

WIRTSCHAFTLICHE BEWERTUNG DER INTEGRATION EINES THERMISCHEN SPEICHERS IN DAS LINZER FERNWÄRMENETZ MITTELS HEAT-MERIT-ORDER-MODELL

Katharina Rusch¹

Inhalt

Fernwärme ist ein zentraler Baustein auf dem Weg zu regional verankerten, erneuerbaren und effizienten Energiesystemen. Am Beispiel des Linzer Fernwärmenetzes untersuchen wir, ob die Integration eines thermischen Speichers wirtschaftlich sinnvoll ist. Thermische Speicher können sowohl saisonal als auch zur Prozessoptimierung eingesetzt werden, indem Wärme zu kostengünstigen Zeiten gespeichert und später genutzt wird. Die Einbindung solcher Speicher in lokale Fernwärmenetze erhöht die Flexibilität, kann die Abhängigkeit von CO₂-intensiven Erzeugungseinheiten verringern, die Gesamtkosten der Wärmebereitstellung senken und steigert die Versorgungssicherheit. Mithilfe des Heat-Merit-Order-Modells [1, 2] werden die potenziellen Kosteneinsparungen durch die Integration des Speichers bewertet.

Methodik

Mithilfe des sogenannten Heat-Merit-Order-Modells [1] bewertet diese Analyse die potenziellen wirtschaftlichen Vorteile der Integration eines thermischen Speichers in das Linzer Fernwärmenetz. Auf Basis überwiegend öffentlich zugänglicher Daten, wird die durch den thermischen Speicher ermöglichte ökonomische Optimierung der Wärmeerzeugung berechnet. Diese erfolgt ex-post über einen Zeitraum von vier Jahren, von Januar 2018 bis Dezember 2021. Das Linzer Fernwärmenetz besteht aus acht Einheiten. Die Grundlast wird durch eine Müllverbrennungs-KWK-Anlage (WtE CHP) gedeckt. Ergänzend dazu kommen eine Biomasse-KWK-Anlage (Biomass CHP), fünf Gas-KWK-Anlagen (Gas CHP) sowie ein Gasheizkesselblock (Gas HOB) für Spitzenlasten und als Reserve zum Einsatz. Die maximale Gesamtkapazität der Fernwärmeerzeugung beträgt 504 MW. Der zu integrierende thermische Speicher ist ein Tankspeicher, der im kurzfristigen Zeithorizont eingesetzt wird. Er verfügt über eine maximale Kapazität von 1300 MWh und eine maximale Be- und Entladeleistung von 140 MWh pro Stunde. Im Heat-Merit-Order-Modell wird der thermische Speicher als zusätzliche Last während der Ladung und als zusätzliche Erzeugungseinheit während des Entladens betrachtet. Konkret wird damit der bestehende 35.000 m³ Tankspeicher der Linz AG simuliert. Die Möglichkeit des Abgleichs mit der Realität dient der Kalibrierung des Modells, um später Speicher unterschiedlicher Typen und Größenordnungen in verschiedenen Wärmenetzen simulieren zu können.

Das Heat-Merit-Order-Modell ordnet alle Einheiten für jede Stunde aufsteigend nach ihren Grenzkosten der Wärmeerzeugung und bestimmt, welche Anlagen zur Deckung des Wärmebedarfs aus der wirtschaftlichen Perspektive eingesetzt werden. Innerhalb dieser Kostenhierarchie erzeugen weniger kosteneffiziente Einheiten entsprechend weniger Wärme und können ggf. durch den Einsatz des Speichers ersetzt werden. Grundsätzlich decken die Erzeugungseinheiten des Fernwärmenetzes zunächst den aktuellen Wärmebedarf und können anschließend überschüssige Wärme in den Speicher einspeisen. Die Be- und Entladeperioden des Speichers werden anhand eines vorwärtsorientierten Durchschnitts des Clearingpreises aus dem Simulationsszenario ohne Speicher (business-as-usual Szenario) bestimmt. Für den kurzfristigen Wärmespeicher wird dabei ein 24-Stunden-Durchschnitt verwendet. Die Summe der stündlichen Kosten eines Jahres ergibt die variablen Gesamtkosten der Wärmebereitstellung. Durch den Vergleich der Kosten des simulierten business-as-usual Szenarios mit jenem Szenario mit integriertem Speicher lässt sich ableiten, ob und in welchem Umfang die Integration wirtschaftliche Vorteile bringt. Die jährlichen Kosteneinsparungen dienen – unter Berücksichtigung von

¹ Energieinstitut an der JKU Linz, Altenberger Str. 69, 4040 Linz, +43-732/2468-5679, rusch@energieinstitut-linz.at, www.energieinstitut-linz.at

Annahmen und Restriktionen – als Grundlage für die Bewertung, ob diese Einsparungen eine Investition in den thermischen Speicher (CAPEX) rechtfertigen.

Wesentlich für das Verständnis der Ergebnisse ist, dass der im Modell eingeführte Speicher stets eine Optimierung ermöglicht, die Gesamtkosteneinsparungen also immer ≥ 0 sind. Im ungünstigsten Fall würde der Speicher im Modell nicht genutzt, und die Einheiten würden wie im Ausgangsszenario betrieben. Folglich müssen die ermittelten Einsparungen zunächst die Errichtungs- und Betriebskosten des Speichers rechtfertigen; aus dem Ergebnis lässt sich somit keine unmittelbare Aussage über die Wirtschaftlichkeit des Speichers ableiten. Das Modell wird derzeit weiterentwickelt, um die tatsächlichen technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen realistischer abzubilden. Dazu gehören insbesondere die Berücksichtigung von Flexibilitäten und Rampenverhalten der Wärmeerzeugungsanlagen, Wärmeverluste sowie eine stärkere Kopplung an übergeordnete Strommärkte.

Ergebnisse

Im Jahresdurchschnitt trägt der thermische Speicher rund 110 GWh zur Deckung des Fernwärmebedarfs bei, was etwa 98 vollständigen Lade- und Entladezyklen entspricht. Diese gespeicherte Wärme ersetzt im business-as-usual Szenario insbesondere Wärme, die sonst aus Gas-KWK-Anlagen und dem Gasheizkesselblock (Gas HOB) stammen würde. Gleichzeitig erfolgt die Beladung des Speichers überwiegend durch die Gas-KWK-Mitte-Einheiten, gefolgt von der Biomasse-KWK- und der Müllverbrennungs-KWK-Anlage. Durch die gezielte Nutzung des Preisverhältnisses zwischen Gas und Strom können die Gesamtkosten der Wärmebereitstellung reduziert werden. Im Durchschnitt über den gesamten Betrachtungszeitraum von vier Jahren ergibt sich dadurch eine Senkung der variablen Kosten der Wärmearbringung von 17,4 %.

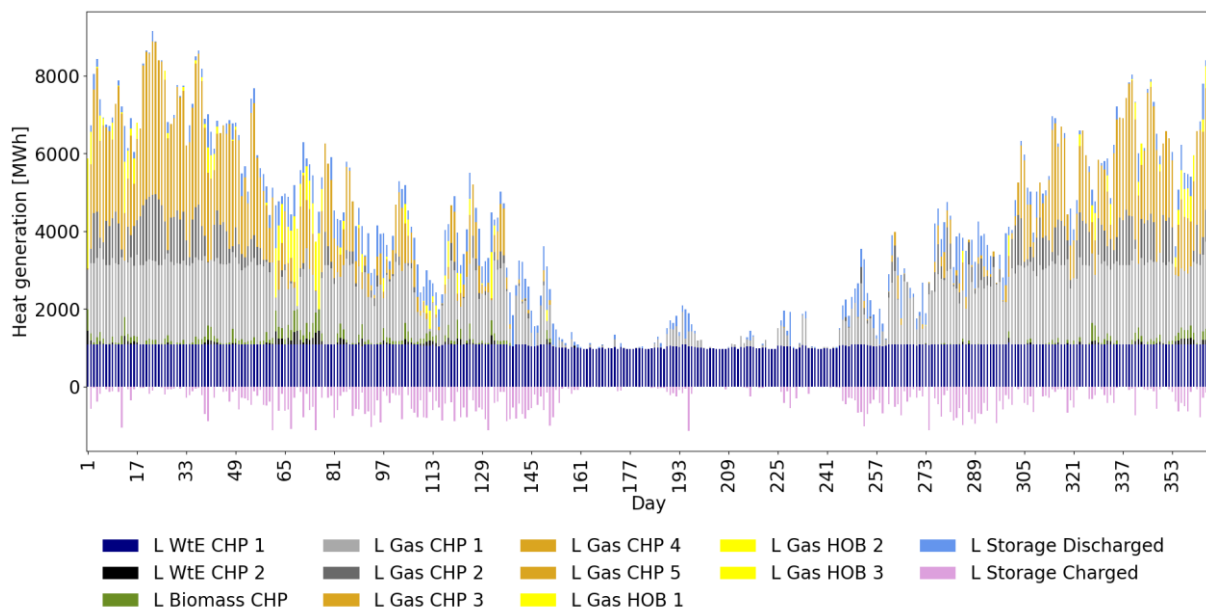


Abbildung 1: Simulierte Versorgung des Linzer Wärmebedarfs einschließlich thermischem Speicher, beispielhaft für das Jahr 2019. Die Abszisse zeigt die Tage des Jahres, während die Ordinate die Wärmeproduktion der jeweiligen Einheiten in MWh zeigt.

Referenzen

- [1] S. Moser, S. Puschnigg, and V. Rodin. Designing the heat merit order to determine the value of industrial waste heat for district heating systems. *Energy*, 200:117579, 2020.
- [2] K. Rusch and S. Moser. A new era of district heating thinking? Economic feasibility of implementing supra-regional connections of existing district heating networks. *Energy*, 136664, 2025.