

Einfluss diverser Rahmenbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit kollektiver Versorgungskonzepte in verschiedenen europäischen Ländern

Aktive Endkunden-/Prosumerpartizipation & Gebäudesektor
Christoph DOMENIG^{1(a)}, Julian HERMANN^(a), Fabian SCHELLER^(b),
Claire BERGAENTZLÉ^(c), Philipp A. GUNKEL^(c), Russell MCKENNA^(a,d)

^(a) Chair of Energy Systems Analysis, Institute of Energy and Process Engineering, Department of Mechanical and Process Engineering, ETH Zurich, Switzerland

^(b) Faculty of Business and Engineering, University of Applied Sciences Würzburg-Schweinfurt (FHWS), Germany

^(c) Energy Economics and System Analysis, DTU Management, Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Denmark

^(d) Laboratory for Energy System Analysis, Paul Scherrer Institute, Switzerland

Motivation und zentrale Fragestellung

In Mehrfamilienhäusern, welche etwa 50% der Wohngebäude in der EU ausmachen [1], besteht viel ungenutztes Potential für energieeffiziente Renovierungen und die Nutzung erneuerbarer Energien. Um diesen Gebäudebestand erfolgreich zu dekarbonisieren, ist die Einbindung wohnwirtschaftlicher Akteure in die Energiewende entscheidend. Im Fall von Mehrfamilienhäusern können Hauseigentümer, Mieter und Dritte sich zu sogenannten „Kollektiven Eigenverbrauchsgemeinschaften“ zusammenschließen, welche es ermöglichen lokalen Strom zu produzieren, konsumieren und verkaufen [2]. Nicht nur die Namensgebung, sondern auch die Geschäftsmodelle von kollektiven Eigenverbrauchsgemeinschaften variieren stark von Land zu Land. Während man beispielweise in Deutschland von Mieterstrommodellen spricht und keine Netzgebühr für den selbstproduzierten Strom entrichten muss, müssen sie zur Gänze bei „autoconsommation collective“ Gemeinschaften in Frankreich bezahlt werden.

In der wissenschaftlichen Literatur zu kollektiven Eigenverbrauchsgemeinschaften sind die gekoppelte Strom- und Wärmeversorgung [3,4] und Ländervergleiche [5] separat in Betracht gezogen worden, jedoch hat nach bestem Wissen der Autoren noch keine Studie diese zwei Aspekte gemeinsam untersucht oder den Einfluss von Modellierungskomplexität analysiert.

Diese Arbeit hat daher zum Ziel den Einfluss von verschiedenen kollektiven Eigenverbrauchsmodellen auf Investitionen in Energiesysteme und Renovierungen von Mehrfamiliengebäuden in verschiedenen Ländern sektorübergreifend zu untersuchen. Dabei werden wesentliche Rahmenbedingungen, wie die technischen Gegebenheiten der Gebäude und die Investitionsmöglichkeiten unter den herrschenden klimatischen Bedingungen der einzelnen Länder berücksichtigt. Weiterhin analysiert die Arbeit den Einfluss der Modellierungskomplexität auf die Investitionsentscheidungen.

Methodische Vorgangsweise

Die Bewertung erfolgt mit Hilfe eines ganzzahligen linearen Optimierungsmodells. Einerseits umfasst die Implementierung die sektorübergreifenden Energieströme aus dem Bereichen Strom und Wärme. Weiterhin wird das Modell auf die verschiedenen rechtlichen Gegebenheiten für kollektiven Eigenverbrauch in ausgewählten europäischen Ländern angewandt. Das Modell optimiert die Investition in die Energiesysteme und Sanierungsmaßnahmen, welche den Nettokapitalwert des Vermieters maximieren und gleichzeitig den Strom-, Kühl, Heiz- und Warmwasserbedarf der Mieter decken. Im Gegensatz zu existierenden Studien wird der Heiz- bzw. Kühlbedarf endogen mittels eines linearen Kapazitätswiderstandmodell in der Optimierung berechnet, was die Verwendung der Gebäudehülle als Wärmespeicher ermöglicht. Ersparte Heizkosten durch Investitionen in effizientere Heizsysteme oder Sanierungsmaßnahmen werden zur Hälfte dem Vermieter als Gewinn angerechnet.

Zur Beantwortung unserer Zielstellung werden mit dem Optimierungsmodell drei Szenarien analysiert: eine lokale, eine globale und eine Modellierungskomplexitätsanalyse. In der lokalen Analyse werden die Wirtschaftlichkeit und die Technologie- und Sanierungsmaßnahmenauswahl der Modelle in ihren lokalen länderspezifischen Rahmenbedingungen mit variablen Energiepreisen ermittelt. In der

¹ Clausiusstrasse 33, 8092 Zürich, +41 44 632 28 03, cdomenig@student.ethz.ch, <https://esa.ethz.ch/>

globalen Analyse wird die Profitabilität der Modelle unter den gleichen Rahmenbedingungen mit variablen klimatischen Bedingungen und Gebäudeeffizienzparametern ermittelt. In der dritten Analyse wird die Wirtschaftlichkeit der Modelle wiederum unter den gleichen Rahmenbedingungen ermittelt, diesmal aber mit variabler thermodynamischer Modellierungskomplexität. Hierfür wird der Einfluss verbesserter Speichermodelle und last- und temperaturabhängiger Effizienzen ermittelt.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Studie liefert Ergebnisse zur optimalen Auswahl der Energiesysteme und Sanierungsmaßnahmen in kollektiven Eigenverbrauchsgemeinschaften in ausgewählten europäischen Ländern. Die bevorzugten Technologien werden ersichtlich und die Betrachtung der einzelnen Cashflowbestandteile des Kapitalwerts ermöglicht die Identifikation der wichtigsten Wertschöpfungstreiber. Mit der vorgestellten Vorgehensweise wird der Einfluss der rechtlichen Vorgaben unter Berücksichtigung der klimatischen und technischen sowie energiewirtschaftlichen Gegebenheiten sichtbar. Diese können sich wie zum Beispiel im Falle eines hohen regionalen Strompreises oder Heizbedarfs auf die Rentabilität von kollektiven Eigenverbrauchsgemeinschaften auswirken [4,5]. Mit der globalen Analyse werden solche länderspezifischen Rahmenbedingungen herausgefiltert und die Wirksamkeit der kollektiven Eigenverbrauchsmodelle kann direkt miteinander verglichen werden und so das profitabelste Geschäftsmodell ermittelt werden.

Zum einen werden mit dieser Studie Erkenntnisse darüber geliefert, welche thermodynamischen Modelleigenschaften den stärksten Einfluss auf die Ergebnisse haben, zum Beispiel sind Betriebskosten höher, wenn Teillasteffizienzen [6] oder Heiztemperaturanforderungen [7] berücksichtigt werden.

Zum anderen wird ersichtlich, ob unter den aktuellen energiepolitischen Rahmenbedingungen tendenziell bestimmte Technologien bevorzugt werden, und es werden auf Basis der Ergebnisse Empfehlungen für eine effizientere Energiepolitik abgeleitet. Mit diesen können politische Entscheidungsträger ihre Ressourcen auf die Aspekte konzentrieren, die den stärksten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der kollektiven Eigenverbrauchsgemeinschaften haben.

Literatur

- [1] E. Heiskanen and K. Matschoss, "Understanding the uneven diffusion of building-scale renewable energy systems: A review of household, local and country level factors in diverse European countries," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 75, pp. 580–591, 8 2017.
- [2] D. Frieden, A. Tuerk, J. Roberts, S. D'Herbement, A. F. Gubina and B. Komel, "Overview of emerging regulatory frameworks on collective self-consumption and energy communities in Europe," *2019 16th International Conference on the European Energy Market (EEM)*, pp. 1-6, 2019.
- [3] F. Braeuer, M. Kleinebrahm, E. Naber, F. Scheller, and R. McKenna, "Optimal system design for energy communities in multi-family buildings: the case of the German Tenant Electricity Law," *Applied Energy*, vol. 305, 1 2022.
- [4] A. Canova, P. Lazzeroni, G. Lorenti, F. Moraglio, A. Porcelli, and M. Repetto, "Decarbonizing residential energy consumption under the Italian collective self-consumption regulation," *Sustainable Cities and Society*, p. 104196, 12 2022.
- [5] B. Fina, M. B. Roberts, H. Auer, A. Bruce, and I. MacGill, "Exogenous influences on deployment and profitability of photovoltaics for self-consumption in multi-apartment buildings in Australia and Austria," *Applied Energy*, vol. 283, 2 2021.
- [6] M. Wirtz, M. Hahn, T. Schreiber, and D. Müller, "Design optimization of multi-energy systems using mixed-integer linear programming: Which model complexity and level of detail is sufficient?," *Energy Conversion and Management*, vol. 240, 7 2021.
- [7] T. Schütz, R. Streblow, and D. Müller, "A comparison of thermal energy storage models for building energy system optimization," *Energy and Buildings*, vol. 93, pp. 23–31, 4 2015.