

Modellbasierte Analyse ausgewählter Flexibilitätsoptionen in einem klimaneutralen deutschen Stromsystem (Masterarbeit)

Autor: Stephan Terhorst
Erstprüfer: Univ.-Prof. Dr.-Ing Aaron Praktiknjo
Betreuung: Jakob Kulawik & Marius Tillmanns

Kurzzusammenfassung

Zur Erreichung der Treibhausgasneutralität 2045 in Deutschland wird eine starke Zunahme des Stromverbrauchs bei gleichzeitiger Erhöhung der Kapazitäten von Windenergie- und Photovoltaikanlagen erwartet. Zum Ausgleich des hohen Anteils fluktuierender Erzeugung ergibt sich ein hoher Bedarf an Flexibilität im Stromsystem. Einen Beitrag dazu können etwa Batteriespeicher, Power-to-Gas- oder Power-to-Heat-Anlagen, Demand-Side-Management in der Industrie und im GHD-Sektor oder weitere Flexibilitäten auf Haushaltsebene liefern. Jedoch bieten die verschiedenen Technologien einen unterschiedlichen Nutzen und variieren hinsichtlich ihrer Erschließungskosten.

In dieser Forschungsarbeit wurden die möglichen Optionen zur Flexibilisierung untersucht und in Bezug darauf analysiert, welche Potenziale und Unsicherheiten bei der zukünftigen Entwicklung bestehen. Auf Grundlage eines Basisszenarios der TenneT TSO GmbH für das Zieljahr 2045, dass das deutsche Stromsystem vollständig klimaneutral abbildet, konnten die Flexibilitätstechnologien simuliert werden. Anhand erster Auswirkungen und Effekte auf das Markt- und Einsatzverhalten der Technologien sind verschiedene Sensitivitäten untersucht und nach Kriterien zur Bewertung der Gesamtsystemkosten, der Integration von Erneuerbaren Energien oder der Indikatoren zur Versorgungssicherheit evaluiert worden. Hier zeigte sich, dass in einem zukünftigen Stromsystem vermehrt Flexibilitätstechnologien auf Seiten der Last zur Erhaltung der Systemstabilität benötigt werden (z.B. Elektromobilität, Power-to-Gas). Weiterhin gewinnen sowohl zentrale als auch dezentrale Speichertechnologien an Bedeutung, um kurzfristigen Belastungen im Stromsystem entgegenwirken zu können. Insbesondere die Erweiterung des heutigen Stromsystems zu anderen Marktgebieten trägt zur Optimierung des europäischen Strombinnenmarktes bei. So konnte ein kontinentales Stromverbundsystem als größte Flexibilität in einem klimaneutralen Stromsystem herausgestellt werden.

Abstract

To achieve greenhouse gas neutrality in Germany in 2045, a strong increase in electricity consumption is expected with a simultaneous increase in the capacities of wind energy and photovoltaic plants. To compensate for the high proportion of fluctuating power generation, there is a great need for flexibility in the energy system. This can be achieved, for example, by using battery storage, power-to-gas or power-to-heat plants, demand-side management in industry and the tertiary sector, or other flexibilities at the household level. However, the different technologies offer different benefits and vary in terms of their deployment costs.

In this research, the possible options for flexibilization were investigated and analyzed in terms of what potentials and uncertainties exist for future development. Based on a baseline scenario of TenneT TSO GmbH for the target year 2045, which depicts the German power system as completely climate neutral, flexibility technologies were simulated. Based on initial impacts and effects on the market and deployment behavior of the technologies, various sensitivities have been examined and evaluated according to criteria for assessing the overall system costs, the integration of renewable energies or the indicators for supply security. Here, it became apparent that in a future power system, flexibility technologies on the load side will be increasingly needed to maintain system stability (e.g., electromobility, power-to-gas). Furthermore, both centralized and decentralized storage technologies are gaining importance in order to be able to counteract short-term loads in the power system. In particular, the expansion of the current electricity system to other market areas contributes to the optimization of the European internal electricity market. Thus, a continental electricity interconnection system could be highlighted as the greatest flexibility in a climate-neutral power system.