

# Modellbasierte Analyse der Auswirkung von Sektorkopplung auf die Marktwerte erneuerbarer Energien

Christiane BERNATH<sup>1(1)</sup>, Gerda DEAC<sup>(1)</sup>, Frank SENSFUSS<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung

## Motivation und zentrale Fragestellung

Die von der Europäischen Union angestrebte Senkung der Treibhausgasemissionen erfordert die Substitution fossiler Brennstoffe durch erneuerbare Energien. Aktuell werden erneuerbare Energien durch Politik und Förderinstrumente unterstützt und in das Stromsystem integriert. Die langfristige Wettbewerbsfähigkeit dieser Technologien hängt neben der zukünftigen Entwicklung ihrer Stromgestehungskosten vorwiegend von ihren erzielbaren Erlösen am Strommarkt (häufig definiert als Marktwerte) ab. Der Grad der Flexibilität des Stromversorgungssystems beeinflusst die Strompreise und damit auch die Marktwerte der erneuerbaren Energien [1, 2]. Netzausbau und Integration von Stromspeichern stellen eine intrinsische Flexibilisierung des Stromsystems dar, während eine Kopplung mit Wärme- und Verkehrssektor zur weiteren Flexibilisierung beiträgt [3–6]. Die Auswirkungen dieser Flexibilisierung durch Sektorkopplung auf die Marktwerte erneuerbarer Energien werden daher in diesem Beitrag untersucht.

## Methodische Vorgangsweise

Zur Untersuchung dieser Fragestellung wird eine modellbasierte Szenarioanalyse mit dem Energiesystemmodell Enertile durchgeführt. Enertile ermöglicht die Identifizierung kosteneffizienter Entwicklungspfade zur Dekarbonisierung des Stromsystems bis 2050 unter gegebenen Rahmenbedingungen. Die optimale Lösung beinhaltet das Minimalkostenportfolio für den Ausbau aller zentralen Erzeugungs- und Infrastrukturen und deren Einsatz in stündlicher Auflösung zur Deckung der exogen vorgegebenen Nachfrage. Die Potenziale erneuerbarer Energien werden räumlich hochauflöst berechnet und die Stromerzeugung auf Basis von realen Wetterdaten modellendogen optimiert. Die Marktwerte lassen sich aus den stündlichen Grenzkosten der Stromnachfrage und den stündlichen Einspeiseprofilen der erneuerbaren Energien berechnen. Die Berücksichtigung von stromseitiger Sektorkopplung in Enertile umfasst die Bereiche Wärme, Verkehr und Wasserstoff.

Die Szenarien zur Untersuchung der Wirkung von Flexibilität auf die Marktwerte bilden den europäischen Stromsektor im Jahr 2050 bei einer hohen Dekarbonisierung ab. Die Flexibilität durch Sektorkopplung wird durch die Modellierung folgender Nachfragebereiche eingebracht: Wärmepumpen in Gebäuden, Fernwärmennetze, Elektromobilität und Wasserstoff. In einem ersten Schritt wird ein kostenoptimales Szenario inklusive aller Flexibilitätsoptionen ohne zusätzliche Restriktionen berechnet. Auf Basis dieser Ergebnisse werden anschließend der Ausbau erneuerbarer Energien sowie die Netzkapazitäten über Gleichheitsbedingungen für die weiteren Szenarien fixiert. In diesen Szenarien wird die Verfügbarkeit der Flexibilitätsoptionen gezielt variiert, um deren Auswirkungen auf die Marktwerte zu untersuchen.

## Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Auswirkung der Sektorkopplungsoptionen auf die Marktwerte erneuerbarer Energien wird für die erneuerbaren Technologien Aufdach-PV, Freiflächen-PV, Wind Onshore und Wind Offshore analysiert. Folgende Szenarien werden dafür berechnet:

- *Alle Flex:* alle Flexibilitätsoptionen verfügbar
- *Min Flex:* keine Flexibilitätsoptionen verfügbar
- *DE Flex:* alle Flexibilitätsoptionen nur in Deutschland verfügbar
- *FW inflex:* alle Flexibilitätsoptionen außer strombasierte Fernwärmeverzeugung verfügbar
- *Emob inflex:* alle Flexibilitätsoptionen außer Elektromobilität verfügbar
- *WP inflex:* alle Flexibilitätsoptionen außer Wärmepumpen verfügbar
- *H<sub>2</sub> inflex:* alle Flexibilitätsoptionen außer Wasserstoff verfügbar

---

<sup>1</sup> Jungautor

(<sup>1</sup>) Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe, Deutschland, +49 (0) 721 6809-257, christiane.bernath@isi.fraunhofer.de, www.isi.fraunhofer.de

Die Ergebnisse des *Min Flex* Szenario zeigen, dass ohne die durch Sektorkopplung bereitgestellte Flexibilität die Marktwerte der erneuerbaren Energien deutlich sinken. Wird nur die Verfügbarkeit einzelner Flexibilitätsoptionen abgestellt, verringern sich die Marktwerte wenig im Vergleich zum *All Flex* Szenario. Die einzige Ausnahme ist das *FW inflex* Szenario mit vergleichsweise niedrigen Marktwerten. Weiterhin zeigt sich, dass ein stark flexibilisiertes deutsches Stromsystem in einem wenig flexibilisierten europäischen Stromsystem zu sehr geringen Marktwerten führt (*DE Flex* Szenario). Rein nationale Strategien der Nutzung von Sektorkopplungsoptionen sind folglich bei hohen Zielen der Dekarbonisierung wenig effizient.

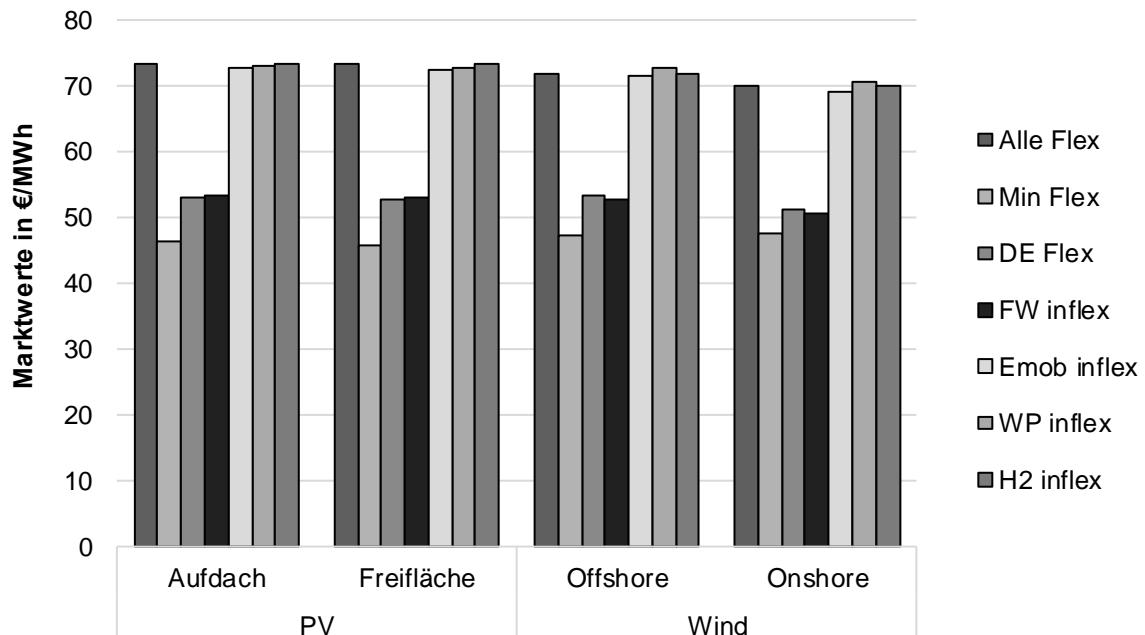


Abbildung 1: Marktwerte der erneuerbaren Energien in Deutschland im Szenarienvergleich

## Literatur

- [1] J. Winkler, F. Sensfuß und M. Pudlik, „Analyse ausgewählter Einflussfaktoren auf den Marktwert Erneuerbarer Energien: Leitstudie Strommarkt: Arbeitspaket 4“, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, 2015.
- [2] J. Winkler, M. Pudlik, M. Ragwitz und B. Pfluger, „The market value of renewable electricity – Which factors really matter?“, *Applied Energy*, Jg. 184, S. 464–481, 2016.
- [3] F. Sensfuß, G. Deac und C. Bernath, „Vorabanalyse Langfristige Rolle und Modernisierung der Kraft-Wärme-Kopplung: Kurzpapier“, Feb. 2017.
- [4] B. Pfluger *et al.*, „Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland: Modul 0: Zentrale Ergebnisse und Schlussfolgerungen“. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI); Consentec GmbH (Consentec); Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (IFEU), 2017.
- [5] M. Wietschel *et al.*, „Working Paper Sustainability and Innovation: Sektorkopplung - Definition, Chancen und Herausforderungen“, Fraunhofer ISI, 2018.
- [6] N. Gerhardt *et al.*, „Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr: Analyse der Interaktion zwischen den Sektoren Strom, Wärme/Kälte und Verkehr in Deutschland in Hinblick auf steigende Anteile fluktuierender Erneuerbarer Energien im Strombereich unter Berücksichtigung der europäischen Entwicklung“. Endbericht, Kassel, Sep. 2015.