

DEKARBONISIERUNG DER FERNWÄRME UNTER ZUKÜNFTIGEN UNSICHERHEITEN: DIE ROLLE VON GEOTHERMIE, SAISONALEN SPEICHERN UND REDUZIERTEN NETZTEMPERATUREN

Nyasha GRECU^{1*}, Ralf ROMAN-SCHMIDT², Stefan STRÖMER³, Abdulrahman DAHASH⁴, Edith HASLINGER⁵

Motivation und zentrale Fragestellung

Die Dekarbonisierung des Wärmesektors ist entscheidend für das Erreichen nationaler und europäischer Klimaziele. Fernwärme bietet hierbei die Möglichkeit, die Dekarbonisierung im großtechnischen Maßstab umzusetzen und Wärmequellen zu nutzen, die sich im kleinen Maßstab nur schwer integrieren lassen. Insbesondere Geothermie kann als wetterunabhängige Grundlastquelle einen stabilen Beitrag leisten. Darüber hinaus können saisonale Speicher und niedrigere Netztemperaturen die Integration unterschiedlicher Wärmequellen erleichtern, z.B. durch eine effizientere Nutzung von Niedertemperaturquellen, sowie von Quellen, die ganzjährig verfügbar sind.

Gleichzeitig sind Fernwärmesysteme wirtschaftlichen Risiken ausgesetzt. Diese ergeben sich aus der Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung von Strom- und Brennstoffpreisen sowie aus Änderungen der Wärmenachfrage infolge von Gebäudesanierungen und Klimawandel.

Die zentrale Fragestellung dieses Beitrags lautet daher: Welche Rolle spielen Geothermie, saisonale Speicher und reduzierte Netztemperaturen in der Dekarbonisierung der Fernwärme unter Berücksichtigung zukünftiger Unsicherheiten?

Methodische Vorgangsweise

Die Analyse basiert auf einer techno-ökonomischen Optimierung einer österreichischen Fallstudie unter Berücksichtigung von Investitions- und Betriebsentscheidungen, durchgeführt mit dem Optimierungstool IESopt [1]. Die Wirtschaftlichkeit wird mittels der Wärmegestehungskosten (Levelized Cost of Heat, LCOH) bewertet. Zukünftige Unsicherheiten werden durch Monte-Carlo-Simulationen (MCS) und Sensitivitätsanalysen abgebildet, um robuste Planungsentscheidungen zu ermöglichen.

Die folgenden zwei Systemkonfigurationen werden analysiert:

- 1) Referenzkonfiguration (ohne Geothermie)
- 2) Referenzkonfiguration + Hochtemperatur-Geothermie

Bei der Geothermie wird eine Rücklaufabsenkung mittel Wärmepumpe als Option vorgesehen. In beiden Fällen werden zur vollständigen Dekarbonisierung des Systems weitere erneuerbaren Wärmequellen berücksichtigt (z.B. Luftwärmepumpen, elektrische Direktheizungen, Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungs-(KWK)-Anlagen bzw. Biomassekessel und Kurzzeitspeicher). Die Systemkonfiguration mit Hochtemperatur-Geothermie ist in Abbildung 1 dargestellt; die Referenzsystemkonfiguration entspricht der gleichen, jedoch ohne Geothermie.

Für die Analyse wird zunächst eine Investitionsoptimierung für das Zieljahr 2040 inkl. einer Betriebsoptimierung für ein mittleres Szenario durchgeführt, um das optimale Technologieportfolio sowie die geeignete Dimensionierung der Anlagen zu bestimmen. Abschließend werden die MCS und Sensitivitätsanalysen bzgl. der Betriebsoptimierung für das ausgewählte Portfolio angewendet, um die

¹ AIT Austrian Institute of Technology, Giefinggasse 4, 1210 Wien, nyasha.grecu@ait.ac.at

² AIT Austrian Institute of Technology, Giefinggasse 4, 1210 Wien, ralf-roman.schmidt@ait.ac.at

³ AIT Austrian Institute of Technology, Giefinggasse 4, 1210 Wien, stefan.stroemer@ait.ac.at

⁴ AIT Austrian Institute of Technology, Giefinggasse 4, 1210 Wien, abdulrahman.dahash@ait.ac.at

⁵ AIT Austrian Institute of Technology, Giefinggasse 4, 1210 Wien, edith.haslinger@ait.ac.at

Systemperformance über eine große Bandbreite zukünftiger Szenarien zu bewerten und die damit verbundenen wirtschaftlichen Risiken zu quantifizieren.

Bei der MCS werden 20 unterschiedliche Strompreisszenarien aus dem Marktprämien 2.0 Projekt [2] sowie eine jährliche Nachfragesteigerung im Wärmebedarf von 2 bis 4 MW berücksichtigt. Die Sensitivitätsanalysen betreffen Szenarien mit einem Kavernenspeicher und/oder reduzierten Vor- und/oder Rücklauftemperaturen.

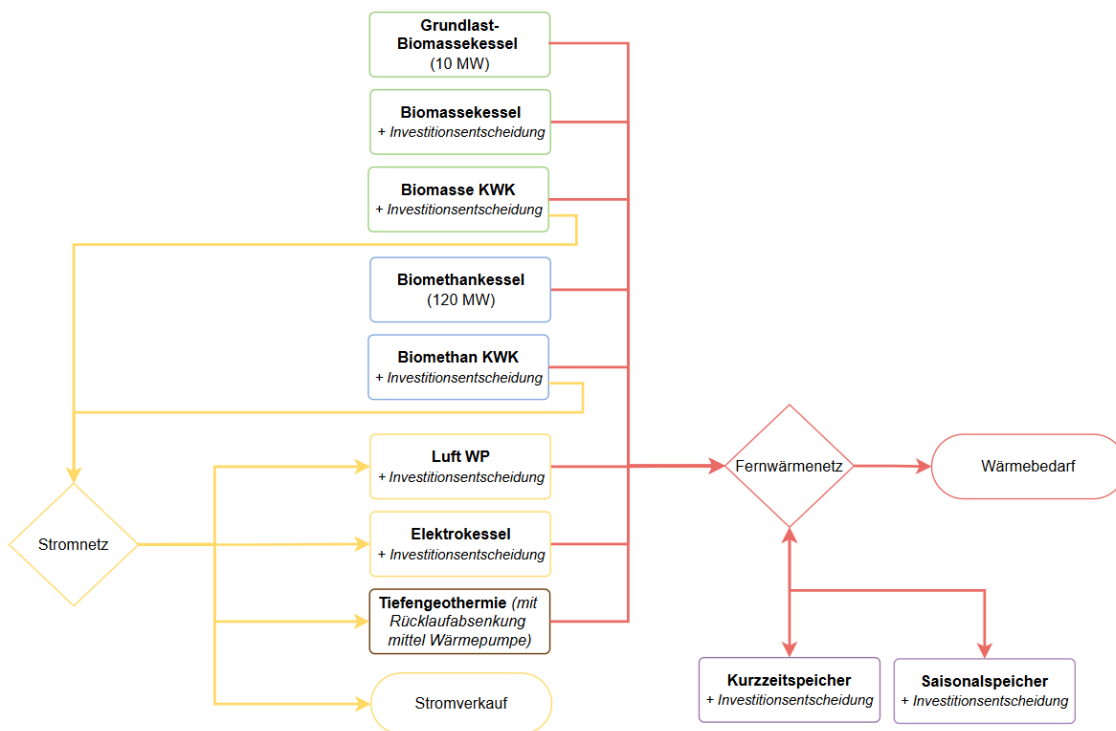


Abbildung 1: Darstellung der Systemkonfiguration mit Hochtemperatur-Geothermie

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass Tiefengeothermie als Grundlastquelle eingesetzt werden kann und sich eine Rücklaufabsenkung mittel Wärmepumpe wirtschaftlich lohnt, um Reinjektionstemperaturen zu senken. Im Vergleich zum Referenzszenario reduziert Tiefengeothermie die LCOH leicht. Die erwarteten Strompreise beeinflussen Investitions- und Betriebsentscheidungen stark: Niedrige Preise begünstigen Wärmepumpen und elektrische Direktheizungen, während hohe Preise KWK-Anlagen attraktiver machen. Investitionen, die auf niedrige oder mittlere Strompreise ausgerichtet sind, erweisen sich in Monte-Carlo-Simulationen als robust, während KWK-Investitionen bei hohen Strompreisen zwar die LCOH senken, aber unter Unsicherheit weniger stabil sind. Eine Reduktion der Netztemperaturen verbessert die Effizienz von Wärmepumpen und reduziert Netzverluste, was zu niedrigeren LCOHs führt.

Referenzen

- [1] S. Strömer, D. Schwabeneder, and contributors, "IESopt: Integrated Energy System Optimization," AIT Austrian Institute of Technology GmbH, 2021-2024. [Online]. Available: <https://github.com/ait-energy/IESopt>
- [2] Schöniger F. et al. Marktprämien 2.0. Deliverable 4.1: Trendentwicklungsszenarien von Marktwerten erneuerbarer Energien in Österreich und der EU. Wien, 2025