
VERIFIKATION VON EINSPEISEPROGNOSEN ERNEUERBARER ENERGIETRÄGER ANHAND VERTIKALER NETZLASTEN

5. Fachtagung Energiemeteorologie, Goslar, 05.06.2018

Britta Mey, Malte Siefert, Jan Dobschinski



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

FKZ [0350004A](#)

Verifikation durch Vergleichsmessungen



Verifikation meteorologischer Messgrößen



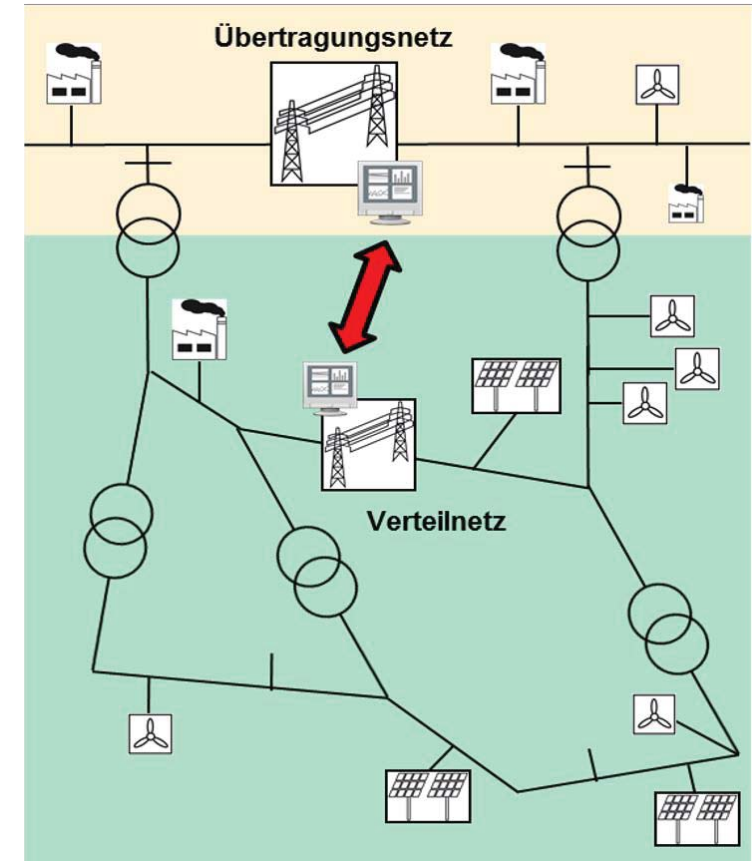
Verifikation der PV- und Windleistungsprognose
am Einspeisepunkt



Verifikation ohne direkte Vergleichsgröße

Prognosen für Umspannanlagen – Vertikale Netzlast

- Dezentrale Erzeugung von Windleistung/Photovoltaikleistung (PV)
 - Höchstspannungsebene (HöSp, 220/380 kV): große Windparks (On-/Offshore)
 - Hochspannungsebene (HoSp, 60-110 kV): Windparks Onshore, PV-Parks
 - Mittel- und Niederspannungsebene: Windparks Onshore, PV-Parks, PV-Anlagen
- Prognose für Umspannwerke → Kein direkter Messwert zur Verifikation vorhanden → Vertikale Netzlast



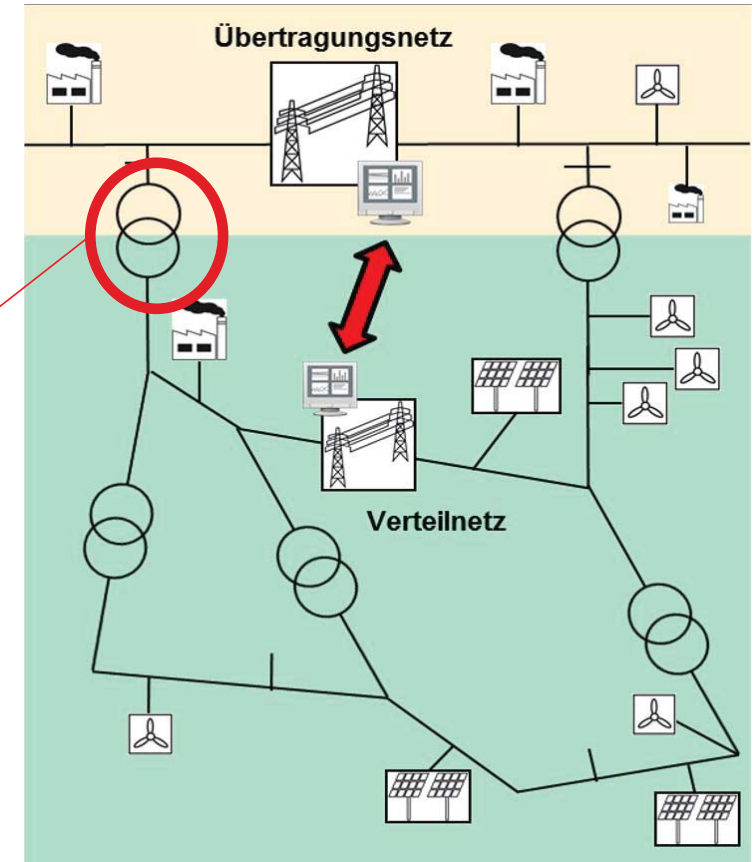
Verifikation ohne direkte Vergleichsgröße

Prognosen für Umspannanlagen - Vertikale Netzlast

- Die vertikale Netzlast ist die vorzeichenrichtige Summe aller Übergaben aus dem Übertragungsnetz über direkt angeschlossene Transformatoren und Leitungen zu Verteilnetzen und Endverbrauchern. (Quelle: <http://www.50hertz.com/de/Kennzahlen/Vertikale-Netzlast>, 03.05.2018)
- Hier: Vertikale Netzlast an einzelnen Umspannanlagen

$$P_{VNL} = P_E + P_L$$

$$P_E = P_{E,konv} + P_{E,Wind} + P_{E,PV} + P_{E,EE\ sonst.}$$

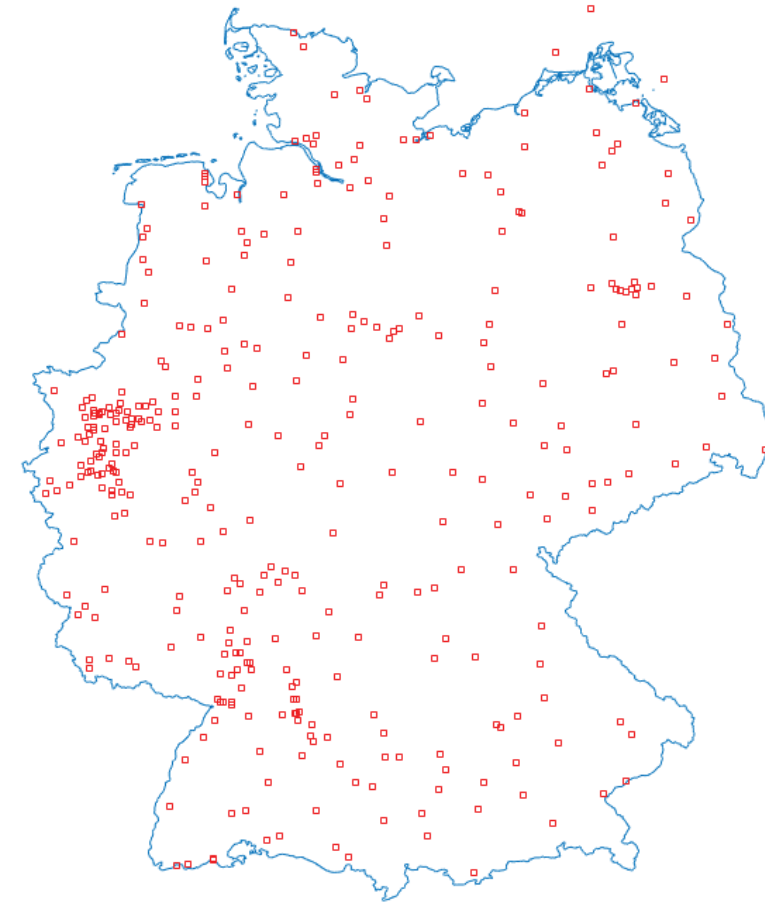


Verifikation ohne direkte Vergleichsgröße

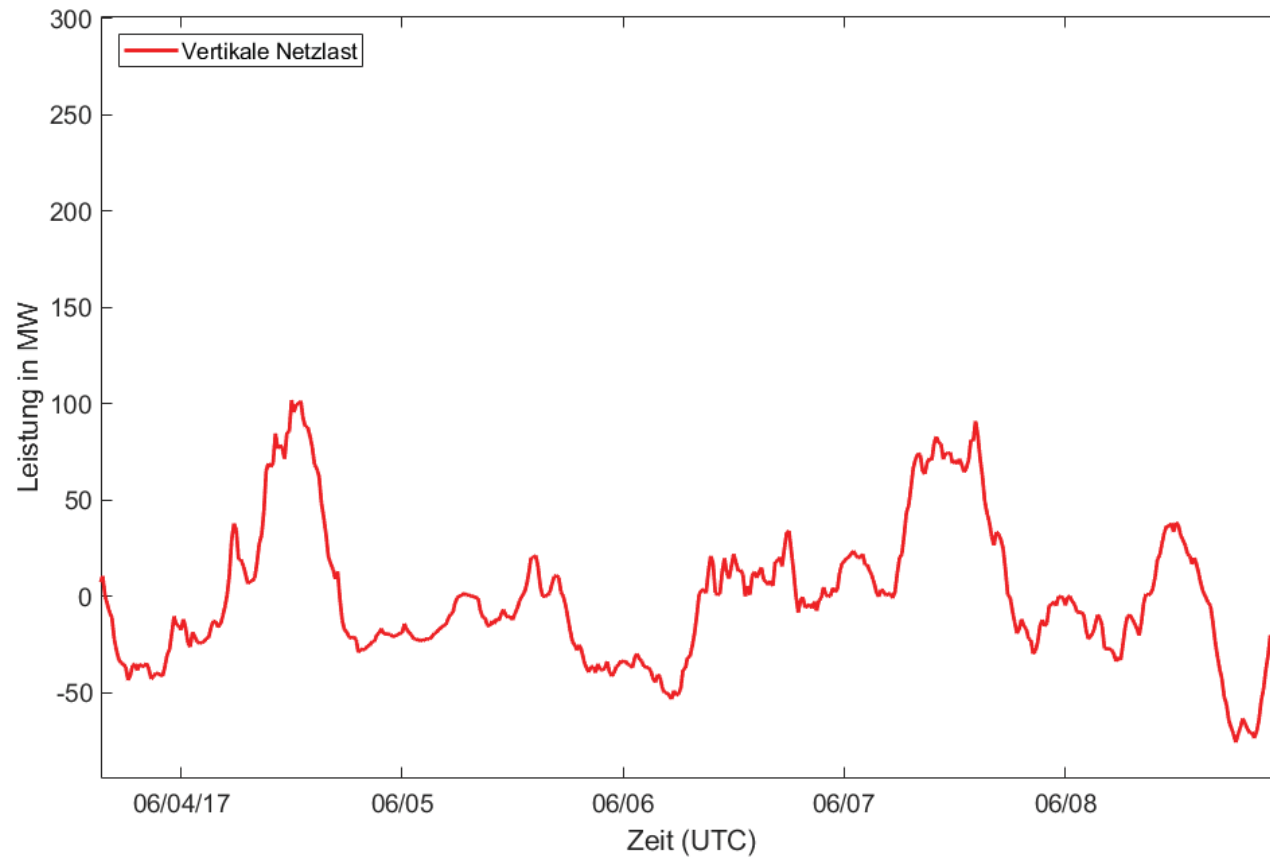
Prognosen für Umspannanlagen - Vertikale Netzlast

- Zur Verfügung stehende Messwerte:
 - Zeitserien der an Transformatoren gemessene vertikale Netzlast
 - Zählerwerte für Regionen
 - Zählerwerte für direkteinspeisende PV- und Windenergieanlagen
- Mögliche Wege der Verifikation
 - Verwenden eines indirekten Gütemaßes für Prognose an Umspannanlagen (Hier: Adjustiertes Bestimmtheitsmaß)
 - Zerlegung der vertikalen Netzlast in Erzeugung-Wind, Erzeugung-PV, Residuum bestehend aus übriger Erzeugung und Last

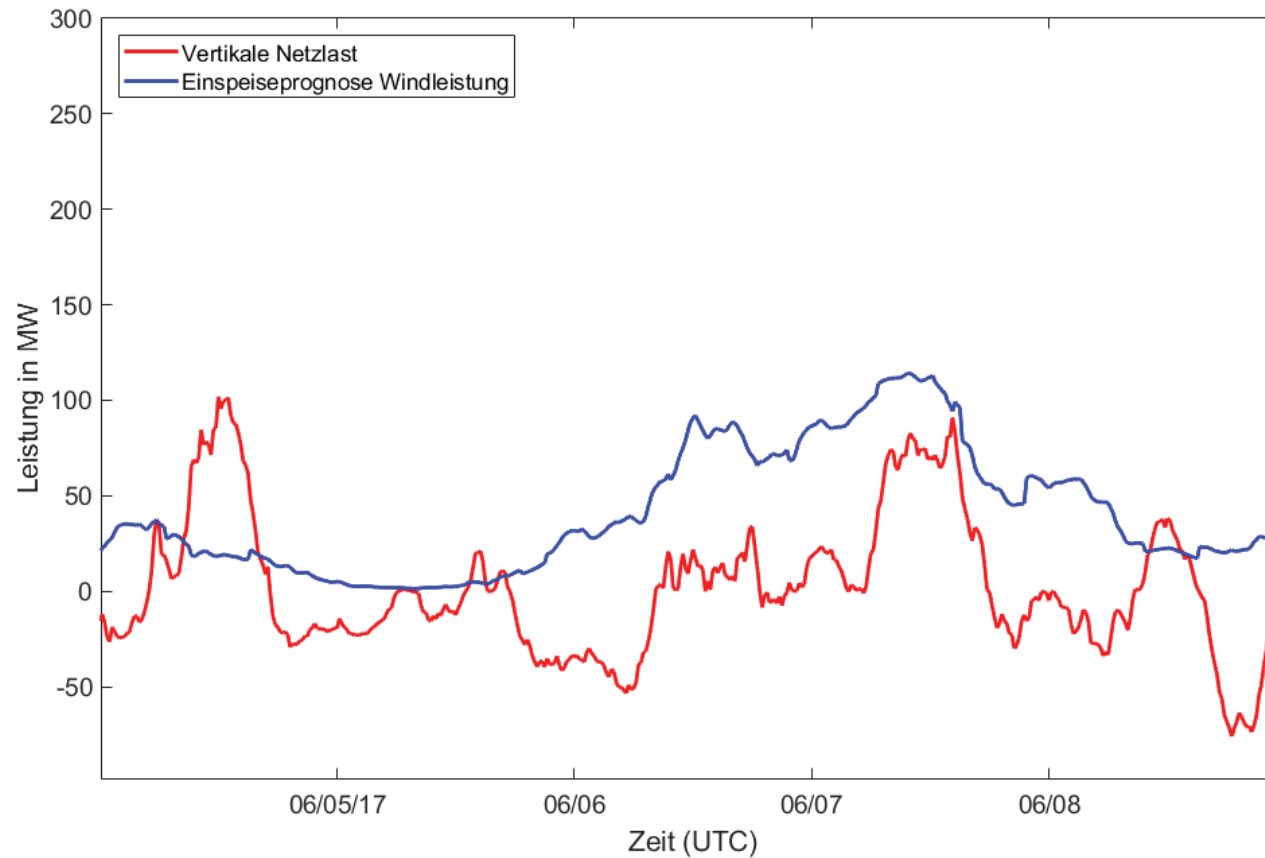
Lage der Umspannanlagen



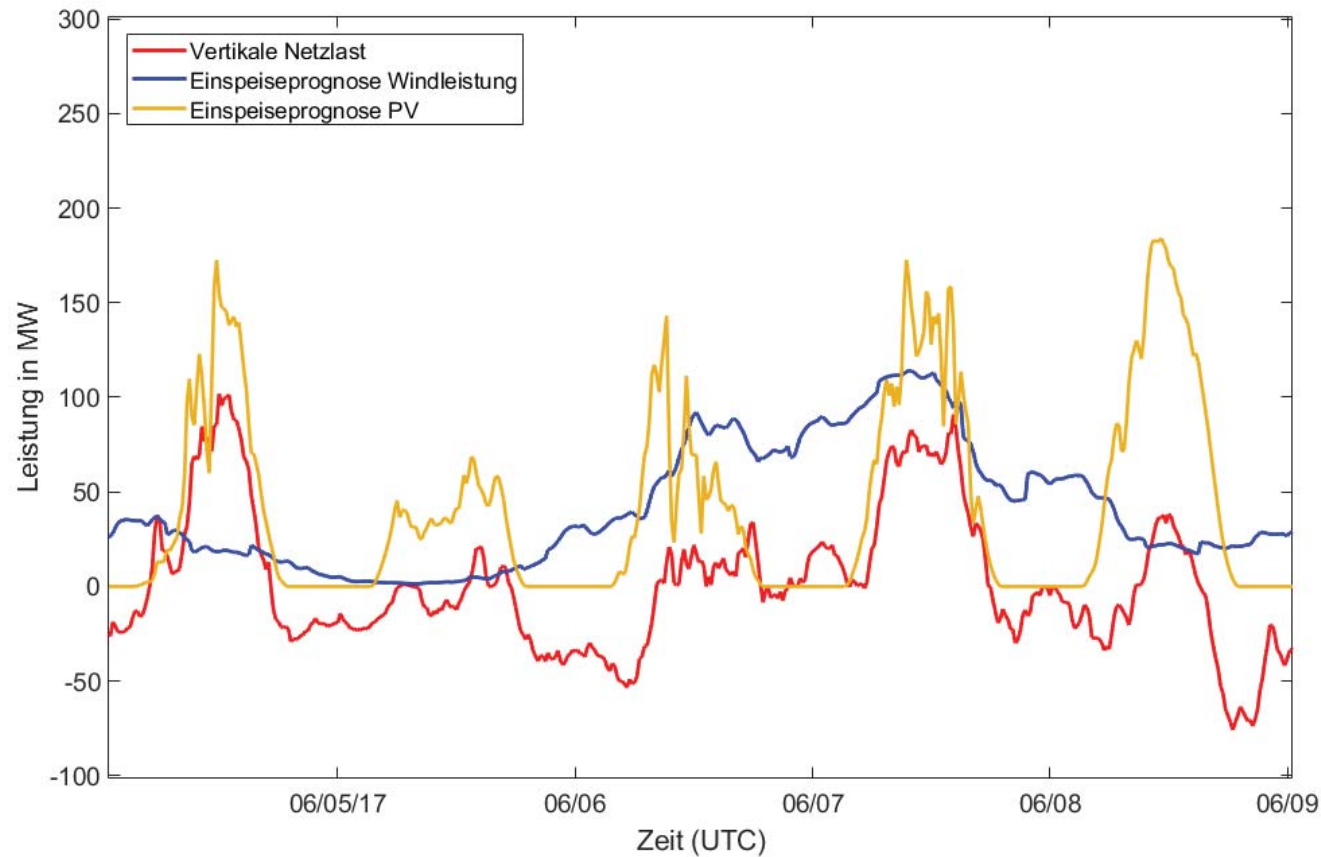
Beispiel: Gemessene Vertikale Netzlast im Vergleich zu Einspeiseprognosen



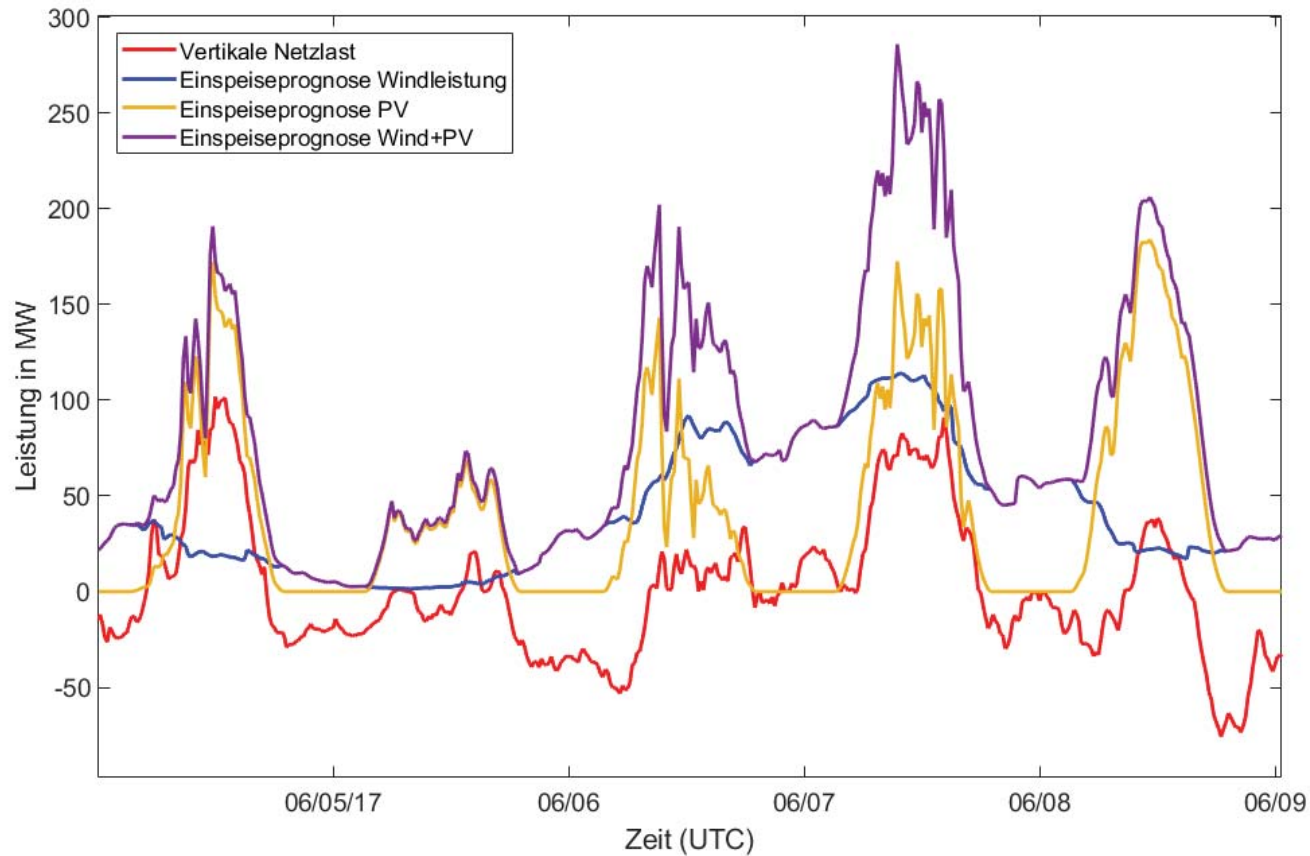
Beispiel: Gemessene Vertikale Netzlast im Vergleich zu Einspeiseprognosen



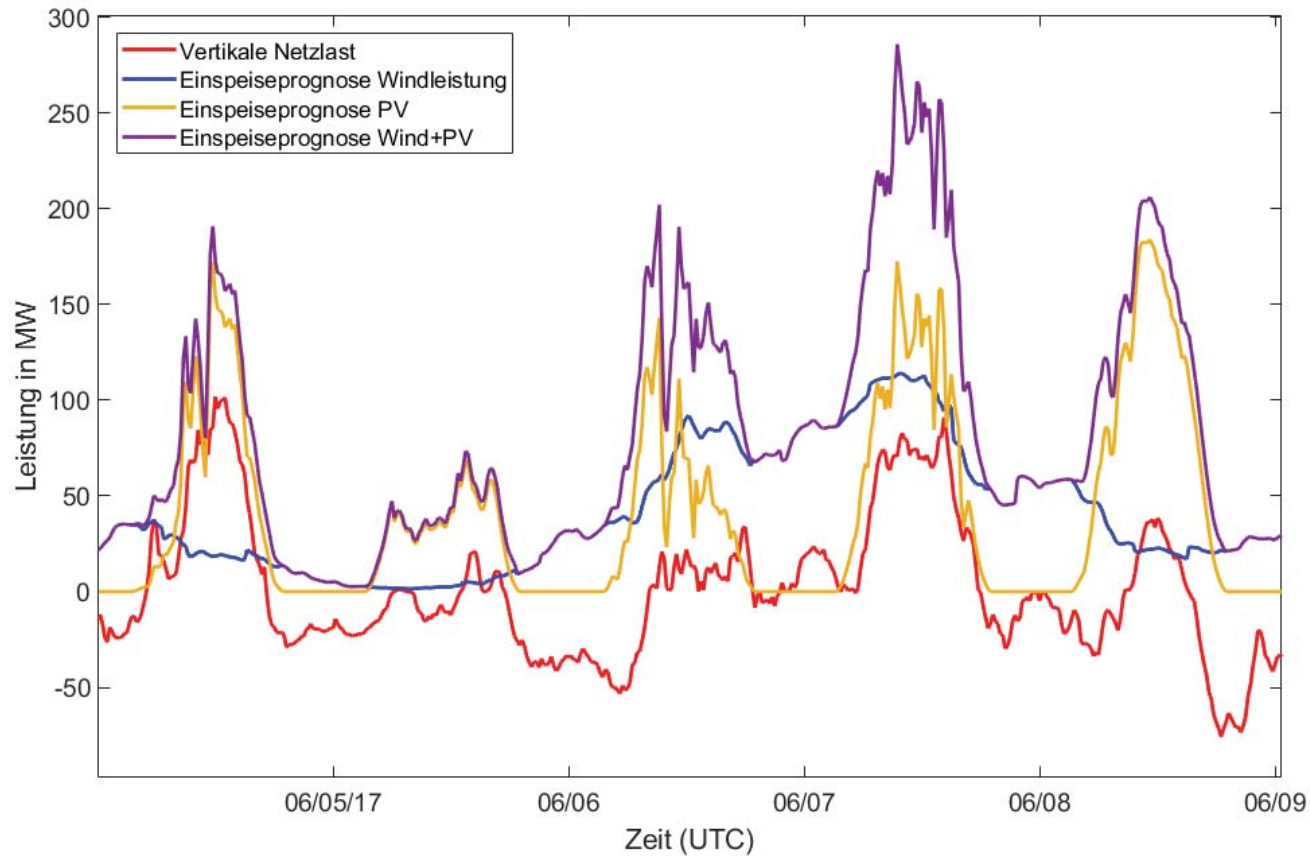
Beispiel: Gemessene Vertikale Netzlast im Vergleich zu Einspeiseprognosen



Beispiel: Gemessene Vertikale Netzlast im Vergleich zu Einspeiseprognosen



Beispiel: Gemessene Vertikale Netzlast im Vergleich zu Einspeiseprognosen



Nicht in Prognosen
enthalten:

- Last
- Sonstige Erzeuger

Das adjustierte Bestimmtheitsmaß als Gütekriterium für Einspeiseprognosen an Umspannanlagen

■ Adjustiertes Bestimmtheitsmaß R_{adj}^2

$$R_{adj}^2 = 1 - \frac{\sum_i [(y_i - \bar{y}) - (f_i - \bar{f})]^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}$$

y_i Gemessene vertikale Netzlast,

\bar{y} Mittelwert der vert. Netzlast,

f_i Vorhersage der Einspeisung (Windleistung, PV),

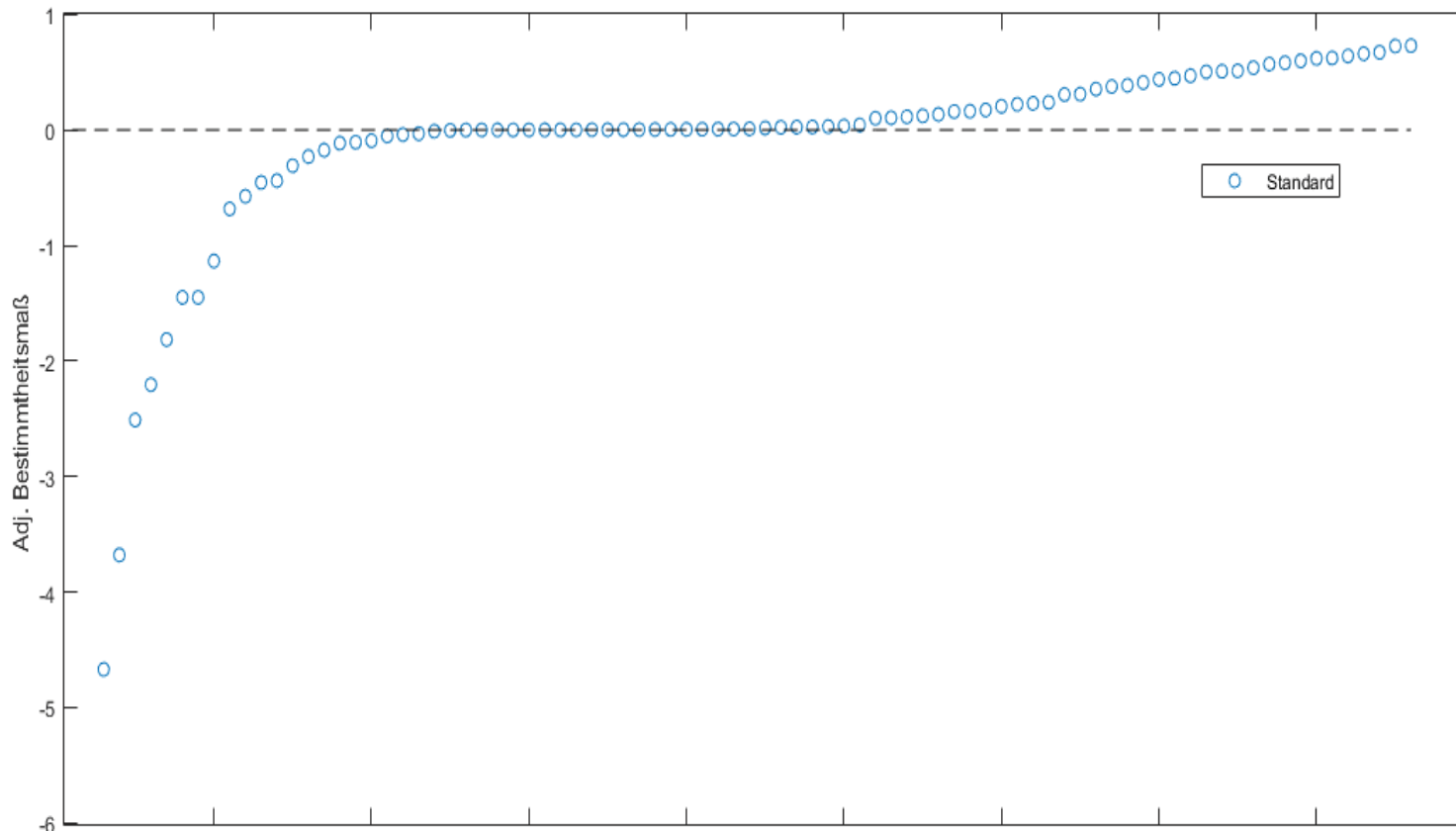
\bar{f} Mittelwert der Vorhersage

- Änderung zur allg. Definition des Bestimmtheitsmaßes: Mittelwertkorrektur im Zähler

■ Erläuterung:

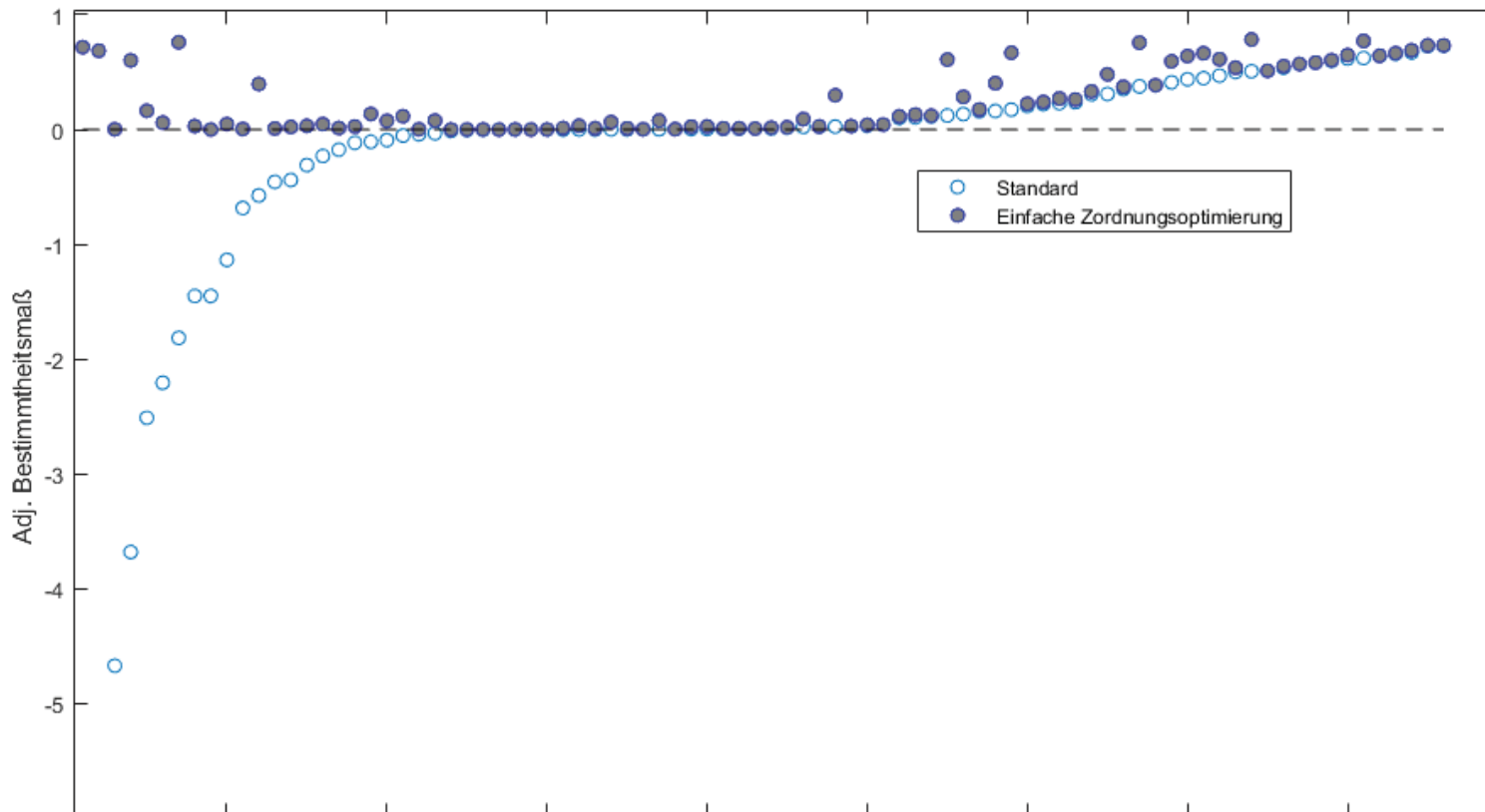
- $R^2 = 1$ Prognose erklärt vollständig die Variabilität der vertikalen Netzlast
- $0 < R^2 \leq 1$ Prognose erklärt einen Teil der Variabilität der vertikalen Netzlast
- $R^2 < 0$ möglich, i.d.R. Hinweis auf Fehler innerhalb des Datensatzes

Anwendung: Nachweis der Prognoseverbesserung durch Optimierung der Zuordnung



- Bestimmtheitsmaß der Prognosen an UA mit schlechter Zuordnung deutlich außerhalb des Normbereichs $[0,1]$
- Einfache Zuordnungsoptimierung spiegelt sich in Verbesserung des Bestimmtheitsmaßes wider

Anwendung: Nachweis der Prognoseverbesserung durch Optimierung der Zuordnung



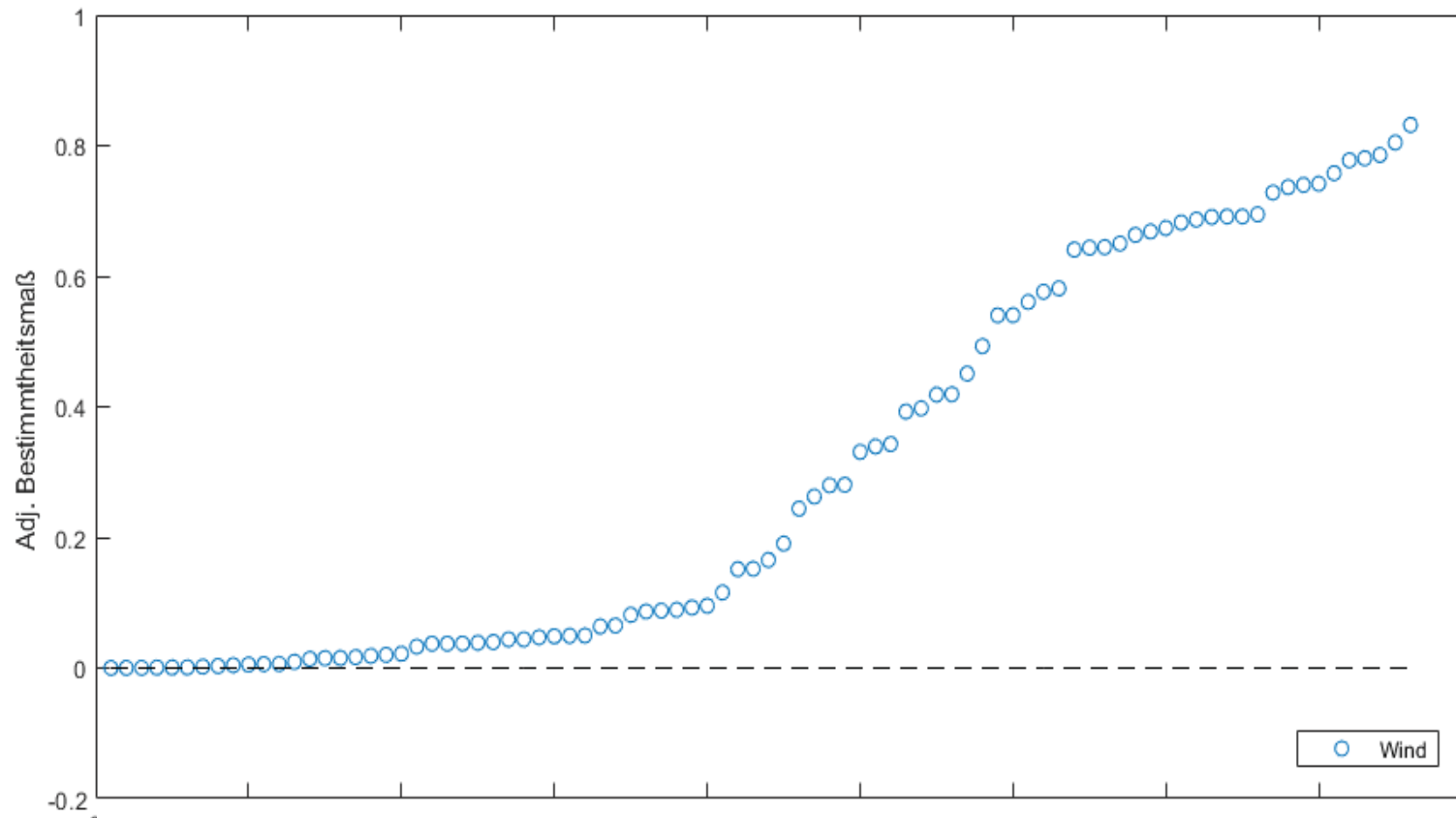
Bestimmtheitsmaß der Prognosen an UA mit schlechter Zuordnung deutlich außerhalb des Normbereichs $[0,1]$

Einfache Zuordnungsoptimierung spiegelt sich in Verbesserung des Bestimmtheitsmaßes wider

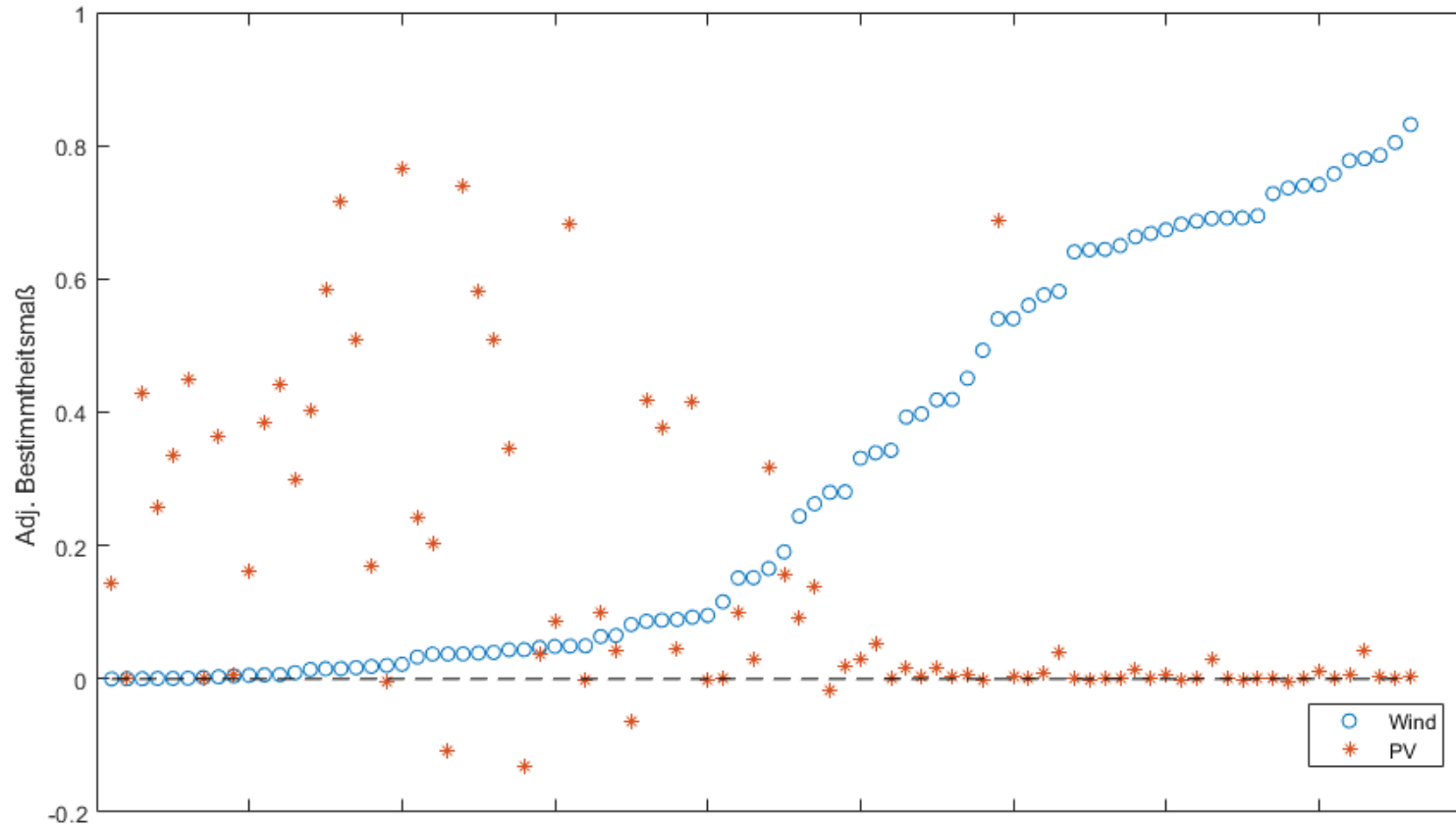
Anwendung: Verifikation von Photovoltaik- und Windleistungs- Einspeiseprognosen

- Beobachtungen y (vertikale Netzlast)
- Vorhersage f (z.B. PV-Prognose)
- Annahme für Bestimmtheitsmaß: $\epsilon = y - f$ sind unkorreliert zu den geschätzten Werten f .
- Aber: Verbrauch (ϵ ist stark vom Verbrauch dominiert) hat wie PV einen starken Tagesgang
- Lösung (Entfernung periodischer Anteile):
 - Berechnung des Residuum $\epsilon = y - f$
 - Bestimmung des periodischen Anteils (z.B. über einfaches periodisches Modell)
 - Subtraktion des periodischen Anteils von der vertikalen Netzlast
- Auswertung hinsichtlich der um periodische Anteile bereinigte vertikale Netzlast

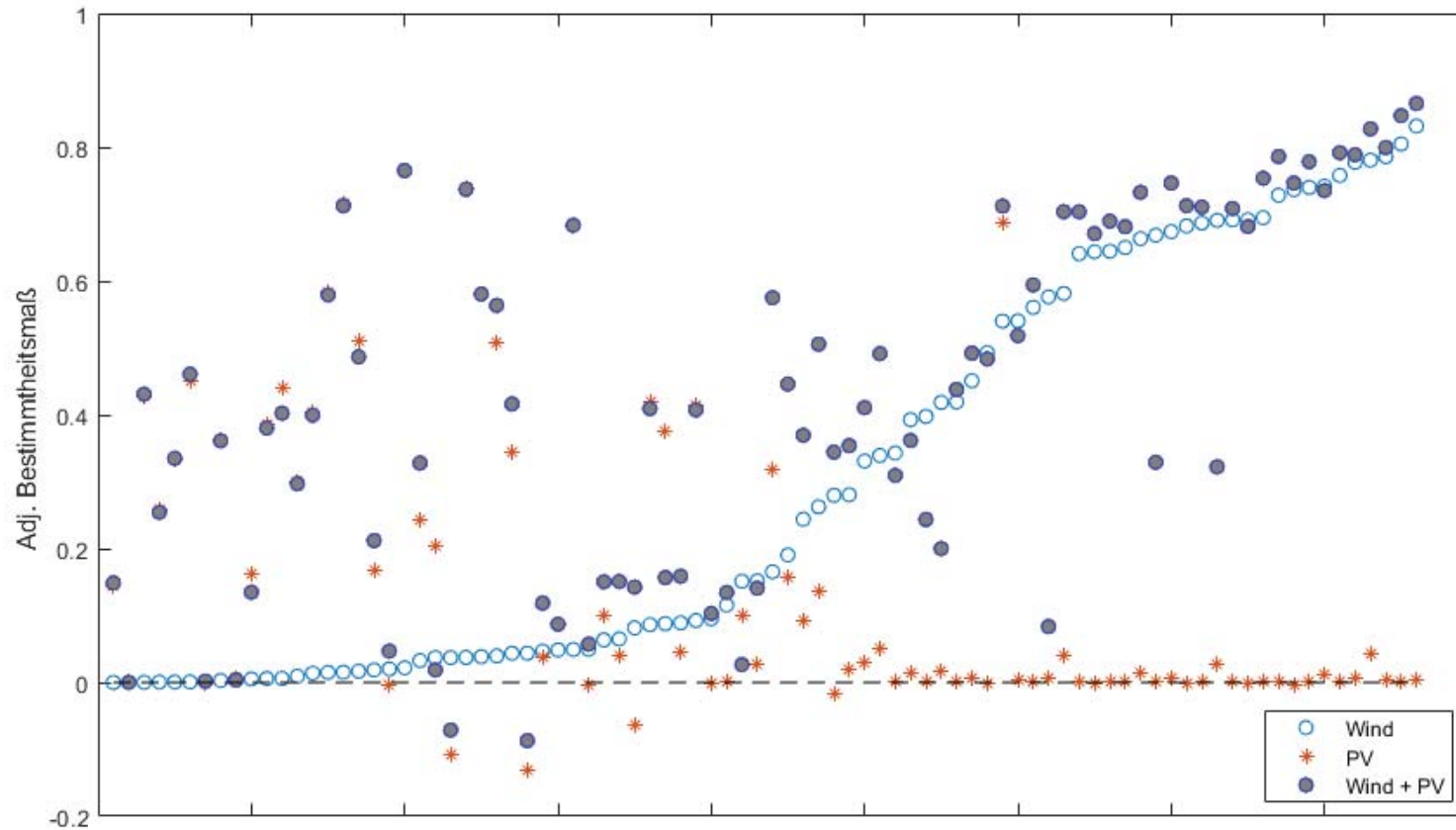
Anwendung: Verifikation von Photovoltaik- und Windleistungs- Einspeiseprognosen



Anwendung: Verifikation von Photovoltaik- und Windleistungs- Einspeiseprognosen



Anwendung: Verifikation von Photovoltaik- und Windleistungs- Einspeiseprognosen



Fazit und Ausblick

- Das adjustierte Bestimmtheitsmaß ist geeignet um relative Verbesserungen nachzuweisen
 - Mögliche Referenz: Basisvorhersagesystem
- Verifikation der Photovoltaik-Einspeisevorhersage mittels Bestimmtheitsmaß ist nicht direkt mit vertikaler Netzlast möglich, da beide periodische Charakteristik aufweisen
 - Subtraktion des periodischen Anteils von der vertikalen Netzlast

-
- Berücksichtigung von Netzgruppen in Verifikation
 - Vorhersage und Verifikation für Transformatoren
 - Vorhersage und Verifikation möglicher Einspeisung

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!