

# Strategische Ansatzpunkte für eine klimafreundliche Fernwärmeversorgung

Andreas Schneller und Anton Barckhausen

*Die leitungsgebundene Wärmeversorgung kann bei der Dekarbonisierung des Wärmesektors zukünftig eine wichtige Rolle spielen. Damit bestehende Hemmnisse abgebaut und eine schnelle und erfolgreiche Transformation gestaltet werden können, muss der Gesetzgeber jedoch zeitnah Änderungen an den regulatorischen Rahmenbedingungen vornehmen.*

Der Fokus der öffentlichen Debatte um die Energiewende lag bisher meist auf dem Stromsektor. Eine Dekarbonisierung der Energieversorgung ist aber nicht ohne die Transformation des Wärmesektors möglich. Schließlich entfallen etwa 56 % des Endenergieverbrauchs und ca. 40 % der energiebedingten Treibhausgasemissionen in Deutschland auf den Wärmemarkt [1]. Eine erfolgreiche Wärmewende kann daher, eine ambitionierte Zielstellung vorausgesetzt, einen wesentlichen Beitrag zur Erfüllung der energie- und klimapolitischen Ziele leisten.

Die Herausforderung wird zukünftig darin bestehen, nachfrageseitig den Wärmebedarf im für den Klimaschutz erforderlichen Umfang zu senken und angebotsseitig die Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien umzustellen. Wärmenetze können einen entscheidenden Beitrag für die verstärkte Einbindung erneuerbarer Energien in den Wärmemarkt leisten. Der dafür notwendige Strukturwandel kann vom Gesetzgeber durch eine Anpassung der regulatorischen Rahmenbedingungen für die leitungsgebundene Wärmeversorgung entscheidend beeinflusst werden.

## Status quo der leitungsgebundenen Wärme

Die leitungsgebundene Wärmeversorgung ist bereits ein wichtiger Bestandteil des deutschen Energieversorgungssystems und trägt insbesondere in Städten und Kommunen zu einer sicheren Wärmeversorgung mit regionaler Wertschöpfung bei. Immerhin knapp 5,7 Mio. Haushalte werden in Deutschland mit Nah- und Fernwärme versorgt, das entspricht etwa 14 % des Wohngebäudebestandes [2].

Wärmenetze können dabei ein wichtiges Bindeglied zur Einbindung von erneuer-



Zukünftig muss es darum gehen, nicht nur eine sichere und bezahlbare leitungsgebundene Wärmeversorgung bereitzustellen, sondern vor allem auch eine klimafreundliche

Foto: Vladimir Grigoriev | iStock

baren Energiequellen in die Wärmeversorgung sein und erleichtern die Nutzung von energieeffizienter Kraft-Wärme-Kopplung und Abwärme in erheblichem Maße. So lassen sich gewerbliche und industrielle Abwärmequellen nur durch die Infrastruktur leitungsgebundener Wärmeversorgung sinnvoll erschließen. Eine leitungsgebundene Wärmeversorgung begünstigt zudem die Nutzung solarthermischer Großanlagen (zu entsprechend günstigen Wärmegestehungskosten) sowie (tiefen-)geothermischer Potenziale [3]. Sie sind daher besonders geeignet, insbesondere in Ballungsgebieten die Energiewende auch im Wärmesektor umzusetzen.

Wärmenetze gewinnen zudem als Flexibilisierungskomponente für den zunehmend durch fluktuierende erneuerbare Energien

geprägten Strommarkt an Bedeutung. Bisher stellt die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme in KWK-Anlagen die wichtigste Verbindung zwischen Wärme- und Stromsektor dar. Zentrale KWK-Anlagen lassen aufgrund von Skaleneffekten eine erhöhte Stromausbeute zu. Ihr Anteil an der Stromerzeugung wird sich laut Energie-Referenzprognose im Zeitraum von 2011 bis 2020 von 15,9 % auf 25 % erhöhen [4].

Diese flexiblen Erzeugungskapazitäten passen gut zur fluktuierenden Stromerzeugung erneuerbarer Energien. Zukünftig können Wärmenetze durch die Einbindung von flexibel gesteuerten Großwärmepumpen in Verbindung mit Wärmespeichern oder verschiedenen Power-to-Heat-Technologien einen zusätzlichen Beitrag zur Flexibilisierung des Energiesystems leisten.

## Zukunftsfähigkeit steht auf dem Prüfstand

Der Anteil erneuerbarer Energien bei der Erzeugung der Fernwärme liegt derzeit nur bei etwa 10 % und beruht überwiegend auf der Verbrennung von Biomasse aus Abfallprodukten [5]. Damit Wärmenetze einen Beitrag zum Erreichen der Klimaschutzziele leisten können, muss dieser Anteil durch eine veränderte Versorgungsstruktur deutlich gesteigert werden. Im Zuge der prognostizierten Reduktion des Gesamtwärmebedarfs, bspw. durch ein bereits festgelegtes Anspruchsniveau von „klimaneutralen Gebäuden“ für Neubauten bis 2050 und die angestrebte flächendeckende energetische Sanierung von Bestandsgebäuden, vermindert sich langfristig auch die Nachfrage nach leitungsgebundener Wärme.

Mit der abnehmenden „Leistungsdichte“ im Wärmenetz steigt der Anteil der Wärmeverluste relativ zur benötigten Nutzwärme. Beruht die Wärmeerzeugung auf einem fossilen Brennstoff, können in der Folge höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen und Primärenergieverbräuche als bei dezentraler Wärmebereitstellung in effizienten hauseigenen Heizungsanlagen anfallen [6]. Niedrigtemperatur-Wärmenetze können diesem Trend teilweise entgegenwirken, da die Leitungsverluste bei dieser Art von Netzen deutlich geringer sind.

Außerdem stellt die Entwicklung der Strompreise die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme in KWK-Anlagen vor Herausforderungen. Städte und Gemeinden konnten bisher durch Kraftwerke und Müllverbrennungsanlagen mit Wärmeauskopplung günstige Wärmepreise anbieten, die durch die Erlöse aus der Stromproduktion subventioniert wurden.

Diese Praxis war so lange gangbar, wie ausreichende Spannen zwischen Strompreis und Rohstoffeinsatz eine ertragreiche Erzeugungssparte ermöglichten. Diese sog. Spreads sind durch die zunehmende Einspeisung von EEG-Strom aus Wind und Sonne aber deutlich zurückgegangen und es ist zu erwarten, dass durch die niedrigeren Stromerlöse die Fernwärmepreise nicht länger subventioniert werden können [7]. Ein Dauerbetrieb der bestehenden Anlagen ist aus Sicht der Stromproduktion meist

nicht mehr rentabel und ein Wärme-only-Betriebsmodus der Kraftwerke häufig ebenfalls nicht wirtschaftlich.

## Notwendige Veränderungen der politischen Rahmenbedingungen

Diese Zusammenhänge stellen das derzeitige Modell der Nah- und Fernwärmeversorgung sowohl in wirtschaftlicher, als auch klimapolitischer Hinsicht vor erhebliche Herausforderungen. Um den Erfordernissen ambitionierter klima- und energiepolitischer Vorgaben gerecht zu werden, muss deshalb eine grundlegende Transformation der überwiegend auf fossilen Brennstoffen basierenden Fernwärmeversorgung erfolgen. Zur Schaffung der nötigen Rahmenbedingungen sind jedoch auf Seiten des Gesetzgebers zeitnah Anpassungen der regulatorische Rahmenbedingungen erforderlich (siehe hierzu ausführlich: [8]). Nachfolgend werden exemplarisch drei Handlungsoptionen zur Anpassung des Regelungsrahmens auf Bundesebene dargelegt.

### CO<sub>2</sub>-Steuer auf fossile Brennstoffe

Allgemein stellen die anhaltend niedrigen Preise für fossile Energieträger und die damit verbundene fehlende Internalisierung von Klimafolgekosten ein Hemmnis für die Transformation hin zu einer klimafreundlichen Wärmeversorgung dar [9]. Unter den geltenden Marktbedingungen mit niedrigen Preisen für fossile Energieträger kann leitungsgebundene Wärme kaum mit einer dezentralen Versorgung, bspw. durch Gaskessel, konkurrieren. Die nach der Vollkostenbetrachtung berechneten Wärmepreise von Fernwärme erscheinen im Vergleich für die Verbraucher deutlich teurer. Um den Transformationspfad der Energie- und Wärmeversorgung weiter zu verfolgen, ist es notwendig, dass die Folgekosten von CO<sub>2</sub>-Emissionen stärker als bisher internalisiert werden und sich der ökologische Nutzen erneuerbarer Energieträger in einem Preisvorteil ausdrückt [10].

Um die Konkurrenzfähigkeit zentraler Wärmelösungen auf EE-Basis zu erhöhen, bietet sich eine ausreichend hoch bemessene CO<sub>2</sub>-Steuer auf fossile Brennstoffe an. Die

Einführung einer solchen Steuer wird bspw. als wesentliche Bedingung für den Transformationserfolg des dänischen Wärmenetzsystems angesehen [11]. 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 [12].

Eine CO<sub>2</sub>-Steuer auf fossile Brennstoffe dient ebenfalls dazu, auf veränderte äußere Rahmenbedingungen wie Preisschwankungen für Energieträger zu reagieren: So kann die Steuer bei sinkenden Öl-, Gas- oder Kohlepreisen kurzfristig erhöht werden um deren externe Kosten abzubilden und den erwünschten Ausbauanreiz für Wärmeerzeugungsanlagen auf EE-Basis zu erhalten. Wichtig ist daher, das Instrument flexibel an veränderte Marktbedingungen und technische Innovationen anzupassen.

### 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 Steuerungswirkung in der Energie- und Klimaschutzpolitik entfalten. Dies gilt insbesondere auch für die Berechnung der PEF beim Bezug von Fernwärme. Die PEF sind derzeit jedoch in vielen Fällen kein geeignetes Maß zur Bestimmung der THG-Emissionen 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 [13]. Die Abbildung verdeutlicht diesen Zusammenhang.

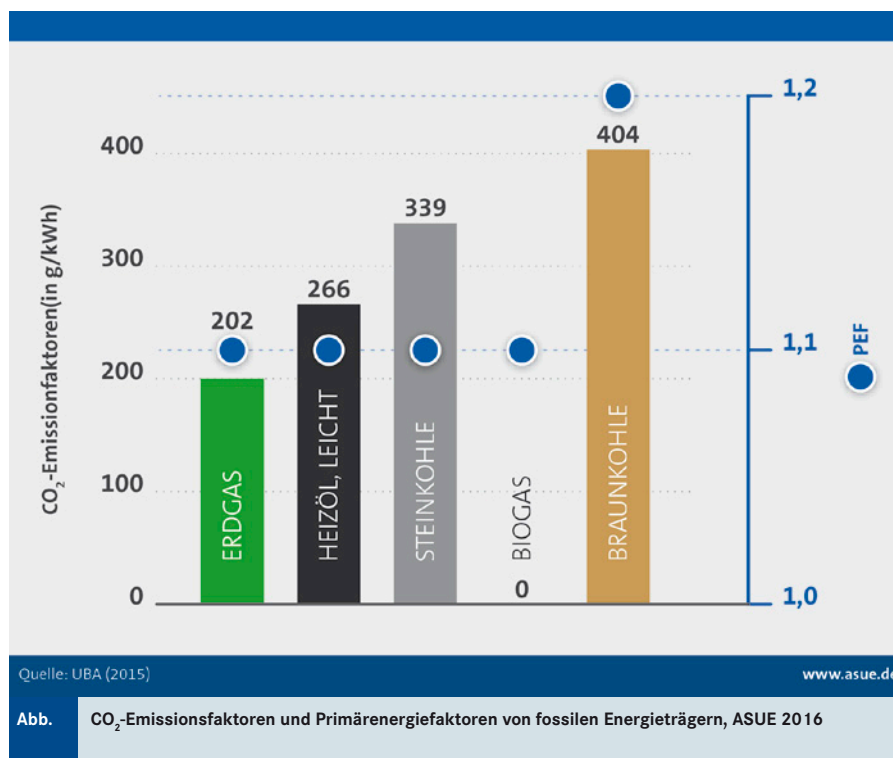
Die Berechnung der PEF für Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist aufgrund des hohen Anteils KWK-basierter Wärme für die leitungsgebundene Wärmeversor-

gung von besonderer 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 heute verschiedene Allokationsmethoden Anwendung [14]. Bei der sog. „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 [15]. Für den im Rahmen einer 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 0 vorweisen. Trotz des Einsatzes klimaschädlicher Brennstoffe suggerieren solche niedrigen Werte eine besonders klimafreundliche Wärmeversorgung. Rechnet man bspw. ein konkretes Wärmenetz mit einem KWK-Steinkohlekraftwerk als wesentliche Wärmequelle, so erhält man einen PEF=0,65 [13]. Dies liegt etwa bei der Hälfte des Bewertungsfaktors von Erdgas (PEF=1,1). Durch die bestehende Bewertungssystematik des Primärenergieeinsatzes werden demnach nur schwache Anreize erzeugt um einen größeren Anteil emissionsärmerer Brennstoffe einzusetzen [16].

Zudem können durch die Einrechnung von niedrigen Primärenergiefaktoren die EnEV-Anforderungen auch mit geringem baulichem Wärmeschutz erreicht werden, was sich negativ auf den Endenergieverbrauch auswirken kann und für die energiepolitischen Zielstellungen zur Steigerung der Energieeffizienz („efficiency first“) kontraproduktiv ist. PEF, die gegen 0 konvergieren, verleiten außerdem zu der impliziten Schlussfolgerung, dass kaum negative Umweltwirkungen bei der Wärmegewinnung vorliegen. Dies ist auch bei erneuerbaren Energien durch den nötigen Flächenverbrauch und Ressourcenaufwand nicht zutreffend und deshalb irreführend [17].

Eine gesetzliche Regelung, die eine stärkere Ausrichtung der PEF an den Klimaschutzzielen vornimmt, kann durch eine



Bewertung nach CO<sub>2</sub>-Intensität der zu Wärmegewinnung verwendeten Brennstoffe erzielt werden. Dabei müssen auch weitere klimaschädliche Treibhausgase durch CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 EE-Anteilen in der leitungsgebundenen Wärmeversorgung

Um den Anteil erneuerbarer Energien in Wärmenetzen zu erhöhen, können zwei grundsätzliche Regelungsoptionen voneinander unterschieden werden. Zum einen besteht die Möglichkeit, angebotsseitig Mindestanforderungen für die Einbindung von EE in Wärmenetze festzulegen. Bislang sieht das EEWärmeG keinen EE-Mindestanteil in Nah- und Fernwärmenetzen vor.

Anknüpfungspunkte können hierbei 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.

Auch die Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU (RL 2009/28/EG) fordert Maßnahmen zur Erhöhung des EE-Anteils im Gebäudesektor. Da die derzeitige Regelung des EEWärmeG als Ersatzmaßnahme auch die Nutzung von hocheffizienter fossiler KWK-Wärme in Wärmenetzen erlaubt, ist bspw. 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 insbesondere für Bestandsnetze mit hohen Vorlauftemperaturen eine große Hürde dar, da hierbei die Einbindung erneuerbarer Energieträger von bspw. Solarthermie oder Abwärme aus Abwasser deutlich erschwert ist [18].

Zum anderen kann der EE-Anteil an der leitungsgebundenen Versorgung nachfrageseitig durch Effizienzstandards für Neubauten

und Bestandsgebäude angehoben werden. Hierbei kann auf die Pflicht zur EE-Nutzung für Neubauten im EE-WärmeG 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 daher auf den Gebäudebestand ausgeweitet werden. Eine Pflicht zur Erfüllung des EE-Mindestanteils kann mit einem Auslösetatbestand verbunden werden, bspw. bei Überschreitung eines PEF-Schwellenwertes oder bei größeren Investitionen in neue Wärmanlagen. Eine entsprechende über das bestehende EEWärmeG hinausgehende Regelung gilt auf Landesebene bereits in Baden-Württemberg.

Ein EE-Mindestanteil ist geeignet, die EE-Nutzung sowohl in der dezentralen als auch in der zentralen Wärmeversorgung mittelfristig zu erhöhen und bietet einen Ansatzpunkt für weitere Steigerungen des EE-Anteils unter Berücksichtigung lokal unterschiedlicher Eigenschaften von Wärmenetzsystemen. Zudem versorgt netzgebundene Wärme derzeit in erster Linie Bestandsgebäude in innerstädtischen Lagen, für die sonst wenige Optionen zur Erhöhung des EE-Anteils möglich sind. Sind individuelle EE-Lösungen nicht möglich, kann daher ein weiterer Anreiz zum Anschluss an bestehende oder dem Bau von Wärmenetzen gesetzt werden.

Schließlich gehört aber auch der politische Wille dazu, Wärmenetze so zu fördern, dass die gesetzten klima- und energiepolitischen Ziele auch erreicht werden. Es muss zukünftig darum gehen, nicht nur eine sichere und bezahlbare leitungsgebundene Wärmeversorgung bereitzustellen, sondern vor allem auch eine klimafreundliche. Hier gibt es derzeit noch viel Nachholbedarf.

Ein erster Schritt erfolgte erst kürzlich mit der Veröffentlichung der Förderrichtlinie „Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0“ durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Im Rahmen dieses neuen Förderprogramms werden innovative Wärmenetze mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien gefördert.

Besonderer Wert wird darauf gelegt, dass die geförderten Netze einen hohen Anteil erneuerbarer Energien aufweisen, nach Möglichkeit einen saisonalen Speicher beinhalten und stromnetzdienliches Verhalten ermöglichen und dabei Wärme zu einem wettbewerbsfähigen Preis erzeugen. Dieses Förderprogramm ist ein Baustein, der dazu beitragen kann, Investitionen in innovative Wärmenetze anzureizen. Entscheidend ist nun, dass eine langfristig zuverlässige Perspektive für klimafreundliche Wärmenetze geschaffen wird.

## Anmerkungen

[1] Vgl. MUEEF (Hg.): Wärmekonzept für Rheinland-Pfalz. Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Rheinland-Pfalz 2017. S.2.

[2] BDEW: Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes in Deutschland 2016, Stand 01/2017, abrufbar unter [https://www.bdew.de/internet.nsf/id/C61D8FCDBC2142ADC12579C2003F7AD2/\\$file/Beheizungsstruktur %20Wohnungsbestand %202015\\_online\\_o\\_jaehrlich\\_Ki\\_02032017.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/C61D8FCDBC2142ADC12579C2003F7AD2/$file/Beheizungsstruktur%20Wohnungsbestand%202015_online_o_jaehrlich_Ki_02032017.pdf), zuletzt abgerufen am 10.10.2017.

[3] Vgl. 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. S. 7.

[4] Vgl. Schlesinger, M.; Hofer, P.; Kemmler, A.; Kirchner, A; Koziel, S.; Ley, A. et al.: Entwicklung der Energiemärkte – Energierferenzprognose. Projekt Nr. 57/12 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Berlin. EWI, GWS, Prognos. Basel, Köln, Osnabrück 2014. S. 216.

[5] Vgl. AGFW (Hg.): AGFW-Hauptbericht 2013. Unter Mitarbeit von Schmitz, Karin, Müller, Ullrich und John Miller. Frankfurt am Main 2014.

[6] Vgl. Pfmür, A.; Winiewska, B.; Mailach, B.; Oschatz, B.: Dezentrale vs. zentrale Wärmeversorgung im deutschen Wärmemarkt. Vergleichende Studie aus energetischer und ökonomischer Sicht. IWO. Darmstadt 2016. S. 53.

[7] Vgl. Kohl, J.; Edelman, T.; Boehnke, J.; Rubner, P.: Fernwärme, quo vadis? Ein Geschäftsfeld mit Hindernissen (In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen). Essen 2015.

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

[9] Vgl. BEE: CO<sub>2</sub>-Steuer mit Rückerstattungsmodell in der Wärmeversorgung, BEE-Positionspapier. Berlin 2017.

[10] Vgl. Clausen, J.: Wärmenetze. Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy. Hg. v. Borderstep Institut, IZT und adelphi. Berlin 2017. S.15.

[11] Vgl. Pehnt, M.: Wärmewende. Welche Rolle spielen Wärmenetze? abrufbar unter [https://www.kreisgg.de/fileadmin/Wirtschaftsfoerderung/Energie/Vortraege/Pehnt2015\\_Gross\\_Gerau\\_V2.pdf](https://www.kreisgg.de/fileadmin/Wirtschaftsfoerderung/Energie/Vortraege/Pehnt2015_Gross_Gerau_V2.pdf), zuletzt abgerufen am 20.07.2017. S.17.

[12] Vgl. 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. S.11.

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

[14] Vgl. BDEW (Hg.): Grundlagenpapier Primärenergiefaktoren: Der Zusammenhang von Primärenergie und Endenergie in der energetischen Bewertung. Berlin 2015.

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

[16] Vgl. 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. S. 57.

[17] Vgl. Oschatz, P.; Pehnt, M.; Schüwer, D.: Weiterentwicklung der Primärenergiefaktoren im neuen Energiesparrecht für Gebäude, Endbericht. Dresden, Heidelberg, Wuppertal 2016. S.8.

[18] Vgl. Clausen, J.: Wärmenetze. Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy. Hg. v. Borderstep Institut, IZT und adelphi. Berlin 2017. S.18.

[19] Vgl. 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. S. 243.

*A. Schneller, Research Analyst, A. Barckhausen, Senior Project Manager, adelphi research gGmbH, Berlin  
schneller@adelphi.de*