

## **Modellgestützte Analyse von Designoptionen für den deutschen Elektrizitätsmarkt zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit bei zunehmender Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien**

**Lea RENZ(\*)<sup>1</sup>, Dr. Dogan KELES<sup>1</sup>, Prof. Dr. Wolf FICHTNER<sup>1</sup>**

### **Inhalt**

Derzeit wird in Deutschland intensiv über die zeitnahe Einführung eines Kapazitätsmechanismus diskutiert. Grund dafür sind Zweifel, ob der derzeitige Energy-Only-Markt (EOM) ausreichend Investitionsanreize zur Gewährleistung einer dauerhaften Versorgungssicherheit setzen kann. Durch die zunehmende Einspeisung von Strom auf Basis volatiler erneuerbarer Energien sinken die Einsatzstunden konventioneller Kraftwerke und ihre Erlössituation kann sich dadurch noch verschlechtern. Es werden jedoch weiterhin vor allem flexible konventionelle Back-up-Kapazitäten notwendig sein, insbesondere wenn Spitzenlastzeiten und geringe Wind- und PV-Einspeisung aufeinandertreffen. Es stellt sich daher die Frage, ob der grenzkostenbasierte EOM genügend Anreize für Investitionen in neue Kraftwerkskapazitäten bietet, oder ob ein Kapazitätsmechanismus als neues Marktsegment für das Produkt gesicherte Leistung eingeführt werden sollte.

Des Weiteren besteht erhebliche Uneinigkeit über die konkrete Ausgestaltung eines Kapazitätsmechanismus, unterschiedliche Vorschläge stehen zur Diskussion. Eine Einführung eines Kapazitätsmechanismus in den deutschen Strommarkt sollte folglich mit Bedacht und die Parametrierung auf fundierten Analysen bzw. Szenarien erfolgen.

Der theoretische Teil der Untersuchung umfasst die Zusammenfassung der deutschen Kapazitätsmarktdiskussion, sowie die Identifizierung von Kernelementen relevanter Marktdesignoptionen zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit in Deutschland.

Im praktischen Teil der Analyse werden die für Deutschland identifizierten relevanten Marktdesignoptionen im agentenbasierten Simulationsmodell PowerACE, welches den deutschen Strommarkt abbildet, implementiert und intensiv analysiert.

### **Methodologie**

Die Auswahl der in dieser Untersuchung analysierten Kapazitätsmechanismen erfolgt anhand derzeit für Deutschland diskutierter und als relevant identifizierter Ausgestaltungsvorschläge sowie anhand bestehender internationaler Umsetzungen.

Die Analyse und Auswertung der ausgewählten Kapazitätsmechanismen erfolgen mit Hilfe des agentenbasierten Simulationsmodells PowerACE, welches den gesamten deutschen Strommarkt auf Akteursebene abbildet. Im Wesentlichen besteht das Modell aus den vier Modulen Märkte, Stromversorgung, Stromnachfrage und Regulator.

Das Modell bildet den deutschen Strommarkt kraftwerksscharf ab. Wesentliche Inputparameter sind die Entwicklung von Stromnachfrage, CO<sub>2</sub>- und Brennstoffpreisen, Stromimporten und -exporten sowie der Ausbau der erneuerbaren Energien. Investitionen entstehen im Modell anhand der Wirtschaftlichkeitsberechnung des simulierten Kraftwerkeinsatzes von vorgegebenen konventionellen Technologieoptionen. Entscheidungsbasis der Investitionsplaner-Agenten sind dabei die im Modell simulierten stündlichen Preise des Spot- und Forwardmarktes sowie gegebenenfalls zusätzliche Erlöse aus dem Kapazitätsmarkt.

Eine wichtige Modellerweiterung stellt die Implementierung von Kapazitätsmechanismen dar. Diese werden unter verschiedenen Parametrierungen auf das Investitionsverhalten der Agenten, die Entwicklung von Erzeugungskapazitäten, Strompreisen, CO<sub>2</sub>-Emissionen und Kosten analysiert. Des

---

<sup>1</sup> Institut für Industriebetriebslehre und industrielle Produktionswirtschaft (IIP), Lehrstuhl Energiewirtschaft, Karlsruher Institut für Technologie, Hertzstr. 16, 76187 Karlsruhe, Tel.: +49 721 608-44573, Fax: +49 721 608-44682, lea.renz@kit.edu, www.iip.kit.edu

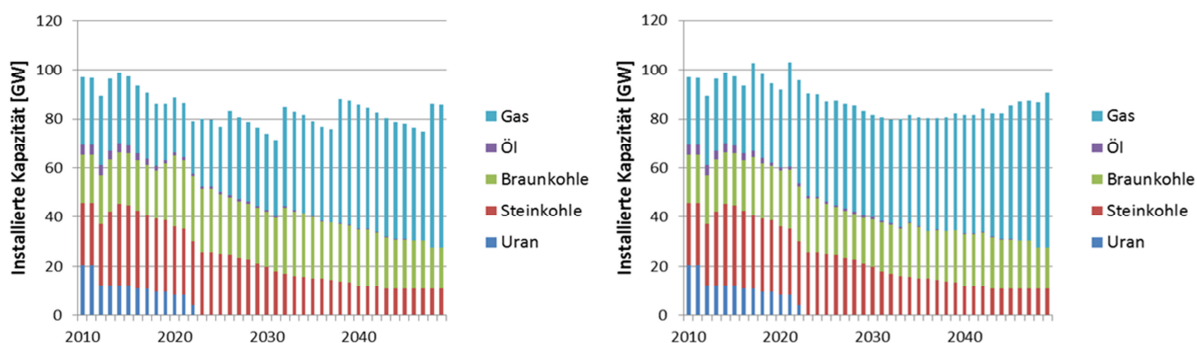
Weiteren kann untersucht werden, ob es in einzelnen Szenarien bzw. unter bestimmten Parametrierungen zu einer Unterdeckung der Nachfrage kommt.

### Ausgewählte Ergebnisse

Ergebnisse für den EOM sowie den Mechanismus der Kapazitätsoptionen (zentraler Kapazitätsmarkt) liegen vor und werden im Folgenden kurz zusammengefasst.

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der installierten Kraftwerkskapazitäten im EOM (links) sowie im Falle der Einführung eines zentralen Kapazitätsmarktes (rechts). Die Investitionstätigkeit im EOM ist stark von Zyklen geprägt, welche sich durch ein hohes Preisniveau auf dem Großhandelsmarkt während Knappheitszeiten erklären lassen. In der Simulation mit Kapazitätsmarkt wird dagegen früher und gleichmäßiger investiert. Das Niveau der Versorgungssicherheit ist somit mit Kapazitätsmarkt konstant deutlich höher als im EOM. Des Weiteren werden mit Kapazitätsmarkt insgesamt ca. 5 GW mehr Erdgaskapazitäten zugebaut. Dies entspricht der bei zunehmender Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien notwendigen Umstrukturierung des Kraftwerksparks hin zu mehr Flexibilität.

**Abbildung 1: Entwicklung der installierten konventionellen Kraftwerkskapazitäten im EOM (links) und mit zentralem Kapazitätsmarkt (rechts)**



### Ausblick

In dieser Untersuchung werden weitere Kapazitätsmechanismen, wie bspw. eine Strategische Reserve oder ein dezentraler Leistungsmarkt, im PowerACE-Modell implementiert, wobei für jeden Mechanismus unterschiedliche adäquate Parametrierungen Berücksichtigung finden sollen. Unter der Annahme eines verstärkten Ausbaus der erneuerbaren Energien werden diese Kapazitätsmechanismen anschließend umfassend auf die Entwicklung von Erzeugungskapazitäten, Strompreisen, Kosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen analysiert. Damit soll ein Beitrag zur aktuellen Diskussion um die Gewährleistung der Versorgungssicherheit in Deutschland bzw. zur Bewertung zukünftiger Designoptionen für einen deutschen Strommarkt mit hohen Anteilen an erneuerbaren Energien geleistet werden.

### Referenzen

Genoese, M. (2010): Energiewirtschaftliche Analysen des deutschen Strommarkts mit agentenbasierter Simulation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Dissertation, Januar 2010

Winkler, J.; Keles, D.; Renz, L.; Sensfuß, F.; Fichtner, W. (2013): Kapazitätsmechanismen oder Weiterentwicklung des Energy-Only-Markts, ew - Magazin für Energiewirtschaft, Heft 10/2013

ewi. 2012. „Untersuchungen zu einem zukunftsfähigen Strommarktdesign“. [http://www.ewi.uni-koeln.de/fileadmin/user\\_upload/Publikationen/Studien/Politik\\_und\\_Gesellschaft/2012/EWI\\_Studie\\_Str\\_ommarktdesign\\_Endbericht\\_April\\_2012.pdf](http://www.ewi.uni-koeln.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Studien/Politik_und_Gesellschaft/2012/EWI_Studie_Str_ommarktdesign_Endbericht_April_2012.pdf).

VKU. 2013. „Ein zukunftsfähiges Energiemarktdesign für Deutschland“. [http://www.vku.de/fileadmin/get/?24025/EMD\\_Gutachten\\_\\_Positionspapier\\_-\\_layout\\_-\\_Internet.pdf](http://www.vku.de/fileadmin/get/?24025/EMD_Gutachten__Positionspapier_-_layout_-_Internet.pdf)