

Norbert Mertzsch, Ernst-Peter Jeremias

## **Entwicklungstendenzen in der Wärmeversorgung**

### **1 Vorbemerkungen**

In der Jahrtausende währenden Entwicklung der Menschheit seit dem Beginn des Gebrauchs des Feuers konnte der Mensch bis zur Mitte des 18. Jh.s zur Wärmeversorgung nur auf Einkommensenergie zurückgreifen – den nachwachsenden Rohstoff Holz. Als Wärme- und Heizquellen kamen neben offenen Feuerstellen, vor allem in Bauernhäusern, Rundöfen und Kamine, aber auch komplexere Kanal- und Heißluftheizungssysteme zum Einsatz (vgl. Hägermann 1999). Mitte des 18. Jh.s wurde durch den starken Anstieg der Bevölkerungszahlen der nachwachsende Rohstoff Holz vielfach durch fossile Brennstoffe – Vermögensenergie – ersetzt. Auf ein Beispiel für die Region Berlin-Brandenburg verweist Theodor Fontane in seinen 1862 bis 1869 entstandenen „Wanderungen durch die Mark“: „Da zuletzt erging Anfrage von der Kammer her an die Menzer Oberförsterei, wie lange die Forst aushalten werde, wenn Berlin aus ihm zu brennen und zu heizen anfangte, worauf die Oberförsterei mit Stolz antwortete: ‚Die Menzer Forst hält alles aus‘. ... und siehe da, ehe dreißig Jahre um waren, war die ganze Menzer Forst durch die Berliner Schornsteine geflogen“ (Fontane 1973, S. 93). Anfang des 20. Jh.s waren dann bereits in größeren privaten und öffentlichen Gebäuden Heizungen mit Dampf bzw. Warmwasser auf Basis von Kohleheizung Stand der Technik (vgl. Neudeck 1911, S. 349). Vorherrschend waren jedoch Kachelöfen, die mit Kohle betrieben wurden.

Im Jahre 2011 dominierte Erdgas mit 49%, neben Erdöl mit 29,3% und Fernwärme mit 12,7% die Wärmeversorgung (vgl. BDEW 2012). Kohle, Strom und Elektrizität spielten dagegen eine untergeordnete Rolle. Für Neubauten war 2011 mit 50% Erdgas die beliebteste Heizenergie. Dahinter folgten Wärmepumpen mit 22,6% und Fernwärme mit 16,4%. Holz und Holzpellets kamen als nachwachsende Rohstoffe auf 5,6%. Heizöl und Kohle/Koks spielten mit 1,5% bzw. unter 1% kaum noch eine Rolle. Damit zeichnet sich bei neuen Heizungen bereits der Trend weg von den in den letzten 250 Jahren hauptsächlich genutzten fossilen Energieträgern zurück zu Einkommensenergie an, wobei bisher die Erdgaspreise eine Verstärkung diese Trends behindern.

## 2 Technologieentwicklung im Bereich der Wärmeversorgung

### 2.1 Nutzung solarer Wärme

Die Nutzung solarer Wärme erfolgt vorrangig für die Gebäudeheizung. Dazu stehen verschiedene Kollektorsysteme zur Verfügung. Vorrangig verwendet werden Flachkollektoren, die auf Dächern bzw. an Fassaden montierbar sind. Für diese Kollektoren werden Kupferabsorber mit einer Oberflächenbeschichtung auf Titanbasis und Solarglasscheiben verwendet. Zur Wärmeisolierung zum Gebäude werden Mineralwolle oder Schaumglas eingesetzt.<sup>1</sup> Vakuumröhrenkollektoren werden als direkt durchflossene Vakuumröhren oder Heatpipe-Vakuumröhren ausgeführt (vgl. NARVA 2013). Zur Wärmeübertragung wird üblicherweise Wasser eingesetzt. Diesem kann bei Notwendigkeit ein Frostschutzzusatz zugesetzt werden. Als Frostschutzmittel werden Glykol oder hochtemperaturbeständige Mittel auf Basis von 1,2 Propaniol (vgl. Solar-Wissen 2014) verwendet. Der andere Weg der Nutzung solarer Wärme ist die Solararchitektur, mit der sichergestellt werden soll, dass solare Wärme möglichst effektiv im Gebäude genutzt werden kann.

### 2.2 Nutzung von Bioenergie

Bioenergie lässt sich in verschiedenster Form zur Wärmeerzeugung nutzen. Für Fern- und Nahwärmenetze werden Biomasse Heiz- oder Heizkraftwerke eingesetzt. Als Biomasse werden vorwiegend Altholz und preisgünstige Resthölzer als Hackschnitzel eingesetzt. Daneben werden auch Holz aus Kurzumtriebsplantagen, Stroh und Schilf genutzt. Für Einzelheizungen werden neben der seit Jahrhunderten bekannten Nutzung von Scheitholz auch Holzpellets, hergestellt zum Beispiel aus Resten der Sägewerke, genutzt. Für Wärmenetze kann auch die Abwärme der Gasmotoren von Biogasanlagen genutzt werden. Ist eine geeignete Abwärmenutzung in der Nähe von Biogasanlagen nicht möglich, kann das Biogas zu Bioerdgas aufgereinigt werden. Dieses kann über das vorhandene Erdgasnetz verteilt werden und für Wärmenetze und Einzelheizungen genutzt werden.

Bei der Nutzung von Bioenergie zur Wärmeversorgung ist zu beachten, dass die Sicherung der Versorgung mit qualitativ hochwertigen und bezahlbaren Nahrungsmitteln für eine weiter steigende Weltbevölkerung gegenüber der Nutzung von Bioenergie Priorität haben muss.

---

1 Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Flachkollektor>.

### 2.3 Nutzung von Umweltwärme

Umweltwärme kann als thermische Energie mit niedrigem Temperaturniveau der Energieträger

- Außenluft,
- Oberflächenwasser,
- Grundwasser,
- Meerwasser,
- Erdreich,

soweit ihre Erwärmung aus der Solarstrahlung oder Erdwärme resultiert, definiert werden (vgl. Umweltlexikon-online 2014)

Um die Umweltwärme für Heizzwecke nutzbar machen zu können, ist sie üblicherweise auf ein höheres Temperaturniveau zu bringen. Dazu werden Wärmepumpen eingesetzt, die vorzugsweise mit Elektroenergie betrieben werden.

### 2.4 Nutzung von Abwärme

Das Potenzial nutzbarer Abwärme für Heizzwecke hängt maßgeblich vom Temperaturniveau der Abwärme, von der Entfernung zu möglichen Verbrauchern und der Kontinuität des Anfalls der Abwärme ab.

Günstig für die Nutzung von Abwärme ist, wenn diese direkt in ein Wärmenetz eingespeichert werden kann. Da Abwärme vielfach auf einem Temperaturniveau unterhalb der jetzigen Betriebstemperatur von Wärmenetzen zur Verfügung steht, wird diese erst bei einer deutlichen Absenkung der Netztemperaturen für die Nutzung interessant werden. Für die Abwärmennutzung in Bereichen, in denen kein Wärmenetz zur Verfügung steht, sind transformative (latente) mobile Speicher geeignet. Solche werden z.B. von der KTG Energie AG, Niederlassung Oranienburg, eingesetzt, um Abwärme aus Biogasanlagen für Heizzwecke zu nutzen. Hersteller ist die LaTherm Energie AG in Dortmund (vgl. LaTherm Energie AG 2014). Als Speichermedium werden ca.  $17 \text{ m}^3$  Natriumacetat-Trihydrat eingesetzt. Damit lassen sich bis zu 2,5 MWh Wärme speichern. Die Aufladedauer eines solchen Speichers beträgt 6 bis 8 Stunden, die Entladedauer 12 bis 15 Stunden.

### 2.5 Nutzung von Elektroenergie

Durch die Einbindung von Windkraft- und Solaranlagen in die Stromnetze kann zeitweise ein Überangebot an Elektroenergie entstehen. Dieses lässt

sich in technologisch bedeutsamen Größenordnungen zur Erzeugung von thermischer Energie nutzen. Dabei wird der Einsatz anderer Energieträger für die Wärmeerzeugung verringert. Die Technologie, bekannt unter dem Namen „Power-to-Heat“, ist als Maßnahme des Lastmanagements für Stromnetze anzusehen (vgl. Bach 2013; Götz et al. 2013; Sterner 2012). Demzufolge wird sie vorrangig als negative Sekundärregelenergie vermarktet.

Um am Sekundärregelenergiemarkt teilnehmen zu können, liegt die anzubietende Mindestleistung bei 5 MW. Um auch kleineren Anbietern die Teilnahme am Sekundärregelenergiemarkt möglich zu machen, besteht die Möglichkeit, Poolanbieter zu Nutzen.

Dabei gibt es die Optionen des Einsatzes einer elektrischen Wärmepumpe, die auch Umgebungswärme nutzen kann, oder der Einsatz eines gewöhnlichen Heizstabes bzw. eines Elektrodenkessels. Diese Technologie stößt vielfach auf Kritik, da reine Exergie (Elektroenergie) in Niedertemperaturwärme mit sehr geringem Exergiegehalt umgewandelt wird. Da bisher keine Stromspeicher in Größenordnungen zur Verfügung stehen, macht die Technologie aus ökonomischer Sicht aber durchaus Sinn (vgl. Groscurth/Bode 2013).

Auch bei der Nutzung von regenerativen Energien zur Eigenstromerzeugung lassen sich Stromüberschüsse, die nicht in Batterien gespeichert bzw. in das Stromnetz eingespeist werden sollen, als Wärme speichern.

In Abhängigkeit von der Entwicklung der Preise für Solarzellen kann Elektroenergie auch direkt zu Heizzwecken eingesetzt werden. Entsprechende Untersuchungen zu Einsatzmöglichkeiten photovoltaischer Heizungssysteme für Einfamilienhäuser werden an der HTW Berlin durchgeführt (vgl. Tjaden et al. 2013).

## 2.6 Wärmespeichertechnologien

Über Wärmespeichertechnologien wurde bereits auf dem Kolloquium zu Energiespeichertechnologien im Dezember 2013 berichtet (vgl. Mertzsch 2014), so dass hier nur kurz darauf eingegangen werden soll.

Es gibt die drei Grundarten der Speicher

- kapazitive (sensible) Speicher,
- transformative (latente) Speicher und
- thermochemische Speicher

in den verschiedensten Ausführungsformen. Die Energiedichte nimmt von den kapazitiven (sensiblen) über die transformativen (latenten) zu den ther-

mochemischen Speichern zu. Der Entwicklungsstand ist bei den kapazitiven (sensiblen) Speichern derzeit am höchsten.

Eine besondere Ausführungsform eines sensiblen Wärmespeichers ist der als Erdwärmespeicher konzipierte eTank der deematrix Energiesysteme GmbH aus Fürstenwalde (vgl. eTank 2014). Im Speicher wird Wärme aus Solarthermiemodulen und anderen Abwärmequellen bis zur Nutzung zwischengespeichert. Das Gesamtsystem arbeitet unter Verwendung einer Wärmepumpe nach der offenen, oszillierenden Pufferspeichertechnik (ooPS<sup>®</sup>), einer Entwicklung der eZeit Ingenieure GmbH, Berlin. Das Wärmemanagement wird durch einen Dynamischen Energie-Manager sichergestellt. Durch Nutzung eines eTanks lässt sich eine Anlagenaufwandszahl (Verhältnis von Aufwand an Primärenergie zu Energiebedarf des gesamten Anlagensystems)  $ep$  von  $< 0,3$  erzielen. Der eigentliche Wärmespeicher besteht bis zu einer Tiefe von 1,5 m aus mehreren Schichten Erdreich, in denen beständige Polyethylen-Leitungen verlegt sind. Nach oben und seitlich ist der Wärmespeicher gegen Wärmeverluste isoliert. Nach unten ist er zum angrenzenden Erdreich offen, so dass auch das unter dem eTank liegende Erdreich in den Wärmeaustausch einbezogen werden kann. Das Temperaturniveau im eTank schwankt zwischen mindestens  $6^{\circ}\text{C}$  und maximal  $23^{\circ}\text{C}$ .

### **3 Auswirkung der Technologieentwicklung auf die Versorgungsstrukturen**

#### *3.1 Fernwärmenetze*

Fernwärmenetze mittlerer Leistungsdichte besitzen üblicherweise einen definierten Einspeisepunkt für die Wärmeenergie. Zur Wärmeerzeugung wird vorrangig Vermögensenergie mit Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung eingesetzt. Als Vermögensenergie werden vorrangig Erdgas, aber auch Kohle und Heizöl eingesetzt. Vielfach sind auch Heiz- bzw. Heizkraftwerke auf Basis von Biomasse eingebunden.

Um in Zukunft zur Wärmeversorgung Einkommensenergie effektiv nutzen zu können, besteht die Notwendigkeit, die Rücklauftemperaturen in den Fernwärmenetzen zu senken. Das setzt auf der Seite der Wärmeabnehmer mehrere Maßnahmen voraus, die möglichst im Rahmen der Sanierung des Gebäudebestands durchzuführen sind. So ist im Zuge der Bestandssanierung die Heizfläche deutlich zu vergrößern bzw. es ist ein Flächenheizsystem einzusetzen. Weiterhin sind die Hausanschlussstationen so umzurüsten,

dass für die Warmwasserversorgung die hygienischen Anforderungen sichergestellt werden können. Dazu könnte der Einbau von elektrischen Wärmeerzeugern erfolgen, die dann zur Sicherung der hygienischen Anforderungen in verbrauchsarmen Zeiten über ein SmartGrid zugeschaltet werden. Wann diese zur Verfügung stehen wird ist allerdings noch unklar.

Die technische Sanierung in den Gebäuden sollte immer prioritär zur energetischen baulichen Sanierung sein. In einem weiteren Schritt sind in die Fernwärmenetze zur Zukunftssicherung arbeitspreisneutrale Energieträger (Einkommensenergie) zu integrieren. Um preiswert und sicher versorgen zu können, sind auf absehbare Zeit konventionelle Energieträger weiter zu berücksichtigen. Die Netze werden dazu in verschiedene Temperaturregime strukturiert. Die Maßnahmen dazu sind:

- Signifikante Reduzierung der Wärmenetztemperaturen;
- Einbindung solarthermische Energie;
- Einbindung von Umweltwärme und Bioenergie;
- Einbindung von niederkalorische Rest- und Abfallenergie;
- Einbindung von Elektroenergie „Power-to-Heat“;
- Einbindung von Wärmespeichertechnologien zur saisonalen Speicherung;
- Betrieb der Netze als Kalt- und Niedertemperaturnetze;
- Einbindung der Wärmepumpentechnologie.

Durch die Nutzung eines weit gestreuten Spektrums an Einkommens- bzw. Vermögensenergie zur Wärmeversorgung und die Einbindung von Wärmespeichertechnologien lassen sich Fernwärmenetze kostengünstig und sicher betreiben. Preisschwankungen eines Vermögensenergieträgers wirken sich dann nicht mehr so stark aus.

Positiv auf die Nutzung von Fernwärmenetzen kann sich auswirken, dass Besitzer von Wohneigentum die Fernwärme zur Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV) nutzen können, wobei sich bauliche Maßnahmen deutlich verringern lassen oder entfallen können (vgl. TEN eG 2014).

### *3.2 Nahwärmenetze*

Für die Errichtung und den Betrieb von Nahwärmenetzen gilt im Wesentlichen das für Fernwärmenetze ausgeführte. Da die Versorgungsgebiete kleiner sind, kann das die Vielfalt der einzubindenden Energieträger beschränken, so dass die Variabilität gegenüber einem Fernwärmenetz eingeschränkt ist.

### 3.3 Einzelwärmeversorgung

Für Einzelwärmeversorgung von Gebäuden ist zu erwarten, dass in die üblicherweise mit dem Vermögensenergieträger Erdgas betriebene Wärmeversorgung zusätzlich Solarthermie einbezogen wird. Im Zusammenhang mit der Nutzung der Solarthermie werden auch zunehmend saisonale Wärmespeicher zum Einsatz kommen. Bei Betrieb einer Photovoltaikanlage wird der Trend zur Nutzung von Überschüssen an Elektroenergie für die Wärmeversorgung, neben dem Betrieb von Batteriespeichern, gehen. Dazu können auch direkt photovoltaische Heizsysteme Anwendung finden (siehe Abschnitt 2.5). Der Trend zur Nutzung von Umweltwärme für die Einzelwärmeerzeugung wird sich ebenfalls verstärken.

## 4 Zusammenfassung

Der Trend zur Nutzung von Einkommensenergie für die Wärmeversorgung wird zunehmen. Die bestmögliche Nutzung der Einkommensenergie bieten Fern- und Nahwärmenetze. Diese lässt sich in Verbindung mit Wärmespeichertechnologien und Vermögensenergie so kostengünstig und sicher betreiben. Preisschwankungen des Vermögensenergieträgers (üblicherweise Erdgas) wirken sich dann nicht mehr so stark aus. Die rahmenrechtlichen Bedingungen sind für die Durchsetzung dieses technologischen Fortschritts im Elektroenergie- und Wärmemarkt von entscheidender Bedeutung.

Alternative und regenerative Wärmeerzeugungssysteme stehen heute im Wettbewerb mit den Systemen, die auf konventionellen Brennstoffen wie Erdgas und Heizöl beruhen. Die Wirtschaftlichkeit und die Zuverlässigkeit dieser neuen Systeme entsprechen heute im Allgemeinen noch nicht den Marktanforderungen. Hier müssen neben den rahmenrechtlichen Bedingungen zwingend marktregulierende Anreize für die Forschung, Weiterentwicklung und Einsatzförderung der neuen Technologien geschaffen werden.

## Literatur

- Bach, P.-F. (2013): Einblicke in die Nutzung von „Power to Heat“ im dänischen Energieversorgungssystem – Paul-Frederik Bach. – URL: [http://www.pfbach.dk/firma\\_pfb/pfb\\_ikem\\_power\\_to\\_heat\\_2013\\_04\\_10.pdf](http://www.pfbach.dk/firma_pfb/pfb_ikem_power_to_heat_2013_04_10.pdf)
- BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (2012): Energiemarkt Deutschland – Zahlen und Fakten zur Gas-, Strom und Fernwärmeversorgung – Sommer 2012. Berlin. – URL: [http://docs.dpaq.de/2436-energie-markt\\_2012d\\_web.pdf](http://docs.dpaq.de/2436-energie-markt_2012d_web.pdf)
- eTank (2014): Funktion. – URL: <http://www.etank.de/etank-funktion/>

- Fontane, Th. (1973): Die Menzer Forst und der Große Stechlin. In: Erler, G.; Erler, Th. (Hg.): Von Rheinsberg bis zum Müggelsee. Märkische Wanderungen Theodor Fontanes. Berlin/Weimar, S. 92–101
- Götz, M.; Böttger, D.; Kondziella, H.; Bruckner, Th. (2013): Economic Potential of the “Power-to-Heat” Technology in the 50 Hertz Control Area. – URL: [http://tu-dresden.de/die\\_tu\\_dresden/fakultaeten/fakultaet\\_wirtschaftswissenschaften/bwl/ee2/lehrstuhlseiten/ordner\\_veranstaltungen/ordner\\_enerday/enerday2013/ed2013download/Gtz%20et.al.\\_Paper\\_Power%20To%20Heat\\_Enerday\\_130415.pdf](http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_wirtschaftswissenschaften/bwl/ee2/lehrstuhlseiten/ordner_veranstaltungen/ordner_enerday/enerday2013/ed2013download/Gtz%20et.al._Paper_Power%20To%20Heat_Enerday_130415.pdf)
- Groscurth, H.-M.; Bode, S. (2013): „Power-t-heat“ oder „Power-to-gas“? Arrhenius Institut für Energie- und Klimapolitik Hamburg, Discussion Paper Nr. 9, Stand 02.07.2013. – URL: [http://www.arrhenius.de/uploads/media/arrhenius\\_DP\\_9\\_-\\_Power-to-heat.pdf](http://www.arrhenius.de/uploads/media/arrhenius_DP_9_-_Power-to-heat.pdf)
- Hägermann, D. (1999): Technik im frühen Mittelalter zwischen 500 und 1000 – Heizungsbau. In: König, W. (Hg.): Landbau und Handwerk – 750 v. Chr. bis 1000 n. Chr. Frankfurt am Main/Berlin, S. 456–459 (Propyläen Technikgeschichte, Bd. 1)
- LaTherm Energie AG (2014): Der LaTherm-Latentwärmespeicher Serie 5. – URL: <http://www.latherm.de/index.php?id=73>
- Mertzsch, N. (2014): Speicherung Erneuerbarer Energien – Versuch eines Überblicks. Leibniz Online 2014, Nr. 16 [8. Januar 2014]. – URL: <http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2014/01/mertzsch.pdf>
- NARVA (2013): Flyer Vakuumröhren. – URL: [http://www.narva-bel.de/clicksystem/csdata/download/1/de/vr\\_flyer\\_2013\\_deutsch\\_final\\_799.pdf](http://www.narva-bel.de/clicksystem/csdata/download/1/de/vr_flyer_2013_deutsch_final_799.pdf)
- Neudeck, G. (1911): Das kleine Buch der Technik (11. Aufl.). Berlin/Leipzig
- Solar-Wissen (2014): Hochtemperaturbeständige Solarflüssigkeit. – URL: <http://solar-wissen.net/news/news-solarthermie/hochtemperaturbestandige-solarfluessigkeit-coracon-sol-5hf/>
- Sterner, M. (2012): Energiespeicher und -systeme für die Energiewende. Regensburg. – URL: [http://cms-dev.de.server1281-han.de-nserver.de/fileadmin/Events/Forum\\_EspSys/2012/Vortraege/2012\\_Forum\\_EspSys\\_Sterner.pdf](http://cms-dev.de.server1281-han.de-nserver.de/fileadmin/Events/Forum_EspSys/2012/Vortraege/2012_Forum_EspSys_Sterner.pdf)
- TEN eG (2014): Mit der Fernwärme der TEN eG im grünen Bereich. – URL: <https://www.ten-eg.de/privatkunden/waerme/eewaermeg-und-enev>
- Tjaden, T.; Quaschnig, V.; Weniger, J. (2013): Heizen mit PV-Strom – Chance für den Wärmemarkt. – URL: <http://www.volker-quaschnig.de/artikel/2013-03-Heizen-mit-PV-Strom/index.php>
- Umweltlexikon-online (2014): Umweltwärme. – URL: <http://www.umweltlexikon-online.de/RUBsonstiges/Umweltwaerme.php>