

Zusammenfassung:

Smart-Grids können zukünftig eine wichtige Grundlage für einen effizienten Netzbetrieb sein und durch eine optimale Einsatzplanung und stärkere Kopplung der unterschiedlichen Sektoren Flexibilität für das Energieversorgungssystem bereitstellen. Zur Lösung dieser Aufgabe müssen Smart-Grids dezentral die Bereitstellung und Nutzung von Strom, Wärme, Gas und Mobilität optimieren. Prognosen der einzelnen Komponenten sind grundlegende Voraussetzung für eine effiziente Einsatzplanung und werden einerseits für die Koordination auf energiewirtschaftlicher Ebene und andererseits zur Überprüfung bzw. Einhaltung der technischen Rahmenbedingungen benötigt.

Diese Problemstellung wurde in der vorliegenden Dissertation aufgegriffen und Prognosesysteme für die unterschiedlichen Komponenten eines Smart-Grids entwickelt. Beim Stromsektor wurde als Vertreter für die Erzeugerseite ein System zur Prognose der Wirkleistung von PV-Anlagen entwickelt. Auf der Verbrauchseite stand der elektrische Energieverbrauch von Gebäudekomplexen und insbesondere vom Zentralcampus in Cottbus im Fokus der Untersuchungen. Für den Mobilitätssektor bot sich der Ladesäulenpark am Zentralcampus Cottbus als Betrachtungsgegenstand an und wurde im Rahmen der Übertragbarkeitsuntersuchungen berücksichtigt. Zum Abschluss wurde als weiterer wichtiger Bestandteil eines Smart-Grids der Wärmebedarf näher betrachtet und für diesen Anwendungsbereich ein Prognosesystem entwickelt. Letztendlich stehen somit für alle wichtigen Komponenten eines Smart-Grids kurzfristige Prognosen für die Einsatzplanung zur Verfügung. Die Validierung der Prognosemodelle stützte sich im Wesentlichen auf die Daten der BTU.

Bei der Entwicklung und Modellbildung der Prognosesysteme kamen unterschiedlichste Verfahren des Data Mining und Maschinellen Lernens zum Einsatz. Die besten Ergebnisse lieferten hierbei Ensemble-Methoden auf Basis von Entscheidungsbäumen. Im Weiteren wurde auch das Standardlastprofilverfahren des VDEW zur Prognose des elektrischen Energieverbrauchs angewendet und weiterentwickelt. In Abhängigkeit vom Anwendungsfall lag bei allen Prognosesystemen der Normalisierte Absolute Fehler im Bereich von 1,5% bis 3%. Hier liegt die Vermutung nahe, dass ein Großteil dieser verbleibenden Prognoseungenauigkeit auf zufällige Ereignisse, die sich nicht prognostizieren lassen, zurückzuführen ist. Weitere Optimierungspotentiale hinsichtlich der Prognosequalität sind aller Voraussicht nach nur durch eine Erhöhung der Modellkomplexität und Anzahl der zu betrachtenden Datenpunkte erreichbar.

In Hinblick auf die wissenschaftliche Verwertbarkeit und Anschlussfähigkeit können die Prognosen der Einzelkomponenten für die Einsatzplanung eines Smart-Grids beispielsweise zur Erhöhung des Autarkiegrades, der Spitzenkappung zur Vermeidung von Pönalen oder Abfahren vorgegebener Lastprofile zur Partizipation an zukünftigen Strom- und Flexibilitätsmärkten genutzt werden.

Abstract:

In the future, smart grids can be an important basis for an efficient grid operation and provide flexibility for the power supply system through optimal operation planning and stronger coupling of the different sectors. To solve this task, smart grids must optimize the provision and use of electricity, heat, gas and mobility in a decentralized manner. Forecasts of the individual components are a fundamental prerequisite for efficient operation planning and are needed for coordination at the energy industry level and for maintaining the technical requirements.

This problem was addressed in this thesis and forecasting systems for the different components of a smart grid were developed. As a representative for the generation side, a system for forecasting the active power of photovoltaic systems was developed. On the consumption side, the electrical energy consumption of building complexes and in particular the central campus in Cottbus was the focus of the study. For the mobility sector, the charging station park of the BTU was also taken into account. Finally, as another important component of a smart grid, the heat demand was examined and a forecasting system was developed for this field of application as well. Hence, short-term forecasts for all important components of a smart grid are available for operation planning. The validation of the forecast models was mainly based on data from the BTU.

A wide variety of data mining and machine learning methods were used in the development and modeling of forecasting systems. The best results were achieved by ensemble methods based on decision trees. Furthermore, the standard load profile method of the VDEW was applied and improved for forecasting the electrical energy consumption. Depending on the application, the Normalized Absolute Error for all forecasting systems was in the range of 1,5% to 3%. The assumption here is that a large part of this remaining forecast inaccuracy is due to random events that cannot be forecast. Further optimization potential with respect to prediction quality can only be achieved by increasing the model complexity and the number of data points to be considered.

In terms of scientific usability and prospects for follow-up, the forecasts of the individual components can be used for the operation planning of a smart grid, for example, to increase the degree of self-sufficiency, peak shaving to avoid penalties or following given load profiles to participate in future electricity and flexibility markets.