

EIN OPTIMIERUNGSBASIERTER ANSATZ FÜR ANERGIENETZE MIT ERDSONDENFELDERN UNTER SEKTORKOPPLUNG

Viktoria ILLYÉS¹, Stefan STRÖMER^{1,2}, Ralf-Roman SCHMIDT¹

Inhalt

Die vorliegende Studie untersucht die Sektorkopplung anhand des Fallbeispiels eines Anergienetzes einer ländlichen österreichischen Wohnbaugenossenschaft, die zugleich als Erneuerbare Energiegemeinschaft (EEG) agiert. Durch die Kombination lokaler Photovoltaikerzeugung, Wärmepumpen für bidirektionales Heizen und Kühlen, eines Anergienetzes [1], eines Bohrlochwärmespeichers (auch: Erdsondenfeld, ESF) sowie der Abwasserwärmerückgewinnung deckt diese Fallstudie ein breites Spektrum komplexer techno-ökonomischer Wechselwirkungen ab. Die Fallstudie ist eingebettet in das Reallabor cells4.energy [2] für vollständig erneuerbare Energiesysteme.

Methodiken

Eine zentrale Herausforderung bei der Modellierung dieses Systems liegt in niedrigen Temperaturlevels und -differenzen in Anergienetzen. Übliche Vereinfachungen in der energiewirtschaftlichen Optimierung, wie vorab berechnete COP-Werte oder temperaturunabhängige Wärmeflüsse, sind nicht in der Lage, das stark saisonale Verhalten des Erdsondenfelds und der Wärmepumpen gut abzubilden. In dieser Fallstudie führen Netztemperaturen zwischen 5 und 25 °C zu COP-Werten, die sich im Jahresverlauf erheblich verändern und zeitweise die Nutzung bestimmter Wärmequellen oder -senken nicht direkt nutzbar machen, wenn die Temperaturdifferenzen zu gering werden. Während detaillierte thermische Simulationsmodelle solche nichtlinearen thermodynamischen Effekte erfassen können, erfordert die Planung und Koordination sowohl kurzfristiger Gebäudeflexibilität (im Stundenbereich) als auch des langfristigen saisonalen Speicherbetriebs einen optimierungsbasierten Ansatz.

Daher wird eine hybride Modellierungsstrategie angewendet, siehe Abb. 1: Temperaturabhängige Effekte werden mithilfe thermischer Antwortfunktionen [3] iterativ berechnet und direkt in das Optimierungsmodell rückgeführt, um eine thermodynamisch konsistente Systemabbildung bei gleichzeitig beherrschbarem Rechenaufwand sicherzustellen. Durch die Einbettung dieses Ansatzes in das hochauflösende, open-source Optimierungsframework *IESopt* [4] werden verschiedene Szenarien über einen einjährigen Modellierungszeitraum ausgewertet und insbesondere mit einer statischen Optimierung verglichen, wodurch wesentliche Fehlabschätzungen sichtbar werden, die auftreten, wenn thermodynamische Wechselwirkungen unberücksichtigt bleiben.

Ergebnisse

Vorläufige Ergebnisse zeigen, dass ein saisonales ESF mit einer Kapazität von etwa 120 MWh - was mehr als der Hälfte des jährlichen Wärmebedarfs entspricht - eine effiziente langfristige thermische Verschiebung aus der sommerlichen Kühlung sowie eine effektive Nutzung von Abwasserwärme ermöglicht. Die aktive Sektorkopplung reduziert die Gesamtsystemkosten um rund 10 %, bedingt durch eine verbesserte Nutzung des innerhalb der Energiegemeinschaft erzeugten Stroms und eine koordinierte operative Flexibilität. Die Wärmepumpen weisen ein zunehmend dynamisches Betriebsverhalten auf, mit etwa 15 % mehr Aktivierungen und bis zu 20 % kürzeren Betriebszeiten pro Aktivierung, was zu höheren elektrischen Spitzenlasten führt.

Insgesamt zeigt die Studie, dass die Integration sektorgekoppelter Wärmepumpen mit saisonalem Speicher und Austausch von Strom in EG einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung von

¹ AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Giefinggasse 4, 1210 Wien, Österreich
viktoria.illyes@ait.ac.at

² Delft University of Technology, Postbus 5, 2600 AA Delft, The Netherlands

Energiesystemen auf Quartiersebene leisten kann. Zudem wird hervorgehoben, dass eine präzise Abbildung thermodynamischer Effekte, insbesondere in einem Anergienetz, für die Optimierung sektorgekoppelter Flexibilitäten unerlässlich ist.

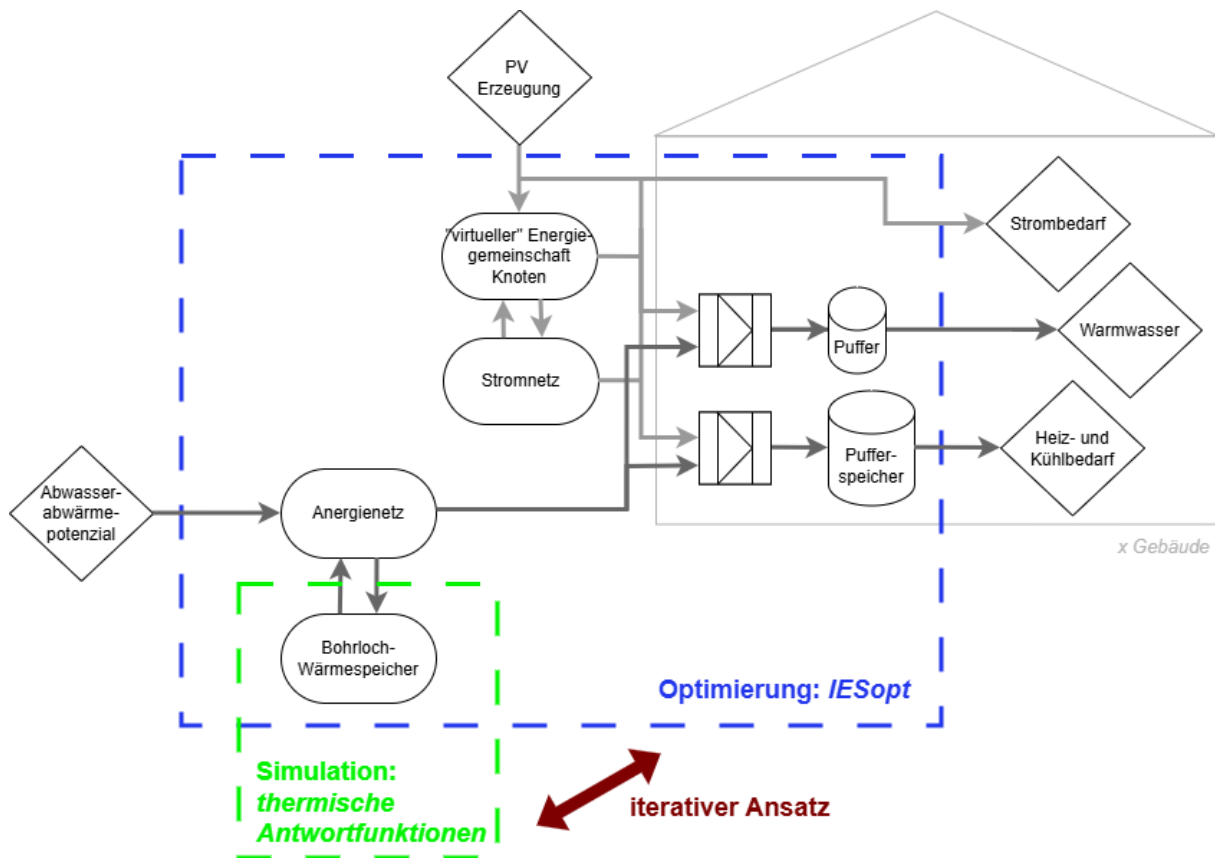


Abbildung 1: Hybride Modellierung des sektorgekoppelnden Anergienetzes mit Erdsondenwärmespeicher.

Referenzen

- [1] J. García-Céspedes, I. Herms, G. Arnó, und J. J. De Felipe, „Fifth-Generation District Heating and Cooling Networks Based on Shallow Geothermal Energy: A review and Possible Solutions for Mediterranean Europe“, *Energies*, Bd. 16, Nr. 1, S. 147, Dez. 2022, doi: 10.3390/en16010147.
- [2] AIT, „cells4.energy: Regionale Energiezellen als Multi-Energy-Reallabore für eine schnelle Systemtransition“. Zugriffen: 30. November 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ait.ac.at/themen/hybrid-power-plants/projekte/cells4energy>
- [3] M. Li und A. C. K. Lai, „New temperature response functions (G functions) for pile and borehole ground heat exchangers based on composite-medium line-source theory“, *Energy*, Bd. 38, Nr. 1, S. 255–263, Feb. 2012, doi: 10.1016/j.energy.2011.12.004.
- [4] S. Strömer und K. Maggauer, „IESopt: A Modular Framework for High-Performance Energy System Optimization“, in *2024 Open Source Modelling and Simulation of Energy Systems (OSMSES)*, Vienna, Austria: IEEE, Sep. 2024, S. 1–6. doi: 10.1109/OSMSES62085.2024.10668965.