

Dietmar Schüwer

Konversion der Wärme- versorgungsstrukturen

*Ursprünglich veröffentlicht in:
Energiewirtschaftliche Tagesfragen,
67 (2017), 11, S. 21-25
www.et-energie-online.de*

Konversion der Wärmeversorgungsstrukturen

Dietmar Schüwer

Eine besondere Herausforderung für die Wärmewende stellen leitungsgebundene Wärmeversorgungsstrukturen dar. Aufgrund ihrer hohen Kapitalbindung bei gleichzeitig hoher Lebensdauer müssen hier frühzeitig die richtigen Weichen in Richtung Energiewende gestellt werden. Eine Vielzahl von Akteuren, Stadtwerken und Energieversorgern, über Planer und Handwerker bis hin zur Immobilienwirtschaft stehen vor der Schwierigkeit, einen langfristig kompatiblen Pfad in Richtung Klimaschutz und Energiewende einzuleiten. Vor diesem Hintergrund sollen in diesem Artikel aus technologischer Sicht Optionen aus dem Themenfeld „LowEx und gekoppelte Wärmeversorgungsstrukturen“ näher betrachtet werden.

Die Energiewende in Deutschland hat in den vergangenen Jahren erhebliche Fortschritte gemacht. Beim Ausbau der erneuerbaren Energien im Wärmesektor fallen die Erfolge – insbesondere im Vergleich zum Stromsektor – jedoch bescheiden aus. Zwischen 2006 und 2016 stieg der Anteil erneuerbarer Wärme (und Kälte) lediglich von 8,0 % auf 13,4 %, der Anteil erneuerbaren Stroms jedoch von 11,6 % auf 31,7 % [1]. Auch bei der Steigerung der Gebäude-Energieeffizienz liegen die entsprechenden Sanierungsraten derzeit nur bei ca. der Hälfte der von der Bundesregierung angestrebten 2 % pro Jahr, die für das Erreichen eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestandes bis zum Jahr 2050 erforderlich wären.

Vor diesem Hintergrund können Optionen aus dem Themenfeld LowEx und gekoppelte Wärmeversorgungsstrukturen eine wichtige Rolle bei der Konversion der Wärmeversorgungsstrukturen spielen. Dabei bilden folgende vier Grundthesen den strategischen Rahmen:

- Die erfolgreiche Energiewende braucht eine Wärmewende.
- Wärmesektor und Stromsektor müssen gemeinsam betrachtet werden.
- Wärmenetze sind die Schnittstelle zur Umsetzung unterschiedlicher Strategien.
- LowEx-Systeme stellen ein zentrales, vielseitig einsetzbares Strategieelement des zukünftigen Wärmesystems dar.

Energieeffiziente Gebäude – die Wärmewende auf der Nachfrageseite

Angesichts ambitionierter Klimaschutzziele muss im Wärmesektor sowohl auf der Nachfrageseite (Gebäude) als auch auf der Angebotsseite (Wärmeversorgung) eine tief-

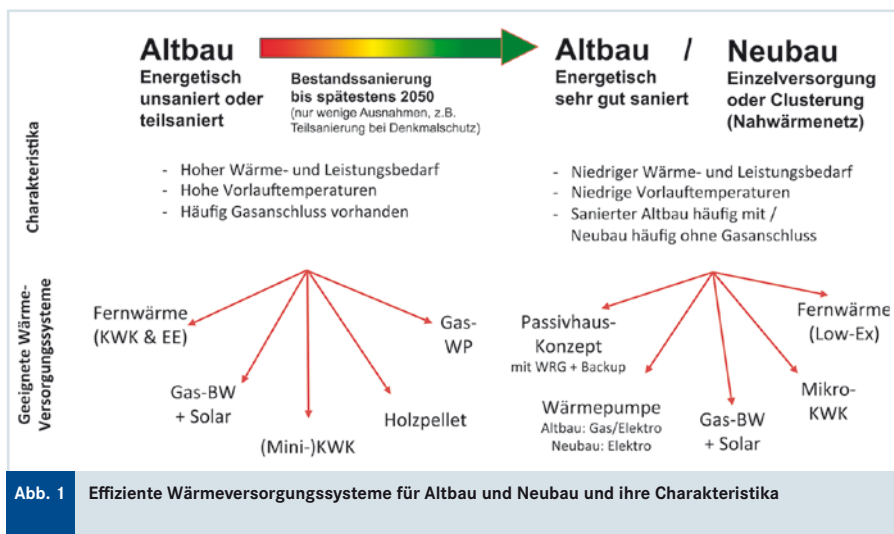


greifende Transformation stattfinden [2]. Entsprechend den europäischen [3] und nationalen Vorgaben [4] muss die Energieeffizienz von Gebäuden im Zuge einer energetischen Sanierung so weit verbessert werden, dass der Restenergiebedarf weitgehend durch erneuerbare Energien gedeckt werden kann.

Dazu zählen insbesondere Maßnahmen der Dämmung, der Einbau energieeffizienter Fenster, die Verminderung von Wärmebrücken, die Installation von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sowie sommerlicher Wärmeschutz. Durch die Effizienzmaßnahmen verringern sich sowohl der Heiz- und Kühlbedarf (in kWh), der Leistungsbedarf (in kW) als auch die notwendige Heizungsvorlauf-temperatur. Neben den Einsparungen bei den Energiekosten können dadurch Investitionen bei innovativen Heizungstechnologien reduziert werden.

Bspw. lassen sich in der Folge kostenintensive Brennstoffzellen, Wärmepumpen oder Erdsonden kleiner auslegen. Nicht zuletzt ermöglicht oder verbessert die niedrige Vorlauf-temperatur die Einbindung von Wärme aus erneuerbaren Energiequellen oder Abwärme.

Ein Beispiel für eine innovative Gebäude-sanierung ist die Kombination aus Wärmedämmung und Niedertemperaturheizung in Form einer außenliegenden Wandheizung (aWH). Dafür werden heizwasserdurchflossene Kapillarrohrmatten zwischen der Bestandswand und einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) aufgebracht. Dadurch ist gleichzeitig eine Sanierung von außen und der Aufbau eines Flächenheizsystems möglich, welches für niedrige Vor- und Rücklauf-temperaturen sorgt. Durch die thermische Bauteilaktivierung der Be-



standswand kann außerdem das Gebäude als Speicher genutzt und der Wohnkomfort durch warme Wände erhöht werden. Das System lässt sich ggf. mit einer außenliegenden Luftheizung (aLH) erweitern, also einem Zuluft-Vorwärmer für Wohnungslüftungssysteme, der die aWH zur gleichzeitigen Zulufttemperierung nutzt. [5]

Weitere Beispiele für intelligente Sanierungslösungen sind in der Fabrik vorgefertigte Pre-Fab-Dämmsysteme oder Pre-Fab-Fenster-Baukastensysteme mit integrierter Technikbox [6], die Funktionen zum Heizen und Lüften übernimmt. Durch die Vorfertigung multifunktionaler Bauteilkomponenten sowie durch Standardisierung und modulare Bauweise können Kosten eingespart und die Bauqualität erhöht werden.

Im Bereich Warmwasserbereitung und Prozesswärme sind Maßnahmen wie Wasserspararmaturen, Duschwasser-Wärmerückgewinnung und Konzepte zur gestuften

Bereitstellung von Wärme auf höherem Temperaturniveau (Wärmepumpen, 3- oder 4-Leiter-Technik bei Fernwärme) sowie innovative und hygienische Trinkwarmwasserversorgung (z. B. Umrüstung dezentraler Wohnungsstationen, Ultrafiltration, geschickte Kombination mit Abluftanlagen) zu nennen. Neben Passivhaus-Komponenten (z. B. Dreifachverglasung, Lüftungssysteme mit WRG) können auch innovative Materialien (z. B. Vakuumdämmung, PCM[7]) die Energieeffizienz erhöhen.

Erneuerbare und energieeffiziente Wärmeversorgung – die Wärmewende auf der Angebotsseite

Eine energetische Bestandssanierung hat auch Einfluss auf die Wahl geeigneter Wärmeversorgungssysteme. Wie oben geschildert verändert sich die Charakteristik des Gebäudes, indem sich Wärme-, Kühl- und Leistungsbedarf sowie Vorlauftemperatur verringern (s. Abb. 1). Dadurch lassen sich

Konzepte mit Luftheizung (Passivhaus) und mit hocheffizienten, aber spezifisch (pro Kilowatt Heizleistung) teuren Technologien wie Brennstoffzellen oder Wärmepumpen einfacher und wirtschaftlicher realisieren und erneuerbare Wärme und Abwärme besser integrieren.

Für Mehrfamilienhäuser müssen in der Praxis Lösungen gefunden werden, um dezentrale Gasetagenheizungen durch zentrale Heizsysteme zu ersetzen, so dass effiziente Technologien und erneuerbare Energieträger zum Einsatz kommen können. Eine Herausforderung ist dabei die gleichzeitige Umstellung der dezentralen Warmwasserbereitung mittels Gaskessel auf z. B. etagenweise Trinkwasserstationen.

Da bei innovativen Wärmeerzeugern (z. B. Wärmepumpen, KWK-Anlagen) und Wärmespeichern größere Leistungseinheiten meist spezifisch günstiger und auch effizienter sind, ist eine Clusterung nicht nur von Wohneinheiten zu einer Zentralheizung, sondern auch von Gebäuden zu einer Nahwärmeversorgung häufig energetisch und wirtschaftlich sinnvoll (s. Abb. 2). Dies unterstreicht die Bedeutung für einen quartiersbezogenen Ansatz zur Wärmeversorgung, insbesondere wenn gleichförmige Strukturen vorliegen wie z. B. Gebäude einer Baualters- oder Sanierungsklasse, in einem Besitzverhältnis oder mit einer nicht-nachhaltigen Versorgung über Ölkessel oder monovalente Elektroheizungen (Nachtspeicher).

Kopplung von Wärme- und Stromsektor

Der Wärmesektor hat gegenüber dem Stromsektor – was den Einsatz erneuerbarer Energien betrifft – noch einen erheblichen Nachholbedarf. Der Strommarkt wiederum braucht Flexibilisierungsoptionen, die über Sektorkopplung auch aus dem Wärmemarkt nachfrageseitig (Gebäude) und angebotsseitig (Erzeuger, Transport, Verteilung und Speicher) bereitgestellt werden können.

Ein klassisches und bewährtes Beispiel für Sektorkopplung ist die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Um in Zukunft Systemdienstleistungen (positive und negative Regelleistung, Verschaltung zu virtuellen Kraftwerken) zur verbesserten Integration



dustrieller oder gewerblicher Kälteproduktion fällt bspw. Abwärme an, die direkt oder über (saisonale) Wärme- und Kältespeicher genutzt werden kann. In Aquiferspeichern kann freie Kälte (aus der Umgebung im Winter) oder überschüssige Wärme (aus solarer oder BHKW-Produktion im Sommer) gespeichert werden.

Eine BINE-Projekt-Info zeigt anhand einer Auswahl realisierter deutscher, österreichischer und skandinavischer Good-Practice-Beispiele, wie mit einer (teilweisen) Versorgung mit erneuerbare Energien (inkl. Strom), Abwärme und Abfällen eine Dekarbonisierung der Fernwärme eingeleitet werden kann [11].

Konversion in Richtung LowEx-Systeme

Niedertemperaturwärmenetze – sog. Low Ex-Netze – haben den Vorteil, niederexergetische und erneuerbare Wärme aus Solarthermie, Geothermie, Abwärme und Umweltwärme für die Wärmeversorgung effizient nutzbar zu machen. Sie sind damit zentrale Bausteine einer Dekarbonisierung des Wärmemarkts. Charakterisiert sind LowEx-Netze durch niedrige Netztemperaturen (i. d. R. < 50 °C, bei un-

ter ca. 20 °C auch Kalte Nahwärme genannt). Dadurch können Wärmequellen erschlossen werden, deren Temperaturniveau zur direkten Einbindung in konventionelle Wärmenetze nicht ausreicht. Thermische Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen können bei gleicher Wärmelieferung ihre Stromerzeugung erhöhen, der Einsatz von Wärmepumpen wird aufgrund deutlich niedrigerer Temperaturspreizungen im Vergleich zu herkömmlichen Wärmesystemen effizienter und wirtschaftlicher.

Weitere spezielle Vorteile der kalten Nahwärme sind die Reduktion der Wärmeverteilungsverluste durch Vor- und Rücklauftemperaturen nahe an der Umgebungstemperatur und die Senkung der Material- und Verlegekosten durch geringere Dämmstärken (bis hin zum weitgehenden Verzicht auf Leitungsdämmung) und durch Verwendung preiswerter Kunststoffmantelrohre.

Es sollte daher in Pilotgebieten geprüft werden, mit welchen Konzepten mittel- und langfristig niedrigere Wärmenetztemperaturen (Vor- und Rücklauf) realisierbar sind, die niedrigere Einspeisetemperaturen erlauben (inkl. LowEx-Konzepte). Zu untersuchen ist

u. a., welche Auswirkungen auf den Betrieb, die Wirtschaftlichkeit und die Versorgungssicherheit damit einhergehen. Dabei muss die Nachfrageseite (energetische Sanierung in Wohngebieten, Umstellung von Dampfprozessen im Gewerbe, dezentrale Dampferzeugung) mit bedacht werden. Alternativ sollten auch tragfähige Konzepte für eine Einbindung in den FW-Rücklauf geprüft werden (vgl. Abb. 5).

Beispiele für LowEx-Konzepte sind die Abwärmerückgewinnung aus Kanal-Abwässern und die agrothermische Wärmeversorgung (s. u.). Bei dem ersten Beispiel sollte idealerweise anlassbezogen eine systematische Entwicklung der Nutzung von Niedertemperatur-Abwärme aus Kanalwasser (Abwasser-Abwärme mit Wärmepumpe) angestrebt werden, die durch entsprechende Potenzialkarten unterstützt werden kann [12]. Anlässe können einerseits notwendige Kanalsanierungsarbeiten und andererseits Neubau- oder größere Sanierungsprojekte (Quartierssanierung bzw. Sanierung von kommunalen oder gewerblichen Liegenschaften) sein.

Ein besonders innovatives Projektbeispiel für Kalte Nahwärme ist die Agrothermie-Wärmeversorgung der Plusenergie-Siedlung „Vordere Viehweide“ in der schwäbischen Gemeinde Wüstenrot [13]. Hier werden in einem innovativen Verfahren mit einem Spezialpflug Rohrleitungen in 2 m Tiefe und Abständen von 1 m in Ackerböden oder Wiesenflächen verlegt.

Die Vorteile dieses Verlegeverfahrens liegen darin, dass großvolumige Erdarbeiten für die Horizontalkollektoren entfallen, die Bodenschichtung und Bodenbiologie erhalten und somit die Ackerböden uneingeschränkt nutzbar bleiben. Durch die Einbindung von Niedertemperaturabwärme aus gewerblichen Kälteaggregaten wird das Temperaturniveau im Kaltwärmenetz und damit die Effizienz der dezentralen Wärmepumpen angehoben. Ferner kann dadurch das Kaltwärmenetz zur kostengünstigen und energieeffizienten passiven Kühlung der Gebäude im Sommer eingesetzt werden. [14]

Der nächste Schritt: Konkrete Umsetzungsprojekte

Wie in diesem Artikel beschrieben, steht ein Portfolio technischer Lösungskonzepte

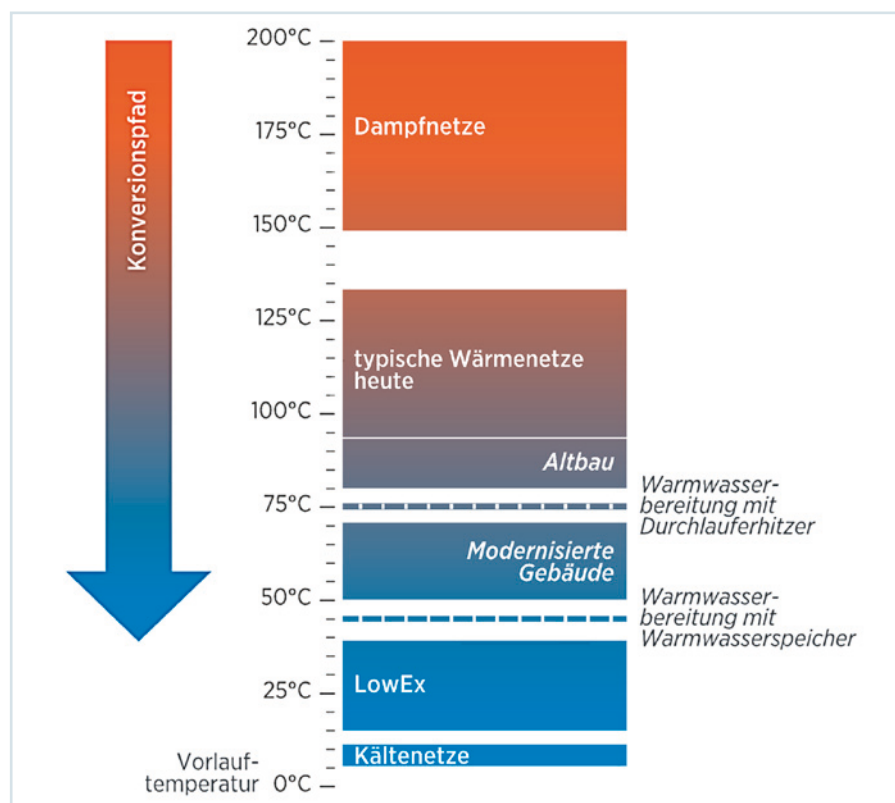


Abb. 5 Temperatureinsatzbereiche thermischer Anwendungen und Konversionspfad in Richtung LowEx, eigene Darstellung in Anlehnung an GEF Ingenieur AG

aus einer intelligenten Kombination verschiedener technischer Elemente zur Verfügung:

- Innovative Sanierungslösungen (Pre-Fab, Kombi-Flächenheizsysteme);
- Industrielle, gewerbliche und kommunale Abwärmenutzung (z. B. systematische Erschließung kommunaler NT-Abwasserwärme, Abwärme-Kaskadennutzung);
- Umweltwärme und Geothermie (z. B. Grubenwassernutzung oder Agrothermie);
- Solarthermie (insbesondere große Freiflächenanlagen, z. B. auch auf Industriebrachen);
- Power-to-Heat (inkl. Groß-Wärmepumpe);
- Saisonale und innovative Speicher (z. B. Erdbecken- und Aquifer-, Eis-, PCM- oder Vakuum-Speicher);
- Innovative und hygienische Trinkwarmwasserversorgung (z. B. Umrüstung dezentraler Wohnungsstationen, 4-Leiter-Technik, Ultrafiltration).

Erfolgversprechend ist ein quartiersbezogener Ansatz mit integraler Planung, Nahwärmeclustern, Sektorkopplung und einer Konversion hin zu Niedertemperatursystemen.

Auf Basis der oben genannten und weiterer innovativer Technologien und Konzepte gilt es, in den nächsten Jahren konkrete Umsetzungsideen zu entwickeln und entsprechen-

de Forschungsfragen, Analysebedarfe und Thesen zu formulieren. Dabei ist von zentraler Bedeutung, relevante Akteure aus Gesellschaft, Politik und Wirtschaft in den Prozess mit einzubinden und den Transformationsprozess nicht allein auf rein technische Aspekte zu beschränken. Vielmehr sollte die Brücke zu Themen der gesellschaftlichen Transformation (Stichworte: Energiearmut, demografischer Wandel, Hemmnisse und Akzeptanz, Partizipation und Teilhabe, Green Growth) geschlagen werden. Ebenso müssen Fragen möglicher Finanzierungsstrukturen für ein Umsetzungsprojekt erörtert sowie die sozioökonomische Ebene adressiert werden.

Anmerkungen

- [1] BMWi: Entwicklung der erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2016. Stand: 02/2017, www.erneuerbare-energien.de
- [2] BMWi: Energieeffizienzstrategie Gebäude – Wege zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand. 2015
- [3] Europäische Kommission: Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19.5.2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung). 2010
- [4] Bundesregierung: Energieeinsparverordnung (EnEV) 2014. Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 18.11.2013
- [5] www.izes.de/de/projekte/lexu-ii-low-exergy-utilisation; www.izes.de/de/projekte/lexu-low-exergy-utilisation-au%C3%9Fenliegende-wandheizung-fl%C3%A4chenheizung

[6] www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/de/documents/FIF/ibp_530-2013_print.pdf

[7] PCM = Phase Change Materials

[8] Schüwer, D. et al.: The potential of grid-orientated distributed cogeneration on the minutes reserve market and how changing the operating mode impacts on CO₂ emissions. *Energy* Bd. 110, S. 23-33, 09/2016

[9] MSR: Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik

[10] IKT: Informations- und Kommunikationstechnik

[11] BINE: Projekt-Info 13/2014: Wie Fernwärme erneuerbar wird.

[12] STAWAG Aachen: Erstmals Abwasserwärmenutzung in Aachen. 02/2015 www.stawag.de/ueber-uns/presseaktuelles/pressemitteilungen/erstmal-abwasserwaermenutzung-in-aachen

[13] BMWi-Forschungsprojekt „EnVi-saGe“ (www.envi-sage-wuestenrot.de)

[14] Pietruschka, D. und Kluge, J.: Kalte Nahwärme: agrothermische Wärmeversorgung einer Plusenergiesiedlung. *bbr Leitungsbau, Brunnenbau, Geothermie*. Jg. 64, 03/2013, Seite 58-63.

[15] Pehnt, M. et al.: Energiebalance – Optimale Systemlösungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Endbericht, 2009, S. 175

[16] Lund et al.: 4th Generation District Heating (4GDH) – Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy* Bd. 68, S. 1-11, 2014

Dipl.-Ing. D. Schüwer, Projektleiter am Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, Forschungsgruppe Zukünftige Energie- und Mobilitätsstrukturen, Wuppertal
dietmar.schuewer@wupperinst.org