

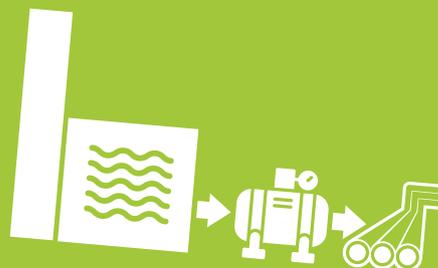
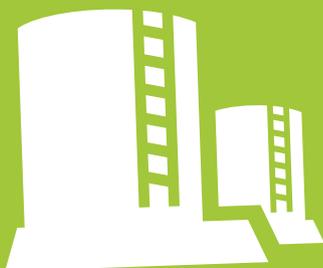
## Alle Potenziale nutzen!

*Kein Heizsystem ist flexibler als Fernwärme, daher wird diese auch in einer auf erneuerbare Strom- und Wärmequellen ausgerichteten Energiewirtschaft eine zentrale Rolle spielen.*

*Mag. Christian Fell und Mag. Erich J. Papp*

Fernwärme leitet Wärmeenergie in Form von Heißwasser an die Verbraucher weiter. Damit ist es theoretisch unerheblich, wie dieses Wasser erwärmt wird – ob als Abwärme in hocheffektiven KWK-Kraftwerken oder durch Holzreste, Flusswärme und Windstrom. Das sind beste Voraussetzungen in einer Energiewirtschaft, die sich angesichts des Klimawandels ebenfalls einem Wandel in Richtung mehr Nachhaltigkeit unterziehen wird. Fernwärme kann eine wichtige Rolle im Zusammenspiel mit erneuerbarem Strom einnehmen. Dieser wird (z.B. wetterabhängig) unregelmäßig erzeugt, über Power-to-Heat kann überschüssige Energie gespeichert und nach Bedarf als Fernwärme in die Netze eingespeist werden – Stichwort: „Flexibilisierung der Stromnachfrage“.

Die Schwerpunkte der vorliegenden Ausgabe bilden Großwärmepumpen, die in Hinkunft ebenfalls einen Beitrag zu mehr Umweltfreundlichkeit leisten werden; daneben die Fernwärmenetze der vierten Generation (sog. „Fernwärme 4.0“), denn die Nutzung von Abwärme- und Umgebungswärme Potenzialen wird erst durch entsprechende (Niedrigtemperatur-)Netze ermöglicht.



# Großes Potenzial für Großwärmepumpen

*Bereits erprobt in Skandinavien, gehen sie auch in Wiens Fernwärmenetz 2018 an den Start und haben laut einer neuen TU-Studie tolle Entwicklungsmöglichkeiten. Das sind gute Nachrichten für die Umwelt.*

Es liegt auf der Hand: Wollen wir gegen den Klimawandel gut aufgestellt sein, sind möglichst sämtliche Potenziale zur Ressourcenschonung und Effizienzsteigerung zu erschließen. Die äußerst flexible Fernwärme bietet dafür beste Voraussetzungen. Vor genau einem Jahr berichtete *FORUM GWW 1/2017* von ihr als „Schlüssel zum Erfolg der Erneuerbaren“ und vom Einsatz von Großwärmepumpen als einem gut klingenden Teil der Zukunftsmusik – diese beginnt wohl noch 2018 in der Bundeshauptstadt zu spielen.

Wärmepumpen fürs Einfamilienhaus sind bereits relativ bekannt, relativ neu sind sie allerdings im Großformat. Inwiefern tun sie der Umwelt gut? Fernwärme kann bekanntlich mit Wärmequellen aller Art erzeugt werden: Erdgas, Biomasse, Müll – viel kann verwendet werden, um das Wasser in den Netzen aufzuheizen. Besonders schonend ist natürlich, wenn die Wärme bereits vorliegt und weiter genutzt werden kann. Naheliegend ist dies bei sehr hohen Temperaturen, wie sie etwa von manchen industriellen Prozessen oder Kraftwerken geliefert werden. Doch auch Wärmequellen, an die man zunächst eher nicht denken würde – wie die in Flusswasser enthaltene Energie – können einen Beitrag leisten, wenn es uns gelingt, die Temperatur auf ein Niveau anzuheben, das in den Netzen benötigt wird. Diesen Teil übernehmen die Wärmepumpen.

## Wer Anergie sagt ...

... muss nicht auch Benergie sagen, sondern vielmehr Exergie. Anergie bezeichnet Energie, die keine Arbeit verrichten kann, Exergie das arbeitende Gegenstück. Dazu sogleich ein Beispiel: Ein im Sommer aufgeheizter See enthält jede Menge von der Sonne gespendete Ener-

**„Wenn wir Szenarien eines zukünftigen Energiesystems entwickeln, mit hohem Anteil erneuerbarer Energieträger und niedrigen CO<sub>2</sub>-Emissionen, dann sehen wir, dass Großwärmepumpen in der Fernwärme einen bedeutenden Marktanteil erreichen können.“**

Studienautor Gerhard Totschnig (TU Wien)

gie, diese kann als Anergie jedoch nicht direkt dazu verwendet werden, Maschinen anzutreiben. Gleichwohl ist sie da und wird genutzt, indem man mit Wärmepumpen die Temperatur auf das benötigte Maß anhebt. Dies ist der Prozess, für den zusätzliche Energie (Strom oder Gas zum Betrieb der Wärmepumpe) benötigt wird, der also auch etwas kostet. Gespart wird aber der Anteil der genutzten Anergie, die ihrerseits meist gratis oder günstig sowie klimaschonend zu haben ist. Sie findet sich nicht nur im See, sondern beispielsweise auch im Boden, im Grundwasser, in der Kanalisation, in der Rauchgasreinigung eines Kraftwerks oder als (Niedertemperatur-)Abwärme in Industrieanlagen.

## Wie funktioniert eine Wärmepumpe?

Zurzeit sind Kompressionswärmepumpen besonders verbreitet, man könnte sich die Wirkungsweise als „umgekehrten Kühlschrank“ mit einer zusätzlichen, „grünen“ Energiequelle vorstellen. Hier kommt ein Kältemittel zum Einsatz, zum Beispiel Propan, Ammoniak oder (Fluor-)Kohlenwasserstoffe. Die Umgebungswärme (Anergie) sorgt nun – etwa über eine Erdsonde – dafür, dass dieses Kältemittel in den gasförmigen Zustand übergeht. In der Fol-

ge muss ein strom- oder erdgasbetriebener Motor das Gas komprimieren, wodurch die Temperatur ansteigt. Das heiße Gas heizt schließlich in einem Wärmetauscher das Wasser im Leitungsnetz auf.

Eine neue Entwicklung stellen sogenannte Rotationswärmepumpen dar, der oberösterreichische Erzeuger ecop bekam dafür von ÖGUT (Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik) den Umweltpreis 2017 verliehen. Dabei wird die benötigte Kompression eben durch Rotation erzielt. Die Pumpe soll einen um 70 % höheren Wirkungsgrad aufweisen und mit höheren und schwankenden Temperaturen (beides wichtig bei industrieller Abwärme) besonders gut umgehen können. Zudem kann bei diesem System auf Kältemittel verzichtet werden – oft sind diese leicht entzündlich oder giftig.

### Lehren aus der TU-Studie

Ende letzten Jahres veröffentlichte das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie die Ergebnisse der Studie „Potenziale,

Wirtschaftlichkeit und Systemlösungen für Power-to-Heat“ (bzw. „P2H Pot“) der Technischen Universität Wien. Hintergrund ist der aufgrund der Klimaschutz-Bestrebungen aufkommende Wunsch, einerseits den CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Fernwärme weiter zu senken und andererseits dem Problem der stark schwankenden (fluktuierenden) Produktion von Ökostrom zu begegnen.

Unter Power-to-Heat (P2H) versteht man die Möglichkeit, Wärme aus Elektrizität zu erzeugen. Das ist natürlich in Phasen besonders sinnvoll, wenn vor allem aufgrund des Klimas (ib. starker Wind in Windparks) so viel Ökostrom erzeugt wird, dass dieser im Netz und damit bei den Verbrauchern nicht unmittelbar untergebracht werden kann. So eine Situation führt nicht nur zu einer Verschwendung von Energie (Abschaltung von Windrädern bzw. Notverkauf auf den Strommärkten zu Dumpingpreisen), sondern bedroht tendenziell auch die Netzstabilität. Ob zugekauft oder selbst erzeugt, kann man mit diesem überschüssigen Strom direkt Heizkessel und/oder Großwärmepumpen für Fernwärmenetze antreiben – beides wurde in der Studie unter P2H subsumiert. Aufmerksame Leserinnen und Leser werden sich an Power-to-Gas erinnern fühlen. Auch dieses Verfahren dient der Verwendung von überschüssigem Strom, nur wird dort daraus Öko-Gas erzeugt, hier Öko-Wärme.

Wie bei vielen guten Ideen, ist auch die Wirtschaftlichkeit von P2H eine wesentliche Fragestellung. Dazu haben wir bereits gelernt, dass es bei Wärmepumpen und deren Effektivität sehr auf die zur Verfügung stehenden Anergiequellen ankommt. Auch heißt ihr bloßes Vorhandensein noch nicht, dass sie sinnvoll verwendet werden kann. Denn beispielsweise steht dem eine direktere Nutzung (z.B. in der Müllverbrennungs- oder Geothermie-Anlage) entgegen.

Die Studie hat daher verschiedene Szenarien simuliert und kam auf durchaus vielversprechende Ergebnisse: Ausgehend von einer

## Wie misst man die Leistung einer Wärmepumpe?

**Leistungszahl (COP):** Sie beziffert das Verhältnis von erzeugter Wärme zu eingesetzter Antriebsenergie. Sie gilt nur für bestimmte (optimale) Betriebsbedingungen. Sie spiegelt die Qualität des Produkts wider, nicht aber unbedingt den für einzelne Konsumenten tatsächlich zu erwartenden Energieverbrauch.

**Jahresarbeitszahl:** Sie gibt die im Schnitt erreichte Leistungszahl an und hängt nicht nur von der Wärmepumpe, sondern je nach der genutzten Wärmequelle etwa auch vom Klima ab (aber auch von der Installation). Damit sagt sie mehr über die

tatsächliche Effizienz der Anlage aus. Eine JAZ von 4 bedeutet, dass mit 1 kWh Antriebsenergie der Wärmepumpe Nutzwärme im Ausmaß von 4 kWh zur Verfügung steht. Die Umwelt liefert in diesem Fall 3 kWh kostenlos.

**SCOP:** Der Seasonal Coefficient of Performance ist ebenfalls eine Art Jahresarbeitszahl unter realistischen Annahmen. Die Leistungsmessung findet bei vier verschiedenen, je nach Klima unterschiedlich gewichteten Temperaturen statt. Auch Standby-Verluste und sonstiger Energieaufwand (z. B. Heizstab) werden berücksichtigt.



Foto: ecop GmbH



Foto: Energie Graz / Bilfinger VAM Anlagentechnik GmbH

starken Dekarbonisierung des Energiesystems könnte der Anteil von Großwärmepumpen bei den untersuchten Fernwärmeunternehmen 2050 zwischen 10 und 30 % liegen. In den meisten Fernwärmenetzen sind sie schon in einem Szenario für 2030 wirtschaftlich zu betreiben.

Neben den Rohstoffpreisen, der Besteuerung und der Konkurrenz durch die direkte Nutzung von Energiequellen ist der wichtigste Faktor für die Wirtschaftlichkeit das Vorhandensein günstiger Anergie – letztlich muss der ökonomische Aspekt für jeden Einzelfall durchgerechnet werden. Als Anergiequellen wurden in der Studie Rauchgaskondensation (besonders wirtschaftlich bei Biomasse-KWK- und größeren Biomasse-Heizwerken), Niedertemperatur-Abwärme und Geothermie herangezogen.

Auch ein hoher KWK-Anteil im Fernwärmenetz lässt einen Wärmepumpen-Anteil von knapp einem Drittel bis 2050 erreichbar erscheinen. Laut Studienannahmen könnten Wärmepumpen im Winter als Teil der Grundlast dienen, im Sommer wiederum zur erwähnten „Flexibilisierung“ der Stromnachfrage. Sie würden laut einer aktuellen Dissertation auch langfristige Preisrisiken senken. Und nicht nur die: „Es ist klar, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Energiesektor gesenkt werden müssen, und dazu können auch die Fernwärmenetze einen Beitrag leisten“, sagt Gerhard Totschnig von der Energy Economics Group der TU Wien. Er leitete jenes Forschungsprojekt, das über zwei Jahre lang Wärmepumpen im Fernwärmebereich analysierte.

### Gibt es das schon?

Die Einbindung von Wärmepumpen im großen Maßstab ist relativ neu, aber nicht unerprobt. In einigen Städten Skandinaviens verwendet man die Wärme aus der Rauchgasreinigung von Müllverbrennungsanlagen als Anergie. So wird der Rücklauf einer MVA in Malmö (S) um 9 °C angehoben und eine hervorragende Leistungszahl (COP) von 5,43 erreicht. Die MVA von Svendborg (DK) kommt auf eine COP von 5,2. In Salzburg-Bergheim wird die Abwärme eines Biomasse-Heizwerks genutzt, nacherhitzt und damit eine COP von ca. 5,5 geschafft. In der „Bioenergie Bucklige Welt“ kommt eine neuartige Rotationswärmepumpe zum Einsatz, die als Anergiequelle die Rauchgase aus dem dortigen Biomasse-KWK-Kraftwerk verwendet. Der Umweltvorteil ist mit freiem Auge sichtbar: Früher wurde der Dampf mit Ventilatoren gekühlt und an die Umwelt abgegeben, heute heizt die daraus gewonnene Fernwärme öffentliche und private Gebäude der Region. Dort – wie auch in einer Anlage im dänischen Ulstrup – kann die Wärmepumpe während der Sommermonate die alleinige Wärmeversorgung übernehmen.

Stockholm weist mit 60 % einen sehr hohen Fernwärme-Anteil auf. Dort steht kein Erdgasnetz zur Verfügung, Fernwärme ist daher die umweltfreundliche Alternative zu Öl- und herkömmlichen Stromheizungen. Inzwischen kann die Hälfte davon erneuerbar hergestellt werden, da die schwedische Hauptstadt die weltgrößte Meerwasser-Wärmepumpenanlage errichtet hat und deren Betriebsstrom noch

Links: Rotationswärmepumpe RHP K7 des Herstellers ecop GmbH

Rechts: Großwärmepumpe in der Energiezentrale Graz Marienhütte: Vorderansicht mit Anschlüssen

## Wärmepumpe Simmering

- Inbetriebnahme Ende 2018
- Leistung: 27,2 MW
- 40.000 t CO<sub>2</sub>-Einsparung pro Jahr
- Fernwärme für 25.000 Haushalte

dazu mit Wasserkraft herstellt. Im Sommer wird warmes Oberflächenwasser genutzt, im Winter Wasser aus einer Tiefe von 15 m, wo die Temperatur konstant 3 °C beträgt. Insgesamt sind sechs Wärmepumpen mit einer Gesamtkapazität von 180 MW im Einsatz.

Die Studie der TU hat auch Erkenntnisse aus Skandinavien eingearbeitet und weist auf einige Unterschiede zu Österreich hin: So sind die benötigten Vorlauftemperaturen hierzulande höher, was die Leistungszahlen tendenziell nach unten drückt. Weiters würde man auch bei den Wärmepumpen-Vorreitern noch stärker auf sozusagen klassisches P2H setzen, also den Betrieb von Strom-Heizkesseln – angefeuert von überschüssigem Ökostrom. Die im Vergleich sehr großen Wärmepumpen in Schweden und Norwegen haben auch mit sehr geringen Stromkosten und günstiger Besteuerung zu tun. Das dänische Beispiel wiederum habe – so die Studienautoren – gezeigt, dass Rauchgas als Wärmequelle für besonders günstige Investitions- und Betriebskosten sorgt.

### Wien in der Europaliga

In Linz, Amstetten und Villach gibt es bereits Anlagen, die mittels Wärmepumpen vorwiegend Bürogebäude versorgen. In der Bundeshauptstadt soll nun allerdings die größte Wärmepumpe Mitteleuropas installiert werden. „Die neue Großwärmepumpe ist ein europäisches Vorzeigeprojekt für hochmoderne, umweltfreundliche Wärmeversorgung. Diese leistungsstarke Anlage wird zukünftig 25.000 Wiener Haushalte sicher und zuverlässig mit umweltfreundlicher Fernwärme versorgen können und dabei 40.000 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr einsparen“, freute sich Umwelt-Stadträtin Ulli

Sima anlässlich des Spatenstichs Ende November 2017. Als Anergiequelle wird das Kühlwasser der Simmeringer Kraftwerke dienen. Zwei baugleiche Kompressionswärmepumpen heben die Temperatur an und speisen in ein intelligentes Verteilsystem der Fernwärme Wien ein. Schlau muss es sein, da selbst die hohen erzeugten Temperaturen von 95 °C nicht ausreichend für die Wiener Fernwärme-Hauptleitungen sind. Also wird das Heißwasser genau dort eingesetzt, wo es auch mit etwas geringerer Temperatur verwendet werden kann. „Wir als Wien Energie setzen schon heute auf diese zukunftsweisende Technologie, um die Abwärme unserer Kraftwerke gezielt und effizient zu nutzen“, erklärt der für Technik zuständige Geschäftsführer Karl Gruber.

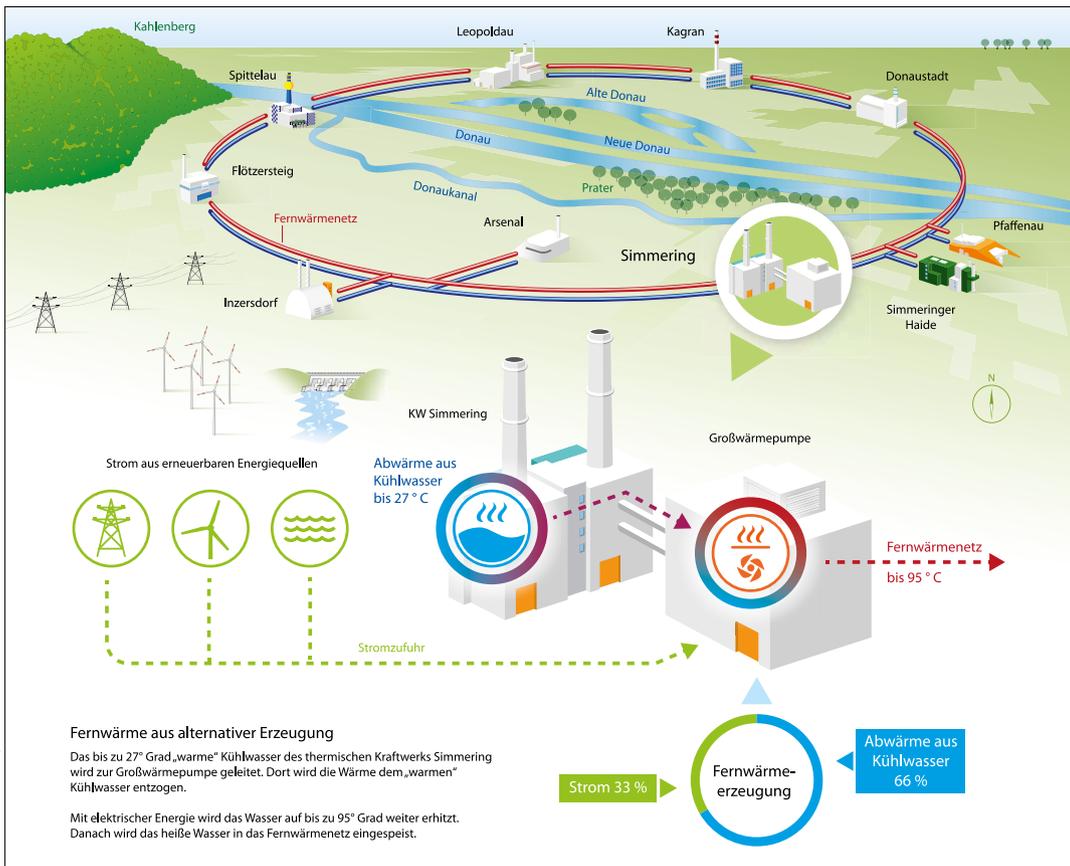
Übrigens wurden vom Wiener Versorger auch schon einige andere wichtige Elemente für P2H-Systeme errichtet: ein mit Überschuss-Strom betriebener „Wasserkocher“ in der Leopoldau sowie der 2013 in Betrieb genommene Wärmespeicher (zwei Tanks mit einem Fassungsvermögen von 11.000 m<sup>3</sup>) am Standort Simmering. Ebendort erfolgt der Start für die neue Großwärmepumpe Ende 2018.

### Pumpenpotenzial ist „offiziell“

Mitte 2016 ließ das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie eine „Technologie-Roadmap für Wärmepumpen“ von mehr als 140 Vertretern aus Politik, Wirtschaft, Industrie und Forschung entwickeln. Drei Workshops, eine Herstellerbefragung, die Auswertung von 44 nationalen Projekten sowie Modellrechnungen und Analysen wurden durchgeführt. Zusammenfassend kommen vier Einsatzgebiete demnach in Frage:

#### Wärmepumpen im Gebäudebereich

Der Trend zu kleinen Wärmepumpen wird aufgrund niedriger Investitionskosten auch in den Szenarien bis 2030 weiter bestehen. Heizungs-wärmepumpen für den Neubau sind technolo-



Großwärmepumpe der Wien Energie am Standort Simmering (Schema)

gisch ausgereift, und auch für den Einsatz nach Gebäudesanierungen sehen die Experten gute Chancen.

### Wärmepumpen in Smart Electric Grids

Auch hier geht es um die Schlagworte Lastflexibilisierung und Power-to-Heat. Die Hersteller bieten bereits Wärmepumpen an, die für Smart Grids geeignet sind, allerdings sind die Netzbetreiber und Energieversorger gefordert, die entsprechenden Smart Grid-Technologien auszubauen. Einige offene Fragen (physikalische Schnittstelle, Informationsaustausch) wären noch zu klären und schließlich passende Geschäftsmodelle zu entwickeln.

### Wärmepumpen für Industrieprozesse

Dieser Bereich befindet sich trotz großen technischen Potenzials noch in einer Frühphase, die aufgrund sehr niedriger Absatzzahlen und weniger Anwender noch keine seriöse Trend-

prognose erlaubt. Der Bekanntheitsgrad der Möglichkeiten bei den relevanten Akteuren und deren Vernetzung ist gering. Einige nationale „Good Practice“-Beispiele wären hier wichtige erste Schritte.

### Wärmepumpen in thermischen Netzen

Für den uns heute besonders interessierenden Bereich verweisen die Experten auf die Notwendigkeit, entsprechende Vorlauftemperaturen zu erzielen – was besonders für das Wiener Netz mit Temperaturen von bis zu 150 °C gilt. Allerdings hat man dort offenbar inzwischen eine erste Antwort auf diese Frage gefunden. Die Roadmap schlägt für den Fall des Senkens der Vorlauftemperaturen in den Netzen den Einsatz sogenannter „Booster-Wärmepumpen“ vor, die dezentral die Temperatur erneut anheben. Eine solche Senkung wird besonders deshalb angedacht, um etwa die Einspeisung industrieller Abwärme zu erleichtern. Theoretisch sei auch mit heutiger Wärmepumpen-

## „Erfahrung des Anlagenbauers ist wichtig“

*Dr. Gerhard Totschnig ist Mitglied der Energy Economics Group an der TU Wien. Sein Forschungsschwerpunkt liegt bei der Modellierung der wirtschaftlichen Integration erneuerbarer Energieträger in das Energiesystem. Totschnig leitete das Projekt „Potentiale, Wirtschaftlichkeit und Systemlösungen für Power-to-Heat“.*

**FORUM GWW: Wie hoch schätzen Sie den Anteil an der Fernwärmeversorgung, der mittelfristig durch Wärmepumpen in Österreich bereitgestellt werden könnte?**

**Totschnig:** Im Projekt wurden sieben Fernwärmenetze im Detail untersucht und für die Szenarien 2050 ergaben sich für die Wärmepumpen in den meisten Netzen Anteile von 10–30 % der Fernwärmeerzeugung. Eine Hochrechnung auf Österreich wurde nicht erstellt.

**Welche Wärmequellen sind für den Betrieb von Großwärmepumpen besonders geeignet?**

Erfahrungen aus Skandinavien zeigen, dass Rauchgaskondensation bei entsprechender Anlagengröße eine besonders günstige Wärmequelle sein kann. Weitere Möglichkeiten sind Niedertemperatur-Abwärme und Geothermie. Die Leistung einer Geothermiequelle kann mit einer Wärmepumpe noch gesteigert werden, wenn der Rücklauf vor der Reinjektion durch die Wärmepumpe noch weiter abgekühlt wird. Abwasser und Kühlwasser von Kraftwerken sind ebenfalls Wärmequellen, die mit Wärmepumpen für die Fernwärme genutzt werden können, wie das Beispiel Wien zeigt.

**Welche Bedingungen müssen erfüllt sein, damit Großwärmepumpen wirtschaftlich betrieben werden können?**

Es müssen günstige Niedertemperatur-Wärmequellen verfügbar sein, die Kon-

kurrenz – z.B. von Müllverbrennungsanlagen und direkt nutzbarer industrieller Abwärme – muss Raum lassen für die Einspeisung einer Wärmepumpe, die Temperaturniveaus von Quelle und Senke müssen einen ausreichenden COP erlauben. Eine Möglichkeit besteht hier darin, mit der Wärmepumpe nicht direkt bei den Fernwärme-Vorlauftemperaturen ins Netz einzuspeisen, sondern die Rücklauftemperatur nur um 10 °C anzuheben und damit in eine KWK-Anlage einzuspeisen, bei der eine höhere Rücklauftemperatur nicht zu Effizienzverlusten führt. Für Biomasseanlagen und Müllverbrennungen gibt es Beispiele in Deutschland und Skandinavien, die bei Rauchgaskondensation als Wärmequelle auf diese Weise COPs größer 5 erzielen konnten.

**Woran können Wärmepumpenlösungen scheitern?**

Die Erfahrung des Anlagenbauers ist sehr wichtig. Bei der mit 14 MW bisher größten Ammoniak-Wärmepumpe der Welt von Drammen Fernwärme in Norwegen dauerte es drei Jahre, bis alle technischen Probleme gelöst waren und die Anlage wie vorgesehen funktionierte. Sie planen dort aber jetzt schon für die nächste Wärmepumpe.

**Welche Rolle können Wärmepumpen bei der Flexibilisierung der Stromnachfrage spielen?**

Im Winter laufen Wärmepumpen in der



Regel im Dauerbetrieb. In der Übergangszeit und im Sommer werden die Wärmepumpen dann betrieben, wenn der Strom günstig ist, und die erzeugte Wärme wird in Speichern eingelagert. Das führt zu einer Flexibilisierung der Stromnachfrage.

**Sehen Sie für Österreich mehr Möglichkeiten für den Einsatz von Heizkesseln oder für Wärmepumpen zur „Verwertung“ von überschüssigem erneuerbarem Strom?**

In den betrachteten Wärmenetzen und Szenarien lagen Wärmepumpen häufig bei einem Anteil von 10–30 % der Fernwärmeerzeugung. Stromkessel waren nur selten und unter Annahme von Steuervorteilen wirtschaftlich. Regelenergie wurde im Projekt aber nicht betrachtet. Hier sind Elektrokessel ja schon jetzt erfolgreich im Einsatz.

**Kennen Sie technische Innovationen bei Großwärmepumpen, die zu einem verstärkten Einsatz in der Fernwärmeversorgung führen könnten?**

Im Projekt wurden Ammoniak, n-Butan, CO<sub>2</sub> und die Ecop-Rotationswärmepumpe betrachtet. Den höchsten COP erzielten in den Simulationen die Rotationswärmepumpe von ECOP und die Ammoniak-Wärmepumpe. Ein hoher COP ist wichtig für die Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe.

Technologie eine Vorlauftemperatur von 120 °C bereits erreichbar. Der Booster würde aus einem Niedertemperatur-Netz (unter 60 °C) gespeist und erhöht vor Ort die Temperatur. Erste solcher Anlagen kommen international bereits zum Einsatz, dieser ist daher auch hierzulande nur noch eine Frage der Wirtschaftlichkeit.

Insgesamt sieht die Roadmap 2030 für Wärmepumpen großes Potenzial, das 6.000 Arbeitsplätze und 1,2 Mrd. € Umsatz in Aussicht stellt. 380.000 bis 975.000 „Wärmepumpen werden

bevorzugt zur umweltschonenden Beheizung und Kühlung von sanierten Gebäuden eingesetzt. Sie spielen zudem eine bedeutende Rolle beim Lastmanagement in intelligenten elektrischen Netzen, im effizienten Energieeinsatz in industriellen und gewerblichen Prozessen sowie in der optimierten Wärme- und Kältebereitstellung via thermische Netze.“

Nun gilt es, mit geeigneten Anreizen und Rahmenbedingungen die gezeigten Potenziale auch zu realisieren. ◀

## Fernwärme 4.0 – die nächste Generation

*Die angestrebte weitgehende Dekarbonisierung des Energiesystems und damit auch der Wärmeversorgung wirft neue Fragen auf. Fernwärmenetze der vierten Generation könnten Antworten darauf bieten.*

In der mehr als 100-jährigen Geschichte der Fernwärme zeigten sich zwei markante Trends: Die für Wärmeerzeugung eingesetzte Energie wurde immer effizienter genutzt und die Temperatur des in den Rohren transportierten Wärme mediums tendenziell immer niedriger. Dies hat im Wesentlichen mit veränderten Anforderungen sowie technologischen Neuerungen in der Erzeugung zu tun. Um den damit verbundenen Wandel deutlich zu machen, wird oft das Bild von Generationen bemüht. Nun heißt es, dass die 4. Fernwärme-Generation die Anforderungen einer nachhaltigen und energieeffizienten Wärmeversorgung innerhalb eines vernetzten Energiesystems erfüllen muss. Damit unterscheidet sie sich wesentlich von den drei vorherigen Generationen, deren Technologien allerding weiterhin im Einsatz sind.

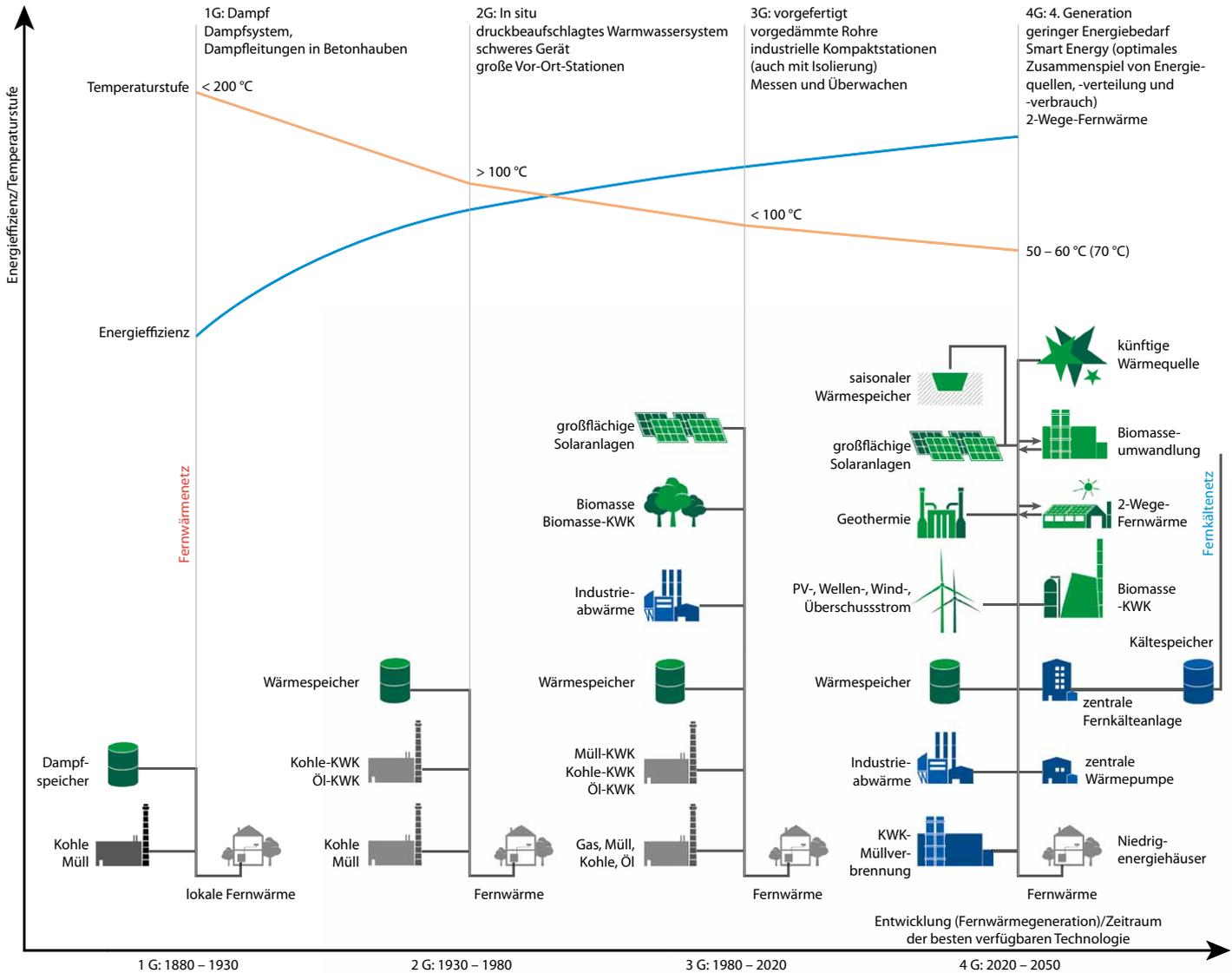
### 1. und 2. Generation: Dampf, dann Heißwasser

Fernwärme-Systeme der 1. Generation nutzen Dampf als Wärmemedium. In Betonleitungen wird der in Heizwerken erzeugte und bis zu 300 °C heiße Dampf unter hohem Druck zu den – in der Regel großen – Verbrauchern trans-

portiert. Dort wird er (oder das kondensierte Heißwasser) direkt genutzt und das Kondensat mittels einer Pumpe wieder zum Heizwerk zurückgeleitet. In Paris und New York sind nach wie vor derartige Systeme in Einsatz, auch Salzburg verwendete bis 2011 ein Dampfnetz.

Die – auch aufgrund der großen Wärmeverluste – beträchtlichen Betriebskosten solcher Netze setzen auf der Abnehmerseite hohe Wärmedichte voraus. Technologien, die geringere Temperaturen bereitstellen, können im Verbund nicht genutzt werden – was auch beispielsweise die Einbindung von Kraftwerken schwierig macht. Daher erfolgte ab den 1930er-Jahren der Übergang zur 2. Fernwärme-Generation. Dabei wird nicht mehr Dampf unter Druck transportiert, sondern über 100 °C heißes Wasser. Die Verteilung erfolgt dabei üblicherweise mittels zweier gegen Wärmeverlust isolierter Stahlrohre für den Vor- und Rücklauf. Die gegenüber der 1. Generation niedrigeren Betriebstemperaturen erlaubten nun die Einbindung von zusätzlichen Wärmequellen, zum Beispiel der Abwärme aus der Müllverbrennung oder aus Kraftwerken: Bei KWK (Kraft-Wärme-Kopplung) wird die Abwär-

Dieser Beitrag basiert auf einer 4-teiligen Serie in der Zeitschrift der europäischen Fernwärmewirtschaft *Euroheat&Power*, die 2017 die Entwicklung der Fernwärme in den vergangenen 130 Jahren nachzeichnete.



Grafik: Danfoss/4DH-AUU (in EuroHeat&Power-Magazin 12/2017)

me aus der Stromerzeugung für die Wärmever-sorgung ausgekoppelt – die Gesamteffizienz ist wesentlich höher.

### 3. Generation: Innovation und sinkende Temperaturen

Seit den 1970er-Jahren wurden vorisolierte Rohre eingesetzt und nicht mehr in Schächte, sondern direkt in die Erde verlegt. Die Temperatur des Rücklaufs konnte noch mehr abgesenkt werden, was die Effizienz der KWK-Anlagen weiter erhöhte. Die Ölkrise Anfang der 1970er-Jahre rückte zudem die Energiekosten und Fragen der

Energieeffizienz sowie der Versorgungssicherheit in den Vordergrund. Der technologische Fortschritt brachte Komponenten mit höherer Qualität, die zudem billiger erzeugt werden konnten – z.B. vorgefertigte Fernwärme-Stationen. Diese dritte Generation der Fernwärme wurde ab den 1980er-Jahren Standard, dem die meisten Fernwärme-Systeme, die zurzeit in Betrieb sind, entsprechen. Die Betriebstemperaturen konnten unter 100 °C gesenkt werden. Damit kamen auch zusätzliche Wärmequellen wie Biomasse mit Rauchgaskondensation oder industrielle Abwärme – wenn nötig in Verbindung mit Wärmepumpen – zum Einsatz.

#### 4. Generation: Alles nutzen

Fernwärme kommt große Bedeutung zu, wenn es darum geht, Synergien in der Energieversorgung zu erzielen und alle verfügbaren Ressourcen zu nutzen. Gleichzeitig muss es auch bei sinkendem Wärmebedarf möglich sein, die Netze wirtschaftlich zu betreiben. Welche Erfordernisse hat nun eine vierte Fernwärme-Generation zu erfüllen? Diese Netze sollten eine noch größere Anzahl von Wärmequellen verarbeiten können – auch solche, die nur niedrige Temperaturen im Bereich von 50–70 °C bereitstellen, also z.B. Abwasserleitungen, Solarthermie, Erdwärme oder Grundwasser. Darin liegt auch eine Chance für Fernwärme, denn häufig können Einzelgebäude diese Ressourcen nicht erschließen, weil sie zu weit entfernt sind oder der Investitionsbedarf zu hoch wäre. Auch die Nutzung von überschüssigem Ökostrom in Elektroheizkesseln oder Großwärmepumpen kann am effizientesten über Fernwärme erfolgen.

##### *Einbindung von Speichern*

Ein Merkmal von erneuerbaren Erzeugungstechnologien ist, dass sie je nach Tageszeit oder Saison unterschiedlich anfallen. Bei Solarthermie fällt der maximale Ertrag sogar in eine Zeit, in der die Wärmenachfrage am geringsten ist. Das macht die Einbindung von Wärmespeichern sinnvoll. Sie müssen nicht erst erfunden werden, es gibt sie bereits seit der 2. Generation. Damit ist der kurzfristige Ausgleich über Stunden oder gar Tage zur Reduktion von Lastspitzen und zur Anpassung an fluktuierende Erzeugungsanlagen bereits relativ gut beherrschbar. Nun gilt es, Langzeitspeicher für Wochen oder Monate zu entwickeln und in die Fernwärmenetze einzubinden. Ein Beispiel dafür sind Saisonspeicher, die über Solarthermie gespeist werden. Die größte derartige Anlage befindet sich in Dänemark, doch bei einem Projekt für die Grazer Fernwärmeversorgung soll diese Technologie mit Nutzung von Wärmepumpen in noch weit größeren Dimensionen verwendet werden.

##### *Gebäudetechnik und Smart Meter zur Steuerung*

Nicht nur für Erzeugung und Verteilung sind Weiterentwicklungen nötig, sondern auch in der Gebäudetechnik. Heizungen und Wasserleitungen sollten bei niedrigen Vorlauftemperaturen von 50–70 °C betrieben werden können. Um Legionellenbildung zu verhindern, müssen dezentrale Einrichtungen die Brauchwarmwassertemperatur erhöhen. Gebäude selbst können durch ihre Masse als saisonaler Wärmespeicher dienen – eine weitere Wärmeressource, auf welche die Fernwärmesteuerung zukünftig reagieren können sollte.

Fernwärme-Systeme der vierten Generation werden in einem noch höheren Ausmaß, als es schon jetzt der Fall ist, Teil eines Smart Energy-Systems sein. Das ist die Voraussetzung, um im Rahmen einer intelligenten Verbindung von Strom-, Gas-, Wärme- und Kälteversorgung bei effizienter Nutzung erneuerbarer Erzeugungstechnologien ihren Beitrag leisten zu können. Dezentrale Hybridsysteme, in denen die unterschiedlichen Netze verbunden sind, könnten die Verwendung erneuerbarer Ressourcen für die Wärmeversorgung ermöglichen. Die Einführung von Informations- und Kommunikationstechnologien ermöglicht es, die Wärmeabnehmer einzubinden. So könnten Smart Meter für Fernwärmekunden zu einer besseren Steuerung der Heiz- und Spitzenlast führen – und auch zu neuen Tarifmodellen.

\*

Die Energie- und Wärmeversorgung wird in den kommenden Jahrzehnten mit großen Veränderungen konfrontiert sein. Als Treiber fungiert die ins Auge gefasste Dekarbonisierung, die mit dem Ausbau erneuerbarer Erzeugungsformen einhergehen soll. Fernwärmeversorger haben im Lauf der Geschichte immer wieder technologische und organisatorische Antworten auf die Herausforderungen an ihre Branche gefunden. Ihre Erfahrung sollte Garant dafür sein, dass ihnen das auch mit der neuesten Fernwärme-Generation gelingt. ◀

## Neue Serie

# Champions der nachhaltigen Fernwärme

*Ab der nächsten Ausgabe porträtiert FORUM GWW österreichische Fernwärme-Unternehmen und ihre Projekte zur „grünen“ Wärmeversorgung.*

Das Jahr 2017 begann mit dem Startschuss zur Ermittlung des Geothermie-Potenzials im Osten von Wien und endete mit dem Spatenstich für die größte Wärmepumpe Mitteleuropas. Dazwischen nahm Wien Energie den größten Wasserkocher der Bundeshauptstadt in Betrieb: zwei Elektroden-Heizkessel, die erneuerbaren Strom für die Fernwärmeversorgung nutzbar machen. Dies sind nur einige der aktuellen Aktivitäten zum Ausbau der nachhaltigen Wärmeversorgung, die nicht auf Wien beschränkt sind.

### Erneuerbare Vielfalt

In ganz Österreich arbeiten Projektverantwortliche in den Wärmeversorgungsunternehmen an innovativen Konzepten, um „grüne“ Wärme für ihre Kunden zu erschließen. Man ist dabei bestrebt, lokale Ressourcen zu nutzen und findet diese in großer Vielfalt und Menge.

Dominiert wird die erneuerbare Wärmeerzeugung bislang von Biomasse, die in Österreich den Rohstoff für rund 2.000 Heizwerke liefert. Große Versorger wie die EVN Wärme GmbH oder die KELAG Wärme GmbH betreiben zahlreiche Wärmenetze und Heizwerke, gleichzeitig wird eine Vielzahl von kleineren, regional tätigen Unternehmen von wenigen, hochmotivierten Mitarbeitern am Laufen gehalten.

Neben der Biomasse – meist in Form von Hackenschnitzeln, Rinde und Holzabfällen – werden zunehmend andere erneuerbare Alternativen erprobt und genutzt: Zum Beispiel zieht man im oberösterreichischen Braunau und Ried Wärme aus der Tiefe (Geothermie) heran, in Wels (evtl. bald auch Graz) die Energie der Sonne (Solarthermie). Andernorts entsteht aus

organischen Abfällen Biogas, um damit Strom und Wärme zu erzeugen. Weitere Energiequellen für die Fernwärmeversorgung bilden die Abwärme aus Industriebetrieben und Müllverbrennungsanlagen. Wärmepumpen im Großformat werden es bald möglich machen, auch erneuerbare Ressourcen mit ursprünglich (für Fernwärmenetze) zu geringem Temperaturniveau anzuzapfen: Neben weiteren Formen von Abwärme ist das z.B. Wasser aus dem Kühlkreislauf von Kraftwerken, aus der Kanalisation oder aus Flüssen.

### Neuer Rechtsrahmen für mehr Klimaschutz

Das Klimaabkommen von Paris, EU-Richtlinien (zu erneuerbaren Energieträgern, zur Energieeffizienz von Gebäuden), im Regierungsprogramm angekündigte Maßnahmen für eine umweltfreundliche Wärmeversorgung und nicht zuletzt die überfällige Klima- und Energiestrategie sollten dazu führen, dass in Zukunft vermehrt erneuerbare Ressourcen für die Wärme- und Kälteversorgung heranzuziehen sind. Wo es aus wirtschaftlicher Sicht möglich ist, sollte dies in Verbindung mit Fernwärmesystemen erfolgen. Sie haben sich als besonders effiziente und umweltfreundliche Form der Energiebereitstellung und -verteilung erwiesen.

In den kommenden Ausgaben des *FORUM Gas Wasser Wärme* wollen wir also über Projekte zur nachhaltigen Wärmeversorgung berichten und uns bei den führenden Unternehmen erkundigen, welche Herausforderungen sie in der Umsetzung zu bewältigen haben.

Die neue Serie fragt: Welche Potenziale für erneuerbare Wärme gibt es in Österreich, und wer sind die Champions bei deren Erschließung? ◀