

DYNAMISCHE SIMULATION ZUR FLEXIBILISIERUNG DER ENERGIEERZEUGUNG DURCH INTEGRATION EINES WÄRMESPEICHERS IN EIN FERNWÄRMENETZ

Elias HASHEMIAN NIK¹(*), Wolfgang SANZ¹

Inhalt

Die operative Flexibilität eines Fernwärmenetzes kann mithilfe der Integration eines Wärmespeichers erhöht werden. In Kombination mit einer Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) kann ein Wärmespeicher zur optimierten Strom- und Wärmeproduktion eingesetzt werden. Hierbei wird die Stromproduktion zu Zeiten hoher Strompreise priorisiert, während mehr Wärme zu Zeiten niedriger Strompreise produziert wird. Der Überschuss an Wärme wird im Wärmespeicher gespeichert und entladen, wenn die Strompreise hoch sind, um eine höhere elektrische Leistung zu ermöglichen. Dieser Einsatzzweck eines Wärmespeichers bietet bessere Erträge am Strommarkt.

Um die Wirtschaftlichkeit einer Investition in einen Wärmespeicher für ein Fernwärmenetz zu beurteilen, können die Ergebnisse einer Simulation herangezogen werden. Damit kann eine Empfehlung für die optimale Speichergröße abgegeben werden.

Modellierung und Simulation

Mithilfe des Programms IPSEpro der Firma SimTech GmbH werden die wichtigsten Komponenten eines Fernwärmenetzes mit integriertem Wärmespeicher definiert. Dabei wird eine Modellbibliothek erstellt und die Komponenten in der Process Simulation Environment (PSE) zu einem System zusammengesetzt. Das vereinfachte Fernwärmenetz wird durch eine KWK-Anlage, eine Kontrolleinheit, einen Wärmespeicher, einen Wärmetauscher, Rohrleitungen und einen Wärmeverbraucher modelliert. Der Ladealgorithmus basiert auf der Annahme, dass der Strompreis tagsüber höher ist als während der Nacht. Aus diesem Grund wird möglichst viel Wärme nachts erzeugt, um diese dann tagsüber zu entladen. Die Limits des Systems beinhalten die minimale und maximale thermische Leistung der KWK-Anlage, die Speichergröße und die maximale Lade- und Entladegeschwindigkeit. Die Rahmenbedingungen für die Simulation werden in Anlehnung an das Grazer Fernwärmenetz gewählt. Dabei werden einige Vereinfachungen getroffen. Die KWK-Anlage Mellach dient exemplarisch als einziger Wärmeproduzent. Das System wird mit verschiedenen Wärmespeichergrößen von 10 000 m³ bis 60 000 m³ und einem Vergleichsszenario ohne Wärmespeicher über eine Heizperiode simuliert. Die Software IPSEpro ermöglicht abschließend eine genaue Datenanalyse über die Heizperiode, die als Basis für die Wirtschaftlichkeitsrechnung verwendet wird. Die jährlichen Erträge aus der Stromproduktion für die verschiedenen Wärmespeicher werden mithilfe der Annuitätenmethode berechnet, basierend auf den Simulationsergebnissen der Heizperiode und den finanziellen Annahmen. Eine Sensitivitätsanalyse dient zur Untersuchung der Empfindlichkeit der getroffenen Annahmen auf das wirtschaftliche Endergebnis.

Ergebnisse

Die hohe zeitliche Auflösung des Ergebnisses für alle Systemparameter der Simulation erlaubt eine genaue Analyse des Einflusses des Wärmespeichers auf das System. Primär ist hierbei das Laufverhalten der KWK-Anlage von Bedeutung. In Abbildung 1 ist der Einfluss der durch den Wärmespeicher bedingten Veränderung der thermischen Leistung auf die elektrische Leistung zu erkennen. Die Ergebnisdaten sind exemplarisch aus einer 72-stündigen Periode im Oktober entnommen. Während die thermische Leistung zu Beginn der Nacht den maximalen Zustand innerhalb der definierten Limitierungen erreicht, deckt die thermische Leistung bei vollem Speicherzustand nur mehr den Wärmebedarf und die auftretenden Wärmeverluste im System. Tagsüber wird die thermische Leistung auf den kleinstmöglichen Wert heruntergefahren und erst wieder erhöht, sobald der Speicher entladen ist. Dieses Lade- und Entladeverhalten führt zu einer wirtschaftlich vorteilhaften Verteilung der

¹ Technische Universität Graz, Institut für Thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik, Inffeldgasse 25/A, 8010 Graz, Tel.: +43 (0)316 873-7226, ttm@tugraz.at, www.ttm.tugraz.at

Stromproduktion. Bei der Betrachtung einer ganzen Heizperiode variiert der Wärmebedarf stark. In Abbildung 2 wird die thermische Leistung während einer wesentlich kälteren Februarperiode für verschiedene Speichergößen dargestellt. Die Szenarien mit 30 000 m³ und 60 000 m³ Speichervolumen weisen annähernd das gleiche Lade- und Entladeverhalten auf. Alle Speicher können in dieser kälteren Periode vollständig entladen werden, wobei die Limitierung der Entladerate diesmal einen Einfluss hat.

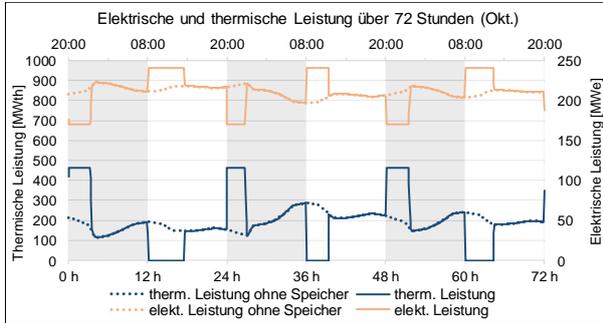


Abbildung 1: Elektrische und thermische Leistung und Wärmebedarf für ein Szenario mit einem 20 000 m³ Speicher über 72 Stunden (Oktober).

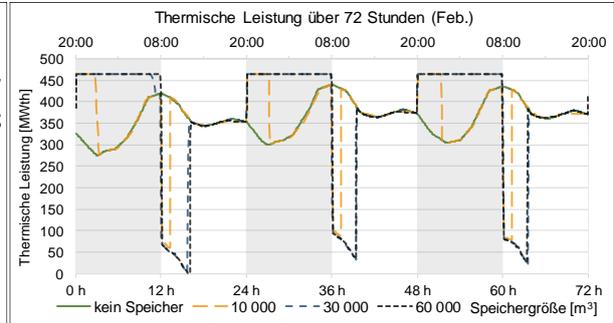


Abbildung 2: Verlauf der thermischen Leistung bei verschiedenen Speichergößen über 72 Stunden (Februar).

In Abbildung 3 wird exemplarisch der Ladestatus des Speichers während der kälteren Februarperiode dargestellt. Nur der kleinste Speicher mit einem Volumen von 10 000 m³ wird jede Nacht in dieser Periode vollgeladen, während alle simulierten Speicher tagsüber vollständig entladen werden können. Abbildung 4 zeigt die berechneten Jahresdauerlinien für die thermische Leistung der KWK-Anlage für die verschiedenen Szenarien mit variierenden Speichergößen. Mit wachsender Speichergöße nimmt die Dauer des Betriebes bei maximaler und minimaler thermischer Leistung der KWK-Anlage zu.

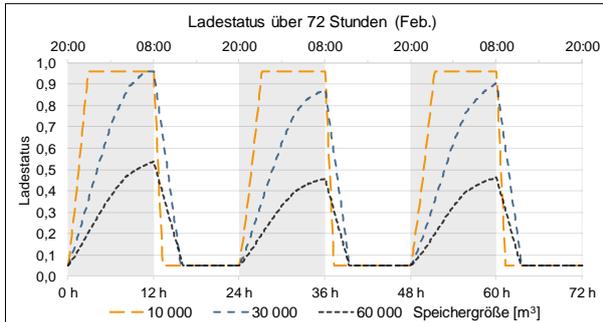


Abbildung 3: Verlauf des Ladestatus für verschiedene Speichergößen über 72 Stunden (Februar).

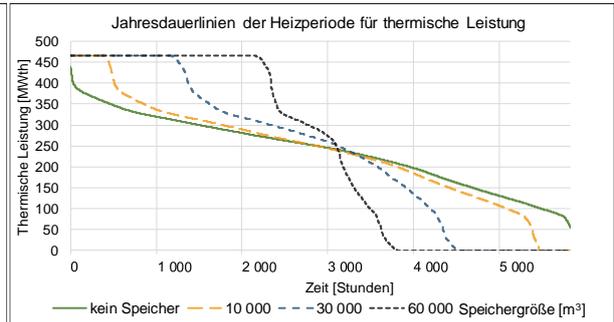


Abbildung 4: Jahresdauerlinie der Heizperiode für die thermische Leistung für verschiedene Speichergößen.

Die Wirtschaftlichkeitsstudie liefert ein positives Ergebnis für alle getesteten Speichergößen im Vergleich zum Referenzszenario ohne Wärmespeicher. Den größten zusätzlichen jährlichen Ertrag anhand der Annuitätenmethode liefert das Szenario mit einem 40 000 m³ Speicher. Aufgrund einer Sensitivitätsanalyse zur Studie des Einflusses des Zinssatzes, der Kapitalkosten und der Stromtarife kann auch ein Speichervolumen von 30 000 m³ empfohlen werden, sofern eine niedrigere Sensitivität gewünscht wird.

Zusammenfassend kann das erstellte Modell mit seiner nahezu unbeschränkten Konfigurierbarkeit ein wertvolles Analysewerkzeug für die Integration von Wärmespeichern in Fernwärmenetze bieten. Neben einer Wirtschaftlichkeitsstudie lassen sich auch die Auswirkungen von Veränderungen einzelner Parameter untersuchen. Ebenso möglich ist die Erarbeitung und Erprobung von optimierten Lade- und Entladealgorithmen mittels Eingabe von historischen Daten in das Modell.