Analyse und Bewertung von Flexibilitätsanreizen für   
dezentrale, sektorenintegrierte Energiesysteme

Themenbereich 4: Aktive Endkunden-/Prosumerpartizipation

Maximilian Schulz[[1]](#footnote-1)(1), Kai Hufendiek(1)

1. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER),  
   Universität Stuttgart

Motivation und zentrale Fragestellung

Deutschland verfolgt als Beitrag zu den Vereinbarungen des Pariser Klimaabkommens ambitionierte Klimaschutzziele. Eine Möglichkeit zur Dekabonisierung ergibt sich in der Sektorenintegration (Elektrifizierung Sektoren Wärme / Mobilität) dezentraler Energiesysteme [1] [2], welche durch intelligente Steuerungen ins ganzheitliche Energiesystem integriert werden. In der Folge resultiert eine deutliche Zunahme dezentral installierter Technologien (v. a. Photovoltaik-Anlagen, Batteriespeicher, Wärmepumpen sowie Elektrofahrzeuge), verdeutlicht in Abbildung 1, durch deren Betriebsfreiheitsgrade systemseitig benötigte Flexibilität erschlossen werden kann.



Abbildung 1: Anzahl von Photovoltaik-Anlagen [3], Batteriespeichern [4] [5], Wärmepumpen [6] sowie Elektro- und Hybrid-Fahrzeugen [7] in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2020

Im Beitrag wird daher untersucht und bewertet, welchen Einfluss regulatorische Rahmenbedingungen, aktuell z. B. diskutiert in der Reform des § 14a EnWG [8], auf das Flexibilitätspotenzial eines dezentralen Energiesystems aufweisen.

Methodische Vorgangsweise

Zur Untersuchung der vorgestellten Fragestellung wird das gemischt-ganzzahlige Optimierungsmodell E2M2\_DES [9] [10] verwendet, welches den kostenoptimalen Einsatz auswählbarer Technologien zur Deckung der lokalen Strom-, Wärme- sowie Mobilitätsnachfrage eines dezentralen Energiesystem bestimmt. In vorliegender Untersuchung wird dieses Energiesystem durch einen repräsentativen Einfamilienhaushalt charakterisiert, ausgestattet mit einer PV-Anlage in Kombination mit einem Wärmepumpen-Wärmespeichersystem, Batteriespeicher und Elektrofahrzeug.

Für die vorliegende Analyse wird das Modell zur Abbildung der systemseitigen Flexibilitätsanreize sowie -anforderungen erweitert. Diese Anreize stellen Marktseitig dynamische Strompreise dar, die den Strombezug des dezentralen Energiesystems in Zeiten mit kostengünstigen Netzbezugspreisen verlagern. (Verteil-)Netzseitig stellen technologiescharfe Sperrzeiten (bspw. für den Einsatz von Wärmepumpen oder das Beladen eines Elektrofahrzeugs) sowie Leistungsbeschränkungen des Hausanschlussscharfen Netzbezugs Maßnahmen dar, Flexibilität mit Blick auf kritische Netzsituationen zu erbringen. Hierdurch wird ermöglicht zu untersuchen, welchen Einfluss diese Anreizen und Maßnahmen auf den Betrieb der Technologien aufweisen sowie welche Mehrkosten für das Energiesysystem resultieren.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Durch den vorgestellten Ansatz werden zwei zentrale Beiträge verfolgt:

Zunächst soll eine optimale Dimensionierung für die Leistung der lokalen PV‑Anlage sowie für die Kapazität des Batteriespeichers des Energiesystems bestimmt werden. Die Leistung der Wärmepumpe wird in der Regel individuell in Abhängigkeit des lokalen Heizbedarfs ermittelt. Die zukünftige Ladeleistung privater Endnutzer kann im Rahmen der aktuellen Entwicklungen, bspw. des KfW-Förderprogramms 440 [11], mit einer Ladeleistung von 11 kW angenommen werden. Als Ergebnis werden so Dimensionierungsempfehlungen für die Ausstattung realer Energiesysteme abgeleitet.

Als zweiter Beitrag werden die Mehrkosten durch die Variation der regulatorischen Rahmenbedingungen (dynamische Strompreise, Netzbezugsbegrenzungen und technologiescharfe Sperrzeiten) auf den Haushalt quantifiziert und analysiert. Diese Mehrkosten stellen gleichzeitig die minimale Kompensation an den Haushalt dar, welche ihm für die Erbringung der Flexibilität zu zahlen ist. Gleichzeitig sollen die Maßnahmen anhand ihrer resultierenden Netzbezugsspitzen sowie des damit verbundenen Erfolgs zur Verstetigung der lokalen Stromachfrage bewertet werden. In der Folge kann abgeleitet werden, welche der genannten Maßnahmen zur Vermeidung von kritischen Netzsituationen geeignet sind.

Zusammenfassend sollen erfolgsversprechende Maßnahmen zur Flexibilisierung von dezentralen, sektorenintegrierten Energiesystemen identifiziert werden, um einen Beitrag zu deren Systemintegration zu liefern.

Literatur

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Hartel, R., et al. 2019. Dekarbonisierung des Energiesystems durch verstärkten Einsatz erneuerbaren Stroms im Wärme-, Verkehrs- und Industriesektor bei gleichzeitigen Stilllegungen von Kraftwerken. |
| [2] | Conrad, J.. 2020. Modellierung und Bewertung von Maßnahmen zur kosteneffizienten CO2-Verminderung im Sektor private Haushalte. München. |
| [3] | Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahn. 2021. EEG-Anlagenstammdaten. Berlin. |
| [4] | Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe (ISEA). 2019. Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarspeicher. Aachen. |
| [5] | Bundesverband Energiespeicher. 2021. BVES-Branchenzahlen 2021: 300.000 Hausspeicher in Deutschland. Berlin. |
| [6] | Bundesverband Wärmepumpe. 2021. Absatzzahlen für Heizungswärmepumpen in Deutschland. Berlin. |
| [7] | Kraftfahrt-Bundesamt. 2021. Bestand nach Umwelt-Merkmalen. Flensburg. |
| [8] | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. 2020. Referentenentwurf Steuerbare-Verbrauchseinrichtungen-Gesetz – SteuVerG. Berlin. |
| [9] | Schulz, M., Kemmler, T., Kumm, J., Hufendiek, K., Thomas, B. 2020. A More Realistic Heat Pump Control Approach by Application of an Integrated Two-Part Control. *Energies*. |
| [10] | Schulz M, Hufendiek K. 2021. Discussing the Actual Impact of Optimizing Cost and GHG Emission Minimal Charging of Electric Vehicles in Distributed Energy Systems. *Energies*. |
| [11] | KfW. 2021. Ladestationen für Elektroautos – Wohngebäude. Frankfurt. |

1. Jungautor, Heßbrühlstraße 49a, 70565 Stuttgart, [maximilian.schulz@ier.uni-stuttgart.de](mailto:maximilian.schulz@ier.uni-stuttgart.de) [↑](#footnote-ref-1)