

Simulating Electricity Markets in Times of Energy Transition (Master Thesis)

Autor: Karim El-Safoury
Erstprüfer: Prof. Dr. Aaron Praktiknjo
Betreuung: Jan Priesmann, M. Sc.

Kurzfassung

In Zeiten der Energiewende und der Umstrukturierung des Elektrizitätssektors ist der Strompreis in den Mittelpunkt der Aktivitäten auf dem Strommarkt gerückt. In dieser Arbeit wird ein Modell zur Optimierung des Energiesystems erweitert und genutzt, um Treiber und Faktoren zu ermitteln, die den Strompreis beeinflussen. Darüber hinaus wird der Einfluss der Energiewende auf die genannten Preistreiber und Faktoren untersucht. Die Forschungsmethodik bestand darin, Strommarktdaten zu sammeln und zu analysieren, bevor eine Datenbank mit den relevanten Eingangsdaten für das Optimierungsmodell erstellt und die Modellergebnisse analysiert wurden. Es wurde eine detaillierte Analyse der Stromlast durchgeführt, die von abschaltbaren Kraftwerken bedient werden muss, da sie in direktem Zusammenhang mit der Versorgungssicherheit im System sowie der Markträumungspreisbildung nach der Merit Order steht. Die Analyse ergab eine lineare Korrelation zwischen der Residuallast und den Strompreisen. Es zeigte sich, dass das Auftreten negativer Residuallasten und Strompreise eng mit den über das Jahr variierenden Must-Run-Kapazitäten zusammenhängt. Aufgrund der Energiewende und der zunehmenden Erzeugung erneuerbarer Energien schwankt die Residuallast zunehmend. Dies belastet die thermischen Kraftwerke wirtschaftlich und muss in der Zielfunktion von Optimierungsproblemen berücksichtigt werden. Die Anwendung des Modells auf eine reale Fallstudie hat gezeigt, dass der Ausstieg aus dem Betrieb von Kern- und Kohlekraftwerken einen sichtbaren Einfluss auf die Großhandelspreise für Strom hat. Der Einsatz von Kohle- und Erdgaskraftwerken nimmt zu, was zu einem durchschnittlichen Anstieg der Strompreise führt. Um eine unnötig hohe Komplexität in zukünftigen Modellierungsprozessen zu vermeiden, wird in dieser Arbeit auch untersucht, ob bestimmte exogene Variablen oder Einstellungen die Komplexität des Modells erhöhen, ohne dass dies zu einem signifikanten Genauigkeitsgewinn führt. Im Hinblick auf die Modellkomplexität wird die Implementierung eines Übertragungsnetzes in einem Dispatchmodell, das die Strompreise in einem wettbewerblichen, durch einen einheitlichen Großhandelspreis gekennzeichneten Strommarkt prognostizieren soll, als unnötig angesehen. Lediglich die Interkonnektorkapazitäten werden als ausschlaggebend für engpassbedingte Preisspitzen angesehen.

Abstract

In times of energy transition and restructuring of the electricity sector, the price of electricity has become the focus of activities in the power market. In this thesis, an energy system optimization model is extended and used to determine drivers and factors that influence electricity prices. Furthermore, the influence of the energy transition on said price drivers and factors is

examined. The research methodology was to gather electricity market data and analyze it before preparing a database with the relevant input data for the optimization model and analyzing the model results. A detailed analysis of the electricity load that must be served by dispatchable power plants was conducted, since it is directly related to the security of supply in the system, as well as the market clearing price formation according to the merit order. The analysis proved a linear correlation between the residual load and electricity prices. The occurrence of negative residual loads and electricity prices was proven to be closely linked to must-run capacities that vary throughout the year. Due to the energy transition and the increased renewable energy generation, the residual load is increasingly fluctuating. This takes an economic toll on thermal power plants and has to be considered in the objective function of optimization problems. Applying the model to an actual case study revealed that the phase-out of nuclear and coal power plants has a visible effect on the wholesale electricity prices. The dispatch of coal and natural gas power plants increases, which results in an average increase in electricity prices. To avoid the application of an unnecessarily high degree of complexity in future modelling processes, the thesis also examines if certain exogenous variables or settings increase the complexity of the model without resulting in significant accuracy gains. With regards to the model complexity, implementing a transmission grid in a dispatch model that should forecast the electricity prices in a competitive electricity market characterized by a uniform wholesale price is seen as unnecessary. Only interconnector capacities are seen as pivotal for congestion related price spikes.