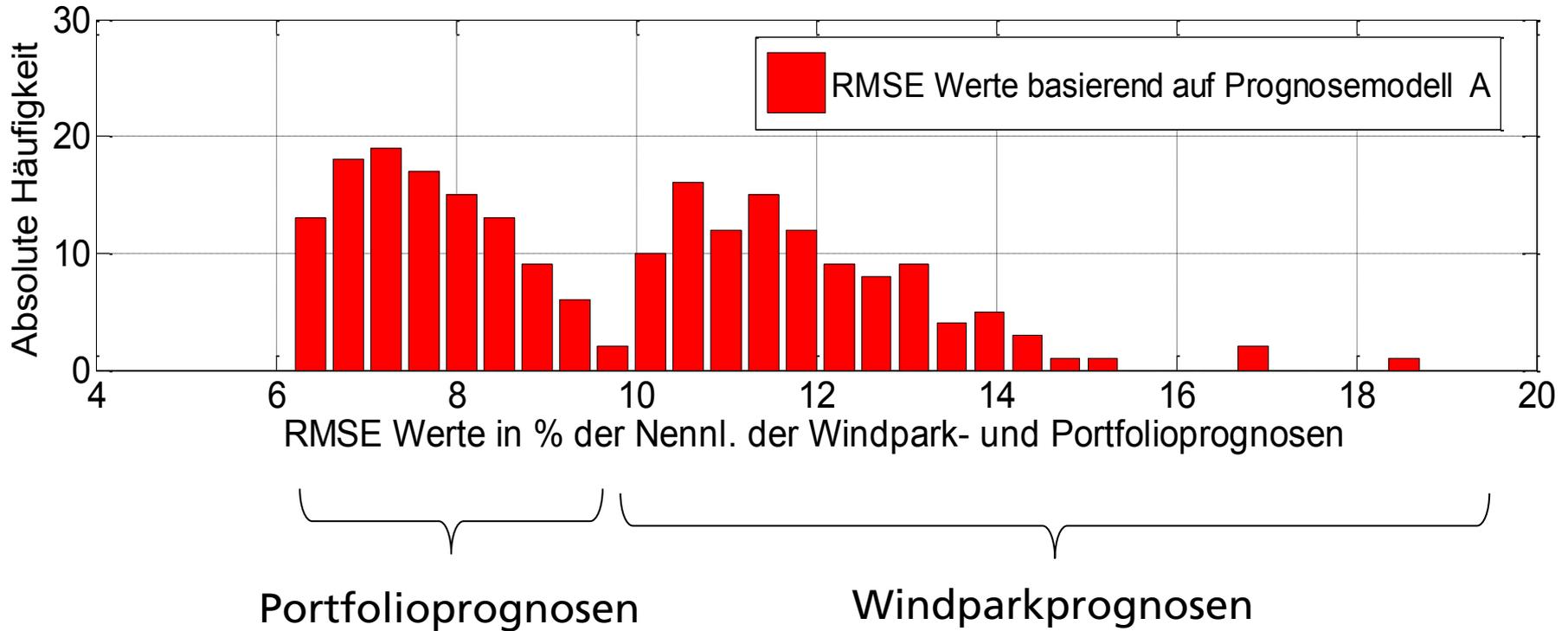


Angabe der Prognosegüte meist in Form des

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Messung(t_i) - Prognose(t_i))^2}{N}}$$

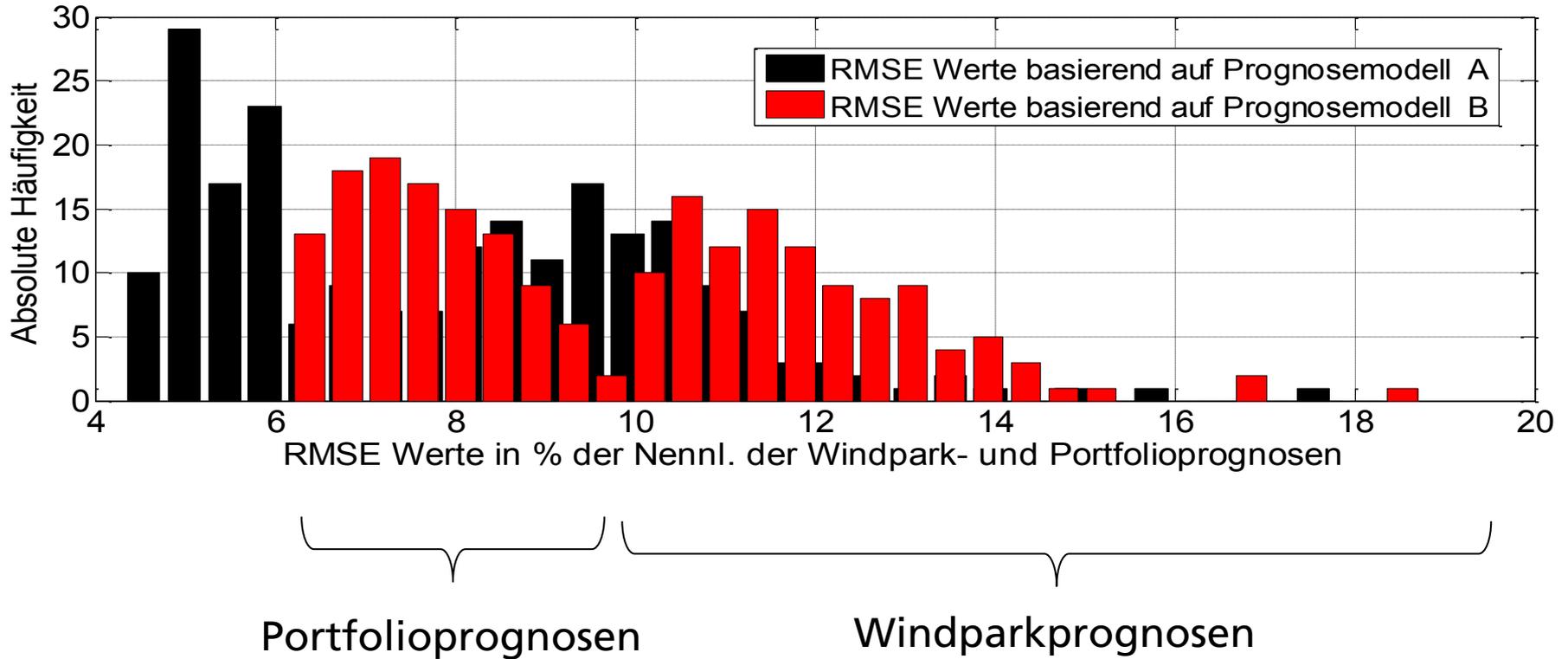
in % der installierten Nennleistung

RMSE Häufigkeitsverteilung für Prognosemodell A



Bimodale Verteilung und großer Wertebereich durch Abhängigkeit des RMSE vom Aggregationslevel und Standorteigenschaften

RMSE Häufigkeitsverteilung für Prognosemodell A und B



Problem: Überlappung der RMSE-Verteilungen erlaubt keinen fairen Vergleich der Güte der beiden Prognosemodelle A und B auf Basis einer kleinen Stichprobe von Windpark-/Portfolioprososen.

Zielsetzung für diese Studie

- 1. Herleitung eines neuen modellspezifischen Fehlermaßes, welches unabhängig von den natürlichen Eigenschaften des zu prognostizierenden Windparks oder Portfolios ist, wie**
 - Räumliche Aggregation von Windturbinen und Windparks
 - Terrain und Orographie
 - Unterschiedliche Glättungen von Windparkkennlinien
 - Windpotential und -charakteristik
- 2. Test des neuen modellspezifischen Fehlermaßes durch Stichprobenexperiment**

Grundgedanke

1. Herleitung eines neuen modellspezifischen Fehlermaßes, welches unabhängig von den natürlichen Eigenschaften des zu prognostizierenden Windparks oder Portfolios ist, wie

- Räumliche Aggregation von Windturbinen und Windparks
- Terrain und Orographie
- Unterschiedliche Glättungen von Windparkkennlinien
- Windpotential und -charakteristik



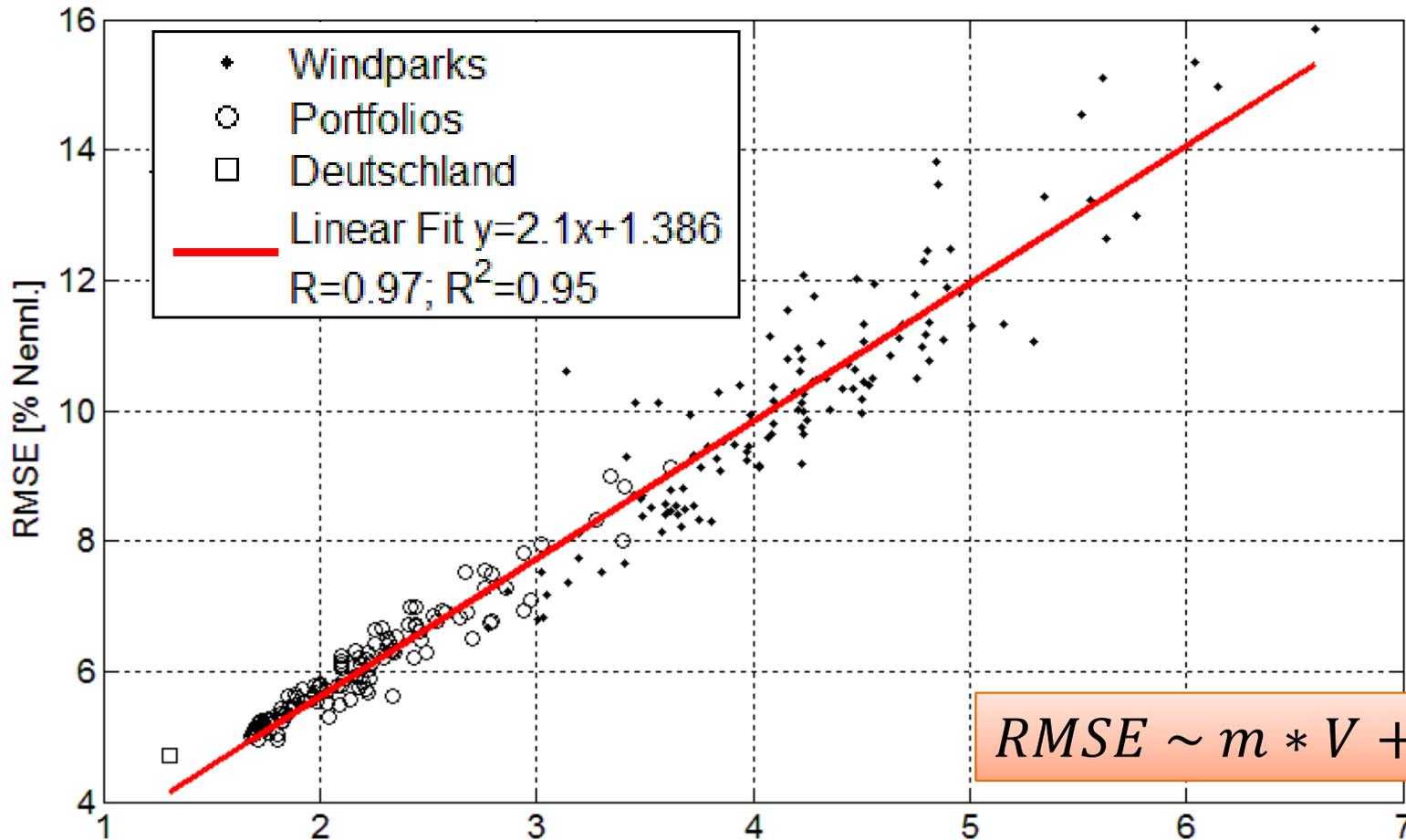
Natürliche Eigenschaften können durch die Variabilität der Einspeisung zusammengefasst und quantifiziert werden [1].

Definition *Variabilität* V :

$$V = \overline{|P(t) - P(t - 1h)|} \quad \forall t \in \text{Auswertezeitraum}$$

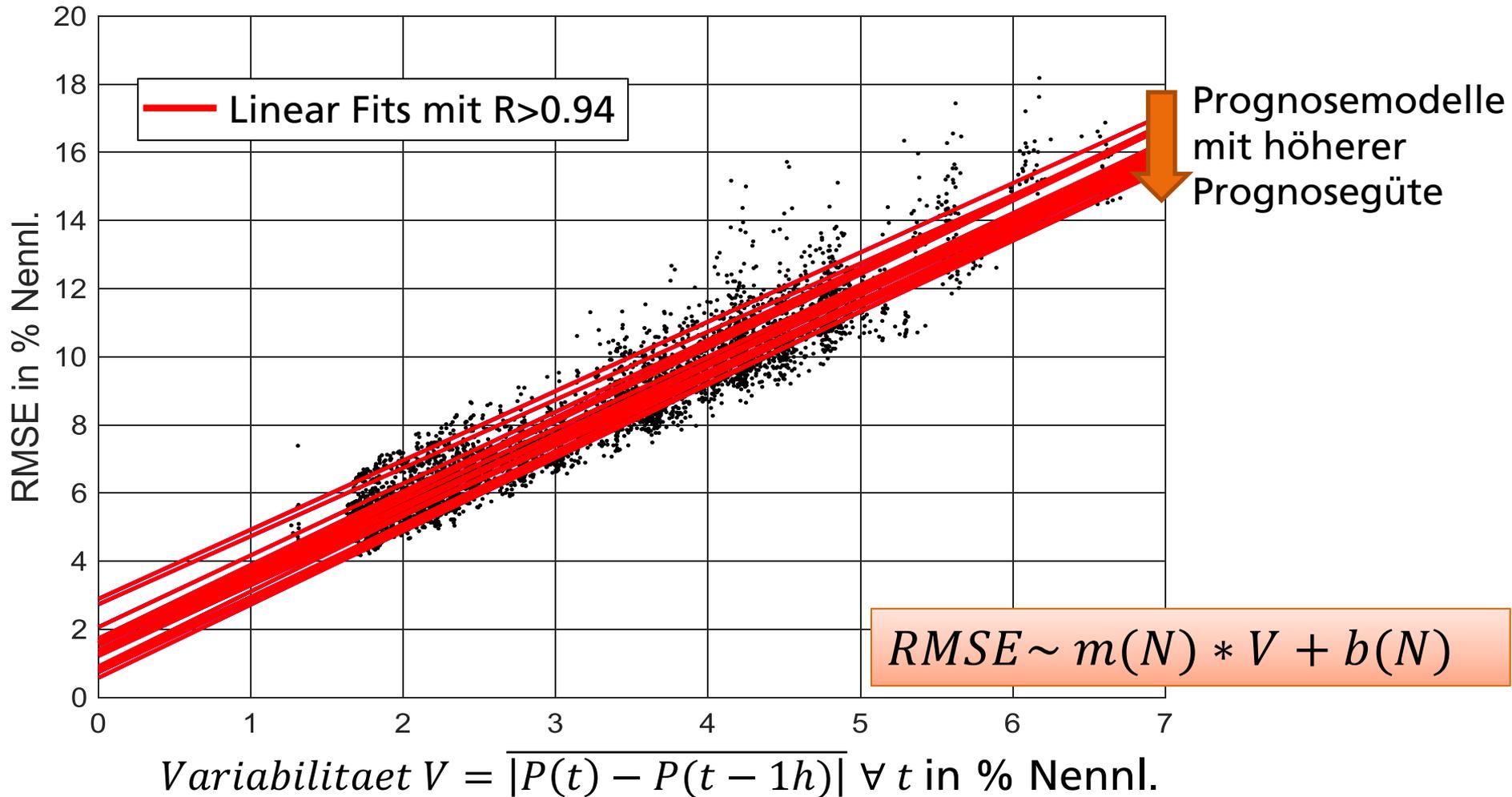
= Mittlere absolute Höhe der zeitlichen Änderungen der **gemessenen** Windstromeinspeisung im Auswertezeitraum.

RMSE vs. Variabilität der Einspeisung für ein Prognosemodell A

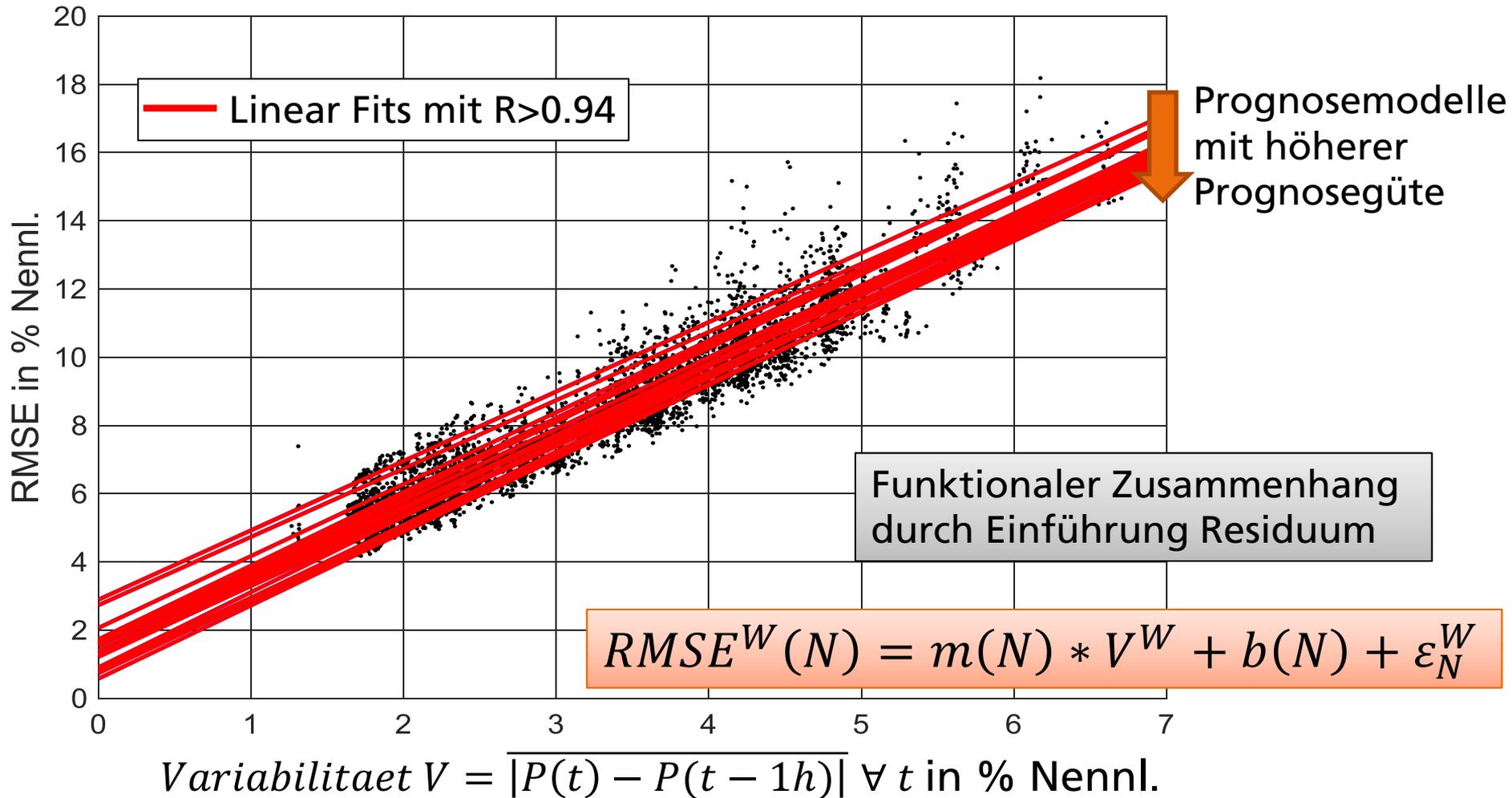


Variabilität $V = \overline{|P(t) - P(t - 1h)|} \forall t$ in % Nennl.

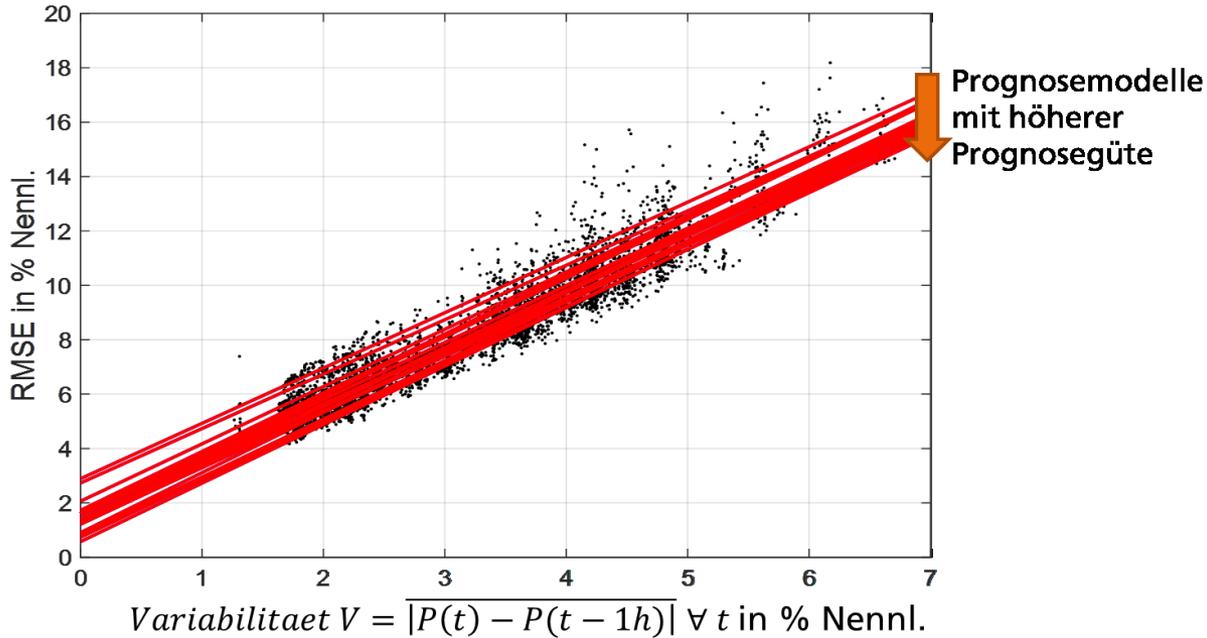
RMSE vs. Variabilität für alle N=17 Prognosemodelle



RMSE vs. Variabilität für alle N=17 Prognosemodelle

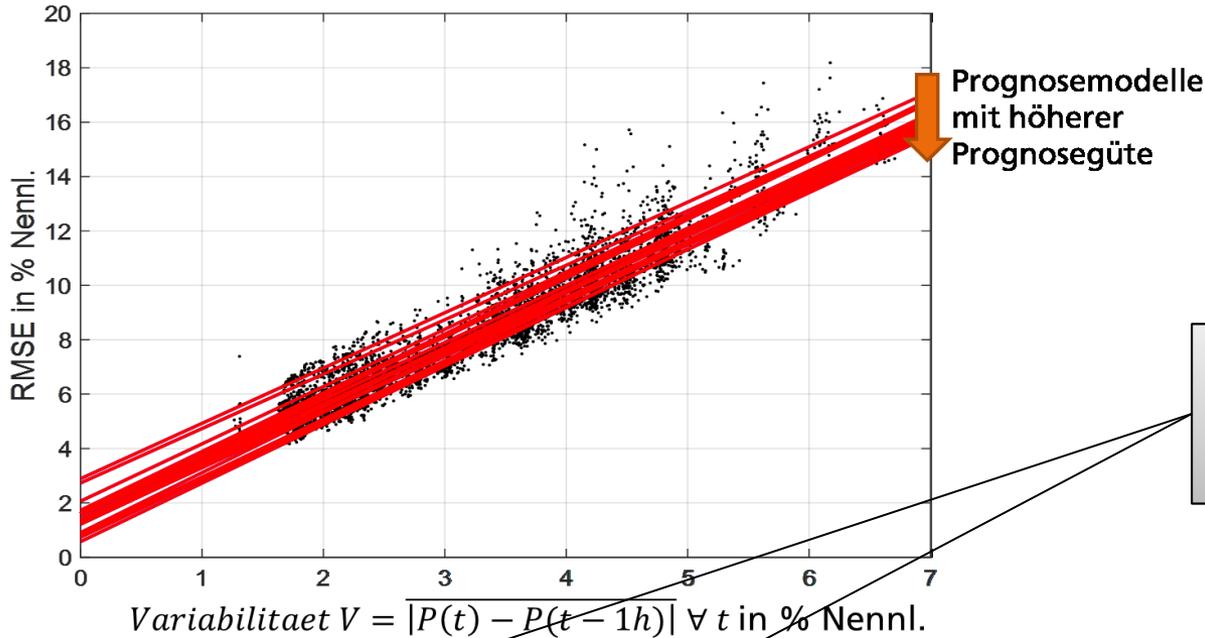


Funktionaler Zusammenhang



$$RMSE^W(N) = m(N) * V^W + b(N) + \varepsilon_N^W$$

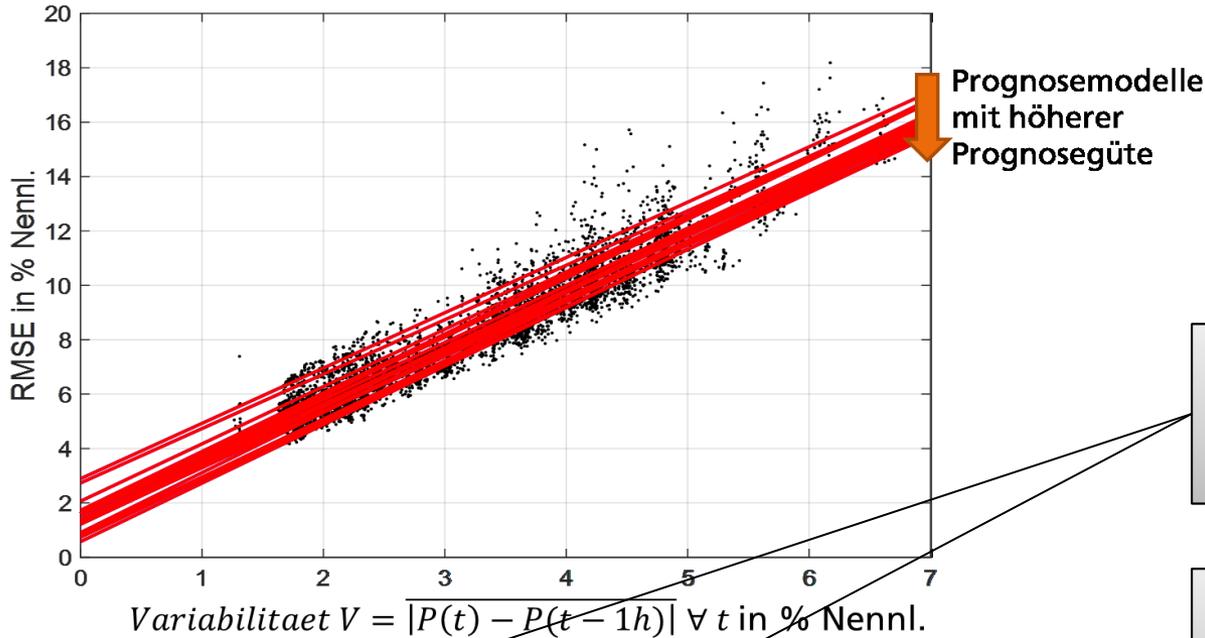
Funktionaler Zusammenhang



Steigung m und Interzept b sind **beide** durch Prognosemodell N bedingt.

$$RMSE^W(N) = m(N) * V^W + b(N) + \varepsilon_N^W$$

Funktionaler Zusammenhang



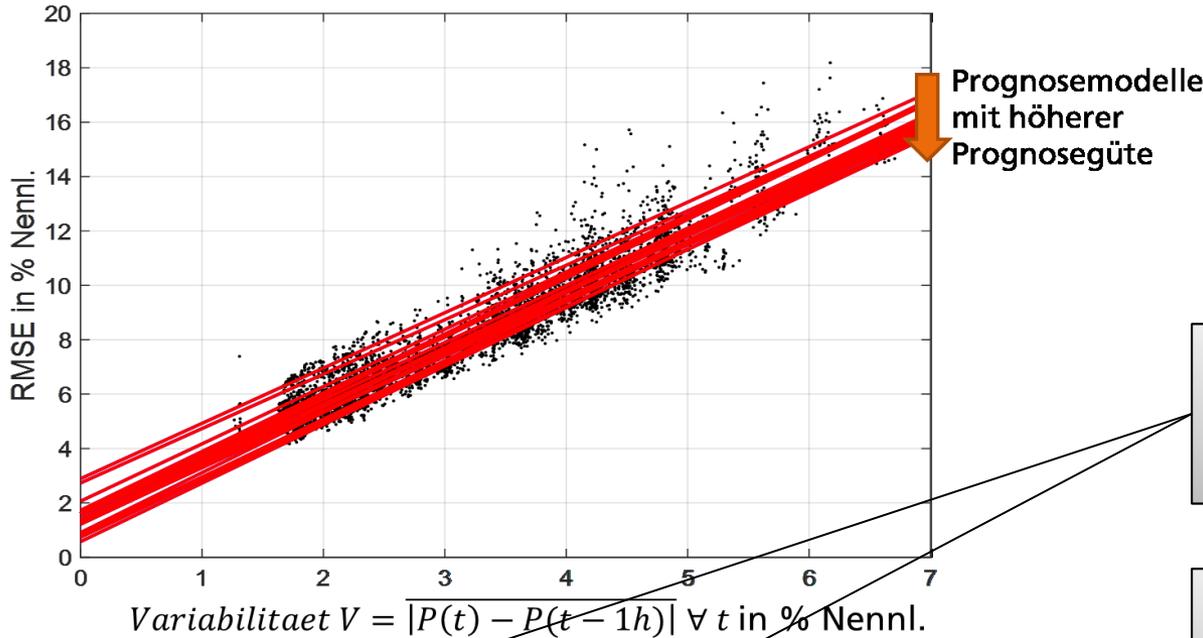
Steigung m und Interzept b sind **beide** durch Prognosemodell N bedingt.

Annahme:

$$m(N) = \text{const.} = M \quad \forall N$$
$$b(N) \rightarrow \beta(N)$$

$$RMSE^W(N) = m(N) * V^W + b(N) + \varepsilon_N^W$$

Funktionaler Zusammenhang



Steigung m und Interzept b sind **beide** durch Prognosemodell N bedingt.

Annahme:

$$m(N) = const. = M \quad \forall N$$

$$b(N) \rightarrow \beta(N)$$

$$RMSE^W(N) = m(N) * V^W + b(N) + \varepsilon_N^W$$

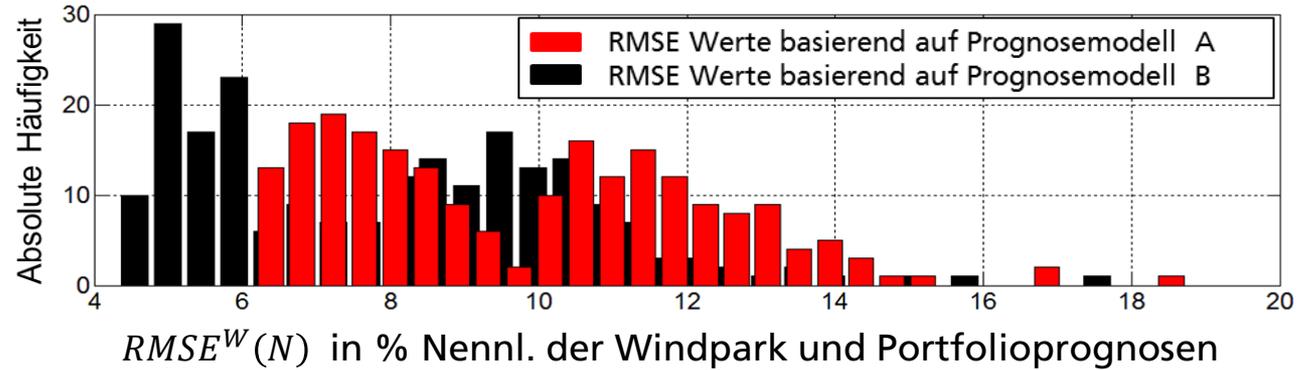
$$RMSE^W(N) = M * V^W + \beta(N) + \varepsilon_N^W$$

„Nat\u00fcrlicher“
Fehleranteil

Modellspezifischer
Fehleranteil

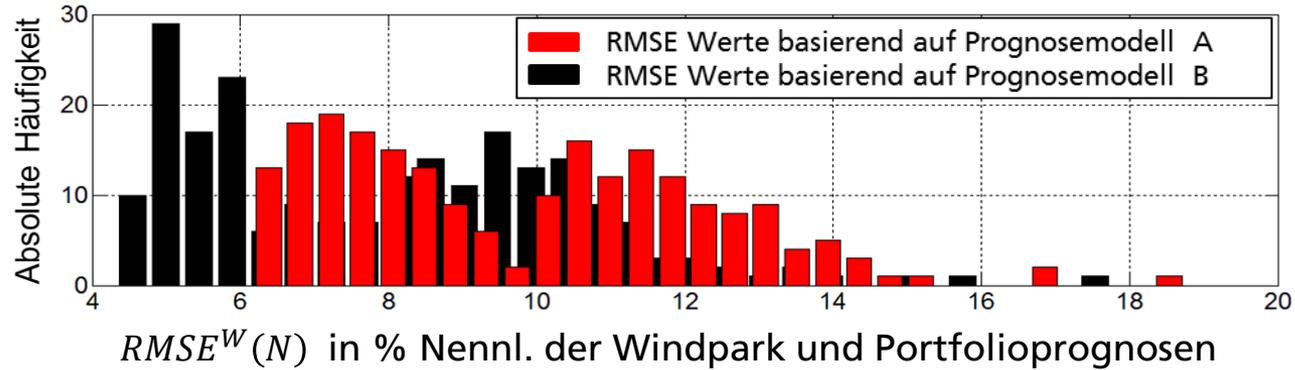
Nicht erkl\u00e4rter
Fehleranteil

Standardisierung auf modellspezifische Prognosegüte



$$RMSE^W(N) = \underbrace{M * V^W}_{\text{„Natürlicher“ Fehleranteil}} + \underbrace{\beta(N)}_{\text{Modellspezifischer Fehleranteil}} + \underbrace{\varepsilon_N^W}_{\text{Nicht erklärter Fehleranteil}}$$

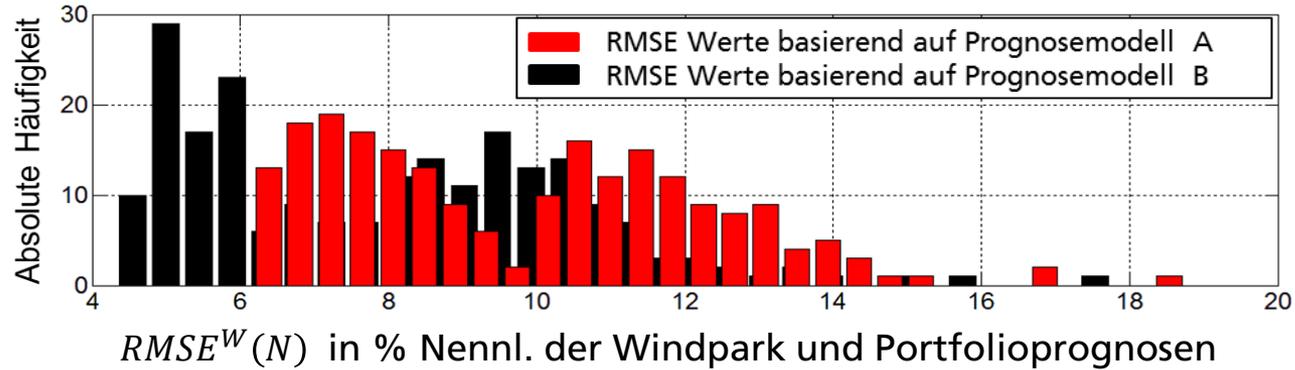
Standardisierung auf modellspezifische Prognosegüte



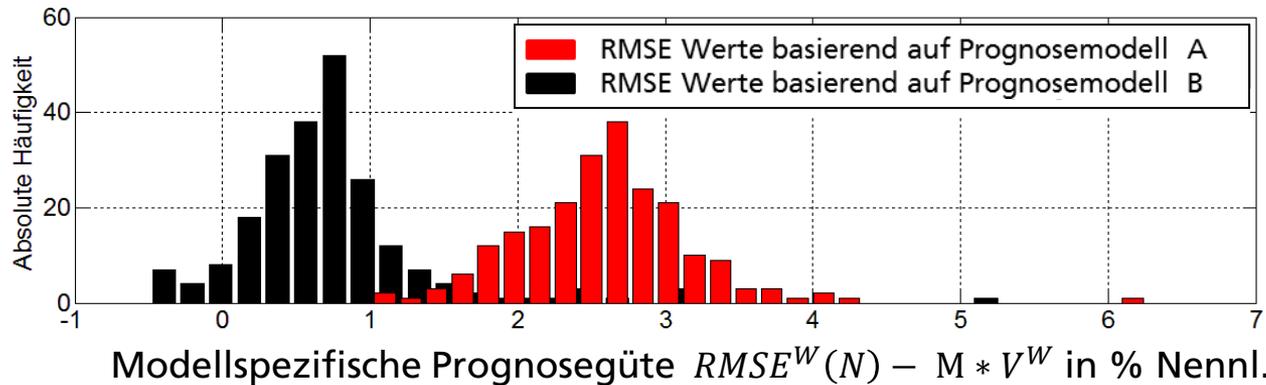
$$RMSE^W(N) = M * V^W + \underbrace{\beta(N)}_{\text{Modellspezifischer Fehleranteil}} + \underbrace{\varepsilon_N^W}_{\text{Nicht erklärter Fehleranteil}}$$

Reduktion um
„natürlichen“
Fehleranteil
 $M * V^W$

Standardisierung auf modellspezifische Prognosegüte



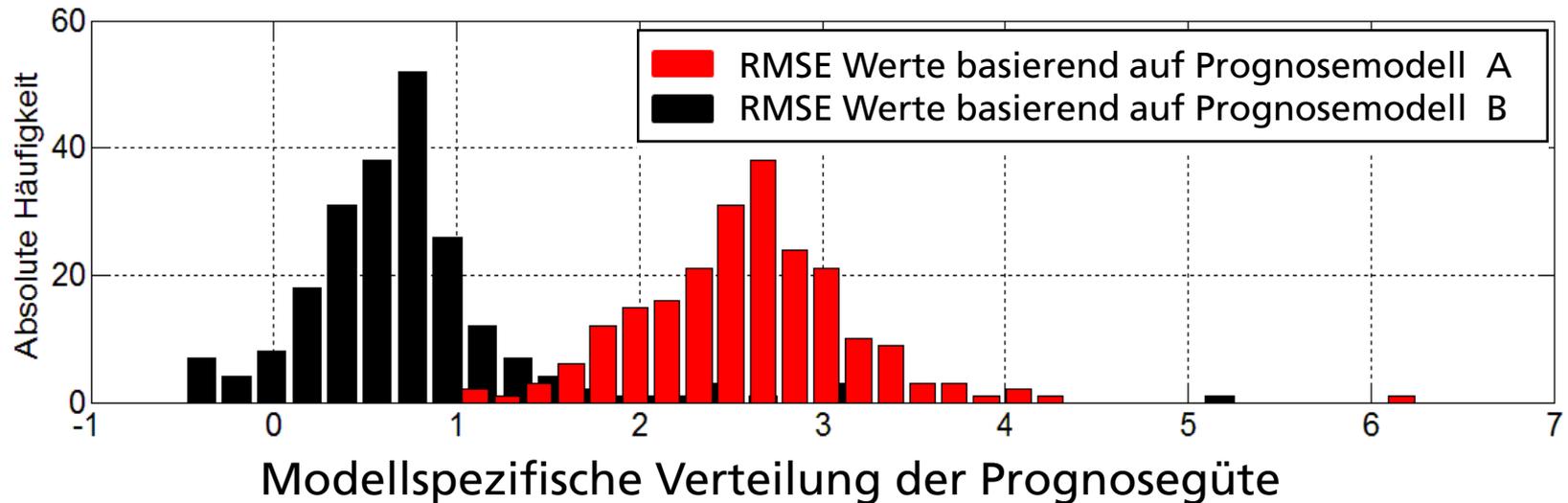
$$RMSE^W(N) = M * V^W + \beta(N) + \varepsilon_N^W$$



Reduktion um
 „natürlichen“
 Fehleranteil
 $M_{6-30h} * V^W$

$$RMSE^W(N) - M * V^W = \beta(N) + \varepsilon_N^W$$

Standardisierung auf modellspezifische Prognosegüte



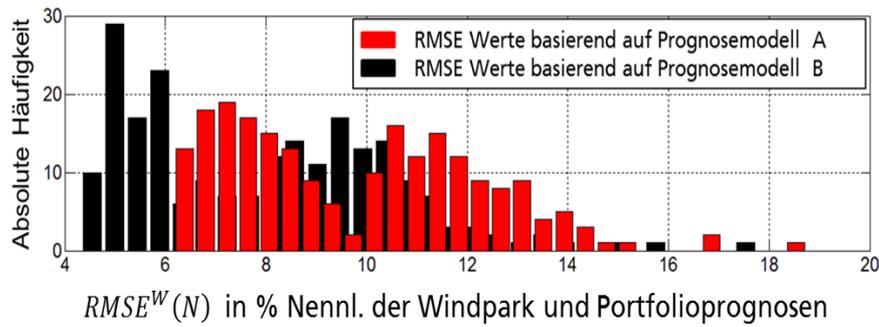
$$RMSE^W(N) - M * V^W = \beta(N) + \varepsilon_N^W$$

→ Modellspezifischer Fehler

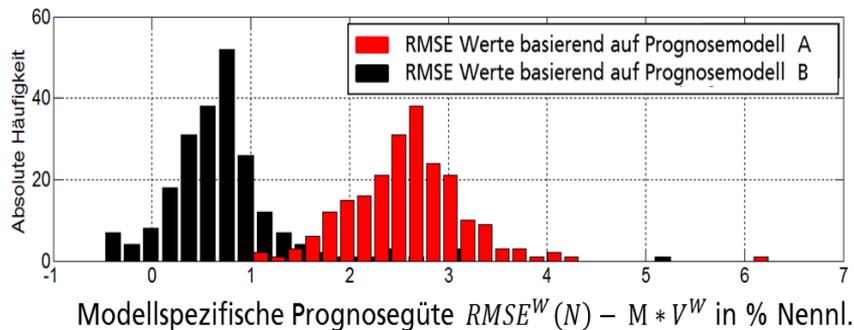
$$\beta(N) \approx \overline{\beta(N) + \varepsilon_N^W} = \overline{RMSE^W(N) - M * V^W}$$

Mittelwert über alle Windparks und Portfolios W

„Stichproben“-Experiment: Referenzwerte



Verteilungen für N = 17 Prognosemodelle
Hier am Beispiel von 2 Modellen A und B



A) Modellspezifischer mittlerer *RMSE*

$$RMSE_{all}(N) = \overline{RMSE^W(N)}$$

B) Modellspezifischer Fehler β

$$\beta_{all}(N) = \overline{RMSE^W(N) - M * V^W}$$

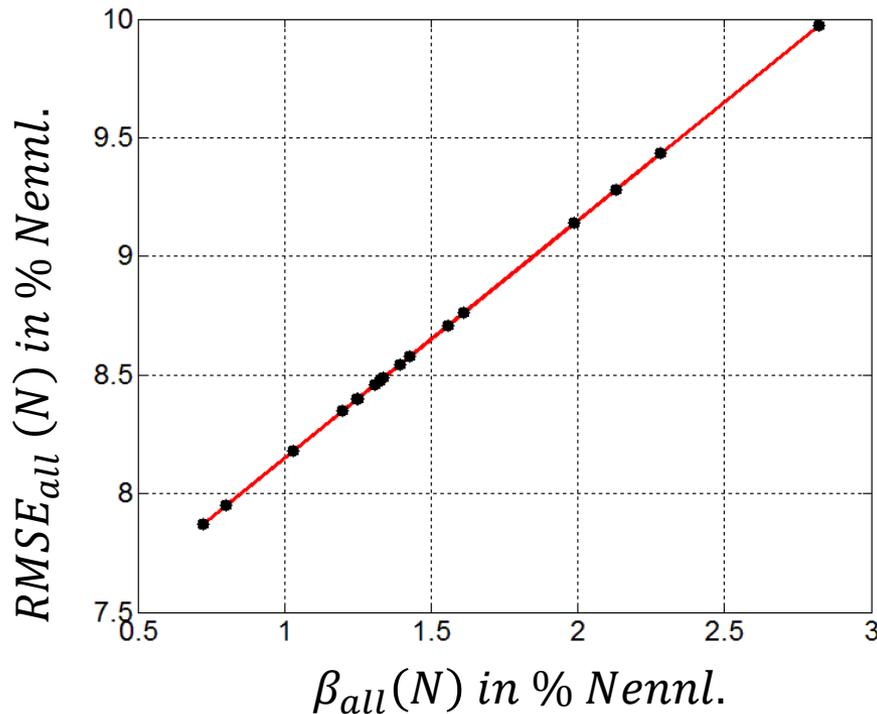
mit $M = 2.1$

$$V^W = \overline{|P^W(t) - P^W(t - 1h)|}$$

„Stichproben“-Experiment: Referenzwerte

Referenzwerte = Prognosemodellspezifische Mittelwerte $RMSE_{all}(N)$ und $\beta_{all}(N)$ über alle Windparks und Portfolios

- Ranking der Prognosegüte der $N = 17$ NWP-basierten Prognosemodellen
- Gleicher Informationsgehalt, wenn Auswertung über alle 250 Windparks und Portfolios

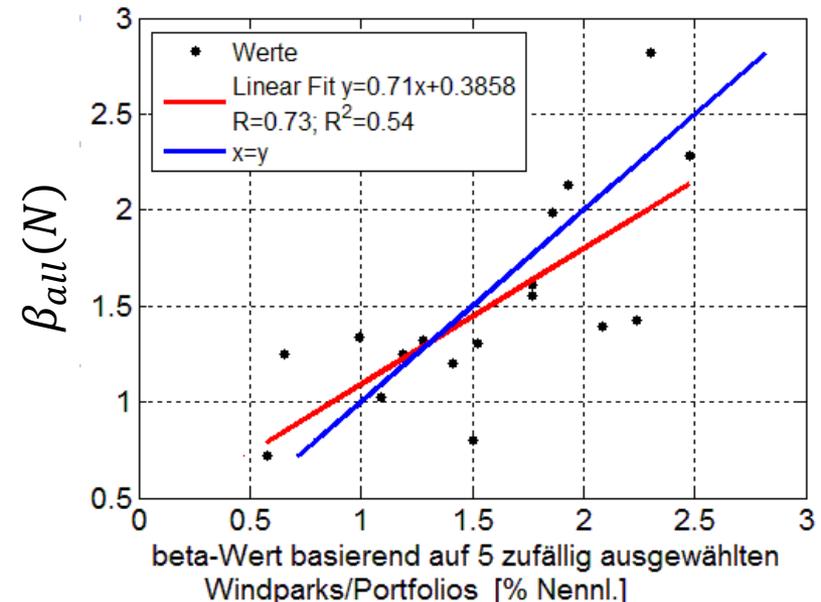
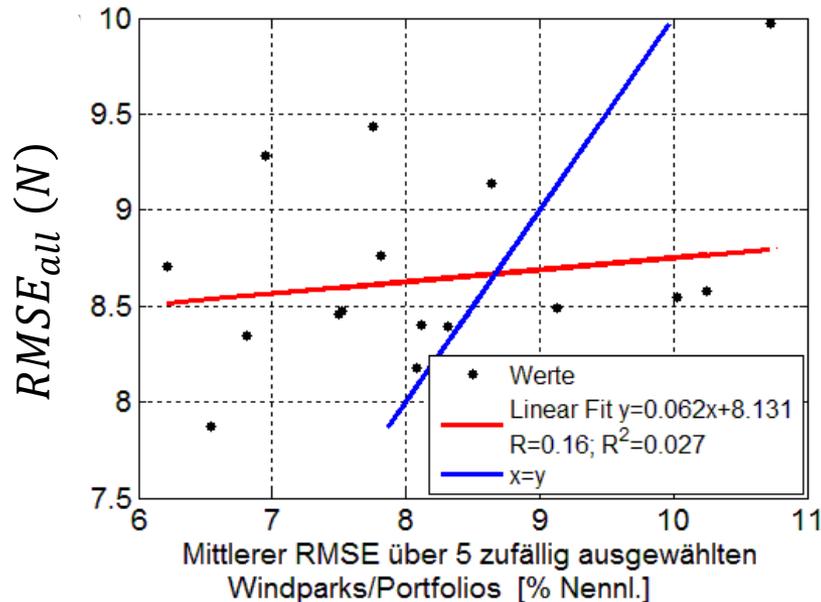


Aufgabe:

Abschätzung der Referenzwerte durch eine kleinere und zufällig ausgewählte Stichprobe je Prognosemodell

„Stichproben“-Experiment: Ergebnis 1

Berechnung von $RMSE(N)$ und $\beta(N)$ durch zufällige Ziehung von 5 Windparks und/oder Portfolios je Prognosemodell.

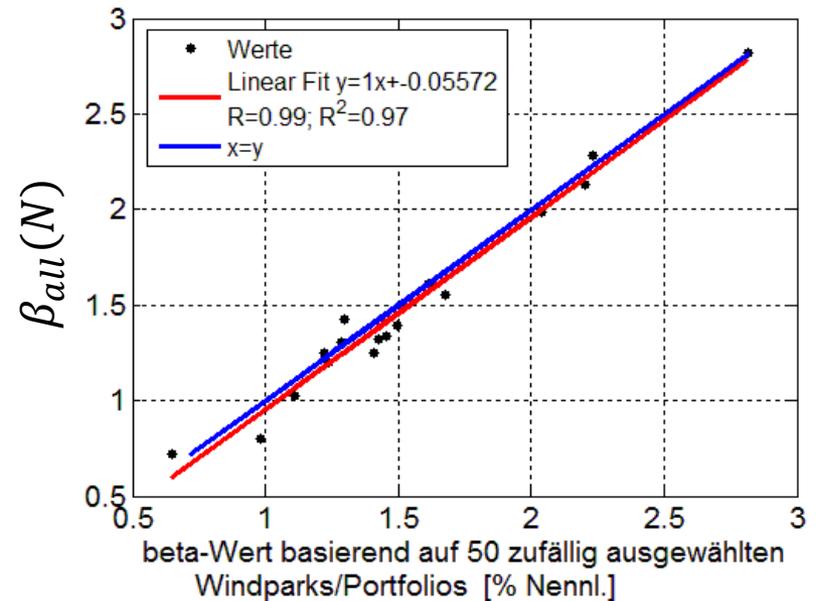
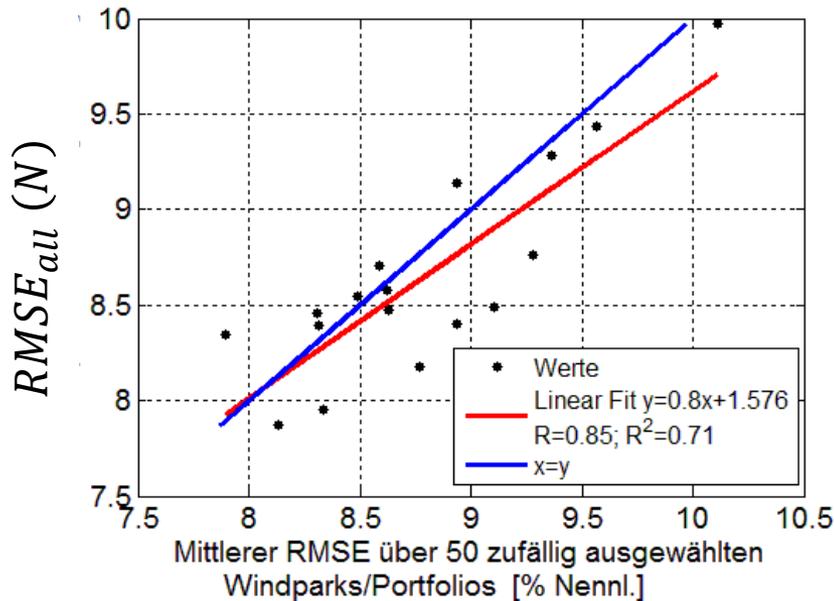


→ $R^2 \ll 1$: Referenzwerte können nicht ausreichend abgeschätzt werden durch Stichprobe

→ Vorteile bei β ersichtlich

„Stichproben“-Experiment: Ergebnis 2

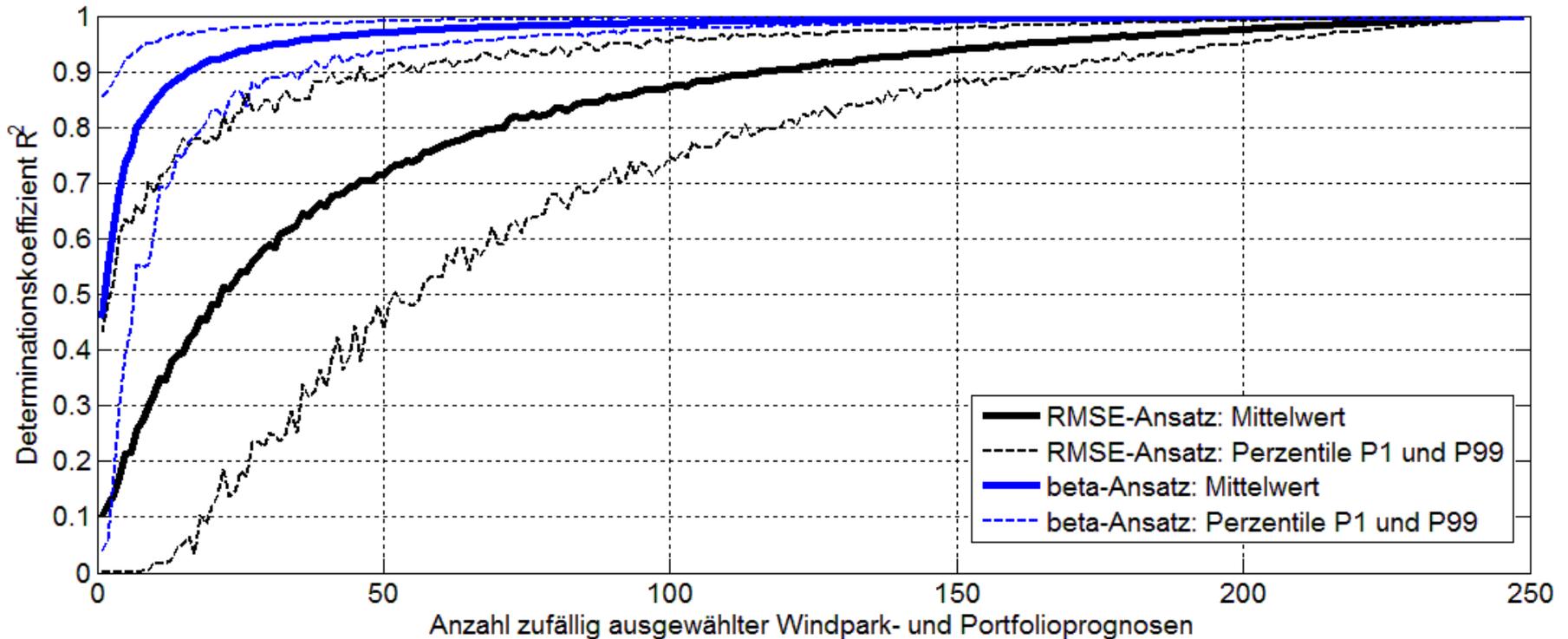
Berechnung von $RMSE(N)$ und $\beta(N)$ durch zufällige Ziehung von 50 Windparks und/oder Portfolios.



- Referenzwerte können relativ gut abgeschätzt werden durch die Stichprobe
- Deutliche Vorteile bei β ersichtlich ($R^2=0.97$)

„Stichproben“-Experiment: Ergebnis 3

1000maliges Neuziehen je Anzahl zufällig ausgewählter Windparks und Portfolios
→ Berechnung des Mittelwert, P1 und P99 aus 1000 Schätzwerten

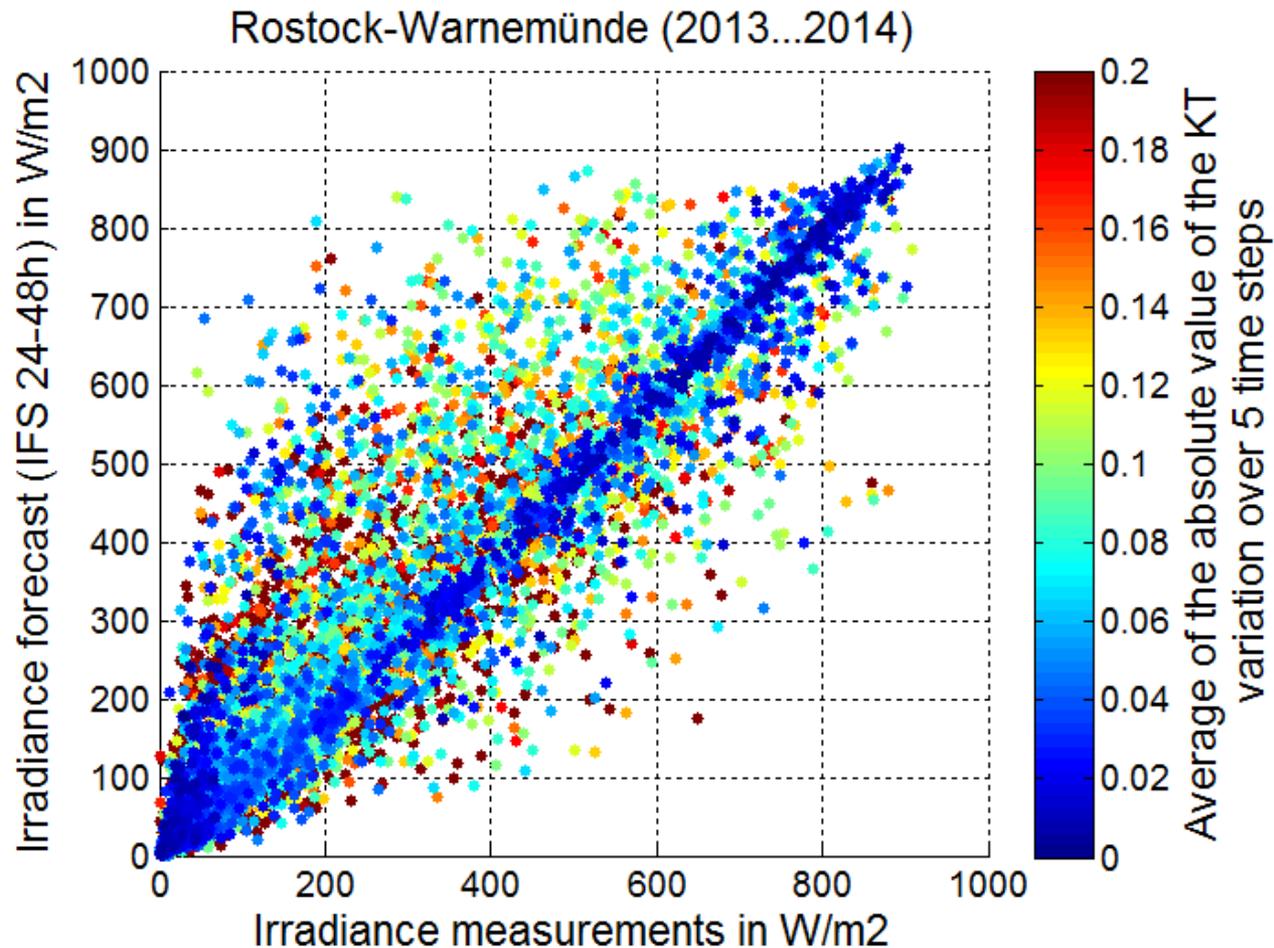


→ Deutlich schnelle Konvergenz und geringere Unsicherheit durch Abschätzung des Referenzwertes via $\beta(N)$

Zusammenfassung

- RMSE ist ungeeignet, um eine faire Aussage über die Qualität eines Prognosemodells zu treffen.
 - Ausnutzung von RMSE ~ Variabilität der Einspeisung zur Einführung des Modell-spezifischen Prognosefehlers β
 - Test von β innerhalb eines Stichprobenexperiments
- Deutlich schnelle Konvergenz und geringere Unsicherheit durch Abschätzung des Referenzwertes via β

Ausblick: Anwendung auf Solarstromvorhersage



Dobschinski, Siefert, Saint-Drenan: „Vorstellung eines neuen modellspezifischen Fehlermaßes zur Bewertung von Wandleistungsprognosemodellen“, 4. Fachtagung Energiemeteorologie, 20.-22. April 2016 in Bremerhaven

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT.

 **Fraunhofer**
IWES

Dr. rer. nat. Jan Dobschinski

Gruppenleiter Prognosen für Energiesysteme
Bereich Energiewirtschaft und Netzbetrieb
Fraunhofer-Institut für Windenergie
und Energiesystemtechnik IWES

Königstor 59 | 34119 Kassel
Telefon 0561 7294-213 | Fax 0561 7294-260
jan.dobschinski@iwes.fraunhofer.de

