

Explorative Datenanalyse und Punktvorhersage von Windenergie

Phil Neuburger - Wintersemester 24/25

Daten

Basis

- SCADA-Daten aus Windparks in Großbritannien (Kelmarsh und Penmanshiel)
- Zeitraum: 2016 - Mitte 2021, 10-Minuten-Auflösung
- Enthaltene Daten:
 - Meteorologische Daten (Windgeschwindigkeit, Windrichtung)
 - Technische Daten (Rotordrehzahl, Öltemperatur)
 - Statusmeldungen (Wartungen, Ausfälle)

Daten

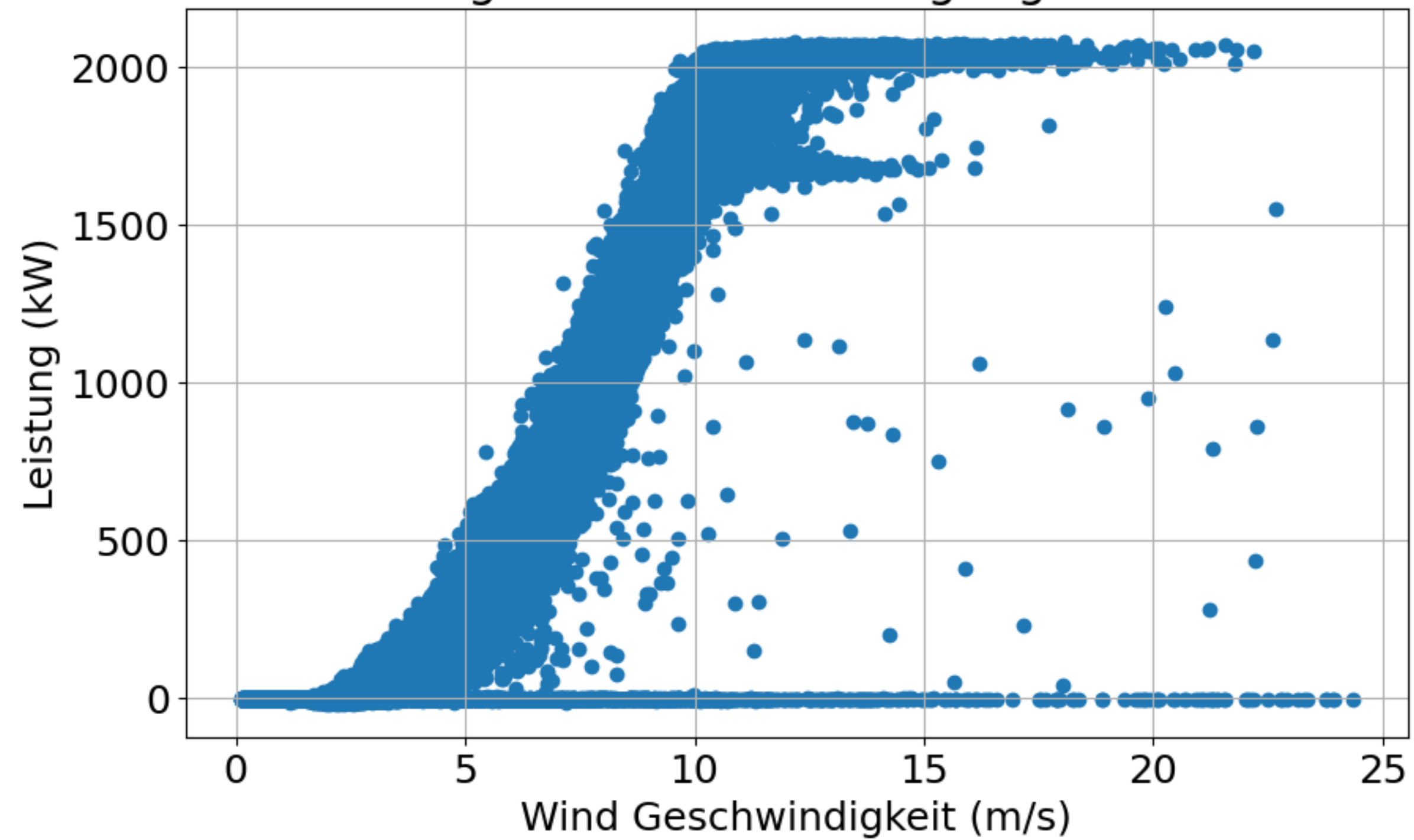
Aufbereitung

- Fehlende Werte naiv interpoliert (linear)
- Negative Leistungswerte auf null gesetzt
- Ausfälle und Wartungen bereinigt
- Diskrepanz zwischen Windrichtung und Ausrichtung der Windturbine bereinigt

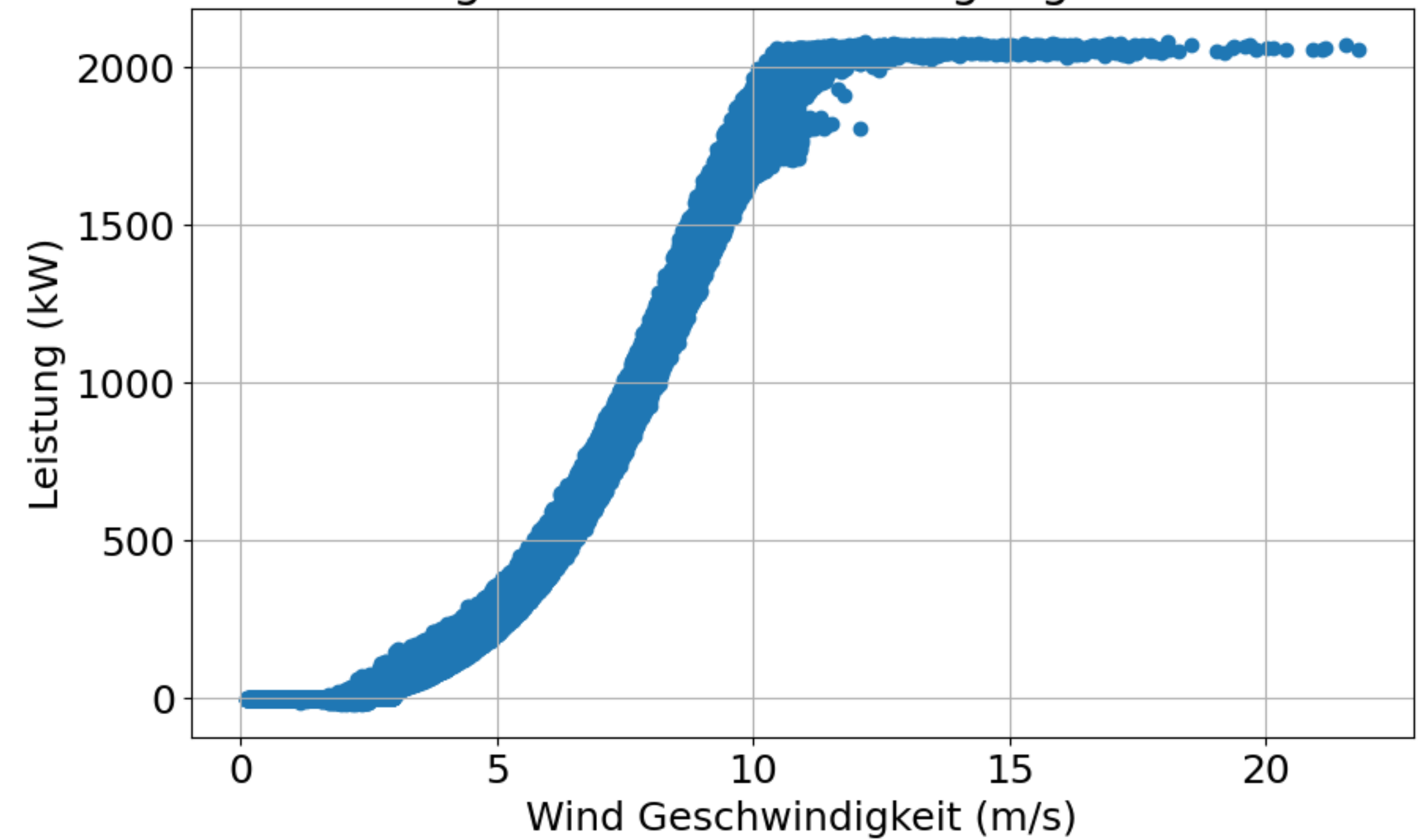
Daten

Aufbereitung

Leistungskurve vor Bereinigung der Daten



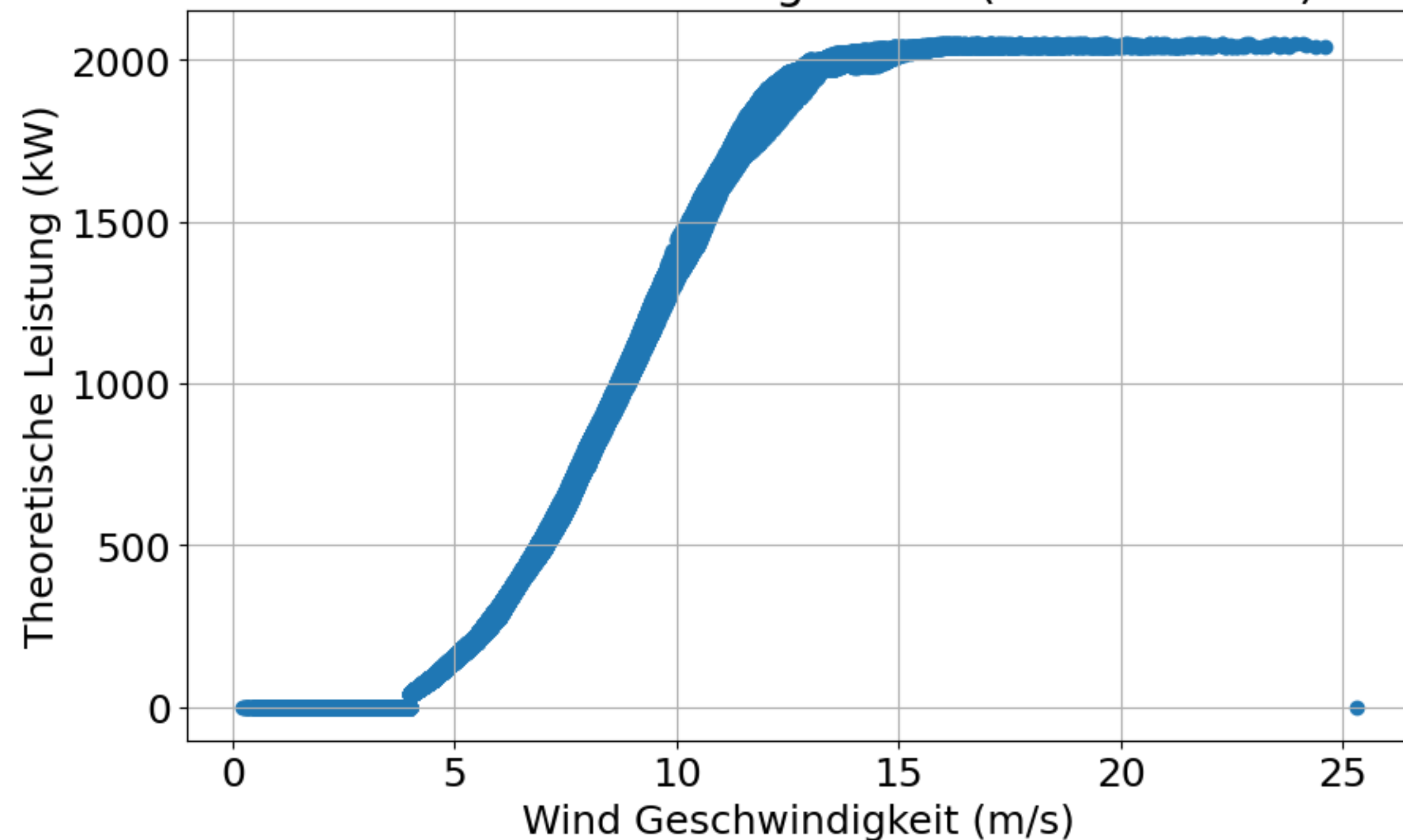
Leistungskurve nach Bereinigung der Daten



Daten

Analyse

Theoretische Leistungskurve (Penmanshiel)

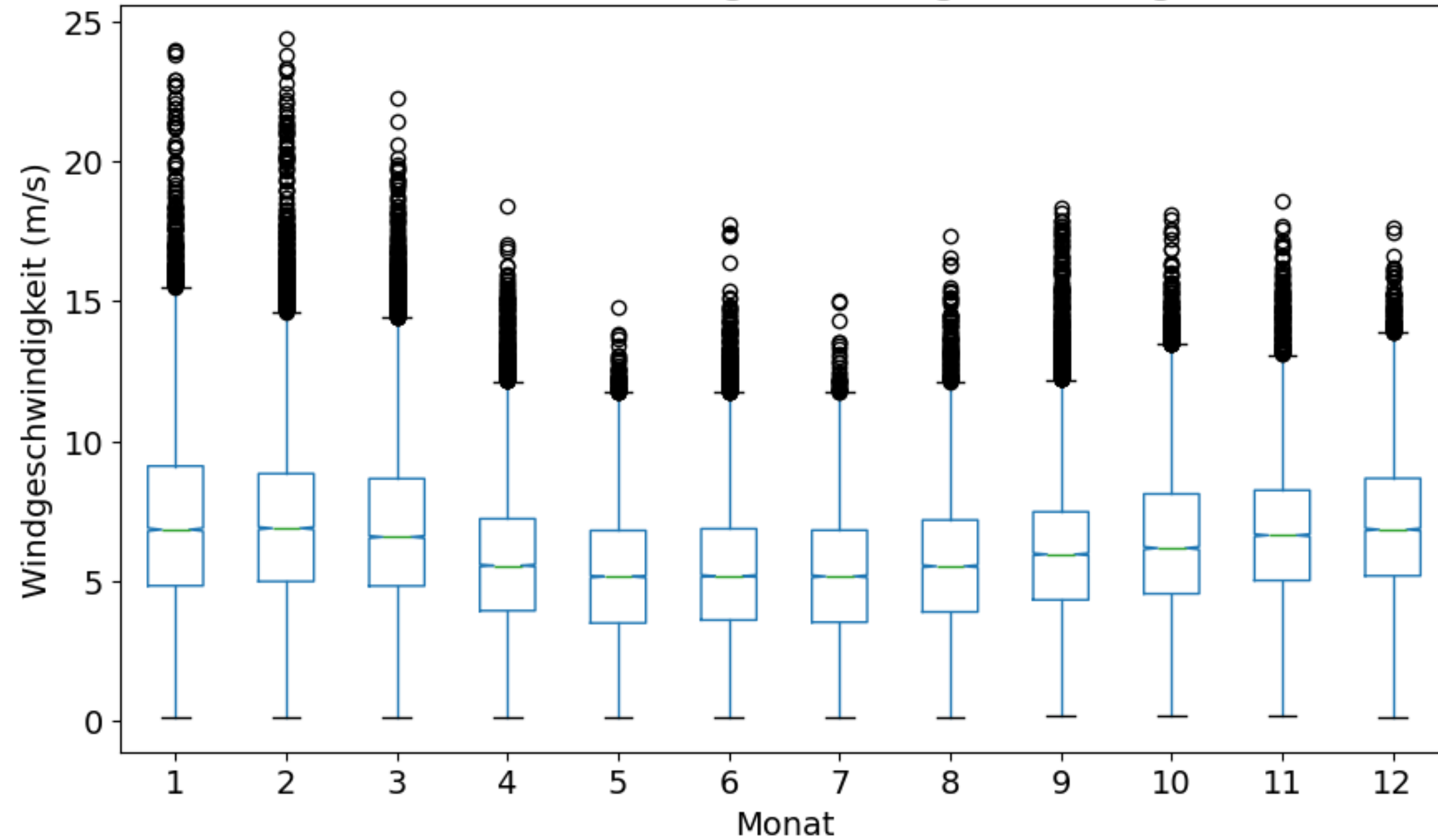


- Nichtlinearer Zusammenhang
- Grund:
 - Gegebenheiten der Windturbine
 - Einschaltgeschwindigkeit
 - Nenngeschwindigkeit
 - Abschaltgeschwindigkeit

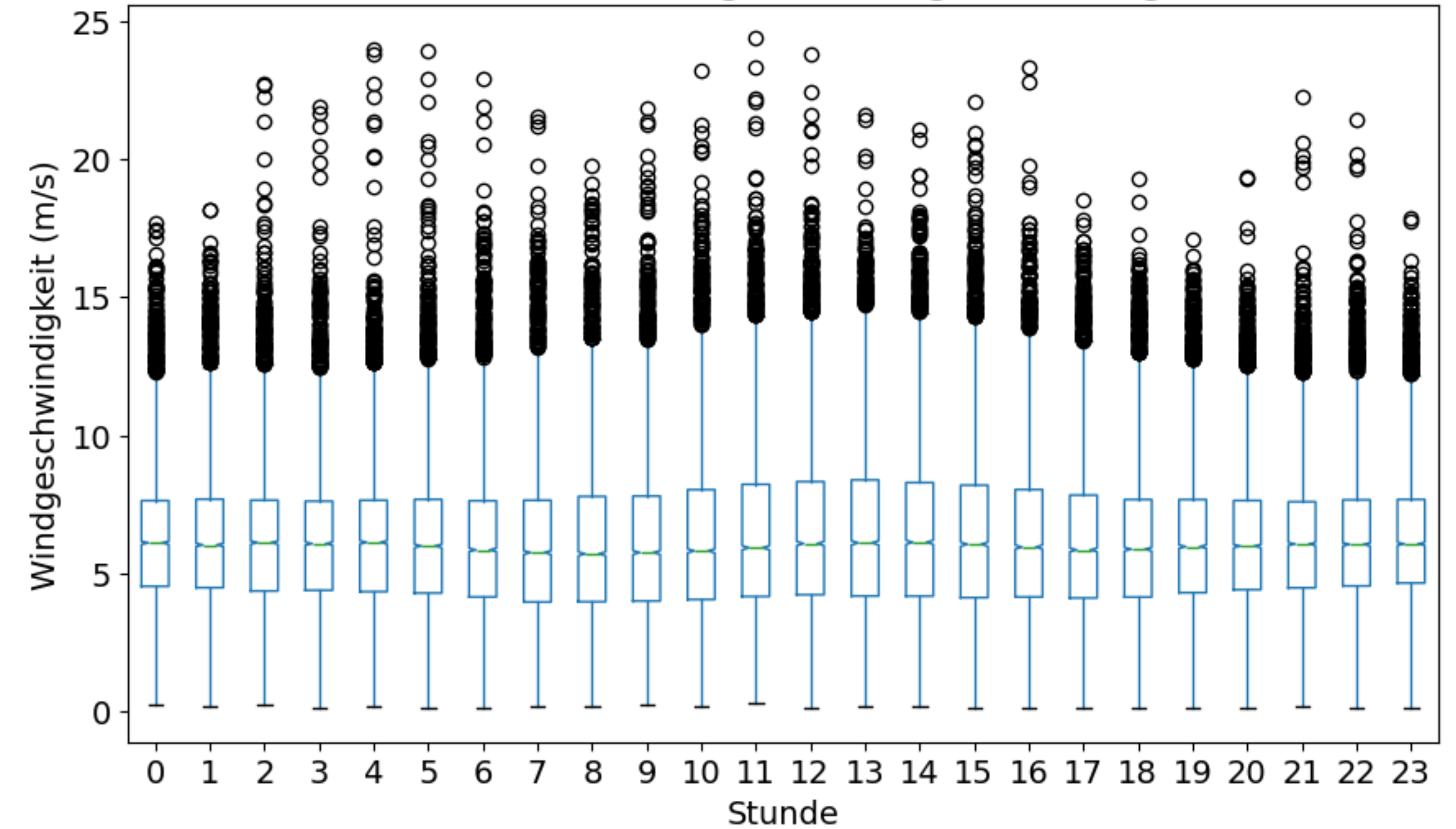
Daten

Analyse

Monatliche Verteilung der Windgeschwindigkeit

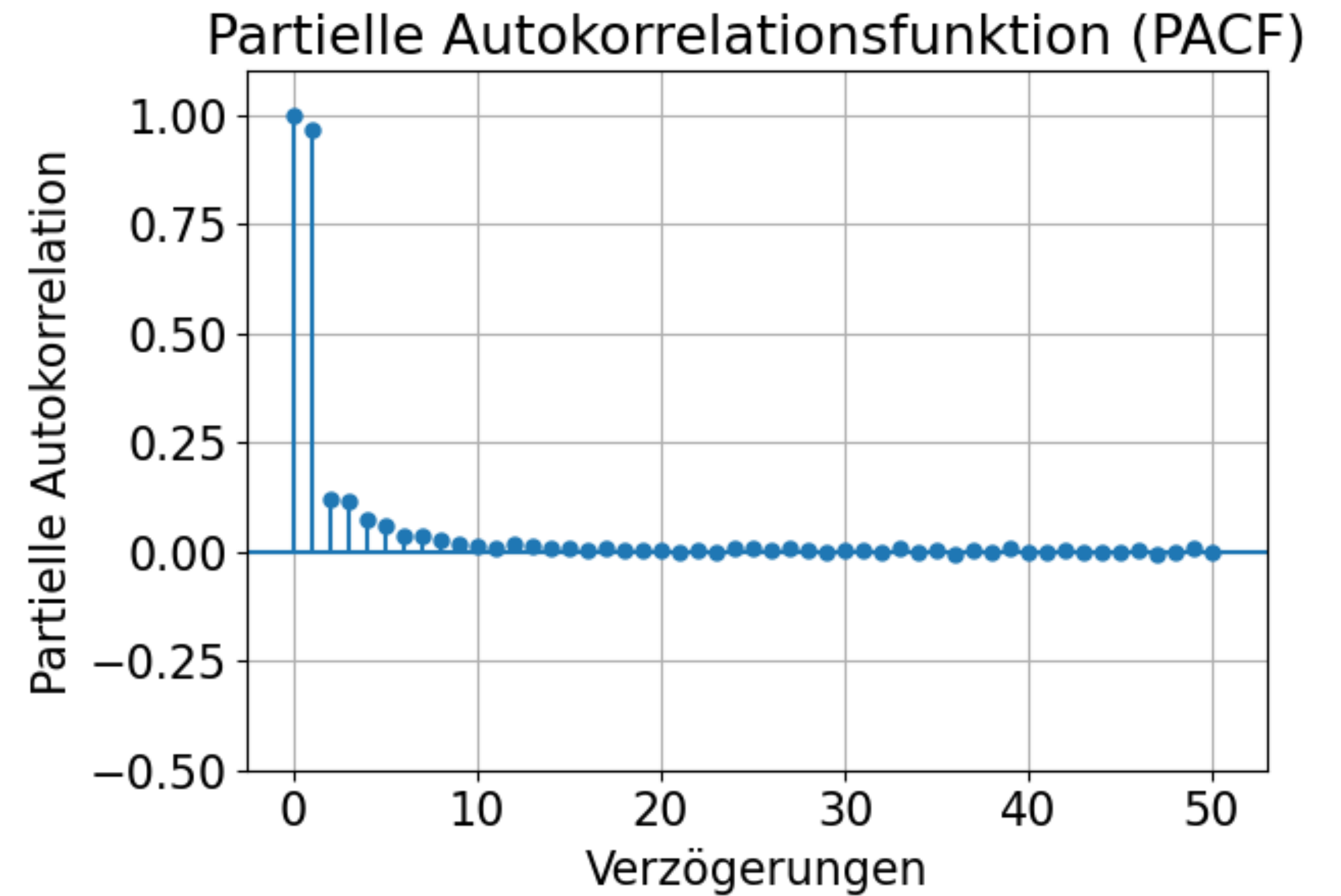
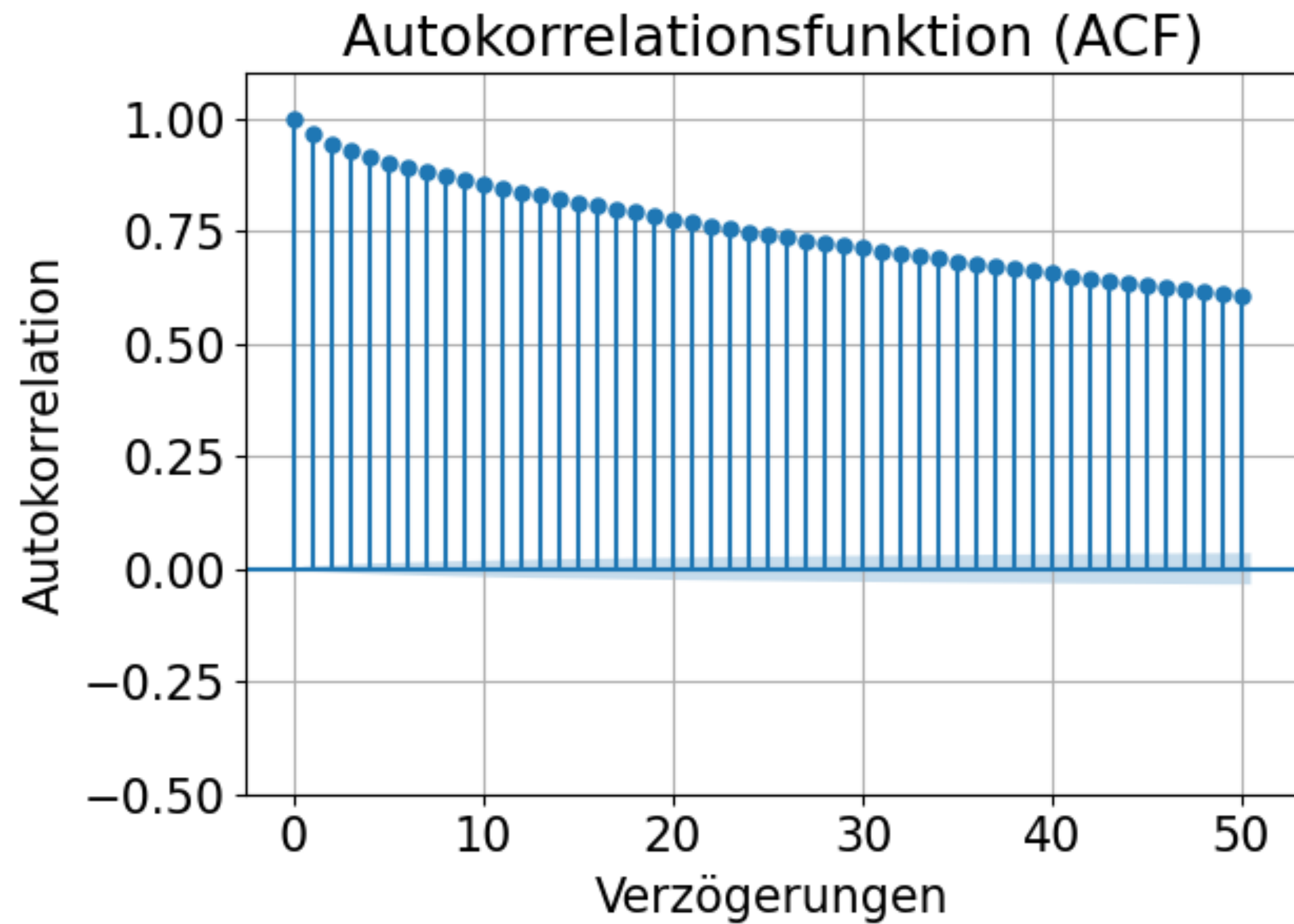


Stündliche Verteilung der Windgeschwindigkeit



Daten

Analyse



Experimente

Modelle

- Forecasts
 - Zeitreihenvorhersagen
 - Zukünftige Leistung vorhersagen anhand von historischen Leistungsdaten
 - 6 Schritte (1 Stunde) wurden vorhergesagt
- Nowcasts
 - Leistung anhand der Windgeschwindigkeit zum selben Zeitpunkt bestimmen

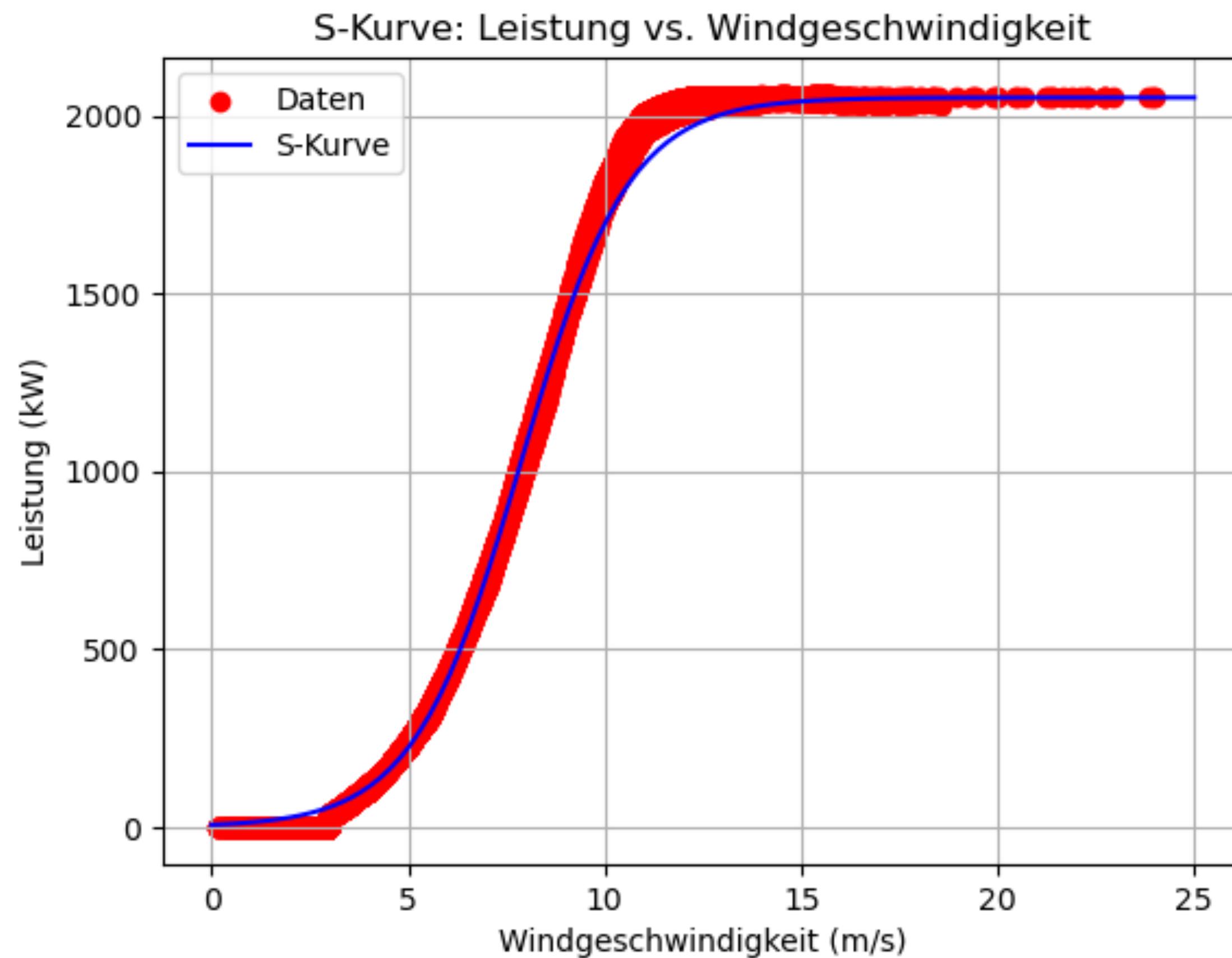
Experimente

Modelle

- Forecasts:
 - ARIMA, Prophet, Random Forest und XGBoost
- Nowcasts:
 - SARIMAX, GAM, Random Forest, Gradient Boosting und XGBoost
 - An Leistungskurve angepasste S-Kurve als Baselinemodell

Experimente

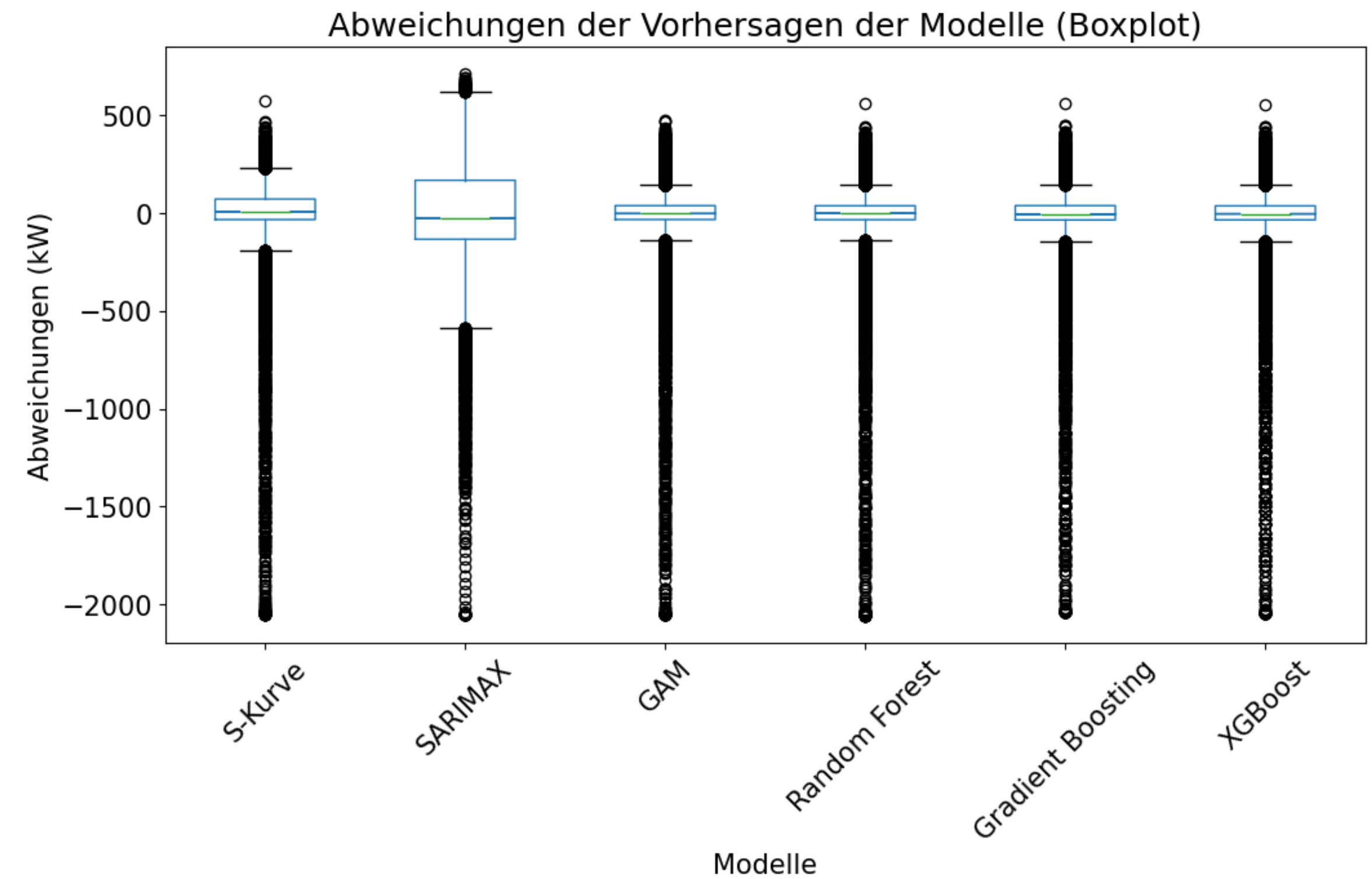
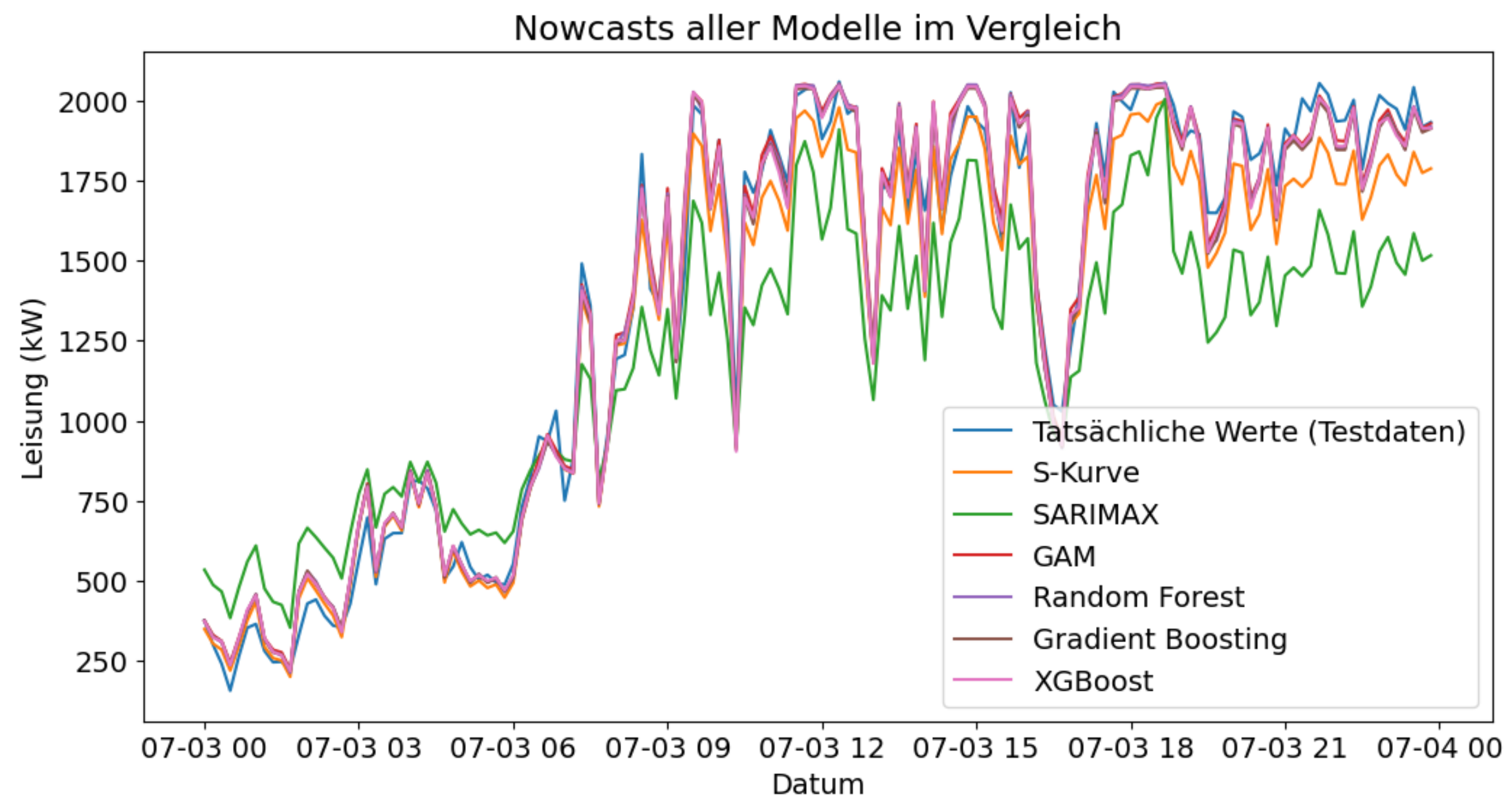
Baselinemodell



- Logistische Funktion
- Maximalwert auf 2050 kW festgelegt
- Restlichen Parameter mit SciPy-Bibliothek angepasst

Experimente

Nowcast Ergebnisse



Experimente

Nowcast Ergebnisse

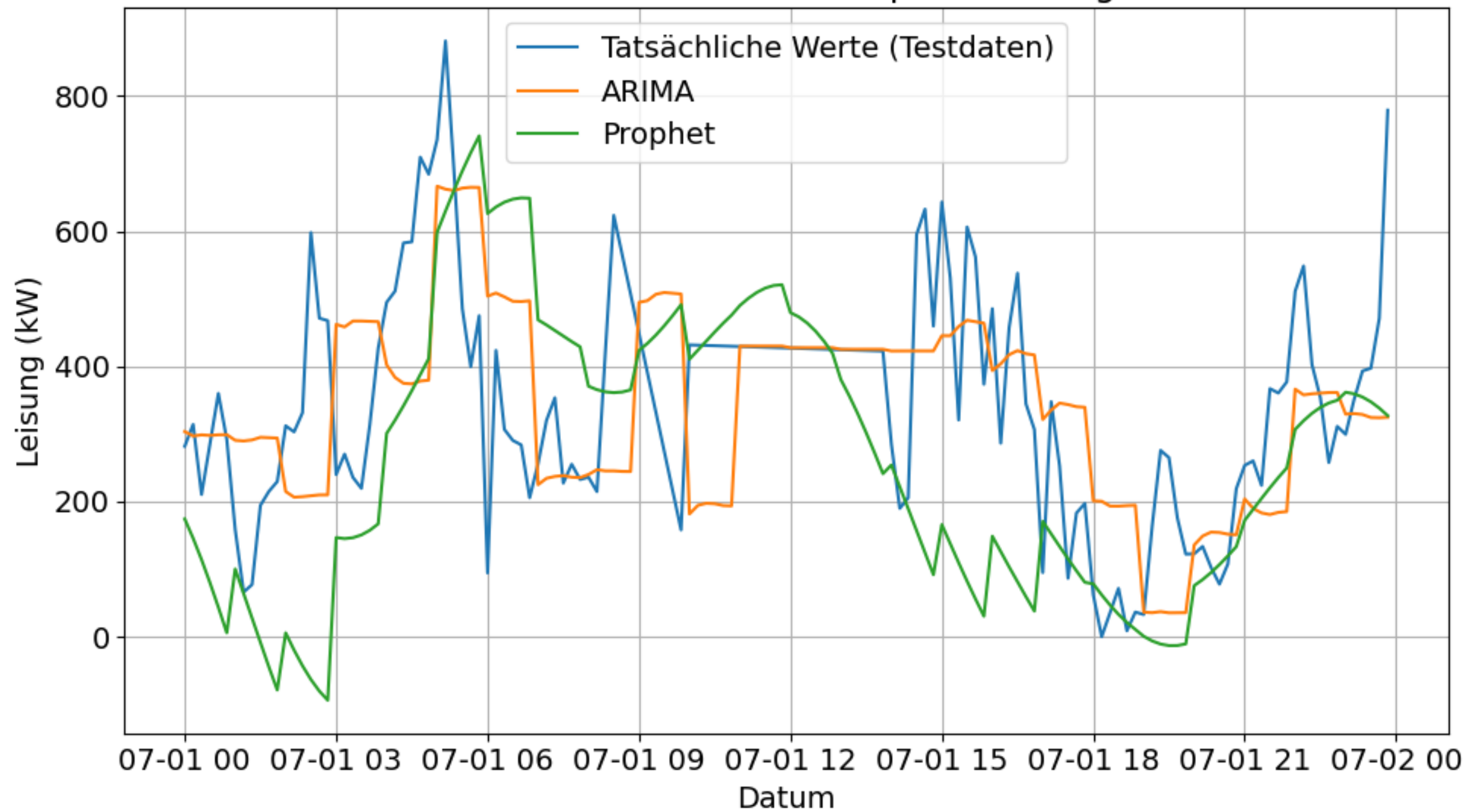
Nowcasts

Modell	RMSE	MAD	SMAPE (%)	Bias
SARIMAX	247.65	119.74	58.6	49.93
GAM	138.53	30.77	39.99	-2.46
Random Forest	142.37	31.58	41.26	-5.43
Gradient Boosting	141.25	32.51	40.67	-5.18
XGBoost	141.24	31.76	40.64	-5.33
S-Kurve	147.13	41.63	42.29	12.18

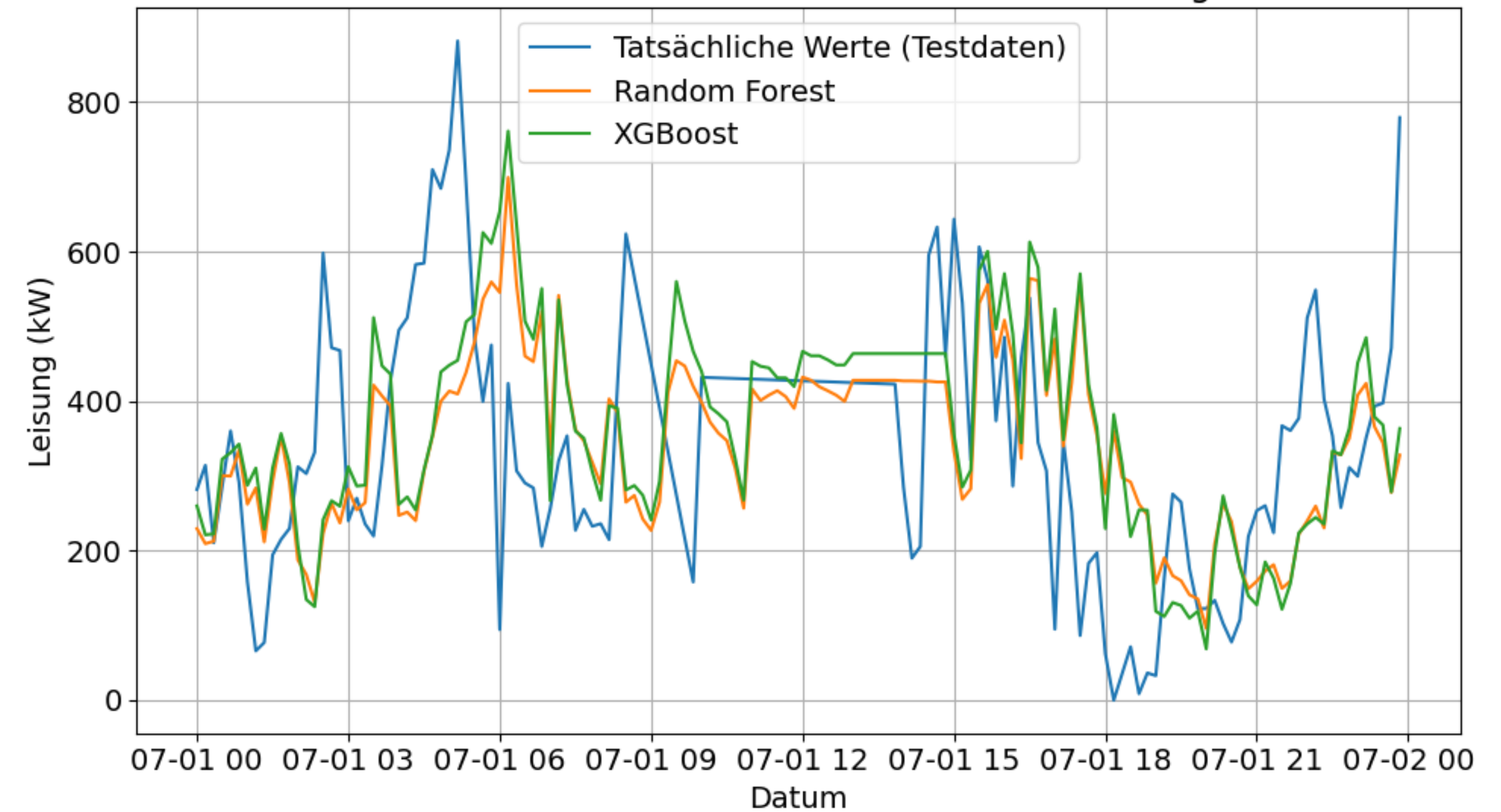
Experimente

Forecast Ergebnisse

Forecasts von ARIMA und Prophet im Vergleich



Forecasts von Random Forest und XGBoost im Vergleich



Experimente

Forecast Ergebnisse

Forecasts

Model	RMSE	MAD	SMAPE (%)	Bias
ARIMA	143.61	124.68	44.39	6.66
Prophet	190.93	165.18	68.79	80.81
XGBoost	201.36	169.83	63.51	-4.2
Random Forest	208.22	178.07	64.35	-11.18

Diskussion

Erkenntnisse

- SCADA-Daten sehr hilfreich um ein besseres Verständnis der Daten zu erlangen und Ausreißer bereinigen zu können
- Nowcasts funktionieren sehr gut (Modelle lernen den Zusammenhang zwischen Leistung und Windgeschwindigkeit gut)
 - Nur Probleme bei Ausfällen der Windturbinen
- Forecasts anhand der historischen Leistungsdaten sind, aufgrund der stochastischen Natur des Windes, in der Genauigkeit begrenzt

Diskussion

Ausblick

- Weitere Datenbereinigung durch Methoden wie „Edge Detection“ um alle Ausreißer zu bereinigen
- Berücksichtigung von regelmäßigen Wartungen für die Nowcasts
- Forecasts mit hybriden Ansätzen
- Physikalische Modelle verwenden (Numerische Wettermodelle)

Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit!