

AGENTENBASIERTE MODELLIERUNG UND SIMULATION VON DEMAND RESPONSE MIT WÄRMEPUMPEN

Evelyn SPERBER¹

Inhalt

Viele Energieszenarien sehen eine verstärkte Durchdringung von Wärmepumpen als essentiell für die Dekarbonisierung des Gebäudesektors an [1]. Gleichzeitig werden Wärmepumpen, durch geeignete Nutzung thermischer Speicher, als Option für Demand Response (DR) zum Ausgleich von Angebot und Nachfrage im Energiesystem der Zukunft diskutiert [2].

Eine Reihe energiesystemanalytischer Studien befasst sich mit den grundsätzlichen Systemauswirkungen von Wärmepumpen unter Berücksichtigung des Lastverschiebepotentials. Die Aus- und Wechselwirkungen zwischen (neuen) Marktteilnehmern, regulatorischen Rahmenbedingungen sowie Preisanreizmechanismen, die zur Erschließung des DR-Potentials von Wärmepumpen ggf. benötigt werden, finden in den meisten verfügbaren Studien jedoch kaum Berücksichtigung. Damit bestehen noch große Unsicherheiten bezüglich der Marktauswirkungen durch den Einsatz von DR mit Wärmepumpen.

Dieser Beitrag trägt zur Schließung bestehender Forschungslücken im Bereich der aktorsbasierten Bewertung von DR mit Wärmepumpen bei. Folgende Fragen sollen beantwortet werden:

- Welche Effekte hat der Betrieb von Wärmepumpen zur Raumwärmebereitstellung in preisbasierten DR-Programmen auf die Strommärkte?
- Welchen Einfluss haben Gebäudesanierungsmaßnahmen und das Nutzerverhalten bezüglich des thermischen Komforts dabei?
- Wie profitieren unterschiedliche Energiemarktakteure im Kontext von DR mit Wärmepumpen?

Methodik

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wird das agentenbasierte Simulationsmodell des deutschen Elektrizitätssektors AMIRIS [3] weiterentwickelt und angewandt. In AMIRIS werden die wesentlichen Akteure des Energiemarktes (Kraftwerksbetreiber, Händler, Speicher etc.) als Agenten modelliert. Diese treffen auf Basis der von ihnen erworbenen Informationen selbstständig Entscheidungen, um eigene Interessen (z. B. Profit) zu verfolgen. Im Gegensatz zu Gleichgewichts- und Optimierungsmodellen existiert keine zentral vorgegebene Zielfunktion. Stattdessen resultiert das Systemverhalten emergent aus den Aktionen und Interaktionen der einzelnen Agenten.

Die durch Wärmepumpen induzierte Nachfrage nach Strom wird in AMIRIS modellendogen auf Basis von Wetterdaten und Gebäudeparametern berechnet. Hierzu werden recheneffiziente bottom-up Modelle des thermischen Gebäudeverhaltens von Typgebäuden implementiert [4]. Passive Wärmespeicherung in der thermischen Gebäudemasse, welche DR ermöglicht, wird dabei implizit berücksichtigt.

Als Bindeglied zwischen dezentralen Wärmepumpenbetreibern und den Großhandelsmärkten fungieren in AMIRIS Aggregatoren. Diese bieten ihren Kunden zeitvariable Stromtarife an, unter denen die Betreiber von Wärmepumpen kostenoptimiert agieren können.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Bisherige Simulationen und Analysen eines durch zeitvariable Stromtarife angereizten flexiblen Betriebs von Wärmepumpen zeigen positive Effekte für den Strommarkt, im Gegensatz zu einer starr-wärmegeführten Wärmepumpenfahrweise. Dies betrifft insbesondere die Abmilderung von

¹ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Technische Thermodynamik, Energiesystemanalyse, Pfaffenwaldring 38-40, DE-70569 Stuttgart, Telefon: +49 711 6862-8145, Telefax: +49 711 6862-8100, E-Mail: evelyn.sperber@dlr.de, Web: www.dlr.de/tt/system

Residuallastspitzen und eine verbesserte Marktintegration erneuerbarer Energien. Die Effekte sind umso stärker, je moderner die Gebäude (Dämmung, Fußbodenheizung) und je höher zugelassene Schwankungen der Innenraumtemperatur sind.

Der Betrieb von Wärmepumpen wird im Modell vorrangig in Phasen niedriger Großhandelsstrompreise verlagert. Dadurch ergibt sich für die Wärmepumpenbetreiber auf der einen Seite eine Kostenersparnis. Auf der anderen Seite entgehen Stromproduzenten Gewinne, da die Nachfrage in hochpreisigen Phasen verkleinert wird.

Der entwickelte integrierte Modellierungsansatz ermöglicht es, Wechselwirkungen zwischen Strom- und Wärmemarkt im Kontext von DR mit Wärmepumpen adäquat zu berücksichtigen und Chancen und Risiken unterschiedlicher Marktteilnehmer zu studieren. Zudem erlaubt die hohe Ausführungsgeschwindigkeit (weniger als 1 Minute pro Modelljahr auf einem i7-Notebook) die Berücksichtigung zahlreicher Parametervariationen und Sensitivitäten.

Referenzen

- [1] O. Ruhnau, S. Bannik, S. Otten, A. Praktiknjo, and M. Robinius, "Direct or indirect electrification? A review of heat generation and road transport decarbonisation scenarios for Germany 2050," *Energy*, vol. 166, pp. 989–999, 2019.
- [2] Bloess, W.-P. Schill, and A. Zerrahn, "Power-to-heat for renewable energy integration: A review of technologies, modeling approaches, and flexibility potentials," *Applied Energy*, vol. 212, pp. 1611–1626, 2018.
- [3] M. Deissenroth, M. Klein, K. Nienhaus, and M. Reeg, "Assessing the Plurality of Actors and Policy Interactions: Agent-Based Modelling of Renewable Energy Market Integration," *Complexity*, vol. 2017, 2017.
- [4] E. Sperber, U. Frey, and V. Bertsch, "Buildings as thermal storage: Reduced-order models for system-wide assessment of Demand Response with heat pumps," *submitted manuscript*, 2019.