

BAT G_23_15

Netzentlastung und Dekarbonisierung von thermischen Netzen durch thermische Energiespeicherung

Zur Erreichung des Klimaziels Netto-Null bis 2050 spielt der Ausbau und Betrieb thermischer Netze eine zentrale Rolle. Die Arbeit befasst sich mit dem Einfluss von thermischen Energiespeichern (TES) auf die Dekarbonisierung und Netzentlastung von thermischen Netzen.

Der Schwerpunkt liegt auf der Analyse und Quantifizierung der Dekarbonisierung in Abhängigkeit des TES-Volumens. Zusätzlich soll der Nutzen einer dezentralen TES-Platzierung für eine Netzentlastung untersucht und dargestellt werden. Die TES werden bei niedrigem Bedarf mit der Grundlast geladen und bei hohem Bedarf entladen und substituieren damit Spitzenlastenergie. Somit wird eine Dekarbonisierung mittels einer Glättung der Erzeugerleistung ermöglicht. Bei einer dezentralen Platzierung der TES im Netz werden zudem die maximalen Druckverluste in den Verteilungen reduziert. Die Untersuchungen der **Dekarbonisierung** und **Netzentlastung** basieren dabei auf zwei verschiedene Berechnungsmethoden. Beide stützen sich dabei auf ein vereinfachtes Modell des Fernwärmenetzes der KVA in Buchs SG (32 MW). Aufgrund fehlender Lastprofile der einzelnen Verbraucher wurden diese anhand der Nutzung und Aussentemperatur mit einem Software-Tool der TU Dresden generiert.

Spitzenlast-Substitution / Dekarbonisierung

Im Grossteil der Schweizer Fernwärmenetze erfolgt die Erzeugung der Spitzenlast noch immer mit fossilen Brennstoffen. Die Substitution dieser Spitzenlastenergie ist daher ein wesentlicher Baustein für die Dekarbonisierung thermischer Netze. Der Anteil fossiler Energie ist massgeblich von der Leistungsaufteilung zwischen Grund- und Spitzenlast abhängig. Je grösser die Grundlastleistung gewählt wird, desto kleiner muss das TES-Volumen für eine vollständige Dekarbonisierung sein. Beim gewählten Leistungsverhältnis von 60 % wird eine vollständige Substitution der Spitzenlastenergie ab einem TES-Volumen von 70'120 m³ erreicht. Dies entspricht, bei der gewählten Temperaturdifferenz von 30 K, einer Speicherkapazität von 2'385 MWh bzw. dem Verbrauch von etwa sechs Wintertagen. In der Abbildung 1 ist das Verhalten der Spitzenlastenergie in Funktion der TES-Volumina grafisch dargestellt. Es zeigt sich ein verstärkter Rückgang der Spitzenlastenergie bereits bei moderaten TES-Volumina. Die Änderungsrate (Steilheit) der Kurve reduziert sich fortlaufend. Daraus lässt sich ableiten, dass mit steigendem TES-Volumen die substituierte Spitzenlastenergie pro Kubikmeter abnimmt. Anders ausgedrückt, ist schon mit kleinen TES-Volumina eine effiziente Substitution möglich. Die anfänglich stärkere Abnahme der Spitzenlastenergie kann darauf zurückgeführt werden, dass TES vor allem bei einem oszillierenden Lastprofil um die Grundlast wirksam sind.

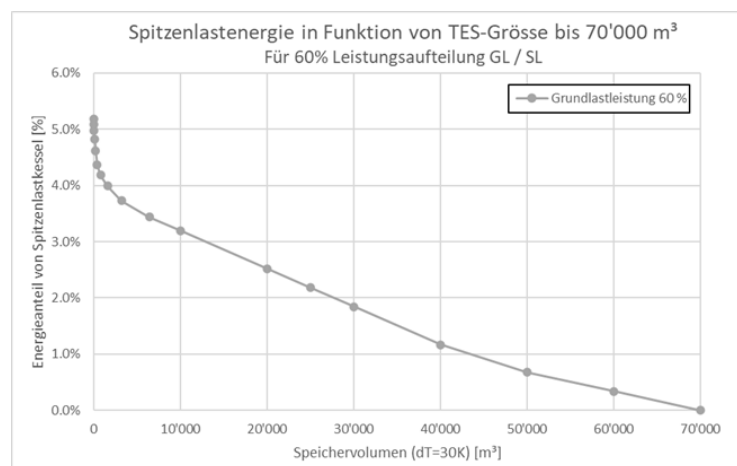


Abb. 1: Spitzenlastenergie bei $dT = 30$ K und 60 % GL-Leistung

Für die Betrachtung der CO₂-Emissionen sind die Energieträger der Grund- und Spitzenlast entscheidend. Dabei soll die Grundlast möglichst geringe Treibhausgasemissionen pro kWh produzierte Energie aufweisen (hier z.B.: KVA). Beim untersuchten Netz führt eine vollständige Dekarbonisierung zu einer CO₂-Einsparung von 1'439 t/a, was dem CO₂-Ausstoss von rund 400 mit Erdgas beheizten Einfamilienhäuser entspricht.

Die CO₂-Reduktion durch den Anschluss weiterer UST und damit die Verdrängung fossiler Wärmeerzeuger ist in dieser Betrachtung jedoch nicht berücksichtigt.

Netzentlastung

In der Untersuchung der dezentralen TES-Platzierung wurde erkannt, dass diese einen erheblichen Einfluss auf die Netzentlastung haben. Durch das Entladen können punktuell auftretende Druckverluste um über 50 % reduziert werden. Die Dauer der Entlastung ist dabei vom TES-Volumen und der gewählten Ladestrategie abhängig.

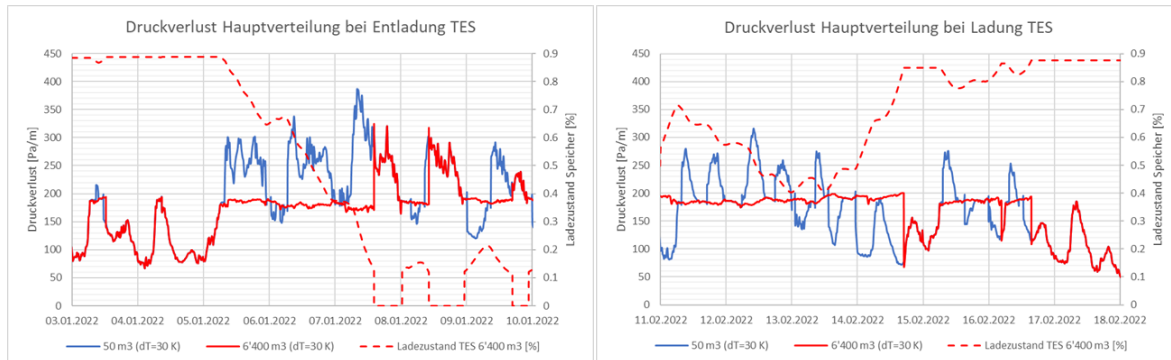


Abb. 2: Spez. Druckverlust in Hauptleitung bei Ladung und Entladung von dezentralem TES

Die Abbildung 3 zeigt das Verhalten des spezifischen Druckverlustes (Pa/m) in der Hauptverteilung bei zwei unterschiedlichen TES-Volumina. Die blaue Linie entspricht der Baseline mit einem vernachlässigbar kleinem TES-Volumen. Die rote Linie zeigt den spez. Druckverlust mit einem dezentralen TES von 6'400 m³. Im linken Diagramm ist der Bedarf höher als die Grundlast und der Speicher wird entladen (rot gestrichelte Linie). Dies führt zu einer partiellen Reduktion des Druckverlustes von 380 Pa/m auf 180 Pa/m. Im rechten Diagramm wird der Speicher wieder geladen. Es ist zu sehen, dass der Druckverlust in der Leitung dadurch zeitweise höher ist als bei der Baseline, wo keine Ladung notwendig ist.

Ein Nachteil ist, dass zum Zeitpunkt einer kompletten Entleerung die TES keine Entlastung mehr bieten. In der durchgeführten Simulation werden die TES ausschliesslich mit Grundlastenergie geladen. Dies führt dazu, dass für eine vollständige Netzentlastung grosse TES-Volumina notwendig sind. Liegt das Hauptmotiv ausschliesslich in einer Netzentlastung / Leistungssteigerung, so ist ein vielversprechender Ansatz, die Spitzenlast auch zur Ladung der TES zu nutzen. Dies setzt jedoch eine prädiktive Ladung voraus, welche sicherstellt, dass die TES während den zu entlastenden Leistungsspitzen nicht leer sind und zur Glättung dieser Spitzen beitragen können.

Schlussfolgerung & Fazit

Abschliessend ist zu erwähnen, dass für die Erreichung der Energiestrategie 2050 eine vollständige Dekarbonisierung thermischer Netze von Bedeutung ist. Dabei spielen saisonale Energiespeicher eine Schlüsselrolle. Es konnte gezeigt werden, dass ab einem bestimmten TES-Volumen die für eine wirtschaftliche Investition notwendige Preisdifferenz nahezu konstant bleibt. Dies hat zur Folge, dass bei gleichbleibender Amortisationszeit grössere TES-Volumina (< ca. 20'000 m³) wirtschaftlich betrieben werden können. Die CO₂-Emissionen nehmen jedoch mit steigendem Volumen immer weiter ab und ergeben somit einen grösseren ökologischen Mehrwert.

Es ist festzuhalten, dass TES in thermischen Netzen sowohl ökologisch wie auch ökonomisch einen Mehrwert generieren. Das optimale Volumen der TES ist jedoch von diversen Projektfaktoren abhängig und muss deshalb für jedes Netz individuell betrachtet werden. Bei ausreichend Platz und genügend hoher Energiepreisdifferenz zwischen Grund- und Spitzenlast ist eine vollständige Dekarbonisierung durch TES empfehlenswert und zwingend in Betracht zu ziehen.

Die Studierenden Mike Schoch & Florian Stucki