

BEWERTUNG DER NETZTECHNISCHEN AUSWIRKUNGEN VON WÄRMEPUMPEN IN DER URBANEN, KOMMUNALEN WÄRMEVERSORGUNG

Finnja OESTEREICH^{1*}, Carsten WEGKAMP², Eike NIEHS³, Henrik WAGNER⁴,
Bernd ENGEL⁵

Motivation

Zur klimaneutralen Wärmeversorgung im Gebäudebereich wird zum Ziel der Treibhausgasneutralität in Deutschland in den nächsten Jahrzehnten flächendeckend die kommunale Wärmeversorgung überarbeitet und neugestaltet. Dazu werden fossile Anlagen zur Wärmeerzeugung nach und nach durch die Installationen von thermischen Anlagen wie Wärmepumpen ersetzt, die in effizienter Art möglichst erneuerbaren Strom beziehen und mit Umweltenergie Wärme erzeugen. Durch die Hinzunahme weiterer elektrischer Verbraucher in das Stromnetz kann es in Momenten hoher Gleichzeitigkeit im Verbrauch zu Überlastungen im Verteilnetz führen und damit Bedarf an Netzausbau bewirken.

Zielsetzung

Ziel der Ausarbeitung ist es, die Auswirkungen der Hinzunahme moderner Wärmepumpen im Rahmen der kommunalen, urbanen Wärmeplanung auf die Stromnetze zu untersuchen. Insgesamt soll damit eine techno-ökonomische Analyse dieser Herausforderung möglich sein, sodass die folgende Forschungsfrage beantwortet werden kann: Inwiefern unterscheiden sich die Auswirkungen verschiedener Betriebsstrategien von Quartiers-Wärmepumpen auf den Stromnetzbetrieb?

Vorgehensweise und Modellierung

Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage wird für die Modellierung und die simulativen Untersuchungen die Open-Source Modellbibliothek *eELib* [1] verwendet. Dabei werden vorhandene Simulationsmodelle für Wärmepumpen, Wärmespeicher, Energiemanagementsysteme und Netzberechnungen erweitert. Darauf basierend können simulative Untersuchungen zur Auswirkung des Betriebs auf die Stromnetze durchgeführt werden.

Hinsichtlich der Modellierungen für Wärmepumpen und Wärmespeicher wird auf der Basis bestehender, peer-reviewter Modelle aufgebaut und physikalische Zusammenhänge aus der Literatur umgesetzt. Für Wärmepumpen wird eine Berechnung des Coefficient of Performance (COP) auf Basis der Umgebungs- und Heizsystem-Temperatur implementiert, analog zum Repository der *hplib* [2]. Für den Wärmespeicher werden vereinfacht die Zusammenhänge der VDI 4645 berücksichtigt und die Formeln zur Umrechnung der spezifischen Wärmekoeffizienten für Volumen und Energiekapazität.

Insbesondere im Bereich des Energiemanagements wurden Erweiterungen an der *eELib* vorgenommen. Einerseits wurde ein Modell für Quartiers-Energiemanagementsysteme (*DEMS*, engl. district energy management system) aufgesetzt, sodass darin Betriebsweisen zur Steuerung von Energieflüssen in Quartieren umgesetzt werden können. Außerdem wurde eine Auswahl passender Betriebsstrategien zur Steuerung von Wärmepumpen (und der Ladevorgänge für Elektrofahrzeuge) konzipiert und implementiert, wie auch in Abbildung 1 dargestellt ist:

- **Wärmegeführt:** Dabei wird die Wärmepumpe allein auf Basis des Wärmebedarfes gesteuert. Sie wird also angeschaltet bei hohem Wärmebedarf und ausgeschaltet, wenn der Wärmebedarf gedeckt ist. Typischerweise ist dies an Temperaturen ausgerichtet.

^{1*} elenia Institut für Hochspannungstechnik und Energiesysteme, Technische Universität Braunschweig, Schleinitzstraße 23, 38106 Braunschweig, f.oestereich@tu-braunschweig.de, Nachwuchsautorin

² elenia Institut für Hochspannungstechnik und Energiesysteme, Technische Universität Braunschweig

- **Preisgesteuert:** Die Steuerung der Wärmepumpe kann zusätzlich auch auf Basis von Strompreisen erfolgen. Dabei wird in der Regel dann Wärme erzeugt, wenn die Strompreise für den Betrieb der Wärmepumpe gering sind (oder hoher Wärmebedarf vorliegt).
- **Stromnetzgeführt:** Hier wird neben dem Wärmebedarf auch ggf. auf Signale aus dem Stromnetz reagiert. Falls zum Beispiel Grenzwerte im Stromnetz (Spannungswerte oder Auslastungen von Transformatoren oder Leitungen) überschritten werden, könnten Wärmepumpen bei gedecktem Bedarf die weitere Wärmeerzeugung auch auf spätere Zeitpunkte verschieben, um die lokale Netzverträglichkeit zu gewährleisten.



Abbildung 1: Mögliche Betriebsstrategien zur Steuerung von Quartierswärmepumpen in Quartiers-EMS.

Hypothesen und erste Übersicht über die Ergebnisse

Zunächst wurde eine Übersicht zum Stand der Forschung in diesem Themenkomplex gewonnen. Der zusätzliche Strombedarf beim Einsatz von Wärmepumpen kann lokal vor allem in den Wintermonaten und im ländlichen Raum zu erhöhten Leistungsspitzen führen [3]. Dadurch steigt das Risiko von Spannungsbandverletzungen und Leitungsüberlastungen in den Verteilnetzen [3,4]. Ein gesteuerter Betrieb – unterstützt durch thermische Speichersysteme und die thermische Trägheit der Heizsysteme – hat das Potential, diese Effekte zu verringern [3].

Bei den simulativen Untersuchungen wird logischerweise erwartet, dass ein Betrieb auf Basis von Stromnetzsignalen zu den besten Ergebnissen hinsichtlich der Netzauslastung führt. Gleichzeitig kann eine Strategie basierend auf Strompreisen zu einer hohen Gleichzeitigkeit führen, weil diese Preise aus dem Day-Ahead Markt kommen und somit für alle gleich sind. Hier sind genauere Untersuchungen zum möglichen Ausmaß der Verbesserungen und Verschlechterungen von großem Interesse und sollen in der Langfassung des Beitrags geschildert werden.

Auf Basis dieser Ergebnisse werden Handlungsempfehlungen angestrebt, die bei der Netzintegration von Wärmepumpen im Betrieb der kommunalen, urbanen Wärmeversorgung genutzt werden können. So können sinnvolle Betriebskonzepte kostspieligen Netzausbau verkleinern und Kosten für benötigte Infrastruktur reduzieren, während sie gleichzeitig zu einer Umsetzung einer klimaneutralen Energieversorgung beitragen.

Referenzen

- [1] C. Wegkamp et al., "eELib: Open-Source Model Library for Prosumer Power Systems and Energy Management Strategies," 2024 Open Source Modelling and Simulation of Energy Systems (OSMSES), Vienna, Austria, 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/OSMSES62085.2024.10668964
- [2] Tjarko Tjaden, Hauke Hoops, Kai Rösken, "RE-Lab-Projects/hplib: heat pump library (v2.0), " 2021, Zenodo: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5521597>
- [3] N. Damianakis, G. R. C. Mouli und P. Bauer, „Grid impact of photovoltaics, electric vehicles and heat pumps on distribution grids — An overview“, *Applied Energy*, Bd. 380, S. 125000, Dez. 2024, doi: 10.1016/j.apenergy.2024.125000.
- [4] C. Protopapadaki und D. Saelens, „Heat pump and PV impact on residential low-voltage distribution grids as a function of building and district properties“, *Applied Energy*, Bd. 192, S. 268–281, Dez. 2016, doi: 10.1016/j.apenergy.2016.11.103.