



## Fernwärme-Dampfnetze auf Heißwasser umstellen

Abb 1



- ▶ **Medienwechsel ohne kompletten Netzneubau: bestehende Dampf- und Kondensatleitungen erstmals weiter genutzt**
- ▶ **Netzbaukosten gesenkt, Wärmeverluste reduziert, Effizienz der KWK-Anlagen gesteigert**
- ▶ **Vorbild für Dampfnetzbetreiber im In- und Ausland**

*Effizienzgewinn durch niedrigeres Temperaturniveau: Gut 160 GWh mehr Strom pro Jahr erzeugt die neue GuD-Anlage im Münchner Süden, indem sie die Turbinenabwärme nicht in ein Dampf-Fernwärmenetz, sondern in das neue Heißwassernetz auskoppelt.*

**D**ampf war das erste Wärmeträgermedium, das für die Wärmeverteilung in Fernwärmenetzen genutzt wurde. Dies ist nicht verwunderlich, denn Dampf spielte im Kraftwerksprozess schon immer die dominierende Rolle, so dass es einfach war, nahe zum Kraftwerk liegende Kunden mit Dampf zu versorgen. Heute ermöglicht moderne Kraftwerkstechnik die effizientere Ausnutzung von Dampf bei der Erzeugung des wertvollen Stroms. Die höchste Effizienz der Primärenergienutzung wird durch die gekoppelte Erzeugung von Strom und Heizwärme in Form von Heißwasser erzielt, weshalb für die Wärmeversorgung Wasser als Fernwärme-Transportmedium vorteilhaft ist.

Der verstärkte Ausbau der Fernwärmeversorgung insbesondere in den 60er und 70er Jahren hat die Nachteile von Dampfnetzen immer stärker zum Vorschein gebracht: Bau und Betrieb sind insgesamt deutlich teurer als bei Heißwassernetzen. Dampfnetze erfordern eine komplexe Kondensatwirtschaft und damit einen hohen Wartungs- und Instandhaltungsaufwand. Ihre Betriebstemperaturen sind deutlich höher, woraus hohe Wärmeverluste resultieren. Die einsetzbaren Rohrleitungen bzw. Verlegesysteme für Dampf sind aufwändig, dadurch wird ein Neuanschluss von Kunden kostspielig und das Ausbaupotenzial der Fernwärme insgesamt begrenzt. Die hohen Temperaturen ver-

hindern zudem eine effektive Kraft-Wärme-Kopplung sowie die Einbindung von Niedertemperaturwärme aus industrieller Abwärme oder regenerativer Energien. Heute sind die meisten Dampfnetze sanierungsbedürftig, ihre Zukunftsfähigkeit stark in Frage gestellt. Gleichzeitig kommen aus dem Gasmarkt neue Impulse für die Fernwärme, denn die Netznutzungsentgelte in der Gasversorgung sind deutlich gesunken und die Gaspreise derzeit alles andere als stabil. Die Folge: Der Fernwärme bieten sich neue Marktpotenziale, der Umstellungsdruck auf die verbliebenen Dampfnetzbetreiber steigt.

In einigen deutschen Städten wurden bereits Dampfnetzumstellungen durchgeführt. Der Wechsel des Wärmeträgermediums war dort immer mit einem gleichzeitigen Neubau des Heißwasserverteilnetzes verbunden. Im Rahmen eines BMWi-Forschungsvorhabens wurde ein technisch-wirtschaftliches Umstellungskonzept für das Münchener Dampfnetz – das größte in Deutschland – entwickelt und umgesetzt. Die Besonderheit des Münchener Pilotvorhabens: Im Zuge der Umstellung wurden weltweit erstmals die existierenden Dampf- und Kondensatleitungen als Heißwasservor- und -rücklauf weitergenutzt. Zusammen mit einer geplanten neuen GuD-Anlage entsteht dadurch in München eines der modernsten Fernwärmesysteme in Deutschland.

## ► Ausgangssituation, Ziele

In der Vergangenheit wurden bereits mehrfach kleinere Dampfnetze, z.B. in Braunschweig, Leipzig und Baden-Baden, auf Heißwasser umgestellt, dabei wurden jedoch stets neue Heißwassernetze gebaut. Diese Vorgehensweise hätte für das Münchener Innernetz enorm hohe Baukosten verursacht. Zudem wurde im Rahmen eines vorgeschal-

teten Forschungsprojekts nachgewiesen, dass das Münchener Dampfnetz nur durch weitere Nutzung der vorhandenen Dampf- und Kondensatleitungen wirtschaftlich und in überschaubarem Zeitraum auf Heißwasser umgestellt werden kann. Das Investitionsvolumen wird deutlich reduziert und optimierte Wärmeerzeugungskapazitäten aus der Kraft-

Wärme-Kopplung frühzeitig nutzbar. Insgesamt stellt eine solche Dampfnetzumstellung bislang technisches Neuland dar. Aufgrund der vielfältigen Auswirkungen auf alle Bereiche eines Fernwärmesystems – von der Erzeugung über die Verteilung bis zu den Kunden – ist ihr Erfolg keinesfalls garantiert.

### Ziele einer Umstellung dampfbetriebener Fernwärmenetze auf Heißwasser:

- niedrige Netztemperaturen
- kostengünstigere Wärmeerzeugung
- effizientere Stromerzeugung durch niedrigere Turbinen-Entnahme-Parameter
- Entfall der Kondensatwirtschaft
- Reduzierung der Wärmeverluste
- günstigere Ersatzinvestitionen (Kunststoffmantelrohre) und Neubau
- niedrige Betriebskosten

Abb 2: Altersbedingte Sanierungen und Neubauten erfolgen nicht mehr in teurer Haubenkanaltechnik (Bild links), sondern kostengünstiger mit erdverlegten Kunststoffmantelrohren (Bild rechts)



## ► Dampfnetzumstellung in München

Ganzjährig hohe Vorlauftemperaturen aufgrund historisch gewachsener Netzstrukturen prägten noch im Jahr 2000 große Teile des Münchener Fernwärmesystems. Zwei Drittel des Anschlusswertes lag in Teilnetzen mit Vorlauftemperaturen von über 100°C und Spitzentemperaturen von deutlich über 130°C. Deshalb konnten dort kostengünstige Verlegetechniken mit Kunststoffmantelrohr nicht eingesetzt werden. Hohe Betriebs- und Instandhaltungskosten für Haubenkanäle und die zahlreichen Schächte führten insgesamt dazu, dass die Fernwärme in München nicht wirtschaftlich war. Dies gilt insbesondere für das größte der Münchener Hochtemperaturnetze, das Dampfnetz mit rund 250 km Trassenlänge,

4.400 Kunden und 1.200 MW Anschlusswert. Dabei sind die hohen Temperaturen für die meisten Kunden keineswegs erforderlich: Etwa 95% aller Münchener Fernwärmekunden benötigen Heizwärme auf einem Temperaturniveau von unter 100°C. Nur 5% nutzen die hohen Temperaturen der Fernwärme zur Dampferzeugung für Kantinen, Raumluftbefeuchtung und Niederdruckdampfheizung sowie in Absorptionskältemaschinen. Aus diesen Gründen ist die mittelfristige Absenkung der Vorlauftemperaturen im Zuge der Umwandlung des Dampfnetzes in ein Heißwassernetz nicht nur sinnvoll, sondern auch marktgerecht.

Den Schwerpunkt der Dampfnetzumstellung bilden Netzertüchtigung und Neubau der Kundenstationen. Die Leitungsertüchtigung ist erforderlich, da das künftige Heißwassernetz mit höheren Drücken betrieben wird. Die bestehenden Rohrleitungen sind in der Regel für die höheren Drücke geeignet, doch die Netzeinbauten – wie Armaturen und Kompensatoren – müssen angepasst werden. Der maximale Rücklaufdruck ist wegen des Einsatzes glasfaserverstärkter Kunststoffrohre auf 10 bar begrenzt und setzt dadurch auch Grenzen für den maximalen Vorlaufdruck.

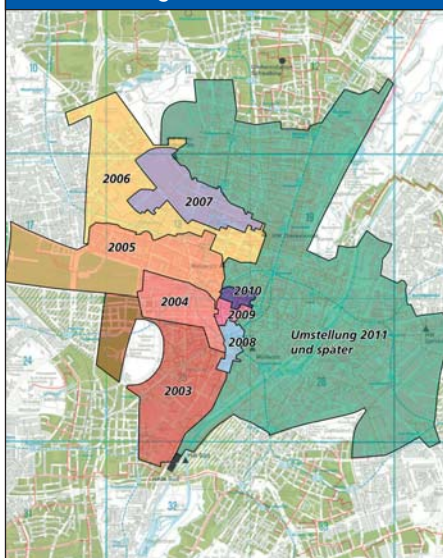
Die Umstellung der Kundenstationen erfolgt durch die Neuinstallation von Kompaktstationen, die in ihren Abmessungen deutlich kleiner ausfallen als Dampf-Kundenstationen. Der Kunde gewinnt dadurch Platz in seinem Keller. Die Umstellung erfolgt nur in den heizfreien Sommermonaten

innerhalb jeweils einer Woche, so dass „normale“ Kunden für 5 Werktage ohne Warmwasserversorgung sind. Den sensiblen Kunden, wie beispielsweise Krankenhäuser und Hotels, wird für diese Umstellungszeit der Wärmebedarf für Brauchwarmwasser zur Verfügung gestellt. Dies geschieht über mobile Heißwasser-Container unterschiedlicher Leistungsgrößen, die entweder gebiets- oder kundenweise zum Einsatz kommen. Bei Bedarf werden mobile Heizzentralen hinzugemietet. Seit 2003 wurden im Durchschnitt pro Jahr etwa 400 Kunden umgestellt und 23 km Leitungen ertüchtigt. Auf Wunsch koordinieren die Stadtwerke den Umstellungsablauf, beschaffen die neue Kompaktstation und beauftragen Heizungsbaufirmen. Die öffentliche Resonanz war aufgrund guter Informationspolitik und geringer Schadensquote überwiegend positiv.

### Effizienzvorteile nutzen

Mit der Dampfnetzumstellung steigern die Stadtwerke die Effizienz ihrer Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen. Denn die neue Wärmeverteilung mit Heißwasser ermöglicht es, den Dampf in den Turbinen der Heizkraftwerke noch effizienter als bisher zu verstromen. Dort kann der Dampf für Heizkondensatoren zur Erzeugung von Heißwasser bei niedrigeren Drücken entnommen werden. Dadurch wird bei gleicher Wärmeproduktion und nahezu gleichem Brennstoffeinsatz mehr Strom erzeugt und die Erzeugungskosten werden deutlich reduziert. Dieser Vorteil kann in München im neuen GuD-Heizkraftwerk (mit einer elektrischen Leistung von bis zu 450 MW) am

Abb 3: Terminplan der Dampfnetzumstellung in München ab 2003





**Abb 4: Netzumstellung in der Praxis: Montageablauf einer Umstellwoche**

Montag 6:00	Dienstag 12:00	Mittwoch	Donnerstag 6:00	Freitag 14:00
Freischaltung: Abstellen der Dampfversorgung, Abkühlung und Entleerung	Demontage Dampfwärmetauscher/Boiler und Neumontage der Kompaktstationen mit Boiler	Anlieferung der neuen Kompaktstationen	Fertigstellung der Kundeninstallation	
			Befüllen des Netzes mit Heißwasser	Inbetriebnahme der Kundeninstallationen, Leistungseinstellungen, Sicherheitsüberprüfungen
Netzumbaumaßnahmen in Schächten und Kellerleitungen (Umschlüsse, Tausch von Armaturen und Kompensatoren)			Fertigstellung der Netzerzüchtigung	
Kunde ist ohne Warmwasser			Wiederaufnahme der Versorgung	

treten als erwartet. Die Kundenumstellung ist ebenfalls planmäßig gelungen und die schwierige Logistik des Zusammenspiels zwischen Netzerzüchtigung und Kundenumstellung innerhalb einer Woche in einem Umstellgebiet konnte gut gelöst werden.

Das Projekt setzt nicht zuletzt Akzente für den lokalen Klimaschutz. Denn mit der erfolgreichen Umstellung wird nicht nur die Ablösung des größten deutschen Dampfnetzes durch eine Gasversorgung mit negativer Signalwirkung auf andere Dampfnetzbetreiber verhindert, sondern auch die größtmögliche Energieeinsparung und Emissionsreduzierung in München vorgenommen. Erfreulicher Nebeneffekt ist die Tatsache, dass mit der kostengünstigen Kunststoffmantelrohr-Technik heute Fernwärmepotenziale wirtschaftlich erschlossen werden können, die mit der aufwändigen Haubenkanal-Bauweise bisher als unerreichbar galten.

Standort Süd direkt genutzt werden. Bei allen Erzeugeranlagen, die kurz- und mittelfristig nicht erneuerungsbedürftig sind, werden Wärmetauscherstationen zur Umformung von Dampf auf Heißwasser installiert. Gleichzeitig reduzieren sich die Wärmeverluste im Netz sowie die Emissionen: Der reduzierte Energieeinsatz erspart Stromimporte aus dem deutschen Verbundnetz mit einem CO<sub>2</sub>-Potenzial von über 100.000 t/a. Hinzu kommen praktische Vorteile für die Fernwärme-Kunden; z.B. reduzieren sich die Investitionen für Neuanschlüsse erheblich. Und: Heißwassersysteme besitzen eine hohe Trägheit, so dass der Kunde bei Ausfall einer Erzeugeranlage nicht sofort einen Versorgungsausfall erleidet.

Jahr, die während der Umstellungsjahre jedoch nur entsprechend dem Umstellungsfortschritt anfallen. Die Dampfnetzumstellung ist langfristig wirtschaftlich: Den Mehrkosten durch den Bau der Heißwasser-Transportleitung (Südspange), durch Netzerzüchtigung, Zuschüsse für neue Kundenstationen, Anpassungen in den Erzeugeranlagen etc. stehen Einsparungen durch Mehrerlöse für die höhere Stromerzeugung, geringere Betriebs- und Netzausbaukosten sowie niedrigere Wärmeverluste gegenüber. Der Haupteffekt tritt allerdings erst im Sanierungsfall ein, wenn bestehende Haubenkanal-Leitungen mit kostengünstiger Kunststoffmantelrohr-Technik ersetzt werden können.

### Kosten, Wirtschaftlichkeit

Interne Untersuchungen der Stadtwerke München ergaben, dass die spezifischen Betriebs- und Instandhaltungskosten im Dampfnetz bezogen auf die Trassenlänge durchschnittlich doppelt so hoch sind wie in Heißwassernetzen. Die daraus abgeleiteten Einsparungen bei der Umstellung auf Heißwasser betragen mehrere Mio. Euro pro

### Zwischenbilanz

Die wichtigste Erkenntnis war, dass die Münchener Dampfnetzumstellung in ihren geplanten Jahresschritten und mit den vorgesehenen technischen Konzepten machbar ist. Die Erzüchtigung der Netze hat funktioniert. Aufgrund der vorhergehenden Druckproben im Kondensatnetz sind weniger Schäden nach der Umstellung aufge-

## Vorbild für andere Dampfnetze

Das Münchener Pilotprojekt hat andere große Dampfnetzbetreiber im In- und Ausland motiviert, über die Dampfnetzumstellung und die Umsetzung der neuen Umstellmethode nachzudenken. In Salzburg wurde 2002/2003 ein Umstellungskonzept auf der Basis der neuen Methode entwickelt und bereits ab 2005 umgesetzt. Besondere Motive waren die dortige Hochwasserproblematik der Salzach und die Absicht, verstärkt Abwärmequellen in die Wärmeversorgung zu integrieren.

In Deutschland gibt es laut Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW) ca. 100 Dampfnetze mit etwa 1.300 km Trassenlänge. Parallel zu den ersten Umstellungsschritten in München wurde die Übertragbarkeit auf andere Dampfnetze anhand der Beispiele Ulm, Dortmund und Würzburg untersucht.

**Abb 6: Übersicht aktueller Dampfnetz-Umstellungen**

Dampfnetz	Anschlusswert [MW]	Umstellung	Umstellzeitraum
Hamburg	250	in Vollzug	2002–2010
Kiel	320	in Vollzug	2002–2012
München	1.250	in Vollzug	seit 2003
Salzburg	170	in Vollzug	seit 2005
Ulm	150	Detailstudie abgeschlossen	ab 2009 ?
Paris	4.285	Detailstudie abgeschlossen	?
Dortmund	150	Vorstudie abgeschlossen	
Ft. Myer, VA USA	25	Vorstudie abgeschlossen	
Würzburg	250	Vorstudie abgeschlossen	
Gera	190	Vorstudie abgeschlossen	

In jedem der 3 Netze wurden dafür Ansätze gefunden, meist wurden jedoch ungünstigere hydraulische Verhältnisse bei den Kondensatnetz-Durchmessern vorgefunden. Dies führt dazu, dass wesentlich mehr Verstärkungsleitungen als in München zu bau-



en sind. Günstiger war in anderen Netzen, dass die Kondensatleitungen meist aus Stahl verlegt waren, so dass deutlich höhere Drücke im Rücklauf möglich sind.



## ► Fazit, Ausblick

Das Forschungsvorhaben konnte für das größte deutsche Dampfnetz einen neuen Weg zur Medienumstellung von Dampf auf Heißwasser aufzeigen. Dieser basiert auf dem Grundprinzip, die vorhandenen Dampf- und Kondensatleitungen weiter zu nutzen. Die Dampfleitungen werden als Heißwasservorlauf, die Kondensatleitungen als Heißwasserrücklauf verwendet. Die bisher durchgeführten Dampfnetzumstellungen wurden dagegen nach dem Grundsatz durchgeführt, dass ein neues Heißwassernetz das Dampfnetz ersetzt. Diese Methode verursacht einen sehr hohen Investitionsbedarf und ist in innerstädtischen Gebieten aus baulichen und verkehrstechnischen Gründen praktisch nicht durchführbar. Die erfolgreiche Umstellung hat auch dazu geführt, dass für viele andere Dampfnetze die Möglichkeiten geprüft wurden, diese neue Methode zu nutzen. In Salzburg findet sie bereits Anwendung. Auch dort wurden im ersten Umstellungsschritt seit 2005 positive Erfahrungen gesammelt.

In der Praxis entstehen dennoch offene Fragen. So gilt es zum Beispiel – wie in allen Dampfnetzen – die Bedeutung direkter Dampfverbraucher abzuschätzen. Denn die Erfahrung zeigt, dass direkte Dampfkunden in vielen Fällen eine Sonderlösung erfordern und/oder zugunsten von Alternativen auf den Dampf verzichten können.

Für die Zukunft wird die effiziente Energienutzung auf niedrigen Temperaturniveaus immer wichtiger werden, um die Klimaschutzziele durch CO<sub>2</sub>-Einsparung erreichen zu können. Für diese Zielsetzung sind Dampfnetze ungeeignet, so dass bei allen noch betriebenen Netzen der Druck zu einer Umstellung weiter steigen wird. Zudem kann die Dampfnetzumstellung eine positive Dynamik für die Ausweitung der Fernwärmeversorgung insgesamt entfalten.

Die Ergebnisse des Münchener Pilotprojekts wurden im Rahmen mehrerer Workshops der Fachbranche und anderen Dampfnetzbetreibern vorgestellt. Daraus entstand ein regelmäßiger Erfahrungsaustausch. Mögliche Spin-off-Effekte betreffen etwa 100 Unternehmen in Deutschland. Hinzu kommt eine Vielzahl weiterer im internationalen Kontext, vor allem in Frankreich und Osteuropa.

### ► PROJEKTADRESSEN

- GEF Ingenieur AG  
Dr. Andreas Schleyer  
Ferdinand-Porsche-Straße 4a  
69181 Leimen
- Stadtwerke München GmbH  
SWM Services GmbH  
Helmut Stadtmüller  
Jörg Spannig  
Emmy-Noether-Straße 2  
80992 München

### ► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

#### Literatur

- Stadtmüller, H.; Schleyer, A.; Ziegler, R.: Umstellung von dampfbetriebenen Fernwärmenetzen auf Heißwasser unter weitgehender Nutzung der vorhandenen Netze und Kundenstationen. Abschlussbericht Forschungsvorhaben Dampfnetzumstellung. 2006
- Stadtmüller, H.: Optimiertes Sanierungs- und Erneuerungskonzept. In: EuroHeat&Power. (2006), H. 11, S. 30-33
- Spannig, J.: Mit großen Schritten zu niedrigeren Netztemperaturen. In: EuroHeat&Power. (2003), H. 4, S. 26-28

#### Service

- Ergänzende Informationen sind bei BINE im Internet unter [www.bine.info](http://www.bine.info) (Service/Infoplus) abrufbar

#### Abbildungsnachweis

- Abbildungen 1-5:  
SWM Services GmbH
- Abbildung 6: GEF Ingenieur AG

### PROJEKTORGANISATION

■ Bundesministerium  
für Wirtschaft und Technologie (BMWi)  
11019 Berlin

Projektträger Jülich (PTJ)  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Jürgen Gehrmann  
52425 Jülich

■ Förderkennzeichen  
0327315A

### IMPRESSUM

■ ISSN  
0937 – 8367

■ Herausgeber  
FIZ Karlsruhe  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

■ Nachdruck  
Nachdruck des Textes nur zulässig bei vollständiger Quellenangabe und gegen Zusendung eines Belegexemplares; Nachdruck der Abbildungen nur mit Zustimmung der jeweils Berechtigten.

■ Autor  
Uwe Friedrich

### BINE Informationsdienst Kompetenz in Energie

BINE informiert zu Energieeffizienztechnologien und erneuerbaren Energien:

In kostenfreien Broschüren, unter [www.bine.info](http://www.bine.info) und per Newsletter zeigt BINE, wie sich gute Forschungsideen in der Praxis bewähren.

BINE ist ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderter Informationsdienst von FIZ Karlsruhe.

#### Kontakt

Fragen zu diesem **projektinfo**?  
Wir helfen Ihnen weiter:

**Tel.: 0228 92379-44**

 **BINE**  
Informationsdienst

FIZ Karlsruhe, Büro Bonn  
Kaiserstraße 185 – 197  
53113 Bonn

Tel.: 0228 92379-0  
Fax: 0228 92379-29

[bine@fiz-karlsruhe.de](mailto:bine@fiz-karlsruhe.de)  
[www.bine.info](http://www.bine.info)