

Tiefenbohrung

Integration erneuerbarer Energien in Wärmenetze

Tiefenbohrung

Integration erneuerbarer Energien in Wärmenetze

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Wärmnetze und Quartiere im Kontext der Energiewende	5
3	Aktueller Stand der Forschung	9
4	Auswertung aktueller Förderprojekte des BMWi	11
4.1	Methodik der Querauswertung	11
4.2	Übersicht über die ausgewerteten Projekte	12
4.3	Wärmeerzeugung	15
4.4	Speicher	19
4.5	Wärmeverteilung	20
4.6	Wärmeabnehmer und -einspeiser	26
4.7	Betriebsoptimierung	28
5	Fazit und Zusammenfassung	29
	Literaturverzeichnis	31

1 Einleitung

Zurzeit existieren 650 laufende und 319 abgeschlossene Forschungsprojekte im Förderbereich ENERGIEWENDEBAUEN (<https://projektinfos.energiewendebauen.de>, Projektlandkarte, Stand 19.11.2018). Von diesen Vorhaben hat jedes Projekt einen eigenen Forschungsschwerpunkt, wobei Projektbearbeiter einzelner Projekte momentan nur bedingt auf Ergebnisse anderer Projekte zugreifen können.

Diese Lücke wird durch die Begleitforschung ENERGIEWENDEBAUEN zum einen durch die Erstellung des öffentlichen Werkzeuges der „Projektlandkarte“ und zum anderen durch die vertiefende Querauswertung (Tiefenbohrungen) von Projekten geschlossen. Bei der Querauswertung werden Ergebnisse aus Einzelprojekten systematisch untereinander verglichen und in ihrer Quervernetzung analysiert. Der Vergleich beinhaltet unter anderem aktuelle Forschungsschwerpunkte und den technischen Stand der Projekte. Dadurch schafft die Begleitforschung ENERGIEWENDEBAUEN einen deutlichen Mehrwert zu den Einzelprojekten und kann im Rahmen dieser eigenen Forschungsaktivität selbst zur Erweiterung des fachlichen und methodischen Wissens beitragen. Das vorliegende Dokument beinhaltet die Ergebnisse der vertiefenden Querauswertung von Projekten, die sich mit der Integration erneuerbarer Energien in Wärmenetze beschäftigen. Außerdem wird der aktuelle Stand der Forschung zu dem Thema betrachtet und kurz dargestellt.

2 Wärmernetze und Quartiere im Kontext der Energiewende

Um eine nahezu klimaneutrale Wärmeversorgung des Gebäudebestands bis zum Jahr 2050 zu erreichen, muss der Wärmebedarf von Gebäuden in Zukunft zu einem großen Teil über erneuerbare Energien gedeckt werden. Für diese Umstellung der Erzeugerstruktur bieten Wärmenetze einige Vorteile gegenüber Einzelversorgungen. Durch zusammengefasste Leistungs- und Energiebedarfe kommen Skaleneffekte zum Tragen und es können innerhalb einer Anlage unterschiedliche Erzeuger und Erzeugerkombinationen eingesetzt werden. Auch auf Grund ihres professionalisierten Betriebs bieten Wärmenetze eine sichere, flexible und effiziente Art der Wärmebereitstellung. Um erneuerbare Energien in Wärmenetze einbinden zu können, muss die historische Entwicklung der Auslegung und Herstellung von Wärmenetzen, wie sie in Abbildung 1 dargestellt ist, weitergeführt werden. Von zentraler Bedeutung ist die weitere Absenkung der Systemtemperaturen in bestehenden und neu zu errichtenden Netzen, um die Einbindung regenerativer Energieträger zu ermöglichen und effizient gestalten zu können.

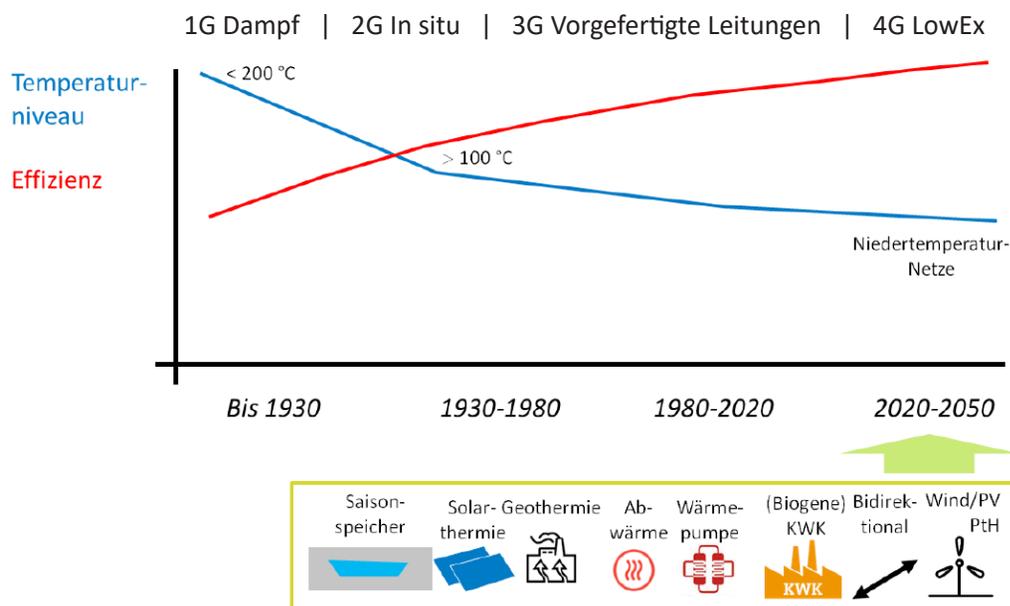


Abbildung 1: Darstellung des Konzepts der vierten Generation der Fernwärmenetze im Vergleich zu den vorherigen drei Generationen [1]

Etwa 10 % des Gebäudewärmeverbrauchs bezogen auf Endenergie wird heute über Fernwärme bereitgestellt. Aus den oben genannten Gründen ist der Ausbau der netzbasierten Wärmeversorgung derzeit politisch gewollt. In [1] wurde das maximale Wärmenetzpotenzial der Gebäudewärme auf Basis einer detaillierten räumlichen Analyse zu knapp einem Drittel des Endenergiebedarfs bestimmt. Dies entspricht einer Verdreifachung des aktuellen Zustands.

Auch wenn anderen Wärmeversorgungstechnologien, wie z. B. der Umweltwärme über dezentrale Wärmepumpen, ein deutlich höheres Potenzial (ca. 70 %) zugerechnet wird, kann die Nutzung erneuerbarer Energien in Wärmenetzen einen nennenswerten Beitrag zur gesamtdeutschen Anstrengung der Treibhausgasemissionsminderung beitragen. [1]

Der internationale Vergleich zeigt ein sehr heterogenes Bild was den aktuellen Stand der netzgebundenen Wärmeversorgung betrifft. Ein Vergleich der Wärmeversorgung in unterschiedlichen Ländern durch die International Renewable Energy Agency (IRENA) zeigt eine große Spannweite der Anteile netzgebundener Wärmeversorgung an der Gebäudewärmeversorgung von unter einem Prozent in Japan bis zu knapp über die Hälfte in Dänemark. Deutschland hat einen im Vergleich geringen Anteil der sich in den letzten Jahren nur wenig verändert hat [2]. Auch auf Grund des politischen Willens wird allerdings eine Zunahme an netzgebundener Wärmeversorgung auf ca. 20 % in Zukunft erwartet [1]. Der erfolgreiche Betrieb von Wärmenetzen in Dänemark bei einer durchschnittlichen Wärmedichte von ca. einem Fünftel des durchschnittlichen Wertes in Deutschland [2], lässt ein hohes Ausbaupotential auf bis zu 32 % vermuten [1].

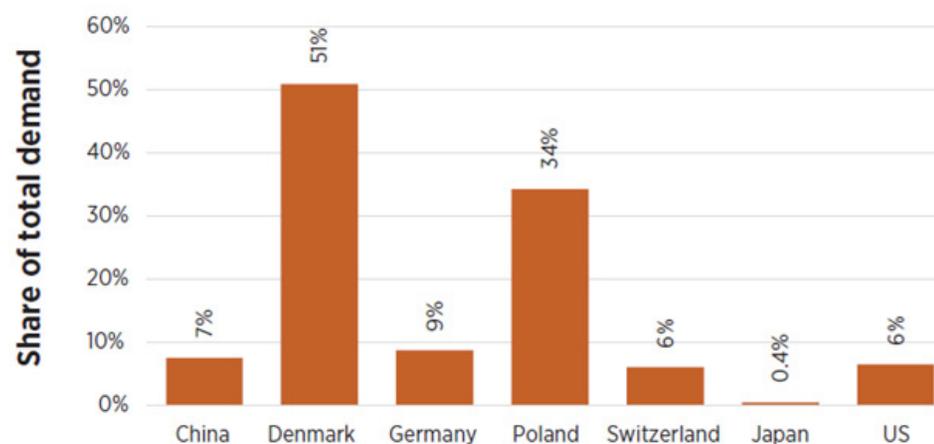


Abbildung 2: Anteile netzgebundener Wärmeversorgung im internationalen Vergleich [2]

Auch bei der Nutzung der Wärmequellen zeigt sich, wie aus Abbildung 3 zu entnehmen, ein diverses Bild. Als erneuerbarer Energieträger kommt hauptsächlich Biomasse zum Einsatz. Vor allem in Dänemark, Deutschland und den USA werden KWK-Anlagen für die Wärmebereitstellung eingesetzt. [2]

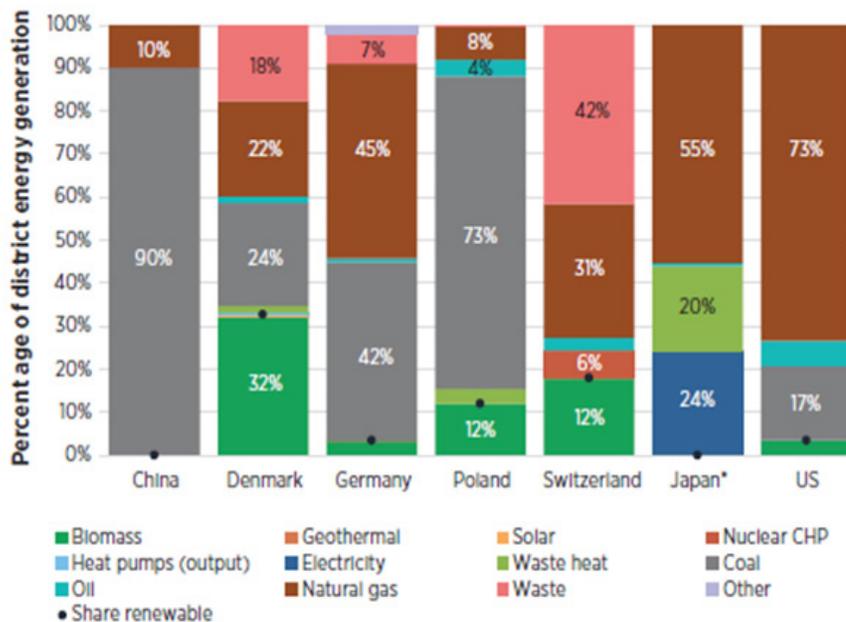


Abbildung 3: Wärmequellen in Wärmenetzen im internationalen Vergleich [2]

Vorteile durch eine stärkere Nutzung erneuerbarer Energien in Wärmenetzen bestehen jedoch nicht nur aus klimapolitischer Sicht. Es können auch gesamtsystemische Gründe, eine zu erreichende gesteigerte Versorgungssicherheit sowie die zunehmende Urbanisierung angeführt werden. [2]

Abbildung 4 zeigt die Vorteile der Nutzung erneuerbarer Energieträger in Wärmenetzen aus unterschiedlichen Sichtweisen.

Environmental benefits	Environmental drivers are related to the benefits from replacing or avoiding less efficient decentralised heating or cooling equipment and district heating based on fossil fuel.	Clean energy targets
		Urban air pollution
		Fast and cost-effective CO ₂ emission abatement
		Fresh-water savings
Systemic benefits	District energy interacts with surrounding systems in multiple ways, including the electric grid, the waste sector and the local economy. This can be one motivation for implementing renewable energy schemes. In addition, the properties of district energy itself are beneficial for the use of renewables.	Cross-sectoral benefits
		Support for the electric system
		Local resources and economy
		Scale of demand in district heating
		Smoother demand profiles
		Synergies of connected heating and cooling sources
		Availability and viability of storage
Synergies with the urban environment	District energy systems are inherently appropriate to urban landscapes: they benefit from and support this environment.	Urbanisation
		Avoidance of decentralised facilities
		Integration in urban buildings and infrastructure
		Small footprint
Increased energy security	With the exception of biomass, renewable district heating relies primarily on local resources or technologies that use no liquid or solid fuels.	Energy independence
		Energy diversification
		Price stability

Abbildung 4: Vorteile der Nutzung von erneuerbarer Energien in netzgebundener Wärmeversorgung [2]

3 Aktueller Stand der Forschung

Der Fokus der Forschung zu dem Thema Integration erneuerbarer Energien in Wärmenetze verschiebt sich auch durch die im Juli 2017 eingeführte Förderung „Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0“ in Richtung einer systemischen Betrachtungsweise. Im Gegensatz dazu beschränkten sich frühere Förderungen meist auf einzelne Technologien und Komponentenentwicklung. [3]

Die Anforderungen an das Wärmenetz, die in der Förderbekanntmachung definiert werden, zeigen aktuelle und zukünftige Trends. So müssen z. B. über 50 % der Wärme aus Abwärme oder erneuerbaren Quellen stammen, wobei noch maximal 10 % über fossil befeuerte Spitzenlastkessel erzeugt werden dürfen. Dies bedeutet, dass fossil betriebene Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen auch zukünftig einen nennenswerten Beitrag in Wärmenetzmodellvorhaben leisten werden. Eine weitere deutliche Tendenz ist eine Absenkung der Systemtemperaturen bis auf ein Niveau, bei dem mit dezentralen Wärmepumpen das Temperaturniveau auf ein nutzbares Maß angehoben werden muss (kalte Nahwärme). Weitere Punkte in den geförderten Modellvorhaben sind die langfristige Wärmespeicherung, um jahreszeitliche Verschiebepotentiale verwirklichen zu können. Außerdem sollen über Wärmespeicher und strombasierte Wärmeerzeuger wie z. B. Wärmepumpen Flexibilitäten für den Stromsektor bereitgestellt werden können. [4]

Mit der systemischen Sichtweise befasste sich auch die fünfte Solar District Heating – Conference 2018. Die meisten Beiträge befassten sich dabei mit der Integration von Solarenergie in Wärmenetze. Weitere vorgestellte aktuelle Forschungsthemen waren aktuelle rechtliche und bauliche Voraussetzungen für solare Wärmenetze, Langzeitspeicher und die Kombination mit Biomasseanlagen. [5]

Für die unterschiedlichen erneuerbaren Energieträger und die damit verbundenen Technologien lassen sich unterschiedliche Einsatzgebiete und Voraussetzungen aus Praxis und Forschungsvorhaben identifizieren. Solare Wärmeerzeugung benötigt eine relativ große anderweitig nicht bzw. kaum nutzbare Fläche und wird daher vor allem in ländlichen Gebieten, am Stadtrand oder bei entsprechend verfügbaren Dachflächen eingesetzt. Zusätzlich sind geringe Systemtemperaturen, ggf. im Mehrleiternetz und große Speicher für einen effizienten Betrieb notwendig. Weitere Erzeuger, wie z. B. Biomassekessel, müssen außerdem vorgesehen werden.

Auch beim Einsatz von Wärmepumpen für die Nutzung der Geothermie sind geringe Systemtemperaturen von entscheidender Bedeutung. Hierbei ist jedoch der Platzbedarf deutlich geringer. Zudem müssen gewisse geologische Rahmenbedingungen erfüllt werden. Wärmepumpen können als Werkzeuge der Sektorkopplung eingesetzt werden und so einen Beitrag zur Stabilität des Stromnetzes beitragen. Für die Nutzung von Tiefengeothermie, bei der kein Einsatz von Wärmepumpen notwendig ist, sollten, vor allem auf Grund des hohen Risikos bei der Erschließung der Wärmequelle, soweit möglich ähnliche Projekte in der Umgebung recherchiert und Erfahrungen eingeholt werden.

Eine aus technischer Sicht relativ einfache Möglichkeit der Integration erneuerbarer Energieträger in Wärmenetze, ist die Umstellung bestehender fossil befeuerter Anlagen

auf Biomasse, da hierbei keine Änderungen an den Systemtemperaturen oder weiteren Auslegungsparametern notwendig sind. Entscheidend ist hier neben dem vor allem für die Brennstofflagerung etwas erhöhten Platzbedarf, hauptsächlich der Brennstoffpreis. Der Einsatz von Biomasse verursacht zudem auf Grund des geringen spezifischen Heizwertes einen hohen Transportaufwand. Daher sollten Transportwege durch die Nutzung regionalen Brennstoffes möglichst kurzgehalten werden. [2]

Um erneuerbare Energien wie Solarthermie oder Geothermie effizient in ein Wärmenetz einbinden zu können, werden, neben der Absenkung der Systemtemperaturen, Struktur und Betrieb des Netzes zukünftig deutlich komplexer und erfordern weitere Forschungsarbeit. Im klassischen Wärmenetz werden Verbraucher parallel angeschlossen und die Wärme wird von einer zentralen Anlage bereitgestellt. Komplexer wird das System, wenn z. B. eine hohe Anzahl dezentraler Erzeuger vorhanden ist oder weitere dezentrale Systemkomponenten wie Wärmespeicher eingesetzt werden. Aus hydraulischer und technischer Sicht, aber auch unter Berücksichtigung rechtlicher und betriebswirtschaftlicher Gesichtspunkte noch anspruchsvoller sind kalte Nahwärmenetze, bei denen das Medium im Netz als Wärmequelle und ggf. auch als Kältequelle für dezentral betriebene Wärmepumpen bzw. Kältemaschinen genutzt wird. [5]

4 Auswertung aktueller Förderprojekte des BMWi

In dieser vertiefenden Auswertung wurde untersucht, wie die Integration von erneuerbaren Energien in Wärmenetze derzeit erfolgt und in Zukunft erfolgen kann. Die Auswertung umfasst Förderprojekte des BMWi im Forschungsbereich ENERGIEWENDEBAUEN, welche die Integration von erneuerbaren Energien in Wärmenetze als Projektschwerpunkt betrachten. Als Vergleich wurden auch Projekte mit Wärmenetzen ohne erneuerbare Energieträger mit einbezogen. Die Schwerpunkte der von den einzelnen Projekten zu beantwortenden Forschungsfragen können qualitativ in Abbildung 5 abgelesen werden. Aus den Eigenbeschreibungen der Forschungsfragen wurde die Häufigkeit einzelner Wortnennungen ermittelt und hier als Wordcloud dargestellt.



Abbildung 5: Häufigkeit der Nennung ausgewählter Worte in der projekteigenen Beschreibung der Forschungsfrage

4.1 Methodik der Querauswertung

Allgemeine Ziele der vertiefenden Querauswertung

Ziel der vertiefenden Querauswertung ist der fokussierte Blick auf Projekte, die sich mit ähnlichen Technologien oder Fragestellungen beschäftigen. Diese vorliegende sogenannte Tiefenbohrung soll Informationen zu den Projekten des Forschungsbereichs ENERGIEWENDEBAUEN, die sich mit dem Themengebiet „Integration erneuerbarer Energien in Wärmenetze“ beschäftigen, liefern. Diese Informationen beinhalten statistische Auswertungen zu Forschungsfragen, aktuelle und gesamt zu bearbeitende Projektphasen, Fördersummen und eingesetzte Technologien und Anlagen. Dazu gehören Vergleiche zwischen den Projekten und zu Projekten mit Wärmenetzen, die keine erneuerbaren Energien einsetzen. Zielgruppe der vertiefenden Querauswertung sind zum einen Entscheidungsträger der Forschungsförderung sowie Beteiligte an aktuellen oder zukünftigen Projekten.

Vorgehen der vertiefenden Querauswertung

Die ausgewerteten Daten sind allesamt eigene freiwillige Auskünfte der einzelnen Projektverantwortlichen, die im Rahmen der Beantwortung des ersten und des zweiten Online-Fragebogens, der von der Begleitforschung an alle Projekte im Forschungsbereich ENERGIEWENDEBAUEN versendet wurde, gegeben wurden.

Es wurden alle Projekte ausgewählt, die angegeben haben, eines oder mehrere Wärmenetze zu betrachten. Ein besonderer Fokus bei der Auswertung wurde, soweit es die Datenlage zuließ, auf die Projektantworten gelegt, bei denen erneuerbare Energien als Wärmequellen verwendet werden. Dabei konnten auf Grund der vorliegenden Datenbasis nur die Wärmeerzeuger Solarthermieanlage und Wärmepumpe zweifelsfrei als erneuerbare identifiziert werden. Heizkessel, BHKW und Abwärme werden in ihrer Gesamtheit als konventionelle Erzeuger eingestuft. Diese Art der Unterscheidung ist auch daher zielführend, da im Gegensatz zu anderen erneuerbaren oder konventionellen Wärmeerzeugern, vor allem bei den Erzeugertypen Solarthermieanlage und Wärmepumpe deutlich höhere planerische, technische und betriebliche Anforderungen an das Wärmenetz, z. B. in Bezug auf die Systemtemperaturen, bestehen.

Die Darstellung der Antworten erfolgt in Form von Tabellen und Diagrammen. Es wurde jeweils nur eine Antwort pro Gesamtprojekt berücksichtigt. Bei mehreren Antworten von Teilprojekten desselben Gesamtprojektes wurden diese zusammengefasst. Teilweise ist u. a. auf Grund der Fokussierung auf wenige Projekte die Anzahl der auswertbaren Antworten relativ gering.

4.2 Übersicht über die ausgewerteten Projekte

Aus den von der Begleitforschung ENERGIEWENDEBAUEN versendeten Fragebögen der Phase 1 und 2 liegen Datensätze von 604 Teilprojekten vor.

Im Fragebogenteil zu den Wärmenetzen wurde von 56 Teilprojekten angegeben, dass ein oder mehrere Wärmenetze im Projekt betrachtet werden. Diese Fragebögen stellen die Grundgesamtheit für die Querauswertung zu erneuerbaren Energien in Wärmenetzen dar. Insgesamt werden damit 45 Gesamtprojekte ausgewertet. Weiterhin werden in diesen 45 Projekten insgesamt 86 Wärmenetze betrachtet. Für diese Anzahl an Wärmenetzen wurde zu insgesamt 10 Projekten angegeben, dass Wärme aus erneuerbaren Energien anteilig in das Wärmenetz eingebunden wird.

Fördersummen

In Abbildung 6 sind die Fördersummen der ausgewerteten 56 Teilprojekte dargestellt. Insgesamt beträgt die Fördersumme der Teilprojekte, welche angegeben haben, dass sie Wärmenetze im Projekt betrachten, ca. 39,9 Mio. €, wobei der Großteil der Fördersummen zwischen ca. 250.000 € und 940.000 € liegt. In der Abbildung sind aus Gründen der Übersichtlichkeit drei Teilprojekte mit Fördersummen von ca. 2,8, 3,1 und 3,8 Mio. €, nicht dargestellt.

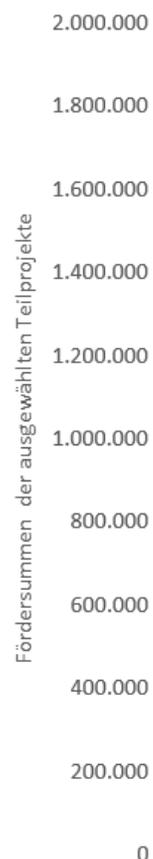


Abbildung 6: Fördersummen der ausgewerteten 56 Teilprojekte

Projektphasen

Die Auswertung der Projektphasen, welche im Laufe des Projekts durchlaufen werden, ist in Abbildung 7 dargestellt. In der Abfrage standen die Konzept-, die Planungs- sowie die Ausführungs-/Realisierungsphase zur Auswahl. Die Auswertung bezieht sich insgesamt auf 24 Projekte (24 Teilprojekte). In der Darstellung wird unterschieden in Projekte mit Wärmenetzen, die erneuerbare Energien einbinden (grün), solche, die ausschließlich konventionelle Erzeuger nutzen (blau) und Projekte ohne entsprechende Angabe (grau).

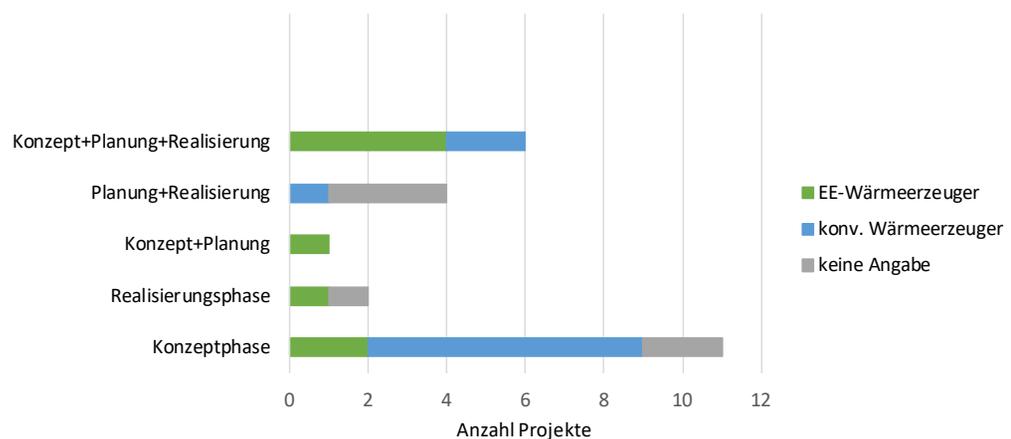


Abbildung 7: Projektphasen, welche innerhalb der Projektlaufzeit durchlaufen werden

Etwa die Hälfte aller hier ausgewerteten Projekte durchläuft während der Projektlaufzeit ausschließlich die Konzeptphase. Fast alle übrigen Projekte umfassen die Realisierungsphase, entweder ausschließlich oder in Kombination mit den anderen Phasen. Sofern mehrere Projektphasen durchlaufen werden, ist dies meist der komplette Prozess von der Konzeption bis zur Realisierung. Die Planungsphase allein sowie die Kombination aus Konzept- und Realisierungsphase werden von keinem Projekt durchlaufen.

In Abbildung 8 ist die Auswertung der derzeitigen Projektphase der Projekte dargestellt. Es standen die gleichen Projektphasen wie in der Auswertung in Abbildung 7 zur Auswahl. Die Auswertung bezieht sich insgesamt auf 23 Projekte (23 Teilprojekte).

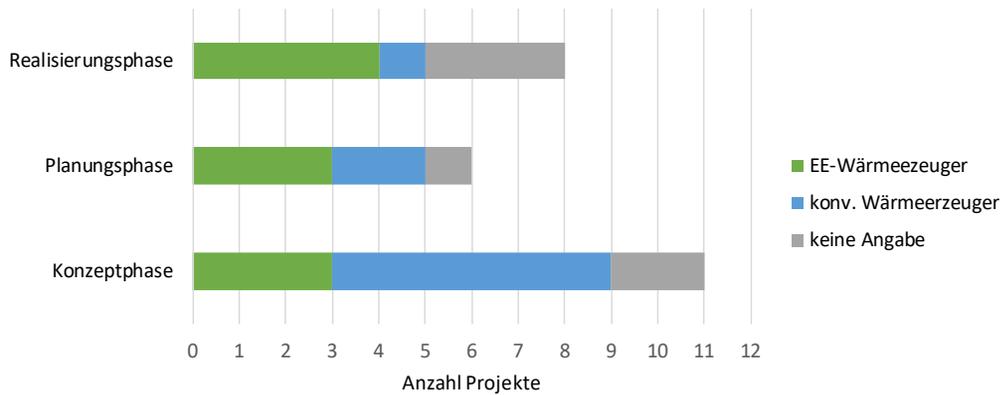


Abbildung 8: Derzeitige Projektphase (Mehrfachangaben möglich)

Mit 11 Projekten befindet sich der überwiegende Anteil der ausgewerteten Projekte aktuell in der Konzeptphase. In der Realisierungsphase befinden sich 8 Projekte und in der Planung aktuell 6 Projekte.

Anzahl der betrachteten Wärmenetze je Projekt

Die nachfolgende Auswertung in Abbildung 9 bezieht sich auf die Anzahl an Wärmenetzen, welche pro Projekt betrachtet werden. Diese Auswertung beinhaltet 42 Projekte (51 Teilprojekte) und insgesamt 81 Wärmenetze.

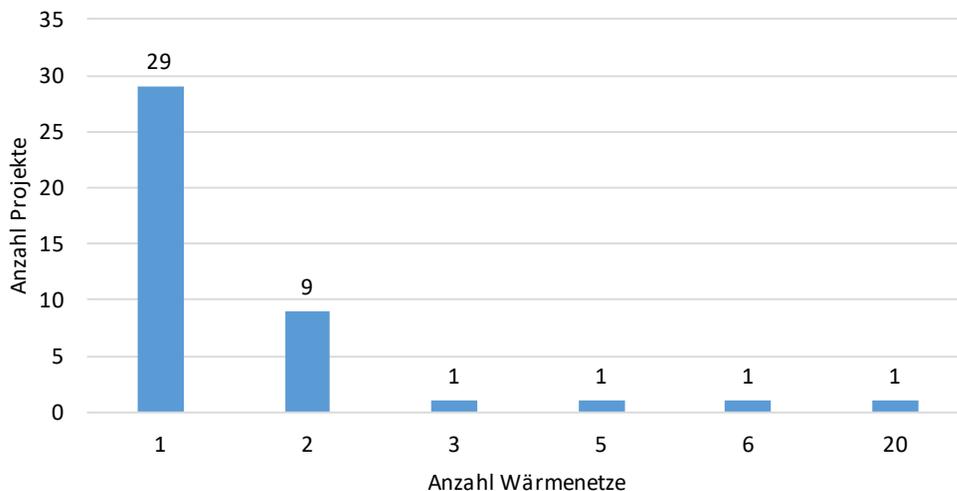


Abbildung 9: Anzahl betrachteter Wärmenetze pro Projekt

Mit 29 Projekten betrachtet die Mehrheit nur ein Wärmenetz im Projekt, wobei in neun weiteren Projekten zwei Wärmenetze Projektbestandteil sind. In vier weiteren Projekten stehen jeweils 3, 5, 6 und 20 Wärmenetze im Fokus.

4.3 Wärmeerzeugung

Wärmeerzeuger – Typ

In Abbildung 10 ist die Häufigkeit der eingesetzten Wärmeerzeuger für die bis zu zwei Wärmenetze pro Projekt dargestellt. Die Auswertung bezieht sich auf 19 Projekte (21 Teilprojekte) und 21 Wärmenetze. Unter Heizkesseln sind alle Anlagentypen zusammengefasst, die Wärme über Verbrennung oder elektrisch bereitstellen.

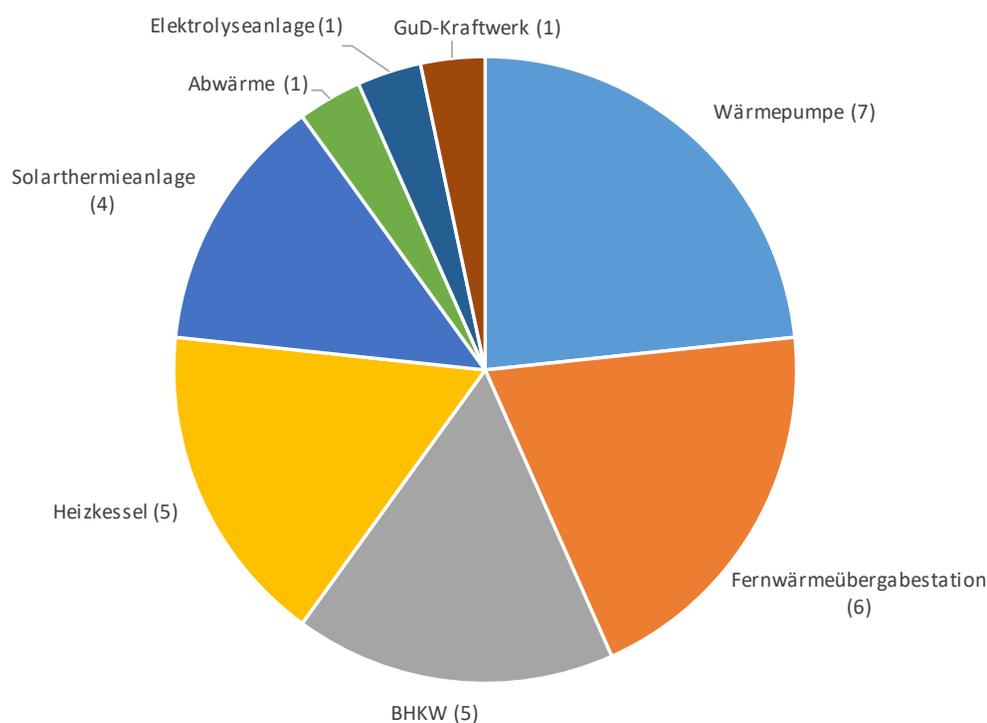


Abbildung 10: Häufigkeit der Nennungen verschiedener Wärmeerzeugertypen (Mehrfachangaben möglich)

Die Häufigkeit der eingesetzten Wärmeerzeuger ist über die einzelnen Anlagentypen größtenteils gleichmäßig verteilt, wenn man von Sonderformen mit jeweils nur einer Nennung absieht. Mit zusammengekommen 11 Nennungen stellen Solarthermieanlagen und Wärmepumpen ein Drittel der Wärmeerzeuger dar, welche somit regenerative Wärme bereitstellen. Hinsichtlich der eingesetzten Energieträger weiterer Anlagentypen liegen keine Daten vor, sodass diese, wie in Abschnitt 4.1 erläutert, als nicht regenerativ angenommen werden.

Abbildung 11 zeigt die Anzahl der Netze, in denen die in Abbildung 10 dargestellten Anlagentypen eingesetzt werden. Wie die Auswertung in Abbildung 10, bezieht sich diese Auswertung auf 19 Projekte (21 Teilprojekte) und 21 Wärmenetze.

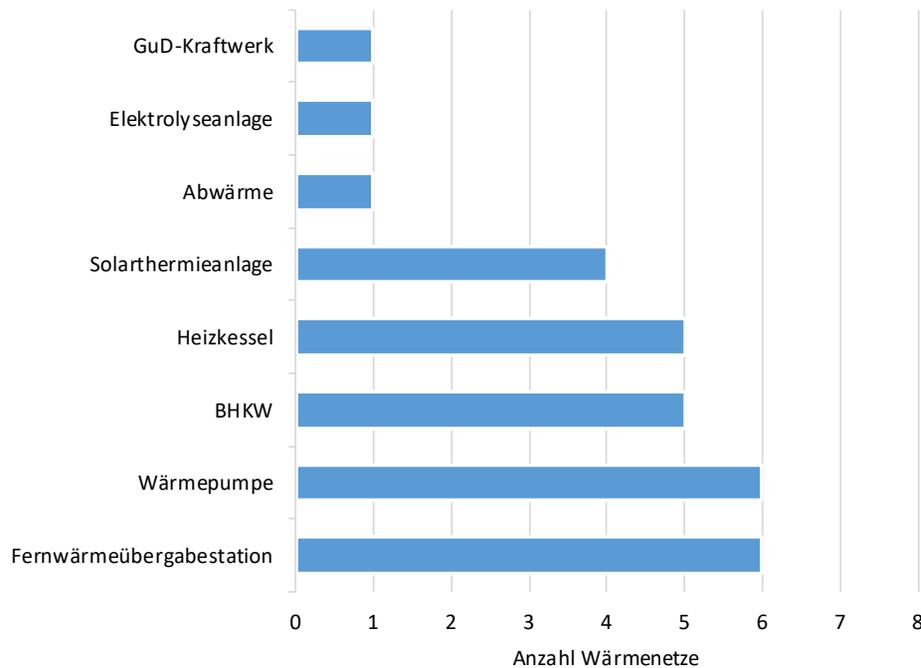


Abbildung 11: Anzahl der Netze, in denen die einzelnen Anlagentypen eingesetzt werden (Mehrfachangaben möglich)

Die Zuordnung der Wärmeerzeuger zu den Wärmenetzen zeigt, dass die meisten Erzeuger nur einmal pro Wärmenetz eingesetzt werden. Lediglich in einem Wärmenetz kommen zwei Wärmepumpen zum Einsatz, vgl. Abbildung 10.

Wärmeerzeuger – Leistung

Die Auswertung in Abbildung 12 bezieht sich auf die Summe der installierten thermischen Leistung je Wärmeerzeugertyp für einzelne Wärmenetze. Die Auswertung bezieht sich insgesamt auf 8 Projekte (9 Teilprojekte) sowie auf 8 Wärmenetze.

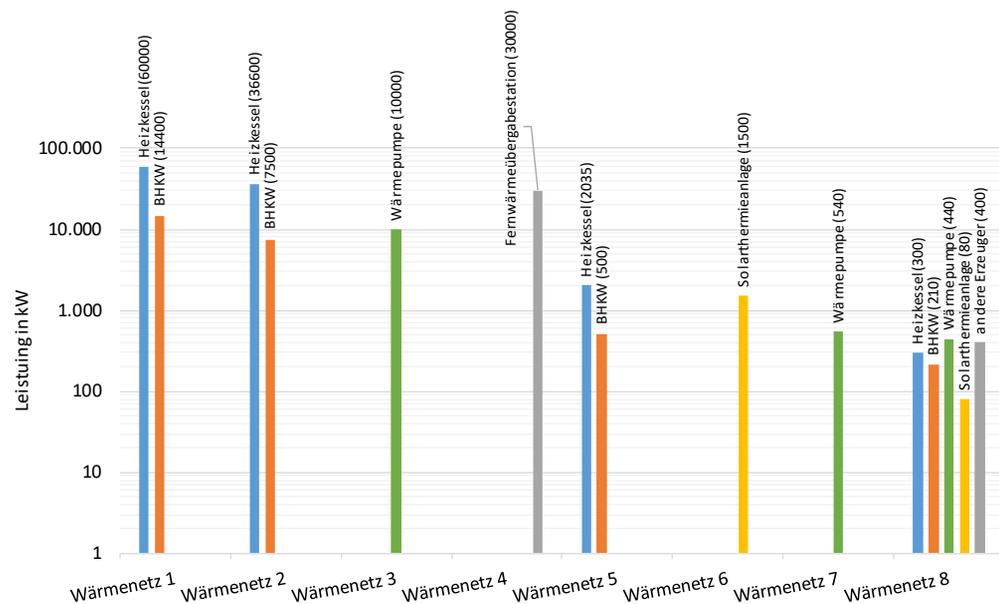


Abbildung 12: Summe der installierten thermischen Leistung je Wärmeerzeugertyp für 8 Wärmenetze

Die Leistungsbereiche der installierten thermischen Leistung pro Wärmeerzeugertyp variieren stark zwischen 80 kW und 60 MW. Zu erkennen ist, dass konventionelle Wärmeerzeuger insgesamt gesehen tendenziell die höheren Leistungsbereiche abdecken. Hingegen decken Wärmeerzeuger, welche komplett oder anteilig erneuerbare Wärme bereitstellen, eher die geringeren Leistungsbereiche ab. Dies trifft sowohl auf die eingesetzten Solarthermieanlagen, als auch auf die Wärmepumpen zu.

4.4 Speicher

Speicher - Typ

Abbildung 13 zeigt die Häufigkeit der in den Wärmenetzen eingesetzten Speichertypen. Die Auswertung bezieht sich auf insgesamt 8 Projekte und Teilprojekte sowie auf 10 Wärmenetze.



Abbildung 13: Häufigkeit der in den Wärmenetzen eingesetzten Speichertypen (Mehrfachangaben möglich)

Die eingesetzten Wärmespeicher zeichnen ein deutliches Bild zugunsten des Heißwasserspeichers. Lediglich in einem Projekt wird ein Erdsondenspeicher für ein Wärmenetz betrachtet.

Speicher - Anzahl

Die Häufigkeit der Anzahl an betrachteten Wärmespeichern pro Wärmenetz ist in Abbildung 14 dargestellt. Dabei bezieht sich die Auswertung auf 14 Projekte (15 Teilprojekte) und 20 Wärmenetze.

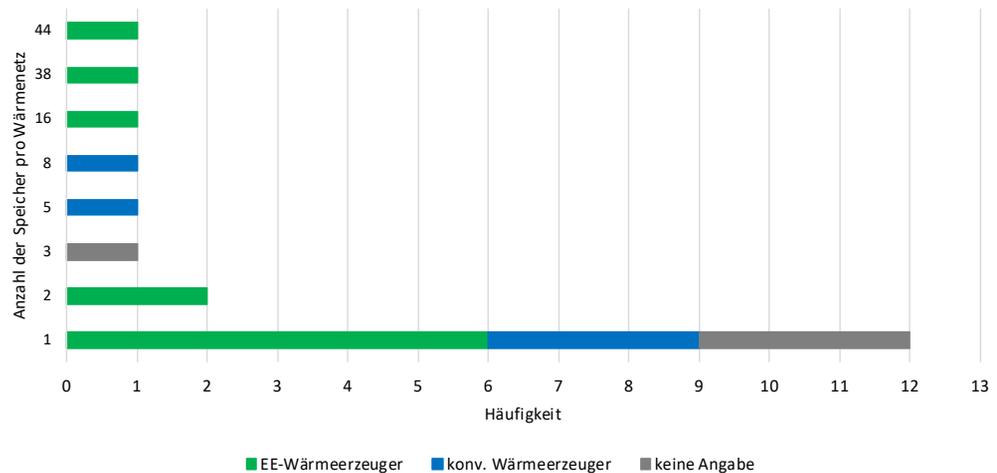


Abbildung 14: Häufigkeit der Anzahl an betrachteten Wärmespeichern pro Wärmenetz

Im überwiegenden Anteil der Wärmenetze wird ein Wärmespeicher im Projekt betrachtet. Die Hälfte dieser Wärmenetze wird mit Anteilen an regenerativer Wärme betrieben. In zwei Fällen werden für ein solches Wärmenetz zwei Speicher betrachtet. Eine höhere Anzahl an Wärmespeichern kommt jeweils nur in einem Wärmenetz vor. Auffällig ist, dass die Wärmenetze mit 16, 38 und 44 Wärmespeichern alle mit Anteilen an regenerativer Wärme betrieben werden.

4.5 Wärmeverteilung

Anzahl der Leiter des Netzes

Im Kreisdiagramm in Abbildung 15 ist dargestellt, in wie vielen Netzen welche Rohrsysteme eingesetzt werden. Bei dem 2-Leiternetz gibt es eine Vor- und Rücklaufleitung, bei dem 3-Leiternetz zwei Vorlaufleitungen und eine Rücklaufleitung und bei dem 4-Leiternetz zwei getrennte 2-Leiternetze. Für die Auswertung wurden 19 Projekte (20 Teilprojekte) mit zusammen 26 Wärmenetzen berücksichtigt.

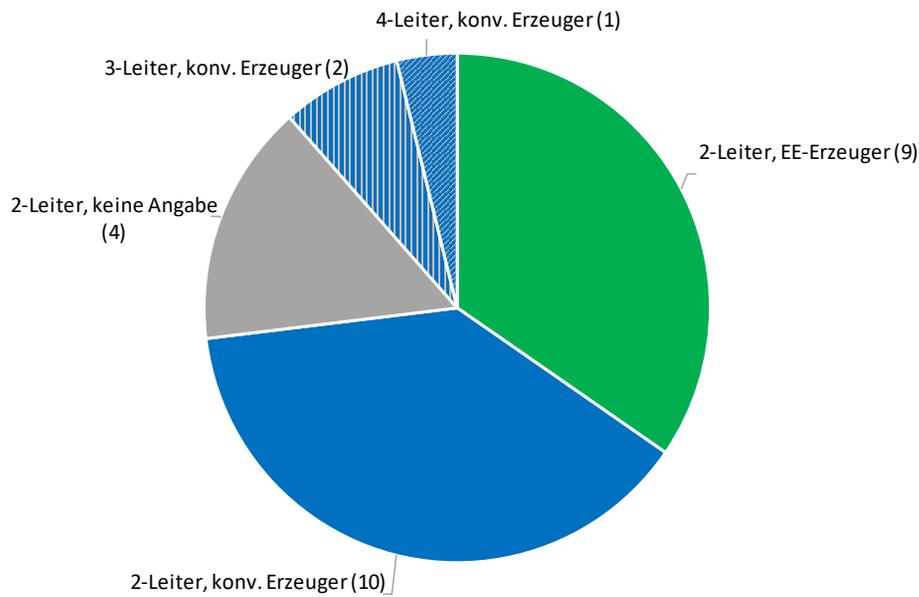


Abbildung 15: Anzahl an Wärmenetzen in denen die jeweiligen Rohrsysteme betrachtet werden

In den meisten Fällen (23 Wärmenetze) wird die Variante eines 2-Leiternetzes betrachtet. 3-Leiternetze werden nur für zwei Wärmenetze eingesetzt. Ein 4-Leiternetz kommt nur in einem Wärmenetz vor. In neun Wärmenetzen, in denen die 2-Leitervariante für das Wärmenetz betrachtet wird, werden Wärmeerzeuger basierend auf erneuerbaren Energien eingesetzt.

Kumulierte Trassenlänge pro Wärmenetz

Abbildung 16 stellt die Trassenlänge für die in den Projekten betrachteten Wärmenetze dar. Weiterhin wird unterschieden, ob für die Wärmeerzeugung in dem entsprechenden Wärmenetz erneuerbare Energien eingesetzt werden oder nicht. Die Trassenlänge umfasst dabei die gesamte Ausdehnung bzw. Gesamtlänge des betrachteten Wärmenetzes. Die Auswertung bezieht sich insgesamt auf 13 Projekte und Teilprojekte sowie auf 17 Wärmenetze.

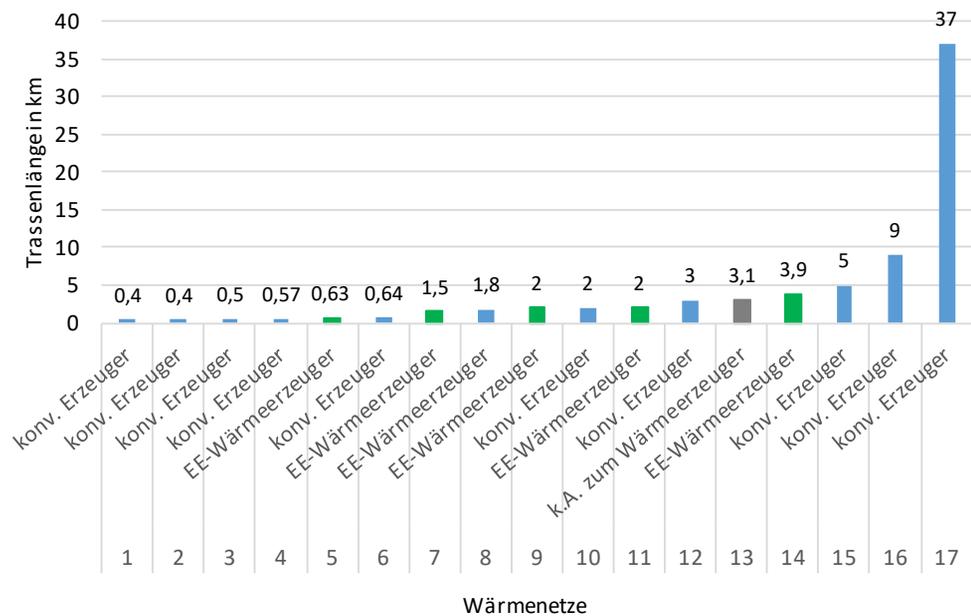


Abbildung 16: Trassenlänge pro Wärmenetz sowie Art der Wärmeerzeugung

Die Trassenlänge der betrachteten Netze zeigt eine hohe Bandbreite zwischen 400 m und 37 km auf. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Trassenlänge und der Nutzung erneuerbarer Energieträger lässt sich kaum feststellen. Auffällig ist lediglich, dass nur in Netzen mit einer Trassenlänge unter vier Kilometern, erneuerbare Energien eingebunden werden.

Verlegetechnik

Die Auswertung in Abbildung 17 zeigt die Häufigkeit der verwendeten Verlegetechnik in den einzelnen Wärmenetzen. Insgesamt bezieht sich die Auswertung auf 18 Projekte (19 Teilprojekte) und 24 Wärmenetze.

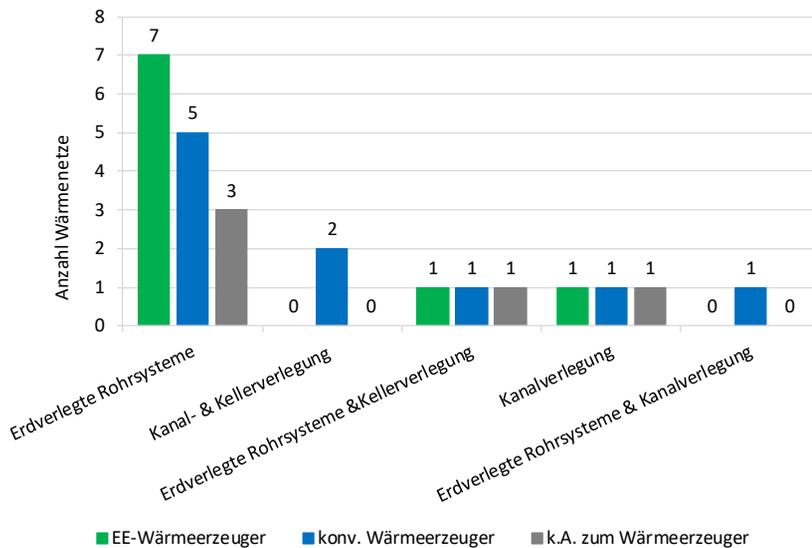


Abbildung 17: Häufigkeit der verwendeten Verletechnik in Wärmenetzen

Die erdverlegten Rohrsysteme werden in 15 Wärmenetzen und damit am häufigsten eingesetzt. In sieben Wärmenetzen werden regenerative Energien zur Wärmeerzeugung genutzt. Alle weiteren Verlegearten kommen nur in wenigen Wärmenetzen vor. Die reine Verlegung in Kellern wird für kein Wärmenetz genutzt und ist daher nicht in der Abbildung dargestellt.

Systemtemperaturen im Wärmenetz

Wie eingangs erwähnt, sind die Systemtemperaturen von Wärmenetzen von entscheidender Bedeutung in Bezug auf Energieeffizienz und Nutzbarmachung erneuerbarer Energieträger. Daher wurde auch dieser Aspekt, wie in Abbildung 18 dargestellt, über den Fragebogen abgefragt und ausgewertet. Von 34 Teilprojekten aus 29 Projekten liegen Antworten zu insgesamt 38 Netzen vor. Zu den einzelnen Netzen sind jeweils die Systemtemperaturen von Vor- und Rücklauf dargestellt. Des Weiteren sind Netze mit gleitenden Vorlauftemperaturen zusätzlich gekennzeichnet. Es ist also davon auszugehen, dass hier zumindest über einen gewissen Zeitraum des Jahres teilweise deutlich geringere Temperaturen gefahren werden. Dieser Umstand sollte bei der Interpretation bedacht werden. Eine Auswertung von tatsächlich gemessenen oder über das Jahr erwarteten Temperaturen hätte den Rahmen dieser Auswertung jedoch gesprengt und war auf Grund der Art der Datenabfrage von den Projekten auch nicht möglich.

Auffällig ist die breite Streuung der Werte, die auch mit der Unterschiedlichkeit der Projekte und betrachteten Netze zu erklären ist. Bei den Wärmenetzen mit hohen Vorlauftemperaturen handelt es sich vermutlich vor allem um bestehende Fernwärmenetze. Auf der anderen Seite sind in Abbildung 18 auch sogenannte kalte Wärmenetze dargestellt, bei denen die gesamte Verbrauchsstruktur auf die stark reduzierte Temperatur ausgerichtet sein muss. Bei sehr geringen Vorlauftemperaturen dient das Netz als Wärmequelle für dezentrale Wärmepumpen, die für das benötigte Temperaturniveau im Gebäude sorgen.

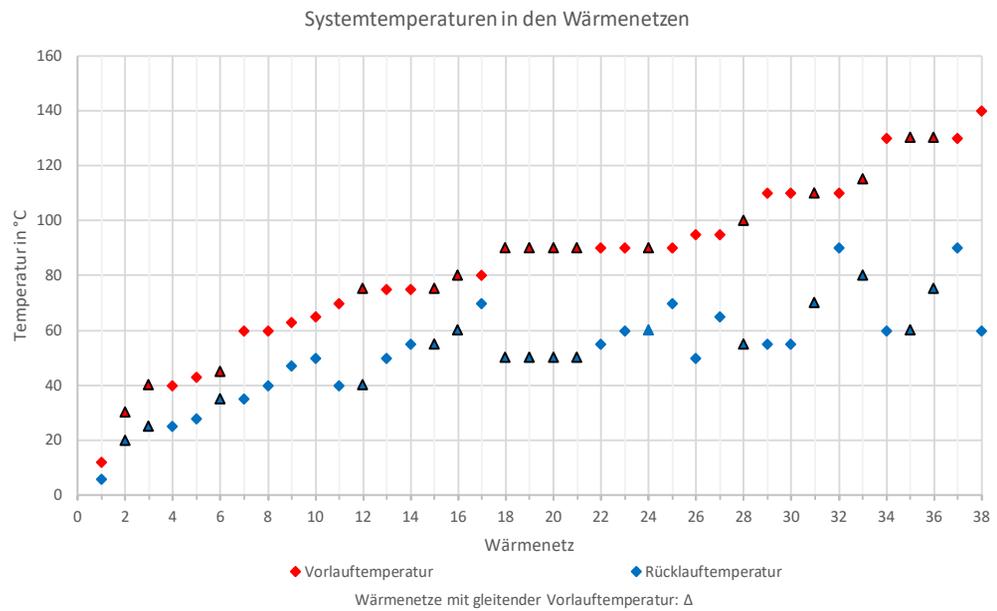


Abbildung 18: Systemtemperaturen in den einzelnen Wärmenetzen der Projekte

In Abbildung 19 sind die Zusammenhänge zwischen verwendeten Wärmeerzeugern und Systemtemperaturen dargestellt. Für diese kombinierte Auswertung standen verlässliche Angaben zu 14 Wärmenetzen aus 13 Projekten (14 Teilprojekten) zur Verfügung. Zu erkennen ist, dass Netze mit der Einbindung erneuerbarer Wärmeerzeuger wie Solarthermie und Wärmepumpe (grüne Datenpunkte) mit teilweise deutlich geringeren Systemtemperaturen gefahren werden, als bei der Nutzung konventioneller Erzeuger (blaue Datenpunkte).

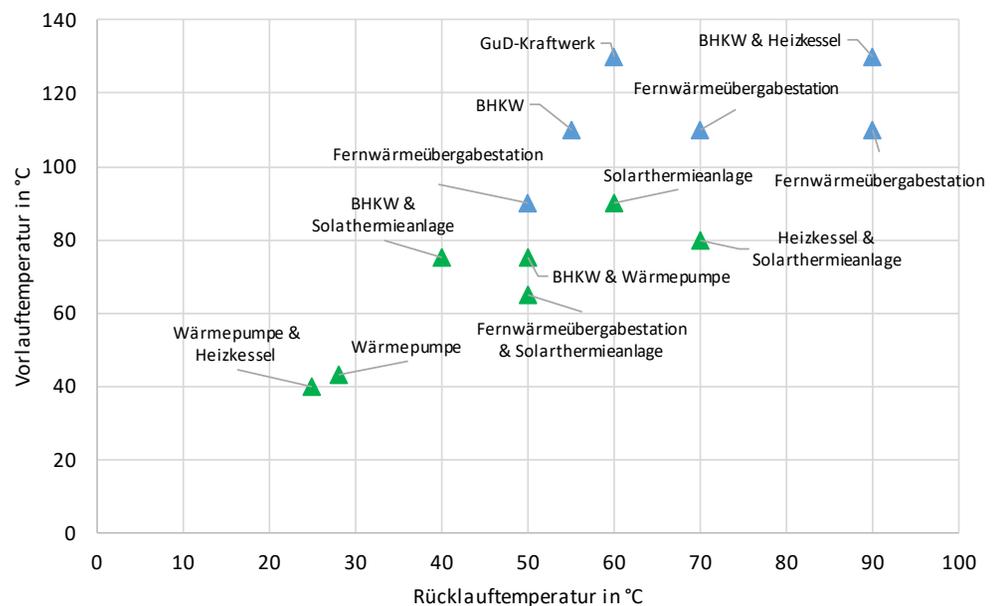


Abbildung 19: Zusammenhang zwischen Erzeugertyp und Systemtemperaturen im Wärmenetz

Art der Rohrleitungen

Die Diagramme in Abbildung 20 und Abbildung 21 zeigen die Rohrtypen, welche in den Projekten für die betrachteten Wärmenetze zum Einsatz kommen. Die Abfrage in beiden Diagrammen bezieht sich auf insgesamt 16 Projekte (17 Teilprojekte), welche insgesamt 20 Netze betrachten.

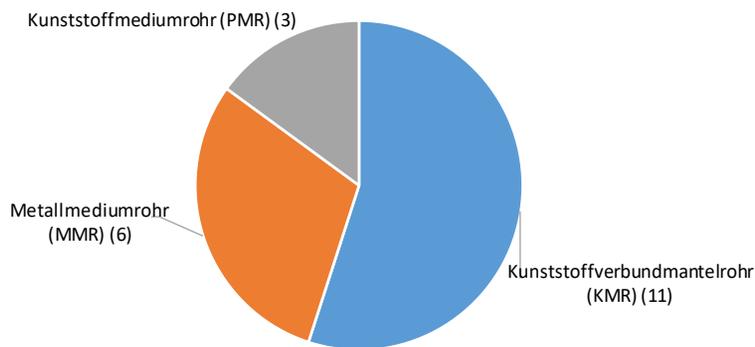


Abbildung 20: In den Projekten verwendete Rohrtypen (Mehrfachnennung möglich)

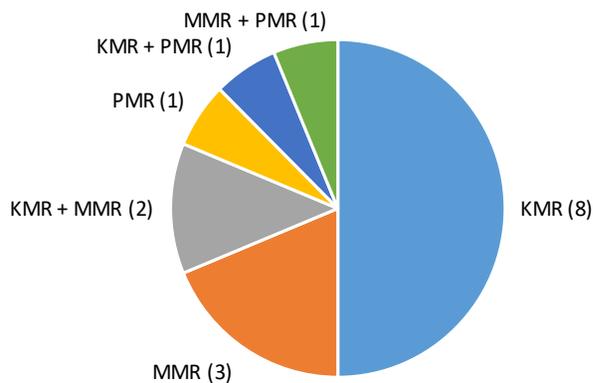


Abbildung 21: In den Projekten verwendete Kombinationen an Rohrtypen

Sowohl bei den absoluten Nennungen der Rohrtypen in Abbildung 20 als auch bei den Kombinationen an Rohrtypen in den Projekten in Abbildung 21, wird das Kunststoffverbundmantelrohr (KMR) am häufigsten eingesetzt. Das Metallmediumrohr (MMR) wird jeweils am zweithäufigsten genannt, das Kunststoffmediumrohr (PMR) hingegen wird nur von wenigen Projekten genannt. Verschiedene Kombinationen aus den Rohrtypen KMR, MMR und PMR kommen ebenfalls vor, werden insgesamt aber nur in etwa einem Viertel der Projekte betrachtet.

4.6 Wärmeabnehmer und -einspeiser

Anzahl Entnahme- und Einspeisestellen

Abbildung 22 zeigt die Antworten aus 19 Projekten (20 Teilprojekten) auf die Fragen nach der Anzahl der Entnahme- und Einspeisestellen für insgesamt 22 Netze. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist die Angabe für Netz 1 nicht maßstabsgetreu dargestellt. Wärmenetze mit Erzeugern erneuerbarer Wärme sind grün beschriftet. Die häufigste Ausführung ist die mit einem oder wenigen zentralen Erzeugern. In zwei Netzen jedoch entspricht die Anzahl der Wärmeabnehmer der Anzahl der Erzeuger.

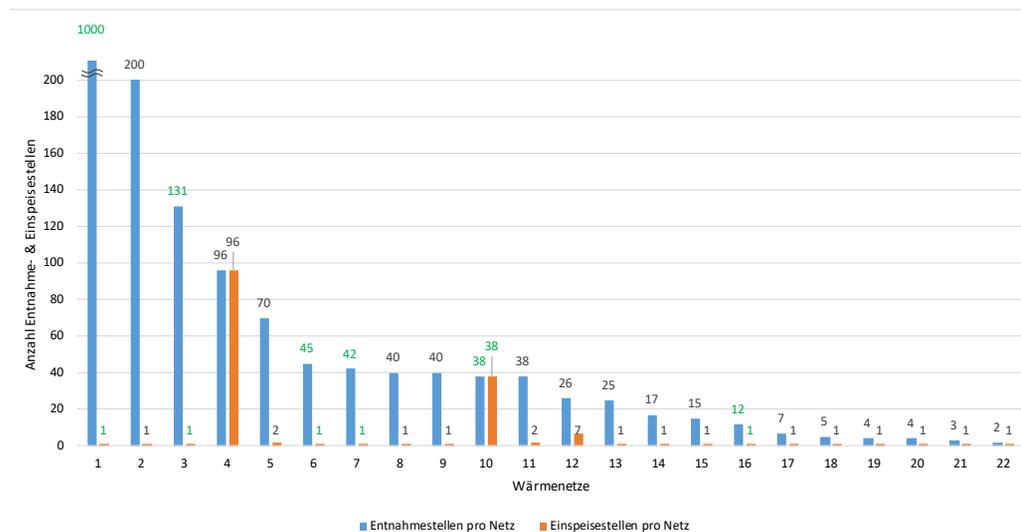


Abbildung 22: Entnahme- und Einspeisestellen in Wärmenetzen der Projekte

Hausstationen - Anschluss direkt oder indirekt

Den Anschlusstyp betreffend ist in Abbildung 23 ein ausgeglichenes Bild zu sehen. Etwas über die Hälfte der 31 Netze aus 22 Projekten (23 Teilprojekten) zu denen Angaben vorlagen sind hydraulisch von den versorgten Abnahmestellen getrennt.

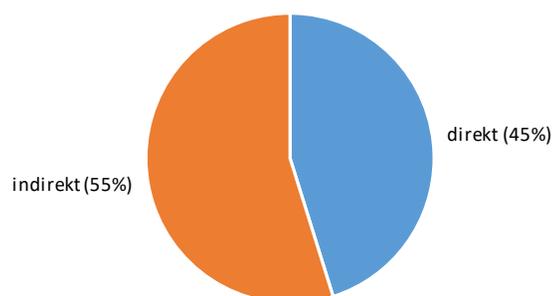


Abbildung 23: Anschlusstyp der Abnahmestellen in den Wärmenetzen der Projekte

Anschlussleistung und Hausanschlusstationen

Die Größe eines Wärmenetzes kann unter anderem über die Gesamtanschlussleistung oder die Anzahl an Hausstationen (Abnehmern) definiert werden. Abbildung 24 zeigt beide Größen in Abhängigkeit voneinander für insgesamt 14 Netze aus 10 Projekten bzw. Teilprojekten. Eine Aufteilung nach Netzen mit nicht erneuerbaren Energien oder einem Anteil erneuerbarer Energien war auf Grund der Datenlage hierbei nicht möglich.

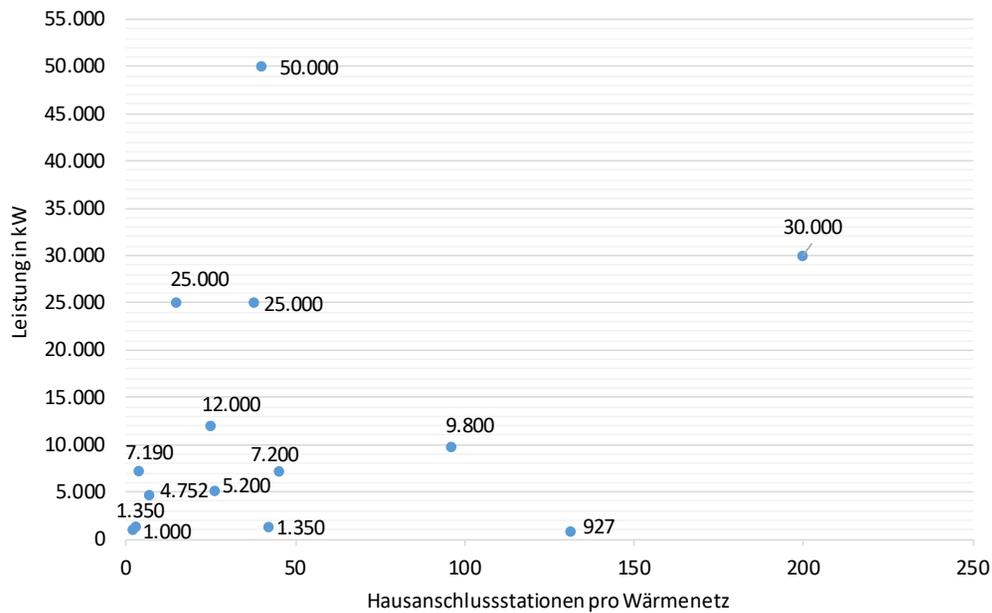


Abbildung 24: Summe Anschlussleistung und Anzahl der Hausanschlusstationen pro Wärmenetz

4.7 Betriebsoptimierung

In Abbildung 25 sind in dem oberen Diagramm Ergebnisse zur Frage dargestellt, ob im Projekt für ein Wärmenetz eine Betriebsoptimierung durchgeführt wird. Die Auswertung beinhaltet Antworten von 21 Projekten (22 Teilprojekten). In dem unteren Diagramm ist die Frage nach dem Ziel der Betriebsoptimierung dargestellt. Dieser Teil der Auswertung bezieht sich auf die Antworten von 9 Projekten (10 Teilprojekten) und beinhaltet Mehrfachangaben bei den Antworten.

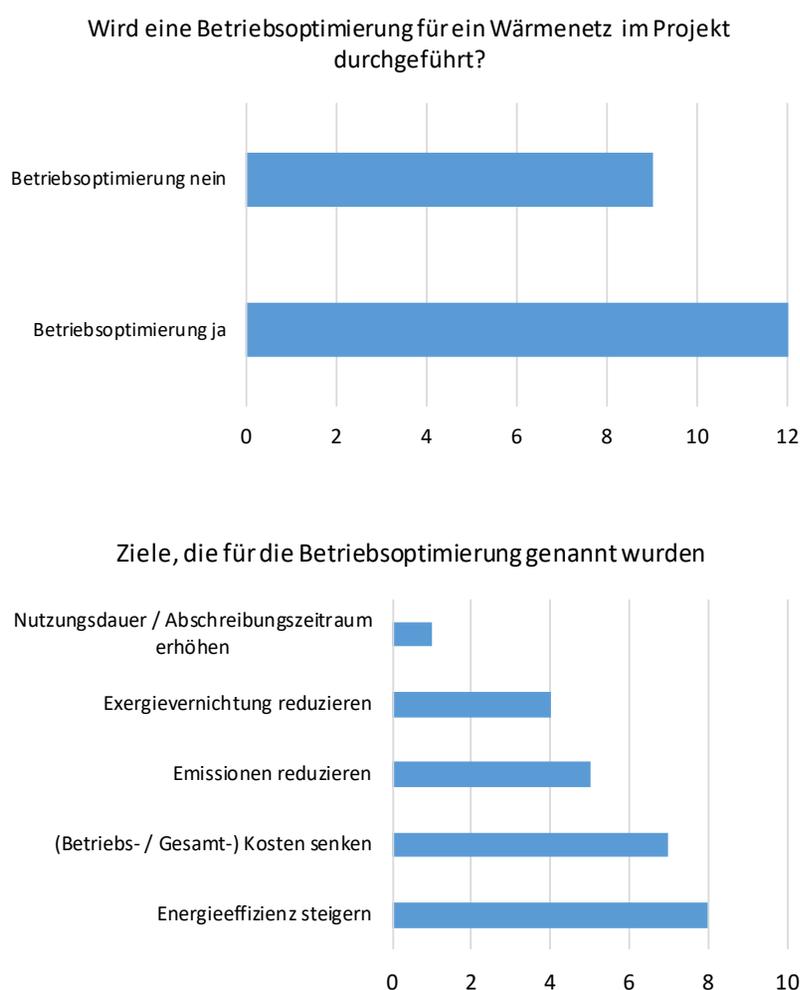


Abbildung 25: Auswertung der Frage nach einer Betriebsoptimierung eines Wärmenetzes im Projekt sowie nach dem Ziel der Betriebsoptimierung (Für die Ziele der Betriebsoptimierung waren Mehrfachangaben möglich).

Etwas mehr als die Hälfte der Projekte führt während der Projektlaufzeit eine Betriebsoptimierung für ein Wärmenetz durch. Bei den Zielen steht in den meisten Projekten die Steigerung der Energieeffizienz an erster Stelle. Die Reduktion der Kosten ist das zweithäufigste Ziel. Die Nutzungsdauer bzw. der Abschreibungszeitraum sollen nur in einem Projekt durch die Betriebsoptimierung erhöht werden.

5 Fazit und Zusammenfassung

Die in den Kapiteln 2 und 3 umrissenen Trends für die Integration erneuerbarer Energien in Wärmenetze werden durch die thematischen Schwerpunkte der aktuellen Forschungsprojekte des BMWi im Förderbereich ENERGIEWENDEBAUEN bestätigt. Vor allem die Absenkung von Systemtemperaturen als Grundlage für die effiziente Einbindung erneuerbarer Wärme spiegelt sich in den Projekten des Forschungsbereichs wider. Aussagen von externen Studien zum, für die erfolgreiche Bewältigung der Dekarbonisierung des Wärmesektors, notwendigen Ausbau von Wärmenetzen und zur Umstellung auf erneuerbare Energieträger, unterstreichen die Forschungsanstrengungen des Forschungsbereichs zu diesem Thema.

Die Auswertung der Förderprojekte mit Wärmenetzen zeigt, dass mit knapp 40 Millionen Euro Fördervolumen für 56 Teilprojekte ein Förderschwerpunkt in diesem Bereich gesetzt wurde. Bei der Hälfte der Projekte steht die Realisierung des Wärmenetzes auf dem Projektfahrplan und damit ein konkreter Praxisbezug.

Regenerative oder anteilig regenerative Wärmeerzeuger stellen etwa 30 % der betrachteten Wärmeerzeuger dar, diese decken jedoch im Vergleich zu den konventionellen Wärmeerzeugern eher die geringeren Leistungsbereiche ab.

Bei den Wärmespeichern, welche in Wärmenetzen eingesetzt werden, liegt die Wahl der Technologie klar auf den Heißwasserspeichern und oftmals wird nur ein Speicher pro Wärmenetz eingesetzt.

Die Anzahl an betrachteten Wärmenetzen pro Projekt liegt im überwiegenden Anteil der Fälle bei einem oder zwei Netzen und diese sind häufig erdverlegte 2-Leiternetze mit Kunststoffverbundmantel- (KMR) oder Metallmediumrohren. Dies gilt sowohl für Wärmenetze mit konventionellen als auch mit regenerativen Wärmeerzeugern. Die Trassenlänge pro Wärmenetz variiert, wobei der Großteil der Netze eine Länge zwischen knapp 0,5 km und 6 km hat. Die Systemtemperaturen in den betrachteten Wärmenetzen variieren stark zwischen 12 °C und 140 °C, wobei Netze mit sehr geringen Vorlauftemperaturen als Wärmequelle für dezentrale Wärmepumpen genutzt werden. Knapp die Hälfte der Wärmenetze wird mit einer gleitenden Vorlauftemperatur gefahren. Der Zusammenhang zwischen der Art des Wärmeerzeugers und der Systemtemperatur zeigt, dass Wärmenetze mit regenerativen Wärmeanteilen nicht über 90 °C Vorlauftemperatur gefahren werden. Bei Wärmenetzen mit konventionell erzeugter Wärme werden Vorlauftemperaturen bis zu 140 °C erreicht.

Auf der Abnehmerseite variiert die Anzahl der Entnahmestellen pro Wärmenetz stark zwischen 2 und 1.000, die Anzahl der Einspeisestellen liegt oft nur bei 1, in wenigen Fällen mit bis zu 96 jedoch deutlich darüber. Die Anschlusstypen als direkt oder indirekt eingebundene Hausstation sind beide etwa gleich oft vertreten. Entsprechend der stark variierenden Anzahl an Hausstationen pro Wärmenetz variiert auch die Summe der Anschlussleistungen von ca. 1 MW bis 50 MW.

Die Auswertung der Anzahl der Projekte, in denen eine Betriebsoptimierung für das betrachtete Wärmenetz durchgeführt wurde, hat ergeben, dass eine Betriebsoptimierung in etwas mehr als der Hälfte der Fälle durchgeführt wird. In den meisten Fällen war es das Ziel der Betriebsoptimierung, die Energieeffizienz zu steigern und oder die Betriebs- oder Gesamtkosten zu senken.

Literaturverzeichnis

- [1] BAFA, „Merkblatt zu den Anforderungen an eine Machbarkeitsstudie - Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0,“ Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, 06.06.2018.
- [2] IRENA, „Renewable Energy in District Heating and Cooling: A Sector Roadmap for REmap,“ International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2017.
- [3] F. IWES/IBP, „Wärmewende 2030. Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor. Studie im Auftrag von Agora Energiewende,“ 2017.
- [4] BAFA, „Wärmenetze 4.0,“ [Online]. Available: http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/waermenetze_node.html. [Zugriff am 05.12.2018].
- [5] SDH, „Proceedings - 5th International Solar District Heating Conference,“ solar district heating, Graz, 04.2018.
- [6] Lang und W. et.al., „Potenziale von Niedrigtemperaturnetzen zur Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien in Quartieren,“ Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2018.



Impressum

Herausgeber: Wissenschaftliche Begleitforschung_ENERGIEWENDEBAUEN
RWTH Aachen University
Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik
Mathieustraße 10
52074 Aachen

E-Mail: begleitforschung@eonerc.rwth-aachen.de
Internet: energiewendebauen.de

Autoren: Matthias Schnier¹, Cornelius Schill¹, Tom Seelig¹, Carsten Beier¹ unter Mitwirkung weiterer Mitglieder der Wissenschaftlichen Begleitforschung ENERGIEWENDEBAUEN

Bildquelle sofern nicht explizit anders angegeben Wissenschaftliche Begleitforschung.

Für den Inhalt und das Bildmaterial der einzelnen Beiträge tragen alleine die Autoren die Verantwortung. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie oder in einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

ISBN: 978-3-942789-94-3

¹ Fraunhofer UMSICHT

