

Nutzer- und systemseitige Effekte durch preisbasiertes Demand Response mit Wärmepumpen

Aktive Endkunden-/Prosumerpartizipation & Gebäudesektor

Evelyn SPERBER⁽¹⁾

⁽¹⁾Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Vernetzte Energiesysteme¹

Motivation und zentrale Fragestellung

Im Zuge der Energie- und Klimakrise gewinnen Wärmepumpen an Bedeutung. Deren zusätzliche Stromnachfrage kann einerseits Herausforderungen an die Strommärkte stellen, z.B. durch eine erhöhte Spitzenlast. Andererseits können Wärmepumpen mit Demand Response (DR) dazu beitragen, fluktuierende erneuerbare Energien in die Märkte zu integrieren und Kosten zu senken. Dynamische Stromtarife sollen daher Betreiber von Wärmepumpen befähigen, ihre Stromnachfrage flexibel an Marktsignale anzupassen [1].

Dieser Artikel geht der Frage nach, wie sich strompreisgesteuerte Wärmepumpen auf nutzerseitige Kosten sowie die systemweite Last und Stromerzeugung auswirken. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf dem Sanierungszustand von Gebäuden, da dieser den Strombedarf von Wärmepumpen sowie das Lastverschiebepotential beeinflusst [2].

Methodische Vorgangsweise

Um die Wechselwirkungen zwischen Gebäuden und Strommärkten adäquat abzubilden, wird das agentenbasierte Simulationsmodell des deutschen Stromgroßhandelsmarktes AMIRIS [3] mit einem Optimierungsmodell für den Wärmepumpeneinsatz gekoppelt (siehe Abbildung 1).

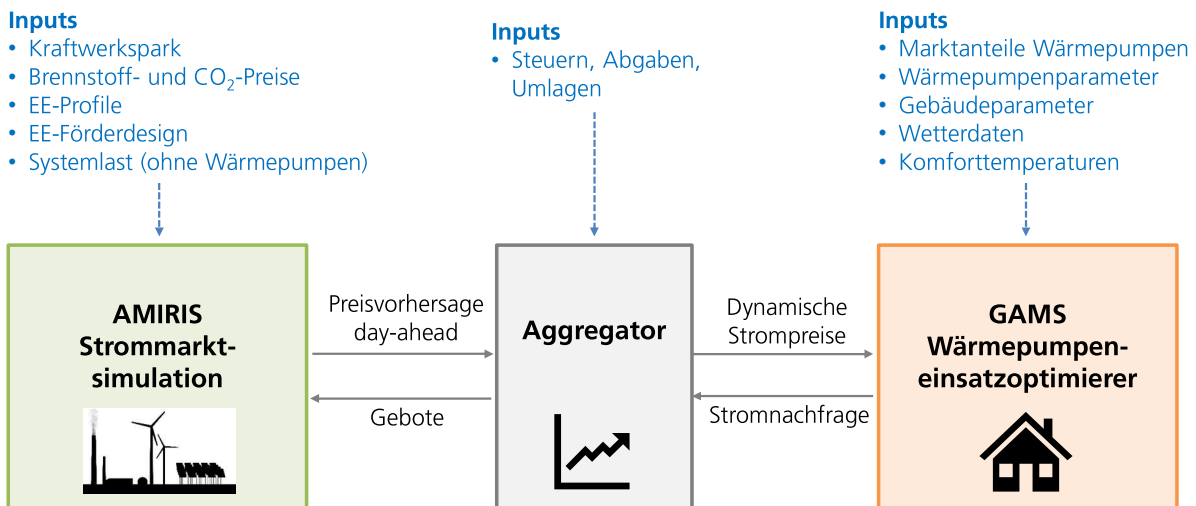


Abbildung 1: Schema der Modellkopplung

In AMIRIS werden die wesentlichen Akteure des Strommarktes (Kraftwerksbetreiber, Händler, Speicher, etc.) als Agenten mit individuellen Entscheidungsverhalten modelliert. Das Modell berechnet u.a. Börsenstrompreise endogen auf Basis der Simulation des Bieterverhaltens der Agenten.

Das GAMS-Optimierungsmodell bestimmt den kostenminimalen Einsatz strompreisgesteuerter Wärmepumpen in Wohngebäuden aus einzelwirtschaftlicher Sicht. Eine Besonderheit ist die Berücksichtigung von passiver Wärmespeicherung in der thermischen Masse von Gebäuden. Der Strombedarf der Wärmepumpen wird mit Hilfe integrierter bottom-up-Modelle des thermischen Verhaltens von Typgebäuden berechnet [2].

¹ Curiestraße 4, 70563 Stuttgart, +49 711 6862 8145, evelyn.sperber@dlr.de, www.dlr.de/ve

Als Bindeglied zwischen beiden Modellen bestimmt ein Aggregator-Modul auf Basis der AMIRIS-Simulation dynamische Strompreise, unter denen der Wärmepumpeneinsatz im GAMS-Modell optimiert wird. Alle flexiblen Wärmepumpenbetreiber erhalten das gleiche Preissignal. Regulierte Festpreisbestandteile wie Steuern, Abgaben und Entgelte werden beim Design der Stromtarife berücksichtigt.

Die Simulationen werden für ein Szenario mit hohem Anteil erneuerbarer Energien und Wärmepumpen fallstudienartig durchgeführt. Die Effekte von preisbasiertem DR mit Wärmepumpen werden dabei jeweils mit einem Referenzfall, in welchem Wärmepumpen inflexibel betrieben werden, verglichen. Zudem wird der Sanierungszustand der Gebäude variiert (unsaniert versus saniert).

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Modellrechnungen zeigen, dass durch passive Wärmespeicherung eine temporäre Verlagerung des Wärmepumpeneinsatzes in Phasen niedriger Strompreise ermöglicht wird. In der Folge sinken die Kosten für Verbraucher, die an preisbasiertem DR teilnehmen, abhängig vom Sanierungszustand der Gebäude um etwa 10 – 20% gegenüber der inflexiblen Fahrweise (Abbildung 2, links).

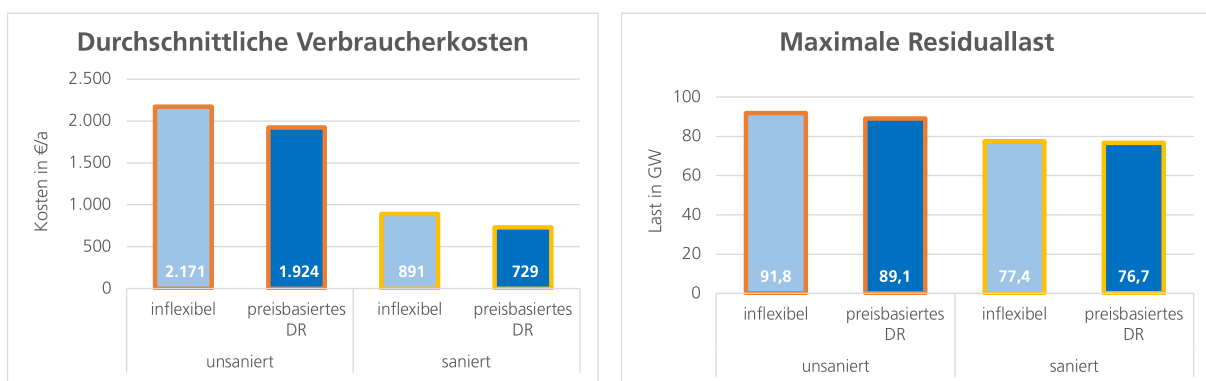


Abbildung 2: Auswirkungen von Wärmepumpen auf Verbraucherkosten (links) und maximale System-Residuallast (rechts) abhängig von Betriebsweise und Gebäudesanierungszustand

Im Gegensatz dazu ist der systemseitige Nutzen von preisbasiertem DR in der Fallstudie begrenzt: die maximale Residuallast und damit der Bedarf an Stromerzeugungskapazität wird im Vergleich zu einer inflexiblen Wärmepumpenfahrweise nur in marginalem Umfang reduziert (Abbildung 2, rechts). Darüber hinaus wird die Abregelung von erneuerbaren Energien sowie der CO₂-Ausstoß konventioneller Kraftwerke nur unwesentlich vermindert.

Die Analysen zeigen außerdem, dass der thermischen Gebäudesanierung eine entscheidende Rolle zukommt: im Vergleich zum unsanierten Zustand sind Verbraucherkosten aufgrund verminderter Strombedarfe für Wärmepumpen deutlich geringer; gleichzeitig ist die systemweite maximale Residuallast durch den Einsatz von Wärmepumpen in sanierten Gebäuden stark reduziert.

Da in der Fallstudie alle Wärmepumpen auf ein einheitliches Preissignal reagieren, ergeben sich auf dem Day-ahead-Markt neue Preistäler und -spitzen („avalanche effect“, vgl. [4]). Daraus folgt, dass dynamische Stromtarife angemessen ausbalanciert sein müssen, um einerseits DR bei Verbrauchern anzureizen, und andererseits einen Nutzen für das Energiesystem sicherzustellen.



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 864276



TradeRES

New Markets Design & Models for
100% Renewable Power Systems

Literatur

- [1] European Commission, Directorate-General for Energy (2019): *Clean energy for all Europeans*. Publications Office. Online verfügbar unter <https://data.europa.eu/doi/10.2833/9937>
- [2] Sperber, E., U. Frey, and V. Bertsch (2020). *Reduced-order models for assessing demand response with heat pumps – Insights from the German energy system*. Energy and Buildings vol. 223
- [3] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (2022). *AMIRIS. The open agent-based electricity market model*. Online verfügbar unter <https://dlr-ve.gitlab.io/esy/amiris/home/>
- [4] Gottwalt, S., Ketter, W., Block, C., Collings, J., Weinhardt, C. (2011). *Demand side management - A simulation of household behavior under variable prices*. Energy Policy vol. 39