



Fernwärme effizient nutzen

Optimierte Kundenanlagen ermöglichen eine effiziente Nutzung regenerativer Wärmequellen



Heizungs- und Trinkwarmwassersysteme in Fernwärmenetzen sollen künftig zunehmend mit Umweltwärme niedriger Temperatur auskommen. Doch derzeit werden die Auskühlpotenziale noch nicht zufriedenstellend genutzt. Zu hohe Rücklauftemperaturen und Volumenströme sind die Regel. Hier setzt das Projekt LowEx-Systeme an: Forscher entwickelten und testeten verschiedene Ansätze zur Senkung von Rücklauftemperaturen aus Kundenanlagen, etwa das druckverlustarme Wärmeverteilsystem und die kaskadische Trinkwassererwärmung mit Wärmespeicherung.

Bis 2040 soll München die erste deutsche Großstadt werden, in der Fernwärme zu 100 % aus erneuerbaren Energien gewonnen wird. Um diese Vision zu realisieren, soll die hydrothermale Geothermie weiter ausgebaut und das Fernwärmenetz optimiert werden. Eine effiziente Integration erneuerbarer Energien in Fernwärmesysteme ist nur in Verbindung mit niedrigen Rücklauftemperaturen möglich. Wird die Fernwärmerücklauftemperatur von 60 auf 40 °C abgesenkt, kann die geothermale Wärmeleistung um bis zu 70 % erhöht werden (Abb. 1). Grundsätzlich gilt daher: Je niedriger das Temperaturniveau des Wärmenetzes, desto höher kann der Anteil aus regenerativen Wärmequellen sein. Besonders die Rücklauftemperatur beeinflusst die Leistungsfähigkeit einer Anlage entscheidend. In vielen Wärmenetzen ist diese aber im Sommer aufgrund der Trinkwassererwärmung (TWE) deutlich zu hoch. Die Ursache ist nicht bei der Fernwärmeerzeugung zu suchen, sondern auf der Seite der Fernwärmekunden. Bisherige Forschungsarbeiten zeigten, dass es gerade bei der Gebäudeheizung und TWE ein weitgehend ungenutztes Anwendungspotenzial für sogenannte Niedrigexergie-Systeme gibt. Für konventionelle Heizungsanlagen entwickeln Hersteller ihre Systemkomponenten schon aus eigenem, wirtschaftlichem Interesse ständig weiter. Bei Übergabestationen stockt die

Dieses Forschungsprojekt wird gefördert vom

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Entwicklung jedoch wegen der vergleichsweise kleinen Stückzahlen. Im Forschungsvorhaben LowEx-Systeme untersuchen die Stadtwerke München, die Hochschule München und Ebert-Ingenieure, inwiefern sich Niedertemperatur-Systeme in Gebäuden optimieren lassen. Ihre These: Gelingt eine Verschiebung der Wärmeversorgung hin zu niedrigeren Temperaturniveaus, arbeiten vorgelegte Erzeugungsanlagen effizienter.

Die Krux mit der Rücklauftemperatur

Nicht nur in Kraft-Wärme-gekoppelten Fernwärmesystemen, auch bei Heizsystemen mit Biomasse, Brennwertechnik und solarer Heizungsunterstützung sind niedrige Rücklauftemperaturen sowie eine möglichst große Temperaturspanne von Vorteil. Nur mit ihnen kann eine hohe Effizienz des Gesamtsystems erreicht werden. Bei der solaren Heizungsunterstützung beispielsweise sorgt eine niedrige Rücklauftemperatur dafür, dass die Energieausbeute der Sonnenkollektoren durch die niedrige Betriebstemperatur steigt.

Prüfstand für Fernwärmeübergabestationen mit TWE und Grundlagenermittlung in Bestandsanlagen

Bisherige Untersuchungen in Bestandsgebäuden waren wenig aufschlussreich, da beispielsweise Gebäudegröße, Rohrleitungsstandard, Verteilverluste und insbesondere der Warmwasserverbrauch unterschiedlich waren und somit keinen Vergleich zuließen. Deshalb versuchten die Ingenieure, durch Messungen in acht Mehrfamilienhäusern mit 20 bis 290 Wohneinheiten sowie in einem Reihenhauses-Komplex mit 16 Einfamilienhäusern die ausschlaggebenden Unterscheidungsmerkmale zu erfassen und zu typisieren. Bei der TWE erwies sich das Verhältnis von Zirkulationsverlusten zum Nutzenergiebedarf für die Trinkwassererwärmung als aufschlussreich.

Bei umfangreichen Messungen in Bestandsgebäuden wurde festgestellt, dass 10 bis 50 mal mehr Trinkwarmwasser zwischen 55 und 60 °C zirkuliert als von 10 auf 60 °C erwärmt und verbraucht wird. „Man muss sich darüber im Klaren sein, dass übliche Trinkwassererwärmungsanlagen in erster Linie der Nacherwärmung von Zirkulationswasser und nur in untergeordnetem Maß der Aufheizung von Warmwasser von 10 auf 60 °C dienen. Das macht es so schwer, aus Trinkwasser-Erwärmungsanlagen niedrige Rücklauftemperaturen raus zu bekommen“, erklärt Jörg Spannig, Leiter des Projektes LowEx-Systeme bei den Stadtwerken München.

Sortiert man die täglichen Warmwasser-Zapfungen eines Gebäudes über 24 Stunden des Tages – geordnete Tagesdauerlinie genannt – so lässt sich erkennen, dass auch in großen Mehrfamilienhäusern über die Hälfte des Tages keinerlei Zapfung erfolgt. Gleichzeitig muss aber auch in diesem Zeitraum, insgesamt mindestens 16 Stunden am Tag, aus hygienischen Gründen die Zirkulation in Betrieb sein. Speicherlose Durchflusssysteme können in dieser zapffreien Zeit systembedingt nur Rücklauftemperaturen oberhalb der minimal erforderlichen Zirkulations-Rücklauftemperatur von 55 °C liefern. Erst durch Einsatz eines geeigneten Speichers zur Zwischenlagerung der Restwärme aus der Zirkulationsnacherwärmung und der gezielte Wärmeabgabe aus diesem Speicher an das zufließende Kaltwasser wird es möglich, auch in der zapffreien Zeit Rücklauftemperaturen unter 55 °C zu erzielen. Die Trinkwassererwärmung erfolgt dabei kaskadisch, also stufenweise. Im reinen Zirkulationsbetrieb wird ein Pufferspeicher mit guter Temperaturschichtung

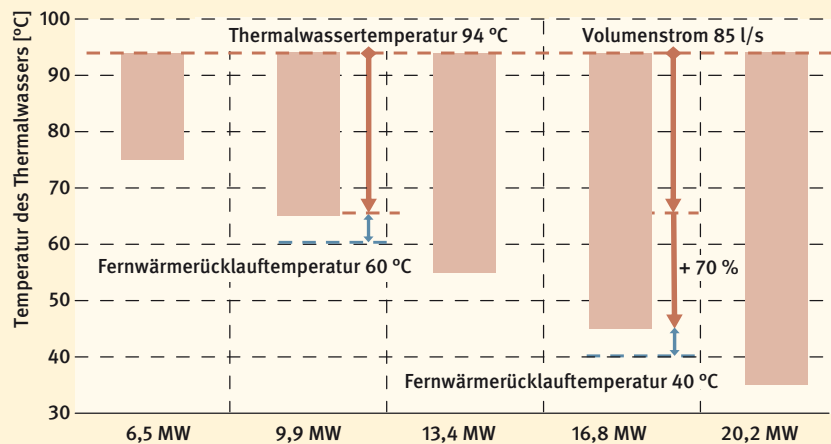


Abb. 1 Die Grafik zeigt die geothermale Wärmeleistung in Abhängigkeit von der Reinjektionstemperatur des Thermalwassers.

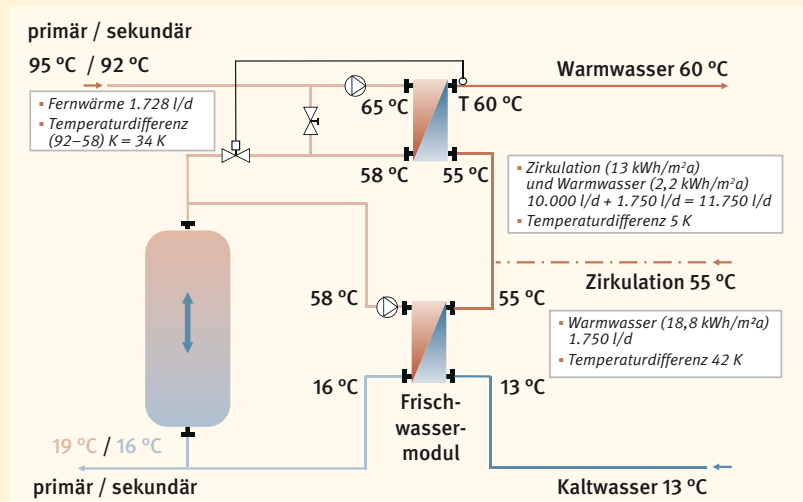


Abb. 2 Funktionsprinzip einer kaskadischen Trinkwassererwärmung mit ideal geschichtetem Heizungspufferspeicher (FÜS 3): Im reinen Zirkulationsbetrieb wird der Pufferspeicher beladen und bei hohem Warmwasserverbrauch entladen. Die Zahlenwerte entsprechen einem Mehrfamilienhaus mit 20 Wohneinheiten.

beladen und bei hohem Warmwasserverbrauch entladen (Abb. 2).

Auf einem eigens entwickelten Prüfstand (Titelbild) in einem Labor der Hochschule München wurden sieben Fernwärmeübergabestationen (FÜS) mit verschiedenen TWE-Systemen für die Gebäudetypen Passivhaus, Neu- und Altbau im Sommer- und Winterfall geprüft und optimiert:

- Standard-Speicherladesystem (FÜS 1)
- Durchflusssystem mit massebehafteter Vorwärmstufe (FÜS 2)
- Heizungspufferspeicher mit Schichtladeeinrichtungen und Frischwassersystem (FÜS 3)
- Durchflusssystem mit Heizungsanbindung (FÜS 4)
- Primär beladener Heizungspufferspeicher und Frischwassersystem (FÜS 5)
- Zweistufiges Speicherladesystem (FÜS 6)
- Durchflusssystem mit dreistufiger Kaskade (FÜS 7)

Drei nach dem oben beschriebenen Grundprinzip arbeitende TWE-Systeme erreichten auf dem Prüfstand volumetrisch gemittelte Tagesrücklauftemperaturen von unter 35 °C; unter günstigen Randbedingungen, nämlich geringen Zirkulationsverlusten und hoher Heizwasser-Vorlauftemperatur, auch unter 25 °C. Dazu gehören das Durchflusssystem mit massebehafteter Vorwärmstufe (FÜS 2), der Heizungspuffer mit Frischwassersystem (FÜS 3) und das

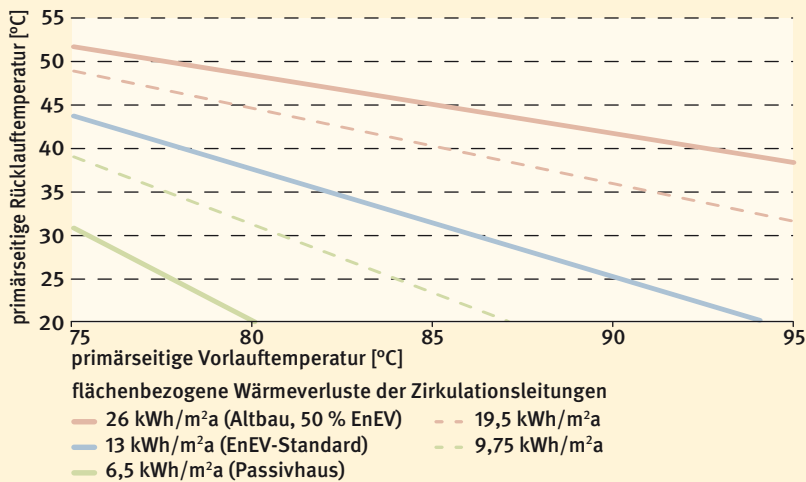


Abb. 3 Mögliche primärseitige Rücklauftemperaturen bei einer Fernwärmeübergabestation (FÜS 3) mit indirektem Anschluss im Sommerbetrieb (ohne Heizung) in Abhängigkeit von der primärseitigen Vorlauftemperatur und den flächenbezogenen Wärmeverlusten der Zirkulationsleitungen

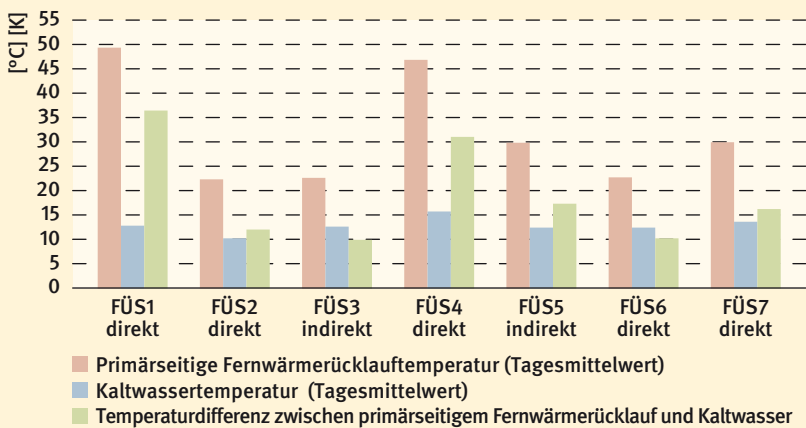


Abb. 4 Tagesmittelwerte der primärseitigen Rücklauftemperaturen der untersuchten Fernwärmeübergabestationen im Sommerbetrieb (ohne Heizung) bei gut gedämmten Zirkulationsleitungen (EnEV-Standard) und einer primärseitigen Vorlauftemperatur von 95 °C

zweistufige Speicherladesystem (FÜS 6) (Abb. 4). Bei den geprüften Fernwärmeübergabestationen weisen fünf Anlagen einen direkten Anschluss der Fernwärme an die Trinkwassererwärmung auf und sind somit nach DIN EN 1717 für Fernwärmewasser der Kategorie 3 geeignet. Die FÜS 3 und FÜS 5 sind indirekt an die TWE angeschlossen und lassen sich bei Fernwärmewasser mit gesundheitsgefährdenden Zusatzstoffen (Kategorie 4) einsetzen.

„Der Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen hat höchste Priorität und erfordert in Fernwärmenetzen der Kategorie 4 indirekte Anschlüsse. Die Prüfergebnisse und Pilotanlagen zeigen jedoch, dass auch bei indirektem Anschluss sehr niedrige Rücklauftemperaturen erreicht werden können“, erklärt Professor Franz Josef Ziegler, Leiter des Labors für Heizungstechnik an der Hochschule München. Die Messungen am Prüfstand und an den Pilotanlagen zeigen, dass die erreichbare primärseitige Rücklauftemperatur im Wesentlichen von zwei Einflussgrößen abhängig ist, von der primärseitigen Vorlauftemperatur und den Zirkulationsverlusten in Relation zum Nutzenergiebedarf für die Trinkwassererwärmung (Abb. 3).

Druckverlustarmes Verteilsystem und Gebäudemonitoring

Häufig werden bei Bestandssanierungen lediglich Maßnahmen an der Gebäudehülle durchgeführt, die den Heizwärmebedarf reduzieren. Da häufig keine Kernsanierung mit zusätzlichem Austausch der Rohrleitungen und der Heiz-



Was ist Exergie?

Exergie ist eine thermodynamische Größe und bezeichnet den Anteil eines Energiestromes, der in mechanische Arbeit umgewandelt werden kann. Anergie ist der Anteil, der nicht in mechanische Arbeit umgewandelt werden kann.

Bei regenerativer Wärmeerzeugung oder Abwärmenutzung sind meist nur niedrige Temperaturen verfügbar und der Exergieanteil ist gering. Diese Wärmequellen können im Gebäude mit sogenannten Niedrigexergiebeziehungsweise LowEx-Systemen für Heizung und Trinkwassererwärmung genutzt werden.

flächen umgesetzt wird, bleiben nach einer solchen Sanierung überdimensionierte Heizflächen zurück. Das im Projekt entwickelte druckverlustarme Verteilsystem macht sich diesen Umstand zunutze: Wird die Vorlauftemperatur angehoben und die Pumpenförderhöhe angepasst, sinkt der benötigte Volumenstrom und mit ihm der Druckverlust und die resultierende Rücklauftemperatur. Bei der Neukonzeption von Heizungsanlagen sollte besonders mit dieser Strategie auf größtmögliche Temperaturspreizung geachtet werden.

Ein Gebäudemonitoring diene dazu, mit einfachen, jedem Fernwärme-Netzbetreiber verfügbaren und zumutbaren Messmethoden Fernwärmekunden mit überhöhten Rücklauftemperaturen ausfindig zu machen und dann die jeweiligen Ursachen der mangelhaften Rücklaufauskühlung aufdecken zu können. Meist genügt der vorhandene moderne Wärmemengenzähler, um erhöhte Rücklauftemperaturen zu finden. Die bei diesen Messungen aufgedeckten typischen Planungs- und Ausführungsfehler stellten die Forscher in einem LowEx-Anwenderhandbuch zusammen. Vor allem muss die Überströmung von Heizwasser aus dem Vorlauf in den Rücklauf konsequent vermieden werden. Gleichzeitig bedeutet das, dass auf hydraulische Weichen verzichtet werden muss. Empfohlen wird auch ein exakt durchgeführter hydraulischer Abgleich des Heiz- und des Warmwasserverteilsystems. Aber auch weitere einfache, kostengünstige Maßnahmen – wie die Vermeidung von mehreren Thermostatventilen innerhalb eines Raums oder die einfache Drehzahlreduzierung bei Heizungsumwälzpumpen – sind Empfehlungen im Anwenderhandbuch.

Netzbetreiber profitieren von Ergebnissen

„Bei konsequenter Beachtung der Hinweise des Anwenderhandbuchs lassen sich typische Fehler beim Aufbau einer niedrig-exergetischen Wärmeverteilung bereits im Vorfeld erkennen und bei der Ausführung vermeiden“, sagt Jörg Spannig und fügt hinzu: „Die wirtschaftlichen und ökologischen Rahmenbedingungen von Fernwärmenetzen können sich durch flächendeckenden Einsatz von LowEx-Technologie deutlich verbessern.“

Die Projekt-Erkenntnisse nutzen die Hersteller bereits und bieten solche Niedrigexergie-Systeme an. Fernwärmeversorgungsunternehmen können mit ihren Kunden hoch-effiziente Übergabestationen vertraglich vereinbaren, die sich auch für die Integration erneuerbarer Energien eignen. Dies ist mit Blick auf die Nutzungsdauer von rund 30 Jahren eine sinnvolle Entscheidung.



Exergetische Effizienz erreichen

Mit Hilfe von Forschungsprojekten der Förderinitiative EnEff:Wärme soll die Wärmeversorgung energetisch, wirtschaftlich und ökologisch deutlich verbessert werden. Neben der Entwicklung und Optimierung von Niedertemperatur-Systemen in Gebäuden – wie im Münchener Projekt LowEx-Systeme – geht es unter anderem auch darum, die Fernwärmeversorgung ganzer Städte oder Stadtquartiere exergetisch effizienter zu gestalten.

So deckt die Fernwärme in der Stadt Ulm mit rund 120.000 Einwohnern etwa 50 % des gesamten Wärmebedarfs. Um die kommunale Fernwärmeversorgung in Ulm exergetisch zu optimieren, gingen Forscher im Zuge der Umstellung des dortigen Dampfnetzes auf Heißwasserbetrieb der Frage nach, wie sich die Reduzierung der Netz-Rücklauf-temperatur auswirkt. Dabei veränderten sich unter anderem die technischen Anforderungen an Heizsysteme und Trinkwasserbereitung. Mit dem EnEff:Wärme-Projekt „Exergetische Optimierung der Fernwärmeversorgung in Ulm“ wollen die Wissenschaftler, Planer und Netzbetreiber die dynamische Fernwärme-entwicklung der vergangenen Jahre in Ulm unterstützen. Auch neue Anforderungen der Kunden, beispielsweise große Wohnungsbaugesellschaften, sollen berücksichtigt werden. Grundsätzlich ist die Absenkung der Rücklauf-temperatur ein probates Mittel, um die Netz-temperatur langfristig auch im Vorlauf absenken zu können. Allerdings sind der Rücklauf-temperatur von Wärmekunden technische Grenzen gesetzt. So müssen ab einer Grenzleistung am Rücklauf weniger dicht besiedelte Gebiete an die Rücklauf-temperatur angepasst werden, da weitere Einzelanschlüsse nicht mehr sinnvoll sind.

Dampfnetzumstellung für exergetisch-optimierte Fernwärme

Mit dem Konzept zur Umstellung des innerstädtischen Dampfnetzes auf Heizwasser wurde ein Grundstein für eine strukturelle Neugestaltung der Fernwärme gelegt: Die zentral erzeugte Energie wird durch die deutlich niedrigeren Vorlauf-temperaturen und die damit einhergehende höhere Stromkennziffer exergetisch effizienter genutzt. Zudem suchen die Forscher weitere Möglichkeiten, um Vor- und Rücklauf-temperaturen zu senken, ohne die Versorgungsqualität der Kunden zu beeinträchtigen. Derzeit errichtet die Ulmer Wohnungs- und Siedlungsgesellschaft ein Mehrfamilienhaus mit 70 Wohneinheiten und einem Wärme-Anschlusswert von 160 kW. Ein Durchfluss-Frischwassersystem sorgt für die Trinkwasser-Erwärmung. Ist die Fernwärme-Hausstation installiert, überwacht ein Messprogramm den Probetrieb der Hausstation und das erste Betriebsjahr.

Projektbeteiligte

- » **Projektleitung:** Stadtwerke München, Jörg Spannig, joerg.spannig@swm.de, www.swm.de
- » **Projektbeteiligung:** Hochschule für angewandte Wissenschaften München, Fakultät 05 – Studiengang Energie- und Gebäudetechnik (EGT), Prof. Dr. Franz Josef Ziegler, f.ziegler@hm.edu, www.bs.hm.edu

Links

- » Projektvisitenkarte und Abschlussbericht „LowEx-Systeme – Breitenanwendung von Niedertemperatur-Systemen als Garanten für eine nachhaltige Wärmeversorgung“ auf EnEff:Stadt: <http://www.eneff-stadt.info/de/neue-technologien/>

Mehr vom BINE Informationsdienst

- » Nahwärmenetz verbindet Neubau- und Bestandsquartier. BINE-Projektinfo 04/2015
- » Auf dem Weg zum Niedrigenergie-Stadtquartier. BINE-Projektinfo 15/2012
- » Mit Sommersonne gegen Winterkälte. BINE-Projektinfo 02/2011
- » Integrales Energiekonzept für ein Wohnquartier. BINE-Projektinfo 01/2010
- » Dieses Projektinfo gibt es auch online und in englischer Sprache unter www.bine.info/Projektinfo_14_2015

BINE Informationsdienst berichtet aus Projekten der Energieforschung in seinen Broschürenreihen und dem Newsletter. Diese erhalten Sie im kostenlosen Abonnement unter www.bine.info/abo

Impressum

Projektorganisation
Bundesministerium
für Wirtschaft und Energie (BMWi)
11019 Berlin

Projekträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Dr. Carsten Magaß
52425 Jülich

Förderkennzeichen
03ET1005A

ISSN
0937 - 8367

Herausgeber
FIZ Karlsruhe · Leibniz-Institut
für Informationsinfrastruktur GmbH
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Autorin
Anna Durst

Urheberrecht
Titelbild und Abbildungen 1 – 4:
Hochschule München

Eine Verwendung von Text und
Abbildungen aus dieser Publikation ist
nur mit Zustimmung der BINE-Redaktion
gestattet. Sprechen Sie uns an.

Kontakt · Info

Fragen zu diesem Projektinfo?
Wir helfen Ihnen weiter:

0228 92379-44
kontakt@bine.info

BINE Informationsdienst
Energieforschung für die Praxis
Ein Service von FIZ Karlsruhe

Kaiserstraße 185-197
53113 Bonn
www.bine.info

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages