

Fernwärmenetze: Methode zur Bestimmung der Wärmeabnehmer-Güte und des Optimierungspotenzials

Betriebsoptimierung von Fernwärmenetzen

Die Kapazität und die Verluste von Fernwärmenetzen werden nicht nur durch das Fernwärmenetz selbst, sondern auch durch die Wärmeverbraucher beeinflusst. Wenn eine Übergabestation beim Verbraucher das Fernwärmewasser zu wenig abkühlt, führt dies zu einer erhöhten Rücklauftemperatur und einer Reduktion der Netzkapazität. Im Beitrag wird eine Methode vorgestellt, mit der die Güte der Wärmeabnehmer und das Optimierungspotenzial für das Netz bestimmt werden können. Basis dafür ist die als Mehrverbrauch bezeichnete Wassermenge, die im Vergleich zu einem Betrieb bei Referenz-Temperaturspreizung zusätzlich durch die Übergabestation fließt.

Thomas Nussbaumer, Stefan Thalmann*

■ Bei einer Praxiserhebung an zwei Fernwärmenetzen wurde je ein Wärmeabnehmer identifiziert, der die Effizienz und Kapazität des Netzes deutlich reduzierte. Mit Massnahmen bei nur diesem einen Verbraucher konnte die gesamte primäre Rücklauftemperatur um 1.5 K bzw. 1.2 K gesenkt werden. Bei 30 K Temperaturspreizung im Netz entspricht dies einer Erhöhung der Kapazität oder einer Reduktion des Volumensstroms um 5 % bzw. um 4%. Die vorgeschlagenen Massnahmen wurden umgesetzt und die Wirtschaftlichkeitsbe-

rechnung zeigt, dass die Kosten in 2,3 bzw. 3,9 Jahren amortisiert werden und gleichzeitig die Rendite der Fernwärmenetze deutlich verbessert wird.

1 Einleitung

Fernwärmenetze bieten interessante Möglichkeiten zur Nutzung von Abwärme, Energieholz sowie Umgebungswärme und werden deshalb in vielen Ländern unterstützt. Den Vorteilen stehen die zusätzlichen Kosten für das Netz sowie die Netzverluste gegenüber. Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt da-

zu, dass die Kapitalkosten den grössten Anteil an den Wärmeverteilungskosten ausmachen und dass die Gesamtkosten minimal werden, wenn das Netz auf den kleinsten zur Vermeidung von Kavitation und Lärm erforderlichen Rohrdurchmesser ausgelegt wird [1]. Bei in Betrieb stehenden Fernwärmenetzen kann der Durchmesser jedoch nicht mehr verändert werden. Für bestehende Netze ist deshalb entscheidend, dass die Netzkapazität und die Effizienz der Wärmeverteilung vor allem durch die effektiv erzielte Temperaturspreizung beeinflusst werden. Wenn das Fernwärmewasser in einer Übergabestation nicht genügend abgekühlt wird, steigt die Rücklauftemperatur und die Kapazität des Netzes wird reduziert. Da bei einer reduzierten Temperaturspreizung der Massenstrom erhöht werden muss und die mittlere Netztemperatur ansteigt, steigen der Energieaufwand für die Netzpumpe und die Wärmeverluste des Netzes. Zusätzlich werden infolge der erhöhten Rücklauftemperatur auch die Wärmeleistung und der Wirkungsgrad des Wärmezeugers reduziert.

Typische Gründe für zu geringe Temperaturspreizung und dadurch verursachten Mehrverbrauch sind falsch ausgelegte oder nicht sachgerecht installierte Komponenten, Verschleiss und Defekte aufgrund von Alterung sowie ungeeignete Einstellungen der Mess- und Steuerungstechnik. Nach einer Untersuchung der Internationalen Energieagentur (IEA) sind dabei drei Kategorien der Anlagentechnik wie folgt verantwortlich für die Mängel [2]:

1. Die sekundärseitige Wärmeverteilung ist für rund 60 % der Störungen verantwortlich.
2. Auf die Trinkwarmwassererwärmung entfallen rund 30 % der Mängel.



Sekundärseitiger Vor- und Rücklauf der Übergabestation eines Wärmeabnehmers mit sehr geringer Temperaturspreizung.

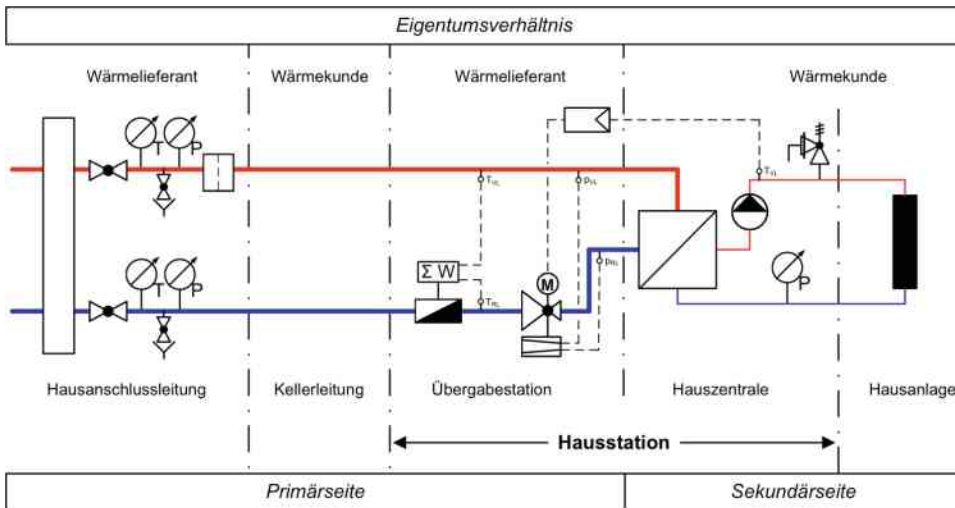


Bild 1: Schema eines Hausanschlusses eines Fernwärmenetzes mit indirekter Wärmeübergabe von der Primärseite an die Sekundärseite eines Wärmeverbraucher.

	Absperrarmatur
	Druckanzeige
	Temperaturanzeige
	Schmutzfänger
	Differenzdruckunabhängiges Regelventil (Kombiventil)
	Wärmezähler
	Sicherheitsventil federbelastet
	Entleerung
	Pumpe
	Regler
	Wärmeübertrager (Plattenwärmeübertrager)

3. Für die restlichen Mängel sind die Übergabestationen mit primär- und sekundärseitigen Komponenten verantwortlich.

Konkrete Ursachen für Fehlfunktionen sind defekte Ventilsteuerungen, undichte Ventile, ungeeignete Reglereinstellungen sowie eine unpassende hydraulische Einbindung auf der Primär- und Sekundärseite des Wärmeabnehmers. Beispiele sind offene Expansionsgefäße, Doppelverteiler, Bypässe, Überströmeinrichtungen zwischen Vor- und Rücklauf, Einspritzschaltungen mit Dreiwegventilen und Vierwegmischer. Entsprechend der zahlreichen möglichen Fehlerquellen zeigt eine Erhebung an 52 Fernwärmenetzen, dass viele Netze im Praxisbetrieb die vorgesehene Temperaturspreizung nicht erreichen [3]. Ziel der vorliegenden Arbeit ist deshalb die Anwendung einer Methode zur Analyse der Wärmeverbraucher, mit welcher der Einfluss der Verbraucher auf das Fernwärmenetz aufgezeigt und das durch sachgemässen Betrieb erzielbare Verbesserungspotenzial bestimmt wird [2].

Die anschliessende Umsetzung von Massnahmen ist mit der Herausforderung verbunden, dass die Verantwortung für die Mängel grösstenteils auf der Sekundärseite liegt, während die Nachteile der Mängel vor allem beim Netzbetreiber auftreten. Da die Sekundärseite wie in Bild 1 dargestellt im Verantwortungsbereich der Wärmeabnehmer liegt, besteht für diese nur ein geringes Interesse an der Umsetzung von Massnahmen zur Erreichung der angestrebten Temperaturspreizung. Zur Qualitätssicherung bei Fernwärmenetzen wird deshalb empfohlen, in den Technischen Anschlussvorschriften (TAV) eine Min-

dest-Temperaturspreizung für die Wärmeabnehmer festzulegen, die zur Sicherstellung der Effizienz und der Kapazität des Fernwärmenetzes vom Netzbetreiber im Bedarfsfall eingefordert werden kann.

2 Methode

2.1 Vorgehen

Die Analyse der Wärmeabnehmer basiert auf der Grundlage, dass die übertragbare Wärmeleistung proportional zur Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf ist:

$$\dot{Q} = \dot{m} c_p \Delta T = \dot{V} \rho c_p \Delta T \quad 1$$

- \dot{Q} Wärmeleistung in kW
- \dot{m} Massenstrom in kg/s
- \dot{V} Volumenstrom in m³/s
- ρ Dichte von Wasser in kg/m³
- c_p spezifische Wärmekapazität von Wasser in kWh/(kg K)
- ΔT Temperaturspreizung = (T_{Vorlauf} - T_{Rücklauf}) in K.

Zur Bewertung der Wärmeverbraucher werden aus den Wärmezählerdaten nach Bild 2 die Wärmemengen und die Wassermengen über einen Betrachtungszeitraum erfasst und daraus die mittlere Temperaturspreizung berechnet. Ideal ist eine kontinuierliche Erfassung der Daten mit einer Auswertung über eine Betrachtungsdauer von zum Beispiel einem Monat und einem Jahr sowie optional auch einer täglichen Auswertung für Überwachungszwecke. Wenn die Daten manuell erhoben werden, wird eine Auswertung über mindestens ein Quartal in der Heizperiode empfohlen.

Ein Indikator für die Effizienz einer Übergabestation ist die effektiv erzielte mittlere Temperaturdifferenz. Zur Quantifizierung dient zudem ein Vergleich zwischen der effektiven Temperaturdifferenz und dem Referenzwert. In Tabelle 1 wird daraus eine Rangfolge der im Beispiel beschriebenen Übergabestationen eingeführt. Die ineffizienteste Übergabestation weist das grösste relative Verbesserungspotenzial auf, weshalb damit zu rechnen ist, dass mit wenig Aufwand ein grosser Nutzen nach dem Prinzip der «Low hanging fruits» erzielt werden kann.

Für den Netzbetreiber ist allerdings nicht das relative Verbesserungspotenzial entscheidend, sondern die absolute Wirkung eines Verbrauchers auf das Fernwärmenetz, die von der Effizienz und der bezogenen Wärmemenge abhängig ist. Zur Bewertung der absoluten Wirkung wird die Differenz zwischen der effektiven Wassermenge und derjenigen Menge, die bei Referenz-Temperaturspreizung benötigt würde, bestimmt. Diese wird nach Kapitel 2.2 berechnet und als Mehrverbrauch bezeichnet und dient in Tabelle 1 als Basis für eine zweite Rangfolge. Da der Mehrverbrauch für den Netzbetreiber entscheidend ist, wird die Tabelle nach dieser Reihenfolge sortiert. Im Beispiel handelt es sich beim Verbraucher mit dem höchsten Mehrverbrauch um einen grossen Wärmeverbraucher, dessen Temperaturspreizung kleiner ist als ver-

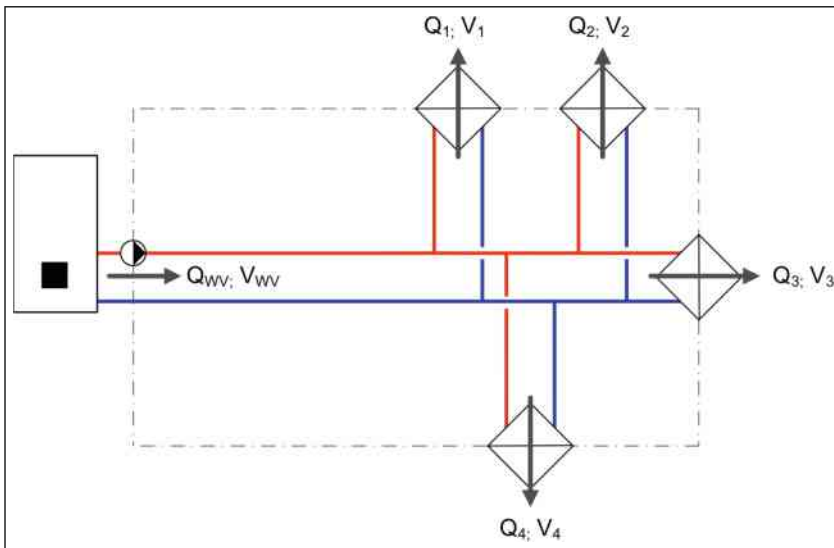


Bild 2: Kennwerte für die Aufzeichnung der Wärmezählerdaten für ein Fernwärmenetz mit einer Hauptgruppe für die Wärmeverteilung (WV) und vier Wärmekunden.

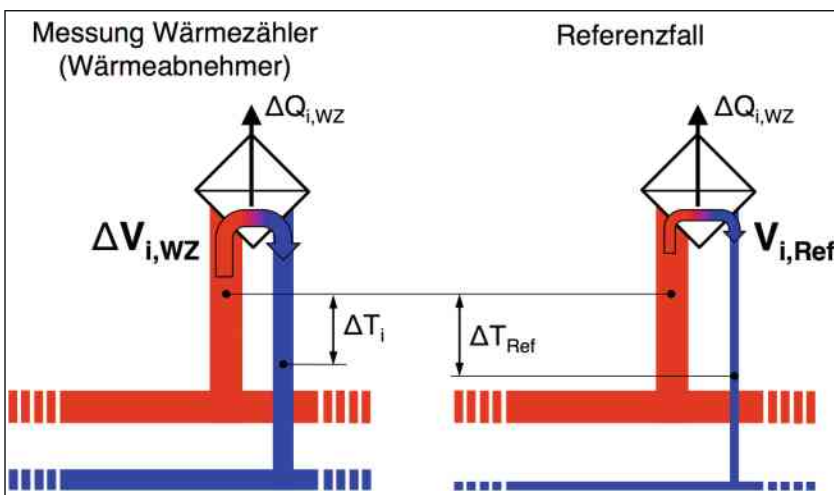


Bild 3: Darstellung des Mehrverbrauchs $V_{i,MV}$ für einen Wärmeabnehmer.

einbart, jedoch deutlich grösser als beim ineffizientesten (aber kleineren) Verbraucher.

Da der Wärmeabnehmer mit dem grössten Mehrverbrauch den grössten Einfluss auf das Netz hat, erzielen Massnahmen bei diesem Verbraucher den grössten Nutzen. Der Absolutwert des Mehrverbrauchs ist allerdings von der Grösse des Fernwärmenetzes abhängig und eignet sich deshalb nicht für einen Vergleich mit anderen Netzen. Um dies zu ermöglichen, wird zusätzlich der Einfluss auf die Rücklaufemperatur nach Kapitel 2.3 berechnet. Dieser gibt an, um wieviel Kelvin die primäre Rücklaufemperatur sinken würde, wenn die betrachtete Übergabestation mit Referenz-Temperaturspreizung betrieben würde [4]. Die Rangfolge der Wärmeverbraucher nach Mehrverbrauch und die Rangfolge nach Einfluss auf die Rücklaufemperatur sind demnach identisch.

2.2 Ermittlung des Mehrverbrauchs

Für den Wärmeabnehmer i wird aus der im Betrachtungszeitraum über den Wärmezähler gemessenen Wärme $\Delta Q_{i,WZ}$ und der Referenz-Temperaturspreizung ΔT_{Ref} mit Formel (1) ein Referenzvolumen $V_{i,Ref}$ bestimmt. Der in Bild 3 dargestellte Mehrverbrauch $V_{i,MV}$ wird als Differenz zwischen dem im Zeitraum gemessenen Volumen $\Delta V_{i,WZ}$ und dem Referenzvolumen $V_{i,Ref}$ wie folgt bestimmt:

$$V_{i,MV} = \Delta V_{i,WZ} - V_{i,Ref} \quad 2$$

- $V_{i,MV}$ Mehrverbrauch des Verbrauchers i im Betrachtungszeitraum in m^3
- $\Delta V_{i,WZ}$ am Wärmezähler gemessene Volumendifferenz im Betrachtungszeitraum in m^3
- $V_{i,Ref}$ Referenzvolumen auf Basis der gemessenen Wärme und der Referenz-Temperaturspreizung im Betrachtungszeitraum in m^3 .

Als Zusatzinformation wird zudem die in Bild 3 gezeigte effektive mittlere Temperaturspreizung ΔT_i berechnet.

2.3 Berechnung des Einflusses auf die Rücklaufemperatur

Der Einfluss eines Verbrauchers auf die Rücklaufemperatur beschreibt die Temperaturdifferenz, um welche der primäre Rücklauf des Netzes sinkt, wenn ein Wärmeabnehmer anstatt bei der effektiven Temperaturspreizung bei Referenz-Temperaturspreizung betrieben wird. Mit den Bezeichnungen nach Bild 4 gilt:

$$\Delta T_{i,RL} = \Delta T_{Ist} - \Delta T^*_{Ist} \quad 3$$

Aus den Wärmezählerdaten und dem Mehrverbrauch kann dieser Wert wie folgt berechnet werden:

$$\Delta T_{i,RL} = \frac{\Delta Q_{WV,WZ}}{\rho \cdot c_p} \left(\frac{1}{\Delta V_{WV,WZ}} - \frac{1}{\Delta V_{WV,WZ} - \Delta V_{i,MV}} \right) \quad 4$$

$\Delta T_{i,RL}$ Einfluss eines Verbrauchers auf die primäre Rücklaufemperatur des Netzes in K

ΔT_{Ist} mittlere Temperaturspreizung im Netz in K

ΔT^*_{Ist} mittlere (berechnete) Temperaturspreizung im Netz in K, wenn der untersuchte Verbraucher mit Referenz-Temperaturspreizung betrieben wird.

$\Delta Q_{WV,WZ}$ gemessene Wärmemengendifferenz ins Netz im Betrachtungszeitraum in kWh

$\Delta V_{WV,WZ}$ gemessene Volumendifferenz ins Netz im Betrachtungszeitraum in m^3

$V_{i,MV}$ berechneter Mehrverbrauch des Verbrauchers i im Betrachtungszeitraum in m^3 .

3 Vorgehen

Zur Berechnung des Mehrverbrauchs und des Einflusses auf die Rücklaufemperatur werden die Wärmemengen und Wasservolumen in einer Tabellenkalkulation ausgewertet [4]. Die Eingaben umfassen die Referenz-Temperaturspreizung, den Betrachtungszeitraum sowie die Leistungen und die Wärme- und Wassermengen jedes Wärmeabnehmers. Daraus werden die Auslastung und die Temperaturspreizung bestimmt sowie eine Rangfolge nach Temperaturspreizung eingeführt. Zudem werden der Mehrverbrauch und der Einfluss auf die Rücklaufemperatur bestimmt und anhand von diesen Kenngrössen eine zweite Rangfolge ausgewiesen, die zur Sortierung der Tabelle nach dem Mehrverbrauch bzw. des Einflusses auf die Rücklaufemperatur dient. Tabelle 1 zeigt ein Beispiel, bei dem die Übergabestation des Verbrauchers mit dem grössten Mehrverbrauch nur 59,9% der Referenz-Temperaturspreizung aufweist. Durch einen Betrieb mit Referenz-Tem-



Blick auf die Übergabestation in einem Hotel mit zwei gleich grossen Plattenwärmeübertragern.

peraturspreizung kann die Rücklauf-temperatur des Netzes um 2.18 K abgesenkt werden. Die ineffizienteste Übergabestation erzielt gar nur 15,2% der vereinbarten Temperaturspreizung. Da es sich um einen Kunden mit kleinerem Verbrauch handelt, kann durch regulären Betrieb dieser Übergabestation die Rücklauf-temperatur noch um 0.89 K abgesenkt werden.

Um einen hohen Nutzen zu erzielen, können die Wärmeverbraucher in der Reihenfolge des Mehrverbrauchs auf Ursachen für die ungenügende Abkühlung untersucht werden. Je nach Situation können Fehlfunktionen direkt behoben oder Optimierungsmassnahmen abgeleitet und die wirtschaftlichen Auswirkungen von Investitionen mit einer Annuitätenbetrachtung abgeschätzt werden. Daneben kann die vorgestellte Methode auch zur Überwachung eingesetzt werden, indem zum Beispiel Fehlfunktionen durch eine Verringerung der Temperaturspreizung rasch erkannt werden.

4 Praxiserhebung

4.1 Mängel und Massnahmen

Im Zeitraum von 2014 bis 2016 wurden ein Fernwärmenetz mit einer Anschlussleistung von 16.8 MW in Wilderswil BE und ein Netz mit 2.7 MW in Stans NW untersucht. Die Wärmeverbraucher mit dem grössten Mehrverbrauch wiesen dabei Temperaturspreizungen von lediglich 6 K auf der Primärseite und in einem Fall von nur 3 K auf der Sekundärseite auf. Die Analyse der zwei schlechtesten Wärmeverbraucher zeigte folgende Mängel:

- Ausführung der sekundärseitigen Einbindung nicht gemäss Prinzipschema.
- Unzuverlässige Funktion von Regelventilen im Primärkreis.
- Verschmutzte Magnetflussfilter bewirkten eine stark reduzierte Wärmeübertragung.
- Eine nicht schliessende motorische Absperrklappe bewirkte, dass ein Wärmeübertrager der Übergabestation

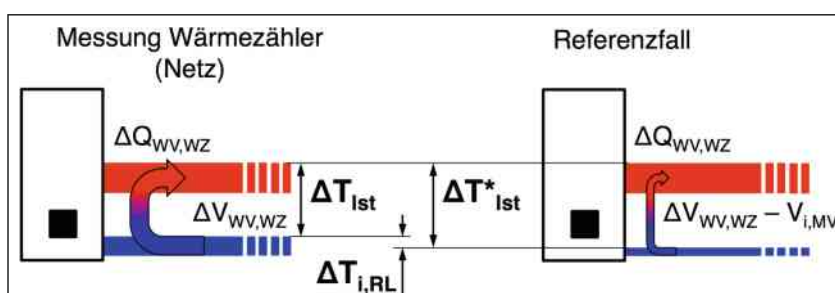


Bild 4: Darstellung des Einflusses eines Wärmeabnehmers auf die gesamte primäre Rücklauftemperatur, wenn der Wärmeabnehmer mit Referenz-Temperatur betrieben wird.

Wärme

Mieten Sie mobile Wärme



➤ **Einsatzbereit, zuverlässig und leistungsstark.**

Jetzt flexible mobile Wärme in allen Leistungsgrössen für jede Anwendung ganz einfach mieten. Vom Spezialisten angeschlossen und in Betrieb genommen. Profitieren Sie von professionellem Rundum-Service.

Eingabedaten				Berechnete Werte						
Referenz-Temperaturspreizung ΔT_{ref} in K : 35										
Betrachtungszeitraum in h : 2880										
Kunden-Nummer	Anschlussleistung	Wärmemenge im Betrachtungszeitraum	Wassermenge im Betrachtungszeitraum	Mittlere Auslastung im Betrachtungszeitraum	Mittlere Temperaturspreizung (Wärmeverbraucher) ΔT_i	$\Delta T_i / \Delta T_{ref}$	Rang nach $\Delta T_i / \Delta T_{ref}$	Mehrverbrauch im Betrachtungszeitraum	Einfluss auf die Rücklauftemperatur	Rang nach Mehrverbrauch und Einfluss auf die Rücklauftemperatur
–	kW	kWh	m ³	–	K	–	–	m ³	K	–
20	375	299'890	12'563	28%	21.0	59.9%	3	5'042	-2.18	1
19	275	157'535	7'863	20%	17.6	50.2%	2	3'912	-1.66	2
30	18	15'412	2'547	30%	5.3	15.2%	1	2'160	-0.89	3
43	65	60'787	2'398	32%	22.3	63.6%	5	873	-0.35	4
38	141	127'429	4'015	31%	27.9	79.6%	8	819	-0.33	5
29	75	81'245	2'774	38%	25.7	73.4%	6	737	-0.30	6
44	108	83'441	2'612	27%	28.0	80.1%	9	519	-0.21	7
39	61	63'688	2'074	36%	27.0	77.0%	7	477	-0.19	8
42	106	92'863	2'781	30%	29.3	83.8%	10	452	-0.18	9
33	31	27'976	1'144	31%	21.5	61.3%	4	442	-0.18	10

Tabelle 1: Auswertung der Wärmeabnehmer eines Fernwärmenetzes sortiert nach Mehrverbrauch mit Darstellung der zehn Kunden mit dem höchsten Mehrverbrauch.

on sekundärseitig permanent durchströmt wurde.

- Zwei defekte Stellmotoren von Regelventilen bewirkten, dass primäres Vorlaufwasser ungekühlt in den Rücklauf floss.

An den zwei Übergabestationen wurden folgende Massnahmen umgesetzt:

- Nachrüstung der sekundärseitigen Dreiwegeinspritzventile mit Drosselblenden.
- Nachrüstung der sekundärseitigen Warmwasser-Ladeleitung mit einem Motor-Durchgangsventil.
- Reinigung und Instandsetzung eines Magnetflussfilters und eines Plattenwärmeübertragers.
- Ersatz der primärseitigen Kombiventil-Antriebe bzw. der primärseitigen Stellmotoren.

Bild 5 zeigt die Temperaturspreizung der Wärmeübergabestation der ersten Anlage mit einem Sprung von 8.7 K auf 31.6 K, der auf den Ersatz des primärseitigen Kombiventil-Antriebs zurückzuführen ist. Bei der zweiten Anlage

konnte die Temperaturspreizung durch Ersatz eines Stellmotors von weniger als 6 K auf 24.2 K erhöht werden.

4.2 Wirkung der Optimierung

Nach Umsetzung von Massnahmen sollte die Wirkung der Optimierung überprüft werden. Für die zwei untersuchten Fernwärmenetze zeigte eine Erfolgskontrolle, dass die primäre Temperaturspreizung durch Massnahmen bei jeweils nur dem schlechtesten Wärmeverbraucher um rund 1.5 K bzw. 1.2 K vergrössert werden konnte. Bei unveränderter Wärmeleistung werden dadurch der Volumenstrom und der Stromverbrauch der Netzpumpen reduziert. Gleichzeitig werden die Wärmeverluste des Netzes und dadurch der Brennstoffverbrauch etwas verringert. Dank Absenkung der primären Rücklauftemperatur wird in einem Fall zudem der Nutzungsgrad der Abgaskondensation des Wärmeerzeugers deutlich erhöht. Daneben wird die übertragbare Wärmeleistung des Netzes erhöht. Für die erste Anlage beträgt die Kapazitätserhöhung knapp 900 kW, für die zweite rund 100 kW.

4.3 Wirtschaftliche Betrachtung

Um den ökonomischen Effekt zu bewerten, wird eine Wirtschaftlichkeitsrechnung mit der Annuitäten-Methode durchgeführt und der Ist-Zustand mit der Situation nach Optimierung (Neu A) des sonst unveränderten Netzes verglichen. Zusätzlich wird die Situation betrachtet, bei der die erzielbare Kapazitätserhöhung durch eine Netzerweiterung (Neu B) ausgeschöpft wird, wobei typische Kosten für die zur Erweiterung notwendigen Hausanschlüsse angenommen werden. Für die Annuität wird ein Zinssatz von 3 % p.a. und eine Lebensdauer der Massnahmen von 20 Jahren angenommen, während für Energiepreise, Wärmeverluste und Wirkungsgrade mit effektiven Werten der untersuchten Anlagen nach [4] gerechnet wird. Anhand der Veränderung des Geschäftsergebnisses wird die Rückzahl-dauer als primärer Return on Investment (ROI) in Jahren berechnet. Die Resultate nach Tabelle 2 zeigen, dass die Investitionen für die Optimierungsmassnahmen in 2,3 Jahren bzw. 3,9 Jahren amortisiert werden. Für die Investitionen zur Kapazitätserweiterung ergeben sich Amortisationszeiten von 14,4 und 6,1 Jahren. In beiden Fällen werden gleichzeitig die Kapitalrenditen deutlich erhöht [4].

5 Schlussfolgerungen

Mit der vorgestellten Methode wird anhand der Wärmemengen und Wassermengen einer Übergabestation über einen bestimmten Zeitraum die Qualität des Wärmeverbrauchers bestimmt. Als Kenngrössen dienen die Temperaturspreizung und der Mehrverbrauch an Wasser, der im Vergleich zu einem Betrieb bei Referenz-Temperaturspreizung

Was	Einheit	Anlage 1			Anlage 2		
		Ist	Neu A	Neu B	Ist	Neu A	Neu B
Anschlussleistung Total	kW	16 800	16 800	17 700	2 700	2 700	2 800
Anschlussleistung Veränderung (Neu – Ist)	kW	–	0	900	–	0	100
Investitionskosten	Fr.	–	23 300	830 500	–	7 200	107 100
Gewinn Total	Fr./a	44 800	54 800	102 400	51 700	53 600	69 200
Gewinn Veränderung (Neu – Ist)	Fr./a	–	10 000	57 600	–	1 900	17 600
Rückzahl-dauer (ROI) in Jahren	a	–	2.3	14.4	–	3.9	6.1

Tabelle 2: Wirtschaftliche Auswirkung der Optimierungsmassnahmen.

zusätzlich benötigt wird. Durch Sortierung der Verbraucher nach Mehrverbrauch werden diejenigen Verbraucher identifiziert, welche die Netzkapazität am stärksten verringern und den Energieaufwand zum Netzbetrieb am meisten erhöhen. Um einen Vergleich verschiedener Netze zu ermöglichen, wird zudem der Einfluss auf die Rücklauf-temperatur ausgewiesen.

Bei zwei Fernwärmenetzen wurde die Methode angewendet und Optimierungsmassnahmen bei den Übergabestationen mit dem jeweils grössten Mehrverbrauch umgesetzt. Die gesamte primäre Rücklauf-temperatur konnte dabei in einem Fall um 1,5 K und im zweiten Fall um 1,2 K gesenkt werden. Dank der dadurch erzielten Einsparungen an Strom und Brennstoff werden die Massnahmen in 2,3 bzw. in 3,9 Jahren amortisiert und die Kapitalrenditen der Netzbetreiber erhöht. Da die vergrösserte Temperaturspreizung eine Kapazitätserhöhung bewirkt, besteht zudem die Möglichkeit einer Netzerweiterung ohne Ausbau der Wärmeerzeugung. Die Ausschöpfung dieses Erweiterungspotenzials führt mit 14,4 und 6,1 Jahren zu Amortisationszeiten, die länger sind als für die Optimierungsmassnahmen allein, aber immer noch eine deutliche Erhöhung der Kapitalrenditen bewirken [4].

Wegen der Möglichkeit der Kapazitätserhöhung als Folge einer vergrösserten Temperaturspreizung ist eine Netzoptimierung vor einem Netzausbau besonders wichtig, da damit unter Umständen die Erweiterung der Wärmeerzeugung eingespart werden kann.

Zur wirtschaftlichen Optimierung von Fernwärmenetzen wird eine periodische Analyse mit der vorgestellten Methode empfohlen. Daneben eignet sich



Teilansicht der sekundärseitigen Wärmeverteilung in einem Hotel.

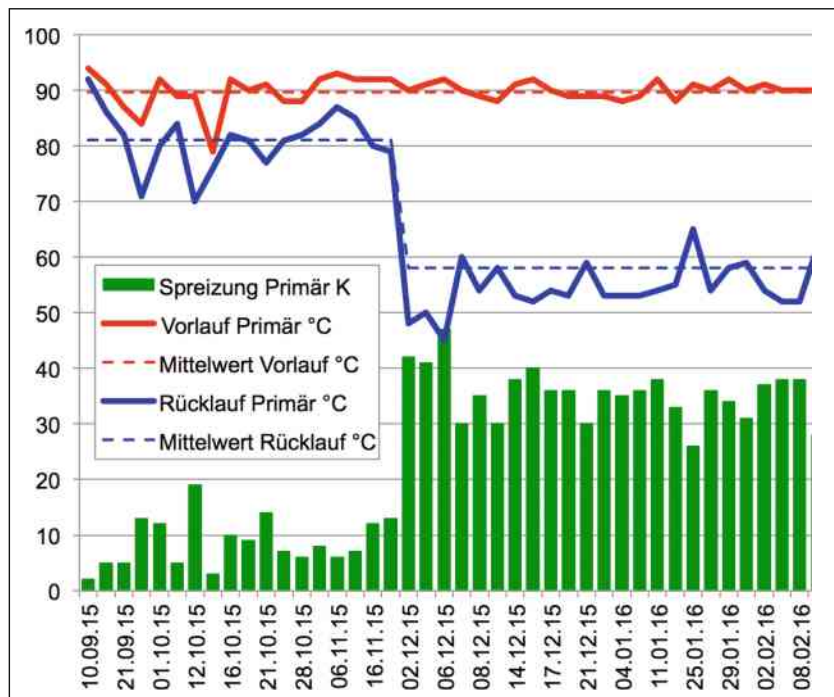


Bild 5: Temperaturen einer Übergabestation vor und nach Umsetzung von Massnahmen am 12.12.2015.

die Methode auch für ein kontinuierliches Monitoring, um Störungen und Fehler bei Verbrauchern zu identifizieren und entsprechende Massnahmen einzuleiten. ■

***Zu den Autoren:**

Thomas Nussbaumer ist Inhaber der Firma Verenum in Zürich (www.verenum.ch) und Professor für Erneuerbare Energien an der Hochschule Luzern – Technik & Architektur (www.hslu.ch).

Stefan Thalmann ist Projektleiter Fernwärme und Q-Beauftragter von QM-Holzheizwerke bei Verenum in Zürich.

Die Untersuchung wurde unterstützt vom Bundesamt für Energie (BFE).

Literatur

[1] Nussbaumer, T.; Thalmann, S.: Ökonomisch optimierte Auslegung von Fernwärmenetzen, *HK-Gebäudetechnik*, 1/2017, S. 38–44
 [2] Zinko, H.; et al: Improvement of operational temperature differences in district heating systems, *IEA DHC/CHP, Annex VII 8DHC-05.03, Sittard and Paris 2005*
 [3] Thalmann, S.; Nussbaumer, T.; Jenni, A.: Ist-Analyse von Fernwärmenetzen, 13. *Holzenergie-Symposium, ETH Zürich* 12.9.2014, Verenum Zürich 2016, ISBN 3-908705-25-8, S. 235–260
 [4] Thalmann, S.; Jenni, A.; Nussbaumer, T.: Optimierung von Fernwärmenetzen, 14. *Holzenergie-Symposium, ETH Zürich* 16.9.2016, Verenum Zürich 2016, ISBN 3-908705-31-2, S. 153–172

Basiskurs zur Planung von Fernwärmenetzen

Das Expertenteam QM Fernwärme bietet im Auftrag des Bundesamts für Energie BFE im Frühling 2017 einen Basiskurs zur Planung von Fernwärmenetzen an. Der Kurs behandelt das Vorgehen zur Planung von Fernwärmenetzen auf Basis des 200-seitigen «Planungshandbuch Fernwärme». Das Handbuch wird an die Kursteilnehmer abgegeben und nach Durchführung der Kurse veröffentlicht. Geplant sind zwei oder drei eintägige Basiskurse zwischen April 2017 und Juni 2017.

Zielgruppe: Heizungsingenieure und Heizungsplaner sowie Unternehmer und Betreiber, die mit der Planung von Fernwärmenetzen konfrontiert sind.

Kursdauer: 1 Tag

Termine 2017:

- Do, 6. April in Bern (Kurs 1, ausgebucht)
- Do, 4. Mai in Aarau (Kurs 2)
- Di, 6. Juni in Olten (Kurs 3)

Informationen zum Planungshandbuch sowie zu den bevorstehenden Kursen: www.qmfernwaerme.ch › Weiterbildung

QM Fernwärme
 c/o Verenum, 8006 Zürich
 Kontakt: Stefan Thalmann
 Telefon 044 377 70 73
info@qmfernwaerme.ch
www.qmfernwaerme.ch