



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Kurzzusammenfassung von Projektergebnissen

LOWEXTRA – NIEDRIG-EXERGIE-TRASSEN ZUM VERTEILEN UND SPEICHERN VON WÄRME

RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DIE UMSETZBARKEIT VON LOWEX-MEHRLEITER-WÄRMENETZEN

Dr. Elisa Dunkelberg (IÖW)

Max Bachmann (TU Berlin)

Andreas Schneller (adelphi)

Sabine Schröder, Nicolas Bach (nexus)

Dezember 2017



Zielstellung des LowExTra-Projekts

LowExTra, das steht für Niedrig-Exergie-Trassen zum Speichern und Verteilen von Wärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus. Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines zukunftsorientierten und anpassungsfähigen Mehrleiter-Wärmenetzes, das eine klimafreundliche Wärmeversorgung auf Quartiersebene ermöglichen soll, sowie die Erforschung der Machbarkeit eines solchen LowEx-Mehrleiter-Wärmenetzes.

Das Forschungsprojekt berücksichtigt dabei folgende vier Perspektiven:

- die technische Umsetzbarkeit eines Mehrleiternetzes,
- die Wirtschaftlichkeit eines solchen Netzes,
- die Betrachtung der notwendigen politischen Rahmenbedingungen für die Realisierung und
- die Akzeptanz eines solchen Konzeptes durch mögliche Nutzer.

Der interdisziplinäre Forschungsansatz ermöglicht Aussagen darüber, unter welchen Voraussetzungen das zu entwickelnde und zu optimierende technische Konzept umgesetzt werden kann. Die betrachteten vier Perspektiven sind dabei eng verzahnt angelegt, um in einem iterativen Prozess Lösungen zu erarbeiten. Die nachfolgende Grafik stellt die Verzahnung der verschiedenen Fachgebiete und die Zielstellung des Machbarkeitsbereichs schematisch dar.

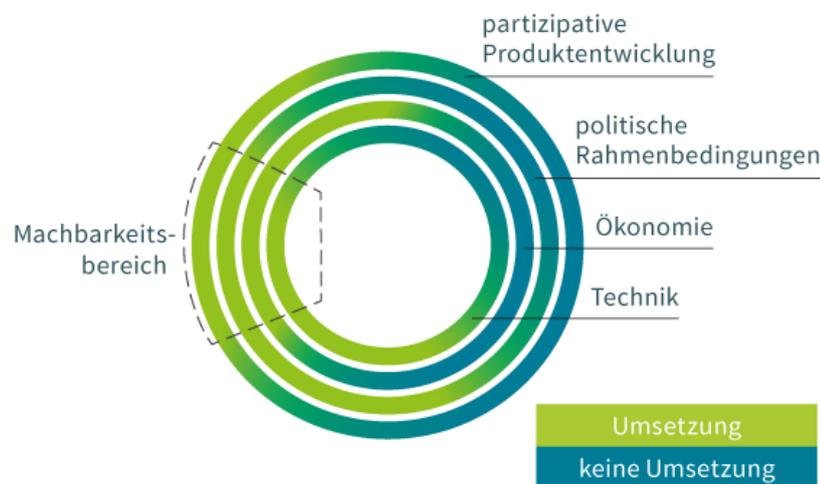


Abbildung 1: Schematische Darstellung des möglichen Machbarkeitsbereichs eines LowEx-Mehrleiter-Wärmenetzes unter Berücksichtigung der vier wissenschaftlichen Perspektiven.

Merkmale des LowEx-Mehrleiter-Wärmenetzes

Wichtiges Merkmal des LowEx-Mehrleiter-Wärmenetzes ist die dezentrale Einbindung von regenerativen Energiequellen und Abwärme. Das Versorgungsnetz soll vollständig flexibel hinsichtlich Entnahme und Bereitstellung reagieren und zusätzlich als Speicher dienen. Aufgrund des dezentralen Ansatzes wird dabei nicht nur die Richtungsabhängigkeit (Vorlauf oder Rücklauf) aufgelöst, sondern auch das in den Rohrleitungen fixierte Temperaturniveau.

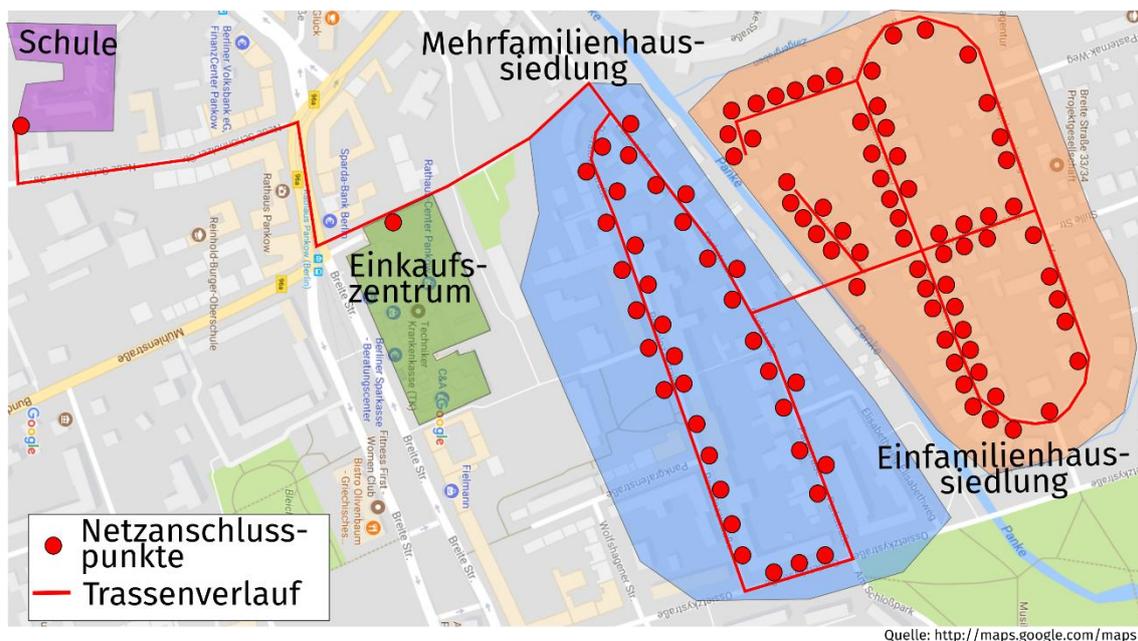
Im LowEx-Mehrleiter-Wärmenetz kann der Verbraucher auch gleichzeitig Erzeuger sein und Wärme aus unterschiedlichen, auch regenerativen Energien einspeisen. Das LowExTra-Netz des Forschungsvorhabens zeichnet sich im Einzelnen durch die folgenden Hauptmerkmale aus:

- Bei Zweileiter-Fernwärmenetzen erfolgt die Wärmeversorgung von Verbrauchern vorwiegend aus dem Vorlauf. Dessen Temperatur orientiert sich zwangsläufig an der Verbraucherart im Netz mit dem höchsten Temperaturniveau. Das LowEx-Mehrleiter-Wärmenetz ist im Gegensatz dazu als **Mehrleiternetz mit unterschiedlichen Leitertemperaturen** konzipiert. Dadurch wird das Temperaturniveau im Wärmenetz nicht mehr allein durch den Verbraucher mit den höchsten Temperaturanforderungen festgelegt, sondern kann an die vorliegende Verbraucher- und Erzeugerstruktur optimal angepasst werden. Eine Aufteilung in Vor- und Rücklauf entfällt bei diesem Konzept.
- Der Mehrleiteransatz führt zu einer Absenkung der mittleren Netztemperatur. Dadurch kann das Netz als **Niedertemperaturwärmenetz** charakterisiert werden. Die geringeren Temperaturen ermöglichen es, Quellen zu nutzen, die Niedertemperaturwärme liefern und bei Netzen mit hohen Vorlauftemperaturen nicht integrierbar sind. Mögliche Wärmequellen sind Solarthermie, Abwasserwärme, Umweltwärme sowie industrielle und gewerbliche Abwärme.
- Das LowEx-Mehrleiter-Wärmenetz ist als **offenes Netz mit dezentraler Einspeisung** konzipiert. Dadurch ist es möglich, dezentrale Wärmepotenziale in einem Quartier zu nutzen. Verbraucher können zudem gleichzeitig Erzeuger sein und somit zum Prosumer werden.
- Um den zuverlässigen Betrieb eines LowEx-Mehrleiter-Wärmenetzes zu gewährleisten, muss das Netz **vollständig flexibel hinsichtlich Bereitstellung und Entnahme** reagieren. Dies wird durch einen neuartigen hydraulischen Netzansatz durch den Einsatz von Tanks mit variablen Füllständen erreicht.
- Aufgrund der Tanks kann eine **zeitliche Entkopplung von Verbrauch und Erzeugung** realisiert werden. Dies erleichtert zum einen die Netzregelung und zum anderen wird dem Netz eine **zusätzliche Speicherkapazität** hinzugefügt. Dadurch ist es möglich Wärmequellen mit schwankender Leistung bestmöglich auszunutzen.

Für welche Versorgungsgebiete eignet sich ein LowEx-Mehrleiternetz?

Die Machbarkeit des LowExTra-Netzes wurde **für den urbanen Raum** untersucht, denn in **Städten** entsteht der Großteil der Wärmenachfrage und der wärmebedingten Treibhausgasemissionen. In Europa leben 70 Prozent der Menschen in urbanen Regionen. Zudem ist netzgebundene Wärme vor allem dort rentabel, wo es eine hohe Abnahmedichte gibt, wie es in dicht besiedelten Gebieten der Fall ist. Der Fokus des Forschungsvorhabens lag außerdem auf dem **Gebäudebestand**, da dieser für den Hauptteil des Wärmeverbrauchs verantwortlich ist und in Bestands- oder Mischgebieten eher unterschiedliche Temperaturanforderungen seitens der Verbraucher bestehen als in reinen Neubaugebieten.

Ausgehend von diesen Überlegungen wurde als Untersuchungsgebiet für technische und ökonomische Analysen ein Stadtteilquartier in Berlin Pankow ausgewählt. Das Quartier umfasst insgesamt 59 Ein- und Zweifamilien- und 31 Mehrfamilienhäuser sowie ein Einkaufszentrum und eine Schule als Sondergebäude. Eine schematische Darstellung des Untersuchungsgebietes zeigt Abbildung 2. Der Gesamtwärmebedarf wurde anhand einer Gebäudesimulation auf 17,1 GWh/a bestimmt.



Quelle: <http://maps.google.com/maps>

Abbildung 2: Untersuchungsgebiet - Berlin Pankow, Quelle: maps.google.de

Anforderungen an die Verbraucherstruktur

Ein Mehrleiternetz, das mehr als zwei Leiter aufweist, ist dann sinnvoll, wenn in einem Gebiet eine Verbraucherstruktur mit deutlich unterschiedlichen Temperaturanforderungen vorliegt. Die Leiteranzahl orientiert sich dabei an der vorliegenden Verbraucherstruktur. Im betrachteten Untersuchungsgebiet wurden insgesamt sechs Verbraucherklassen anhand ihrer Auslegungstemperaturen definiert. Dies sind Gebäude mit Heizkörpern der Auslegungstemperaturen 90/70 °C, 75/65 °C, 70/55 °C und 60/45 °C sowie Gebäude mit Flächenheizungen mit einer Auslegungstemperatur von 45/35 °C. Darüber hinaus wird der Trinkwarmwasserbedarf der Gebäude ebenfalls als Verbraucher aufgeführt. Die Temperatur für die Trinkwarmwasserbereitstellung liegt ganzjährig aus hygienischen Gründen bei über 60 °C.

Im betrachteten Untersuchungsgebiet liegt die in Abbildung 3 (links) dargestellte Verbraucherstruktur vor. Die Anzahl der zur Deckung des Bedarfs benötigten Temperaturniveaus wurde mit vier festgelegt. Die Verbrauchergruppen 90/70 °C und das Trinkwarmwasser sowie die Verbraucherarten 75/65 °C und 70/55 °C und das Trinkwarmwasser sind jeweils in einen Leiter zusammengeführt. Die Leitersolltemperaturen ergeben sich für jeden Leiter aus den Heizkurven der Verbraucherart mit der jeweils höchsten Temperaturanforderung. Die Solltemperaturen der einzelnen Leiter in dem Untersuchungsquartier sind in Abbildung 3 (rechts) dargestellt.

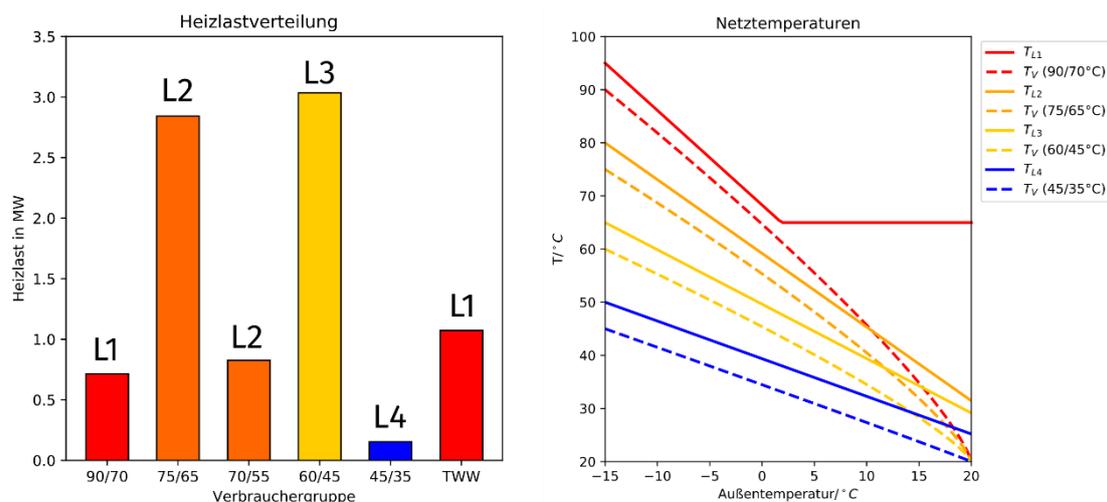


Abbildung 3: Verteilung der Verbrauchergruppen und verwendete Solltemperaturen der einzelnen Leiter im Untersuchungsquartier Berlin-Pankow. Quelle: Bedarfssimulation HRI

Da die netzgebundene Wärme vor allem dort rentabel ist, wo es eine hohe Wärmeabnahmedichte gibt, kommen insbesondere Bestandsgebiete in urbanen Räumen als Anwendungsraum in Frage. Unterschiedliche Temperaturanforderungen liegen in Gebieten vor, in denen es sowohl Neubauten, energetisch sanierte und (noch) nicht sanierte Bestandsgebäude gibt. Viele Städten weisen einen nicht unerheblichen Anteil denkmalgeschützter Gebäude auf, die nur mit großem finanziellen Aufwand zu sanieren sind und vermutlich auch mittelfristig verhältnismäßig hohe Wärmeverbräuche bei hohen Temperaturniveaus aufweisen werden. Solche Mischgebiete mit Gebäuden unterschiedlicher Baualtersklassen und Sanierungszustände sind grundsätzlich als Anwendungsräume für LowEx-Mehrleiter-Wärmenetze geeignet.

Anforderungen an die Erzeugerstruktur

Neben einer diversen Verbraucherstruktur braucht es für die Machbarkeit eines LowEx-Mehrleiter-Wärmenetzes unterschiedliche Wärmequellen in einem Quartier, die Wärme auf den durch die Verbraucherstruktur erforderlichen Temperaturniveaus bereitstellen können. Eine schematische Gegenüberstellung von Verbraucher- und Erzeugerstruktur zeigt Abbildung 4.

Mögliche Erzeugungsanlagen, die Wärme für Wärmenetze liefern, sind Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK, BHKW), Gaskessel für die Spitzenlast, Solarthermieanlagen, Niedertemperaturabwärme aus industriellen und gewerblichen Quellen (z.B. Bäckereien, Wäschereien, Pressluftherstellung, Rechenzentren) sowie Umweltwärme (Luft, Erdwärme, Flusswasser und Abwasser).

Für die Nutzung von Umweltwärme werden Wärmepumpen benötigt, um die Wärme auf ein nutzbares Temperaturniveau von mehr als 50 °C zu transferieren. Power-to-Heat-Anwendungen wie Elektrodenheizkessel zur Nutzung von erneuerbarem Strom sind ebenfalls geeignete Erzeuger für die netzgebundene Wärmeversorgung.

Erzeugerarten lassen sich anhand der erreichbaren Vorlauftemperaturen und ihrer Regelbarkeit charakterisieren. Bezüglich der Eigenschaft der Regelbarkeit werden nicht-regelbare und regelbare Erzeuger unterschieden. Die Regelbarkeit beschreibt, inwiefern es möglich und sinnvoll ist, eine Erzeugungsanlage flexibel in Abhängigkeit von dem Wärmebedarf im Netz zu fahren. Regelbare Erzeuger können zu einem beliebigen Zeitpunkt ihre Leistung in das Netz einspeisen. Nicht-regelbare Erzeuger stellen ihre Leistung in Abhängigkeit von externen Einflussgrößen bereit.

Als Vertreter der Kategorie regelbar können exemplarisch Gaskessel und Wärmepumpen und als Vertreter der Kategorie nicht-regelbar Solarthermie oder auch Abwärmeprozesse genannt werden. Aus Klimaschutzgründen ist in den meisten Fällen Wärme aus nicht-regelbaren Quellen bei der Einspeisung zu priorisieren, da sie häufig einen geringeren Primärenergiefaktor aufweist als Wärme von regelbaren Erzeugern und/oder im Betrieb kaum Emissionen anfallen (z.B. Solarthermie, Abwasserwärme). Um die Versorgungssicherheit auch in einem LowEx-Mehrleiter-Wärmenetz gewährleisten zu können, ist es notwendig eine ausreichend hohe Regelleistung auf den entsprechenden Temperaturniveaus vorzuhalten.

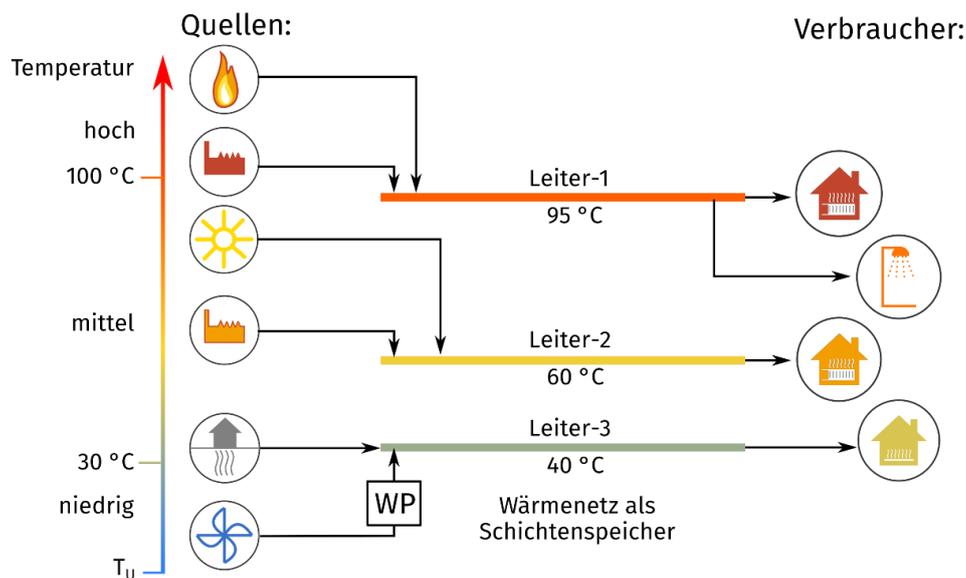


Abbildung 4: Diverse Verbraucher- und Erzeugerstruktur notwendig für Mehrleiternetz

Tabelle 1 charakterisiert die im Untersuchungsgebiet betrachteten Erzeuger hinsichtlich der erreichbaren Vorlauftemperaturen und der Regelbarkeit. Wärme aus erneuerbaren Energien oder Abwärme liegt in der Regel auf niedrigeren Temperaturniveaus vor als konventionelle Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung und ist in vielen Fällen als nicht regelbar zu charakterisieren.

Wärmequelle	Erreichbares Temperaturniveau	Regelbarkeit
BHKW	< 100 °C	regelbar
Gaskessel	< 100 °C	regelbar
Solarthermie	< 100 °C	nicht-regelbar
Wärmepumpen	< 60 °C	regelbar
Mitteltemperaturabwärme	100 – 50 °C	nicht-regelbar
Niedertemperaturabwärme	< 50 °C	nicht-regelbar

Tabelle 1: Charakterisierung der Wärmequellen nach erreichbaren Temperaturniveaus und Regelbarkeit

Welche Wärmequellen in einem Quartier zur Verfügung stehen und genutzt werden können, hängt von den lokalen Gegebenheiten ab. Art, Anzahl und Größe der Anlagen muss dabei zu der Verbraucherstruktur in einem Quartier passen, sich also an dem Temperaturniveau und dem Wärmebedarf pro Leiterpaar orientieren.

Um die vorhandenen Potenziale, zum Beispiel Dachflächen für Solarthermie, auszuschöpfen, kann es sinnvoll sein, mehrere kleinere dezentrale Anlagen anstelle weniger großer Anlagen zu realisieren. Bei der Gestaltung der Erzeugerstrukturen und der Dimensionierung spielen aber auch **ökonomische Überlegungen** eine Rolle. Aus Sicht der Energieversorger ist es sinnvoll, den Erzeugerpark so zu gestalten, dass die Gesamtkosten des Erzeugerparks und des Netzes, inklusive Investitionskosten und laufenden Kosten, möglichst gering sind.

Um Wärmeabnehmer gewinnen zu können, sollten zudem die Wärmegestehungskosten in einer vergleichbaren Größenordnung liegen wie Optionen der gebäudeindividuellen Versorgung (z.B. ein dezentraler Gaskessel oder eine Wärmepumpe). Ökonomische Analysen für das Untersuchungsgebiet zeigen, dass Erzeugerstrukturen mit vielen kleinen Anlagen (Szenario Dezentral) zu vergleichbaren Gesamtkosten führen wie solche mit wenigen großen Anlagen (Szenario Zentral), sofern die Wärmemengen aus den verschiedenen Wärmequellen ähnlich groß sind (s. *Abbildung 5*). Deutlich höher liegen die Kosten, wenn ein ambitioniertes Konzept umgesetzt werden soll, das den Anteil erneuerbarer Wärme und Abwärme auf Basis der vorhandenen Potenziale und der Verbraucherstruktur maximiert.

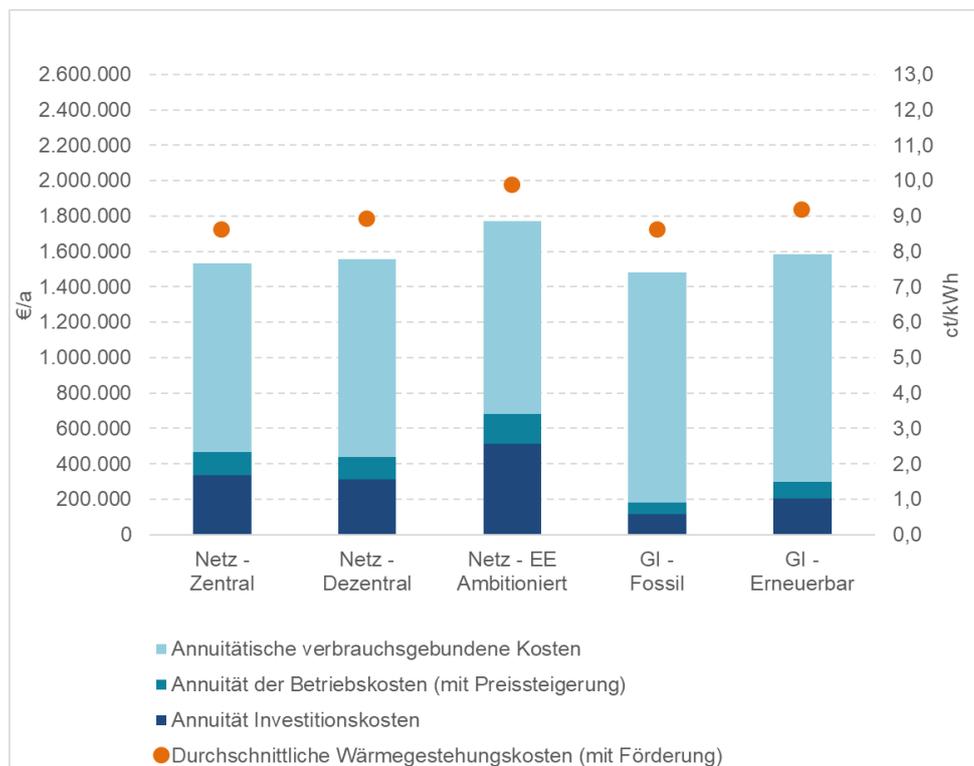


Abbildung 5: Annuitätische Gesamtkosten und durchschnittliche Wärmegestehungskosten für drei Erzeugerstrukturen mit LowEx-Mehrleiter-Wärmenetz (Netz) sowie für die gebäudeindividuelle Versorgung (GI-Fossil=Erdgas- und Heizölheizungen, EE = vergleichbarer Anteil Erneuerbarer wie bei Netz-Szenarien)

Die resultierenden durchschnittlichen Wärmegestehungskosten von etwa 9,0 ct/kWh (über 20 Jahre) sind bei günstigen Rahmenbedingungen wettbewerbsfähig im Vergleich zu Szenarien mit gebäudeindividueller Wärmeversorgung. Günstige Rahmenbedingungen beziehen sich auf technische Aspekte wie die Netzverluste (siehe unten) aber auch eine Steigerung der Gaspreise, die mit 2,6 % über 20 Jahre angenommen wurde. Da der Anteil verbrauchsgebundener Kosten bei der gebäudeindividuellen Versorgung mit Gas- und Ölkesseln deutlich höher ist als in den Szenarien mit LowEx-Mehrleiter-Wärmenetz, reagiert eine gasbasierte gebäudeindividuelle Versorgung deutlich sensibler auf höhere Gaspreissteigerungen als die anderen Szenarien. Ein Wärmeversorgungskonzept mit LowEx-Mehrleiternetz kann daher als stabiler gegenüber Preissteigerungen fossiler Energieträger beschrieben werden.

Positiv für die Wettbewerbsfähigkeit einer Wärmeversorgung mit LowEx-Mehrleiter-Netz im Vergleich zu einer überwiegend gasbasierten Versorgung wirkt sich ein verpflichtender Anteil erneuerbarer Energien und Abwärme aus, da über das Mehrleiternetz verschiedene verhältnismäßig kostengünstige Erzeuger integriert werden können. Bei einem überwiegend gasbasierten System besteht die Möglichkeit, Erdgas teilweise durch Biomethan zu ersetzen, um einen festgelegten Anteil erneuerbarer Wärme zu erreichen. Dies führt jedoch zu einer deutlichen Zunahme der Gesamtkosten, da Biomethan nahezu doppelt so teuer ist wie Erdgas (Dunkelberg et al. 2015). Soll beispielsweise ein Anteil von 50 % erneuerbarer Wärme erzielt werden, so lassen sich mit den Szenarien Netz-Zentral und Netz-Dezentral geringere Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten erzielen als mit dem Szenario der fossilbasierten, gebäudeindividuellen Versorgung (GI-Fossil).

Bei der Wahl und Dimensionierung der Erzeugungsanlagen sind außerdem folgende Aspekte zu beachten:

Bei *Solarthermieranlagen* liegen die Wärmegestehungskosten bei größeren Anlagen deutlich niedriger als bei Kleinanlagen, sofern die erzeugte Wärme bei den größeren Anlagen auch genutzt werden kann. Solarthermieranlagen sollten daher in den im LowExTra-Projekt untersuchten Szenarien eine Mindestgröße von etwa 300 m² aufweisen, um wettbewerbsfähige Wärmegestehungskosten zu erzielen. Zudem sollten sie passend zum Wärmebedarf im Quartier dimensioniert sein, so dass möglichst viel der erzeugten Wärme genutzt werden kann. Bei einer Realisierung ohne saisonalen Speicher, richtet sich die Dimensionierung nach der Sommerlast im Quartier. Im Untersuchungsgebiet lassen sich ohne zusätzlichen Speicher mit einer Gesamtfläche von etwa 900 m² Solarthermie noch wettbewerbsfähige Wärmegestehungskosten erzielen. Solarthermie erzeugt in einem solchen Szenario nur etwa zwei bis drei Prozent der im Quartier benötigten Wärme. Höhere Anteile lassen sich in Kombination mit saisonalen Speichern erzielen.

Bei den *Wärmepumpen* hängen die erzielten Wärmegestehungskosten weniger von der Größe der Anlagen als von der Jahresarbeitszahl und der jährlichen Laufzeit der Anlagen ab. Aufgrund der verhältnismäßig hohen Investitionskosten bei Wärmepumpen, sind aus betriebswirtschaftlicher Perspektive der Anlagenbetreiber aber auch mit Blick auf die jährlichen Gesamtkosten der netzgebundenen Wärmeversorgung möglichst lange Laufzeiten günstig. Im Szenario Netz-EE-Ambitioniert zeigt sich beispielsweise, dass die Gesamtkosten deutlich zunehmen, wenn sehr viele Wärmepumpen in das System integriert sind.

Das Netz ist offen für die dezentrale Einspeisung. Die Einbindung von *Prosumenten* ist ebenfalls möglich. Bei Wärmepumpen fallen die Wärmegestehungskosten im Fall einer Netzanbindung geringer aus (je nach Anlagentyp 7 bis 10 ct/kWh) als ohne Netzananschluss (je nach Anlagentyp 10 bis 13 ct/kWh). Allerdings können aufgrund der durch die Verbraucherstruktur festgelegten Wärmemenge bestimmter Temperaturen nicht beliebig viele Wärmepumpen integriert werden. Die Gesamtkosten und durchschnittlichen Wärmegestehungskosten des Systems erhöhen sich daher, wenn so viele Wärmepumpen im System sind, dass deren Wärme nur in geringer Menge vom Netz aufgenommen werden kann. Es braucht daher einen zentralen Akteur, der über die Einbindung und Einspeisung der Anlagen entscheidet.

Verhältnismäßig niedrige Wärmegestehungskosten von etwa 8 ct/kWh lassen sich auch mit gewerblicher Abwärme beispielsweise von Bäckereien oder Abwasserwärme erzielen, so dass die Einbindung solcher Wärmequellen aus ökonomischer Perspektive sinnvoll ist.

In die ökonomischen Analysen gehen zahlreiche Parameter ein, die die Ergebnisse beeinflussen und auf die an dieser Stelle nicht im Detail eingegangen werden kann. Eine ausführliche Beschreibung der ökonomischen Analysen aus der Perspektive der unterschiedlichen beteiligten Akteure (Erzeuger, Netzbetreiber, Abnehmer) findet sich in Dunkelberg et al. (2018).

Wie sieht die technische Gestaltung des Netzes aus?

Anforderungen an das Netzkonzept

Damit ein LowEx-Mehrleiter-Wärmenetz flexibel hinsichtlich Bereitstellung und Entnahme von Wärme reagieren kann, bedarf es eines angepassten hydraulischen Netzkonzepts. Im Forschungsvorhaben wurde daher ein neuartiges hydraulisches Konzept entwickelt (s. *Abbildung 6* exemplarisch für ein Dreileiternetz).

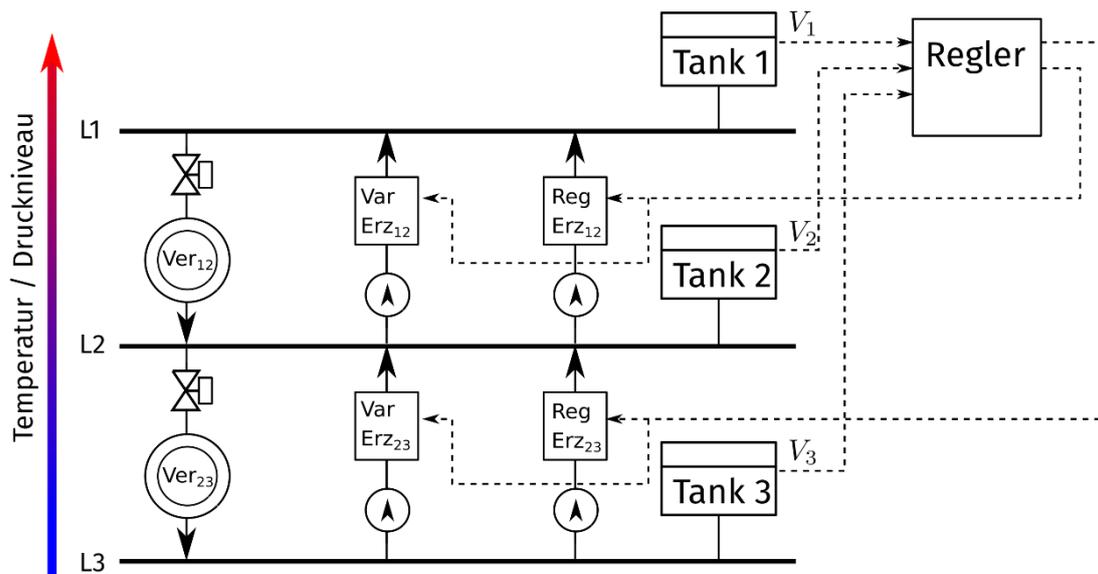


Abbildung 6: Vereinfachtes hydraulisches Netz- und Regelungskonzept eines LowExTra-Wärmenetzes, "Ver" - Verbraucher, "Var Erz" - "Nicht-Regelbare Erzeuger", "Reg Erz" - Regelbare Erzeuger

Das Temperatur- und Druckniveau im Netz ist im Leiter L1 jeweils am größten und im untersten Leiter (hier L3) am niedrigsten. Verbraucher und Erzeuger werden zwischen zwei benachbarten Leitern angeschlossen. Die einzelnen Leiter sind darüber hinaus durch die Verwendung von mindestens einem Tank pro Leiter hydraulisch voneinander entkoppelt. Die Tanks sind geschlossen und verfügen über eine entsprechende Druckregelung. Ziel der Verwendung der Tanks ist es, Verbrauch und Erzeugung zeitlich voneinander zu entkoppeln. Dadurch ist es möglich regelbare Erzeugeranlagen bedarfsgerecht zu betreiben. Am Füllstand der Tanks kann der jeweilige Lastzustand der einzelnen Leiter im Wärmenetz ermittelt werden. Ist der Verbrauch von Leiter 1 nach Leiter 2 größer als die Erzeugung, so sinkt der Füllstand von Tank 1. Ist hingegen die Erzeugung größer als der Verbrauch, so steigt der Füllstand von Tank 1 an. Diese Information ist für die Steuerung der regelbaren Erzeuger nutzbar. Des Weiteren kann die Speicherfähigkeit der Tanks verwendet werden, um das Wärmeangebot von nicht-regelbaren Erzeugern bestmöglich auszunutzen. Weiterführende Informationen zu den betrachteten hydraulischen Konzepten kann (Bachmann, M. et al.) entnommen werden.

Anforderungen an das Regelungskonzept

Der Füllstand der Tanks wird genutzt, um die aktuelle Lastsituation im Wärmenetz an zentraler Stelle zu ermitteln. Diese Information dient dazu, regelbare und nicht-regelbare Erzeugeranlagen im Netz zu steuern. Ziel ist es den Füllstand der Tanks im kontinuierlichen Betrieb des Netzes auf einem vorgeschriebenen Niveau zu halten. Regelbare Erzeuger können in ihrem gesamten Leistungsspektrum reguliert werden, wohingegen bei nicht-regelbaren

Erzeugern lediglich die Netzeinspeisung unterbunden werden kann. Ziel dieser Netzregelung ist es primär, die Erzeugung an den Verbrauch anzupassen, ohne den exakten Verbrauch eines jeden Verbrauchers dezentral zu ermitteln. Dies ist in klassischen Wärmenetzen ebenso notwendig wie in einem LowEx-Mehrleiter-Wärmenetz. Wird die Erzeugung nicht an den Verbrauch angepasst, kann dies zu einer Unter- oder Überversorgung des Wärmenetzes kommen. Somit ist auch in einem LowEx-Mehrleiter-Wärmenetz eine zentrale Erzeugerregelung zwingend notwendig. Das sekundäre Ziel dieser Erzeugerregelung ist es effiziente Erzeuger zu priorisieren. Dadurch können das energetische Potenzial eines Erzeugerparks bestmöglich ausgenutzt, die CO₂-Emissionen gesenkt und der Gesamtwirkungsgrad der Erzeugeranlagen verbessert werden. Dies ist ebenfalls nur durch eine zentral gesteuerte Erzeugerregelung möglich.

Festlegung der Leiteranzahl

Aus technischer Sicht kann eine Erhöhung der Leiteranzahl im Netz zu einer optimalen Versorgung von Verbrauchergruppen durch einzelne Wärmequellen führen. Grenzen für die Leiteranzahl ergeben sich vor allem aus ökonomischen Gründen. Die Verlegung des Netzes und die Gestaltung der Anschlussstationen werden mit zunehmender Leiterzahl ebenfalls schwieriger umsetzbar. Mit zunehmender Anzahl der Leiter steigen die Investitionskosten in die Netzinfrastruktur. Verdoppelt sich die Leiterzahl, so erhöhen sich die Netz-Investitionskosten um etwa 30 bis 50 %. Es handelt sich hierbei um einen geschätzten Wert, der im Austausch mit Netzbetreibern getroffen wurde. Bezogen auf die Gesamtkosten der Wärmeversorgung überwiegen jedoch die verbrauchsgebundenen Kosten (s. *Abbildung 5*). So erhöhen sich die Annuitäten der Gesamtkosten bei einem Betrachtungszeitraum von 40 Jahren bei einer Verdopplung der Leiterzahl nur um etwa 2 bis 3 %. Unter Umständen können diese Mehrkosten dazu führen, dass die netzgebundene Versorgung teurer ist als eine gebäudeindividuelle Wärmeversorgung. Unter günstigen Rahmenbedingungen (geringe Netzverluste, günstige Abwärmequellen, steigende Gaspreise) lassen sich jedoch auch mit mehr als drei Leitern wettbewerbsfähige Wärmegestehungskosten erzielen.

Anforderungen an den Netzverlust

Die Wärmeverluste im Netz sind eine sehr relevante Einflussgröße für die Wirtschaftlichkeit und die Wettbewerbsfähigkeit des LowEx-Mehrleiter-Wärmenetzes. Die technischen Simulationen ergaben einen Netzverlust von 3 % der erzeugten Wärme für das betrachtete Untersuchungsgebiet. Unter diesen Umständen lassen sich für das Untersuchungsgebiet mit der netzgebundenen Wärmeversorgung im Vergleich zur gebäudeindividuellen Versorgung mit vergleichbarem Anteil erneuerbarer Energien geringere Gesamtkosten erzielen. Erhöht sich der Netzverlust jedoch um wenige Prozent, so verliert die netzgebundene Wärmeversorgung unter den angenommenen ökonomischen Randbedingungen ihren Vorteil in den Gesamtkosten gegenüber einer gebäudeindividuellen Wärmeversorgung.

Die Wärmeverluste hängen von der gewählten Rohrdämmung und der Verlegeart ab. Wird die Rohrdämmung reduziert, so verringern sich die Investitionskosten des Netzes. Gleichzeitig steigen jedoch die betriebsgebundenen Kosten aufgrund der gestiegenen Wärmeverluste an. Im direkten Vergleich des LowEx-Mehrleiter-Wärmenetzes mit der konventionellen Fernwärme ist davon auszugehen, dass die Wärmeverluste, bei gleicher Verlegeart und gleicher Dämmstärke beim LowEx-Mehrleiternetz deutlich geringer ausfallen, da die mittlere Netztemperatur niedriger ist. Im betrachteten Untersuchungsgebiet sind die Netzverluste den Simulationen zufolge um 15 % geringer im Vergleich zu einer zentralen Zwei-Leiter-Netzstruktur.

Wer kann das Mehrleiternetz und die Erzeugungsanlagen betreiben?

In die Konzeption und Umsetzung eines LowEx-Mehrleiter-Wärmenetzes ist eine Vielzahl von Akteuren einzubinden. Dies betrifft neben den Planungs- und Genehmigungsprozessen vor allem die Wärmeerzeugung, den Netzbetrieb und die Gestaltung von Liefer- und Abnahmebeziehungen (vgl. *Abbildung 7*). In der konventionellen Wärmeversorgung betreibt meist ein Akteur als integrierter Versorger die gesamte Wertschöpfungskette der Fernwärme von der Erzeugung, über den Netzbetrieb bis zum Vertrieb der Wärme. Es kann sich abhängig von den lokalen Gegebenheiten und Akteurskonstellationen um einen privatwirtschaftlichen Energieversorger, ein kommunales Stadtwerk oder eine Energiegenossenschaft handeln. Ein solches Modell ist auch bei einem LowEx-Mehrleiter-Wärmenetz denkbar. Um die vorhandenen Potenziale auszuschöpfen, kann es aber auch sinnvoll sein, Netzbetrieb und Wärmeerzeugung zumindest teilweise zu trennen. So können vorhandene objektbezogene Anlagen wie dezentrale Wärmepumpen an das Netz angebunden werden und auf diese Weise effizienter betrieben werden.



Abbildung 7: Beteiligte Akteure in der netzgebundenen Wärmeversorgung

Voraussetzung für einen stabilen Netzbetrieb ist allerdings, dass der Netzbetreiber die Regelung der Anlagen übernimmt, das heißt, er bestimmt anhand der Informationen zur Lastsituation im Wärmenetz, wann die Anlagen in welchem Umfang Wärme in das Netz einspeisen. Eine solche Regelung hat über die Wärmeabnahmemenge Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit und Refinanzierung der Erzeugungsanlagen. Ein mögliches Instrument zur Gewährleistung des wirtschaftlichen Anlagenbetriebs ist eine vertraglich gesicherte Mindestabnahmemenge. Der Netzbetreiber als zentraler Akteur muss dabei den Erzeugerpark passend zum Wärmeverbrauch des Quartiers gestalten, um ebenfalls einen rentablen Betrieb und eine Refinanzierung der Netzinvestitionen zu erreichen. Da die Wärmeerzeuger unterschiedlich hohe Wärmegestehungskosten aufweisen, ist es sinnvoll, technologiespezifische Vergütungen für die Wärme zu gestalten. Auf diese Weise ist es möglich, die vorhandenen Potenziale möglichst auszuschöpfen und beispielsweise auch kleinere Solarthermieanlagen zu realisieren, sofern in der Summe wettbewerbsfähige Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten erzielt werden.

Für Formen der Organisation, bei denen individuelle, gebäudebezogene Anlagen von einem externen Netzbetreiber betrieben und organisiert werden oder sogar in deren Besitz sind, muss bei Wohnungs- und Hauseigentümern noch um Akzeptanz geworben werden. In einer Befragung im Rahmen des LowExTra-Projekts standen Wohnungs- und Hauseigentümer sowohl der Steuerung und Wartung der individuellen Heizungsanlage durch einen externen Betreiber eher kritisch gegenüber als auch dem Konzept, dass die gebäudebezogene Heizanlage im Besitz eines externen Erzeugers ist, der für den Stellplatz Miete zahlt. Hier spielt sicher eine Rolle, dass dieses Konzept bisher nicht verbreitet ist und bei Wohnungs- und Hauseigentümern wenige Informationen über die Vor- und Nachteile vorhanden sind.

Für die Akzeptanz eines LowEx-Mehrleiter-Wärmenetzes ist hinsichtlich der Organisation und des Betriebs und gerade auch in Hinblick auf technologiespezifische Vergütungen auf Verteilungsgerechtigkeit zu achten, das heißt die gerechte Verteilung der Kosten und Nutzen des Wärmenetzes unter den verschiedenen Akteuren des Wärmenetzes, insbesondere, da in einem LowEx-Mehrleiter-Wärmenetz, das sich aus vielen kleineren, mittleren und einzelnen großen Anlagen speist, eine Vielzahl von Akteuren eingebunden ist. Daher spielen bei diesem Wärmenetz auch das Vertrauen und der Zusammenhalt innerhalb der beteiligten Kommune(n) eine Rolle. Je stärker das Wärmenetz von vielen kleinen Anlagen abhängig ist, desto wichtiger wird der Aspekt des Vertrauens in die Akteure des LowEx-Wärmenetzes. Um eine Verteilungsgerechtigkeit zu gewährleisten und Vertrauen zu schaffen, ist eine frühzeitige Einbindung aller relevanten Akteure in den Implementierungsprozess zu gewährleisten (prozedurale Gerechtigkeit).

Wie attraktiv ist die Wärmeversorgung für die VerbraucherInnen?

Aus Sicht der Wärmeabnehmer und der direkten Wärmenutzer sollte die netzgebundene Wärmeversorgung nicht oder nur wenig teurer sein als eine gebäudeindividuelle Versorgung. Denn, dies zeigt auch die Befragung im Rahmen des Projektes, bei der Wahl des Heizsystems sind neben der Versorgungssicherheit vor allem ökonomische Faktoren entscheidend.

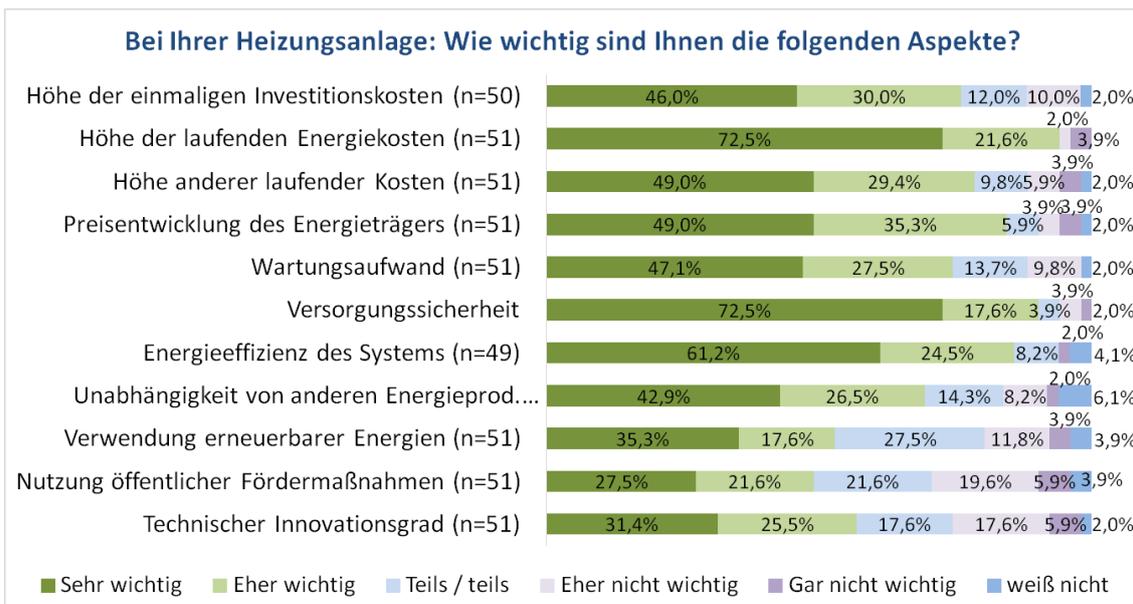


Abbildung 8: Ergebnisse aus der Befragung von Haus- und Wohnungseigentümern zur Relevanz verschiedener Aspekte bei der Wahl der Heizungsanlage

Unter den ökonomischen Faktoren sind vor allem die laufenden Wärmekosten für VerbraucherInnen relevant. Diese spielen im Vergleich zu den einmaligen Investitionskosten der Befragung zufolge eine größere Rolle bei der Wahl eines Heizsystems. Die Befragten der LowExTra-Befragung würden für den Wechsel zu einem System mit einem höheren Anteil an erneuerbaren Energien eher eine höhere Anfangsinvestition in Kauf nehmen als höhere laufende Preise. Die Mehrheit der VerbraucherInnen ist nicht bereit, für den Bezug von Wärme aus erneuerbaren Energien höhere Preise in Kauf zu nehmen. Aber auch hier ist ein Sinneswandel wahrzunehmen. In der Befragung von Wohnungs- und Hauseigentümern im Rahmen des LowExTra-Projekts war immerhin etwa ein Drittel bereit, höhere laufende Kosten von 5-10% für den Bezug von Wärme aus Erneuerbaren Energien in Kauf zu nehmen.

Eine langfristige Preisbindung wird von VerbraucherInnen dagegen negativ bewertet, ebenso wie eine Kopplung an den Gas- oder Ölpreis. Die Möglichkeit der Inanspruchnahme von Fördermitteln spielt bei der Wahl des Heizsystems eher eine untergeordnete Rolle.

Welche Versorgungsart die Wärmeabnehmer als Referenz heranziehen, hängt von der Art des Gebäudes, ihrer Rolle (Selbstnutzer oder Vermieter) und ihren individuellen Einstellungen und Präferenzen ab. So gelten nach EnEV und EEWärmeG für Neubauten andere Vorgaben bei der Wahl des Heizungssystems als für Bestandsgebäude, und Vermieter müssen anders als Selbstnutzer das Wirtschaftlichkeitsgebot bei den Nebenkosten beachten. Eine Herausforderung für die Umsetzung eines LowEx-Mehrleiternetzes ist der vermietete Mehrfamilienhausbestand. Unter den aktuellen Rahmenbedingungen sind dezentrale Gaskessel für diese Gebäude häufig die kostengünstigere Versorgungsoption. Gleichzeitig ist ein Anschluss dieser Gebäude aus Sicht der Netzbetreiber wichtig, um eine hohe Anschlussdichte zu erzielen.

Für die individuelle Bewertung der Kosten von Wärmesystemen durch die Wärmeabnehmer spielt außerdem der Informationsgrad gerade bei selbst nutzenden Wohnungs- und Hauseigentümern eine Rolle. Bisher fühlen sich diese gerade über Preise und Kosten von Heizsystemen und insbesondere Wärmenetzen nur gering informiert. Umfassende, verständliche, leicht zugängliche und transparente Informationen sowie unabhängige Beratungsangebote zu den verschiedenen Kostenarten (Anschlusskosten, Wärmegrundpreis, Wärmearbeitspreis) sind daher sehr wichtig zur Förderung eines Übergangs zu neuartigen Wärmesystemen.

Für die Akzeptanz eines LowEx-Mehrleiter-Wärmenetzes bei potenziellen Nutzerinnen und Nutzern spielen neben den bereits erwähnten ökonomischen Faktoren auch weitere Faktoren eine Rolle. Bei der Wahl des Heizsystems ist für VerbraucherInnen neben den ökonomischen Faktoren vor allem die Versorgungssicherheit entscheidend. Auf diesen Aspekt muss bei der Einführung und Kommunikation eines LowEx-Mehrleiter-Wärmenetzes gegenüber potenziellen VerbraucherInnen insbesondere geachtet werden, dies gilt in besonderem Maße für den Fall, dass eine Vielzahl von gebäudebezogenen Anlagen in das System eingebunden ist und deren Betrieb abgestimmt werden muss.

Faktoren wie die Unabhängigkeit von anderen Erzeugern spielen für VerbraucherInnen ebenfalls eine Rolle bei der Bewertung von Heizsystemen. Die Abhängigkeit von einem oder mehreren Erzeugern in einem Wärmenetz im Gegensatz zur gebäudeindividuellen Versorgung wird von individuellen VerbraucherInnen eher kritisch gesehen. Dies gilt insbesondere, wenn es wenig Vertrauen in den Erzeuger gibt, z. B. weil wenig Informationen über den Erzeuger vorhanden sind oder es sich nicht um einen regionalen Anbieter handelt. Gleichzeitig bedeutet ein Wärmenetz eine geringere Kontrolle über das eigene Heizsystem. Von der Wohnungswirtschaft

hingegen wird die Wärmebereitstellung und Wartung der Anlagen durch einen externen Betreiber als Vorteil geschätzt.

Ökologische Faktoren spielen bei VerbraucherInnen eine geringere Rolle als ökonomische Faktoren. Das bedeutet, dass ein hoher Anteil an Erneuerbaren Energien zwar ein Argument für die Wahl eines Heizsystems sein kann, aber nur, wenn dabei die Kosten nicht oder nur sehr geringfügig über denen konventioneller Alternativen liegen. Im Gegensatz zu den finanziellen Aspekten empfinden sich VerbraucherInnen hinsichtlich der Umweltaspekte von Heizungssystemen als eher besser informiert. Hier geht der Zugang zum Thema eher über den Energieträger (Biomasse, Sonne etc.) als über die Anlagentechnik.

Der Bezug von Wärme aus Erneuerbaren Energien wurde von den im LowExTra-Projekt befragten Wohnungs- und Hauseigentümern über ein Wärmenetz eher als leichter angesehen als durch ein individuelles Heizsystem. Hier liegt in Bezug auf Umweltaspekte also ein Vorteil bei Wärmenetzen. Auf der anderen Seite wurden bei der hauseigenen Heizanlage in den besseren Möglichkeiten der individuellen Regulierung Vorteile für ein umweltfreundliches Heizen gesehen.

Welche politischen Rahmenbedingungen sind notwendig?

Die im Rahmen des LowExTra-Projektes untersuchten Wärmenetze können erneuerbare Energien und Abwärme perspektivisch kosteneffizient und flexibel integrieren und stehen somit im Einklang mit den klima- und energiepolitischen Ambitionen der Bundesregierung, die eine weitgehende Dekarbonisierung des Wärmesektors bis zum Jahr 2050 vorsehen.

Damit innovative Wärmekonzepte wie LowEx-Wärmenetze eine bedeutsame Rolle spielen können, sind jedoch zeitnah Anpassungen an den regulatorischen Rahmenbedingungen notwendig. Im Folgenden werden ausgewählte, aus Sicht der Autor/innen für die die Steigerung der Attraktivität von Wärmenetzen mit hohem EE-Anteil besonders relevante, Handlungsoptionen vorgestellt. Eine Reihe weiterer politischer Handlungsmöglichkeiten wird in einer separaten Publikation des Forschungsvorhabens ausgeführt (Schneller et al. 2018).

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens LowExTra zeigen, dass LowEx-Mehrleiter-Wärmenetze mit einem angepassten Netz- und Regelungskonzept technisch umsetzbar sind und sich durch die Einbindung unterschiedlicher Wärmequellen vorhandene Potenziale an erneuerbarer Wärme, Umweltwärme und Abwärme nutzen lassen. Geeignet ist das Mehrleiterkonzept vor allem in urbanen Gebieten mit heterogener Verbraucherstruktur und einer Vielzahl an verfügbaren Wärmequellen.

Einfluss der Preisstruktur im Wärmemarkt auf die Wettbewerbsfähigkeit

Die Gesamtkosten und die im Gesamtsystem erzielbaren durchschnittlichen Wärmegestehungskosten sind vergleichbar mit denen anderer Wärmeversorgungsoptionen (gebäudeindividuelle Versorgung mit fossilen oder erneuerbaren Ressourcen). Allerdings liegen bei einigen Verbrauchergruppen, vor allem älteren, un- und teilsanierten Mehrfamilienhäusern die Wärmegestehungskosten des LowEx-Mehrleiter-Wärmenetzes höher als die gebäudeindividuelle Gas- oder Ölkessel. Da für die Machbarkeit des Konzeptes eine hohe Wärmeabnahmedichte erforderlich ist, stellt dies ein Hemmnis für die Umsetzung des Wärmenetzes dar.

Eine Ursache dafür, dass es derzeit wenig ökonomische Anreize für eine klimaschonende Wärmeversorgung mit hohem Anteil erneuerbarer Energien gibt, ist die aktuelle Preisstruktur des Wärmemarktes, mit relativ niedrigen Preisen für fossile Energieträger.

In den vergangenen zwei Jahren lagen beispielsweise die Preise für leichtes Heizöl deutlich unter dem früheren Preisniveau, zudem haben sich die Gas- und Steinkohlepreise ebenfalls auf einem niedrigen Niveau eingependelt (s. Abbildung 9). Die mit den niedrigen fossilen Brennstoffpreisen verbundene fehlende Internalisierung von Klimafolgekosten stellt somit ein großes Hemmnis für die Transformation hin zu einer klimafreundlichen Wärmeversorgung dar. Die niedrigen Preise führen dazu, dass objektbezogene Öl- und Gaskessel bei einigen Verbrauchergruppen die günstigste Wärmeversorgungsoption darstellen. Auch die Gas- und Kohlebasierte Wärmeerzeugung in zentralen Heizkraftwerken bleibt weiterhin konkurrenzfähig.

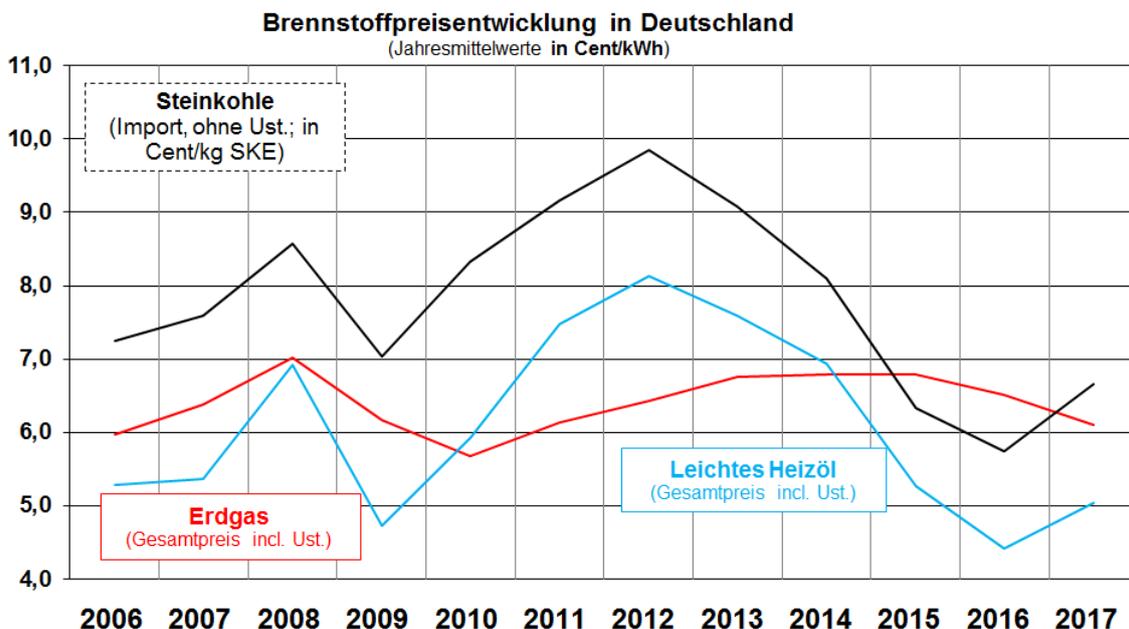


Abbildung 9: Entwicklung der Brennstoffpreise im Zeitraum 2006 bis 2017
Bund der Energieverbraucher 2017, Daten: Statistisches Bundesamt.

Im vermieteten Bestand kommt erschwerend hinzu, dass das Wirtschaftlichkeitsgebot bei den Nebenkosten greift. Dies bedeutet, dass Vermieter hinsichtlich ihrer Handlungsmöglichkeiten beim Wechsel zu einer teureren Wärmeversorgung stark eingeschränkt sind. Ältere, un- und teilsanierte Mehrfamilienhäuser stellen somit eine Verbrauchergruppe dar, die unter den aktuellen Marktbedingungen voraussichtlich nur schwer für den Anschluss an ein LowEx-Mehrleiter-Wärmenetz zu motivieren ist. Instrumente zur Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit von LowEx-Wärmenetzen können in diesem Zusammenhang beispielsweise gezielte Förderprogramme für klimaschonende Erzeugungsanlagen oder von Netzlösungen mit hohem Anteil erneuerbarer Energien und Abwärme sein (wie bereits umgesetzt im Rahmen der BMWi-Förderung Wärmenetze 4.0) oder die Förderung von Wärmecontracting-Konzepten in Bestandsgebäuden.

CO₂-Steuer auf fossile Energieträger

Neben diesen Instrumenten ist es jedoch sinnvoll und notwendig, dass die Folgekosten von CO₂-Emissionen stärker als bisher internalisiert werden und sich der ökologische Nutzen erneuerbarer Energieträger in einem Preisvorteil ausdrückt. Höhere Kosten von gas- oder ölbetriebenen Wärmeversorgungsanlagen, beispielsweise durch eine CO₂-Steuer, würden die

Wettbewerbsfähigkeit verschiedener klimaschonender Wärmeversorgungsoptionen, und damit auch eines LowEx-Mehrleiter-Wärmenetzes mit hohem EE-Anteil, unmittelbar verbessern.

Die Einführung einer CO₂-Steuer wird beispielsweise als wesentliche Bedingung für die Transformation der dänischen Wärmeversorgung angesehen. In Dänemark ist Biomasse als Wärmequelle von der Besteuerung ausgenommen, während auf fossile Brennstoffe eine gesonderte Steuer erhoben wird, sodass die Strom- und Wärmeerzeugung auf Grundlage von Biomasse eine gute Wettbewerbsposition innehat.

Eine CO₂-Steuer auf fossile Brennstoffe wäre außerdem gut geeignet, um angemessen auf veränderte Marktbedingungen durch Preisschwankungen bei fossilen Energieträgern zu reagieren. Die Steuer könnte bei sinkenden Öl- Gas- oder Kohlepreisen kurzfristig erhöht werden, um die externen Kosten der fossilen Energieträger weiterhin in ausreichendem Maße abzubilden und den gewünschten Ausbauanreiz für Wärmeerzeugungsanlagen auf EE-Basis zu erhalten.

Anpassung der Primärenergiefaktoren

Anpassungen der in der Energieeinsparverordnung (EnEV) sowie in den dort zitierten Normen verankerten Primärenergiefaktoren (PEF) könnten durch Anreize für die Verwendung von kohlenstoffarmen Energieträgern eine zusätzliche ökologische Steuerungswirkung entfalten. Dies gilt insbesondere für die Berechnung der PEF beim Bezug von Fernwärme.

Die PEF sind derzeit in vielen Fällen kein geeignetes Maß zur Bestimmung der Treibhausgasemissionen eines Energieträgers und haben in Bezug auf den Klimaschutz nur eine bedingte Lenkungswirkung. So berücksichtigt die aktuelle Berechnungsmethode der PEF nicht ausreichend die Kohlenstoffintensitäten von fossilen Energieträgern. Erdgas, Heizöl und Steinkohle werden mit dem gleichen PEF = 1,1 bewertet, obwohl sie deutliche Unterschiede bei der Klimaschädlichkeit aufweisen (Oschatz et al. 2016, S.8) (s. Abbildung 10).

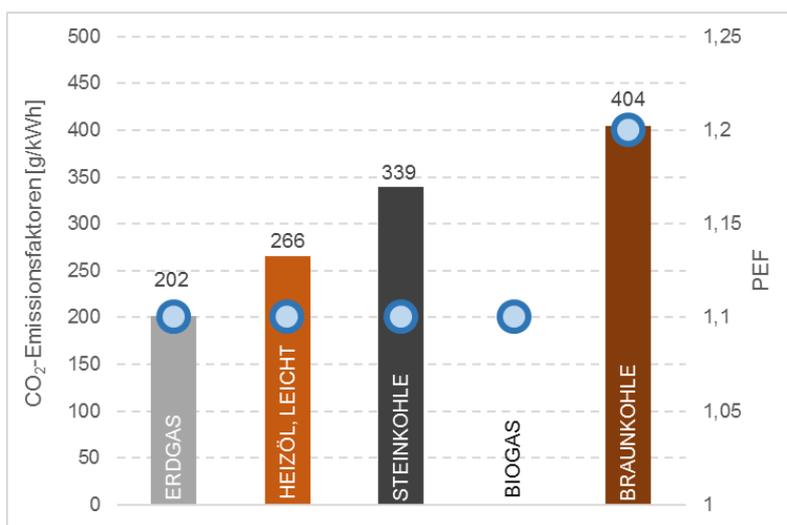


Abbildung 10: CO₂-Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren von fossilen Energieträgern, ASUE 2016.

Die Berechnung der PEF für Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist aufgrund des hohen Anteils KWK-basierter Wärme für die leitungsgebundene Wärmeversorgung von großer Bedeutung. Im Gegensatz zur ungekoppelten Erzeugung ist der Brennstoffaufwand bei der

Kraft-Wärme-Kopplung den Produkten Strom und Wärme nicht eindeutig zuordenbar. Vielmehr bedarf es dazu einer rechnerischen Aufteilungsregel.

In der Praxis finden verschiedene Allokationsmethoden Anwendung (BDEW, 2015). Bei der sogenannten „Stromgutschriftmethode“ ergibt sich über die Multiplikation der erzeugten Strommenge mit einem Referenzwert (PEF Strom) und der Differenzbildung zur eingesetzten Brennstoffmenge der Brennstoffanteil für die Wärmeerzeugung (AGFW, 2014). Für den in KWK produzierten Strom erfolgt eine Gutschrift. In der Praxis können über die Stromgutschriftmethode rechnerisch sehr niedrige PEF erzielt werden. Teilweise können Wärmeversorger mit KWK sogar einen PEF von nahezu Null vorweisen. Trotz des Einsatzes klimaschädlicher Brennstoffe suggerieren solche niedrigen Werte eine klimafreundliche Wärmeversorgung. Durch diese Bewertungssystematik des Primärenergieeinsatzes werden nur schwache Anreize erzeugt um einen größeren Anteil emissionsärmerer Brennstoffe einzusetzen (Maaß et al. 2015, S.57).

Eine gesetzliche Regelung, die eine stärkere Ausrichtung der PEF an den Klimaschutzziele vornimmt, kann durch eine Bewertung nach CO₂-Intensität der verwendeten Brennstoffe erzielt werden. Dabei müssen auch weitere klimaschädliche Treibhausgase durch CO₂-Äquivalente Berücksichtigung finden. Kurzfristig muss der PEF dahingehend reformiert werden, dass beim Einsatz fossiler Energieträger die Verschlechterung der ökologischen Qualität des Wärmebezugs abgebildet wird. Hierfür ist die Transparenz der Berechnungsmethode zu erhöhen. Für Wärme aus KWK müssten zur korrekten Determinierung des CO₂-Gehalts der Wärme die Emissionen von Strom- und Wärmeversorgung getrennt berechnet werden, was derzeit durch die Gutschriftmethode bei der gekoppelten Erzeugung verhindert wird.

Vorgaben zu Anteilen Erneuerbarer in der leitungsgebundenen Wärmeversorgung

Eine weitere ordnungsrechtliche Möglichkeit den Anteil erneuerbarer Energien (EE) in Wärmenetzen zu erhöhen, besteht darin, angebotsseitig Mindestanforderungen für die Einbindung von erneuerbarer Wärme in Wärmenetze festzulegen. Bisher sieht das EEWärmeG keinen EE-Mindestanteil in Nah- und Fernwärmenetzen vor. Anknüpfungspunkt könnte die Förderung nach dem KWKG sein, die für Nahwärmenetze bereits einen EE-Mindestanteil vorsieht, oder das ursprünglich für 2017 zur Verabschiedung vorgesehene Gebäudeenergiegesetz (GEG). Im Referentenentwurf des GEG wurde in § 45 bereits ein Mindestanteil an EE- oder KWK-Wärme für Wärmenetze vorgesehen.

Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU (RL 2009/28/EG) fordert ebenfalls Maßnahmen zur Erhöhung des EE-Anteils im Gebäudesektor. Da die derzeitige Regelung des EEWärmeG als Ersatzmaßnahme die Nutzung von hocheffizienter fossiler KWK-Wärme in Wärmenetzen erlaubt, ist eine Verschärfung der Regelung hin zu einem EE-Mindestanteil auch im Sinne der geltenden Anforderungen des EU-Rechts. Eine EE-Pflicht für Wärmenetze stellt aber für Bestandsnetze mit hohen Vorlauftemperaturen eine große Hürde dar, da die Einbindung erneuerbarer Wärme wie Solarthermie oder Abwärme aus Abwasser aufgrund der geringeren Temperaturen erschwert ist und auch Anpassungen auf der Abnehmerseite fordert (Clausen 2017, S.18).

Eine andere Handlungsoption den Anteil von EE in Wärmenetzen zu erhöhen, ist eine nachfrageseitige Steuerung durch eine Anhebung der Effizienzstandards für Neubauten und Bestandsgebäude. Hierbei kann auf die Pflicht zur EE-Nutzung für Neubauten im EEWärmeG schrittweise aufgebaut werden, die vorschreibt, einen Anteil des Wärme- und Kältebedarfs aus EE zu decken. Ersatzweise kann das Kriterium durch leitungsgebundene Versorgung erfüllt werden, sofern diese zu einem wesentlichen Anteil aus EE, Abwärme oder KWK-Wärme erzeugt

wird. Die Anforderung eines qualifizierten EE-Mindestanteils sollte perspektivisch auf den Gebäudebestand ausgeweitet werden.

Eine Pflicht zur Erfüllung des EE-Mindestanteils könnte auch mit einem Auslösetatbestand verbunden werden, beispielsweise bei größeren Investitionen in neue Wärmeanlagen (Paar et al. 2013, S. 243). Eine entsprechende über das bestehende EEWärmeG hinausgehende Regelung gilt auf Landesebene bereits in Baden-Württemberg (Clausen 2017, S. 26).

Neben den beschriebenen Handlungsoptionen gibt es noch eine Reihe weiterer politischer Möglichkeiten zur Förderung einer klimafreundlichen netzgebundenen Wärmeversorgung im Allgemeinen und von LowEx-Mehrleiter-Wärmenetzen im Speziellen (s. Tabelle 2). Eine ausführlichere Beschreibung findet sich in den weiteren Projektpublikationen (Schneller et al. 2017, 2018).

Überblick über weitere politische Handlungsoptionen

- Ausweitung von Transparenzpflichten für die ökologische Qualität und Preisstrukturen von Nah- u. Fernwärme (bspw. Anpassungen im EnWG).
- Anpassung und Erweiterung der Förderprogramme für innovative Wärmenetzsysteme (sowohl Komponentenförderung als auch Gesamtsysteme).
- Gestaltung eines wirtschaftlich vertretbaren, diskriminierungsfreien Zugangs zu Wärmenetzsystemen für Dritte (bspw. Anpassung der AVBFernwärmeverordnung sowie der Wärmelieferverordnung (WärmelV)).
- Vorgaben für Kommunen und Förderung von kommunalen Wärmebedarfsplänen/kommunaler Wärmeplanung sowie Wärmekatastern.
- Prüfung der bestehenden Vorgaben zur Ausweisung von Vorranggebieten und zum Erlass von Anschluss- und Benutzungszwängen für Fernwärme.
- Gezielte Forschungsförderung (bspw. im 7. Energieforschungsprogramm)
- Schaffung eines gesetzlichen Rahmens für Einspeiseentgelte und Durchleitungsgebühren.
- Steigerung der Akteursvielfalt, bspw. durch Förderung von Energiegenossenschaften.
- Förderung von Wärmecontracting-Konzepten, insb. im Gebäudebestand.

Tabelle 2: Überblick über politische Handlungsoptionen zur Transformation der netzgebundenen Wärmeversorgung

Literatur

AGFW (Hg.): Energetische Bewertung von Fernwärme. Bestimmung der spezifischen PEF für Fernwärmeversorgungssysteme. Arbeitsblatt AGFW FW 309 Teil 1. Frankfurt am Main 2014.

Bachmann, M. et al. (2016): Feasibility study of a multilevel district heating grid with dissolved supply and return using modelica. In: Proceedings CISBAT 2016, Dresden, S. 337-343

Böhnisch, H. et al. (2006): Nahwärmeversorgung und Erneuerbare Energien im Gebäudebestand. ZSW, SOWI, DLR.

Bund der Energieverbraucher (2017): Statistiken zur Preisentwicklung von Öl, Gas und Strom. Berlin. Abrufbar unter http://www.energieverbraucher.de/de/preise__981/

Clausen, J.: Wärmenetze. Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy. Hg. v. Borderstep Institut, IZT und adelphi. Berlin 2017.

Clausen, J. / Winter, W. / Kettemann, C. (2012): Akzeptanz von Nahwärmenetzen. Teilbericht zu AP 7 im Rahmen des Projektes „Möglichkeiten und Grenzen von Nahwärmenetzen in ländlich strukturierten Gebieten unter Einbeziehung regenerativer Wärmequellen – Vernetzung von dezentralen Kraft- und Wärmeerzeugungssystemen unter Berücksichtigung von Langzeitwärmespeicherung“. Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH.

Dunkelberg, E.; Salecki, S.; Weiß, Rothe, S.; Böning, G. (2015): Biomethan im Energiesystem Ökologische und ökonomische Bewertung von Aufbereitungsverfahren und Nutzungsoptionen. Schriftenreihe des IÖW 207/15.

Dunkelberg, E.; Weiß, J.; Gähns, S.; Salecki, S. (2018): Ökonomische Bewertung von Mehrleiter-Wärmenetzen zur Nutzung von Niedertemperaturwärme. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin, forthcoming.

Fischedick, M. et al. (2006): Anforderungen an Nah- und Fernwärmenetze sowie Strategien für Marktakteure in Hinblick auf die Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung bis zum Jahr 2020. WI, DLR, ie Leipzig.

Paar, A.; Herbert, F.; Pehnt, M.; Ochse, S.; Richter, S.; et al.: Transformationsstrategien von fossiler zentraler Fernwärmeversorgung zu Netzen mit höheren Anteilen erneuerbarer Energien. Endbericht. Heidelberg, Leimen, Frankfurt am Main 2013.

Maaß, C; Sandrock, M.; Schaeffer, R.: Fernwärme 3.0. Strategien für eine zukunftsorientierte Fernwärmepolitik. Studie im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90 / Die Grünen. Hg. v. HIR Hamburg Institut Research gGmbH. Hamburg 2015.

Oschatz, P.; Pehnt, M.; Schüwer, D.: Weiterentwicklung der Primärenergiefaktoren im neuen Energiesparrecht für Gebäude, Endbericht. Dresden, Heidelberg, Wuppertal 2016.

Schneller, A.; Frank, L.; Töpfer, K. (2017): Wärmenetze 4.0 im Kontext der Wärmewende. Analyse der Regelungs- und Förderlandschaft innovativer Wärmenetzsysteme. Berlin: adelphi.

Schneller, A.; Frank, L.; Kahlenborn, W. (2018 – bisher unveröffentlicht): Wärmenetze 4.0 im Kontext der Wärmewende. Strategiepapier für die Dekarbonisierung der leitungsgebundenen Wärmeversorgung. Berlin: adelphi.

Tappeser, V.; Fromm, C.: Wärmenetze in Dänemark. Fallstudie im Rahmen des Projekts Evolution2Green - Transformationspfade zu einer Green Economy. Hg. v. adelphi, Borderstep Institut und IZT. Berlin 2017.

Impressum

Verfasserinnen und Verfasser

Dr. Elisa Dunkelberg (IÖW)
Max Bachmann (TU Berlin)
Andreas Schneller (adelphi)
Sabine Schröder, Nicolas Bach (nexus)

Herausgeber

Hermann-Rietschel-Institut | Fachgebiet Gebäude-Energie-Systeme
Technische Universität Berlin
Marchstr. 4, 10587 Berlin
kontakt@hri.tu-berlin.de
www.hri.tu-berlin.de

Layout

Philipp Striegler

Erscheinungsdatum

Dezember 2017

Diese Publikation entstand im Rahmen des Projekts „EnEff:Wärme – LowExTra – Niedrig-Exergie-Trassen zum Speichern und Verteilen von Wärme“, gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Förderkennzeichen: 03ET1237).

www.lowextra.de