

DIE TRANSFORMATION BESTEHENDER WÄRMENETZE UND DEREN EINFLUSS AUF TECHNO-ÖKONOMISCHE KENNGRÖßEN DER NETZPLANUNG

Frank WENDEL^{1,*}, Markus BLESL²

Einleitung und Motivation

Die etablierten Energiesysteme befindet sich im Umbruch und die Sektoren Strom, Wärme sowie Mobilität durchlaufen individuell angepasste Transformationsprozesse, um auch in Zukunft eine sichere, kostengünstige wie auch umweltverträgliche Energiebereitstellung gewährleisten zu können. Als effizientes System kann Nah- und Fernwärme insbesondere in Ballungsräumen und Stadtzentren ein integraler Bestandteil der Wärmewende sein. Durch den Ausbau von Kraft-Wärme-Kopplung in Verbindung mit einer flächendeckenden Einbindung von Wärme aus dezentralen erneuerbaren Energien und Sektorintegrationsoptionen wie beispielsweise Power-2-District-Heat kann die Transformation von bestehenden Wärmenetzen zum allgemeinen Gelingen der Energiewende beitragen.

Obwohl die Ausgangsbasis bestehender und die Anforderungen an zukünftige Wärmenetze präzise und eindeutig definiert werden können [1] – [3], so bleibt der eigentliche Transformationsverlauf zumeist unberücksichtigt. Dieser jedoch, mit seinen interdependenten Wechselwirkungen, kontinuierlichen und diskreten Entwicklungsstufen, teilweise konträr verlaufenden Handlungsfeldern sowie technischen und ökonomischen Restriktionen, bedingt eine Änderung operativer Netzparameter und eine Anpassung gängiger Betriebsstrategien [4].

Doch nicht nur der Betrieb von Wärmenetzen unterliegt Veränderungen, sondern ebenfalls die für die Dimensionierung und Planung von Trassenelementen relevanten Auslegungsgrundsätze. Der allgemein zu verzeichnende Wärmebedarfsrückgang in Kombination mit steigenden Brennstoffpreisen birgt zukünftig ökonomische Herausforderungen die mitunter Fragen über den Netzaus- oder -rückbau aufwerfen [5]. Um die Einbindung erneuerbarer Energien zu ermöglichen, und die transportbedingten Wärmeverluste zu minimieren, werden die netzseitigen Vor- und Rücklaufemperaturen sukzessive reduziert, was unter Umständen zu geringeren thermischen Transportkapazitäten der Wärmeleitungen führt und somit die Bildung von Engpässen und Versorgungstotpunkten begünstigt.

Im Zuge dessen soll aufgezeigt werden, welche Einflüsse die Transformation auf den ökonomischen Netzbetrieb ausüben und welche Konsequenzen sich hieraus für die Struktur des Wärmenetzes ergeben.

Methodisches Vorgehen

Um die Transformation abzubilden, wird auf ein gemischt-ganzzahliges lineares Optimierungsmodell zur Lösung kombinatorischer Probleme der Trassenleitplanung von Wärmenetzen zurückgegriffen. Unter Berücksichtigung von Wärmebereitstellungskosten – beispielsweise Erzeugungskosten, Infrastrukturinvestitionen in Wärmeleitungen sowie die hierdurch resultierenden Wärmeverluste und Pumpenergieaufwendungen – und den durch Wärmebereitstellung erzielbaren Erlösen wird eine kostenoptimale Netzdimensionierung in Hinblick auf Trassenführung und -durchmesser bestimmt.

Die Ausgangsbasis bildet eine Wärmebedarfsermittlung, bei der zu Beginn ein gegebener Bilanzraum in georeferenzierte Bedarfseinheiten aufgeteilt wird. Die Einteilung der Bedarfseinheiten erfolgt differenziert für die Sektoren *privates Wohnen* sowie *Gewerbe Handel und Dienstleistung* nach Gebäudetyp, beheizte Gebäudefläche sowie Baualtersklasse. Anhand letzterer Verteilung können unter Annahme energetischer Sanierungsmaßnahmen mit definierter Durchdringungstiefe fundierte Fortschreibungen

¹ Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart, Heßbrühlstraße 49a, Tel.: +49 711 685-87851, frank.wendel@ier.uni-stuttgart.de, <https://www.ier.uni-stuttgart.de/>

² Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart, Heßbrühlstraße 49a, Tel.: +49 711 685-87865, markus.blesl@ier.uni-stuttgart.de

zur Entwicklung des Raumwärmebedarfes abgeleitet werden. Neben der Wärmebedarfsreduktion fließen bei der modelltechnischen Abbildung von Transformationspfaden ferner:

- steigende Brennstoffbezugspreise,
- altersbedingte Degradationen des Polyurethanschaumes,
- unterschiedliche Dämmstandards der Wärmeleitungen sowie
- zeitlich diskrete Reduktionen der netzseitigen Vor- und Rücklauftemperaturen

in die Analyse mit ein. Anschließend werden dem Optimierungsmodell die zuvor ermittelten Wärmebedarfe, mögliche Trassenrouten sowie die Transformationsszenarien übergeben. Ausgehend von einem vordefinierten Erzeugerstandort wird dann die kostenoptimale Wärmenetzdimensionierung (Anzahl, Länge und Durchmesser der Wärmeleitungen) berechnet.

Ergebnisse

Durch die Anwendung der zuvor definierten Transformationsszenarien kann eine Bandbreite möglicher Transformationen, ausgehend von einem typischen Bestands- hin zu einem Niedertemperaturwärmenetz, modelltechnisch abgebildet werden. Die hieraus resultierenden Auswirkungen auf die zugrundeliegende Wärmenetzdimensionierung können in einem ersten Schritt technisch analysiert und anschließend in einem ökonomischen Rahmen bewertet werden.

Aus der Gegenüberstellung der Szenarienergebnisse wird ersichtlich, welche Trassenabschnitte zukünftig keiner Rentabilität mehr unterliegen, an welchen Knotenpunkte sich ggf. Engpässe ausbilden bzw. an welchen Abschnitten offene Transportkapazitäten für geplante Netzerweiterungen und Nachverdichtungsmaßnahmen entstehen. Zusätzlich kann in übergreifenden Szenarienrechnungen aufgezeigt werden, wie sich die Transformation in Wechselwirkung mit unterschiedlichen Wärmedämmstandards und den durch höhere Infrastrukturinvestitionen reduzierten Wärmeverlusten verhält. Die durch die Optimierung ermittelten technischen und ökonomischen Kenngrößen werden nachfolgend in einer graphischen Netzvisualisierung dargestellt und ermöglichen somit die direkte Lokalisierung der Resultate innerhalb des zu untersuchenden Bilanzraumes.

Referenzen

- [1] Lund, H.; Werner, S.; Wiltshire, R.; Svendsen, S.; Thorsen, J. E.; Hvelplund, F.; Mathiesen, B. V.: "4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems." Energy 68, 2014, Seiten: 1–11.
- [2] Li, H. & Nord, N.: Transition to the 4th generation district heating-possibilities, bottlenecks, and challenges, Energy Procedia 149, Elsevier, 2018, Seiten: 483–498.
- [3] Ziemele, J.; Cilinskis, E. & Blumberga, D.: Pathway and restriction in district heating systems development towards 4th generation district heating, Energy 152, Elsevier, 2018, 108–118
- [4] Hay, S.: Mögliche Wechselbeanspruchungen von Fernwärmeleitungen im Rahmen zukünftiger Wärmeerzeugung. BBR 67, Heft 4, 2016, Seiten: 24–29, ISSN: 1611-1478
- [5] Jagnow, K. & Wolff, D.: Nah- und Fernwärme: Aus- oder Rückbau? Zukünftige Wärmeversorgung von Gebäuden, TGA-Fachplaner, 2011