Online-Material zum Artikel „Potential von Machine Learning bei der kurzfristigen Leistungsprognose innerhalb einer Laufkraftwerkskette“

für das Laufkraftwerk Greifenstein (BGS)

Inhalt:

1) Zeitreihen für 5 Zeitfenster in der Validierungsphase sowie 4 Prognosestufen (4 bis 1h)
2) Feature Importance der ML-Modelle „Random Forest“ sowie „XGBoost“

15.12.2021

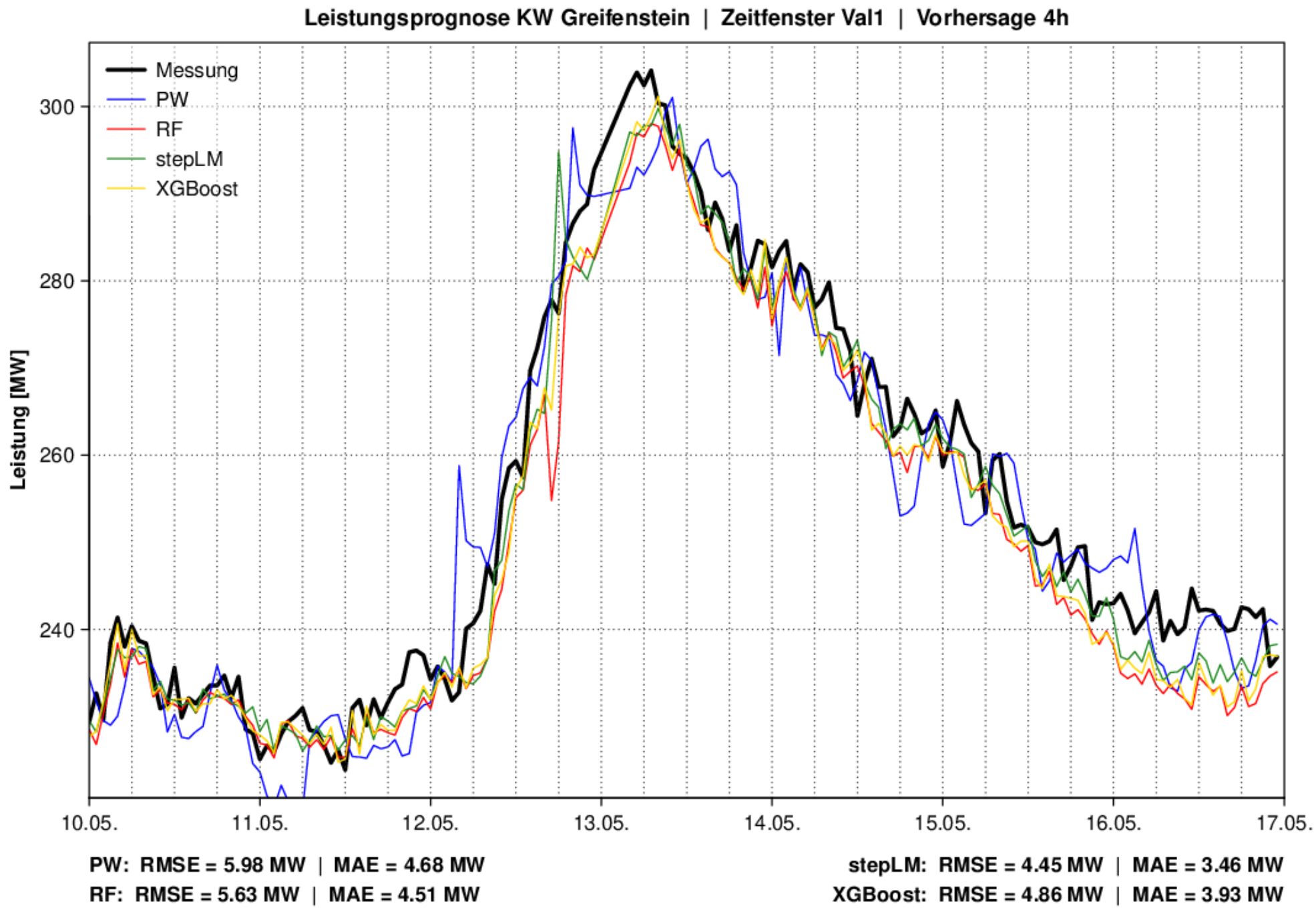
Laufkraftwerk Greifenstein (BGS)

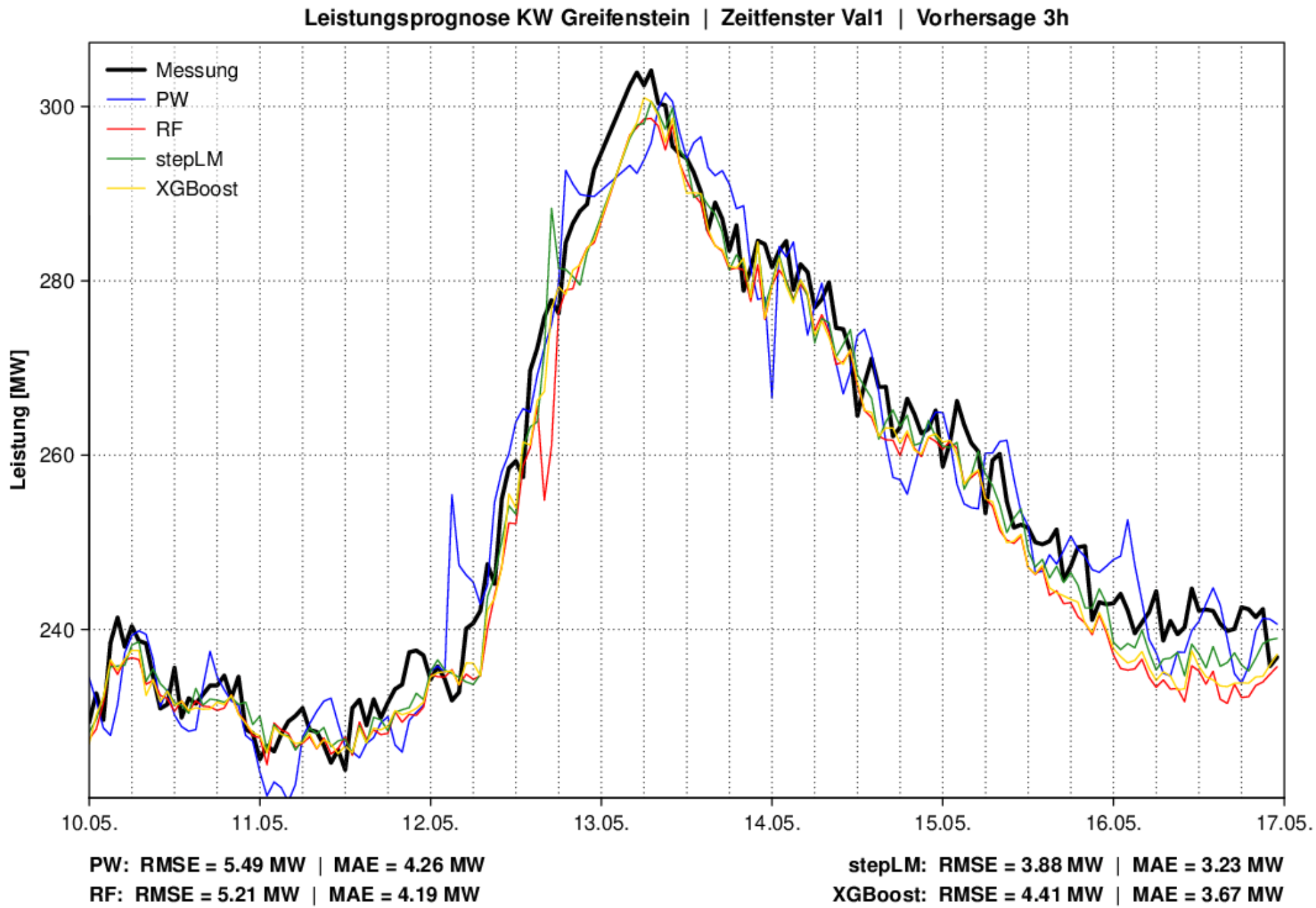
- Donau-Kilometer 1949,18
- Engpassleistung 293 MW
- Mittlere Rohfallhöhe 12,6 m
- Ausbaudurchfluss 3150 m^3/s

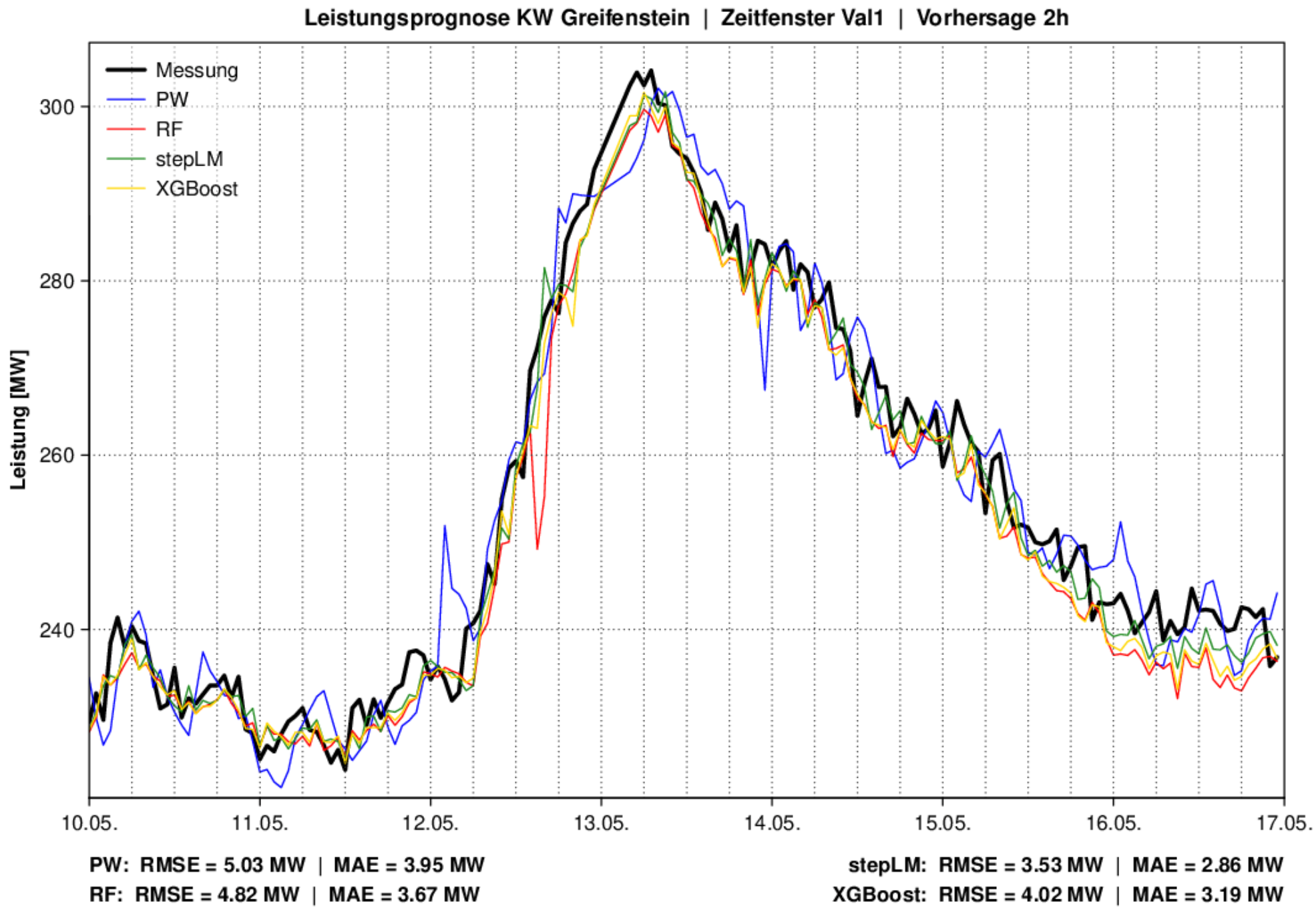
Quellen: Verbund AG, Wikipedia

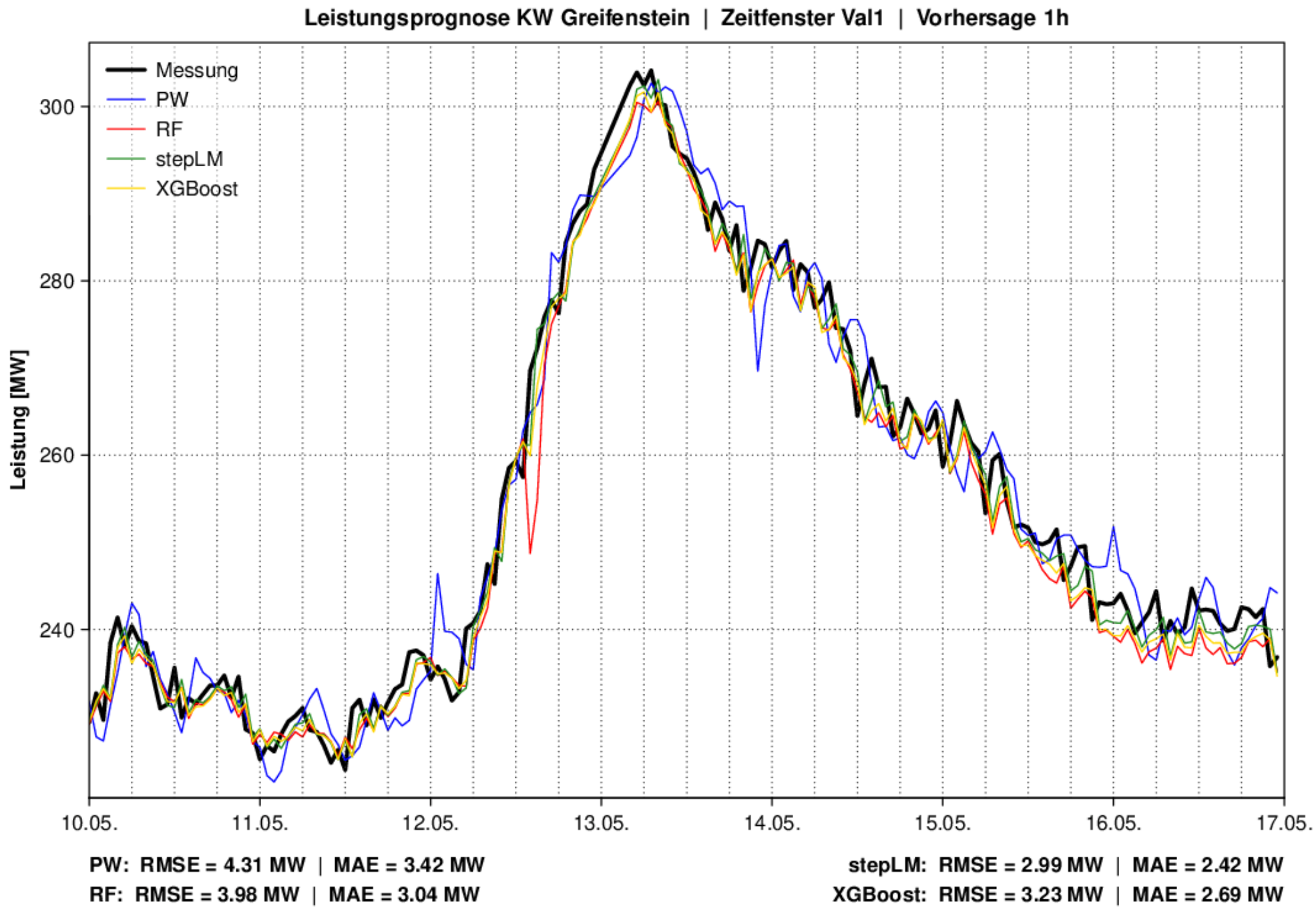
1) Zeitreihen

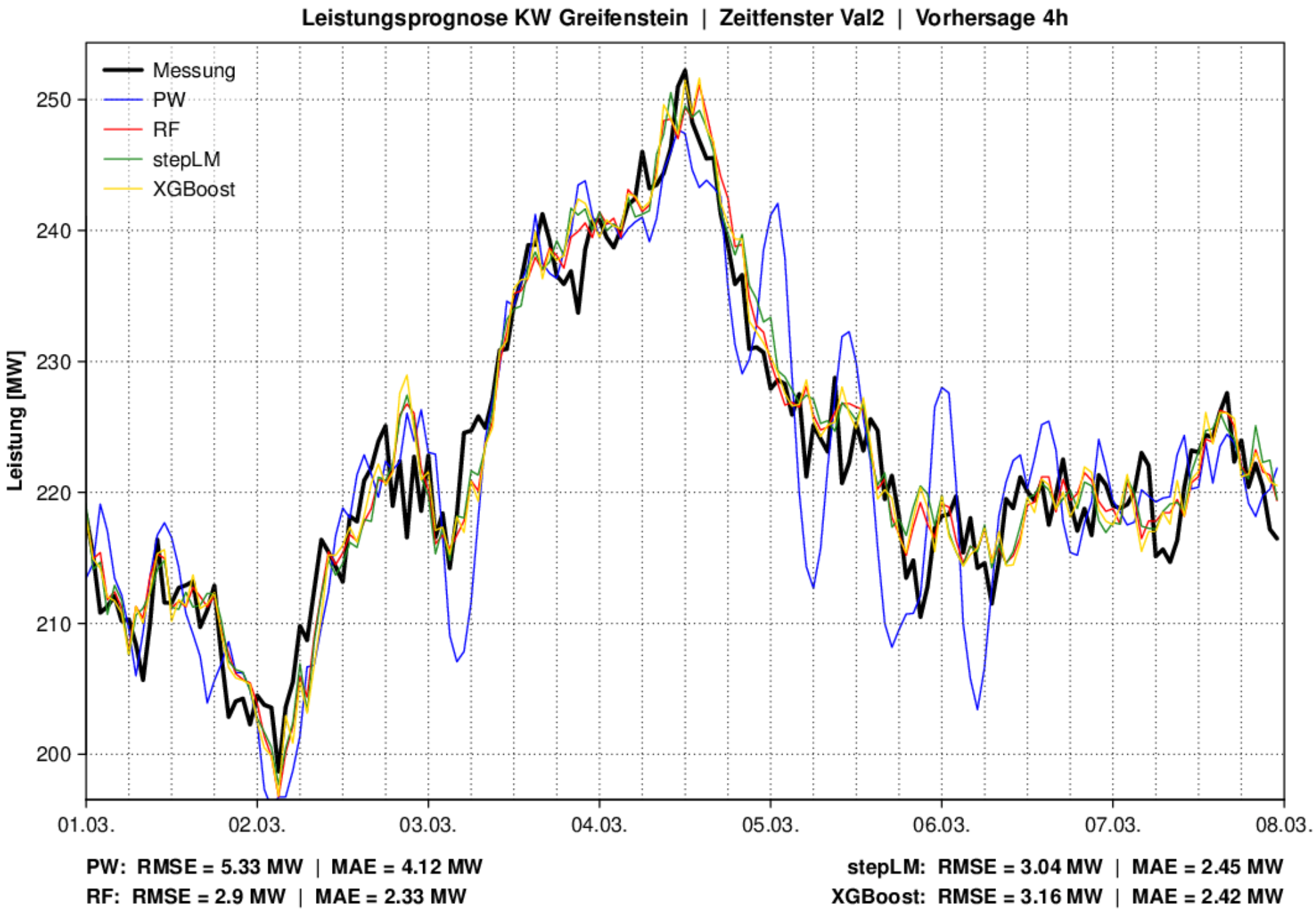
- für 5 Zeitfenster in der Validierungsphase sowie 4 Prognosestufen (4 bis 1h)
- des Benchmark-Modells „PW“ sowie der
- ML-Modelle „stepwise multiple linear regression“ (stepLM), „Random Forest“ (RF) sowie „XGBoost“
- im Vergleich zu den Messwerten
- Prediktoren-Kombination BGS3 (siehe Tab. 4 im Artikel)

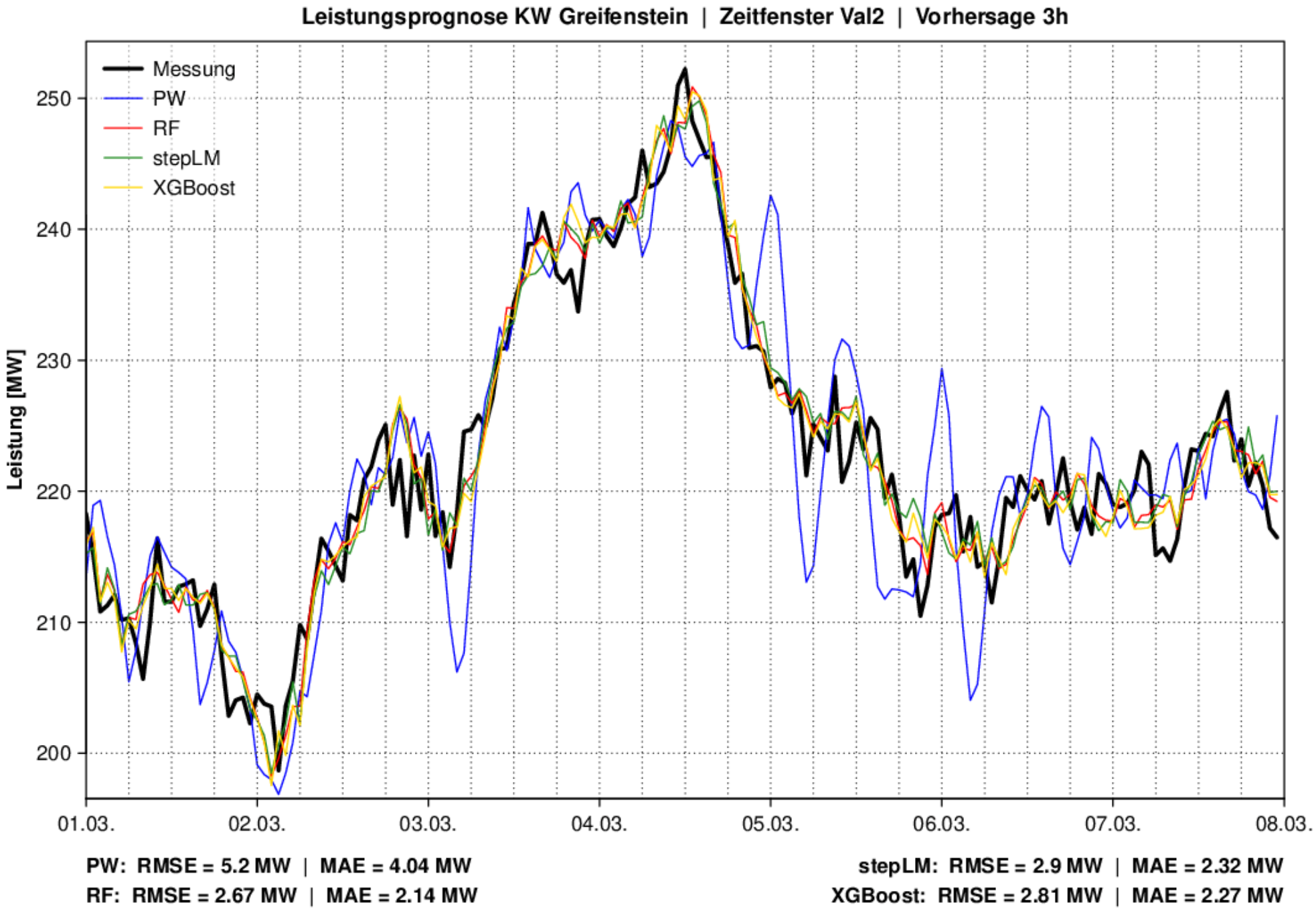

Leistungsprognose KW Greifenstein | Zeitfenster Val1 | Vorhersage 4h
Messung
PW
RF
stepLM
XGBoost
Leistung [MW]
300
280
260
240
10.05.
11.05.
12.05.
13.05.
14.05.
15.05.
16.05.
17.05.
PW: RMSE = 5.98 MW | MAE = 4.68 MW
RF: RMSE = 5.63 MW | MAE = 4.51 MW
stepLM: RMSE = 4.45 MW | MAE = 3.46 MW
XGBoost: RMSE = 4.86 MW | MAE = 3.93 MW

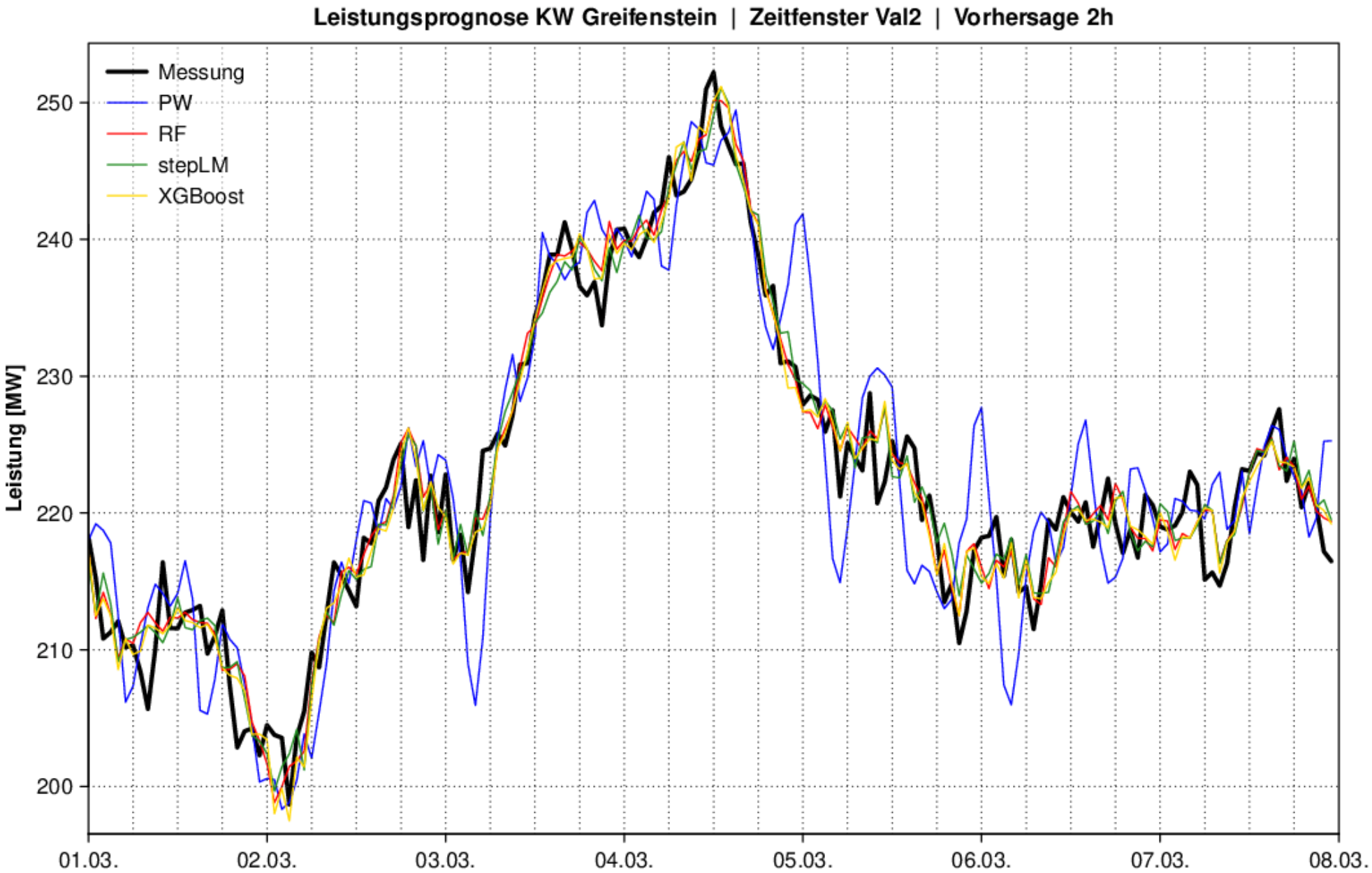

Leistungsprognose KW Greifenstein | Zeitfenster Val1 | Vorhersage 3h
Messung
PW
RF
stepLM
XGBoost
Leistung [MW]
300
280
260
240
10.05.
11.05.
12.05.
13.05.
14.05.
15.05.
16.05.
17.05.
PW: RMSE = 5.49 MW | MAE = 4.26 MW
RF: RMSE = 5.21 MW | MAE = 4.19 MW
stepLM: RMSE = 3.88 MW | MAE = 3.23 MW
XGBoost: RMSE = 4.41 MW | MAE = 3.67 MW


Leistungsprognose KW Greifenstein | Zeitfenster Val1 | Vorhersage 2h
Messung
PW
RF
stepLM
XGBoost
Leistung [MW]
300
280
260
240
10.05.
11.05.
12.05.
13.05.
14.05.
15.05.
16.05.
17.05.
PW: RMSE = 5.03 MW | MAE = 3.95 MW
RF: RMSE = 4.82 MW | MAE = 3.67 MW
stepLM: RMSE = 3.53 MW | MAE = 2.86 MW
XGBoost: RMSE = 4.02 MW | MAE = 3.19 MW


Leistungsprognose KW Greifenstein | Zeitfenster Val1 | Vorhersage 1h
Messung
PW
RF
stepLM
XGBoost
Leistung [MW]
300
280
260
240
10.05.
11.05.
12.05.
13.05.
14.05.
15.05.
16.05.
17.05.
PW: RMSE = 4.31 MW | MAE = 3.42 MW
RF: RMSE = 3.98 MW | MAE = 3.04 MW
stepLM: RMSE = 2.99 MW | MAE = 2.42 MW
XGBoost: RMSE = 3.23 MW | MAE = 2.69 MW


Leistungsprognose KW Greifenstein | Zeitfenster Val2 | Vorhersage 4h
Messung
PW
RF
stepLM
XGBoost
Leistung [MW]
250
240
230
220
210
200
01.03.
02.03.
03.03.
04.03.
05.03.
06.03.
07.03.
08.03.
PW: RMSE = 5.33 MW | MAE = 4.12 MW
RF: RMSE = 2.9 MW | MAE = 2.33 MW
stepLM: RMSE = 3.04 MW | MAE = 2.45 MW
XGBoost: RMSE = 3.16 MW | MAE = 2.42 MW


Leistungsprognose KW Greifenstein | Zeitfenster Val2 | Vorhersage 3h
Messung
PW
RF
stepLM
XGBoost
Leistung [MW]
250
240
230
220
210
200
01.03.
02.03.
03.03.
04.03.
05.03.
06.03.
07.03.
08.03.
PW: RMSE = 5.2 MW | MAE = 4.04 MW
RF: RMSE = 2.67 MW | MAE = 2.14 MW
stepLM: RMSE = 2.9 MW | MAE = 2.32 MW
XGBoost: RMSE = 2.81 MW | MAE = 2.27 MW



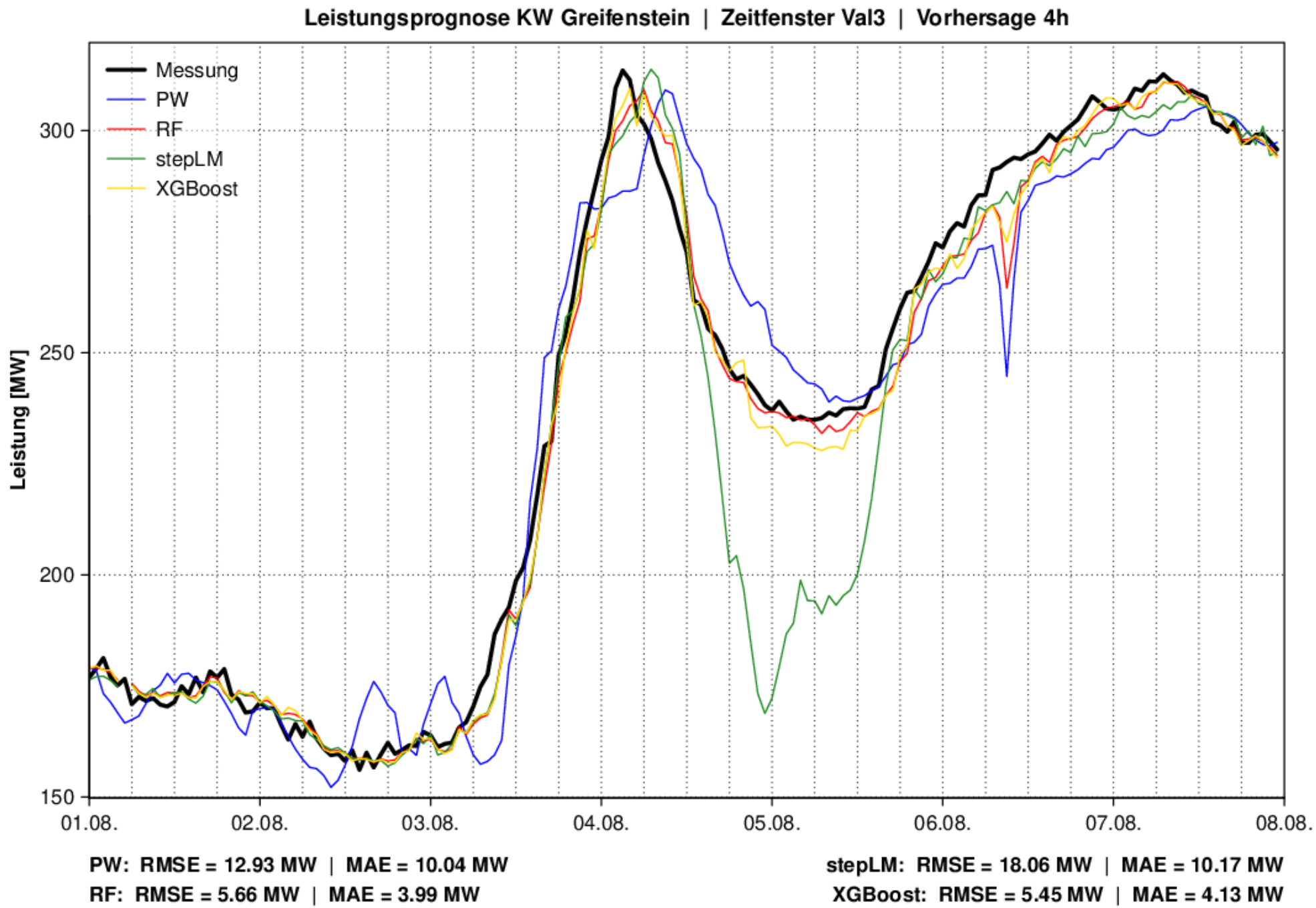
PW: RMSE = 4.88 MW | MAE = 3.82 MW

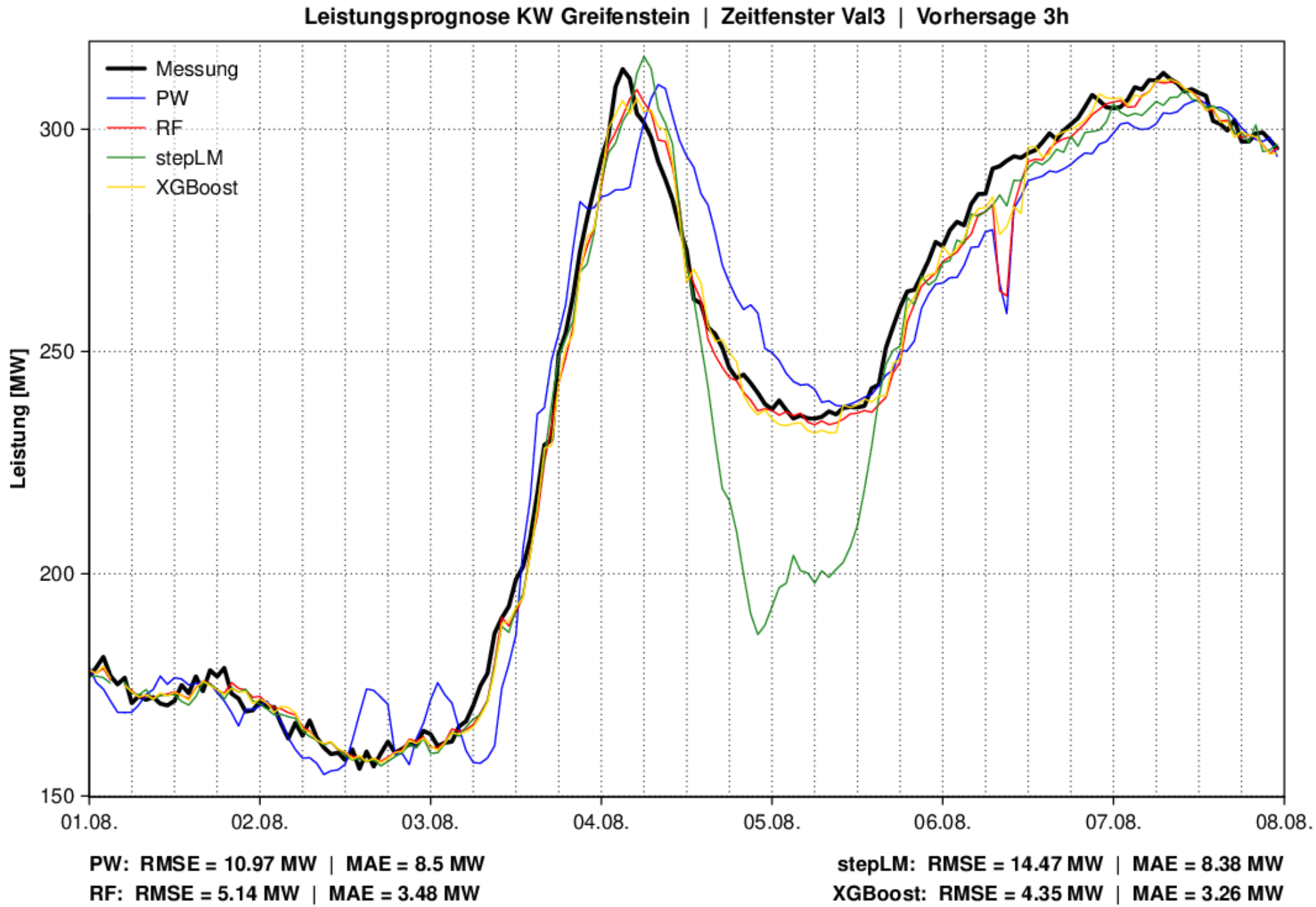
RF: RMSE = 2.48 MW | MAE = 1.99 MW

stepLM: RMSE = 2.63 MW | MAE = 2.15 MW

XGBoost: RMSE = 2.5 MW | MAE = 2 MW


Leistungsprognose KW Greifenstein | Zeitfenster Val2 | Vorhersage 1h
Messung
PW
RF
stepLM
XGBoost
Leistung [MW]
250
240
230
220
210
200
01.03.
02.03.
03.03.
04.03.
05.03.
06.03.
07.03.
08.03.
PW: RMSE = 4.13 MW | MAE = 3.37 MW
RF: RMSE = 2.44 MW | MAE = 1.97 MW
stepLM: RMSE = 2.52 MW | MAE = 2.02 MW
XGBoost: RMSE = 2.38 MW | MAE = 1.93 MW


Leistungsprognose KW Greifenstein | Zeitfenster Val3 | Vorhersage 4h
Messung
PW
RF
stepLM
XGBoost
Leistung [MW]
300
250
200
150
01.08.
02.08.
03.08.
04.08.
05.08.
06.08.
07.08.
08.08.
PW: RMSE = 12.93 MW | MAE = 10.04 MW
RF: RMSE = 5.66 MW | MAE = 3.99 MW
stepLM: RMSE = 18.06 MW | MAE = 10.17 MW
XGBoost: RMSE = 5.45 MW | MAE = 4.13 MW

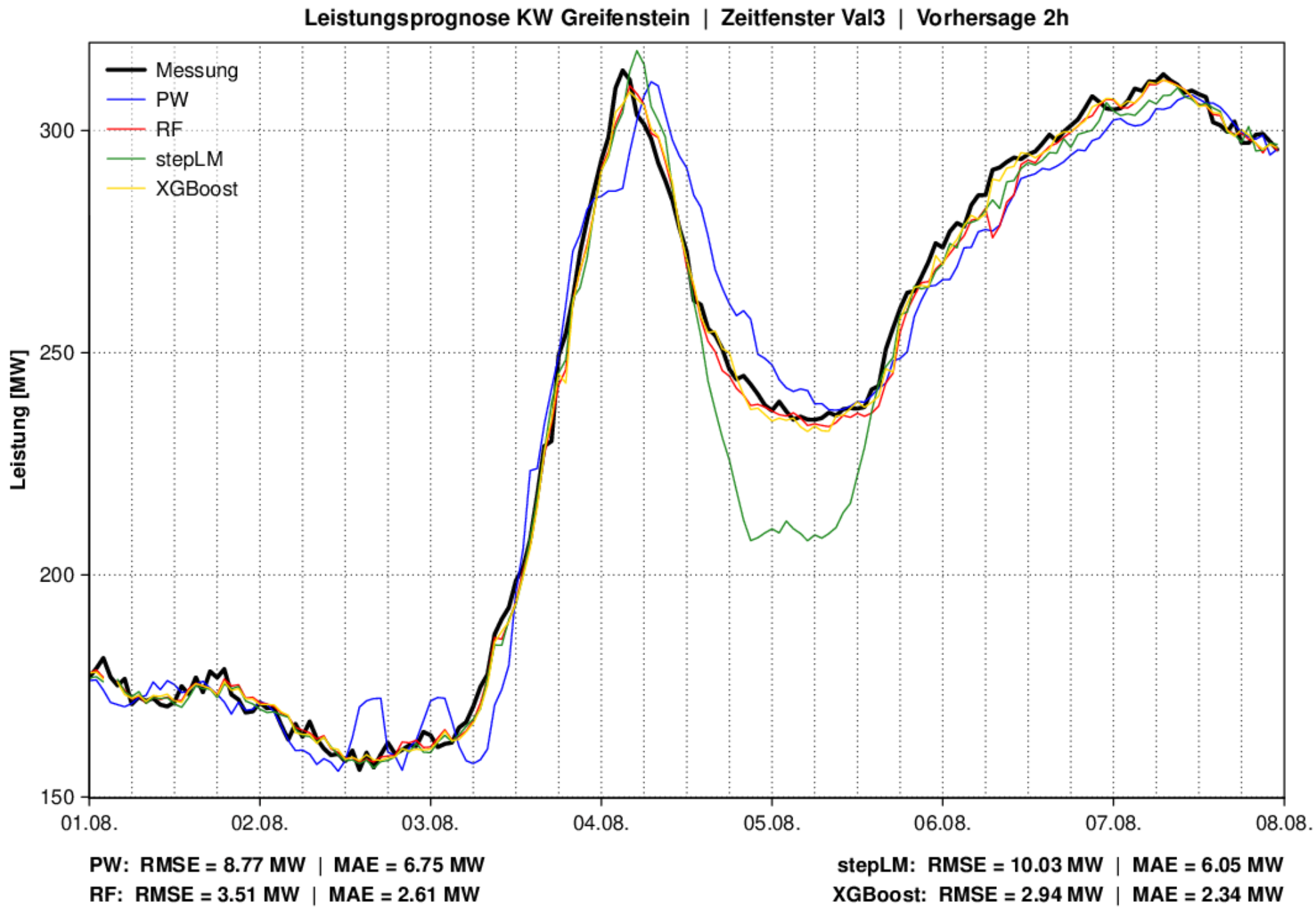


PW: RMSE = 10.97 MW | MAE = 8.5 MW

RF: RMSE = 5.14 MW | MAE = 3.48 MW

stepLM: RMSE = 14.47 MW | MAE = 8.38 MW

XGBoost: RMSE = 4.35 MW | MAE = 3.26 MW

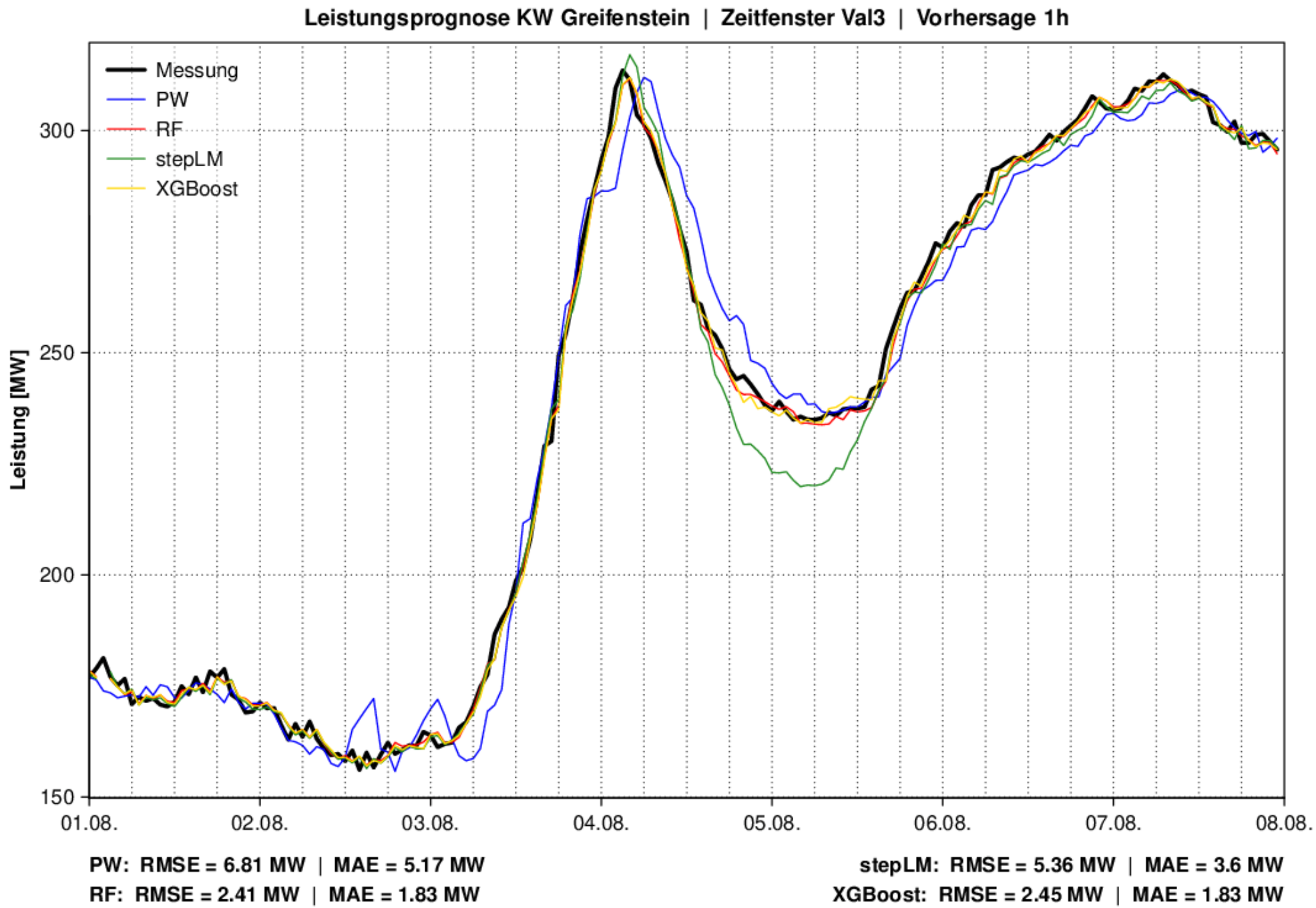


PW: RMSE = 8.77 MW | MAE = 6.75 MW

RF: RMSE = 3.51 MW | MAE = 2.61 MW

stepLM: RMSE = 10.03 MW | MAE = 6.05 MW

XGBoost: RMSE = 2.94 MW | MAE = 2.34 MW

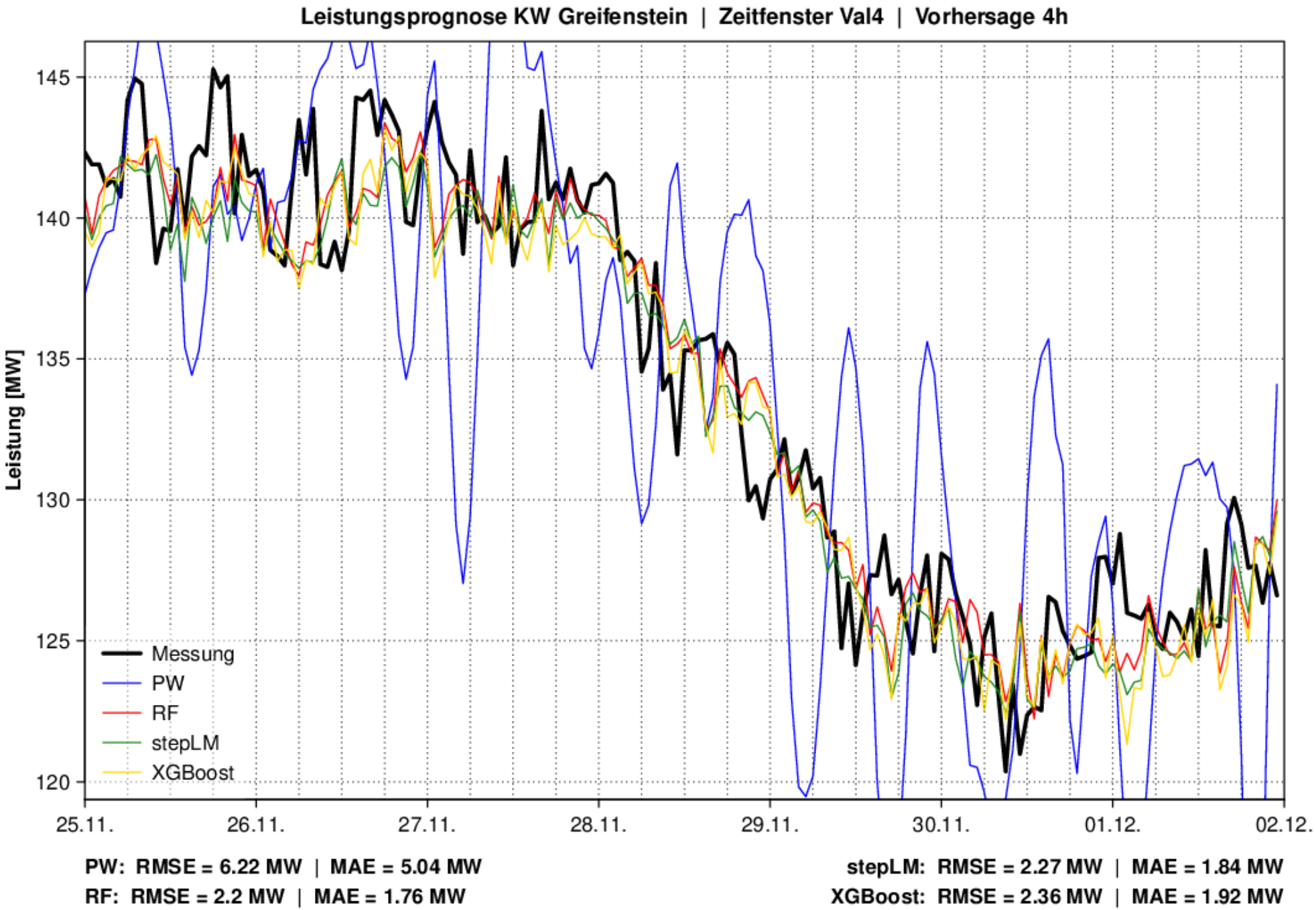


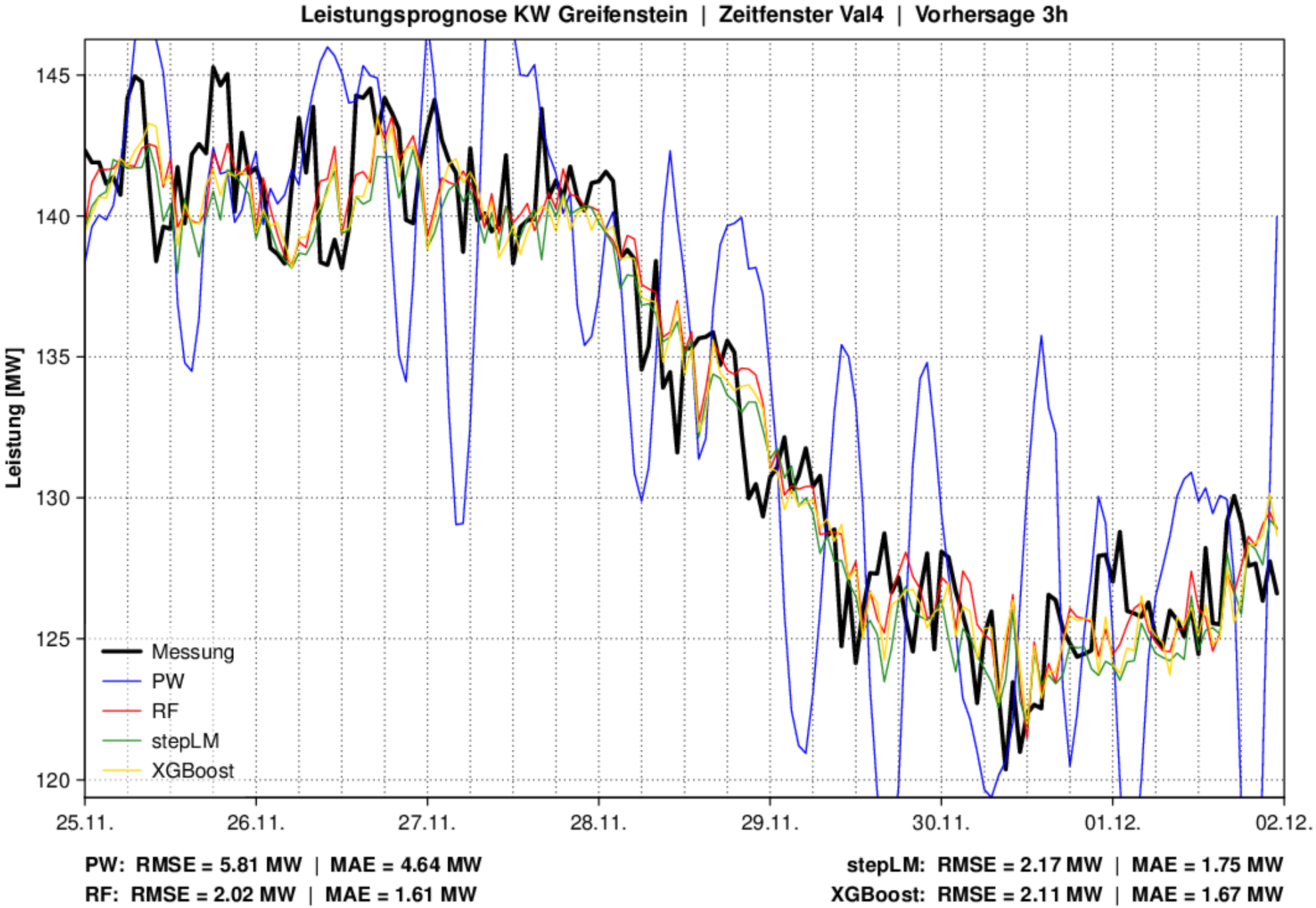
PW: RMSE = 6.81 MW | MAE = 5.17 MW

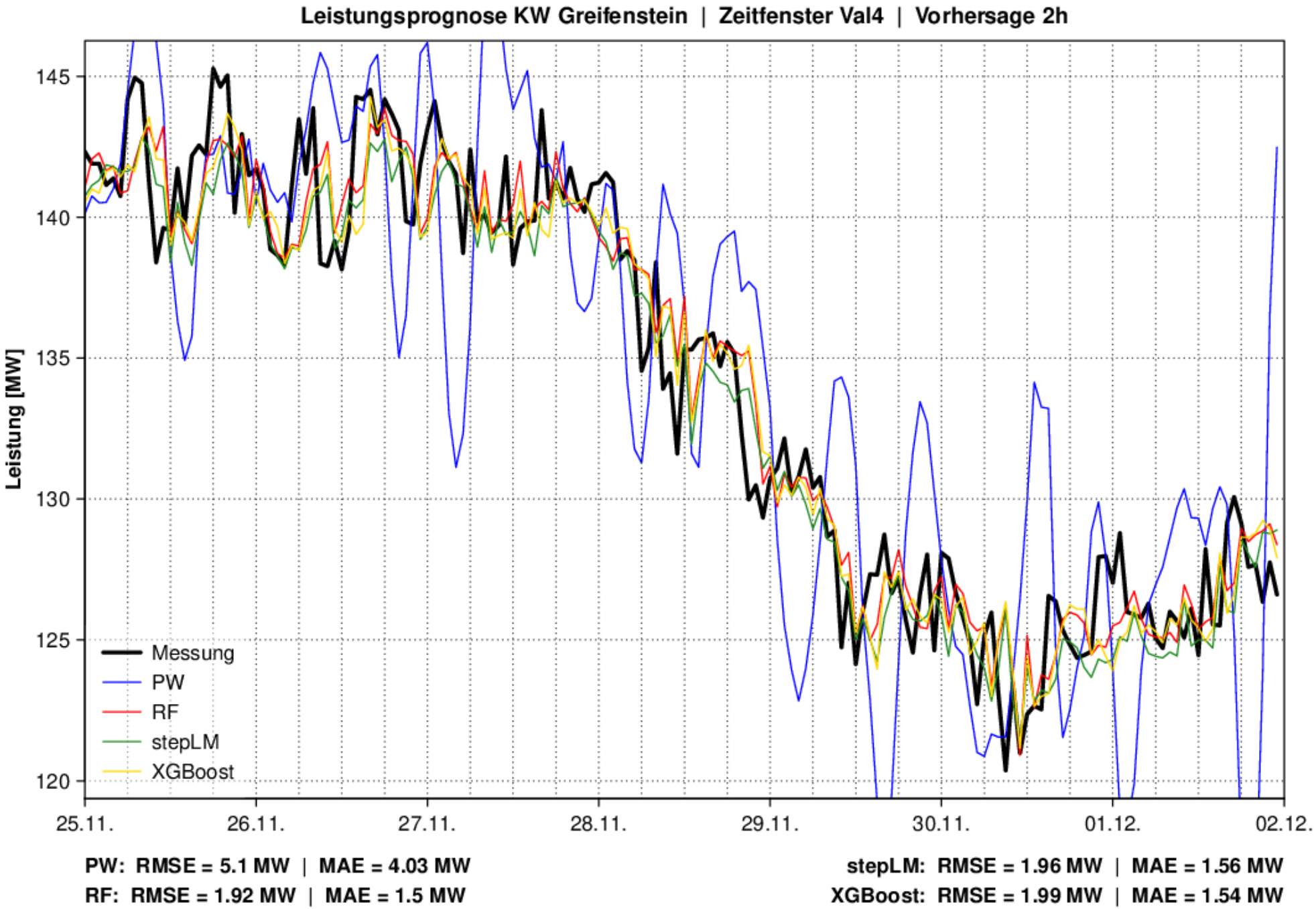
RF: RMSE = 2.41 MW | MAE = 1.83 MW

stepLM: RMSE = 5.36 MW | MAE = 3.6 MW

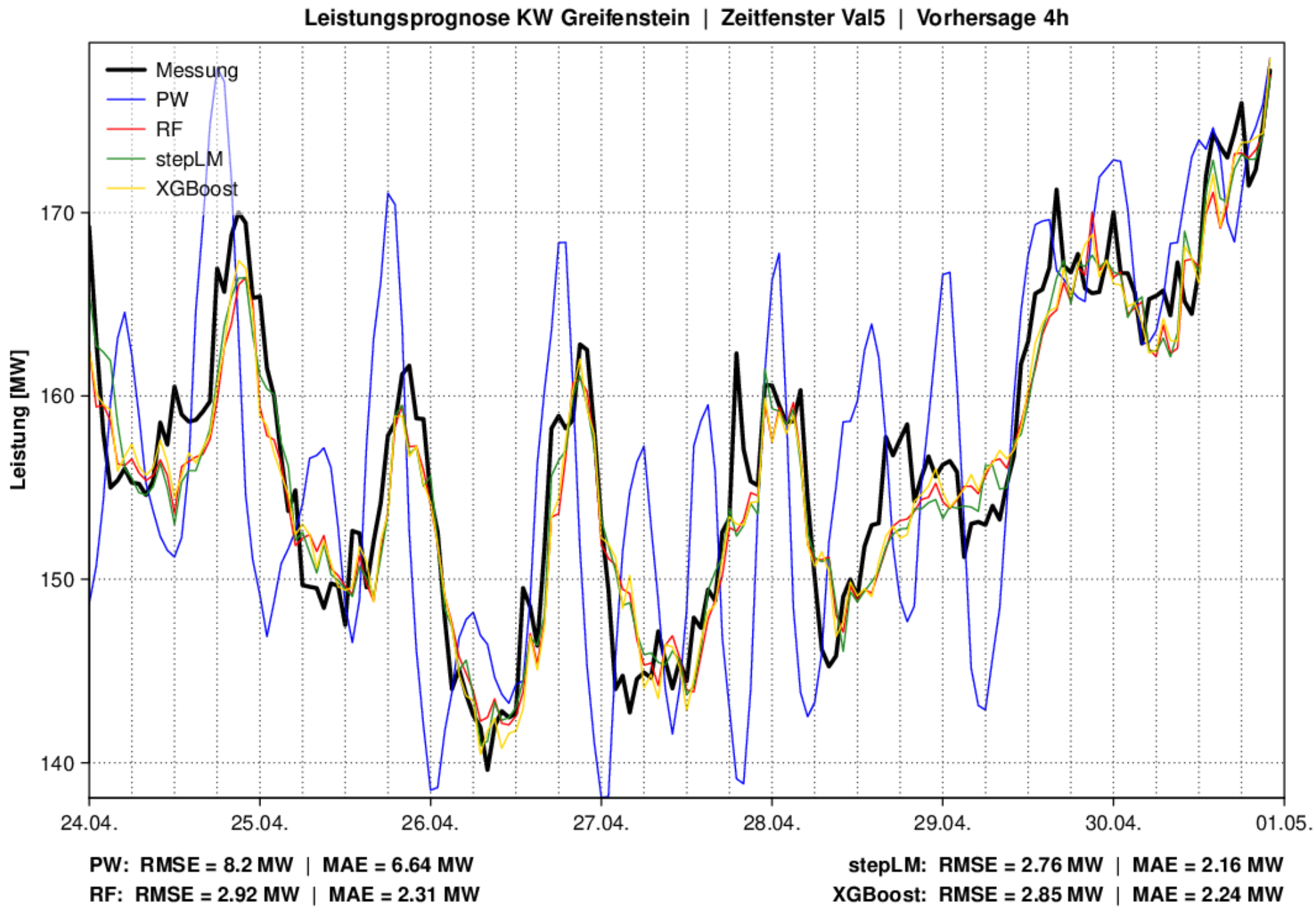
XGBoost: RMSE = 2.45 MW | MAE = 1.83 MW

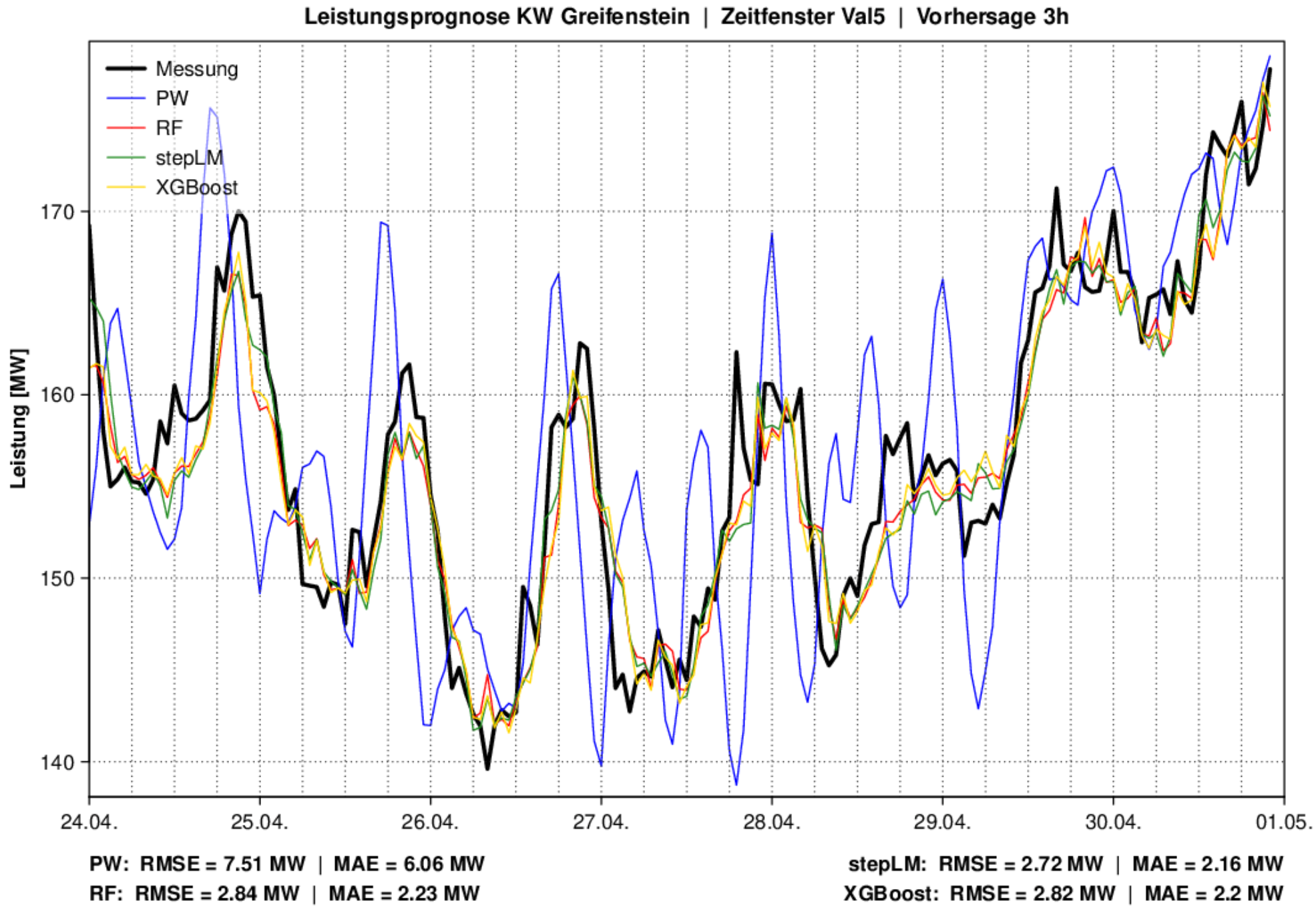

Leistungsprognose KW Greifenstein | Zeitfenster Val4 | Vorhersage 4h
Leistung [MW]
145
140
135
130
125
120
25.11.
26.11.
27.11.
28.11.
29.11.
30.11.
01.12.
02.12.
Messung
PW
RF
stepLM
XGBoost
PW: RMSE = 6.22 MW | MAE = 5.04 MW
RF: RMSE = 2.2 MW | MAE = 1.76 MW
stepLM: RMSE = 2.27 MW | MAE = 1.84 MW
XGBoost: RMSE = 2.36 MW | MAE = 1.92 MW


Leistungsprognose KW Greifenstein | Zeitfenster Val4 | Vorhersage 3h
Leistung [MW]
145
140
135
130
125
120
25.11.
26.11.
27.11.
28.11.
29.11.
30.11.
01.12.
02.12.
Messung
PW
RF
stepLM
XGBoost
PW: RMSE = 5.81 MW | MAE = 4.64 MW
RF: RMSE = 2.02 MW | MAE = 1.61 MW
stepLM: RMSE = 2.17 MW | MAE = 1.75 MW
XGBoost: RMSE = 2.11 MW | MAE = 1.67 MW


Leistungsprognose KW Greifenstein | Zeitfenster Val4 | Vorhersage 2h
Leistung [MW]
145
140
135
130
125
120
25.11.
26.11.
27.11.
28.11.
29.11.
30.11.
01.12.
02.12.
Messung
PW
RF
stepLM
XGBoost
PW: RMSE = 5.1 MW | MAE = 4.03 MW
RF: RMSE = 1.92 MW | MAE = 1.5 MW
stepLM: RMSE = 1.96 MW | MAE = 1.56 MW
XGBoost: RMSE = 1.99 MW | MAE = 1.54 MW


Leistungsprognose KW Greifenstein | Zeitfenster Val4 | Vorhersage 1h
Leistung [MW]
145
140
135
130
125
120
25.11.
26.11.
27.11.
28.11.
29.11.
30.11.
01.12.
02.12.
Messung
PW
RF
stepLM
XGBoost
PW: RMSE = 4.03 MW | MAE = 3.14 MW
RF: RMSE = 1.74 MW | MAE = 1.33 MW
stepLM: RMSE = 1.68 MW | MAE = 1.32 MW
XGBoost: RMSE = 1.72 MW | MAE = 1.32 MW


Leistungsprognose KW Greifenstein | Zeitfenster Val5 | Vorhersage 4h
Messung
PW
RF
stepLM
XGBoost
Leistung [MW]
170
160
150
140
24.04.
25.04.
26.04.
27.04.
28.04.
29.04.
30.04.
01.05.
PW: RMSE = 8.2 MW | MAE = 6.64 MW
RF: RMSE = 2.92 MW | MAE = 2.31 MW
stepLM: RMSE = 2.76 MW | MAE = 2.16 MW
XGBoost: RMSE = 2.85 MW | MAE = 2.24 MW

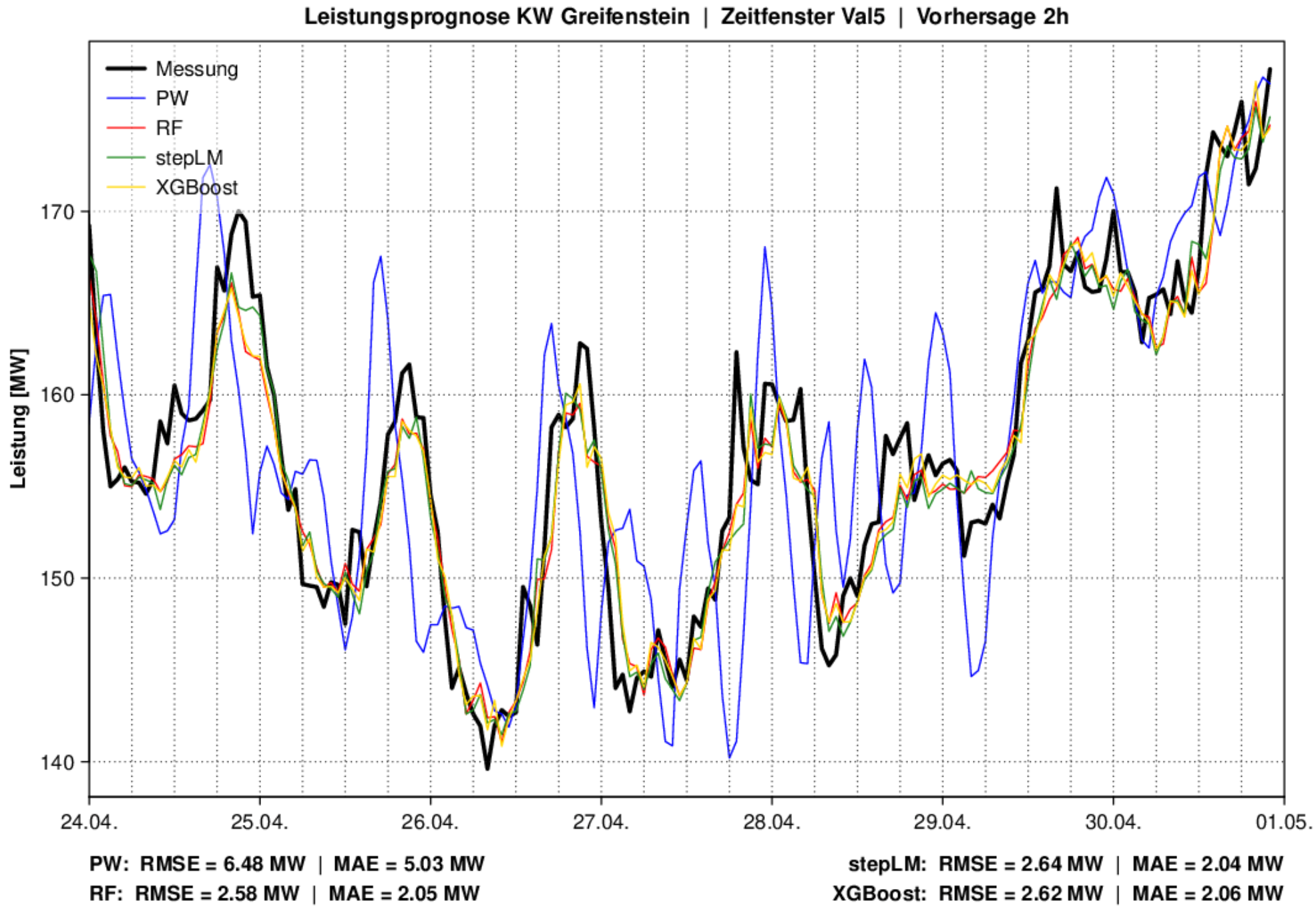


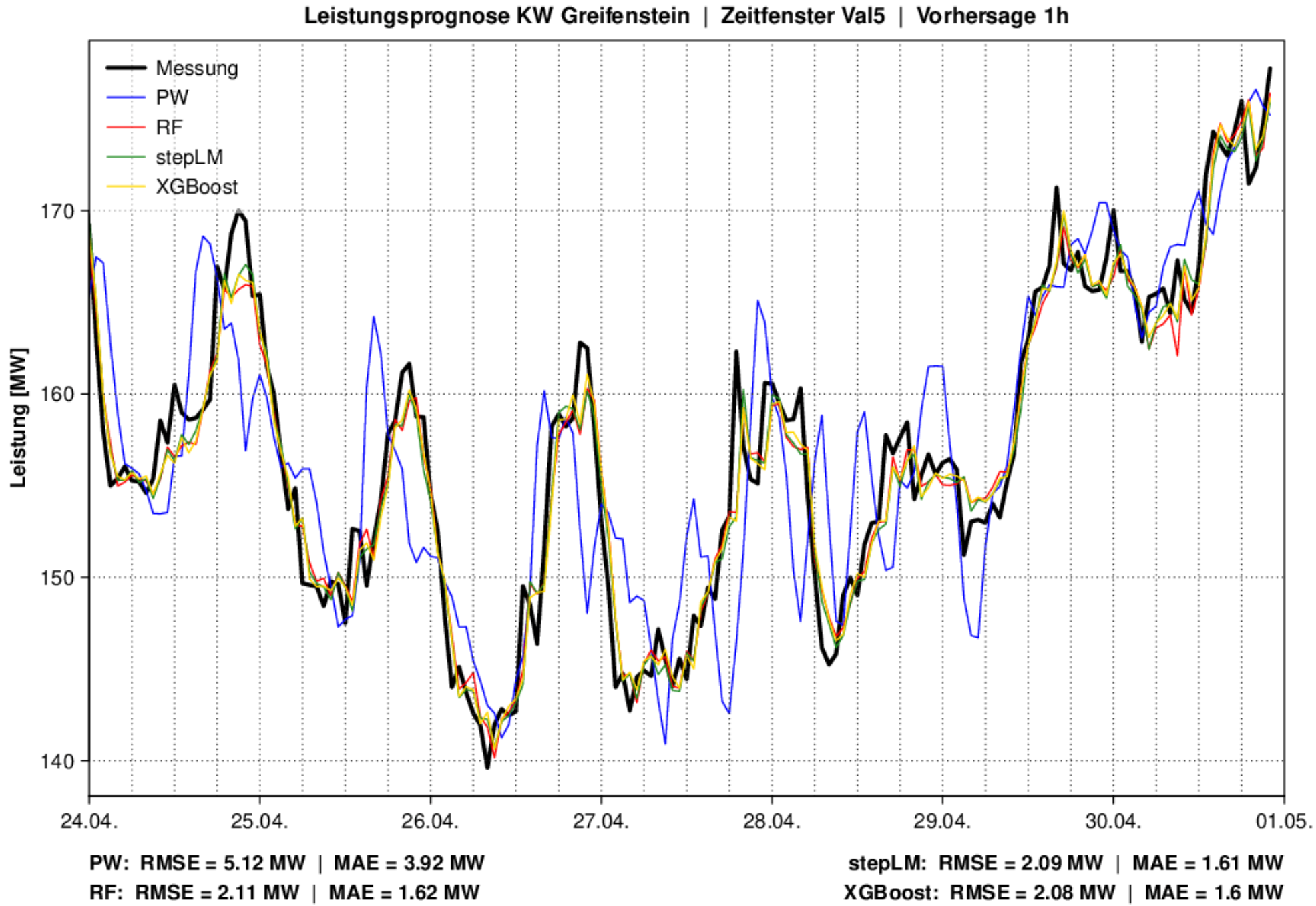
PW: RMSE = 7.51 MW | MAE = 6.06 MW

RF: RMSE = 2.84 MW | MAE = 2.23 MW

stepLM: RMSE = 2.72 MW | MAE = 2.16 MW

XGBoost: RMSE = 2.82 MW | MAE = 2.2 MW


Leistungsprognose KW Greifenstein | Zeitfenster Val5 | Vorhersage 2h
Messung
PW
RF
stepLM
XGBoost
Leistung [MW]
170
160
150
140
24.04.
25.04.
26.04.
27.04.
28.04.
29.04.
30.04.
01.05.
PW: RMSE = 6.48 MW | MAE = 5.03 MW
RF: RMSE = 2.58 MW | MAE = 2.05 MW
stepLM: RMSE = 2.64 MW | MAE = 2.04 MW
XGBoost: RMSE = 2.62 MW | MAE = 2.06 MW



PW: RMSE = 5.12 MW | MAE = 3.92 MW

RF: RMSE = 2.11 MW | MAE = 1.62 MW

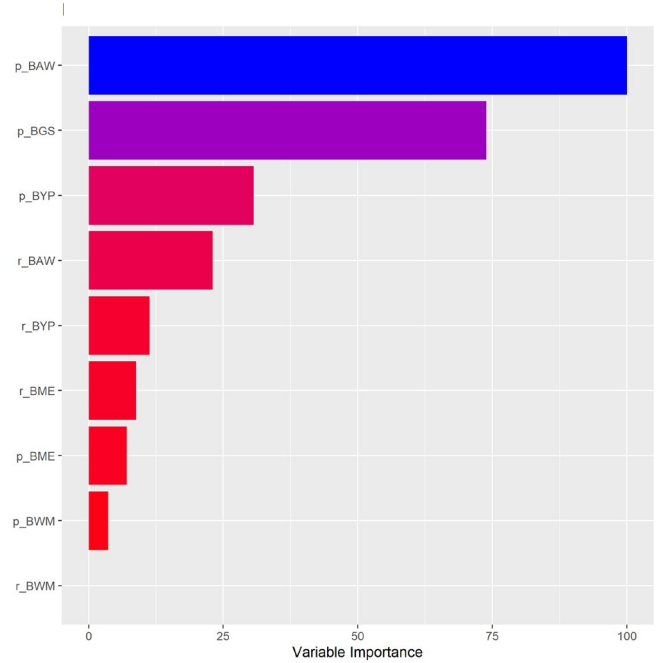
stepLM: RMSE = 2.09 MW | MAE = 1.61 MW

XGBoost: RMSE = 2.08 MW | MAE = 1.6 MW

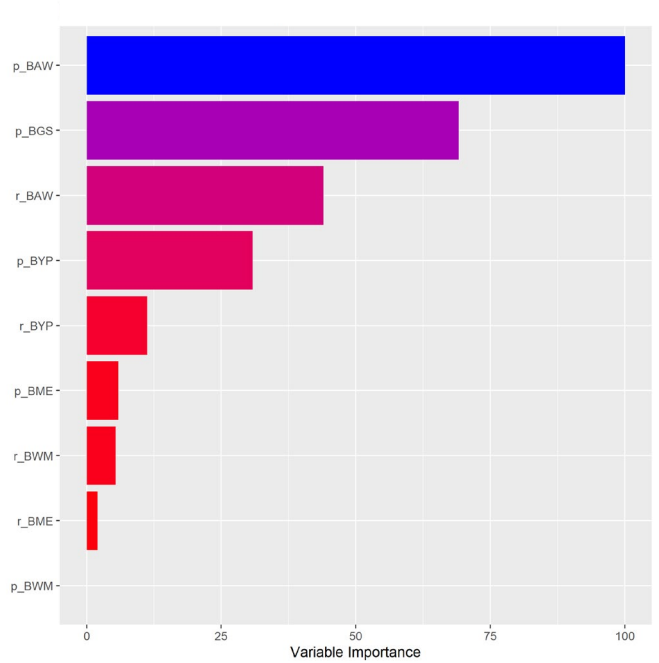
2) Feature Importance

- der ML-Modelle „Random Forest“ (RF) sowie „XGBoost“
- für alle 4 Prognosestufen (4 bis 1h)
- auf einer relativen Skala
- Prediktoren-Kombination BGS3
- Kürzel der Variablen siehe Zusatz von Tab. 4 im Artikel

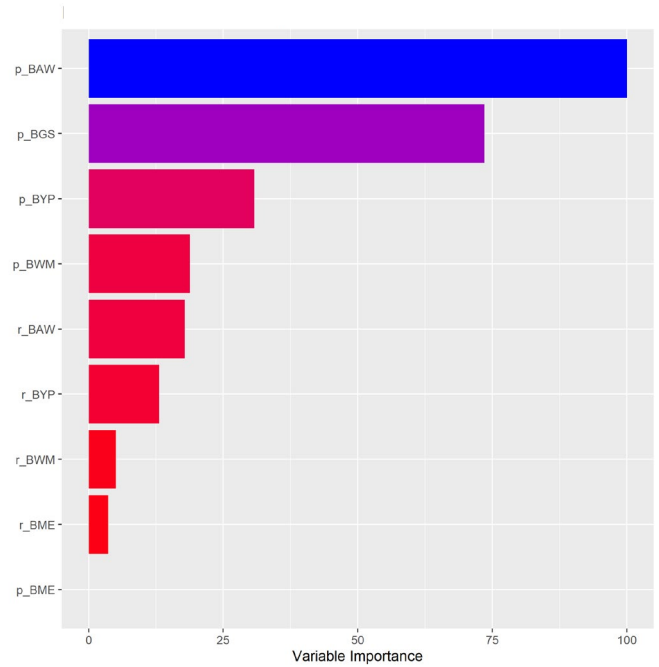
RF | 4h



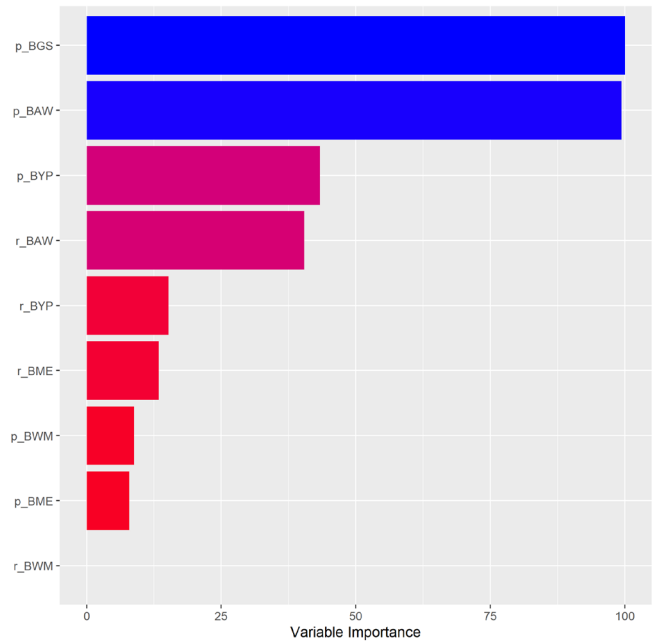
RF | 2h



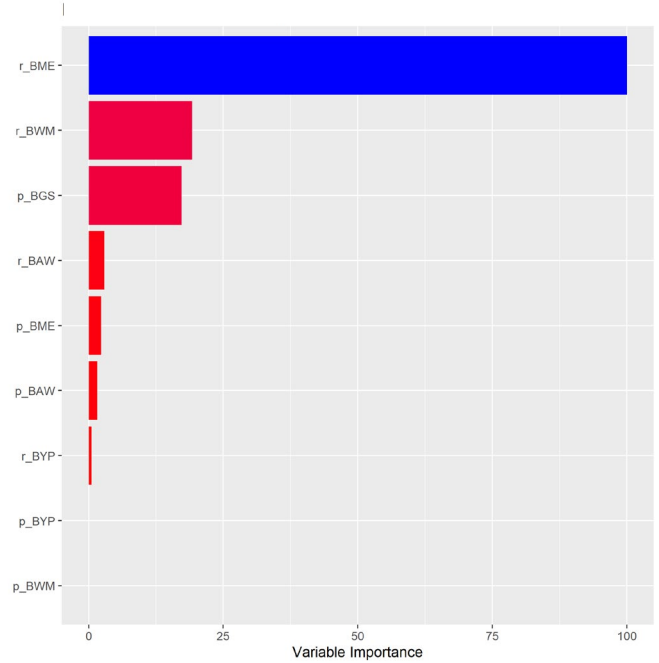
RF | 3h



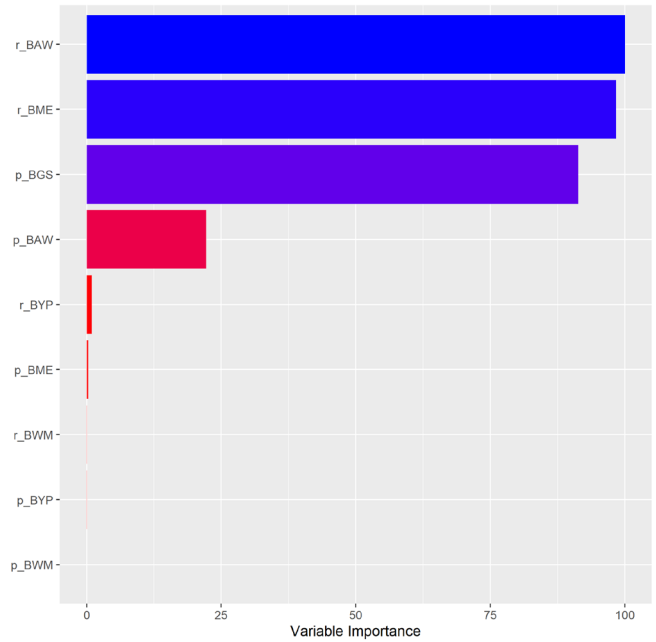
RF | 1h



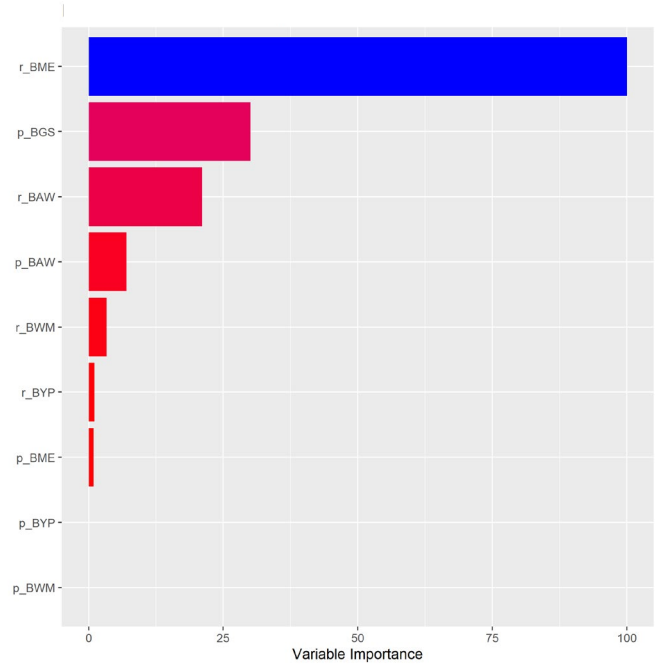
XGB | 4h



XGB | 2h



XGB | 3h



XGB | 1h