

SZENARIO-BASIERTE BEWERTUNG VON ADAPTIONSSCHRITTEN FÜR KWK-NAHWÄRMEKONZEPTE AUF BASIS EINES TEILSANIERTEN WOHNQUARTIERS

Christoph GOETSCHKES^{*1}, Sonja WITKOWSKI², Mike SCHLAMANN³

Inhalt

Für ein Bestandsquartier in Oberhausen mit Nahwärmenetz und flexibler KWK-Lösung werden szenario-basiert Adaptionsschritte untersucht, um Wärme- und Stromsektor lokal zu koppeln und die energetische Quartiersversorgung sukzessiv zu dekarbonisieren. Die angewendete Methodik basiert auf Ergebnissen einer Szenario-Entwicklung der Rahmenbedingungen des Quartiers. Der Transfer der gebildeten Szenarien in variable Inputwerte und -zeitreihen wird erweitert. Zudem wird eine umfassende Modellierung und Betriebsoptimierung von Adaptionsschritten des Nahwärmenetzes durchgeführt. In den Adaptionsschritten werden sowohl zentrale als auch dezentrale Wärme- wie Stromerzeugungsanlagen betrachtet. Durch die Kombination der Adaptionsschritte und Szenarien erweitert sich der Untersuchungsraum erheblich. In den Ergebnissen werden die Auswirkungen der Adaptionsschritte auf drei Bewertungsdimensionen aufgezeigt sowie passgenaue Kombinationen identifiziert. Die Bewertungsdimensionen umfassen den erneuerbaren Anteil der Wärmeversorgung, die Betriebskosten und CO₂-Emissionen der Strom- und Wärmeversorgung im Quartier.

Methodik

Die angewendete Methodik baut auf den Ergebnissen der Szenario-Entwicklungsmethode nach [1] auf, ergänzt um eine Ausweitung des Szenario-Transfers und einer umfassenden Modellierung und Betriebsoptimierung von Adaptionsschritten für die Wärme- und Stromversorgung des Quartiers.

Erweiterung des Szenario-Transfers

Die Szenarien, aus denen die Inputwerte und -zeitreihen der Optimierungsmodelle abgeleitet werden, basieren auf einer Szenario-Entwicklung in fünf konsekutiven Schritten. Im Ergebnis werden drei Kernszenarien gebildet, in denen alternative Entwicklungen von 21 Einflussfaktoren für die Jahre 2035 und 2045 formuliert werden. Im letzten Schritt, dem Szenario-Transfer, werden Werte und Zeitreihen als Input-Parameter für das Betriebsoptimierungsmodell quantifiziert. Der Szenario-Transfer wird um die Einbeziehung weiterer Einflussfaktoren, wie beispielsweise Technologieförderungen, gegenüber [1] erweitert. Daraus ergibt sich eine größere Anzahl an szenario-sensiblen Parametern im Optimierungsmodell und damit eine bessere Übersetzung der Kernszenarien. Zudem werden die Brennstoff- und Strompreise mit sämtlichen Preisbestandteilen (Beschaffung, Steuern, Netzentgelte und Umlagen) abgebildet, um einen realitätsnäheren Vergleich der Betriebskosten bei der Bewertung der Versorgungssysteme sicherzustellen.

Bildung der Optimierungsmodelle

Das entwickelte Optimierungsmodell optimiert den Betrieb eines Nahwärmenetzes, welches im Rahmen des BMWK-geförderten Forschungsvorhabens QUENTIN [2] geplant und errichtet wurde. Die KWK-Nahwärmeinseln sind so ausgestaltet, dass sie adaptiv auf sich ändernde, künftige Rahmenbedingungen reagieren können. Auf dieser Basis werden im Projekt Adaptionsschritte für die Nahwärmeinsel untersucht, welche die Wärme- und Stromerzeugung zentral in der Energiezentrale wie dezentral an den Netzanschlusspunkten umfassen sowie einen geänderten Wärmebedarf durch Gebäudesanierungen und Bezugsjahr (2035 und 2045) voraussetzen. Es werden unter anderem

¹ Fraunhofer-Institut UMSICHT, Osterfelder Str. 3, 46047 Oberhausen, Tel: 0208 8598 1589, christoph.goetschkes@umsicht.fraunhofer.de, <https://www.umsicht.fraunhofer.de/>

² Fraunhofer-Institut UMSICHT, Osterfelder Str. 3, 46047 Oberhausen, Tel: 0208 8598 1737, sonja.witkowski@umsicht.fraunhofer.de, <https://www.umsicht.fraunhofer.de/>

³ Fraunhofer-Institut UMSICHT, Osterfelder Str. 3, 46047 Oberhausen, Tel: 0208 8598 0, mike.schlamann@umsicht.fraunhofer.de, <https://www.umsicht.fraunhofer.de/>

erdgas-, biomethan- und wasserstoffbetriebene KWK-Systeme, Wärmepumpen, Power-to-Heat-Anlagen, PV-Anlagen und solarthermische Anlagen, als auch Hybridsysteme, in den Adaptionsschritten berücksichtigt. Zudem wird ein Referenzsystem modelliert, welches das geplante Quartier zu Beginn des Projektes mit den Rahmenbedingungen auf Basis des Jahres 2019 und einem erdgasbetriebenen Blockheizkraftwerk abbildet. Alle angenommenen Systeme sind flexibel steuerbar und erhalten die Zielfunktion, einen kostenminimalen Betrieb des gesamten Quartiers zu erreichen. Dabei werden sowohl die Kosten des Anlagenbetreibers für den Betrieb der Nahwärmeinsel als auch die Stromkosten der Anwohner an Dritte berücksichtigt.

Durch die Kombination der Adaptionsschritte sowie Szenarien untereinander erweitert sich der Untersuchungsraum erheblich ($n = 1\,986$) im Vergleich zu der Untersuchung in [1], wo ausschließlich das Referenzsystem in den drei Kernszenarien betrachtet wird. Alle potenziellen Kombinationen sind im Optimierungsmodell abgebildet und der Betrieb wird je Kombination optimiert. Um eine geringere Rechenzeit für die hohe Anzahl an Optimierungen zu erreichen, sind die Wärmebedarfe und dezentral eingesetzten Technologien nicht je Netzanschlusspunkt, sondern für die zwei bestehenden Netzstränge in dem Netzgebiet aggregiert modelliert. Aus der resultieren Vielzahl an Ergebnissen werden passgenaue Kombinationen für die zukünftige Adaption KWK-betriebener Nahwärmenetze aufgezeigt.

Ergebnisse

Die Ergebnisse umfassen zwei Schwerpunkte: Die Erläuterung des erweiterten Szenario-Transfers und die Bewertung der daraus resultierenden Optimierungsergebnisse.

Die Entwicklung der notwendigen Inputwerte und -zeitreihen basiert auf einer Vielzahl von (Szenario--)Studien. Um an dieser Stelle ein Beispiel zu nennen, wird als ein Wirkzusammenhang angenommen, dass sich der erneuerbare Anteil im deutschen Strommix in den drei Kernszenarien auf die Zeitreihe des Börsenstrompreises in Form von steigender Preisvolatilität und einem geringeren Preisniveau auswirkt. Insgesamt werden die Wirkzusammenhänge aus zwölf Schlüsselfaktoren auf elf szenario-sensible Inputwerte und -zeitreihen übertragen. Neben den Inputparametern für das Modell wirken sich die Einflussfaktoren der Szenarien zudem auf die Evaluation der Optimierungsergebnisse durch den szenario-sensiblen erneuerbaren Anteil im Stromnetz und den daraus resultierenden Emissionsfaktoren je Zeitschritt aus. Die anschließende Auswertung aller Optimierungsergebnisse erfolgt in drei Bewertungsdimensionen:

- 1) Der Anteil der erzeugten erneuerbaren Wärme, kurz: EE-Anteil Wärme
- 2) Die Betriebskosten für Strom und Brennstoffe des Anlagenbetreibers sowie die Kosten der Anwohner für Reststrom aus dem öffentlichen Stromnetz; dabei werden die Kosten relativ zu den Ergebnissen des Referenzsystems betrachtet
- 3) Die Summe aus direkten CO₂-Emissionen durch Verbrennung fossiler Brennstoffe im Quartier und indirekte CO₂-Emissionen durch den Stromverbrauch von Anlagenbetreiber und Anwohner

Die Optimierungsergebnisse werden in verschiedenen Fokussen bewertet. Ein Fokus ist die Nutzung der Dachflächen im Quartier durch Photovoltaik-Anlagen oder solarthermischen Anlagen. Ein weiterer Fokus ist die Wahl des zentralen Wärmeversorgungssystems, welche einen großen Einfluss auf alle Bewertungsdimensionen aufweist. Künftig können aufbauend auf den Ergebnissen tiefergehende Auswertungen in Bezug auf die Einflüsse einzelner Adaptionsschritte erfolgen. Dabei wird zum Beispiel untersucht, bei welchen marktpreislichen Verhältnissen und Förderkulissen, welche Versorgungssysteme präferiert betrieben werden.

Referenzen

- [1] C. Goetschkes und S. Witkowski, "Bewertung von Energiekonzepten unter zukünftigen Rahmenbedingungen, Use Case: KWK-Nahwärmeinsel im teilsanierten Bestandsquartier" In: Tagungsband des ETG Kongress 2023 in Kassel, 2023, S.759-766
- [2] Fraunhofer UMSICHT, "Klimaschonende Wärmeenergie für 836 Wohneinheiten in Oberhausen", [umsicht.fraunhofer.de](https://www.umsicht.fraunhofer.de/de/presse-medien/pressemitteilungen/2021/klimaschonende-waermeenergie.html), 07.04.2022, Verfügbar unter: <https://www.umsicht.fraunhofer.de/de/presse-medien/pressemitteilungen/2021/klimaschonende-waermeenergie.html> (Aufgerufen am: 30.11.2023)