

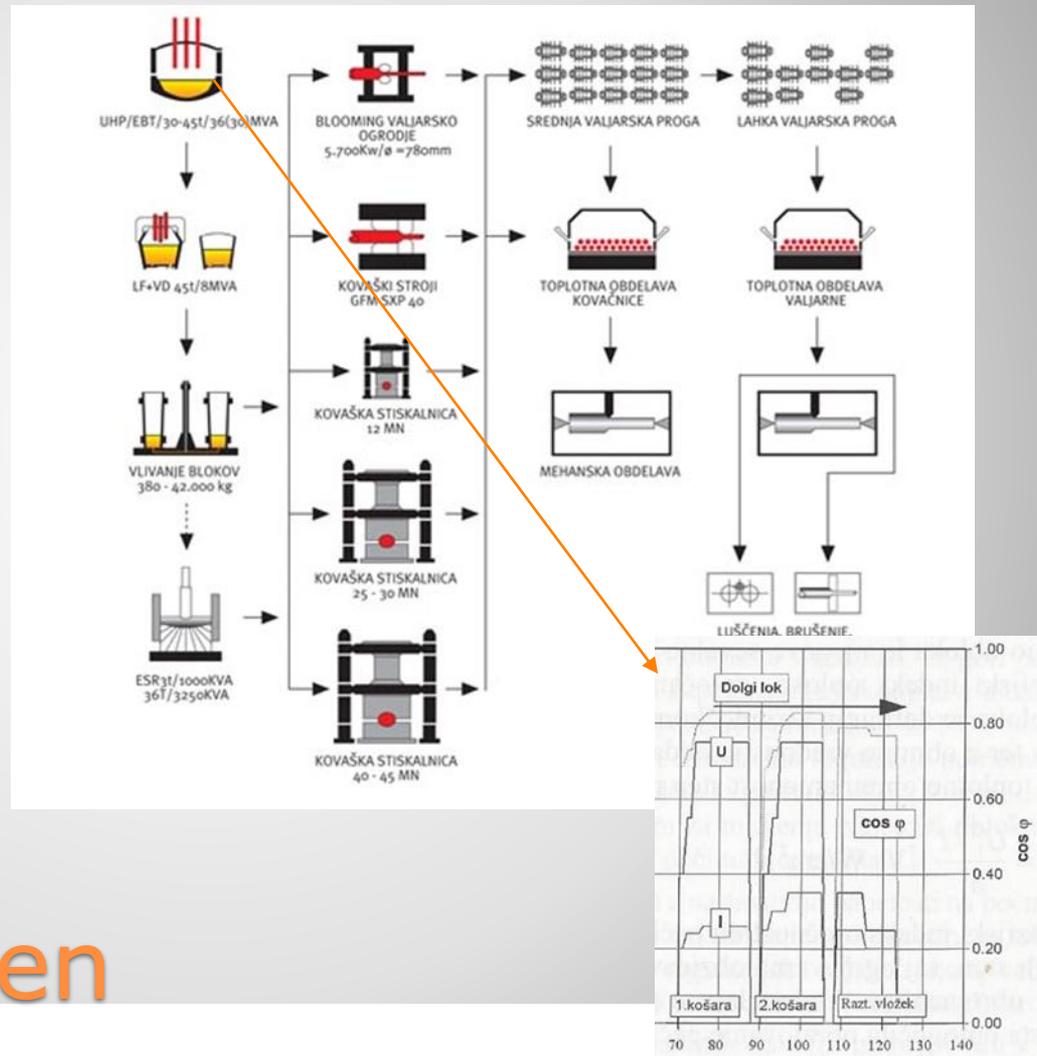
Vorhersage Täglicher Stromverbrauch für den Industriekomplex

Boris Bizjak,

*Univerza v Mariboru, FERi, Slovenija
EnInov 2018 TU Graz, Austria*

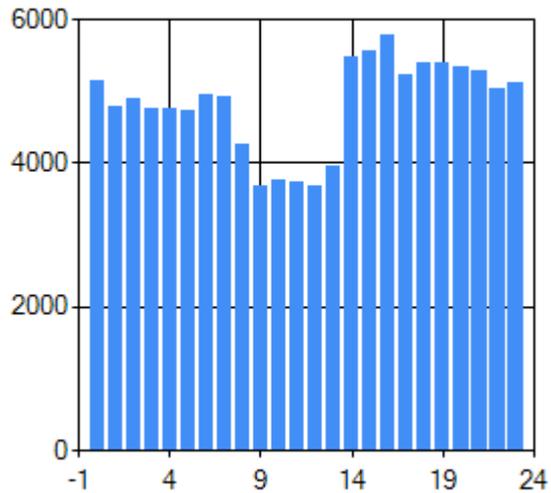
Der Industriekomplex besteht aus 20 Unternehmen und sie haben eine gemeinsame Energieverbindung (So wird auch Strom gehandelt).

Der größte 80% Stromverbraucher ist ein Stahlwerk.



Additive Lasten

Hourly Averages Energy over Days 2008



Der tägliche Produktionsplan in der Stahlwerk (Lichtbogenofen) wurde in die Nachtstunden verlegt.

Bei einem großen Auftragsvolumen läuft das Stahlwerk 24 Stunden ununterbrochen.

Wegen des günstigen Stroms läuft das Stahlwerk Samstag und Sonntag auch 24 Stunden.

Einmal im Jahr führen die Stahlwerke eine Reparatur durch, die etwa einen Monat dauert. Der Elektrolichtbogenofen arbeitet dann nicht

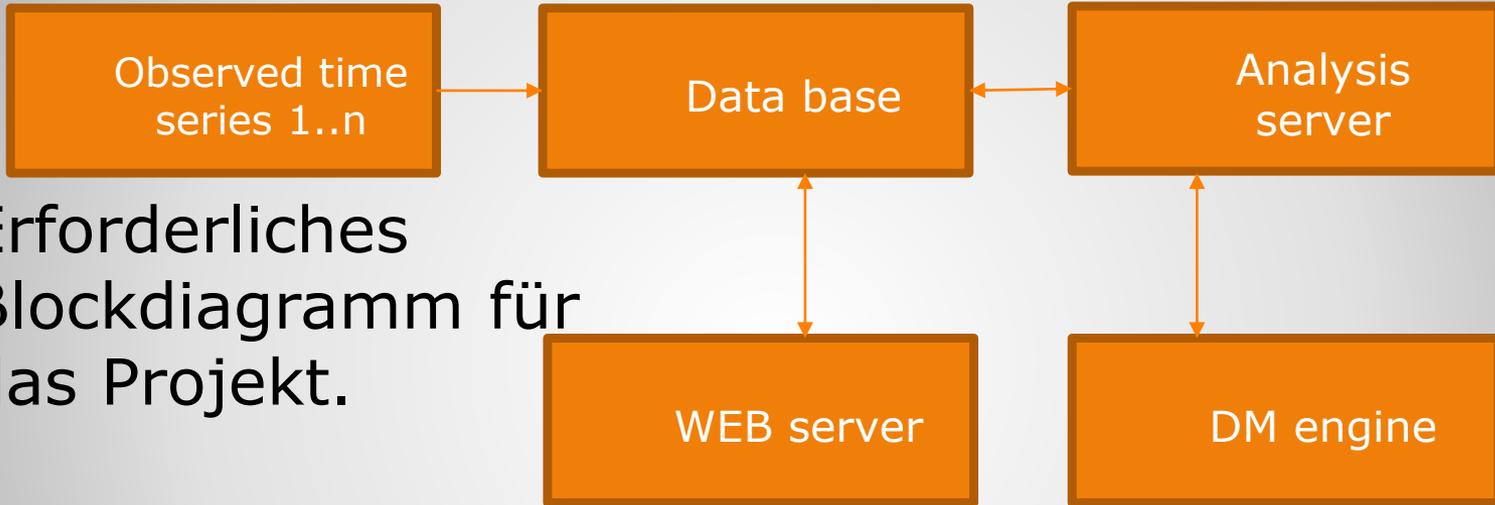
Operationsszenario bei Stahlwerk

Der Großhandelsmarkt und der Einzelhandelsmarkt. Großhandel werden mit geschlossenen Verträgen gehandelt.

Daher unterliegt die Abweichung der gelieferten vereinbarten Mengen, in den geschlossenen Verträgen, der Berechnung der Abweichungen.

In Slowenien wird es derzeit in Stundenintervallen gehandelt. Es wird erwartet, dass in Zukunft in 15-Minuten-Handelsintervalle gewechselt wird.

Handel mit Strom



Erforderliches Blockdiagramm für das Projekt.

DM-Engine hat eine verschiedene Analysemethode innerhalb.

Prognosesoftware-Struktur

- The Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Ai - Fi}{Ai} \right|$$

- The Root-Mean-Square Error (RMSE).
RMSE ist ein Maß für die Qualität des Prognosemodells für die gleiche Zeitreihe.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Ai - Fi)^2}{n}}$$

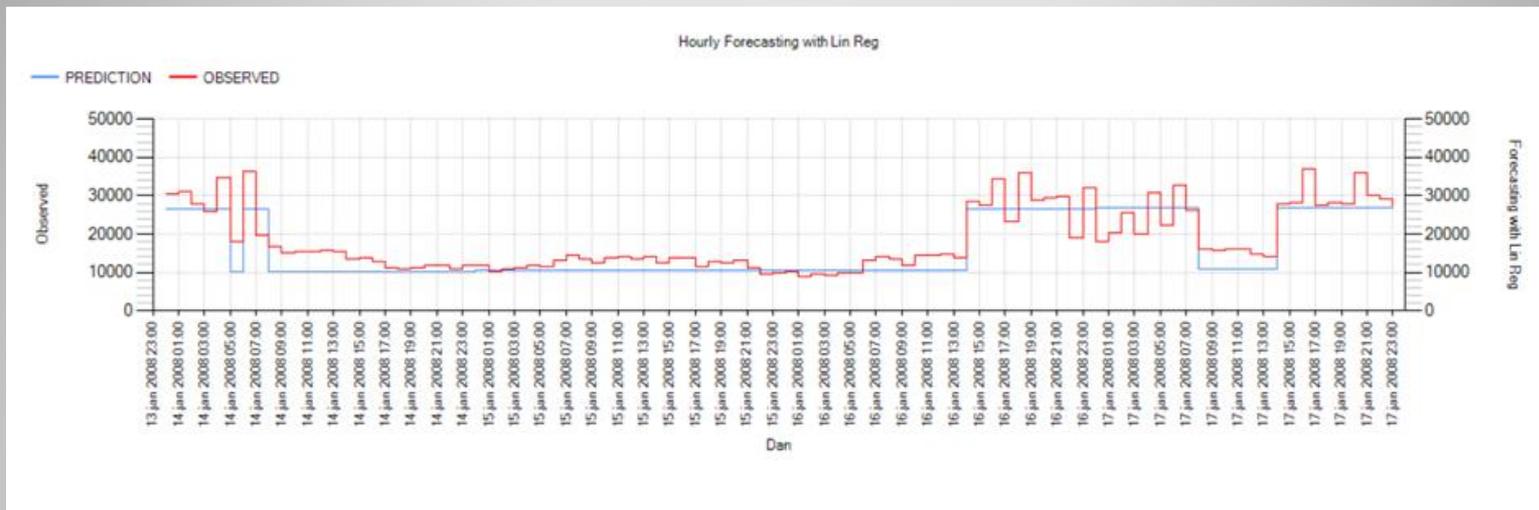
- R squared

A_i ...
gemessener
Wert

$$SS_{tot} = \sum_{i=1}^n (Ai - \bar{Ai})^2 \quad SS_{res} = \sum_{i=1}^n (Ai - Fi)^2 = \sum_{i=1}^n e_i^2$$

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}}$$

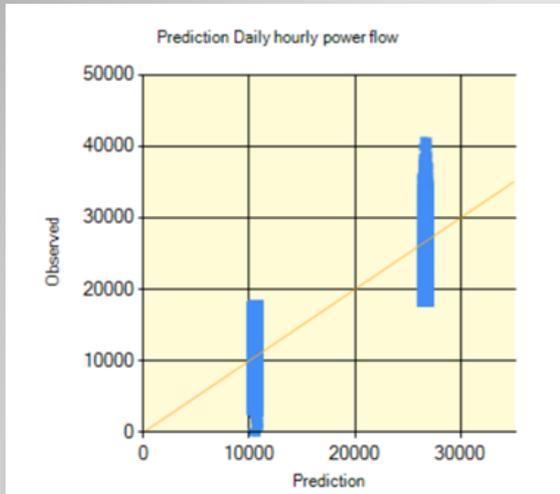
Prognosestatistik



Der Prädiktor hat einen Wert von "1", wenn der stündliche durchschnittliche Stromverbrauch > 4500 ist, und "0", wenn der stündliche durchschnittliche Stromverbrauch < 4500 ist.

$$[\text{Load forecasting}] = 10493 + +16203[\text{Predictor_type_1}] + \varepsilon$$

Tägliche Lastprognose bei linearer Regression – Prädiktortyp 1



- Prädiktor 1 für tägliche Lastvorhersage.
- Die Prognose selbst hat einen Mindestwert von 10493, was bei geringem Stundenverbrauch einen großen MAPE-Fehler bedeutet.

MAPE	MAE	RMSE	R square	Number of predictions	AVG observed	STDEV observed	AVG prediction	STDEV prediction
24.58 %	3667,01	4346,34	0,74	8543	19694,7	8594,4	19285,4	8059,7

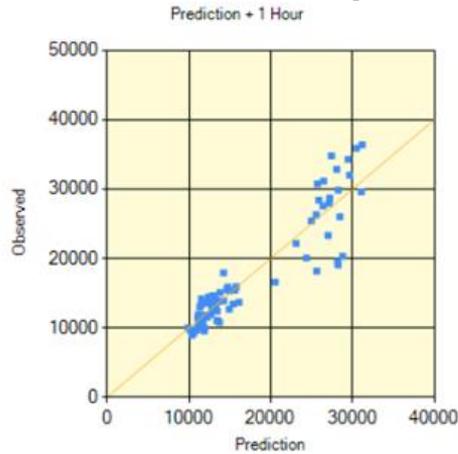
Tägliche Lastprognose - 1-Stunden-Vorhersageschritt

Prediction for a Hour	MAPE	MAE	RMSE	R square	Number of predictions	AVG observed	STDEV observed	AVG prediction	STDEV prediction
+ 23	13.35 %	2537,87	3385,74	0,84	80	19424,1	8414,2	19322,5	6859,6
+ 22	12.87 %	2449,85	3322,91	0,85	80	19280,4	8473,2	19118,3	6793,2
+ 21	13.07 %	2406,33	3199,62	0,85	80	18925,5	8301,8	18902,7	6731
+ 20	12.76 %	2341,5	3148,12	0,86	80	18853	8308,4	18738,3	6646,6
+ 19	13.07 %	2376,44	3248,57	0,85	80	18651	8281	18568,3	6571,4
+ 18	13.19 %	2401,27	3299,28	0,84	80	18502,7	8291,2	18396,8	6490,1
+ 17	13.53 %	2418,79	3335,39	0,84	80	18364,2	8347	18216	6399
+ 16	13.87 %	2436,3	3286,32	0,84	80	18109,8	8183	18065,5	6310,6
+ 15	14.29 %	2494,19	3341,5	0,83	80	17894,7	8142,7	17886,7	6236
+ 14	14.6 %	2559,37	3440,3	0,82	80	17726,3	8089,9	17722,2	6204,5
+ 13	14.82 %	2580,3	3446,63	0,81	80	17555,2	7979	17562,3	6188,4
+ 12	15.49 %	2669,45	3536,92	0,8	80	17377,5	7855,8	17404,4	6201,1
+ 11	15.73 %	2599,4	3383,8	0,8	80	17096	7588,6	17206,4	6277,4
+ 10	15.8 %	2634,04	3430,33	0,79	80	16949,6	7487,7	17029,2	6323,4
+ 9	16.06 %	2654,45	3411,6	0,79	80	16772,4	7390,7	16836,5	6397,1
+ 8	15.81 %	2600,55	3393,01	0,78	80	16658,5	7266,1	16707,5	6407,1
+ 7	15.41 %	2490,88	3262,55	0,78	80	16377,2	6908,8	16528,1	6394,8
+ 6	15.35 %	2426,79	3206,3	0,78	80	16247,8	6793,7	16512,8	6455,5
+ 5	15.21 %	2502,01	3418,03	0,76	80	16393,6	7024,9	16538,2	6535,3
+ 4	14.73 %	2417,13	3308,55	0,78	80	16413,1	7034,3	16556,1	6536,5
+ 3	14.12 %	2385,65	3344,71	0,79	80	16677	7318,3	16717,8	6603
+ 2	13.57 %	2309,76	3303,4	0,8	80	16787,1	7396,8	16881,1	6696,5
+ 1	11.02 %	1951,3	2860,87	0,85	80	16924,8	7507,2	17026,4	6948,1
+ 0	11.28 %	2011,82	2903,37	0,86	80	17149,4	7653,9	17211,4	7002,3

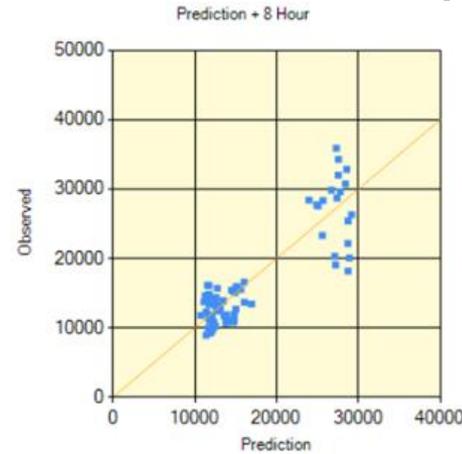
Die Saisonalität des Modells wurde beobachtet

Tägliche Lastprognose pro Stunde bei ARIMA - Prädiktor Typ 1

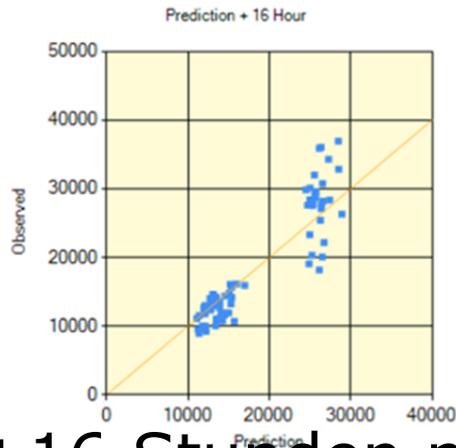
+1 Stunde pro Tag



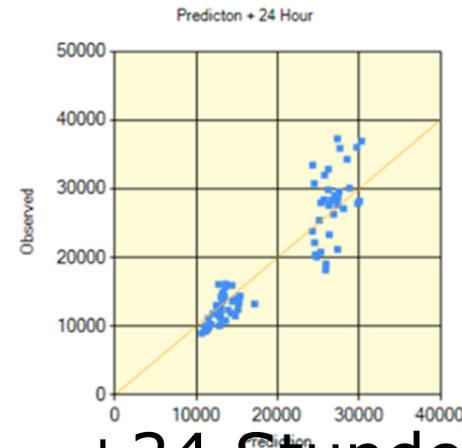
+8 Stunden pro Tag



Prognose
Modelllernen
mit 8700
Samples im
Sliding-
Modus.

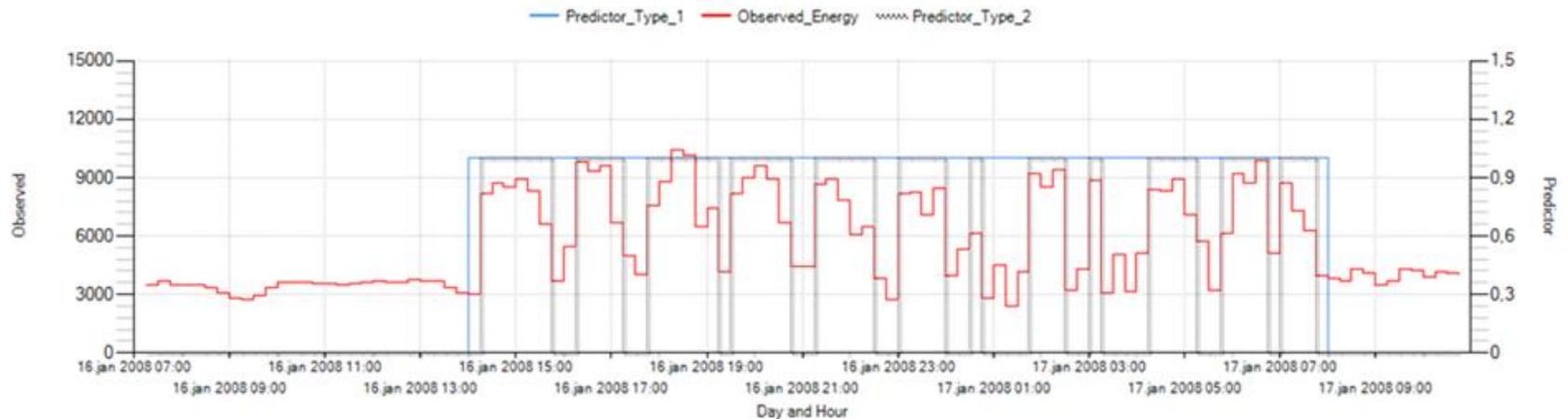


+16 Stunden pro Tag



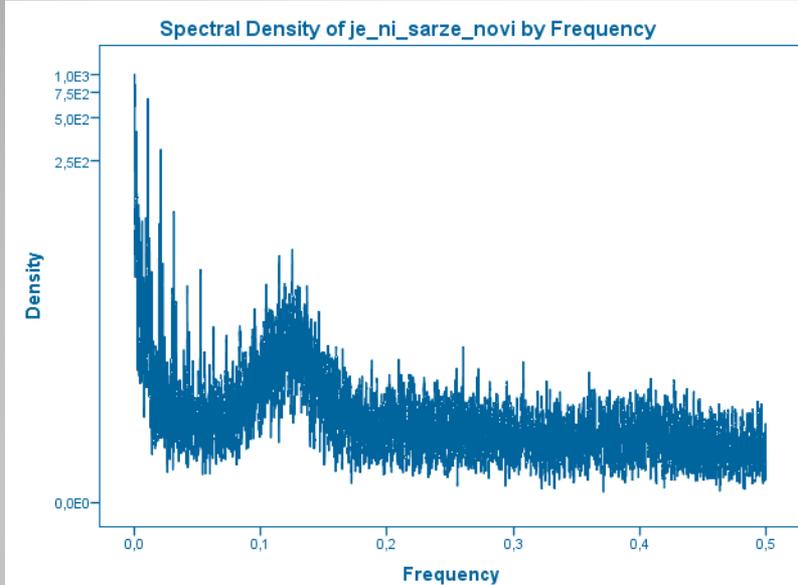
+24 Stunden pro Tag

Simulation ARIMA - Prädiktor Typ 1

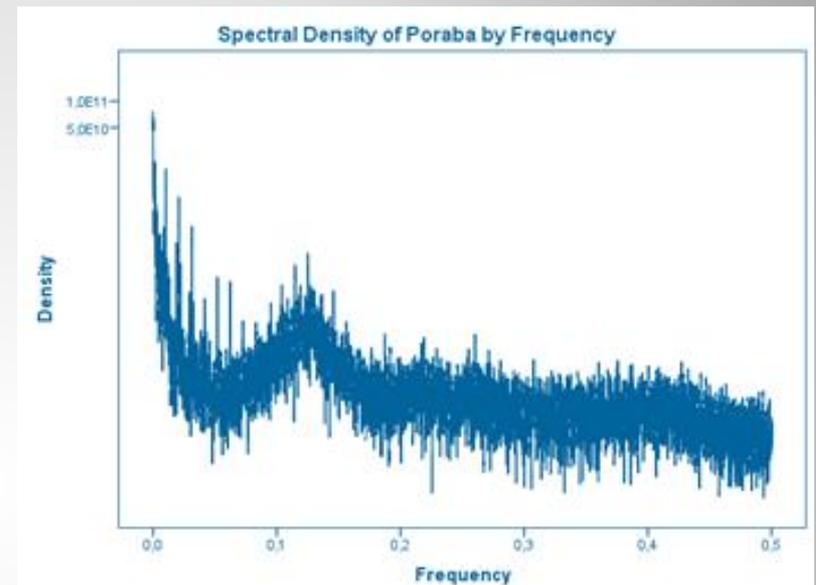


- Der Prädiktor hat einen Wert von "1", wenn der 15-Minuten-Stromverbrauch > 6500 ist, und "0", wenn die 15-Minuten-Leistung < 6500 ist.

Prädiktor Typ 2 in 15 min Zeitschritt



Die Spektraldichte für Prädiktor Typ 2 in einem Jahr in 15 Minuten interval.



Die Spektraldichte für den gemessene Leistungverbrauch in einem Jahr in 15 Minuten interval.

Ähnlichkeit der spektralen Dichten

Für die beschriebene Art des Lastprofils haben wir mit der linearen Regression begonnen. Die unabhängige Variable der Produktionsdaten erklärt nun 79% der Varianz in der Belastung, was sehr signifikant ist, und der F-Test sagt, dass wir β_0 und $\beta_1 > 99,9\%$ vertrauen können.

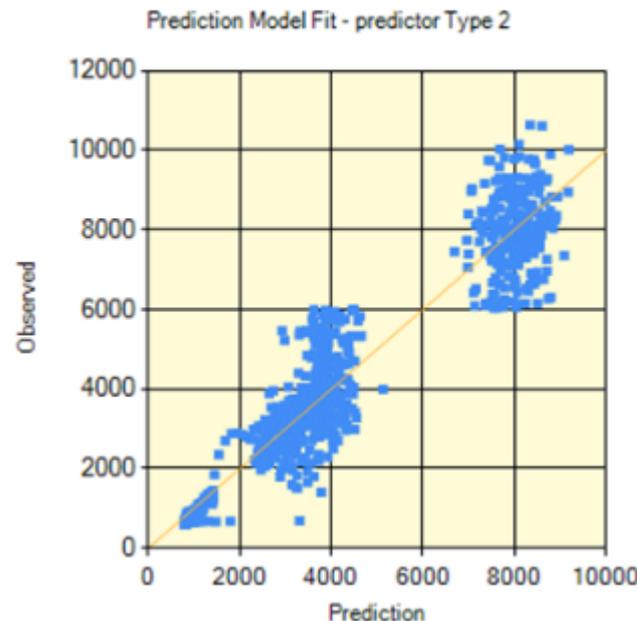
$$[\text{Load Forecasting}] = 3130 + +5023[\text{predictor_type_2}] + \varepsilon$$

R_square	MAE	stevilo_napovedi	AVG_meritev	STDEV_meritev	AVG_napovedi	STDEV_napovedi	MAPE	RMSE
0,79	985,9	34996	4824,9	2662,8	4817,8	2372,6	36.39 %	1219,9

Tägliche Lastprognose - lineare Regression 15 min Vorhersageschritt.

Die lineare Regression ist eine robuste Methode, bei der das Vertrauen in die Prognose nur begrenzt vorhanden ist.

R_square	MAE	Number of predictions	AVG observed	STDEV observed	AVG prediction	STDEV prediction	MAPE	RMSE
0,89	665,03	35092	4812,8	2669,2	4812	2494,8	17.16 %	902,5



ARIMA hat RMSE-Wert den kleinsten RMSE 903, also ist dieses Modell das beste.

ARIMA + Prädiktor Typ 2 - 15 min Vorhersageschritt.

Traditionelle ARIMA-Prognosen sind eine Theorie, die wir seit über 30 Jahren kennen. Für das beschriebene Lastprofil war es notwendig, ARIMA um den einen Prädiktor zu erweitern.

Der Prädiktor wurde einfach mit zwei Werten 0 und 1 realisiert. Der Typ 1 folgt der Produktion praktisch dem konstanten Wert 1. Typ 2 folgte der Produktion im Stahlbauer dynamischer mit Sprüngen zwischen 0 und 1.

Vorhersagen können weiter verbessert werden, indem nach den optimalen Parametern von Prädiktoren gesucht wird.

Die ARIMA-Vorhersage kann verbessert werden, indem die optimale Länge des Lernintervalls gefunden wird.

Fazit