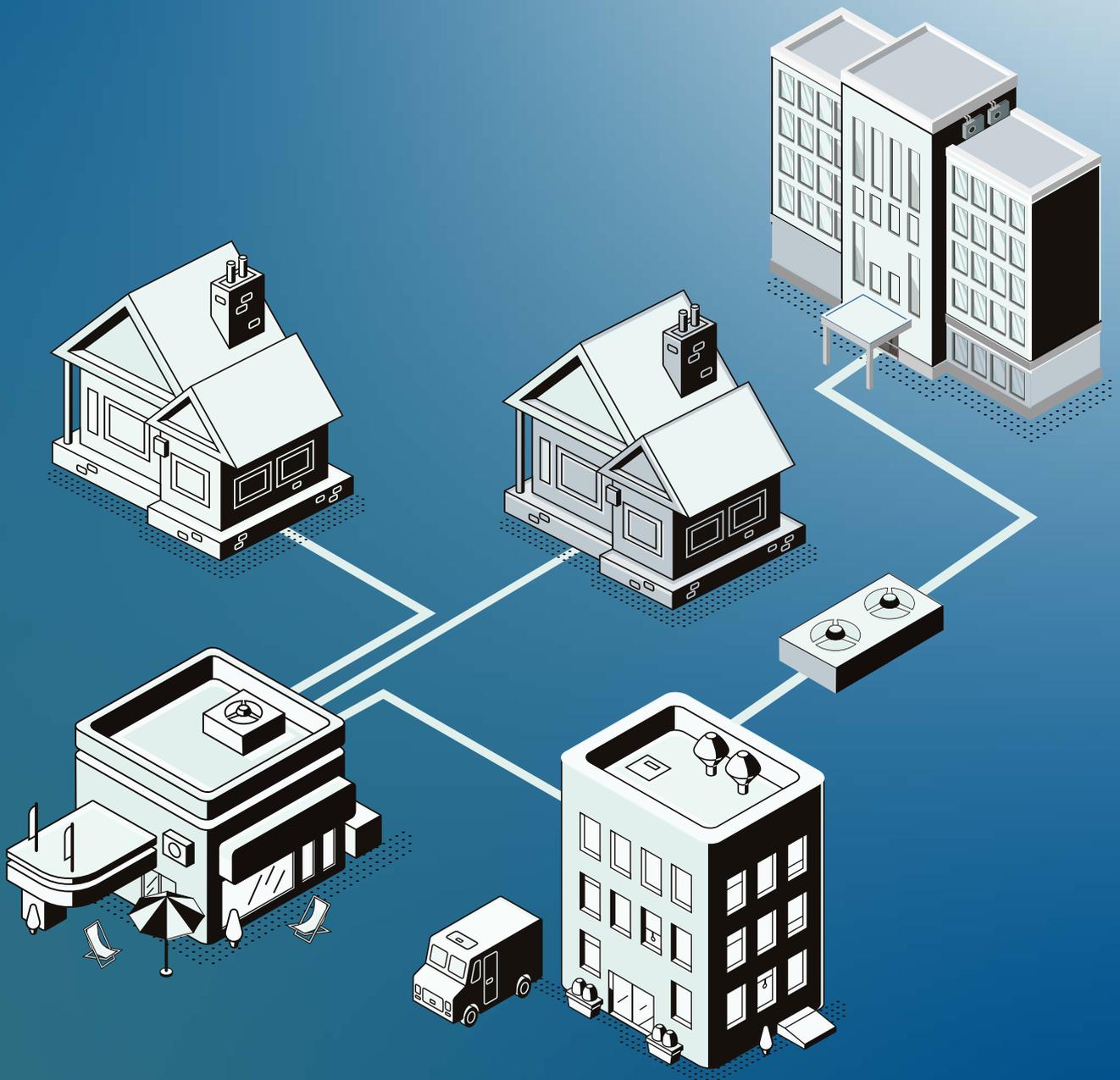


VERNETZTE WÄRMEVERSORGUNG IN BESTANDSQUARTIEREN

Handlungsstrategien und Anwendungsfälle
für die Initiierung, Planung und Umsetzung vor Ort





Impressum

Herausgeber:

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestraße 128 a, 10115 Berlin
Tel.: + 49 (0)30 66 777-0
Fax: + 49 (0)30 66 777-699
E-Mail: info@dena.de / info@gebaeudeforum.de
Internet: www.dena.de / www.gebaeudeforum.de



Autorinnen und Autoren:

Dr. Andreas Koch, dena
Susanne Schmelcher, dena
Tim Sternkopf, dena
Dr. Matthias Sandrock, Hamburg Institut Consulting GmbH
Felix Landsberg, Hamburg Institut Consulting GmbH
Judith Keßeler, Hamburg Institut Consulting GmbH
Nico Jaeschke, Hamburg Institut Consulting GmbH
Paula Möhring, Hamburg Institut Consulting GmbH

Konzeption und Gestaltung:

Heimrich & Hannot GmbH

Bildnachweis:

Titel und Trennerseiten: shutterstock/Roxiller13,
shutterstock/vectorpouch; Hamburg Institut, S.44

Bitte zitieren als:

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2023):
„Vernetzte Wärmeversorgung in Bestandsquartieren.
Handlungsstrategien und Anwendungsfälle für die
Initiierung, Planung und Umsetzung vor Ort“.

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem
Zustimmungsvorbehalt der dena.

Datum der Veröffentlichung: August 2023

Das Veröffentlichungsdatum entspricht nicht zwangsläufig
dem Stand dieser Publikation, da es zwischen Erstellung
und Veröffentlichung einer Studie bereits Änderungen der
inhaltlichen Rahmenbedingungen gegeben haben kann.



**Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz**

Die Veröffentlichung dieser Publikation erfolgt im Auftrag
des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz.
Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) unterstützt
die Bundesregierung in verschiedenen Projekten zur
Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele im
Rahmen der Energiewende.

Inhalts- verzeichnis

Handlungsstrategien und Anwendungsfälle für die Initiierung, Planung und Umsetzung vor Ort

Impressum	2
Inhaltsverzeichnis	4
1. Kurzzusammenfassung	5
2. Einleitung	7
3. Umsetzungsstrategien.....	8
3.1 Kommunale Rahmenbedingungen	10
3.1.1 Relevante Rahmenparameter	11
3.1.2 Mögliche Rechtsformen für Investitionen in und den Betrieb von Wärmeversorgungs-lösungen	11
3.1.3 Exkurs: Zentrale Hemmnisse von Wärmeversorgungs-lösungen durch Renditeerwartung und Haushalts finanzierungsstrukturen	16
3.2 Kommunale Handlungsmöglichkeiten.....	17
3.2.1 Initiierende Handlungsmöglichkeiten	17
3.2.2 Investive Handlungsmöglichkeiten	20
3.2.3 Flankierende Handlungsmöglichkeiten	23

4.	Anwendungsfälle für Wärmepumpen in Bestandsquartieren	27
4.1	Abwärme	30
4.1.1	Eigenschaften und Versorgungsvarianten.....	30
4.1.2	Herausforderungen und Lösungsansätze	33
4.2	Grundwasser.....	33
4.2.1	Eigenschaften und Versorgungsvarianten.....	33
4.2.2	Herausforderungen und Lösungsansätze	34
4.3	Abwasser	34
4.3.1	Eigenschaften und Versorgungsvarianten.....	34
4.3.2	Herausforderungen und Lösungsansätze	36
4.4	Geothermie	37
4.4.1	Eigenschaften und Versorgungsvarianten.....	37
4.4.2	Herausforderungen und Lösungsansätze	39
4.5	Umgebungsluft.....	40
4.5.1	Eigenschaften und Versorgungsvarianten.....	40
4.5.2	Herausforderungen und Lösungsansätze	41
4.6	Exkurs: Solarthermie	43
4.7	Exkurs: Kalte Nahwärme	45
4.8	Exkurs: Tiefe Geothermie.....	46
5.	Analyse bestehender Strategien für die Entwicklung vernetzter Wärmeversorgung in Bestandsquartieren	47
5.1	Neuerkirch-Külz	49
5.2	Dollnstein.....	53
5.3	Biberach	56
5.4	Steyerberg	59
5.5	Berlin-Eichkamp	61
5.6	Ostercappeln	65
5.7	Bruchsaler Südstadt.....	70
5.8	Neustadt in Holstein	73
	Abbildungsverzeichnis	76
	Tabellenverzeichnis.....	77
	Literaturverzeichnis.....	78
	Abkürzungen	81



1. Kurzzusammenfassung

Die Bandbreite der kommunalen Verpflichtungen gegenüber konkreten Umsetzungsprojekten für Wärmenetze in Bestandsquartieren kann sehr unterschiedliche Dimensionen annehmen. Werden Projekte durch **Eigenbetriebe der Kommunen** bzw. unter **direkter Beteiligung der Kommune** an der Projektfinanzierung umgesetzt, tritt die Kommune als **Allrounderin** auf. Auf der anderen Seite des Spektrums befinden sich **privatwirtschaftliche Projekte** und **Projekte von Bürgerenergiegenossenschaften**, bei denen die Kommune meist nur die Rolle einer **Begleiterin** einnimmt.

In dieser Studie werden die unterschiedlichen kommunalen Handlungsstrategien beschrieben und mit Beispielen und Anregungen versehen (Kapitel 3). Die bestehenden Handlungsmöglichkeiten innerhalb der Kommune werden analysiert und systematisiert, sodass kommunale Akteure sich verorten, orientieren und weiterentwickeln können.

Die Anordnung der Kapitel dieser Studie repräsentiert nicht die chronologische Vorgehensweise bei der Erstellung. Die Herleitung der kommunalen Strategien ist technologiefokussiert und umsetzungsorientiert aufgebaut und in den Kapiteln 4 und 5 dokumentiert.

In Kapitel 4 werden unterschiedliche Wärmequellen zur Wärmeerzeugung mittels Wärmepumpen in Bestandsquartieren dargestellt. Es werden jeweils für Abwärme, Grundwasser, Abwasser, oberflächennahe Geothermie und Umgebungsluft die technologiespezifischen Eigenschaften und Versorgungsvarianten sowie die damit verbundenen Herausforderungen und Lösungsansätze analysiert. Die Lektüre dieses Kapitels eignet sich besonders im Vorfeld und als Ergänzung zu Machbarkeitsstudien, indem sie einen Kontext der verschiedenen zukunftsfähigen relevantesten Optionen schafft.

In Kapitel 5 werden acht Beispiele für vernetzte Wärmeversorgung in Bestandsquartieren vorgestellt und detailliert beschrieben. Insbesondere erfolgt die Analyse im Hinblick auf die Ausgangslage und Zielsetzung des jeweiligen Projekts, die Umsetzungsphase und die rückblickenden Lessons Learned. Letztere können weiteren kommunalen Akteuren helfen, die wichtigen Faktoren frühzeitig zu adressieren und zu berücksichtigen und etwaige Fehler nicht zu wiederholen.

Als Ergebnis der Analysen im Kontext dieser Studie wurden drei wesentliche Handlungsmöglichkeiten für Kommunen identifiziert:

- **Initiieren:** Die Kommune schafft eine Ausgangssituation, die die Initiation von Quartiersprojekten einerseits ermöglicht und andererseits unterstützt sowie initiativ anstößt.
- **Investieren:** Die Kommune beteiligt sich unternehmerisch an Wärmeprojekten und investiert eigene Haushaltsmittel bzw. nimmt Darlehen auf, um ein Quartiersprojekt umzusetzen.
- **Flankieren:** Die Kommune begleitet Quartiersprojekte in allen Projektphasen und unterstützt die Akteure mit den zur Verfügung stehenden kommunalen Handlungsmöglichkeiten.

Initiierende Handlungsmöglichkeiten umfassen insbesondere langfristige strategische Planungen der Stadt im Rahmen einer gesamtstädtischen Bestandsaufnahme und Planung. Gibt es beispielsweise Wohnungsbestände kommunaler (Wohnungs-)Unternehmen, sollten sie so früh wie möglich auf eine potenzielle Umsetzung von Wärmenetzlösungen geprüft und alternative Finanzierungs- und Betriebsmodelle in Betracht gezogen werden. Des Weiteren kann die Kommune durch die Erarbeitung und Finanzierung von Quartierskonzepten (u. a. KfW 432) und Machbarkeitsstudien die ersten Grundsteine legen. Kommunale Liegenschaften können als Keimzellen bzw. Ankerkunden genutzt werden, um ausgehend von diesen Gebäuden das Wärmenetz weiterzuentwickeln. Personelle Kapazitäten können seitens der Kommunen durch Einrichtung und Ausstattung einer Klimaschutzleitstelle geschaffen werden, um gesamtstädtisch Vorhaben zu entwickeln und zu koordinieren. In Quartieren kann ein Quartiersmanagement eingesetzt werden, um die Umsetzung von energetischen Maßnahmen personell zu unterstützen. Vorhandene Strukturen und bekannte Formate der Öffentlichkeitsarbeit können von Kommunen genutzt werden, um Informationen zu veröffentlichen und Veranstaltungen zu organisieren und zu bewerben. Ein Überblick über alle Vorhaben und Stakeholder in der Kommune sollte dafür eingesetzt werden, Vernetzung voranzutreiben und entscheidende Akteure zusammenzubringen.

In Bezug auf die finanziellen Aspekte der Umsetzung von Wärmenetzen kann die Kommune im Rahmen der **investiven Handlungsmöglichkeiten** tätig werden. Durch die langen Laufzeiten bei kommunal gestützten Krediten kann die Refinanzierung gleichmäßig verteilt werden und überproportionale kapitalgebundene Kosten in den ersten Jahren werden vermieden. Zusätzlich können sich durch die Beteiligung der Kommune verbesserte Zinskonditionen für Projektdarlehen ergeben.

Neben der direkten Beteiligung an der Projektfinanzierung können Kommunen auch finanziell **flankierende** individuelle Fördertöpfe entwickeln, die gezielt finanzschwache Haushalte oder Konstellationen beim Anschluss an ein Wärmenetz unterstützen. Eine Fördermittelberatung sollte zusätzlich eingesetzt werden, um bei der Antragstellung zur Nutzung von Bundes- oder Landesfördermitteln zu begleiten.

Wollen **Kommunen eine flankierende Rolle** einnehmen, bieten sich außerdem planerische und ordnungsrechtliche Instrumente an. Anschluss- und Benutzungsgebote oder städtebauliche Verträge können nach Prüfung im Einzelfall genutzt werden, um Anschlussdichten zu erhöhen und Planungssicherheit zu schaffen. Eine weitere Möglichkeit bietet die Umlage der Netzkosten in Form von Anliegerkosten, die alle Anlieger an den Baukosten beteiligt und einen Anschluss an das Netz besonders attraktiv macht, da die Kosten auch ohne Nutzung der Netzwärme getragen werden müssen. Möglichkeiten zur Minderung von Risiken bei der Nutzung von Abwärme sollten von der Kommune auch im Bereich der flankierenden Maßnahmen adressiert werden. Hier sollten Kommunen darauf hinwirken, gemeinsam mit den Energieagenturen Konzepte zu entwickeln, die das Risiko im Rahmen von zum Beispiel „Ausfallfonds“ über eine ausreichende Masse an Projekten verteilen, um sich zumindest finanziell gegen die Auswirkungen eines Ausfalls absichern zu können.

Die Flächensicherung für die Wärmeversorgung kann sowohl als initiale wie auch als flankierende Maßnahme verstanden werden, da sich auch im Rahmen der Umsetzung Flächenkonzepte anpassen lassen und sich aus dem Projekt heraus weitere Flächenbedarfe oder Ideen entwickeln können, die bei der Initiierung noch nicht absehbar waren.

Die kommunale Wärmeplanung, die in einigen Bundesländern wie Baden-Württemberg, Niedersachsen und Schleswig-Holstein bereits verpflichtend ist, kann und sollte viele der hier dargestellten Elemente und Handlungsoptionen umsetzen. Bei der kommunalen Wärmeplanung liegt der Fokus auf der gesamten Stadt, daher wird eine gesamtstädtische Wärme-strategie erarbeitet. Der Fokus dieser Studie sind Wärmenetze in Quartieren mit Bestandsgebäuden, für die kommunale Strategien dargestellt werden. Insofern besteht eine thematische Schnittmenge und einige Ergebnisse der Studie können durchaus hilfreich für die kommunale Wärmeplanung sein. Da dies jedoch nicht das Ziel der Studie ist, wird in der textlichen Ausarbeitung der Bezug zur kommunalen Wärmeplanung in der Regel nicht hergestellt.



2. Einleitung

Effizienzsteigerungen, die Nutzung von Umwelt- oder unvermeidbarer Abwärme sowie deren Verteilung sind die Grundlage der Transformation hin zu einem klimaneutralen Gebäudebestand. Wärmenetze bieten die Möglichkeit, eine klimaneutrale Wärmeversorgung effizient und kostengünstig sicherzustellen sowie größere und diverse erneuerbare Wärmepotenziale zu erschließen. Ihre Verwirklichung stellt allerdings auch beachtliche Ansprüche an die Fähigkeit und Bereitschaft der Akteure zu gemeinsamer Planung und langfristiger Zusammenarbeit vor Ort. Damit solche Optionen genutzt werden können, müssen Menschen und Institutionen bereit sein, sie aktiv zu unterstützen.

Für die erfolgreiche Transformation der Gebäudewärme in Deutschland sind verschiedene Maßnahmen erforderlich: Fernwärmenetzen steht der tiefgreifende Wandel von hohen fossilen Anteilen hin zu klimaneutralen Energiequellen bevor. Wo zusätzliche klimaneutrale Energiequellen erschlossen werden können, sind Fernwärmenetze zu erweitern und zu verdichten. Wo dezentrale Heizungen eingebaut sind, müssen diese auf erneuerbare Wärmequellen umgestellt werden. Werden anstelle der einzelnen Gebäude jedoch mehrere Wohngebäude oder das gesamte Quartier betrachtet, so kann die Errichtung eines neuen Gebäude- oder Wärmenetzes¹ vorteilhafter sein als die Umstellung der dezentralen fossilen Heizungen auf fossilfreie Einzelheizungssysteme. Wärmenetze zeichnen sich vor allem durch eine zentrale Heizungsanlage mit höherer Effizienz und meist niedrigeren Wärmeverlustkosten aus. Hinzu kommt, dass einige besonders effiziente und klimaschonende Technologien bzw. Wärmequellen wie zum Beispiel Abwärme und Oberflächengewässer meist nur mittels Wärmenetzen integriert werden können. Die Bandbreite der verfügbaren Technologien ist daher größer und der Ressourceneinsatz häufig effizienter möglich, wenn Nahwärmenetze errichtet werden. Andererseits kann die Verlegung der Wärmetrassen besonders in bereits bebauten Gebieten mit hohen Kosten verbunden sein.

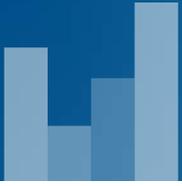
Da Wärme im Gegensatz zu Strom stark ortsgebunden ist, ist dieser Energiesektor stärker von lokalen Gegebenheiten abhängig. Kommunen und ihren jeweiligen Institutionen kommt daher eine Schlüsselrolle in der Wärmewende zu, da sie als Akteure stets vor Ort sind und über weitreichende Handlungsmöglichkeiten verfügen. Sie stehen an der Schnittstelle zwischen den Klimazielen der Bundesländer und denen der Bundesregierung und haben immer häufiger selbst ambitionierte Klimaziele. Zugleich sind sie für die Stadtplanung verantwortlich und können in diesem Rahmen planerisch steuern, festlegen und umsetzen.

Insbesondere beim Nahwärmenetzaufbau in Bestandsquartieren kann die Kommune eine relevante Rolle spielen. Egal ob geeignete Quartiere im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung oder unabhängig davon identifiziert werden – die Kommune hat einen erheblichen Handlungsspielraum und Einfluss auf die Initiation, Planung und Umsetzung sowie den Betrieb von Nahwärmeprojekten.

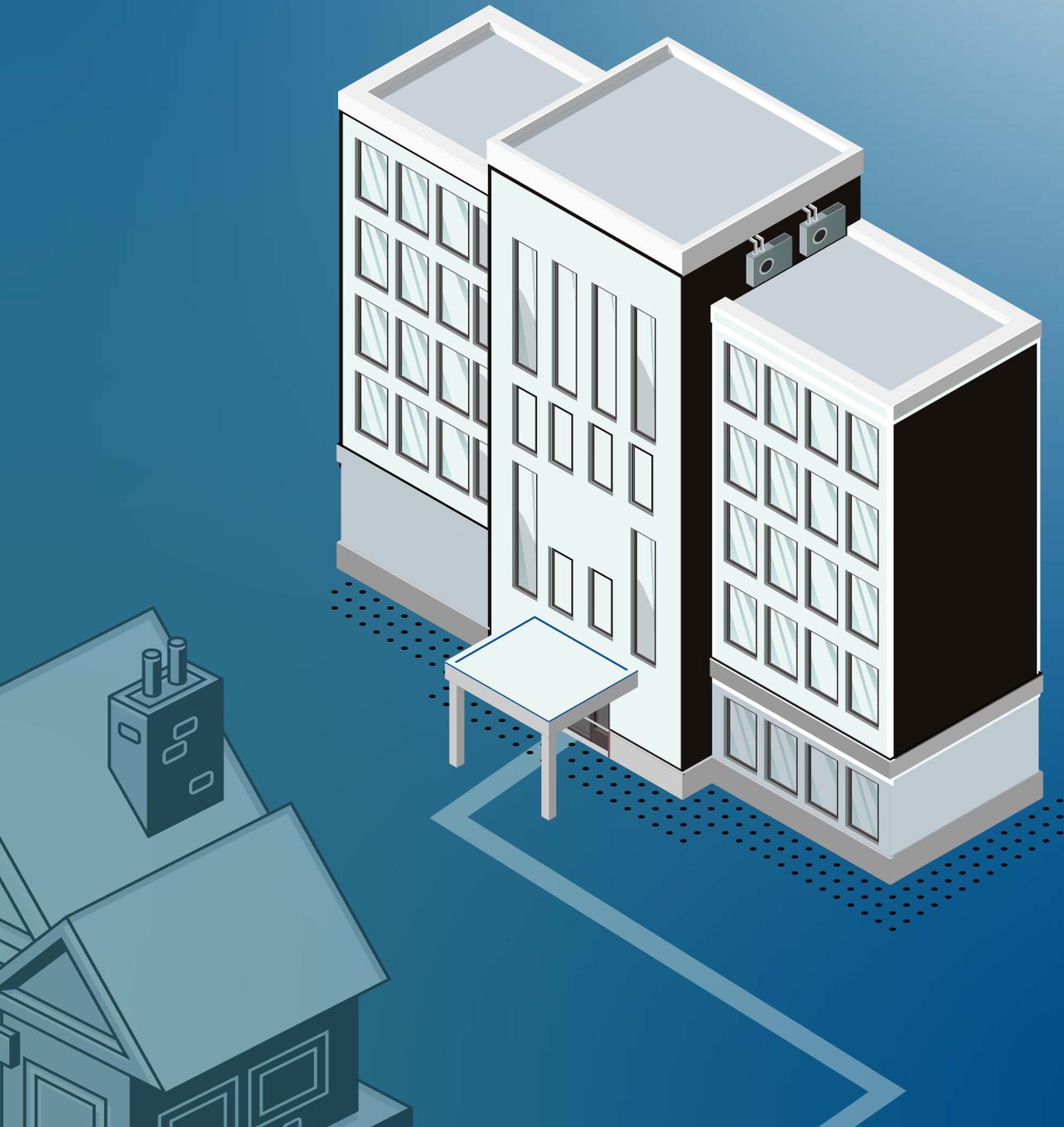
Diese Studie stellt dar, welche **kommunalen Handlungsstrategien** im Hinblick auf Betriebsmodelle und Finanzierungskonzepte zu erfolgreichen **vernetzten Wärmeversorgungs-lösungen** in Bestandsquartieren führen, und soll somit auch Planerinnen und Planern eine Übersicht über die wichtigsten Fragestellungen sowie eine Hilfestellung zur Bewertung der technischen Konzepte bieten. Hierfür werden verschiedene technologische Optionen, Umsetzungskonzepte und Betriebsmodelle analysiert und acht beispielhafte Konzepte aus der Praxis vorgestellt. Die technischen und genehmigungsrechtlichen Herausforderungen sind aufgeführt und es werden Hinweise zu Lösungsansätzen gegeben, die im Einzelfall individuell zu prüfen und anzupassen sind. Der Überblick über die technischen Varianten zeigt, wie vielfältig umgebende Strukturen oder Flächen als Wärmequellen nutzbar sind.

Die Analyse bestehender Strategien für die Entwicklung von Quartierskonzepten hat gezeigt, dass Quartierskonzepte meist eng verzahnt sind mit gesamtstädtischen Zielsetzungen und besonders bei der Umsetzung durch Genossenschaften von ehrenamtlichem Engagement getragen werden. Die Rolle der Kommune kann je nach vorhandenen Kapazitäten und Ressourcen sowie der allgemeinen Ausgangssituation unterschiedlich ausgeprägt sein. In allen Fällen ist sie jedoch sehr relevant und kann, richtig gestaltet, maßgeblich zur erfolgreichen Umsetzung von Wärmenetzen in Bestandsquartieren beitragen.

¹ Gebäudenetze verbinden bis zu 16 Gebäude und maximal 100 Wohneinheiten. Die Unterscheidung bezieht sich auf die Fördermöglichkeiten, wird aber auch im derzeitigen Referentenentwurf des Gebäudeenergiegesetzes (Stand 3. April 2023) genutzt. Im Folgenden wird im Text von „Wärmenetzen“ gesprochen, auch wenn vieles sich auf Gebäudenetze übertragen lässt.



3. Umsetzungsstrategien für vernetzte Wärmeversorgungslösungen in Bestandsquartieren



Für die Realisierung von Quartiersversorgungslösungen im Wärmebereich steht grundsätzlich eine große Bandbreite an Handlungsmöglichkeiten für die Kommune zur Verfügung. Während einerseits unterschiedliche unternehmerische Optionen bestehen, sind andererseits auch zahlreiche unterstützende kommunale Maßnahmen für die erfolgreiche Umsetzung von Projekten etabliert. Diese sind ebenso wichtig für Planungsbüros, die für unterschiedliche Immobilien Versorgungslösungen entwickeln. Darüber hinaus lässt sich ein umfassender kommunaler Handlungsspielraum beschreiben, der Quartiersprojekte überhaupt erst entstehen lässt. Im Rahmen dieser Studie wurden drei wesentliche Handlungsmöglichkeiten für Kommunen identifiziert:

- **Initiieren**
- **Investieren**
- **Flankieren**

Die **initiiierenden Handlungsmöglichkeiten** hängen von der Ausgangssituation in der Kommune ab und gestalten diese auch maßgeblich, sie bedingen sich also gegenseitig. Im besten Fall ergreift die Kommune ein abgestimmtes Set der dort beschriebenen initiierenden Handlungsoptionen und ermöglicht damit die Entstehung von erfolgreichen Quartiersprojekten. Je nach kommunaler und projektbezogener Ausgangssituation können weitere unterschiedliche kommunale Maßnahmen ergriffen werden.

Zusätzlich zu den initiierenden Handlungsmöglichkeiten werden im Folgenden sowohl **unternehmerische (Investieren)** als auch **begleitende Enabler-Maßnahmen (Flankieren)** beschrieben.

Je nach Auswahl und Ausgestaltung der Maßnahmen befindet sich die Rolle der Kommune im Umsetzungsprozess von Quartierskonzepten somit zwischen den beiden strategischen Polen „**Allrounderin**“ und „**Begleiterin**“.

Als „**Allrounderin**“ wird im Folgenden die kommunale strategische Rolle verstanden, bei der Investitionen in und gegebenenfalls auch der Betrieb von Erzeugungs- und unter Umständen Speicheranlagen sowie Netzinfrastruktur (mehrheitlich) in kommunaler Hand liegen. Dies kann beispielsweise über Eigenbetriebe der Kommune sowie rechtlich selbstständige Kommunalunternehmen oder auch in Form von Gründungen oder kommunalen Beteiligungen an Kapitalgesellschaften (überwiegend als GmbH) geschehen.

Unter „**Begleiterin**“ soll im Folgenden die kommunalstrategische Rolle der vorwiegend unterstützend wirkenden Kommune verstanden werden. Die Umsetzung von Quartierskonzepten hängt maßgeblich von der Einbettung in den (kommunalen) Unterstützungsrahmen ab. Die Kommune kann in der Funktion als „**Begleiterin**“ beispielsweise durch ordnungs-

rechtliche und planerische Instrumente für die erfolgreiche Umsetzung sorgen. Für die Rolle als „**Begleiterin**“ sind andere Akteure in der Umsetzungsrolle erforderlich. Dies können Unternehmen oder Genossenschaften sein.

Es bietet sich an, die Begrifflichkeiten anhand der konkreten Handlung zu clustern, um herauszustellen, dass eine Kommune sich durchaus zwischen den Begriffen „**Allrounderin**“ und „**Begleiterin**“ wiederfinden kann, je nachdem welche Kapazitäten und Kompetenzen vorhanden sind und welche politische Zielsetzung den Rahmen für die Kommune definiert. Im weiteren Verlauf wird daher vor allem von den **investiven Handlungsmöglichkeiten**, die eher einer „**Allrounderin**“ zuzuordnen sind, und den **Enabler-Maßnahmen**, die eher einer „**Begleiterin**“ zuzurechnen sind, gesprochen.

Die dargestellten Rollen sind naturgemäß Richtungstendenzen und stellen eine Vereinfachung der Realität dar, denn die Kommune kann durchaus in verschiedenen Quartieren auch jeweils unterschiedliche Rollen(-ausprägungen) annehmen. Sie sind keinesfalls als Entweder oder zu verstehen.

Die flankierenden Maßnahmen können auch dann sinnvoll und gegebenenfalls sogar erforderlich sein, wenn die Kommune selbst unternehmerisch tätig wird. Auch die initiierenden Maßnahmen sind unabhängig von den weiteren Maßnahmen in jedem Fall sinnvoll. Relevant ist, dass die Kommune ihre potenzielle Wirkmächtigkeit erkennt und – zwischen den Polen der reinen Begleitung und der direkten Unterstützung – eine aktive Rolle bei der Entwicklung und Umsetzung von Quartierskonzepten einnimmt.

In Abbildung 1 werden die kommunalen Umsetzungsstrategien mit den unterschiedlichen Möglichkeiten der Betriebsmodelle angelehnt an Arbeiten der Umwelt- und Energieagentur Kreis Karlsruhe dargestellt. Einerseits gibt es die Aufgabe der Investitionen in die Erzeugungsanlagen und die Netzinfrastruktur (vertikale Achse), andererseits die Aufgabe des Betriebs der Erzeugerparks und des Wärmenetzes (horizontale Achse). Als Akteure finden sich Bürgerenergiegenossenschaften, private Energieversorgungsunternehmen (EVU), kommunale oder mehrheitlich kommunale EVU, zum Beispiel in Form der GmbH, und kommunale Eigenbetriebe. In Projekten sind unterschiedliche Kombinationen möglich, die Investitionen und der Betrieb müssen nicht zwangsläufig über denselben Akteur erfolgen. Das wird auch deutlich, wenn man sich die unterschiedlichen Beispiele in Kapitel 5 anschaut. Wichtig ist, dass es hierbei nicht um eine Wertung, sondern lediglich um eine Beschreibung geht, denn welche Vorgehensweise erfolgreicher ist, wurde nicht untersucht. Vielmehr zeigt die Grafik, dass in allen Fällen der Betriebsmodelle die Kommune Einfluss nehmen und zum Gelingen des jeweiligen Projekts beitragen kann.

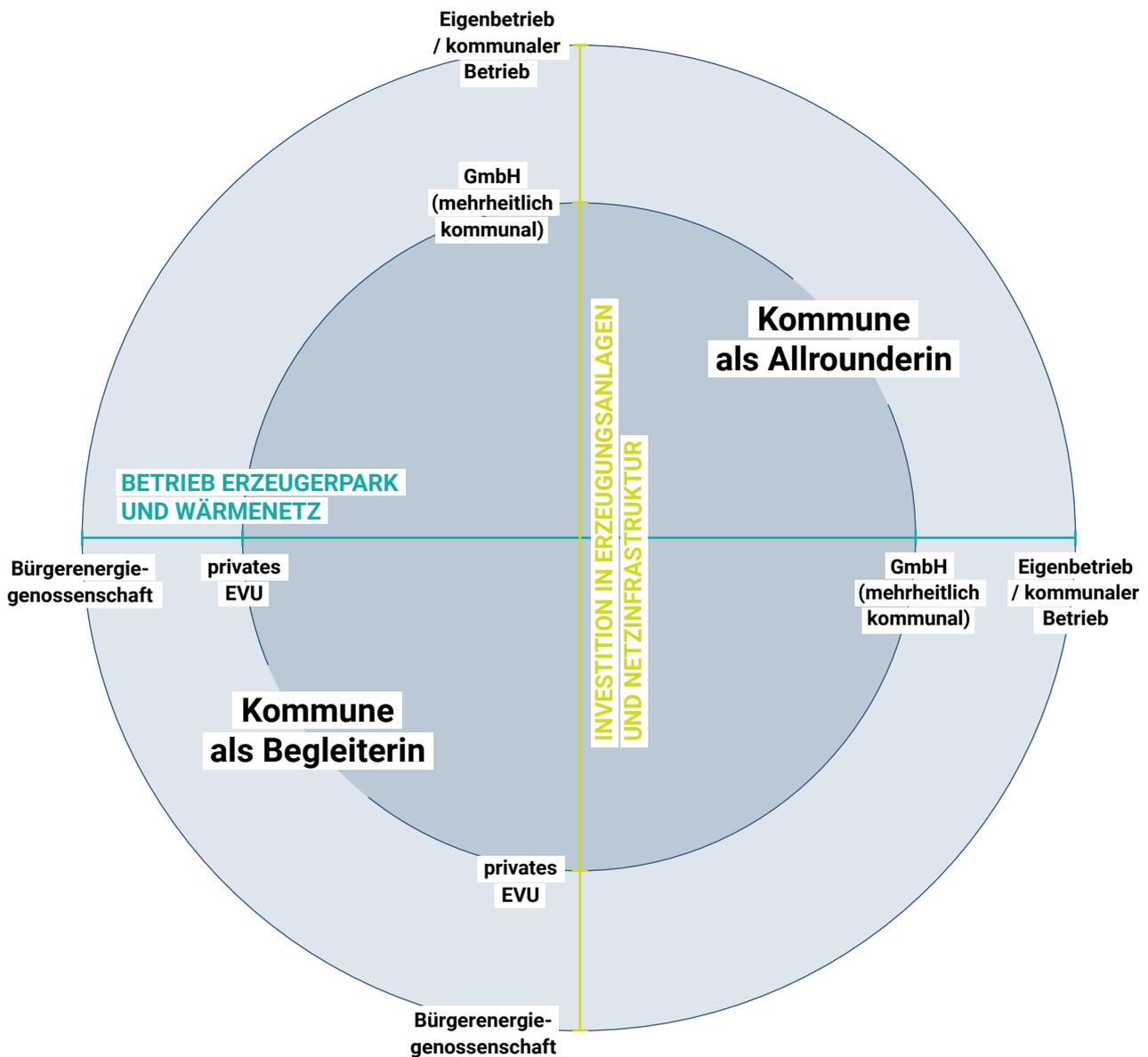


Abbildung 1: Einordnung der kommunalen Umsetzungsstrategien in die Betriebsmodellsystematik (©Hamburg Institut)

3.1 Kommunale Rahmenbedingungen

Die technischwirtschaftlichen Voraussetzungen und die politischen Zielsetzungen sind in den Kommunen meist sehr unterschiedlich gelagert. Zusätzlich gibt es verschiedene Arten von weiteren Akteuren, die in der Wärmewende eine Rolle spielen. So sind in manchen Kommunen die (kommunalen) Stadtwerke Taktgeber in der Energiewende und maßgeblicher Innovationstreiber. Anderswo sind es besonders Bürgerenergiegenossenschaften, die innovative Projekte vorantreiben.

Wichtig für die Kommune ist es, zu wissen, welche Akteure bei der Planung und Ausrichtung mit einbezogen werden können und welche Rolle die Kommune dabei einnehmen will und kann. Welche Rahmenparameter für eine Bestandsaufnahme der Rahmenbedingungen betrachtet werden sollten, wird im Folgenden beschrieben. Als Vorüberlegungen oder auch für die Begleitung bestehender Projekte lohnt es sich für die Kommune, die Situation und ihre Stellung im Status quo sowie den Kontext der Situation zu beschreiben, um davon ausgehend Anknüpfungspunkte zu entwickeln, die vor Ort sinnvoll sind. In keiner Kommune ist die Wärmeversorgung ein weißes Blatt, sodass die bestehenden Strukturen und Projekte naturgemäß eine wichtige Rolle spielen. Sie sollten strukturiert, kritisch analysiert und kontrolliert werden, um davon ausgehend weitere Schritte zu koordinieren.

3.1.1 Relevante Rahmenparameter

Im Rahmen einer Bestandsaufnahme sollte die Kommune die vor Ort bestehenden Rahmenbedingungen analysieren, die für eine etwaige Realisierung von Quartiersversorgungen von Bedeutung sind. Relevante Informationen für den weiteren Entscheidungsprozess und die dahinterliegende Strategie sind unter anderem die folgenden **Rahmenparameter** (Auflistung ohne Priorisierung):

- **Haushaltslage der Kommune**
Welche Haushaltsmittel stehen in den kommenden Jahren zur Verfügung? Kann bzw. soll in Wärmeinfrastruktur investiert werden oder beschränkt sich der finanzielle Rahmen auf die Finanzierung von Beratungsleistungen und Studien?
- **Vorhandensein kommunaler Betriebe**
Wenn ja, in welcher Form (z. B. Stadtwerke als kommunales Unternehmen, im Eigentum der Stadt oder privatwirtschaftlich, Eigenbetrieb)? (vgl. hierzu auch Kapitel 3.1.2)
- **Versorgungsstrategie der kommunalen Gebäude und öffentlichen Liegenschaften** (z. B. Wohnen, Verwaltung, Bildungseinrichtungen). Wie soll die Versorgung zukünftig erfolgen? Welche Gebäude bleiben bestehen und werden gegebenenfalls saniert? Welche Gebäude werden zukünftig nicht mehr genutzt? Wie ist die Altersstruktur der Heizungsanlagen, welche Anlagen stehen vor dem Ende der technischen Lebensdauer?
- **Bereits bestehende Untersuchungen** und Planungsgrundlagen im kommunalen Gebiet oder im Landkreis (z. B. kommunale Wärmeplanung, Energienutzungspläne, Quartierskonzepte, Stadtentwicklungskonzepte etc.)
- **Politische Beschlüsse zum Klimaschutz**, beispielsweise Klimanotstand, Masterplan Klimaschutz, Klimastrategien – Wurden Klimaziele beschlossen, für die eine demokratische Mehrheit besteht?
- Möglicher **akuter Handlungsbedarf** oder Anlässe seitens der Kommune (z. B. städtebauliche Umbaumaßnahmen, Handlungsbedarf aus städtebaulicher Sicht, Verlegung von Infrastruktur und Abwassersystemen, neue Energieversorgung für eine größere kommunale Liegenschaft erforderlich, beispielsweise Ende der technischen Lebensdauer von Heizungsanlagen größerer (kommunaler) Liegenschaften absehbar – hier kann ein Potenzial für einen Ankerkunden oder eine Keimzelle für ein neues Wärmenetz entstehen)

Grundlegende **Realisierungsfaktoren** neuer Quartiersversorgungen sind hierbei:

- **Absehbare demografische Entwicklung.** Wird die Stadt wachsen und der Bedarf an Wohnfläche steigen? Welche Wohnkonzepte sind zukunftsfähig?
- **Erste Anknüpfungspunkte zur Art der Potenzialerschließung.** Verfügbare Potenziale für erneuerbare Wärme und mögliche Versorgungslösungen für ein Quartier (z. B. Solarthermie – hier kann die Stadt aktiv die Flächenbereitstellung steuern; Klärwerk – hier ist die Kommunikation mit den Wasserbetrieben erforderlich; Abwärme; Biomasse; ...)
- **Angebote für Unterstützungsmöglichkeiten auf Landes-, Landkreis- oder Regionalebene.** Welche Unterstützung kann finanziell/organisatorisch/inhaltlich von übergeordneten Ebenen in Anspruch genommen werden?
- **Bestehendes Engagement** (z. B. Bürgerbegehren) und Know-how seitens der Stadtgesellschaft und weiterer Akteure, organisierte oder gegebenenfalls handlungsfähige private Interessengruppen, unter Umständen bereits bestehende Energiegenossenschaften oder Vorstufen – hier kann die Kommune in Kommunikation mit den jeweiligen Akteuren treten, um ihre Interessen und Aktivitäten zu berücksichtigen.

3.1.2 Mögliche Rechtsformen für Investitionen in und den Betrieb von Wärmeversorgungsanlagen

Grundsätzlich kann zwischen der Investition in die Infrastruktur der Erzeugungsanlagen und des Wärmenetzes und den Betrieb unterschieden werden. Sie können entweder durch die Kommune selbst organisiert werden oder durch Private erfolgen. Dies geht mit einer verringerten Steuerbarkeit durch die Kommune einher, je mehr an Anlagentechnik und Betriebsführung durch Private bereitgestellt wird, wie in Abbildung 2 dargestellt.

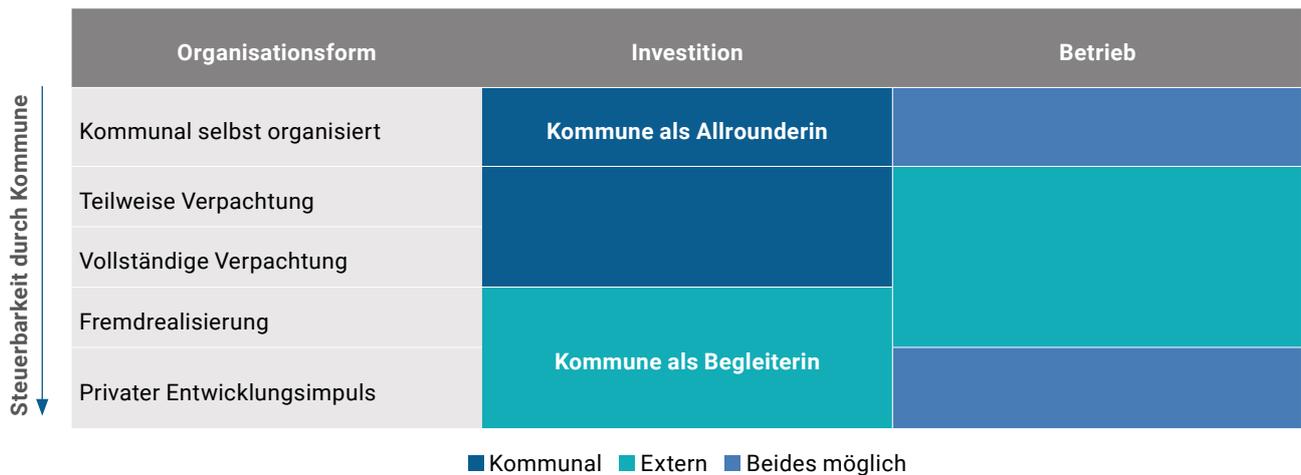


Abbildung 2: Organisationsformen der Investition in Wärmenetze und Erzeugungsanlagen sowie ihrer Betriebsführung

Für den Fall, dass ein Wärmenetz mit Erzeugungsanlagen kommunal selbst organisiert wird, bestehen vielfältige Rechtsformen in der Umsetzung. Bei dieser Option, bei der die Kommune als „Allrounderin“ auftritt, ist die Ausgestaltung der Kostentragung und der Verantwortlichkeiten je nach Ausgangszustand (Welche kommunal gesteuerten Unternehmen sind vor Ort vorhanden?) sehr unterschiedlich.

Gibt es vor Ort noch kein geeignetes Unternehmen, kann eine Kommune auch ein **neues Unternehmen** zur Erfüllung öffentlicher Zwecke **gründen**. Der Rechtsrahmen hierzu ist auf Landesebene geregelt und kann demnach je Bundesland unterschiedlich ausfallen. Grundsätzlich unterliegen auch diese Unternehmen dem Wirtschaftlichkeitsprinzip und sind damit möglichst rentabel zu führen, allerdings darf diese Vorgabe nicht alleiniger Zweck des Unternehmens sein. Das Primärziel eines kommunalen Unternehmens ist die Erfüllung des jeweiligen öffentlichen Zwecks, wie zum Beispiel die Deckung eines Bedarfs (Seibel, 2018).

Die Wahl der passenden Rechtsform hängt von politischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Faktoren wie unter anderem von den gewünschten Managementstrukturen und der Haushaltsauswirkung ab. Neben dem Bundesrecht sind auch die jeweiligen Landesgesetze (Gemeindeordnungen und Gemeindefirtschaftsrecht) ausschlaggebend für die konkreten Ausgestaltungsmöglichkeiten vor Ort. Je nach Bundesland unterscheiden sich die Begrifflichkeiten. Übergeordnet sind die Rechtsformen Regiebetrieb, Eigenbetrieb, Anstalt öffentlichen Rechts (Bayern: Kommunalunternehmen) und Kapitalgesellschaft bzw. GmbH zu unterscheiden. Sie lassen sich ebenfalls entlang der Steuerbarkeit durch die Kommune sortieren, wie in Abbildung 3 ersichtlich.

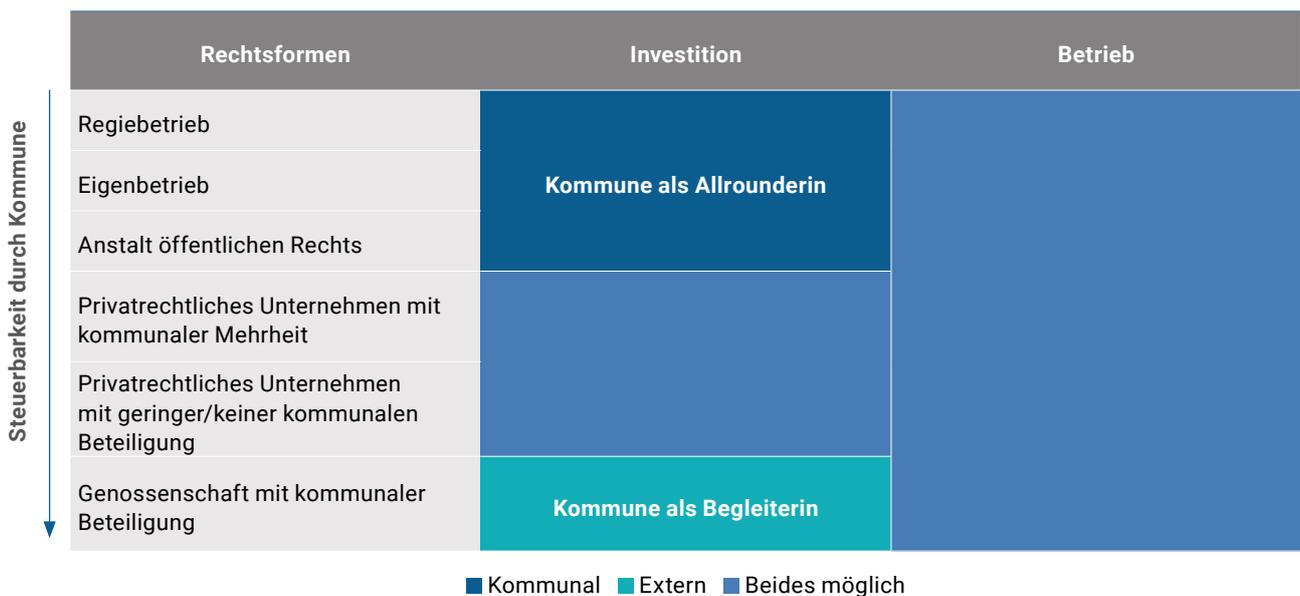


Abbildung 3: Mögliche Rechtsformen, in denen sich die Kommune im Kontext von Wärmenetzen betätigen kann

Ein **Regiebetrieb** ist eingebunden in die Organisationsstruktur einer Stadtverwaltung und hat damit keine eigene Rechtspersönlichkeit. Die relevanten Rechtsgrundlagen ergeben sich aus den Gemeindeordnungen oder Kreisordnungen der Bundesländer. Diese Art des Betriebs ist vollständig eingegliedert als Teil der Kommunalverwaltung in puncto Haushalts-, Rechnungs-, Prüfungs- und Personalwesen. Gesteuert werden Entscheidungen durch die politischen Gremien wie dem Stadtrat oder dem Kreistag, wodurch der Regiebetrieb gegenüber der Kommune keine Autonomie besitzt und alle Tätigkeiten gemäß den vorliegenden Verwaltungsanordnungen durchzuführen sind (VKU, 2018).

Der **Eigenbetrieb** ist eine kommunalwirtschaftliche Unternehmensform ohne eigene Rechtspersönlichkeit, jedoch mit organisatorischer und wirtschaftlicher Selbstständigkeit. Die Betriebssatzung legt die Ausgestaltung dieser Selbstständigkeit fest. Gesetzlicher Vertreter des Eigenbetriebs ist der gesetzliche Vertreter der Gemeinde, beispielsweise die Bürgermeisterin bzw. der Bürgermeister oder die Landrätin bzw. der Landrat. Üblicherweise übernimmt ein politisches Gremium die Betriebsleitung für die operative Tätigkeit (z. B. Stadtrat, Kreistag). Aufgaben und Befugnisse der Organe (z. B. Gemeinderat, Betriebsausschuss, Betriebsleitung) werden in der Betriebssatzung geregelt. Handlungsentscheidungen werden wesentlich von politischen Entscheidungen beeinflusst. Da der Eigenbetrieb der jeweiligen Kommune zugeordnet ist, können die Organe der Kommune die Geschäftstätigkeit und die Ausrichtung des Eigenbetriebs maßgeblich direkt beeinflussen. Der Eigenbetrieb kann jedoch durch die Existenz einer Betriebsleitung in festgelegten Grenzen unabhängig von der Verwaltungshierarchie agieren. Dem Eigenbetrieb kommt eine begrenzte Autonomie unter politischer Steuerung (Gemeinderat, Oberbürgermeister) zu.

Die Finanzierung kommunaler Eigenbetriebe erfolgt häufig über Stammkapital, das als separat verwaltetes Sondervermögen aus dem kommunalen Haushalt ausgegliedert ist. Die Kreditaufnahmen für Investitionen und ihre Finanzierung werden im jährlich zu erstellenden Wirtschaftsplan dargestellt, der vom Gemeinderat vor Beginn des Wirtschaftsjahres zu beschließen ist. Zur Kreditermächtigung muss der Kreditrahmen zur Genehmigung der Rechtsaufsicht vorgelegt werden. Ein Jahresabschluss für den Eigenbetrieb (Bilanz, Gewinn- und Verlustrechnung und Anhang) ist jährlich nach handelsrechtlichen Grundsätzen zu erstellen (VKU, 2018).

Die Bezeichnungen **Anstalt öffentlichen Rechts** (Begriff wird zum Beispiel in den Gemeindeordnungen NRW und Rheinland-Pfalz verwendet), Kommunalunternehmen (Gemeindeordnung Bayern) und Kommunalanstalt (Gemeindeordnung Baden-Württemberg) stellen im Prinzip auf die gleiche Rechtsform ab, die nachfolgend als Anstalt öffentlichen Rechts (AöR) bezeichnet wird. Die Gründung dieser Rechtsform ist in den meisten (nicht allen) Bundesländern durch die Gemeindeordnung möglich. Es handelt sich bei der AöR um ein rechtlich selbstständiges Kommunalunternehmen, das im Wege der Gesamtrechtsnachfolge durch Neugründung oder Umwandlung eines Eigenbetriebs entsteht. Explizit ermöglichen die Gemeindeordnungen der Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Thüringen die Gründung von Anstalten öffentlichen Rechts.

Wichtig ist auch in diesem Fall die finanzielle Ausstattung des Kommunalunternehmens mit angemessenem Stammkapital für die Gewährleistung des Substanzschutzes, also eine dem Risiko angemessene Eigenkapitalausstattung. Es kommt hier

in erster Linie eine Kreditaufnahme von Kommunalkrediten in Betracht, die gegenüber dem freien Markt in der Regel zinsgünstigere Konditionen bietet. Die Rechnungslegung erfolgt nach Regeln der kaufmännischen doppelten Buchführung. Für den Schluss eines Wirtschaftsjahres ist ein Jahresabschluss aufzustellen und dem Verwaltungsrat zur Feststellung vorzulegen. Gleichzeitig ist ein Lagebericht zu erstellen (VKU, 2018).

Gegenüber den eher klassischen Formen kommunaler Unternehmen (wie etwa dem Eigenbetrieb) haben sich im Bereich der Energiewirtschaft in den letzten Jahren **privatwirtschaftliche Unternehmensformen** mit unterschiedlichen Höhen einer kommunalen Beteiligung immer stärker etabliert. Wichtige Gründe hierfür sind die größere Flexibilität in der Unternehmensführung und kürzere bzw. schnellere Entscheidungswege in einem sich schnell wandelnden Energiemarkt.

Die kommunale Gründung einer **Gesellschaft des Privatrechts bzw. einer Kapitalgesellschaft** oder die kommunale Beteiligung an ihr ist auf Grundlage der jeweiligen Landesgesetzgebung möglich. Als Rechtsform hat sich hierbei die GmbH durchgesetzt. So erfolgten zwischen den Jahren 2000 und 2012 67 Prozent aller Stadtwerke-Neugründungen als GmbH und weitere 25 Prozent als GmbH & Co. KG (Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH, 2013). Bedingung für die Beteiligung oder Gründung ist die Zustimmung der jeweiligen Kommunalaufsicht der Bundesländer. Die GmbH agiert im Markt deutlich selbstständiger als ein Eigenbetrieb oder eine Anstalt öffentlichen Rechts. Je nach den Mehrheitsverhältnissen im Gesellschafterkreis kann die Kommune Einfluss nehmen auf grundlegende strategische Entscheidungen im Unternehmen und die Geschäftsführung einsetzen. Der laufende Geschäftsbetrieb mit den damit verbundenen Entscheidungen obliegt jedoch der Geschäftsführung des Unternehmens.

Maßgeblich für die Möglichkeiten der Kommune zur Steuerung des Unternehmens sind hierbei der Anteil der von der Kommune gehaltenen Gesellschaftsanteile und die jeweilige Unternehmenssatzung mit den darin für die Entscheidungsfindung festgelegten Beschlussfähigkeiten. Grundsätzlich gilt, dass erst ab einer Mehrheit in der Gesellschafterversammlung ein maßgeblicher Einfluss in den Unternehmensgremien (Gesellschafterversammlung, gegebenenfalls Aufsichtsrat) auf Investitionen und Geschäftspolitik entsteht, während bei Minderheitsbeteiligungen meist der finanzielle Aspekt (Teilhabe an Unternehmensüberschüssen) sowie gewisse Veto-Funktionen überwiegen. Selbst bei bestehender kommunaler Mehrheit hängt die Einflussnahme jedoch vom Willen und der Fähigkeit ab, sich bei den Entscheidungen einzubringen und sich im Zweifelsfall gegen weitere Gesellschafter oder die Geschäftsführung durchzusetzen.

Bei der Gründung einer GmbH haben der oder die Gesellschafter eine Einlage in Höhe des im Gesellschaftsvertrag festgelegten Stammkapitals (mindestens 25.000 Euro) zu leisten. Das Stammkapital kann über eine Bar-/Geldeinlage oder mittels einer Sacheinlage (z. B. Grundstücke, Maschinen oder Betriebsmittel) erbracht werden. Daneben können die Gesellschafter auf der Grundlage von Gesellschafterbeschlüssen zur Stärkung des Eigenkapitals Einzahlungen in Kapitalrücklagen leisten.

Durch die Eintragung als GmbH ist das zu gründende Unternehmen anders als ein Eigenbetrieb insolvenzfähig und kann bei finanzieller Schieflage (Überschuldung oder drohende Zahlungsunfähigkeit) saniert werden (Franz, 2018).

Neben der Neugründung eines kommunalen Unternehmens kann auch eine **Rekommunalisierung** oder ein Erwerb privatrechtlicher Unternehmen eine mögliche Handlungsoption sein. Vor dem Hintergrund der Liberalisierung des Energiemarktes durch die Europäische Union mit Beginn der 1990er Jahre haben zahlreiche Kommunen ihre Stadtwerke ganz oder teilweise an private Eigentümer verkauft. Dies geschah in vielen Fällen einerseits aus Finanznot in den Kommunen und andererseits fehlte oft das Zutrauen, dass sich die kleineren Stadtwerke in dem komplexer werdenden Energiemarkt mit Wegfall der Monopolstrukturen würden behaupten können.

In den letzten Jahren reifte in vielen Kommunen, die ihre Stadtwerke privatisiert hatten, die Erkenntnis, dass ohne steuernden Einfluss auf die örtlichen Energieinfrastrukturen und die Energieversorgungsunternehmen die Entwicklung einer langfristigen kommunalen Energie- und Klimaschutzstrategie stark erschwert ist. Vor diesem Hintergrund haben viele Kommunen die Rekommunalisierung der nun privaten Unternehmen geprüft und auch erfolgreich umgesetzt. Im Fall der örtlichen Energienetzunternehmen für Strom und Gas ist das Verfahren hierzu im Energiewirtschaftsgesetz geregelt und mit der Konzessionsvergabe verknüpft, die die Kommune in der Regel für einen Zeitraum von 20 Jahren vergibt.

Dies trifft jedoch nicht zu für die hier besonders im Fokus stehende Wärmeversorgung, für die das Energiewirtschaftsgesetz keine Anwendung findet. Auch im (Fern-)Wärmesektor wurden in den letzten Jahren einige Rekommunalisierungsvorhaben erfolgreich abgeschlossen. Das bekannteste Beispiel ist sicherlich der erfolgte Rückkauf der Hamburger Fernwärmeversorgung vom Unternehmen Vattenfall durch die Freie und Hansestadt Hamburg, die nun über die Entwicklung der Fernwärmeversorgung wieder selbst entscheiden kann. Auch in Berlin steht die Rekommunalisierung der dortigen Fernwärme auf der politischen Agenda.

Abseits des direkten Einflusses der Kommune spielen auch **Energiegenossenschaften** im Bereich der Versorgung über Wärmenetze schon seit Jahren eine wichtige Rolle. Mit dem Ziel, gemeinsame technische, wirtschaftliche oder soziale Bedürfnisse der Mitglieder zu befriedigen, schließen sich mehrere Personen zusammen. Wichtige Merkmale sind die Selbstverantwortung und Selbstverwaltung, die sich meist durch Personenidentität der Genossenschaftsmitglieder in Form von Miteigentümerinnen und -eigentümern, Abnehmerinnen und Abnehmern sowie Eigenkapitalgeberinnen und -gebern ausdrücken. Im Rahmen der beschränkten Haftung, ähnlich wie beim Konzept der GmbH, ist das Risiko auf die Summe der Genossenschaftsanteile beschränkt. Die Mitbestimmung ist allerdings nicht von den Anteilen abhängig, sondern folgt dem Prinzip, dass jedes Mitglied der Genossenschaft eine Stimme hat (Nahwärmewest eG, 2023). Durch diese Struktur wird ein hohes Akzeptanzpotenzial erreicht, da sowohl finanzielle als auch gestalterische Partizipation ermöglicht

werden. Grundsätzlich agieren Genossenschaften zweckorientiert, jedoch kann es faktisch zu einer profitorientierten Arbeitsweise kommen. Grundlage sind hier die strategischen Motive der Genossinnen und Genossen, die direkten Einfluss auf die Geschäftsführung nehmen. In jedem Fall kommt es zu Rückzahlungen an die Genossenschaftsmitglieder in Form der Ausschüttung auf die jeweiligen Genossenschaftsanteile oder über Rückzahlungen in der Endabrechnung abhängig von den tatsächlich angefallenen Kosten. Haften müssen die Genossinnen und Genossen jedoch nur für den gezeichneten Anteil. Die Akzeptanz bzw. Teilhabe kann möglicherweise auch höher als bei kommunalen Modellen sein, ist allerdings mit der Übernahme von Risiken durch die Endverbraucherinnen und Endverbraucher verbunden. Eine Neugründung ist nicht immer erforderlich – denkbar ist auch, dass bereits etablierte Genossenschaften aus dem meist EEG-geförderten Stromsektor auch im Wärmebereich aktiv werden. Es ist eine Limitierung in ihrer Größe zu beobachten, da ansonsten Probleme in der Entscheidungsfindung auftreten und viele Gremien von Mandatsträgerinnen und -trägern zu langen Entscheidungsprozessen führen. Weiterhin ist eine homogene Gebäude- bzw. Nutzerstruktur förderlich, da es ansonsten zu Ungleichgewichten und potenziellen Interessenkonflikten kommt. Dies ist aber keine notwendige Voraussetzung.

Die Option der genossenschaftlichen Organisation oder die nicht gewinnorientierte Ausrichtung eines kommunalen Versorgungsunternehmens können auch dem Misstrauen der Kundinnen und Kunden gegenüber der Preisstruktur einer zentralisierten Versorgung entgegenwirken.

Der Anschluss an ein Wärmenetz löst bei manchen Verbraucherinnen und Verbrauchern ein Gefühl der Fremdbestimmtheit aus, da es im Vergleich zur Einzelgebäudeversorgung mehr Beteiligte gibt. Zwar befinden sich auch Eigentümerinnen und Eigentümer sowie Betreiberinnen und Betreiber von Einzel-Heizungsanlagen in einer faktischen Abhängigkeit von Energielieferanten, jedoch scheint mit der Verfügungsgewalt über die Heizung ein Gefühl von Kontrolle und Eigenverantwortung verbunden zu sein. Zusätzlich besteht bei der Strom- und Gasversorgung Wahlfreiheit zwischen verschiedenen, im Wettbewerb miteinander stehenden Anbietern, während Fernwärmeanbieter eine Monopolstellung für das jeweilige Netzgebiet innehaben. Entsprechende Kampagnen, die sich gegen die Verpflichtung zum Anschluss an Wärmenetze richten („Für freie Wärme“), knüpfen jedenfalls an das Bedürfnis nach individueller Entscheidungsfreiheit an.

Die Abhängigkeit von einem einzigen Lieferanten geht im Wärmesektor in der Praxis teilweise tatsächlich einher mit einer Intransparenz im Hinblick auf Preisgestaltung, ökologische Qualität und Verbleib der Gewinne.

3.1.3 Exkurs: Zentrale Hemmnisse von Wärmeversorgungs-lösungen durch Renditeerwartung und Haushaltsfinanzierungsstrukturen

Wichtige Faktoren bei der wirtschaftlichen Beurteilung der notwendigen Investitionen im Rahmen der Realisierung von Quartierswärmenetzen sind die an das kommunale Unternehmen intern gerichtete Renditeerwartung und die Einbeziehung des Unternehmens in die gesamte Finanzierung kommunaler Aufgaben.

Die interne Gewinnerwartung der Kommune an ihre Unternehmen hat großen Einfluss darauf, welche Investitionen getätigt werden. Hier stehen Investitionen in die Wärmenetzinfrastruktur mit ihren langen Lebensdauern und entsprechend langen Refinanzierungszeiträumen in wirtschaftlicher Konkurrenz zu anderen, eventuell rentableren Investitionen. Ein Beispiel kann die Zielkonkurrenz aus der Erschließung von Gebieten mit geringer, aber dennoch ausreichender Energieliniedichte sein. Ihr Anschluss ist zwar weiterhin sinnvoll, führt aber zu einer geringeren Rendite für das Versorgungsunternehmen. Zu den Investitionsbedingungen vernetzter Wärmeversorgung gehören somit gemeinwohlorientierte Institutionen, deren Gesellschafter bereit sind, langfristige Investitionen zu tätigen und sich mit begrenzten Gewinnerwartungen zufrieden zu geben. Transparenz und Partizipation durch die Bürgerschaft sind hier essenzielle Bestandteile.

Jedoch ist in diesem Rahmen auch die Rolle der kommunalen Unternehmen bei der Finanzierung kommunaler Aufgaben in den Blick zu nehmen. Viele Kommunen halten gesellschaftsrechtliche Anteile an den lokalen Wärmeversorgungsunternehmen oder sind deren alleiniger Eigentümer. Die Wärmeversorgung ist eines der historisch gewachsenen Betätigungsfelder der Daseinsvorsorge von Stadtwerken. Für den Wärmesektor ist dies noch plausibler als im Strombereich, denn hier bestehen die Notwendigkeit, Wärme in örtlicher Nähe zu den Verbrauchsstellen zu produzieren, und die örtliche Gebundenheit gerade wärmerrelevanter Energieressourcen.

In der Mehrzahl der Fälle betreiben die kommunalen Stadtwerke nicht nur die Wärmeversorgung vor Ort, sondern sind als Querverbund-Unternehmen mit einem teils sehr weit aufgefächerten Portfolio an Leistungen von der Strom-, Gas- oder Wasserversorgung über Entsorgungsleistungen bis hin zum Betrieb des öffentlichen Nahverkehrs und von Schwimmbädern, Häfen, Telekommunikation oder Tierheimen präsent.

Die finanziellen Erlöse aus dem Energiesektor werden in vielen Kommunen zur Deckung der Kosten für weniger profitable oder defizitäre kommunale Aufgaben eingesetzt, etwa für den

Betrieb von Schwimmbädern oder zur finanziellen Unterstützung des öffentlichen Personennahverkehrs. Dies erfolgt betriebsintern über Spartenverrechnungen oder über eine Gewinnabführung an den Kommunalhaushalt.

Da die Gewinnabführung aus dem Betrieb der Verteilnetze für Strom und Gas durch die Bundesnetzagentur eng reguliert und beschränkt wurde und im Stromvertrieb ein starker Wettbewerb mit geringen Margen herrscht, besteht besonders bei der gesetzlich weitaus weniger regulierten Wärmeversorgung die Möglichkeit, finanzielle Zuschüsse zum jeweiligen Kommunalhaushalt zu liefern.

Der Druck zur Verwendung von Gewinnen aus der Wärmesparte der kommunalen Unternehmen für andere Aufgaben ist vor diesem Hintergrund in den letzten Jahren stark gestiegen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass Ausschüttungen der Erlöse aus dem Wärmegeschäft an die Kommunen die Eigenkapitalausstattung der Unternehmen schmälern und damit notwendige Investitionen in den Ausbau der Wärmenetzinfrastruktur erschweren.

Mit der Abführung von Gewinnen aus dem Wärmegeschäft an den Kommunalhaushalt steigt auch der Druck auf die Wärmepreise der Endkundinnen und Endkunden. Höhere Wärmepreise senken wiederum die Akzeptanz bei den Nutzerinnen und Nutzern und die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Einzelheizungen. Dies erschwert den künftigen Ausbau der Wärmenetze und die langfristige Kundenbindung.

3.2 Kommunale Handlungsmöglichkeiten

Die Herausforderungen einzelner Projekte fallen sehr unterschiedlich aus, jedoch gibt es einige besonders kritische Punkte, die sich in der Regel in fast allen Projekten finden lassen. Im Folgenden werden Bedarfe und Risiken von Wärmenetzen in Bestandsquartieren dargestellt und darauf folgend Lösungsansätze beschrieben.

Bedarfe

- **Hoher Finanzierungsbedarf durch umfangreiche (Anfangs-)Investitionen**
Insbesondere im Bestand fallen die Verlegekosten und die Kosten für die Erzeugungsstruktur im Vergleich zum Neubau vergleichsweise hoch aus, da nicht auf der grünen Wiese geplant wird und der Wärmebedarf im Bestand in der Regel deutlich höher ist als im Neubau und damit auch mehr Leistung je Wohnfläche zugebaut werden muss.
- **Flächen- und Wegebedarf für die Erzeugungs- und Netzinfrastruktur**
Während die fossile Wärmeversorgung vor Ort platzsparend umgesetzt werden kann, sind für die erneuerbare Wärmeversorgung lokale Ressourcen zu erschließen. Dies geht mit Flächenbedarf einher, der je nach Technologie unterschiedlich ausfällt und gestaltet werden kann (vgl. Kapitel 4). Auch die Verteilinfrastruktur (die Wärmenetztrassen) kann insbesondere in Bestandsquartieren eine Herausforderung darstellen, da dort die gesamte Fläche bereits verplant und bebaut ist.
- **Personelle Kapazitäten**
Das Vorantreiben von Wärmeversorgungslösungen im Bestand bindet personelle Ressourcen in der Kommunalverwaltung. Insbesondere bei kleinen Kommunen besteht häufig keine Stelle bzw. kein Referat für diese Thematik, sondern sie ist bei anderen Themen angedockt.

Risiken

- **Nachfrageseite (Anschlussdichte) und Energiedarangebotsseite (Zuverlässigkeit von Abwärme und Geothermie)**
Auf der Nachfrageseite stellt die Anschlussnahme ein Risiko dar. Diesem Risiko kann durch den Abschluss von Vorverträgen begegnet werden. Auf der Wärmeerzeugungsseite bestehen das Risiko des Ausfalls von Erzeugern und der langfristigen Beschaffung beispielsweise lokaler Biomasse oder auch das Fündigkeitsrisiko bei der Erschließung von Geothermiequellen.

- **Mögliches Misstrauen der potenziellen Kunden gegenüber zentralen Versorgungslösungen**
Aufgrund fehlender Transparenz der Preisgestaltung und der Vertragsabschlussbedingungen kann bei potenziellen Kunden Misstrauen herrschen.

Die Lösungsansätze werden im Folgenden näher ausgeführt und sollen den Kommunen als handlungsorientierte Strategien im Rahmen der investiven und flankierenden Handlungsmöglichkeiten dienen, die auch nachträglich zusätzlich zu den initiierten Handlungsoptionen umgesetzt werden können.

3.2.1 Initiierende Handlungsmöglichkeiten

Basierend auf der Ausgangssituation gibt es verschiedene Möglichkeiten, die die Kommune ausgestalten und umsetzen kann. Nachfolgend werden die initiierenden Handlungsmöglichkeiten beschrieben. Nutzt die Kommune die dargestellten Möglichkeiten, entsteht ein Umfeld, in dem die erfolgreiche Umsetzung von Quartierskonzepten unterstützt wird. Die beschriebenen Maßnahmen betreffen sowohl die grundlegende klimapolitische Haltung der Kommune als auch die Erstellung von Quartierskonzepten und die Schaffung von Strukturen und Kapazitäten, um sie im nächsten Schritt umsetzen zu können. Es werden Handlungsmöglichkeiten in sechs übergreifenden Bereichen dargestellt.

Handlungsmöglichkeiten im Kontext der gesamtstädtischen Ausrichtung, Strategie und Planung

- **Klimaneutrale Wärmeversorgung in politischer Zielsetzung verankern**
Die politischen Gremien der Kommune legen eigene Ziele und Umsetzungsfahrpläne für die Erreichung der Klimaneutralität fest. Dies beinhaltet auch die ganzheitliche Betrachtung der klimaneutralen Wärmeversorgung mit entsprechenden Beschlüssen. Diese Beschlüsse können beispielsweise die Treibhausgasneutralität in einem Zieljahr, die Umsetzung einer Wärmeplanung, die Steigerung der Anteile erneuerbarer Energien oder Ähnliches betreffen.
- **Bestandsaufnahme der Wärmeversorgung und bestehender Untersuchungen (z. B. Klimaschutzkonzept) aufbereiten**
In vielen Orten bestehen bereits Untersuchungen zum Status quo der kommunalen Wärmeversorgung oder zu möglichen Zielpfaden. Die verfügbaren Informationen, darunter neben bestehenden Studien auch die relevanten Daten (Verbrauchs- und Planungsdaten) sollten zusammengestellt und aufbereitet werden. Auf Basis dieser Bestandsaufnahme können nachfolgende Projekte wie beispielsweise die Wärmeplanung gezielter angegangen werden.

- **Durch gesamtstädtische Wärmeplanung und -strategieentwicklung (ggf. als kommunale Wärmeplanung) geeignete Quartiere für die leitungsgebundene Versorgung identifizieren**

In einigen Kommunen besteht durch die Gesetzgebung des Bundeslandes bereits die Verpflichtung, kommunale Wärme- und Kälteplanung zu gewährleisten – auch auf Bundesebene wird die kommunale Wärmeplanung voraussichtlich 2023 eingeführt. Kleinere Kommunen hingegen sind in der Regel nicht verpflichtet, können jedoch auf freiwilliger Basis Wärmepläne aufstellen. Im Hinblick auf die Quartierswärmenetze ist die Wärmeplanung vor allem insofern sinnvoll, als dass geeignete Quartiere identifiziert und priorisiert werden. Die räumliche Analyse der Erneuerbare-Energien- und Abwärmepotenziale kann erste Hinweise auf die Wärmeerzeugung für das potenzielle Nahwärmenetz geben, mögliche Ankerkunden sind Anhaltspunkte für den gesicherten Wärmeabsatz.

- **Gesamtstädtische Flächenbereitstellung (kommunale Flächen oder Akquise privater Flächen) strategisch sichern**

Die Kommune hat nach dem Baugesetzbuch die Möglichkeit, im Flächennutzungsplan (§ 5 BauGB) und in Bebauungsplänen (§ 9 BauGB) räumliche Darstellungen und Festsetzungen innerhalb des Gemeindegebiets zu beschließen. Während der Flächennutzungsplan (FNP) als gesamtträumliches Entwicklungskonzept das gesamte Gemeindegebiet darstellt und keine unmittelbare Rechtswirkung entfaltet, werden in Bebauungsplänen (B-Plänen) detaillierte, grundstücksbezogene und verbindliche Vorgaben getroffen. B-Pläne orientieren sich am FNP, Letzterer wirkt somit richtungsweisend und hat Relevanz für die gesamtstädtische Flächenplanung (Entwicklungsgebot nach § 8 Abs. 2 S. 1 BauGB). Im FNP (§ 5 Abs. 2 S. 2b BauGB) sowie im B-Plan (§ 9 Abs. 1 S. 12 BauGB) können Darstellungen von Flächen für Anlagen zur dezentralen und zentralen Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung erfolgen. Die gesamtstädtische Flächensicherung ist insbesondere im Zusammenhang mit der kommunalen Wärmeplanung sinnvoll. Da die Wärmeversorgung auf Basis dezentraler fossiler Anlagen bislang einen geringen Flächenbedarf hat, während zur erneuerbaren Wärmeerzeugung und -speicherung in einigen Fällen Flächen im städtischen Bereich benötigt werden, wirft die Transformation zur erneuerbaren leitungsgebundenen Versorgung häufig eine Flächendiskussion auf. Mangelnde Flächenverfügbarkeit kann zu einem Umsetzungshemmnis für die Wärmeversorgung im Quartier werden. Die Kommune kann hier gezielt entgegenwirken, indem Flächen in der Bauleitplanung frühzeitig gesichert werden. Auch entsprechende Ämter für größere Flächen wie Grünanlagen, Wasserflächen, Gleisanlagen, Gewerbegebiete, Parkplätze, Marktplätze etc. sind hierfür verstärkt einzubinden.

- **Unternehmensstrategie kommunaler Versorgungs- und Wohnungsbauunternehmen ausrichten**

Verfügt die Kommune über Mehrheitsanteile an Versorgungs- oder Wohnungsbauunternehmen, kann sie im Regelfall über deren Steuerung auch die Transformation der Wärmeversorgung zu erneuerbaren Energien unterstützen. Die Geschäftsaktivitäten können dann nach den Maßstäben der Kommune gestaltet werden. So können beispielsweise Grundsatzbeschlüsse für Klimaziele und den Einsatz erneuerbarer Energien vereinbart und Investitionsentscheidungen für Anlagen und Quartierswärmenetze getroffen werden, die Wärmeversorgung von Gebäuden der städtischen Wohnungsunternehmen kann maßgeblich beeinflusst werden.

- **Finanzierungs- und Betriebsmodelle prüfen**

Es ist zu prüfen, welches Modell nach Kapitel 3.1.2 für die Kommune in Frage kommen könnte. Ein Abgleich mit dem Stand der aktuellen Beteiligungen und möglicherweise bereits bestehender Betriebe unter kommunaler Regie schafft Klarheit darüber, wie die Kommune aufgestellt ist und wie die Erfahrungen bisher ausgefallen sind. Es sollte Klarheit geschaffen werden, welche Modelle unter welchen Bedingungen besonders in Bezug auf das finanzielle Risiko angesichts der aktuellen politischen Entscheidungsfindung in der Kommune umsetzbar sind.

Handlungsmöglichkeiten im Kontext der Quartiersentwicklung

- **KfW 432 Energetische Stadtsanierung – Quartierskonzepte erstellen und finanzieren**

Kommunen und ihren rechtlich unselbstständigen Eigenbetrieben wird die Förderung für die Erstellung von energetischen Quartierskonzepten und für das Sanierungsmanagement gewährt. Die Zuschüsse können an privatwirtschaftliche oder gemeinnützige Akteure weitergegeben werden (z. B. Stadtwerke, Wohnungsunternehmen, Wohnungsgenossenschaften oder Wohnungseigentümergeinschaften; ausgeschlossen: kommunale Zweckverbände). Das integrierte Quartierskonzept untersucht die Ausgangssituation (Energieverbräuche und Potenziale für Energieeinsparung und erneuerbare Energien) und hat konkrete Maßnahmen mit Kosten, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit sowie einen Zeitplan und Ansätze zur Mobilisierung der Akteure zum Ergebnis (Dauer der Erstellung: im Durchschnitt 13 Monate (CAU Kiel, 2019)). Des Weiteren wird das Sanierungsmanagement für maximal drei Jahre gefördert, das die Umsetzung des Quartierskonzepts plant und koordiniert.

- **Qualität bzw. Zielvorgabe der Quartierskonzepte bei Ausschreibungen konkret angeben und nachhalten/prüfen**

Nicht alle Quartierskonzepte sind technologisch innovativ: Weniger innovative Konzepte fokussieren oft ein klimabewusstes Verbrauchsverhalten, wohingegen unter anderem der Einsatz regenerativer Energien, die Gebäudesanierung und die Optimierung der Wärmeversorgung in innovativen Konzepten häufiger adressiert werden. Allerdings sind nach einer Analyse von 169 Quartierskonzepten und 115 Befragungen von Auftraggebern und Konzeptstellern nur etwa 28 Prozent der Quartierskonzepte technologisch innovativ (CAU Kiel, 2019).

- **Relevante Akteure früh in Konzepterstellung einbeziehen**

Zudem bleibt die Umsetzungswahrscheinlichkeit der Konzepte oft hinter den Erwartungen zurück. Entscheidend für die Umsetzung ist vor allem ein strukturiertes Projektmanagement unter frühzeitiger Einbeziehung verschiedener (vor allem skeptischer und einflussreicher) Akteure. Kommunale Verwaltungen und (kommunale) Energieversorgungsunternehmen gehören neben Bau- und Wohnungsunternehmen, Hochschulen, Bürgerinnen und Bürgern sowie Vereinen und Initiativen zu den Akteuren mit dem höchsten Einfluss auf die Konzeptumsetzung (CAU Kiel, 2019). Die kommunalen Akteure haben somit einen beachtlichen Gestaltungsspielraum sowohl bei der Erstellung als auch bei der Umsetzung der Konzepte.

- **Besonders geeignete Quartiere identifizieren und fördern**

Besonders Quartiere mit engagierten Akteuren (Bürgerschaft, Eigentümerinnen und Eigentümer, Initiativen, Genossenschaften, Bezirksausschüsse) sowie mit eher homogenen Siedlungs- und Akteursstrukturen (z. B. überwiegend Mehrfamilienhaus- oder Plattenbausiedlung; wenige oder große Eigentümerstrukturen) eignen sich für die Erstellung von Quartierskonzepten. Weitere Auswahlkriterien können ein hoher spezifischer Wärmeverbrauch, ein hoher Anteil an alten oder fossilen, gegebenenfalls ölbasierten Heizungsanlagen, lokal verfügbare erneuerbare Potenziale (z. B. Abwärme) und die Verfügbarkeit sicherer Abnehmer (z. B. öffentliche Liegenschaften) sein.

- **Machbarkeitsstudie erstellen und (ggf. teilweise) finanzieren (BAFA)**

Das BAFA fördert Machbarkeitsstudien für neue Wärmenetze sowie Konzepte zur Transformation bestehender Wärmenetze (Förderung ehemals Wärmenetze 4.0, nun Bundesförderung für effiziente Wärmenetze). Bei dieser Förderung liegt der Fokus konkret auf der leitungsgebundenen Wärmeversorgung im Quartier. Im Vergleich zur KfW-Förderung eignet sich die BAFA-Förderung also insbesondere dann, wenn die Entscheidung für eine wärmenetzbasierte Versorgung des Quartiers schon wahrscheinlicher ist. In einer Machbarkeitsstudie werden die Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit eines Wärme-

netzsystems (mit mindestens 16 Gebäuden oder mehr als 100 Wohneinheiten) mit überwiegend erneuerbarer Wärmeerzeugung untersucht. Antragsberechtigt sind Unternehmen, Kommunen, kommunale Eigenbetriebe und kommunale Unternehmen, kommunale Zweckverbände, eingetragene Vereine und Genossenschaften.

- **Weitere anliegende Infrastrukturaufgaben im gewählten Quartier kontinuierlich prüfen**

Wenn die Planung von Baumaßnahmen übergreifend koordiniert und abgestimmt erfolgt, kann die Verlegung neuer Wärmenetztrassen kostengünstiger sein und Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung haben. Insbesondere Tiefbau- und Straßenbaumaßnahmen eignen sich für die parallele Verlegung von Wärmenetzrohren. Häufig sind es Glasfasernetze, es kommt jedoch auch die Verlegung von Strom-, Wasser-, Gas- und Abwassertrassen für eine Bündelung mit Wärmenetztrassen infrage (Umweltbundesamt, 2021). Die Kommune kann durch gezielte Koordinierung der Baumaßnahmen und Berücksichtigung zukünftiger Planungen aktiv werden.

- **Neue Wärmenetze durch kommunale Ankerkunden initiieren**

Die Kommune hat die Möglichkeit, eine Wärmeabnahme durch eigene Liegenschaften sicherzustellen. Indem beispielsweise Schulen, Kindertagesstätten und Seniorenzentren angeschlossen werden, entstehen Keimzellen, aus denen im zeitlichen Verlauf weitere Anlieger angeschlossen werden können. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Neubaugebieten auf städtischem Grund den Anschluss an ein Wärmenetz vorzugeben (Regelung in Kauf-/Pachtverträgen).

Handlungsmöglichkeiten im Kontext administrativer und organisatorischer Strukturen

- **Verwaltungseinheit für Klimaschutz einrichten (Klimaschutzleitstelle)**

Das Vorhandensein einer personell und finanziell ausreichend ausgestatteten Klimaschutzstelle in der kommunalen Verwaltung ist ausschlaggebend, um die verschiedenen kommunalen Vorhaben zu entwickeln, zu koordinieren und voranzutreiben. Studienergebnisse zeigen, dass kommunales Klimaschutzmanagement einen positiven Effekt auf die Anzahl und das Volumen von geförderten Vorhaben sowie auf die Treibhausgasminderungen hat (Kenkmann, et al., 2022) (Thoss, 2022). Die Finanzierung des kommunalen Klimaschutzmanagements ist von Fördermitteln nach Kommunalrichtlinie abhängig und zeitlich begrenzt auf fünf Jahre, insofern spielt die kommunale Haushaltslage dahingehend eine Rolle, ob das Klimaschutzmanagement nach Auslaufen der Förderung übernommen werden kann. Eine angepasste Kostenaufteilung zwischen Bund und Ländern und eine verbesserte Förderung für eine langfristige Finanzierung sollten

geprüft werden, auch um dem Fachkräfteengpass in den Kommunen vorzubeugen (vgl. (Klima-Bündnis e. V., 2022), (Ancelle, et al., 2022).

- **Verantwortliche Personen für Klimaschutz und Projektumsetzung in Quartieren bereitstellen**
Für die Umsetzung von Quartierskonzepten und Machbarkeitsstudien ist es erforderlich, Verantwortlichkeiten zu benennen und einen sogenannten „Kümmerer“ zu motivieren. Dies unterliegt der Voraussetzung, dass hierfür Personal zur Verfügung steht bzw. akquiriert werden kann. Die Förderung eines Sanierungsmanagements über KfW 432 ist eine Finanzierungsmöglichkeit. Auch über die Kommunalrichtlinie ist der Einsatz eines Umsetzungsmanagements förderfähig. Aus den Praxisbeispielen geht hervor, wie wichtig der personelle und ehrenamtliche Einsatz zur Anwerbung von Anschlussnehmerinnen und -nehmern war. Hier sollten Kommunen den Prozess professionalisieren und Gelder bereitstellen, um die Umsetzung nicht vom ehrenamtlichen Einsatz abhängig zu machen. Ein weiterer Ansatz für die Kommune ist es, diese Kapazitäten bei der Energieagentur im Landkreis oder im Land anzufragen, um auch in kleineren Projekten professionelle Unterstützung bieten zu können, ohne kurzfristig eigene Stellen aufzubauen.

Handlungsmöglichkeiten im Kontext von Informationsbereitstellung und Öffentlichkeitsarbeit

- **Informationen bzgl. Wärmeversorgung und Potenzialen öffentlich zugänglich machen**
Die Bereitstellung von Informationen zum Beispiel anhand eines (öffentlichen oder teilweise öffentlichen) Wärmekatasters bildet eine Planungs- und Datengrundlage sowohl für die Wärmeplanung als auch für die Priorisierung und Entwicklung von Quartierskonzepten.
- **Informationsbereitstellung und -veranstaltungen initiieren**
Die Kommune kann allgemeine Informationen bezüglich der Quartiersentwicklung und der Möglichkeiten zur leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Bestandsquartieren bereitstellen, um Akteure wie Bürgerinnen und Bürger, Eigentümerinnen und Eigentümer, Initiativen und Verbände, Genossenschaften, Wohnungsbauunternehmen und Verwaltungsstellen grundlegend zu informieren. Die Informationen können Unterstützungs-, Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten sowie Kontaktpersonen beinhalten. Insbesondere im Zuge der kommunalen Wärmeplanung sind Informationsveranstaltungen sinnvoll, um eine Beteiligung frühzeitig zu ermöglichen und auch die spätere Umsetzung von Quartierswärmenetzen zu unterstützen.

Handlungsmöglichkeiten im Kontext von Vernetzung und Bündelung

- **Stakeholder-Vernetzung ermöglichen und koordinieren**
Die Kommune kann als zentrale Stelle den Austausch zwischen Akteuren (Energieversorger, Energieagenturen, Wohnungsbauunternehmen, Initiativen) ermöglichen und koordinieren. Da die Umsetzung von Quartierskonzepten auf der Kooperation und Bereitschaft einer Vielzahl von Akteuren basiert, sind die Zusammenarbeit und das gegenseitige Verständnis zentral. Im Rahmen von Arbeitsgemeinschaften oder thematischen Stakeholder-Vernetzungstreffen und Workshops kann die Grundlage für die erfolgreiche Umsetzung geschaffen werden.
- **Gespräche und Vereinbarungen zur Erschließung der Potenziale aktiv unterstützen**
Insbesondere bei der Erschließung von Wärmequellen wie Abwasser bzw. Kläranlagenabfluss und Abwärme ist die aktive Gestaltung der Gespräche bzw. Verhandlungen seitens der Kommune relevant. Mögliche Nutzungsentgelte für Infrastrukturen wie Wege oder Abwasserinfrastruktur sind auf kommunaler Ebene zu koordinieren.
- **Gründung von Genossenschaften aktiv unterstützen**
Um Genossenschaften zu unterstützen, die sich noch in einer Orientierungs- oder Gründungsphase befinden, können Kommunen auf Netzwerke hinweisen, bei der Erstellung von Studien (auch finanziell) mitwirken und bei Ausfallrisiken (insbesondere Abwärme) Netzwerke zu Landesfonds anregen, die das Risiko gleichmäßig verteilen.

3.2.2 Investive Handlungsmöglichkeiten

Nachfolgend werden die investiven Handlungsmöglichkeiten beschrieben. Die Investition in die Infrastrukturen zur Quartierswärmeversorgung (Wärmeerzeugungsanlagen, Wärmenetz, Wärmeübergabestationen etc.) kann als ein Teil der kommunalen Daseinsvorsorge verstanden werden, die allein aufgrund der Höhe des Kapitaleinsatzes und der langen Lebensdauer der Komponenten gut geplant werden muss. Der Kapitalaufwand für die Investitionen muss über einen längeren Zeitraum durch die Wärmeerlöse refinanziert werden. Letztlich sollte die Kommune die Investitionen nur dann tätigen, wenn diese Erlössituation mittelfristig gesichert erscheint. Die beschriebenen Maßnahmen betreffen sowohl die Akquirierung der finanziellen Mittel als auch die Möglichkeiten der Ausgestaltung der Eigentums- und Betriebsformen und werden in diesen beiden Bereichen dargestellt.

Handlungsmöglichkeiten im Kontext der Finanzmittelbeschaffung

Die Kommune hat viele Möglichkeiten, Kredite aufzunehmen. Aufgrund der großen Auswahl an Krediten, die speziell für Kommunen angeboten werden, sind die Konditionen in der Regel besser als bei anderen Krediten. Ein Vorteil für die Abnehmerschaft des Wärmenetzes bietet der lange Rückzahlungszeitraum, der es ermöglicht, die Kredite über einen ausreichenden Zeitraum gleichmäßig abzubezahlen und mit Blick auf die lange technische Lebensdauer der Netzkomponenten keine überproportionalen Rückzahlungen in den ersten 10 bis 20 Jahren leisten zu müssen.

■ Lange Refinanzierungszeiträume nutzen

Wie hoch die jährlichen Kosten für die Refinanzierung ausfallen, hängt maßgeblich von der Kreditlaufzeit und den Zinskonditionen ab. Je länger die Laufzeit des Kredits, desto niedriger kann die Umlage für Investitionskosten in den ersten Jahren ausfallen, da die Rückzahlung des Kredits über einen längeren Zeitraum erfolgen kann. Nach VDI 2067 liegt die rechnerische Nutzungsdauer von Stahlrohren bei 40 Jahren, was sich in der Regel auch in der Investitionssumme widerspiegelt. Muss die Investition nach den Maßstäben privatwirtschaftlich agierender Unternehmen und ihren Kreditgebern möglichst zeitnah

durch die Anschlussnehmerinnen und -nehmer über die Wärmenetzpreise zurückgezahlt werden, fallen die Kosten in den ersten Jahren der Nutzung entsprechend hoch aus. Eine Verringerung der Bezugskosten, wenn die Investition zurückgezahlt ist, ist dabei nicht zwingend Teil des Geschäftsmodells. Durch eine kommunale Finanzierung, entweder durch Kredite oder durch Umsetzungsgesellschaften wie Stadtwerke, kann der Refinanzierungszeitraum verlängert und die Kosten können gleichmäßiger verteilt werden (vgl. Abbildung 4). So bietet die KfW im Rahmen des Programms zur Quartiersversorgung Kreditlaufzeiten von bis zu 30 Jahren an für:

- Kommunale Unternehmen
- Unternehmen mit kommunalem Gesellschafterhintergrund von mindestens 50 Prozent
- Gemeinnützige Organisationen und Kirchen
- Körperschaften, Anstalten und Stiftungen des öffentlichen Rechts mit mehrheitlich kommunalem Hintergrund
- Unternehmen und natürliche Personen im Rahmen von Investor-Betreiber-Modellen

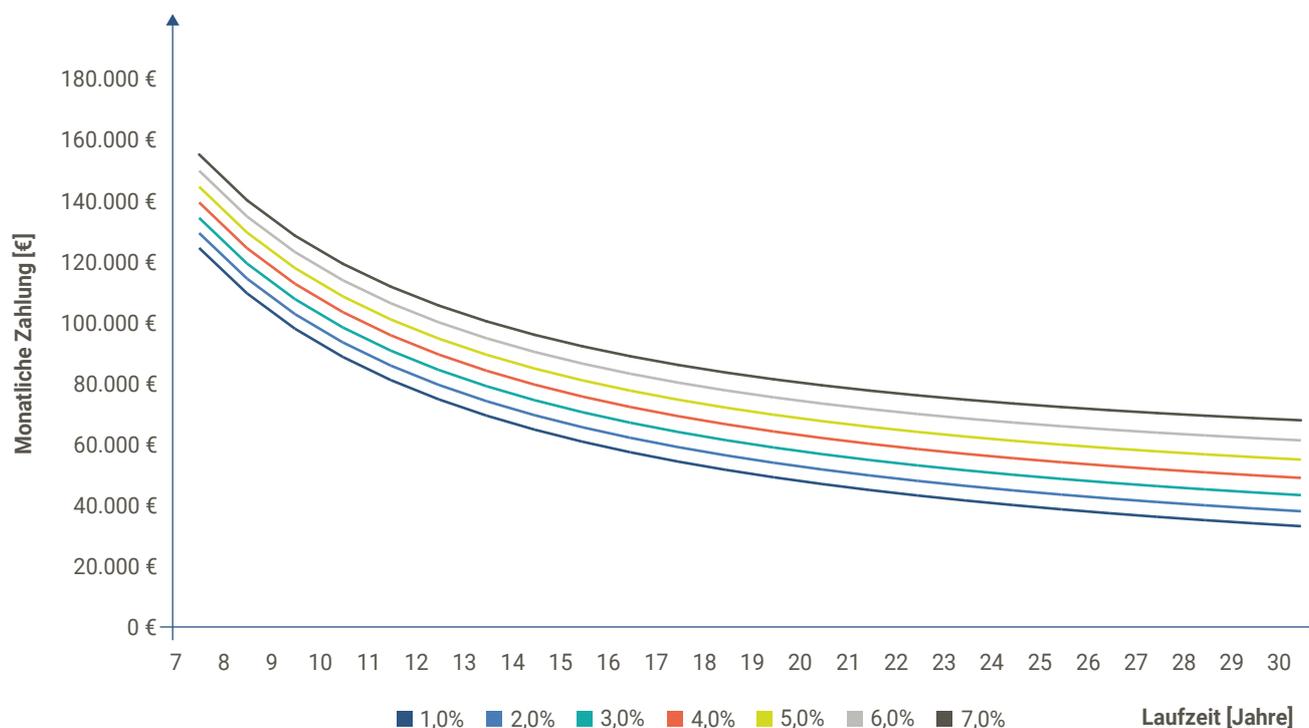


Abbildung 4: Abhängigkeit der monatlichen Rate von Laufzeit und Zinssatz bei einem Darlehensvolumen von 10 Millionen Euro

- **Bürgschaften zur Verbesserung der Finanzierungsbedingungen nutzen**

Neben der KfW bieten auch viele Landesbanken spezielle Kommunaldarlehen für Kommunen und öffentliche Unternehmen an. Durch Bürgschaften durch das Land oder den Bund kann das Finanzierungskonzept zusätzlich positiv beeinflusst werden (Sandrock et al., 2020). Die Zinssätze für Kommunen fallen dabei in der Regel durch die Nutzung zinsverbilligter Darlehen der KfW niedriger aus als für private Investoren. Durch eine kommunale Bürgschaft (oder auch Landes- oder Bundesbürgschaft) könnten aber auch für privat finanzierte Netze die Zinskosten gesenkt werden, da die Sicherheiten höher eingestuft werden. Ein weiterer Vorteil der kommunalen Finanzierung ist der Wegfall der Hausbank als Intermediär von KfW-Krediten, was sich auch positiv auf die Finanzierungskosten auswirkt (Sandrock et al., 2020).

- **Finanzielle Gemeindebeteiligung einbringen**

In Zusammenarbeit mit Genossenschaften können diese Vorteile der kommunalen Finanzierung auch ohne eine operative Rolle der Kommune genutzt werden. Im Rahmen von Genossenschaftsmodellen bietet es sich für die Kommune an, eine finanzielle Gemeindebeteiligung einzubringen. Die Beteiligung und Ermächtigung der betroffenen Anwohnerinnen und Anwohner können durch die partizipative Beteiligungsstruktur der Genossenschaft sehr gut abgebildet werden.

- **Interkommunale Kredite nutzen**

Für Kommunen gibt es zusätzlich die Möglichkeit interkommunaler Kredite, deren Umsetzung und Nutzung aktuell diskutiert wird. Im Rahmen der Kreditvergabe zwischen Kommunen können finanzstarke Kommunen in Niedrigzinszeiten Negativzinsen vermeiden und finanzschwache Kommunen bei der Umsetzung von Investitionsvorhaben unterstützen (Mehlin, 2021). Um den Kernhaushalt einer Kommune durch die Finanzierung von Wärmenetzen nicht zu belasten, kann es sich zudem anbieten, die Finanzierung über einen Sonderhaushalt abzuwickeln.

Handlungsmöglichkeiten im Kontext der Modelle für Eigentums- und Betriebsformen von Wärmeversorgungslösungen

- **Vielfalt der Varianten von Eigentums- und Betriebsformen zur Entwicklung des eigenen Anwendungsfalls nutzen**

Um die Hürden der Investition und der Betriebskosten (Personal, Risikoabsicherung) aufseiten der Kommune zu verringern, können auch verschiedene Eigentums- und Betriebsmodelle genutzt werden, die die Finanzierungslast auf verschiedene Akteure verteilen. Wie in Abbildung 2 aufgeführt, ergeben sich für die Investition in Wärmenetz und Erzeugungsanlagen und die Kombination mit dem

Betrieb verschiedene Varianten. In 3.1.2 sind die kommunalen Handlungsmöglichkeiten in ihren jeweiligen rechtlichen Ausgestaltungen detailliert aufgeführt. Neben dem aktiven Aufbau und Betrieb als „Allrounderin“ kann die Kommune ebenfalls als „Begleiterin“ auftreten, etwa im Falle eines privaten Entwicklungsimpulses beispielsweise einer Genossenschaft oder eines Nachbarschaftsnetzwerks. Weiterhin sind verschiedene Übergangsformen zwischen den Polen der „Allrounderin“ und der „Begleiterin“ möglich, wenn auf die Verpachtung kommunaler Versorgungsinfrastrukturen oder eine Ausschreibung für eine Konzession für ein Wärmenetz zurückgegriffen wird.

Modell Verpachtung

Ein mögliches Modell zur Realisierung einer Quartiersversorgung ist die Verpachtung des errichteten Netzes und seiner Anlagentechnik. Dabei investiert die Kommune und verpachtet das Gesamtpaket anschließend über einen definierten Zeitraum an einen Energiedienstleister.

Durch die Aufteilung der Aufgaben und die ausbleibende Notwendigkeit, den Betrieb des Netzes zu gestalten, ist diese Lösung gut verständlich darstellbar für Politik und Verwaltung. Gleichzeitig hat die Kommune weiterhin je nach Vertragsgestaltung eine Handhabe in Bezug auf die Wärmeversorgung. Für die Anschlussnehmerinnen und -nehmer kann es sich vorteilhaft auswirken, dass die Kommune investiert, da die Kreditkonditionen geringere Pachtpreise und folglich auch niedrigere Endkundenpreise ermöglichen. Lange Laufzeiten der Kredite verhindern, dass der Kapitaldienst besonders in den ersten Jahren zu hohen Netzkosten führt (vgl. Kapitel 3.2.2). Kommune und Energiedienstleister arbeiten in diesem Fall eng zusammen und sind aufeinander angewiesen, damit das Projekt erfolgreich laufen kann.

Neben dem oben beschriebenen Verpachtungsmodell sind eine ganze Reihe verschiedener **Eigentums- und Betriebsformen** mit unterschiedlicher Ausprägung möglich und auch in der Praxis anzutreffen. So kann etwa das **Wärmenetz selbst im Besitz der Kommune** oder einer **kommunalen Wohnungsgesellschaft** sein, während die Wärmeerzeugung und die Wärmeversorgung am Markt im Wettbewerb für eine befristete Laufzeit ausgeschrieben werden. Auf diese Weise können über die Ausschreibung auch Ziele für den gewünschten Erzeugungsmix gesetzt und über die zu vereinbarenden Preisgleitklauseln kann ein indirekter Einfluss auf die Wärmepreise genommen werden.

Modell Einbeziehung fachkundiger Dritter (Contractor)

Grundsätzlich ist es auch möglich, die Errichtung und den Betrieb der Anlagen komplett einem fachkundigen Dritten (Contractor) zu überlassen, der die Anlageninvestition dann

über die Wärmeerlöse refinanziert. In diesem Fall erfolgen die notwendigen Schritte zur Bereitstellung der Wärme durch den Contractor. In der Praxis kommt für die Bereitstellung der Wärme unter den üblichen Contracting-Varianten insbesondere das Energieliefer-Contracting in Betracht. Es umfasst die Planung, Finanzierung, Errichtung, Betriebsführung und Instandhaltung der Anlage durch den Contractor.

Im Vergleich zur eigenen Investition durch die Kommunen liegt ein wesentlicher Vorteil des Wärme-Contractings in der Minimierung des technischen und finanziellen Risikos. Das Betriebsrisiko ist auf den Contractor ausgelagert. Aus diesem Grund hat der Contractor auch ein großes Interesse am effizienten Betrieb der Anlage, denn mit jeder erzeugten und verkauften Kilowattstunde Wärme steigen Umsatz und Erlös.

Die Kalkulation des Wärmepreises durch den Contractor muss so erfolgen, dass die Investition sowie die geplanten Gewinnmargen über die Laufzeit des Projekts über die kundenseitigen Erlöse gedeckt werden können. Gleichzeitig wird der Contracting-Vertrag nur dann zustande kommen, wenn der Wärmepreis für die Kundinnen und Kunden von der Höhe her angemessen ist.

Bei der Vertragsgestaltung für ein derartiges Wärme-Contracting sollte die lange Nutzungsdauer der Anlagen angemessen berücksichtigt werden. Nach der Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme (AVBFernwärmeV) ist die Vertragslaufzeit eines Wärmelieferungsvertrags im Normalfall auf höchstens 10 Jahre beschränkt. Die spezielle Kostenstruktur bei Wärmeerzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien (hohe Investition, jedoch geringe oder vernachlässigbare Betriebskosten) erfordert eine längere Vertragslaufzeit zur Refinanzierung. Sie sollte sich an der technischen Lebensdauer der Anlagen orientieren (25 Jahre). Im gemeinsamen Einvernehmen zwischen Contractor und Kommune können längere Vertragslaufzeiten vereinbart werden als in der AVBFernwärmeV vorgesehen. Ist dies nicht der Fall, besteht die Gefahr, dass der Contractor sinnvolle Investitionen nicht umsetzt, weil sie in der Vertragslaufzeit nicht amortisierbar sind.

3.2.3 Flankierende Handlungsmöglichkeiten

Nachfolgend werden die flankierenden Handlungsmöglichkeiten beschrieben. Durch das Ergreifen der Maßnahmen können Kommunen vor allem dem Hemmnis der Planungssicherheit aufgrund nicht ausreichend gesicherter Wirtschaftlichkeit von vernetzten Wärmelösungen entgegenwirken. Es werden Handlungsmöglichkeiten in sechs übergreifenden Bereichen dargestellt.

Stadtplanung

■ **Aktive und innovative Rolle bei der Bereitstellung von Flächen und Flächennutzungskonzepten einnehmen**

Besondere Unterstützung kann die Kommune bei der Bereitstellung von Flächen leisten. Aus den Praxisprojekten sind viele Beispiele bekannt, die auf sehr unterschiedliche Weise verdeutlichen, wie groß der Handlungsspielraum der Kommune in diesem Bereich ist. Von der Umwidmung von Parkplatzflächen bis zur Festschreibung von Aufstellflächen für Erneuerbare-Energien-Technologien in Kellerräumen im Rahmen städtebaulicher Verträge sind viele weitere Möglichkeiten denkbar, die sehr stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängen. Es bietet sich an, bereits vorhandene Strukturen umzudenken und möglichst mit einer Doppelnutzung zu versehen. In der Regel schließen sich die Energieerzeugung und eine weitere (urbane) Nutzung nicht zwingend aus. Auch unter Parks und Sportplätzen können, nach Prüfung im Einzelfall, zum Beispiel Erdsonden eingebracht werden, um das geothermische Potenzial zu nutzen. Abgeleitet aus der Flächendiskussion im Bereich der großflächigen solarthermischen Nutzung kann von einer sozialen Multicodierung gesprochen werden, die Energieerzeugung bzw. Quellerschließung und soziale Aspekte im urbanen Raum miteinander verbindet. Die Kommune bietet sich hier als Aggregator an, um die unterschiedlichen Anforderungen an eine Fläche, die besonders im urbanen Raum auftreten, einzusammeln und in einem Gesamtkonzept möglichst durchdacht zu kombinieren. Hier gilt es zu berücksichtigen, dass auch innerhalb der Verwaltung unterschiedliche Flächennutzungsentwicklungen seitens der Fachämter vorgesehen sein können.

■ **Instrument der städtebaulichen Verträge nutzen**

Gestützt werden kann die Nutzung von Wärmenetzen in Neubaugebieten des Weiteren durch städtebauliche Verträge gemäß Art. 11 Abs. 1 S. 2 BauGB, um Vereinbarungen zur Errichtung und Nutzung von Anlagen und Einrichtungen zur dezentralen und zentralen Erzeugung, Verteilung und Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung zu treffen (Senatsverwaltung Berlin, 2022).

■ **Das Wegerecht zur Nutzung der Fernwärmeinfrastruktur durch sogenannte Gestattungsverträge verbessern**

Durch die möglichen Verflechtungen der Kommune durch kommunale Instrumente wie Anschluss- und Benutzungsgebote oder auch finanzielle Verstrickungen der Kommune sind die Verträge und Ausschreibungen für das Wärmenetz ausreichend zu prüfen und insbesondere vor einem Planungshorizont von über 20 Jahren für die Nutzung des Wärmenetzes zu betrachten (AGFW, 2023).

■ **Festsetzungen zum Anschluss an Wärmenetze im Rahmen von Bebauungsplänen treffen**

Im Rahmen der kommunalen Bauleitplanung können in Bereichen von Bebauungsplänen auch Festsetzungen zum Anschluss an Wärmenetze getroffen werden. Der Anschluss- und der Benutzungszwang basieren auf der Grundlage landesrechtlicher (Gemeindeordnung, Klimaschutzgesetz) oder bundesrechtlicher Gesetzgebung (Art. 109 GEG, Ermächtigungsgrundlage). So ist es zum Beispiel in Berlin nach § 26 EWG Bln möglich, den Anschluss an eine Einrichtung zur Versorgung mit Nah- und Fernwärme oder Nah- und Fernkälte (Anschlusszwang) und deren Benutzung (Benutzungszwang) zum Zwecke des Klima- und Ressourcenschutzes vorzuschreiben (Senatsverwaltung Berlin, 2022).

■ **Wärmenetzsatzungen auf Basis von Landesrecht nutzen**

Wenn es das Landesrecht zulässt, kann auch eine Fernwärmesatzung erlassen werden, die alle im Satzungsgebiet gelegenen Grundstücke zum Anschluss an das Wärmenetz verpflichtet. Die genauen Voraussetzungen hinsichtlich der Betriebsform des Wärmenetzes und damit zusammenhängende Begrifflichkeiten, wie zum Beispiel der Fernwärme/Nahwärme/Wärmenetze, sind den Landesgesetzen zu entnehmen. Anwendung kann eine Fernwärmesatzung sowohl in Neubauten als auch in Bestandsgebäuden finden, wenn die Grenzen der Verhältnismäßigkeit gewahrt werden. Dazu zählt beispielsweise der freiwillige Austausch einer Heizung, der dazu führt, dass das Bestandsgebäude dem Anschluss- und Benutzungszwang unterliegt. Ein möglicher Anschlusszwang für bestehende Anlagen zum Beispiel nach Ablauf der technischen Lebensdauer wird teils diskutiert, sollte aber in jedem Fall von Übergangsfristen und zu berücksichtigenden Härtefallregelungen flankiert werden (Buchmüller, et al., 2020).

■ **Bestimmte Brennstoffe in Bebauungsplänen beschränken**

Im Rahmen der kommunalen Bauleitplanung kann in Bereichen von Bebauungsplänen auch die Beschränkung bestimmter Brennstoffe festgelegt werden. Unterstützt werden kann eine hohe Anschlussdichte auch durch den Ausschluss oder die Beschränkung der Nutzung bestimmter (fossiler) Energieträger. Im Bebauungsplan können nach § 9 Abs. 1 Nr. 23a BauGB bestimmte luftverunreinigende Stoffe im Geltungsbereich des B-Plans in der Nutzung beschränkt oder ausgeschlossen werden, wodurch sich der Einsatz von klimaschädlichen fossilen Brennstoffen reduzieren oder ausschließen lässt (Senatsverwaltung Berlin, 2022). Die Umsetzung ist nach Senatsverwaltung Berlin (2022) grundsätzlich möglich über:

- Positivlisten, die nur den Einsatz bestimmter Brennstoffe zulassen

- Negativlisten, die den Einsatz bestimmter Brennstoffe beschränken oder ausschließen, unter einer besonders gründlichen Prüfung der realisierbaren CO₂-Minderung, wenn es sich um Erdgas, Biogas, Holz oder sonstige Biomasse handelt
- Stoffbezogene Grenzwerte wie maximale CO₂-Emissionsfaktoren der Brennstoffe
- Einschränkungen zur Verwendung bestimmter Brennstoffe wie beispielsweise zum ausschließlichen Einsatz in der Spitzenlast (kalte Tage)

Die Vorgaben beziehen sich dabei auf die verwendeten Brennstoffe. Anlagenbezogene Festsetzungen zu Emissionsgrenzwerten sind demnach nicht möglich (Senatsverwaltung Berlin, 2022). Der räumliche Umfang der Festsetzung bezieht sich auf den Geltungsbereich des B-Plans oder einzelne Baugebiete, nicht aber auf einzelne Baugrundstücke. Bestandsgebäude sind von der Festsetzung bei Austausch der Heizungsanlage erfasst. Vorhandene Anlagen unterliegen dem Bestandschutz. Werden bestimmte Brennstoffe beschränkt oder ausgeschlossen ist im Aufstellungsverfahren nachzuweisen, dass eine alternative Wärmeversorgung wie zum Beispiel der Anschluss an ein Wärmenetz in dem Gebiet möglich ist (Senatsverwaltung Berlin, 2022).

Kommunale Förderprogramme

■ **Finanzschwache Haushalte fördern**

Neben der Unterstützung oder Übernahme des Wärmenetzbaus sind die Anschlussnehmerinnen und -nehmer nicht aus dem Auge zu verlieren und besonders die finanzschwachen Haushalte gezielt zu fördern oder bei der Beantragung von Fördermitteln zu unterstützen. Neben der Unterstützung bei der Finanzierung des Netzes kann die Kommune auch bei den Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümern unterstützend tätig werden. Denkbar sind abgestimmte kommunale Förderprogramme zum Anschluss an das Wärmenetz. Der Fokus sollte darauf gelegt werden, vor allem finanzschwache Haushalte oder Konstellationen zu unterstützen und Mitnahmeeffekte so gering wie möglich zu halten. Gibt es im Haushalt keinen Spielraum für eine kommunale Förderung, sollte man sich darauf konzentrieren, den potenziellen Anschlussnehmerinnen und -nehmern über eine Fördermittelberatung den Zugang zu Landes- oder Bundesfördermitteln zu erleichtern und vor allem bei den Formalien der Fördermittelanträge zu unterstützen sowie Wissen zu gegebenenfalls sehr speziellen Fragestellungen zu den geplanten Netzen in puncto Förderung zu aggregieren.

Strategische Gestaltung

■ Zur Erhöhung der Planungssicherheit Absichtserklärungen nutzen

Eine weitere Herangehensweise zur Erreichung hoher Anschlussdichten sind Absichtserklärungen, die ein ernsthaftes Interesse möglicher Anschlussnehmerinnen und -nehmer untermauern und damit im Rahmen der Nebenbedingungen der Absichtserklärung die Planungssicherheit erhöhen können. Kommunen haben hier die Möglichkeit, mit gutem Beispiel voranzugehen und öffentliche Absichtserklärungen für die kommunalen Gebäude abzugeben. Durch die meist großen Abnahmemengen je Standort kann Planungssicherheit geschaffen werden und zusätzlich wird die Kommune bei der Dekarbonisierung des eigenen Bestands entlastet, da es keine Einzelgebäudelösungen braucht. Hier kann die Kommune zusätzlich als Multiplikatorin dienen und durch Vernetzung mit anderen Stellen unterstützend wirken.

■ Umlagen in Form von Erschließungsbeiträgen oder Anliegerkosten prüfen

Ein Instrument, das vor allem im Bestand tiefergehend insbesondere unter Beachtung der Landesvorgaben zu prüfen ist, sind Umlagen in Form von Erschließungsbeiträgen oder Anliegerkosten für die Wärmenetzleitungen. Über entsprechende Satzungen (oder Gesetze in den Stadtstaaten) können Erschließungskosten und Anliegerkosten für unter anderem Straßen sowie die Wasserversorgung und -entsorgung oder aber auch für Wärmenetze erhoben werden. Durch die Umlage eines Teils der Kosten über einen regelmäßigen oder einmaligen Beitrag könnten die Kosten auf alle potenziellen Anschlussnehmerinnen und -nehmer umgelegt werden. Der Anschluss an das Wärmenetz würde damit vergleichsweise geringe zusätzliche Kosten verursachen, da ein Großteil der Kosten auch ohne Wärmeverbrauch aus dem Netz über die Erschließungsbeiträge oder Anliegerkosten getragen wird. Hier ist frühzeitig zu beachten, wie das Kredit- und Eigentumsmodell des Wärmenetzes aufgesetzt wird, um auf diesen Ansatz zurückgreifen zu können.

Übergangslösungen und langfristige Transformation

■ Angebote innovativer Überbrückungslösungen unterstützen bzw. schaffen

Sollte der Anschluss an das Wärmenetz auf absehbare Zeit möglich sein, aber aus unterschiedlichen Gründen noch nicht direkt umgesetzt werden können, kann die Kommune oder das lokale Energiewerk sich auch um Zwischenlösungen bemühen. Falls schon ein Verteilnetz mit Hausanschlüssen gebaut werden kann, weil zum Beispiel sowieso Straßenarbeiten stattfinden, aber der Anschluss

an ein größeres Netz noch nicht möglich ist, sind Zwischenlösungen wie mobile Heizzentralen notwendig, um den zeitlichen Versatz zwischen Hausanschlusslegung und Netzzusammenschluss zu überbrücken. In der Schweiz ist dies in einigen Städten bereits gängige Praxis, wie im Leitfaden für Übergangslösungen beim Ausbau thermischer Netze inklusive Best-Practice-Beispielen geschildert wird² (Thalmann & Deschaintre, 2023). In Deutschland gibt es bereits erste Anbieter am Markt.

Informationsbereitstellung und Öffentlichkeitsarbeit

■ Für Endkundengruppe Informationen zu Wärmeversorgungs Optionen leicht zugänglich machen

Ähnlich wie bei den initiierten Handlungsmöglichkeiten kann die Kommune auch im laufenden Prozess Informationen zur Verfügung stellen und durch Aufklärungsarbeit und Transparenz für eine größtmögliche Akzeptanz sorgen. Über Websites oder Apps können veränderte Rahmenbedingungen wie zum Beispiel Änderungen der Energiepreise oder die Gewinnung großer Ankerkunden und ihre Auswirkungen auf den Wärmepreis direkt aktualisiert und kommuniziert werden. Den potenziellen Anschlussnehmerinnen und -nehmern wird dadurch eine möglichst direkte Teilhabe am Informationsfluss ermöglicht. Als Gütesiegel kann dabei beispielsweise die kommunale Website genutzt werden, um zu verdeutlichen, dass nicht nur privatwirtschaftliche Interessen vertreten werden, sondern je nach Konstellation auch das Kommunal- bzw. Gemeinwohl. Zusätzlich können die Kanäle auch genutzt werden, um über den Projektfortschritt zu informieren.

Vernetzung und Bündelung

■ Gemeinsam mit weiteren Interessenvertretern Risiken adressieren und Lösungen einfordern

Das Risiko des **Ausfalls der Wärmequelle**, im Speziellen im Fall der Abwärme durch die starke Abhängigkeit von einem Betrieb und dessen wirtschaftlichem Risiko, ist ein bekanntes und weiterhin weitgehend ungelöstes Hemmnis. Hohe Investitionskosten führen dazu, dass die Refinanzierung nur über lange Zeiträume möglich ist und daher langfristige Sicherheit benötigt wird, die nicht nur vom wirtschaftlichen Ergebnis eines einzelnen Betriebs abhängen sollte. Gründe für die hohen Investitionskosten sind unter anderem notwendige Umbauten an den Produktionsanlagen wie der Einbau von Wärmeübertragern, der Bau von Leitungen auf dem Betriebsgelände und der Anschluss über meist lange Leitungen an das Wärmenetz, da sich für die Abwärmenutzung geeignete Betriebe meist außerhalb der urbanen Gebiete befinden (Bürger, et al., 2021).

² Online verfügbar unter: https://www.thermische-netze.ch/fileadmin/user_upload/Dokumente/Publikationen/Studien/RES-DHC_CH-4_Leitfaden_Uebergangslösungen.pdf

Nicht nur der Komplettwegfall der Abwärme ist ein Risiko, sondern auch ein diskontinuierliches **Erzeugungsprofil**, das durch den Produktionsprozess bestimmt wird. Im Rahmen von Revisionen an den Produktionsanlagen kann es zum Beispiel auch für einige Zeit zu einem Komplettausfall der Abwärme kommen. Durch Besicherungsanlagen kann die Versorgungssicherheit gewährleistet werden, muss aber entsprechend in den Gesamtkosten Berücksichtigung finden, wenn ein redundantes System aufgebaut wird (Bürger, et al., 2021).

Die fehlende **Absicherung** führt auch dazu, dass selbst gewillte Kommunen, die das Risiko in Kauf nehmen wollen, um eine möglichst nachhaltige Versorgung zu ermöglichen, nicht in die Umsetzung kommen, da die Kommunalaufsicht bei fehlender Kapitalausstattung eher restriktiv entscheidet (Sandrock et al., 2020).

Auf dem **Versicherungsmarkt** sind derzeit keine Produkte bekannt, die über die erforderlichen Laufzeiten das Risiko für den Wärmenetzbetrieb abmildern oder auffangen können. An dieser Stelle sind staatliche Bürgschaften seitens des Bundes bzw. der Länder oder Fonds vorstellbar, die das Risiko bündeln und abwälzen können (Bürger, et al., 2021).

In ähnlicher Wirkweise ist das **Fündigkeitsrisiko** der Nutzung tiefer Geothermie einzuordnen. Hier liegt das Risiko vor allem in der Zusammensetzung des Untergrunds in Bezug auf die Schüttrate, die sich erst nach kostenintensiven Probebohrungen sicher bestimmen lässt. Am Ende einer teuren Untersuchungskampagne kann sich daher herausstellen, dass die Schüttrate für einen wirtschaftlichen Betrieb nicht ausreichend ist. Auch hier könnte das Risiko von staatlichen Fonds getragen werden, die sich über die Erlöse aus der Umsetzung an Bohrstandorten refinanzieren, die sich als geeignet herausgestellt haben (Bürger, et al., 2021).

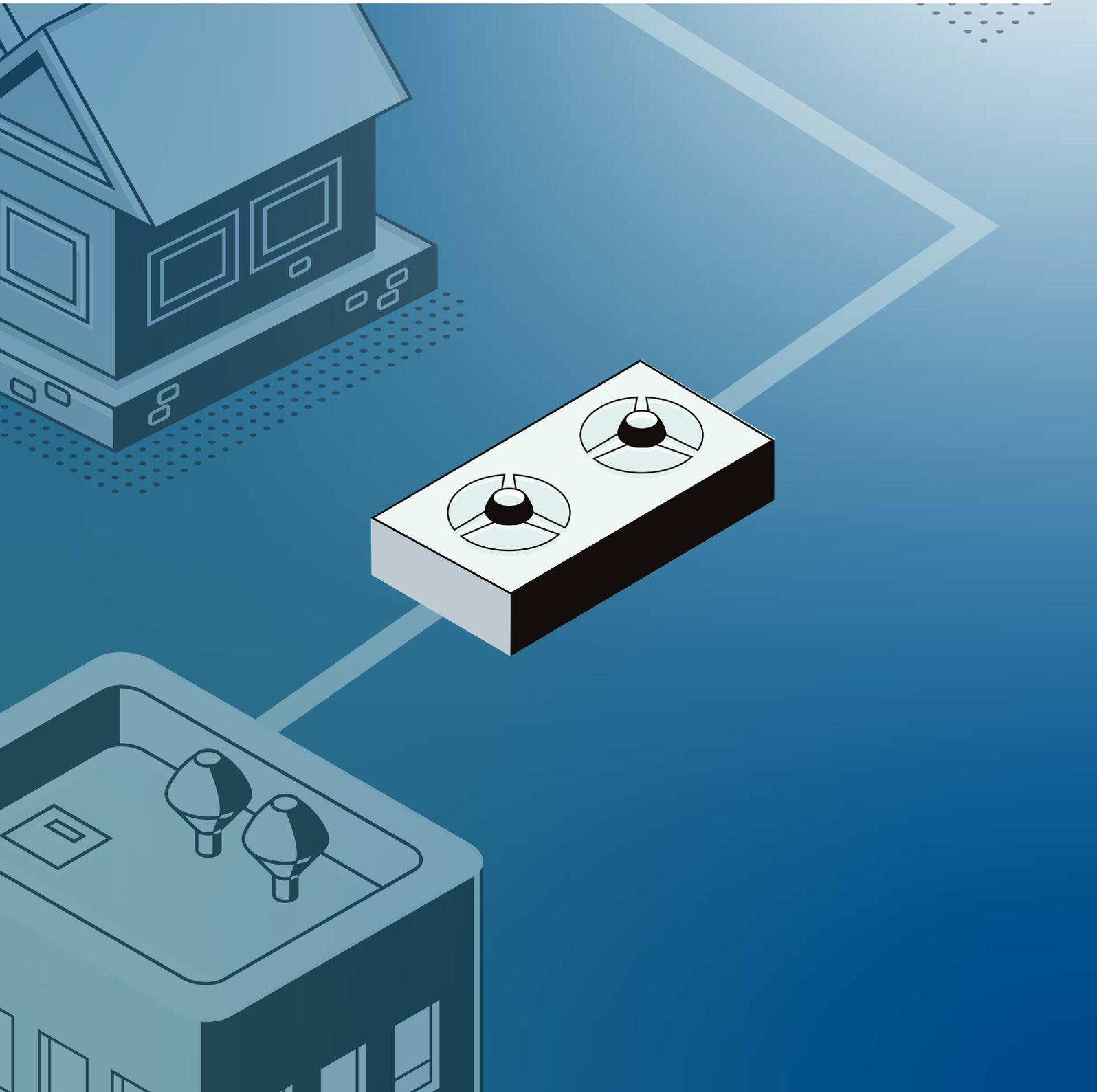
Den Kommunen bleibt bisher über entsprechende Interessenvereinigungen wie die Energieagenturen im Landkreis oder im Land darauf hinzuwirken, dass von übergeordneter Stelle Instrumente entwickelt werden, um das Ausfallrisiko zu adressieren, oder sich mit anderen Kommunen in der Nachbarschaft direkt zusammenzuschließen, um das Risiko aufzuteilen.

■ **Wenn möglich auf Wissensträger zurückgreifen**

Wie in den Absätzen zu den einzelnen Handlungsmöglichkeiten bereits erwähnt, sind in den meisten Fällen vor der Umsetzung in die Praxis umfängliche rechtliche Prüfungen für den Einzelfall durchzuführen, wie unter anderem in Bezug auf das Wettbewerbs-, Vergabe- und Konzessionsrecht oder die Steuerung über Satzungen und Bebauungspläne. Hier können insbesondere die Energieagenturen der Landkreise oder Länder hilfreich sein, um landesspezifische Rechtsfragen zu klären und dabei zu helfen, Erfahrungen aus der Umsetzung in andere Kommunen zu übertragen. So kann auf der einen Seite der rechtliche Hintergrund analysiert und kommuniziert werden, aber es können zum Beispiel auch Vorlagen mit einem sehr praktischen Charakter geliefert werden, die sich bei absehbarem Aufwand für die Kommune möglichst rechtssicher an die Gegebenheiten in der Kommunen anpassen lassen. Kommunen sollten aktiv auf die entsprechenden Energieagenturen zugehen und ihr Interesse an Beratung und Unterstützung zur Umsetzung von Wärmenetzen kommunizieren, damit dort die notwendigen Kapazitäten geschaffen werden können.



4. Anwendungsfälle für Wärmepumpen in Bestandsquartieren



Im folgenden Kapitel werden typische und zukunftsweisende Technologien zur Verwendung in Quartierswärmenetzen aufgeführt. Die Studie fokussiert auf **Systeme mit Wärmepumpen**, die besonders im Bereich verdichteter Bestandsquartiere im Rahmen von Netzlösungen nach derzeitigem Stand ein hohes Realisierungspotenzial aufweisen. In Tabelle 1 sind typische Wärmequellen und ihre wichtigsten Charakteristika und Unterscheidungsmerkmale dargestellt.

Je höher die Temperaturen der Wärmequellen ausfallen und je konstanter das vorliegende Temperaturniveau ist, desto effizienter können Wärmepumpen betrieben werden. In der Regel sinkt mit den Quelltemperaturen (und der damit in der Regel einhergehenden sinkenden Effizienz) auch die Verfügbarkeit der jeweiligen Quelle.

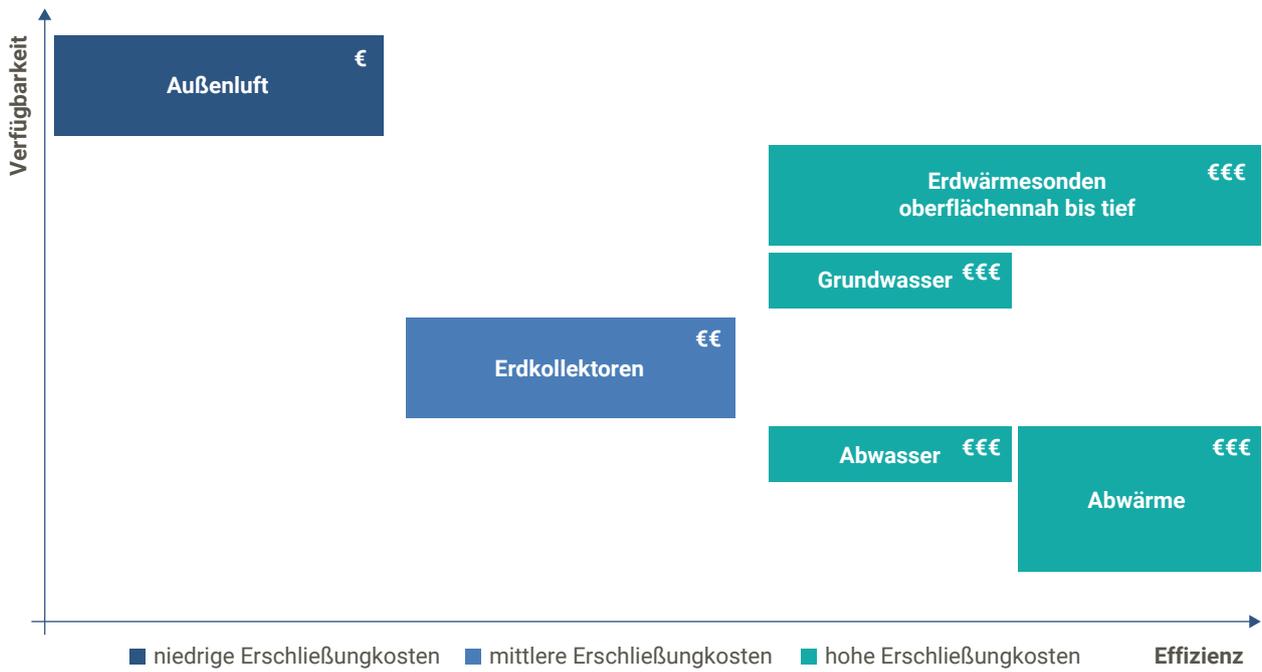


Abbildung 5: Verfügbarkeit, Effizienz und Erschließungskosten im qualitativen Zusammenhang (eigene Darstellung)

Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, bietet Abwärme aus Prozessen die höchsten Temperaturniveaus, sie ist aber nicht überall verfügbar und muss technisch, räumlich und vertraglich aufwendig erschlossen werden (vgl. Kapitel 4.1). Grundwasser und Abwasser bieten die zweithöchsten Temperaturniveaus, sind allerdings bezüglich der Erschließbarkeit an technische Rahmenbedingungen gebunden und teils abhängig von Witterungsbedingungen und geologischen Restriktionen (vgl. Kapitel 4.2 und 4.3). Die Nutzung der oberflächennahen Geothermie über Erdkollektoren bietet saisonal leicht schwankende Temperaturen auf einem geringen Temperaturniveau und braucht vergleichsweise viel Fläche. Werden Erdsonden verwendet, lässt sich die Saisonalität der Soletemperaturen

abmildern und der Flächenbedarf deutlich verringern, da das Erdreich in vertikaler Richtung erschlossen wird. Voraussetzung ist in beiden Fällen, dass eine geothermische Nutzung in dem Gebiet zulässig ist. Am unabhängigsten von äußeren Restriktionen sind Luftwärmepumpen, die Umgebungsluft als Wärmequelle nutzen und durch einen moderaten Flächenbedarf trotz notwendiger Schallschutzabstände in der Regel auch in urbanen Räumen umsetzbar sind. Die Effizienz fällt jedoch am geringsten aus, da die Temperatur der Wärmequelle der Außentemperatur folgt und keine Trägheit aufweist. Auch an kalten Tagen werden moderate Temperaturen der Wärmequelle sichergestellt.

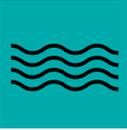
	Wärmequelle	Typische Quelltemperatur	Temperaturschwankung	Flächenbedarf qualitativ	Flächen- bzw. Massenstrombedarf der Quelle
	Abwärme	prozessabhängig	abhängig von Abwärmequelle	gering	nicht darstellbar
					<ul style="list-style-type: none"> – Rechenzentren und Krankenhäuser potenzielle urbane Abwärmequellen – Risiko des Ausfalls der Abwärmequelle
	Abwasser	12 °C – 22 °C	mittel	gering	Direktbau ab DN 400 empfohlen
					<ul style="list-style-type: none"> – Temperatur schwankt mit Niederschlag und Jahreszeit – Maximale Abkühlung lokal zu prüfen
	Reinwasser	12 °C – 22 °C	gering	gering	
					<ul style="list-style-type: none"> – Temperaturschwankungen des Abwassers werden gedämpft – Maximale Abkühlung lokal zu prüfen
	Grundwasser	~10 °C	sehr gering	mittel	~0,2–0,3 (m³/h)/kW
					<ul style="list-style-type: none"> – Temperatur fast konstant – Abstand der Brunnen zueinander zu beachten
	Umgebungsluft	-15 °C – 35 °C	groß	mittel	~200 m²/MW
					<ul style="list-style-type: none"> – Teils umfangreiche Schallschutzmaßnahmen erforderlich – Starke saisonale Temperaturschwankungen, teils Überdimensionierung nötig
	Erdwärmekollektoren	5 °C – 12 °C	mittel	groß	~12.000–28.000 m²/MW
					<ul style="list-style-type: none"> – Überbauung nicht sinnvoll – Flächenbedarf über Wärmeleitfähigkeit stark abhängig von Bodenbeschaffenheit
	Erdwärmesonden	9 °C – 15 °C	sehr gering	groß	~5.000–13.000 m²/MW
					<ul style="list-style-type: none"> – Temperatur steigt mit zunehmender Tiefe – Flächenbedarf über Wärmeleitfähigkeit stark abhängig von Bodenbeschaffenheit

Tabelle 1: Wärmequellen und typische Charakteristika nach (Kühne & Roth, 2020), (Sandrock et al., 2020), (Gross, 2022) und eigene Berechnungen

4.1 Abwärme

4.1.1 Eigenschaften und Versorgungsvarianten

Anstatt unvermeidbare Abwärme aus Industrie und Gewerbe-
prozessen mittels Kühlung in die Umgebung abzuführen, ist es
sinnvoll, sie für die Raumwärme- und Warmwassererzeugung
zu nutzen. In Abbildung 6 wird das Versorgungsprinzip eines
Quartiers mittels einer Großwärmepumpe, die Abwärme als
Wärmequelle nutzt, grafisch veranschaulicht.

Abwärme

-  Wärmespeicher
-  Wärmepumpe
-  Kommunikationseinheit
-  Strom
-  Kältemaschine
-  Rechenzentrum

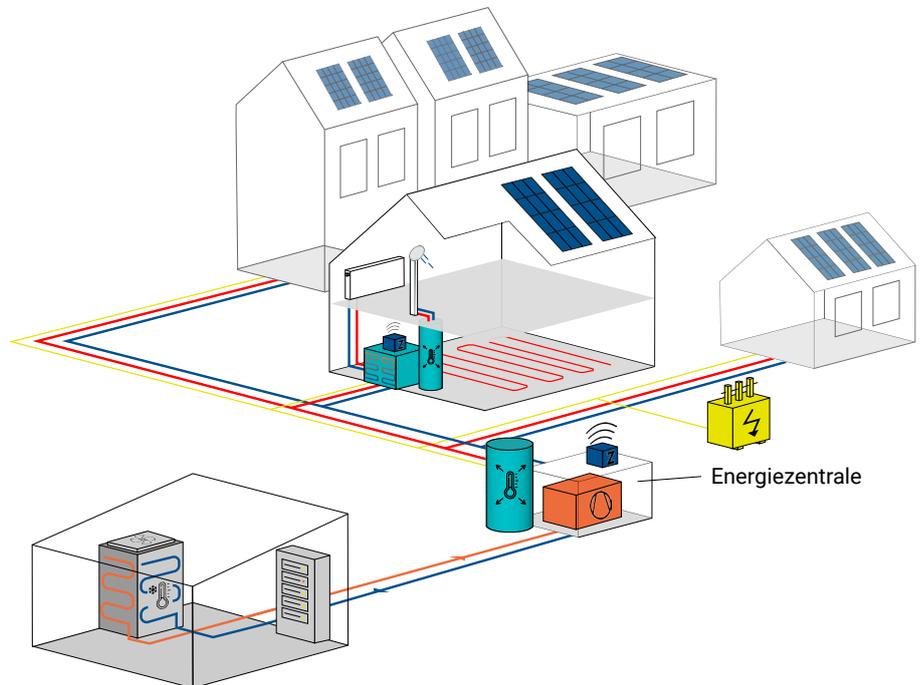


Abbildung 6: Nutzung von Abwärme als Wärmequelle für eine zentrale Wärmepumpe für das Quartier

Um das Potenzial der Abwärme eines Betriebs einzuordnen,
sind nach Grahl et al. (2015) folgende Kenngrößen geeignet:

- Temperaturniveau
- Leistung
- Medium der Abwärme (z. B. Abgas, Kühlwasser)
- Zeitliche Verfügbarkeiten (kontinuierlich oder schwankend, saisonal, Anzahl der Voll-Laststunden pro Jahr)
- Verfügbare Energiemengen
- Lage (Entfernung zum Quartier)

In welchen Bereichen sich die Temperaturniveaus je nach Nutzungsmöglichkeit und Abwärmequellen bewegen, ist für einen ersten Überblick in Abbildung 7 grafisch dargestellt.



Anwendungen von Abwärme/Abwärmesenken und -quellen

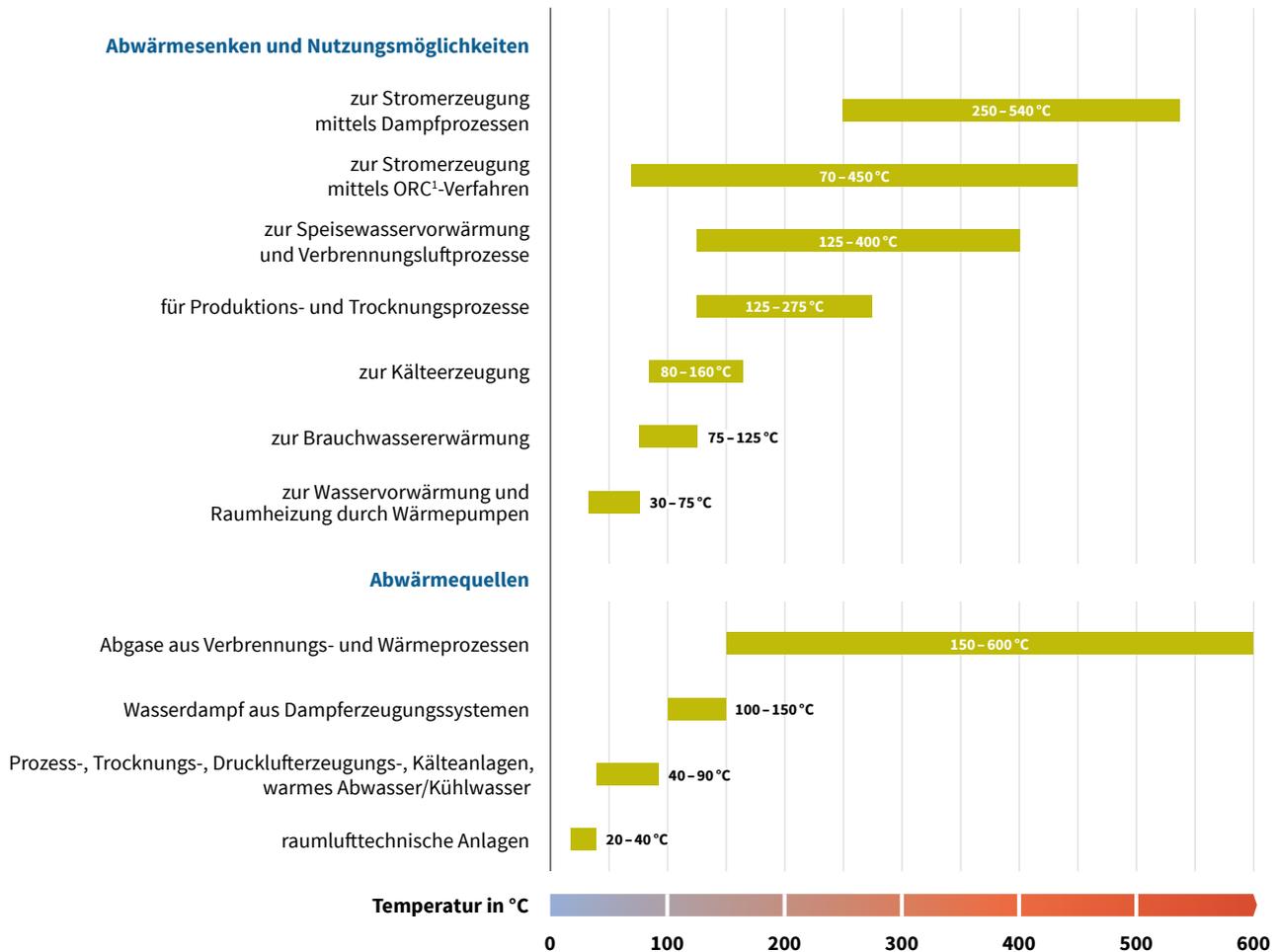


Abbildung 7: Anwendungen von Abwärmesenken und -quellen sowie der jeweils typische Temperaturbereich (neue Darstellung nach dena³)

Die üblicherweise relevanten Temperaturniveaus für mögliche Quartiersversorgungen sind in Abbildung 7 aufgeführt. Besonders häufig werden hohe Temperaturen im Bereich der Metall-, Glas- und Keramikverarbeitung benötigt. Die Saisonalität und die Verfügbarkeit der Abwärmequellen können je nach Prozessart und Fahrweise des Betriebs sehr unterschiedlich ausfallen, sind dafür aber nicht von den Witte-

rungsbedingungen abhängig. Große Betriebe mit industriellen Prozessen unter hohen Temperaturen befinden in der Regel etwas abseits der dicht besiedelten Gebiete. Die Abwärme bzw. Abluft von Krankenhäusern oder Einkaufszentren entsteht meist deutlich näher an den potenziellen Wärmeabnahmestellen, bietet aber wiederum meistens nur geringe Temperaturniveaus (Stark, et al., 2020).

³ 2017_dena_Flyer_Abwaermenutzung.pdf', Hrsg.: Deutsche Energie-Agentur, 2017 <https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Meldungen/dena_Flyer_Abwaermenutzung.pdf>

Branche	Medium Abwärme	Temperaturen Abwärmemedium	Leistungsbereich	Zeitliche Dynamik und Saisonalität
Rechenzentren	Kühlwasser	20 °C – 30 °C	1 MW – 10 MW	Ganzjährig und durchgehend, durch freie Kühlung sommerlastiges Potenzial
Krankenhäuser	Fortluft	5 °C – 30 °C	1 kW – 1 MW	Ganzjährig
Einzelhandel	Fortluft	5 °C – 30 °C	100 kW – 500 kW	Öffnungszeiten, sommerlastiges Angebot
Schwimmbäder	Fortluft	10 °C – 25 °C	100 kW – 500 kW	Öffnungszeiten, winterlastiges Angebot

Tabelle 2: Nutzbare Abwärmequellen in Wohnquartiersnähe nach Stark et al. (2020)

Kann die Abwärmequelle nicht direkt auf dem Niveau der nötigen Vorlauftemperatur genutzt werden, kann die Abwärme auch als Wärmequelle für eine Wärmepumpe dienen, die die Temperaturen auf Vorlaufniveau anhebt. Zusätzlicher Vorteil der Wärmepumpe ist die aktive Rückkühlung des Wärmeträgermediums bzw. des Kühlwassers, die zusätzlichen Strombedarf in Kompressionskältemaschinen ersetzen kann (Kühne & Roth, 2020).

Die genehmigungsrechtliche Grundlage für die Nutzung von Abwärme aus größeren Betrieben bildet in der Regel das Immissionsschutzrecht. Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen sind verpflichtet, Energie sparsam und effizient zu verwenden, solange es technisch realisierbar und zumutbar ist.

Änderungen, die ausschließlich dazu dienen, die Abwärmennutzung zu verbessern, bedürfen in der Regel keiner Genehmigung. Es gilt die Voraussetzung, dass eventuell nachteilige Auswirkungen gering sind und die sich aus dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) ergebenden Betreiberpflichten weiterhin erfüllt werden (Stark, et al., 2020). Fällt die Veränderung nicht unter die genannten Voraussetzungen, sind drei Fälle in Betracht zu ziehen:

- Kein immissionsschutzrechtliches Verfahren
- Anzeige der Anlagenänderung nach § 15 BImSchG
- Änderungsgenehmigung nach § 16 BImSchG notwendig

Hier empfiehlt sich eine frühzeitige Abstimmung mit den Genehmigungs- und Fachbehörden, um Unklarheiten vorzubeugen.

Oberirdische Anbindeleitungen an das Wärmenetz müssen nach der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) mit Rückhalteeinrichtungen ausgerüstet sein. Bei unterirdischer Verlegung ist eine doppelwandige Ausführung mit Leckageanzeigesystem und regelmäßigen Prüfzyklen zu planen, wie bei der Geothermie in Kapitel 4.4 näher ausgeführt wird. Die Pflicht zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) ist im Rahmen der im Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung festgelegten Kriterien individuell zu prüfen (Stark, et al., 2020).

Da die Abwärme immer an den Prozess und damit auch an die Entscheidungen und betriebswirtschaftlichen Risiken wie zum Beispiel eine Insolvenz des Abwärmeunternehmens gekoppelt ist, ist es wichtig, die Risiken im Vorfeld zu kennen und abzumildern bzw. für ausreichenden Ersatz vorzusorgen. Ein Ausfall über einen kurzen Zeitraum kann durch betriebsbedingte Produktionspausen oder Störfälle im Abwärmebetrieb hervorgerufen werden. Um weiterhin Wärme an die Haushalte liefern zu können, muss ein redundantes System im Hintergrund immer einsatzbereit sein. Langfristig gibt es aber auch das sogenannte Adressrisiko, das ein großes Hemmnis bei der Umsetzung von Abwärmeprojekten darstellt. Sollte der Abwärmebetrieb aus unterschiedlichsten Gründen die Produktion stoppen oder den ganzen Betrieb schließen, kann es passieren, dass sich die Investitionen des Abnehmers der Wärme für die Erschließung und Anbindung noch nicht amortisiert haben oder eine Ersatzbeschaffung der Wärme nicht in ausreichend kurzer Zeit möglich ist. Ein Lösungsansatz bietet eine Ausfallversicherung der öffentlichen Hand, die das Adressrisiko für die Wärmeabnehmer auffängt (Stark, et al., 2020).

Bei der zeitlichen Planung ist zu beachten, dass viele Prozesse kontinuierlich laufen und Elemente wie Wärmeübertrager zur Nutzung der Abwärme unter Umständen nur in bestimmten Zeitfenstern eingebaut werden können, wenn Revisionsarbeiten an der Anlage durchgeführt werden.

4.1.2 Herausforderungen und Lösungsansätze

Die Nutzung von Abwärme birgt einige Herausforderungen. Das Temperaturniveau und die verfügbare Energiemenge der Abwärmequellen hängen stark von der Branche und dem jeweiligen Prozess ab. Die Saisonalität und die Verfügbarkeit können je nach Prozessart und Fahrweise des Betriebs sehr unterschiedlich ausfallen. Große Betriebe mit industriellen Prozessen unter hohen Temperaturen befinden sich in der Regel eher abseits der dicht besiedelten Gebiete. Die Abwärme von Krankenhäusern oder Einkaufszentren entsteht meist näher an den potenziellen Wärmeabnahmestellen, bietet aber meistens nur geringe Temperaturniveaus. Wenn die Temperatur der Abwärmequelle nicht direkt auf dem Niveau der nötigen Vorlauftemperatur angezapft werden kann, kann die Abwärme auch als Wärmequelle für eine Wärmepumpe dienen, die die Temperaturen auf Vorlaufniveau anhebt. Es ist wichtig, die Risiken im Vorfeld zu kennen und abzumildern, beispielsweise für ausreichenden Ersatz vorzusorgen, da die Abwärme immer an den Prozess und damit auch an die Entscheidungen und betriebswirtschaftlichen Risiken wie zum Beispiel eine Insolvenz des Abwärmeunternehmens gekoppelt ist. Da die Lösungsansätze für das Adressrisiko über eine technische Betrachtung hinausgehen, wird in 3.2.3 näher darauf eingegangen.

4.2 Grundwasser

4.2.1 Eigenschaften und Versorgungsvarianten

Grundwasser ist eine Ressource, die sich unter der Erdoberfläche befindet und hauptsächlich aus Niederschlägen gespeist wird. Es handelt sich um Wasser, das durch den Boden gesickert ist und sich in Gesteinsschichten angesammelt hat. Grundwasser ist ein lebenswichtiges Element für viele Ökosysteme und stellt auch eine wichtige Trinkwasserquelle für den Menschen dar. Darüber hinaus wird es zur Bewässerung von landwirtschaftlichen Flächen und zur Energiegewinnung durch Nutzung von geothermaler Energie eingesetzt (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2008).

Bei der Nutzung von Grundwasser als Wärmequelle für Wärmepumpen müssen die notwendige Durchflussmenge, eine ausreichende Entfernung zwischen Förder- und Schluckbrunnen sowie die Beschaffenheit des Grundwassers beachtet bzw. im Vorfeld geprüft werden. Außerdem darf die Nutzung von Grundwasser nicht in Wasserschutzgebieten erfolgen. In städtischen Gebieten ist eine großflächige Nutzung von Grundwasser begrenzt, da die gegenseitige Beeinflussung der Brunnen zu einer verminderten Effizienz führen kann.

	Grundwasser
Temperaturschwankung	Sehr gering
Temperatur der Quelle	Fast konstant im Bereich um 10 °C
Entzugsleistung	Maximal 5 K – 0,2–0,3 (m³/h)/kW
Anforderungen (technisch)	Zwei Brunnen (Förder- und Schluckbrunnen) in Tiefen zwischen 5 und 20 m in ausreichend weiter Entfernung voneinander. Pro Kilowatt Heizleistung werden ca. 0,2 bis 0,3 m³/h benötigt. Bei einer Heizleistung von 200 kW entspricht dies einem Durchfluss von 40 bis 60 m³/h oder 11 bis 16 l/s.
Anforderungen (rechtlich)	Wasserschutzrechtliche Genehmigung Keine Nutzung von Grundwasser aus Wasserschutzgebieten

Tabelle 3: Eigenschaften der Wärmequelle Grundwasser im Überblick

Um Wärme aus dem Grundwasser zu gewinnen, werden zwei Brunnen benötigt: ein Förderbrunnen, um das Grundwasser zur Wärmepumpe zu fördern, und ein Schluckbrunnen, um das Grundwasser wieder in die grundwasserführenden Schichten zu transportieren. Das Grundwasser wird in Fließrichtung zugeführt, durch die Gesteinsschichten wieder erwärmt und erneut von dem Förderbrunnen gefördert (Kaltschmitt, et al., 2020). Die beiden Brunnen werden in der Regel bei Tiefen zwischen 5 und 20 m realisiert. Förder- und Schluckbrunnen müssen ausreichend weit entfernt voneinander sein, um einen hydraulisch-thermischen Kurzschluss zu vermeiden. Das bedeutet, dass keine nachhaltigen Temperaturverringerungen über den Nutzungszeitraum der Anlage entstehen. Die Distanz zwischen den beiden Brunnen muss dementsprechend groß genug sein, sodass sich das Grundwasser auf dieser Strecke wieder auf das Ursprungsniveau anpasst bzw. erwärmt (Kaltschmitt, et al., 2020).

Die Temperatur des Grundwassers unterliegt nur sehr geringen saisonalen Schwankungen, sodass die Temperatur ganzjährig im Bereich um 10 °C liegt. Je tiefer das Grundwasser entnommen wird, desto höher ist die Temperatur und desto geringer fallen die saisonalen Schwankungen aus. Die Temperatursenkung zwischen Entnahme und Rückführung darf maximal 5 K betragen, wodurch das entnehmbare Wärmepotenzial begrenzt ist (Kühne & Roth, 2020; Kaltschmitt, et al., 2020).

Für ein ausreichendes Wärmequellenpotenzial muss eine entsprechend große Durchflussmenge des Grundwassers vorhanden sein. Pro Kilowatt Heizleistung werden ca. 0,2 bis 0,3 m³/h benötigt. Bei einer Heizleistung von 200 kW entspricht dies einem Durchfluss von 40 bis 60 m³/h oder 11 bis 16 l/s. Die Ergiebigkeit sowie die Schluckfähigkeit hängen unter anderem von der Wasserdurchlässigkeit des Gesteins (kf-Wert) ab. Vor allem Porengrundwasserleiter wie Sande und Kiese mit einem geringen Anteil an Feinbestandteilen (Schluff, Ton, Feinsand) und mit einem geringen Grundwasserflurabstand bieten aufgrund der hohen Wasserdurchlässigkeit besonderes Potenzial. Eher weniger geeignet sind Kluft- und Karstgrundwasserleiter. Des Weiteren muss die Qualität des Grundwassers gewissen Anforderungen genügen, da sich aufgrund der Zusammensetzung nicht jedes Grundwasser als Wärmequelle eignet. Ist der Anteil von Eisen oder Mangan im Grundwasser zu groß, kann es zu Ablagerungen am Wärmeübertrager oder zu Ausfällungen im Brunnen kommen. Laut dem Umweltministerium Baden-Württemberg ist eine Mangankonzentration >0,05 mg/l sowie eine Eisenkonzentration >0,1 mg/l im Grundwasser als kritisch anzusehen (Kaltschmitt, et al., 2020; Kühne & Roth, 2020).

Grundsätzlich dürfen Wärmepumpen, die Grundwasser als Wärmequelle verwenden, nicht in Wasserschutzgebieten errichtet werden. In allen anderen Gebieten ist eine wasserrechtliche Genehmigung einzuholen (Kühne & Roth, 2020).

4.2.2 Herausforderungen und Lösungsansätze

Die Nutzung von Grundwasser als Wärmequelle bringt einige Herausforderungen mit sich. Zum einen ist eine ausreichende Durchflussmenge des Grundwassers notwendig, um das Wärmepotenzial nutzen zu können. Damit dies gewährleistet werden kann, müssen die geologischen Bedingungen der Region (besonders die Wasserdurchlässigkeit des Gesteins) sorgfältig untersucht werden. Das Potenzial ist jedoch begrenzt auf eine Temperaturreduktion des geförderten Grundwassers um 5 K. Außerdem muss die Qualität des Grundwassers den Anforderungen entsprechen und es darf kein hydraulisch-thermischer Kurzschluss zwischen Förder- und Schluckbrunnen entstehen. In urbanen Regionen kann es zudem zu einer Potenzialreduktion infolge der lokalen Interaktion mehrerer Brunnen kommen.

Bei urbanen Siedlungsdichten zeigt sich, dass eine großflächige Nutzung des Grundwassers zur thermischen Wärmegewinnung und Kühlung ihre Grenzen hat: Die gegenseitige Beeinflussung einzelner thermisch aktivierter Brunnen ist in Innenstädten mit hierzu geeigneter Geologie wie zum Beispiel in Frankfurt am Main, München oder auch Basel schon merkbar, indem die Entzugsleistungen der einzelnen Brunnen abnehmen. Grund hierfür ist, dass die vielfache thermische Nutzung des Grundwassers zu einer großflächigen Veränderung der Temperaturen im Untergrund führt. Dadurch nimmt die Effizienz der einzelnen Grundwasser-Wärmepumpensysteme ab (Sandrock et al., 2020).

Um den Herausforderungen bei der Erschließung einer Grundwasser-Wärmepumpe zu begegnen, bedarf es einer adäquaten Planung und einer kommunalen Bewirtschaftung des thermischen Untergrunds. Dies ermöglicht eine frühzeitige Erkennung der erforderlichen Voraussetzungen und somit eine Einschätzung der Machbarkeit. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass dieser Mehraufwand mit höheren Anfangsinvestitionen verbunden ist.

4.3 Abwasser

4.3.1 Eigenschaften und Versorgungsvarianten

Nach der Definition des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) fällt unter den Begriff des Abwassers „das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte Wasser sowie das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelte Abwasser“ (Umweltbundesamt, 2022). Um die Wärme aus dem Wasser für die Quartierswärmerversorgung zu verwenden, gibt es zwei Varianten. In beiden Fällen wird das Temperaturniveau der gewonnenen

Wärme aus dem Abwasser durch eine Groß-Wärmepumpe erhöht. Bei der ersten Variante wird die Wärmegewinnung direkt in der Kanalisation vollzogen. Dies wird realisiert, indem ein großer Wärmeübertrager in die Kanalisation eingebracht wird, der die Wärmepumpe mit Wärme versorgt. Bei der zweiten Variante findet die Wärmeentnahme hinter der Abwasserreinigungsanlage (ARA) mit dem gereinigten Abwasser, also dem Reinwasser, statt (Müller & Graf, 2011).

In Abbildung 8 wird das Versorgungsprinzip eines Quartiers mittels Großwärmepumpe und Abwasser aus der Kanalisation als Wärmequelle veranschaulicht.

Abwasserwärme

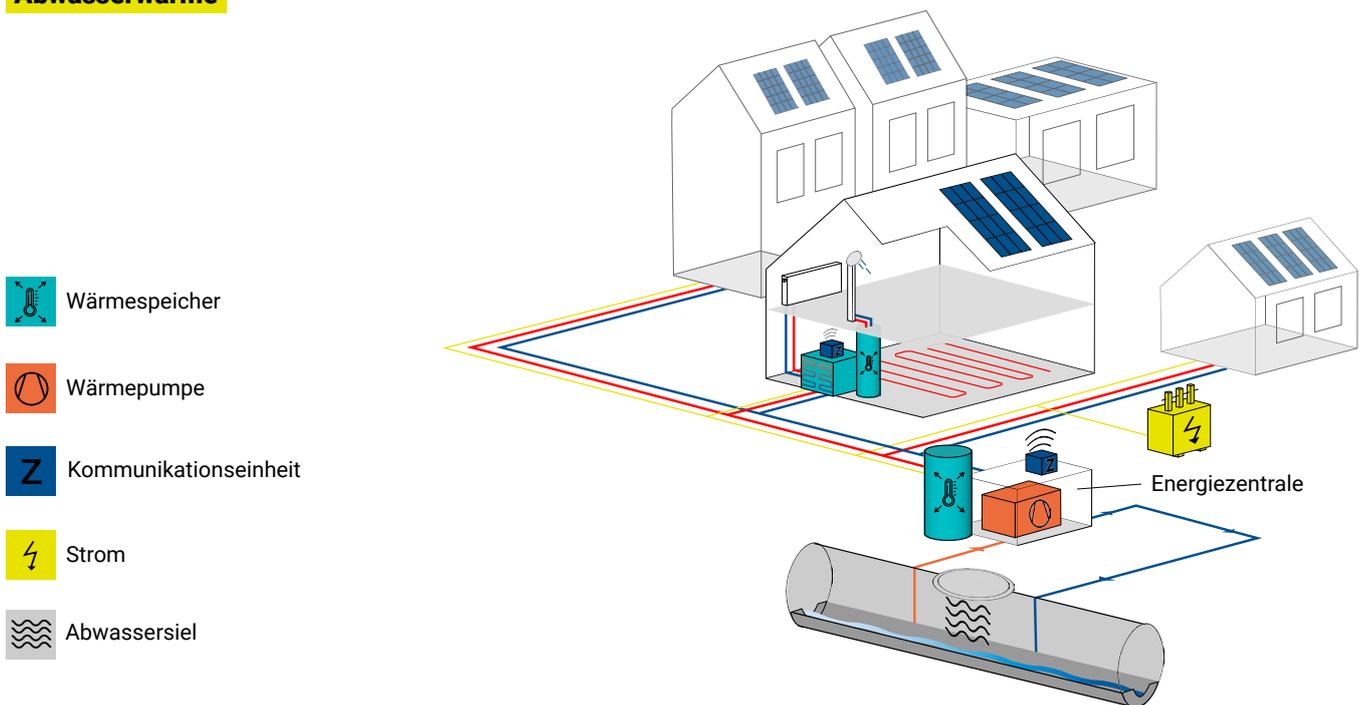


Abbildung 8: Nutzung von Abwasser aus der Kanalisation als Wärmequelle für eine zentrale Wärmepumpe für das Quartier

	Direkt in der Kanalisation	Hinter der Abwasserreinigungsanlage (Reinwasser)
Temperaturschwankung	Mittel	Gering
Temperatur der Quelle	12 °C und 22 °C Tageszeitliche Schwankungen	Im Durchschnitt 0,5 °C wärmer als Kanalisation
Entzugsleistung	Ca. 200 kW bei DN 250	Ca. 200 kW bei DN 250
Anforderungen (technisch)	Durchflussmenge: mindestens 10 bis 15 l/s. Der Kanaldurchmesser muss mindestens 800 mm betragen und die Kanallänge mindestens 20 bis 150 m.	Wärmeübertrager in der Nähe der ARA (aus Gründen der Wirtschaftlichkeit)
Anforderungen (rechtlich)	Klärwerksanforderungen Anforderungen des Kanalnetzbetreibers	Bewilligung des Kläranlagenbetreibers Gegebenenfalls Änderung der wasserrechtlichen Genehmigung der Anlage im Zuge der geänderten Mindesttemperatur inklusive neuer artenschutzrechtlicher Gutachten

Tabelle 4: Eigenschaften der Wärmequelle Abwasser im Überblick

Sowohl beim Abwasser als auch beim Reinwasser schwankt die Temperatur abhängig von der Jahreszeit zwischen 12 und 22 °C. Aufgrund der biologischen Prozesse in der ARA ist das Reinwasser im Durchschnitt 0,5 °C wärmer als das Abwasser. Das Abwasser unterliegt tageszeitlichen Schwankungen aufgrund von Trockenwetter oder Niederschlägen. Wie stark das Wasser durch den Wärmeübertrager abgekühlt werden darf, hängt unter anderem davon ab, welche Temperaturen bei Eintritt in das Klärwerk gefordert sind und wie stark sich das Abwasser hinter dem Wärmeübertrager wieder aufwärmen kann (Müller & Graf, 2011) (Kühne & Roth, 2020).

Damit das Potenzial des Abwassers ausreicht, um ein Quartier wirtschaftlich mit Wärme zu versorgen, muss die Durchflussmenge an der Stelle des eingebauten Wärmeübertragers ausreichend sein. Dies ist in der Regel gewährleistet, wenn die Trockenwetterabflussmengen (verunreinigte Wassermengen von Haushalten, Gewerbe und Industrie) mindestens im Bereich von 10 bis 15 l/s liegen. Bei Gemeinden mit einer Einwohnerzahl zwischen 3.000 und 5.000 Menschen werden diese Durchflussmengen in der Regel erreicht. Des Weiteren muss für den Wärmetauscher genügend Platz vorhanden sein. Der Kanaldurchmesser muss mindestens 800 mm betragen und die Kanallänge mindestens 20 bis 150 m (Buri & Kobel, 2004; Müller & Graf, 2011).

Bei der Wärmegewinnung aus Reinwasser ist zu beachten, dass der Standort des Wärmeübertragers in der Nähe der ARA sein muss. Um die Wirtschaftlichkeit des Systems zu gewährleisten, muss die ARA somit in der Nähe des Quartiers liegen. Des Weiteren muss beachtet werden, dass die

Temperatur des Vorfluters (Gewässer, in die das Reinwasser abgeleitet wird) nicht zu stark beeinflusst wird (Buri & Kobel, 2004).

Bei der Wärmegewinnung aus der Kanalisation wird die Genehmigung des Kanalnetzbetreibers benötigt. Für die Wärmegewinnung aus dem Reinwasser ist die Bewilligung des Kläranlagenbetreibers einzuholen. Bei Abkühlung des Reinwassers müssen minimale Einleittemperaturen vor Entlassen in die Umwelt eingehalten werden. Unter Umständen muss die wasserrechtliche Genehmigung der Anlage in diesem Zuge geändert werden, wozu auch artenschutzrechtliche Gutachten erforderlich sein können, um die Mindesttemperatur des Reinwassers hinter der Wärmepumpe zu bestimmen (Bundesverband Wärmepumpe e.V., 2019; Kühne & Roth, 2020).

Bei beiden Varianten gilt, dass die Wirtschaftlichkeit steigt, wenn ohnehin Sanierungsarbeiten an der Kanalisation oder Neubauten vorgesehen sind.

4.3.2 Herausforderungen und Lösungsansätze

Bei der Nutzung von Wärme aus dem Abwasser sind planerische Aspekte zu beachten. Damit sich mehrere Wärmeübertrager nicht gegenseitig beeinflussen, müssen Erholungsstrecken in der Kanalisation eingeplant werden. Sie sollten ca. der 2- bis 3-fachen Länge des Wärmeübertragers entsprechen.

Des Weiteren ist zu beachten, dass es aufgrund der Abwasserzusammensetzung und der hydraulischen Bedingungen zu einer Biofilmbildung an der Oberfläche des Wärmetauschers kommt. Sie kann die Wärmeübertragerleistung auf bis zu 60 Prozent reduzieren. Gegenmaßnahmen sind spezielle Beschichtungen und periodische Spülungen bzw. eine Variation der Fließgeschwindigkeiten. Besonders die periodischen Spülungen haben sich als effiziente Maßnahme erwiesen, um den Biofilm zu reduzieren. Dadurch kann die Wärmeübertragerleistung auf bis zu 80 Prozent angehoben werden. Zudem muss bei der Wärmeentnahme aus der Kanalisation berücksichtigt werden, dass eine dauerhafte Senkung der Temperatur zu einer Verminderung der Nitrifikationsleistung in der nachgeschalteten ARA führt. Dadurch erhöhen sich die Stickstoffanteile im Reinwasser und überschreiten gegebenenfalls Grenzwerte. In der Regel sind Temperaturänderungen um bis zu 0,5 °C technisch unproblematisch, wenn eine Mindesttemperatur von 10 °C eingehalten wird (Buri & Kobel, 2004; Müller & Graf, 2011). Durch einen ausreichenden Abstand zwischen Wärmeentnahmestelle und ARA kann sichergestellt werden, dass sich das Abwasser vor Eintritt in die ARA wieder regenerieren kann und es nicht zu temperaturbedingten Beeinträchtigungen kommt, ähnlich wie bei der Ermittlung des Abstands mehrerer Wärmeübertrager zueinander.

4.4 Geothermie

4.4.1 Eigenschaften und Versorgungsvarianten

Unter dem Oberbegriff der Geothermie sind mehrere Nutzungsarten der Geothermie zusammengefasst, die sich auf Basis der Bohrtiefen wie folgt kategorisieren lassen:

- Oberflächennahe Geothermie: bis 400 m Bohrtiefe
- Mitteltiefe Geothermie: 400 bis ~1.500 m Bohrtiefe
- Tiefe Geothermie: ~1.500 bis ~4.000 m Bohrtiefe (wird in diesem Bericht nicht ausführlich behandelt, sondern nur als Exkurs in Kapitel 4.8 aufgenommen, da sich diese Technologie aufgrund der hohen Investitionskosten bzw. thermischen Leistungen in der Regel nur in großen Fernwärmenetzen mit hoher Grundlast lohnt)

In Abbildung 9 sind einige typische Anwendungsfälle und dazugehörige Temperaturbereiche abgebildet.



Anwendung von Geothermie

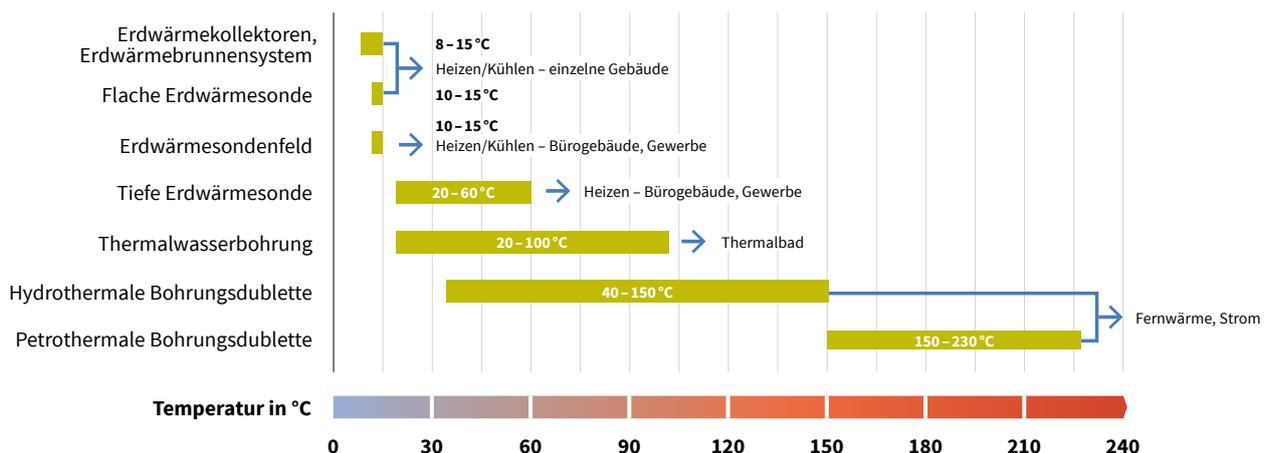


Abbildung 9: Anwendungen von Geothermie und die dafür nötige Technik sowie der Temperaturbereich (eigene Darstellung nach⁴)

⁴ Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (2019): Geothermische Technologien, Hrsg.: Bundesverband Geothermie, <<https://www.geothermie.de/geothermie/geothermische-technologien.html>>

In Abbildung 10 ist das Versorgungsprinzip eines Quartiers mittels einer Großwärmepumpe und Nutzung des Erdreichs als Wärmequelle veranschaulicht.

Geothermie

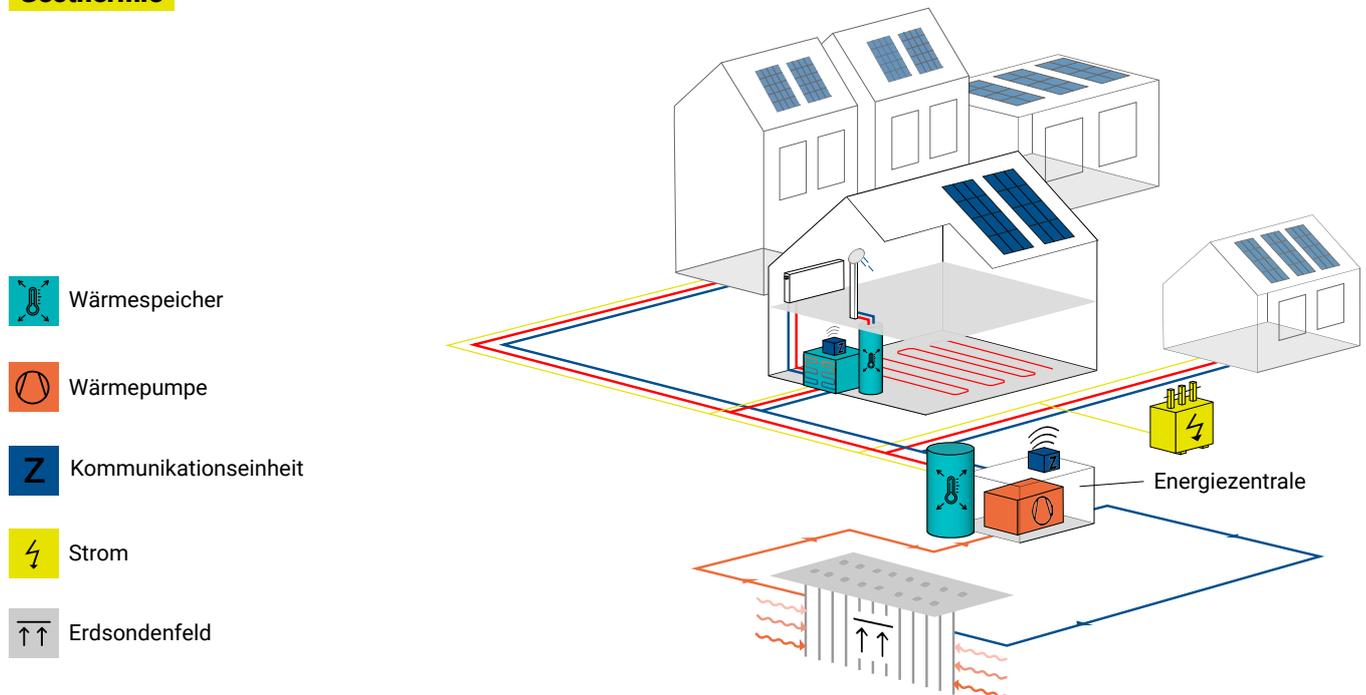


Abbildung 10: Quartierswärmeversorgung mittels Großwärmepumpe und Erdsonden als Wärmequelle

	Oberflächennahe Geothermie		Mitteltiefe Geothermie
	Erdkollektoren	Erdwärmesonden	Erdwärmesonden
Tiefe	150–200 cm	25–200 m	400–1.500 m
Mindestabstand	50–80 cm zwischen den Rohren, um dauerhaftes Einfrieren im Kollektorenfeld zu vermeiden	6 m zwischen den Sonden	Ca. 100 m
Temperaturschwankungen	Mittel	Gering	Sehr gering
Temperatur der Quelle	<15 °C	<15 °C	20–60 °C
Entzugsleistung	30–50 W/m ² Fläche	30–60 W/m Sondenlänge	
Anforderungen (technisch)	Fläche darf nicht überbaut werden		
Anforderungen (rechtlich)	Umfang der notwendigen Genehmigungen für die Nutzung oberflächennaher Geothermie fällt in die Verantwortlichkeiten der Bundesländer sowie unter das Bergrecht (ab 100 m) und Wasserrecht auf Bundesebene, eine UVP-Vorprüfung ist ab 1.000 m Bohrtiefe durchzuführen		

Tabelle 5: Eigenschaften der Wärmequelle Geothermie im Überblick

Oberflächennahe Geothermie ist auf Bohrtiefen bis 400 m beschränkt und liegt in einem Temperaturbereich unterhalb der üblichen Vorlauftemperaturen. Durch den Einsatz von Wärmepumpen kann das Erdreich ganzjährig unter relativ konstanten Temperaturen als niedrigkalorische Wärmequelle genutzt werden. Die Erschließung des Erdreichs kann durch horizontal verlegte Erdkollektoren oder vertikal eingebrachte Erdwärmesonden erfolgen. Erdkollektoren werden üblicherweise, je nach der örtlichen Frostgrenze, in einer Tiefe von 150 bis 200 cm in das Erdreich eingebracht und auf große Flächen verteilt. Durch die geringe Tiefe unterliegt das Temperaturniveau saisonalen Schwankungen. Die Erträge liegen im Bereich von 30 bis 50 W/m² Fläche, die nicht überbaut werden darf, unter anderem damit eine Regeneration durch Regen und solare Strahlung gewährleistet wird (Kaspers, et al., 2019). Eine weitere landwirtschaftliche Nutzung der darüberliegenden Flächen ist aber durchaus möglich (Kühne & Roth, 2020).

Erdwärmesonden werden in Tiefen von 25 bis 200 m meist in Form von Sondenfeldern eingebracht und haben gegenüber Erdkollektoren den Vorteil, dass die Temperaturen mit zunehmender Tiefe steigen und im Jahresverlauf recht konstant bleiben, da Wärmeströme aus dem Erdinneren genutzt werden. Die Entzugsleistung liegt im Bereich von 30 bis 60 W je Meter Sondenlänge im Erdreich (Kaspers, et al., 2019). Neben dem geringeren Flächenbedarf durch die vertikale Bohrweise kann die Fläche zusätzlich oberirdisch weiter genutzt und zum Beispiel mit Gebäuden, Straßen, Parkplätzen, Wegen und Grün- oder Sportflächen überbaut werden. Der Abstand zwischen den Sonden sollte 5 m bzw. 6 m (bei Bohrungen >50 m) betragen (BUKEA, 2021).

In beiden Fällen ist die Wärmeleitfähigkeit des Bodens in der Auslegung und Dimensionierung ausschlaggebend. Gut durchfeuchtete Böden weisen deutlich höhere Wärmeleitfähigkeiten auf als trockene, sandige Böden und eignen sich daher besonders gut für eine oberflächennahe geothermische Nutzung (BUKEA, 2021). Bei Einsatz von Erdwärmesonden ist der Aufbau zu untersuchen und in der Auslegung entsprechend zu berücksichtigen. Erdkollektoren liegen in der Regel innerhalb einer einheitlichen Schicht, sodass die Entzugsleistungen anhand der Bodenart mit entsprechenden Leitfähigkeiten nach VDI 4640 abgeschätzt werden können.

Von **mitteltiefer Geothermie** wird in Bereichen zwischen 400 und 1.500 m gesprochen bei Temperaturen von 20 bis 60 °C. Da die Temperaturen in konventionellen Netzen nicht ausreichend hoch sind, werden die SONDENSYSTEME mit einer Wärmepumpe kombiniert, die den Temperaturhub ermöglicht. Aufgrund der hohen Temperaturen der Sole kann die Wärmepumpe sehr effizient betrieben werden und Jahresarbeitszahlen von über 5 erreichen. Ein Nachteil gegenüber der oberflächennahen Geothermie ist die fehlende Möglichkeit, das Erdreich im Sommer zur Kühlung zu nutzen, da das Erdreich in diesem Bereich zu warm ist (Michalzik, 2022).

Vor allem für kleinere Kommunen bietet die mitteltiefe Geothermie ein besonderes Entwicklungspotenzial, da Investitionskosten und thermische Leistung in einem günstigen Verhältnis zueinander stehen (Moeck & Weber, 2022). Da durch die tieferen Erdsonden im Vergleich zur oberflächennahen Geothermie die notwendige Anzahl an Bohrungen verringert werden kann, eignet sich die Technologie besonders für den Einsatz in dicht bebauten Bereichen der Städte (Bracke & Huenges, 2022).

4.4.2 Herausforderungen und Lösungsansätze

Eine Unterdimensionierung und eine langfristige Auskühlung des Erdreichs müssen vermieden werden, wenn der Einsatz der Sonden langfristig funktionieren soll. Ist die Energiebilanz im Boden über das Jahr betrachtet nicht ausgeglichen, kann es zu Vereisungen kommen, die isolierend wirken und das Erdreich auflockern können und dadurch zusätzlich die Wärmeleitfähigkeit verringern. Neben einer ausreichenden Anzahl und Länge der Sonden können durch aktive Regeneration des Erdreichs Sondenmeter eingespart werden. Durch Einleitung von (solarer) Wärme in das Erdreich in den Sommermonaten kann der Bereich um die Erdsonden wie ein saisonaler Speicher eingesetzt werden. Eine andere Möglichkeit der Regeneration besteht, wenn der Wärmepumpenprozess umgedreht wird, um die Gebäude im Sommer zu kühlen. Auf der Gebäudeseite wird Wärme entzogen und das Erdreich dient als Wärmesenke, um die Wärme abzuführen. Der Wohnkomfort wird dadurch gesteigert und der Bedarf an Sondenmetern verringert.

Der Umfang der notwendigen Genehmigungen für die Nutzung oberflächennaher Geothermie fällt in die Verantwortlichkeiten der Bundesländer und ist damit je nach Bundesland unterschiedlich. Sobald das Bergrecht berührt wird (in der Regel ab einer Bohrtiefe von 100 m), sind die Vorgaben des Bundesberggesetzes (BBergG) zu beachten und ab 1.000 m Bohrtiefe ist eine UVP-Vorprüfung durchzuführen. In der Regel gibt es in den Ländern Leitfäden, in denen detailliert aufgeführt ist, welche Genehmigungen einzuholen sind. Grundsätzlich sind das Wasserrecht, das Bergrecht und das Lagerstättenrecht zu beachten und Ausschlussbereiche auf Basis verfügbaren Kartenmaterials oder von Voranfragen zu berücksichtigen.

Für die wasserrechtliche Genehmigung ist die Untere Wasserbehörde zuständig, die meist am Landratsamt angesiedelt ist. Bis die wasserrechtliche Genehmigung erteilt ist, dauert es in der Regel 4 Wochen. Bei großen Anlagen oder wenn die Bohrtiefe 100 m übersteigt, ist zusätzlich eine bergrechtliche Genehmigung des Landesbergamts notwendig. Die Bohrung muss beim Geologischen Dienst des Landes angezeigt und die Ergebnisse der Bohrung müssen der Behörde mitgeteilt werden. Auf Basis der Bohranzeige wird entschieden, ob für die Bohrung ein Betriebsplan erforderlich ist (BUKEA, 2021).

Um eine geothermische Beeinflussung des Nachbargrundstücks zu verhindern, werden teils pauschale Abstände zu Nachbargrundstücken gefordert. Bei größeren Vorhaben kann zur Einhaltung der Vorgabe auch eine Modellrechnung gefordert werden (bwp e.V., 2016).

Die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) gibt Auskunft darüber, unter welchen Voraussetzungen die üblicherweise einwandige Bauweise von Erdsonden und Kollektoren zulässig ist. Die Errichtung ist nur durch Fachbetriebe nach § 62 AwSV zulässig und die Anlagen müssen vor Inbetriebnahme und nach wesentlichen Änderungen durch einen Sachverständigen geprüft werden. Eine regelmäßige Prüfung ist alle 5 Jahre bzw. 30 Monate in Schutz- und Überschwemmungsgebieten sowie bei Stilllegung der Anlage durchzuführen. Unter anderem wird dabei die Dichtheit des Gesamtsystems geprüft (BUKEA, 2021).

In Wasserschutzgebieten der Schutzzonen I und II gilt ein generelles Verbot von Erdwärmeanlagen. In Schutzzone III dürfen Erdwärmesonden nur im Rahmen einer Befreiung errichtet oder erweitert werden, wenn es aus bestimmten Gründen wie zum Wohl der Allgemeinheit oder wegen unzumutbarer Härte erforderlich ist und den Schutzzweck des Schutzgebiets nicht beeinträchtigt. Erdwärmekollektoren sind in Schutzzone III möglich, wenn eine Befreiung von den Verboten der Schutzgebietsverordnung vorliegt (BUKEA, 2021).

4.5 Umgebungsluft

4.5.1 Eigenschaften und Versorgungsvarianten

Eine Luft-Wasser-Wärmepumpe entzieht der Umgebungsluft Wärme und überträgt sie auf den Heizkreislauf im Wärmenetz. Die Umgebungsluft wird dafür über Ventilatoren angesogen und dient dem Wärmepumpenprozess als Wärmequelle. Da die Umgebungsluft im Winter teils in die Minusgrade fällt, werden Anlagen mit einer entsprechend hohen Leistungsfähigkeit benötigt. Realisiert werden kann dies über mehrere Wärmepumpen in Kaskadenschaltung, eine sehr leistungsstarke Wärmepumpe oder Hybridoptionen in Kombination mit anderen Wärmeerzeugern.

In Abbildung 11 ist das Versorgungsprinzip eines Quartiers mittels einer Großwärmepumpe und Umgebungsluft als Wärmequelle veranschaulicht.

Umgebungsluft

-  Wärmespeicher
-  Wärmepumpe
-  Kommunikationseinheit
-  Strom
-  Rückkühlwerke

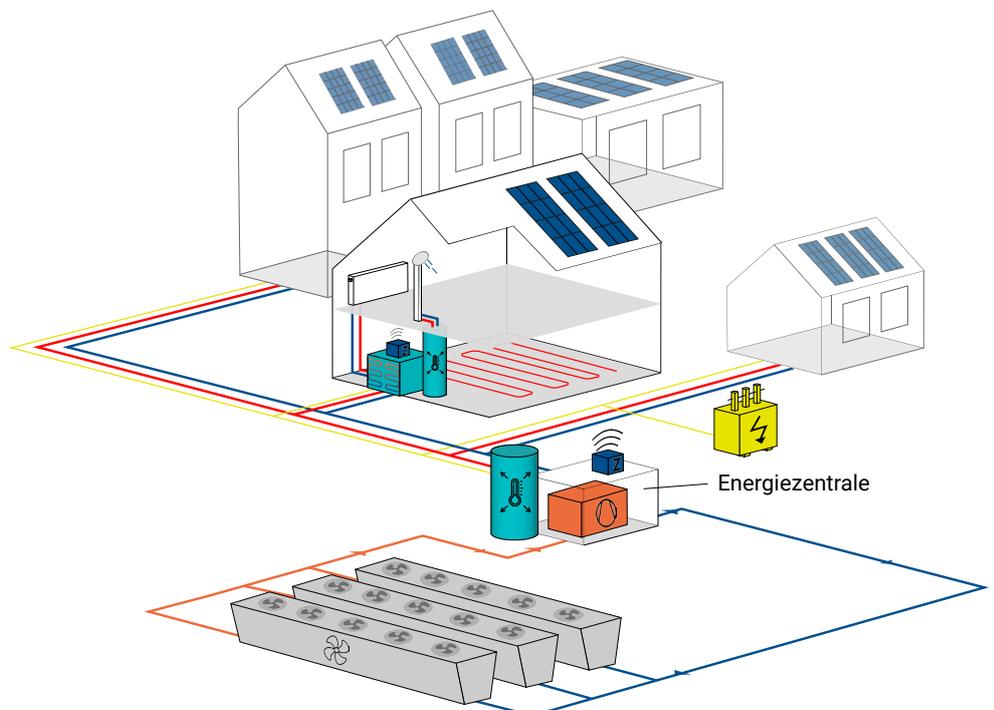


Abbildung 11: Quartierswärmeversorgung mittels einer Großwärmepumpe und Umgebungsluft als Wärmequelle

	Umgebungsluft
Temperaturschwankung	Sehr hoch
Temperatur der Quelle	-15 °C – 35 °C
Entzugsleistung	–
Anforderungen (technisch)	Hohe Leistungsfähigkeit / Redundanz benötigt, da Umgebungsluft im Winter teils in die Minusgrade fällt
Anforderungen (rechtlich)	Schallschutzmaßnahmen: nach § 22 BImSchG

Tabelle 6: Eigenschaften der Wärmequelle Umgebungsluft im Überblick

4.5.2 Herausforderungen und Lösungsansätze

Der Coefficient of Performance (COP) einer Wärmepumpe gibt für einen bestimmten Betriebszustand das Verhältnis von zugeführter elektrischer Energie zu nutzbarer thermischer Energie an. Je größer die Differenz zwischen der Vorlauftemperatur des Wärmenetzes und der Außentemperatur ist, desto niedriger ist der COP der Wärmepumpe. Das bedeutet, dass an kalten Tagen mehr elektrische Energie benötigt wird als an wärmeren Tagen, um die gleiche thermische Energie zu erhalten. Der Verlauf des COP ist somit in der Regel gegenläufig zum Wärmebedarf des Quartiers, da dieser mit sinkender Außentemperatur ansteigt. In den gemäßigten Breiten arbeitet die Wärmepumpe in Temperaturbereichen zwischen -15 und 35 °C. Damit die Wärmebereitstellung auch unter extremen Verhältnissen (z. B. -10 °C) gewährleistet werden kann, muss die Luft-Wasser-Wärmepumpe entsprechend ausgelegt werden. Um eine möglichst effiziente Betriebsweise der Wärmepumpe zu gewährleisten, kann die Erzeugung der Wärme von dem Verbrauch entkoppelt werden, indem ein Wärmespeicher integriert wird. Dafür eignet sich ein wassergeführter Pufferspeicher oder auch die Gebäudemasse. In Situationen, in denen der COP der Wärmepumpe aufgrund niedriger Außentemperaturen absinkt, können ergänzende Anlagen wie Heizkessel eingesetzt werden, um die Effekte des gegenläufigen COP abzumindern. Diese Spitzenlasten fallen jedoch nicht besonders häufig an, da 75 bis 90 Prozent der bereitgestellten Heizwärme bei einem Temperaturniveau oberhalb von 0 °C erzeugt werden (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020).

Bei niedrigen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit kann es im Betrieb zu einem Vereisen der Rückkühlwerke kommen. Durch eine redundante Auslegung kann sichergestellt werden, dass die Rückkühlwerke in abwechselnder Reihenfolge in den Enteisungsmodus schalten und für eine Zeit lang nicht für die Wärmeversorgung zur Verfügung stehen.

Die durch Ventilatoren entstehenden Schallemissionen entsprechen ca. 90 Prozent des durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe verursachten Lärms. Sollte der entstehende Lärm die Grenzwerte für allgemeine Wohngebiete überschreiten, sind Schallschutzmaßnahmen zu ergreifen.

§ 22 BImSchG beschreibt die Pflichten für die Betreiber von nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen. Da Wärmepumpen als nicht genehmigungsbedürftig gelten, kommen diese Pflichten zum Tragen. Dazu zählt, dass die von Wärmepumpen erzeugten schädlichen Umweltwirkungen verhindert bzw. auf ein Mindestmaß nach dem aktuellen Stand der Technik reduziert werden müssen. Des Weiteren müssen die bei dem Betrieb der Anlage entstehenden Abfälle ordnungsgemäß entsorgt werden. Die Betreiberpflichten werden durch die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA-Lärm) spezifiziert. Für allgemeine Wohngebiete dürfen Wärmepumpen maximal Immissionswerte von 55 dB(A) am Tag und 40 dB(A) in der Nacht verursachen. Diese Werte beziehen sich nicht auf den Lärm, den eine Wärmepumpe (Emissionsquelle) verursacht, sondern auf den Lärm, der bei einem bestimmten Immissionsort ankommt. Dies könnte zum Beispiel das Fenster eines Wohnhauses sein. Für die Ermittlung der Immissionswerte am Tag wird ein Mittelungspegel über die 16 Stunden des Tages verwendet und für die Nacht wird bei

der lautesten Stunde angesetzt. Trotz der vorgegebenen Grenzwerte ist eine behördliche Abnahme mit einer schalltechnischen Prüfung nach dem Immissionsschutzrecht nicht vorgesehen. Jedoch ist die Immissionsschutzbehörde nach § 24 BImSchG befugt, in Einzelfällen die für die Einhaltung des § 22 BImSchG erforderlichen Anordnungen durchzusetzen. Sollten die Betreiberpflichten trotzdem unerfüllt bleiben, kann die Behörde nach § 25 BImSchG die Untersagung der Anlage anordnen (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, 2020).

Der Flächenbedarf einer Luft-Wasser-Wärmepumpe beschränkt sich auf die Wärmepumpe und die dazugehörigen Rückkühlwerke. Ob das System mit einer leistungsstarken Wärmepumpe oder mit mehreren leistungsschwächeren Wärmepumpen in Kaskadenschaltung umgesetzt wird, hat keinen signifikanten Einfluss auf den Flächenbedarf. Ebenso wie die Anzahl der Wärmepumpen bei der Kaskadenschaltung nimmt der Flächenbedarf von nur einer leistungsstarken Wärmepumpe mit zunehmender Heizleistung zu. Gleichzeitig nimmt die Schallleistung bei zunehmender Heizleistung der Wärmepumpen zu. Damit die in den Betreiberpflichten festgeschriebenen Immissionswerte eingehalten werden, sind mehrere Ansätze möglich, um den Emissionspegel einer Wärmepumpe zu reduzieren.

Immissionswerte	Wohngebiete: 55 dB(A) am Tag (6–22 Uhr) und 40 dB(A) in der Nacht (22–6 Uhr)
	Mischgebiete: 60 dB(A) am Tag (6–22 Uhr) und 45 dB(A) in der Nacht (22–6 Uhr)
	Gewerbegebiete: 65 dB(A) am Tag (6–22 Uhr) und 50 dB(A) in der Nacht (22–6 Uhr)
Schallleistung	Wird von Herstellern in den Produktunterlagen in dB(A) angegeben und benennt die Lautstärke direkt am Gerät, keine generelle Aussage möglich
Reflexion	Emissionspegel kann sich durch Überlagerung der Schallwellen zusätzlich erhöhen
Tonhaltigkeit	Zuschlag zwischen 0 dB(A) und 6 dB(A), falls keine Angaben in Produktunterlagen

Tabelle 7: Emissionen und Grenzwerte von Luftwärmepumpen

Der Emissionspegel einer Wärmepumpe wird durch die Addition der Schallleistung, der Reflexion und der Tonhaltigkeit einer Wärmepumpe ermittelt. Der Schallleistungspegel wird von den Herstellern in den Produktunterlagen in dB(A) angegeben und benennt die Lautstärke direkt am Gerät. Durch Reflexion kann sich der Emissionspegel durch Überlagerung der Schallwellen zusätzlich erhöhen. Wird der Schall lediglich an einer Wand reflektiert, erhöht sich der Emissionspegel um 3 dB(A) in Richtung der Reflexion. Steht eine Wärmepumpe unter einem Vordach oder zwischen zwei Wänden, erhöht sich der Emissionspegel um 6 dB(A) in Richtung der freien Flächen. In einem ähnlichen Maß erhöht sich der Emissionspegel bei der Verwendung von mehreren Anlagen mit gleichem Schallleistungspegel. Mit jeder Verdopplung der Anlagenzahl erhöht sich der Emissionspegel um 3 dB(A). Das bedeutet: Wenn statt einer Wärmepumpe zwei Wärmepumpen verwendet werden, erhöht sich der Emissionspegel um 3 dB(A). Werden nun vier anstatt zwei Wärmepumpen eingesetzt, erhöht sich der Emissionspegel um 6 dB(A). Zuletzt kann der Emissionspegel durch informationshaltige Geräuschanteile, wie zum Beispiel Brummen oder Pfeifen, erhöht werden. Ist dieser Wert nicht bekannt, sollte zur Sicherheit ein höherer Wert beaufschlagt werden. Für die Tonhaltigkeit werden Werte zwischen 0 und 6 dB(A) angenommen (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, 2020).

Der Immissionswert kann durch Erhöhung des Abstands zur nächsten Emissionsquelle oder durch Schutzmaßnahmen, wie zum Beispiel Lärmschutzwände, reduziert werden. Je höher der ermittelte Emissionspegel einer Wärmepumpe ist, desto größer muss der Abstand zur nächsten Emissionsquelle sein. Der zunehmende Abstand steigt jedoch exponentiell mit zunehmendem Emissionspegel an. Tabelle 7 gibt einen Überblick über die nötigen Abstände einer Emissionsquelle zum nächsten Immissionsort (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, 2020).

Die Effizienz von Lärmschutzwänden lässt sich erhöhen, wenn sie möglichst nah am Emissionsort aufgestellt werden. Zusätzlich kann die Wirksamkeit durch abgeknickte oder gekrümmte Wände deutlich erhöht werden. Eine Lärmschutzwand ist in der Lage, den Schallpegel um bis zu 10 dB(A) zu

reduzieren. Hecken oder sonstiger Bewuchs zeigen keine Wirkung auf den Schallpegel. Statt der Verwendung einer Lärmschutzwand kann eine Wärmepumpe auch komplett eingehaust werden. Dies erzielt jedoch nur eine Wirkung, wenn die Innenwände des Gehäuses komplett schalldicht und schallabsorbierend ausgeführt werden. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass die Wärmepumpe entkoppelt gelagert und der Luftstrom nicht derartig behindert wird, dass es zu Leistungseinbußen kommt. Ebenso muss sichergestellt werden, dass es nicht zu Überhitzungen der Wärmepumpe kommt. Durch das Einhausen einer Wärmepumpe kann der Schallpegel um 5 bis 10 dB(A) gemindert werden (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, 2020). Die Einhausungen für Wärmepumpen sind sowohl für kleine Wärmepumpen an Einzelgebäuden als auch für Großwärmepumpen für die Quartiersversorgung anwendbar.

4.6 Exkurs: Solarthermie

Wenn die Potenzielsuche im ländlichen Raum stattfindet und nicht im Bereich dicht besiedelter städtischer Strukturen, kann zur Wärmeerzeugung durch den Einsatz von Freiflächen-Solarthermieanlagen direkt die Energie der Sonne genutzt werden. Freiflächen-Solarthermieanlagen werden aktuell auf bis zu 4 ha Fläche gebaut mit der Tendenz zu immer größeren Anlagen. Ein Vorteil der großen Anlagen sind die geringeren spezifischen Kosten durch Skalierungseffekte. An den Bedarf angepasste kleinere Anlagen lassen sich allerdings in der Regel ebenso wirtschaftlich betreiben. Da keine Brennstoffe benötigt werden und der Strombedarf sehr gering ausfällt, kann die Abhängigkeit von internationalen Gas- und Strommärkten stark verringert werden. Typische Einsatzbereiche und Temperaturniveaus sind in Abbildung 12 dargestellt.



Solarthermiekollektoren und ihre typischen Anwendungsfelder

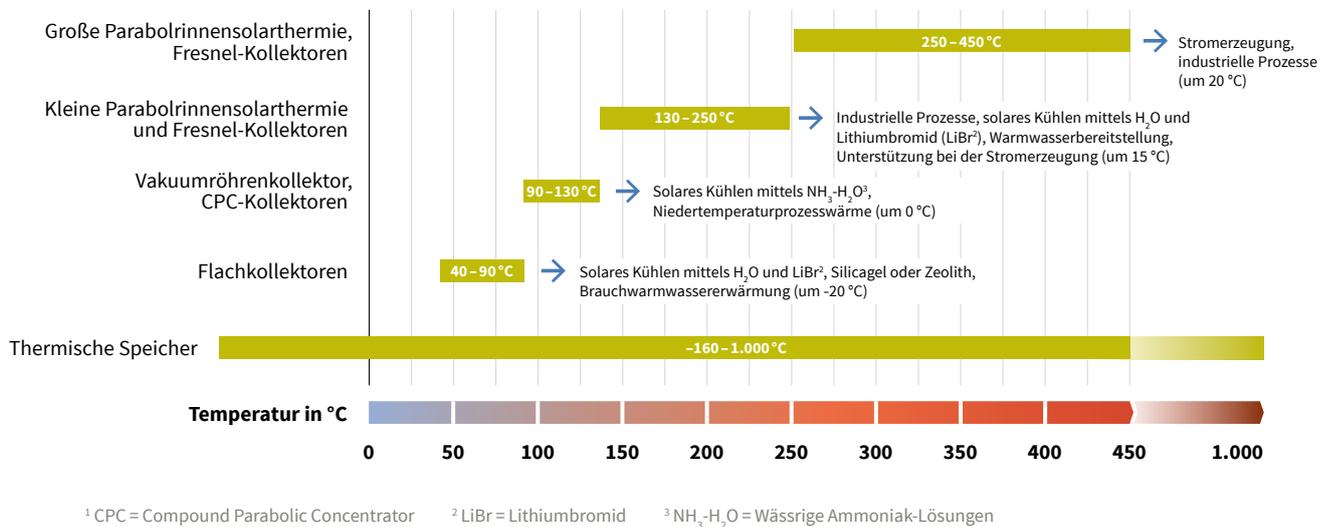


Abbildung 12: Temperaturbereiche von Solarthermie zur Wärmeerzeugung und typische Anwendungen, eigene Darstellung nach⁵

Eine der größten Herausforderungen liegt darin, geeignete Flächen zu finden, die naturschutzfachlich und nach planerischen Vorgaben geeignet sind, von der Bevölkerung akzeptiert werden und sich in ausreichender Nähe zum Wärmenetz befinden, um die Kosten und Verluste der Wärmeanbindungsleitung in Maßen zu halten.

Technisch und wirtschaftlich besonders sinnvoll ist die Kombination von Solarthermie mit Biomasse, da im Sommer eingesparte Biomasse für den Winter gut eingelagert und somit im Gesamtsystem eine saisonale Speicherung erreicht werden kann. Durch wassergeführte Erdbecken- oder Aquiferspeicher kann die Sonnenwärme aus den Sommermonaten auch im Winter genutzt werden.

Aufgrund des lokalen Flächenbedarfs sollte eine gründliche Flächenanalyse die Basis eines jeden Solarthermieprojekts bilden. Für Kommunen bietet es sich an, eine Solarstrategie zu entwickeln, die erfasst, wie sich Bedarfs- und Erzeugungspotenzial im Strom- und Wärmesektor in den kommenden Jahren entwickeln werden. Im Rahmen der Analyse werden Parkplätze, Dachflächen und Freiflächen als Potenzialbereiche für Solaranlagen aufgenommen. Ziel ist es, im Dialog mit den örtlichen Stakeholdern wie Umweltverbänden, Landwirtschaftsverbänden, dem örtlichen Energieversorger, der Stadtverwaltung, der Politik und sonstigen Akteuren ein abgestimmtes Konzept zu entwickeln, auf welchen Flächen mit welchen Finanz- und Umsetzungskonzepten der Bau von

Solaranlagen in den kommenden Jahren geplant ist. Durch eine Angebotsplanung kann verhindert werden, dass die Planung nur den Interessen der Investoren folgt, und dahingehend gelenkt werden, dass die vielfältigen Interessen der Stadtgesellschaft ausreichend beachtet werden. Am Ende des Prozesses steht in der Regel auch eine Abwägung zwischen den Flächen und Flächenzielen, die notwendig sind, um die Ziele des Klimaschutzes zu erreichen. Eine Lösung setzt voraus, dass unter allen Beteiligten auf Basis eines transparenten Prozesses Verständnis geschaffen wurde und zielführende Konzepte gemeinsam erarbeitet wurden.



Abbildung 13: Solare Nachbarschafts-Gewächshäuser (Quelle: Hamburg Institut)

⁵ Jakob, U.: 190517-Erfolg-In-Algerien-03.Pdf, 2019 <https://www.german-energy-solutions.de/GES/Redaktion/DE/Publikationen/Praesentationen/2019/190517-erfolg-ir-algerien-03.pdf?__blob=publicationFile&v=2> [accessed 12 August 2020]

Um die Flächenkonkurrenz zu entschärfen, bieten sich multivocodierte Flächennutzungen an, die darauf ausgelegt sind, die energetische Nutzung der Solarstrahlung mit weiteren vorteilhaften Nutzungen zu kombinieren.

In Bereichen, in denen der Fokus auf der Naherholung liegt, besteht die Möglichkeit, die Solaranlagen in einen Bürger(energie)park zu integrieren oder Nachbarschafts-Gewächshäuser von Anfang an mitzudenken. Besonders bei der solarthermischen Nutzung in der Nähe dicht besiedelter Bereiche bietet es sich an, Naherholungsbereiche zu schaffen oder auszubauen und eine soziale Multivocodierung umzusetzen.

Ein weiteres Konzept legt den Fokus darauf, eine ökologische Multivocodierung der Flächen zu schaffen. Durch eine Extensivierung der Bodennutzung und eine abgestimmte Mahd können sich auf den Flächen neue Naturräume entwickeln und gezielt fördern lassen. Die Aufständerrhöhe kann zum Beispiel auch an die Schafsbeweidung angepasst werden, um die Fläche offen zu halten. In den Randbereichen lassen sich Elemente zur Förderung der Vielfalt des Terrains umsetzen wie unter anderem Totholzhaufen, Hecken und Rohbodenstellen. Besonders bei vorher intensiv bewirtschafteten Flächen wirkt sich die Extensivierung positiv auf die Biodiversität aus (Hietel, et al., 2021).

Eine Kombination aus beiden Konzepten bieten Anlagen, die verschiedenste Naturräume und Aspekte der Energieerzeugung in einem Rundgang darstellen und dadurch als Informationsangebot für den lokalen Naturschutz und den globalen Klimaschutz dienen können.

4.7 Exkurs: Kalte Nahwärme

Die kalte Nahwärme ist ein Konzept, das vor allem durch den vermehrten Einsatz von Wärmepumpen in den letzten Jahren viel Aufwind bekommen hat. Im Gegensatz zu konventionellen Netzen zirkuliert das Wärmeträgermedium im Netz nicht auf Vorlauftemperaturniveau ($>60\text{ °C}$) zur direkten Nutzung der Wärme in den Heizkörpern, sondern dient nur als niedrigtemperierte Quelle zur Temperaturerhöhung direkt am Gebäude. Der Schlüssel ist der Kreisprozess der Wärmepumpe, der auf der einen Seite ein Medium abkühlt und auf der anderen Seite ein Medium erwärmt. Um den Heizkreislauf im Gebäude auf Vorlauftemperatur zu halten, wird dem Wärmeträgermedium im kalten Nahwärmenetz auf der Gebäudeseite unter Einsatz von Strom in der Wärmepumpe Wärme entzogen. Auf der anderen Seite des Netzes steht in der Regel eine niedrigkalorische Wärmequelle wie zum Beispiel ein Erdkollektorenfeld, das im Erdreich eingebracht ist, um das Wärmeträgermedium wieder aufzuwärmen. Neben geothermischer Nutzung kommen weitere Nutzungsarten in Frage wie unter

anderem Abwasser, Grundwasser oder weitere Abwärmquellen. Bereits auf dem Weg zur Wärmequelle kann sich das Wärmeträgermedium aufwärmen, da die Rohre nicht isoliert werden müssen und bei Rücklauftemperaturen unter der Temperatur des Erdreichs Einträge aus dem Erdreich genutzt werden können. Im Gegensatz zu konventionellen Netzen können sich lange Leitungen oder geringe Anschlussdichten daher positiv auf die Energiebilanz auswirken, da die Einträge aus dem Erdreich genutzt werden und in der Regel keine Wärmeverluste in der Leitung zu bilanzieren sind (Giel, 2021).

Welche Temperaturen im Heizungskreislauf gefahren werden, kann aus rein technischer Sicht in jedem Gebäude individuell entschieden werden, solange die technischen Anschlussbedingungen erfüllt sind. Zu beachten ist, dass die Effizienz mit zunehmender Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf abnimmt, was zu hohen Stromkosten führen kann.

Eine geringe Spreizung der Temperaturen führt auf der einen Seite dazu, dass vergleichsweise wenig Wärme über die Leitung transportiert werden kann, andererseits wird durch geringe Temperaturen im Vorlauf sichergestellt, dass keine Verluste ins Erdreich auftreten. Die Rohrnetzdimensionierung muss in jedem Fall individuell an jedes Projekt angepasst werden, um abzuwägen, wie sich das Gesamtsystem im Zusammenspiel aus Temperaturniveaus und Rohrdimensionierungen am besten umsetzen lässt.

Im Sommer kann der Kreislauf wiederum zum Kühlen der Gebäude genutzt werden. Der Rücklauf ist dann wärmer als der Vorlauf und wird an der Wärmequelle und durch den Transport im Erdreich wieder abgekühlt. Ein zusätzlicher Effekt ist die Regeneration des Erdreichs bei Nutzung von Geothermie durch den Eintrag von Wärme in den Sommermonaten. Das Geothermiefeld fungiert dann als saisonaler Speicher, der in den Sommermonaten erwärmt wird und die Wärme in den Wintermonaten wieder abgibt. Besonders vorteilhaft lassen sich Konzepte mit der Quellenerschließung über Erdkollektoren realisieren, wenn die Verlegung des Kollektorfeldes parallel oder vorgelagert zu den Erdarbeiten eines Neubauquartiers stattfindet.

Die Vielfalt möglicher Betriebskonzepte der kalten Nahwärme unterscheidet sich nicht von der bei konventionellen Netzen. Ob die Wärmepumpen noch zum Netzbetreiber gehören oder privat erworben und betrieben werden, ist eine Frage des individuellen Konzepts, das je nach örtlichen Bedürfnissen angepasst werden kann. Stehen zum Beispiel in der Nähe der Energiezentrale oder auf den Dächern Photovoltaikanlagen zur Verfügung, kann der zentral gesteuerte Betrieb der Wärmepumpen mit einer Direktstromleitung unter derzeitigen Rahmenbedingungen betriebswirtschaftliche Vorteile mit sich bringen, wenn die Betreiber der Photovoltaikanlagen und der Wärmepumpen identisch sind. Eine zentrale Steuerung und ein Monitoring der Anlagen kann auch dazu genutzt werden, den Betrieb zu optimieren und durch den Einsatz von

Fernwartungssoftware frühzeitig Störungen zu beheben oder ihnen vorzubeugen (Giel, 2021).

Wie auch bei konventioneller Nutzung von Erdwärme bedarf es einer Genehmigung der zuständigen Wasserbehörde. Soll die Erdwärme grundstücksübergreifend genutzt oder sollen Sondenbohrungen von über 100 m durchgeführt werden, ist das Berg- und Lagerstättenrecht zu beachten (Giel, 2021).

4.8 Exkurs: Tiefe Geothermie

Die **Tiefe Geothermie** wird in diesem Bericht nicht ausführlich behandelt, da sich diese Technologie aufgrund der hohen Investitionskosten und Leistungsklassen in der Regel nur in großen Fernwärmenetzen mit hoher Grundlast lohnt. Es wird unterschieden zwischen folgenden Systemen:

Hydrothermale Systeme: Förderung von Thermalwasser über eine oder mehrere Produktionsbohrungen aus Grundwasserleitern und Rückführung des Wassers über Injektionsbohrungen. Über die Förderbohrung wird heißes Wasser an die Oberfläche befördert und die Wärme an das Wärmenetz übergeben. Durch die Injektionsbohrung wird das abgekühlte Wasser in das geothermische Reservoir zurückgeleitet, um sich dort wieder zu erwärmen.

Petrothermale Systeme: Nutzbarmachung von Wärmereservoirs mit fehlender oder geringer Wasserführung durch künstliche hydraulische Stimulationsmaßnahmen – aktuell noch keine Umsetzungen in Deutschland.

Tiefe Erdwärmesonden: Anlog zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie Einbau eines geschlossenen Rohres mit zirkulierendem Wärmeträgermedium in Tiefen von über 400 m.

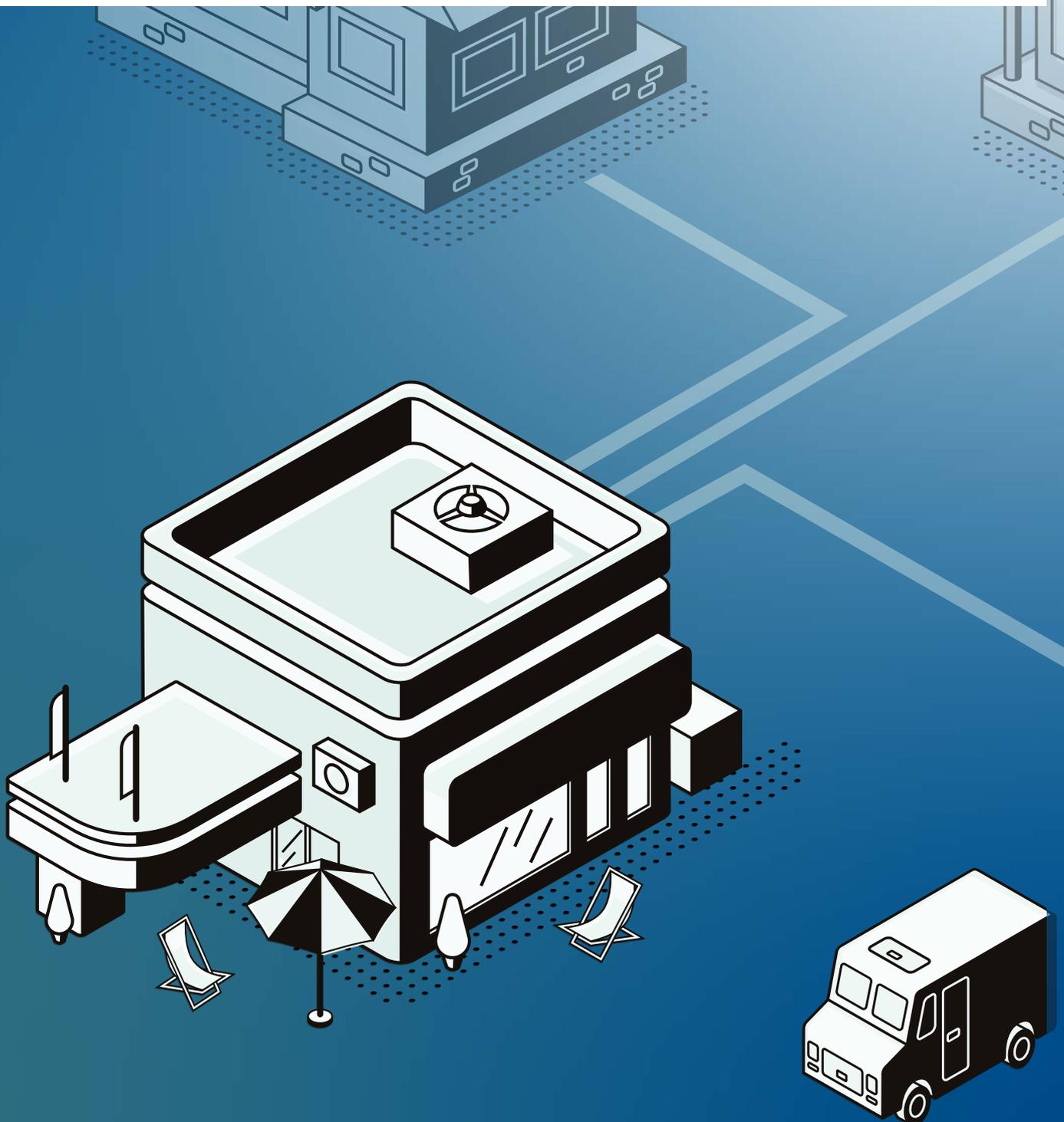
Je tiefer die Bohrung durchgeführt wird, desto höhere Temperaturen können erreicht werden. Im globalen Mittel steigt die Temperatur im Boden um 3 Kelvin pro 100 m. In 3.000 m Tiefe liegt die Temperatur in Deutschland im Bereich von 54 bis 174 °C (Plenefisch et al., 2015).

Aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Rechtsgebieten, die im Genehmigungsverfahren parallel bearbeitet werden müssen, ist der Ablauf sehr komplex. Viele technische Eingangsgrößen lassen sich erst nach den ersten Testbohrungen ermitteln und beeinflussen damit auch die Auslegung der Anlagen, was bei der Beantragung des Baurechts zu beachten ist. Die Bohrungen und Bohrplätze müssen ein gestuftes Genehmigungsverfahren nach Bergrecht und Wasserrecht durchlaufen. Bei Planungen ab 1.000 m besteht in Naturschutzgebieten und Natura-2000-Gebieten eine UVP-Pflicht. Bei der Nutzung geschlossener Systeme wie Erdsonden lassen sich die Umwelteinflüsse minimieren (Sandrock et al., 2020).

Durch die Notwendigkeit, Schichten mit ausreichenden Fließraten und Temperaturen zu finden, ist das Fündigkeitsrisiko bei hydrothermalen Systemen besonders zu beachten und nach Möglichkeit abzusichern. Durch den Einsatz geschlossener Systeme kann die Abhängigkeit von schwierig abschätzbaren Volumenströmen im Untergrund umgangen werden (Sandrock et al., 2020).



5. Analyse bestehender Strategien für die Entwicklung vernetzter Wärmeversorgung in Bestandsquartieren



Zur Analyse bestehender Strategien zur Umsetzung von Quartierskonzepten mit leitungsgebundener Wärmeversorgung wurde eine Analyseschablone entwickelt. Die Auswahl der Quartierskonzepte ist weitgehend unabhängig von der genutzten Wärmequelle und Technologie erfolgt, da der Fokus in diesem Kapitel auf den strategisch-planerischen Elementen und Ansätzen liegt. Da in diesem Teil besonders die praktischen Erfahrungen aus bereits umgesetzten Projekten aufgenommen und bereitgestellt werden, bilden die genutzten Technologien nicht mehr zwingend den aktuellen Stand der verfügbaren Optionen ab. Es ist davon auszugehen, dass sich die Herausforderungen auf planerischer und strategischer Ebene insbesondere für die Kommunen auch unter Nutzung von Wärmepumpen (vgl. Kapitel 4) nicht wesentlich unterscheiden und daher von den hier vorgestellten Projekten übertragbar sind.

Zu jedem Quartiersprojekt wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um alle öffentlich verfügbaren und für diesen Bericht relevanten Informationen aufzunehmen. Zusätzlich wurden Fragebögen an die zuständigen Ansprechpersonen verschickt, um Auskunft über die Prozesse und Planungen im Hintergrund zu erhalten und Erfahrungen aus den Projekten aufzunehmen, die sich nicht den Projekt-Websites oder sonstigen veröffentlichten Berichten zum Projekt entnehmen lassen. Ziel ist es, möglichst vielfältige Modelle, Herangehensweisen und Strategien abzubilden und herauszuarbeiten, wie das Zusammenspiel und der zeitliche Ablauf zwischen verschiedenen Akteuren mit dem gemeinsamen Ziel einer Nahwärmeversorgung abgelaufen sind.

Auf Basis dieser Vorgehensweise wurden die folgenden acht Konzepte untersucht und dokumentiert:

- Interkommunales Nahwärmenetz Neuerkirch-Külz
- Niedertemperatur-Wärmenetz Dollnstein
- Nahwärmeversorgung Biberach Altstadtquartier
- Bürgerenergie Steyerberg-Fernwärme eG

- Nahwärmeversorgung im Eichkamp (Berlin)
- Nahwärmegenossenschaft Venner Energie eG (Ostercappeln)
- Nahwärme Bruchsaler Südstadt
- Hafenwestseite Neustadt in Holstein

Die Dokumentation erfolgt in Tabellen- und Stichpunktformat, um zu jedem Konzept einen umfangreichen Steckbrief abzubilden. In der ersten Tabelle zu Beginn eines Steckbriefs werden die allgemeinen technischen Informationen gesammelt. Die zweite Tabelle bildet die wirtschaftlichen Kennzahlen ab und im letzten tabellarischen Teil werden die Rollen und beteiligten Akteure des Projekts aufgelistet. Es folgt eine Beschreibung von Ausgangssituation und Zielsetzung, Umsetzung und Lessons Learned aus den praktischen Erfahrungen der Ansprechpersonen.

5.1 Neuerkirch-Külz

Das Nahwärmenetz in den Gemeinden Neuerkirch und Külz wird nahezu vollständig aus erneuerbaren Energien (Holzhackschnitzel und Solarthermie) gespeist. Die Besonderheit des Projekts liegt unter anderem in der engen Kooperation zweier Gemeinden und der Abwicklung des Projekts über die Verbandsgemeindewerke als kommunaler Eigenbetrieb.

Stadt, Quartier	Neuerkirch-Külz; zwei Gemeinden mit insgesamt 834 Einwohnerinnen und Einwohner in Rheinland-Pfalz
Merkmale des Quartiers	Vorausgehend größtenteils dezentrale Versorgung mittels fossiler Brennstoffe Pro Jahr durch Betrieb des Nahwärmenetzes über 400.000 l Heizöl ersetzt
Größe des Quartiers / Versorgungsbereich	Versorgungsbereich in Neuerkirch: gesamte Ortslage ohne Neubaugebiet in Külz: Ortslage ohne Neubaugebiet, ohne bisheriges Versorgungsgebiet (drei sehr kleine „Wärmeinseln“), ohne die Ortsteile Gass und Überbach
Planungs-/Umsetzungsstand	In Betrieb (Inbetriebnahme August 2016)
Wärmenetz: Trassenlänge	Ca. 6.100 m
Wärmemenge	Ca. 3,1 GWh/a
Anschlussnehmer	Bestandsgebäude Zu Beginn: rund 150 Anschlüsse, Stand Dezember 2022: 162 Anschlüsse Anschlussrate: ca. 80 % der Gebäude
Wärmeerzeuger/ Wärmequellen	Holzhackschnitzelkessel (zwei Kessel; insgesamt 1.260 kW) Solarthermie (ca. 1.400 m ² Kollektorfläche) Heizölkessel (Redundanz; 1.600 kW) Deckungsgrad Solar: 15–20 %; restliche Erzeugung: Holzhackschnitzel → Anteil erneuerbarer Energien an Wärmeerzeugung >99 %
Wärmespeicher	120.000 l Pufferspeicher in zwei oberirdischen Behältern à 60 m ³
Netztemperaturen	Sommer (Vorlauf/Rücklauf): 75/60 °C Winter (Vorlauf/Rücklauf): 80/55 °C
Besonderheiten bei der Einbindung und Betriebsweise	Keine
Umgebung	Bestehende kleine Wärmeinseln in Külz wurden nicht integriert, derzeit gibt es keine weiteren anliegenden Wärmenetze
Einbau weiterer Infrastruktur	Glasfaserleerrohre wurden kostenneutral für Haushalte mitverlegt

Tabelle 8: Quartierskonzept und technische Komponenten in Neuerkirch-Külz

Wärmekosten	Ca. 0,12 €/kWh netto
Investitionskosten	Ca. 5 Mio. € Davon ca. 700.000 € Solarthermieanlage
Wärmepreis	Grundpreis: 400 €/a (brutto) Arbeitspreis: ca. 9,5 ct/kWh (brutto) Anschlusspreis: 4.000 € (brutto) Hinweis: Die Betreiber arbeiten nicht gewinnorientiert, das heißt, falls es zu Kosteneinsparungen kommen sollte (z. B. günstigerer Einkauf der Holzhackschnitzel), würde dies über die Preisgleitklausel an die Anschlussnehmer weitergeleitet [11].
Förderung	KfW-Direktkredit inklusive Tilgungszuschuss Fördernummer 271 Erneuerbare Energien-Premium Zuschuss aus dem Sonderförderprogramm des Landes Rheinland-Pfalz im Rahmen des Wettbewerbs Regionalentwicklung Hunsrück-Hahn in Höhe von 480.000 € Eigenes kommunales Förderprogramm in Höhe von 4.000 € pro Heizungsanlage/ Haushalt für die Umstellung auf Wärmeerzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien
Finanzierung	Komplett KfW-finanziert, Verzinsung 0,05 bis 0,25 % pro Jahr
Betriebsmodell Wärmenetz	Kommunaler Eigenbetrieb

Tabelle 9: Wirtschaftliche Aspekte in Neuerkirch-Külz

Rolle	Akteur(e)
Initiation/Konzept	Ökogruppe Neuerkirch (erste Auseinandersetzung mit dem Thema im Jahr 2013) Gemeinderäte Neuerkirch und Külz
Investition	Energieversorgung Region Simmern (ERS), heute Verbandsgemeindewerke Simmern-Rheinböllen
Planung	Ingenieurbüro ibs Energie GmbH (Stromberg)
Bau	Diverse Firmen (>12 Aufträge für verschiedene Gewerke)
Zulieferung	k. A.
Betrieb	Energieversorgung Region Simmern (ERS), heute Verbandsgemeindewerke Simmern-Rheinböllen
Abnahme der Wärmelieferung / Kundenstamm	Private Haushalte, kommunale Gebäude (Turnhalle, Gemeindehaus); keine Ankerkunden
Ggf. Einflussnahme	k.A.
Lieferant Holzhackschnitzel	Bundes- bzw. europaweite Ausschreibung Stand Dezember 2022: lokaler Anbieter, Fa. Ternis, Sargenroth

Tabelle 10: Organisatorische Aspekte in Neuerkirch-Külz

Ausgangslage und Zielsetzung des Projekts

- Ausgangspunkte: Langjährige Energie- und Klimastrategie des Landkreises (seit 1999) und Ökogruppen aus dem Lokale-Agenda21-Prozess, einem Bürgerbeteiligungsprozess (Westholm, 2019)
- 2013: Auseinandersetzung der Gemeinderäte und Ökogruppen Neuerkirch und Külz mit der zukünftigen Beheizung der Haushalte → Schwerpunkt in Neuerkirch: regenerative Energieträger, Hackschnitzel
- Initiative Ökogruppe Neuerkirch: Integration von Solarthermie
- Die Idee für das Nahwärmenetz stammte aus der Ökogruppe Neuerkirch (hier insbesondere für das solarthermische Großfeld) und der Arbeitsgruppe Energie des Gemeinderats Külz.
- Die seinerzeit bereits vorhandenen Nahwärmenetze in den Nachbargemeinden waren Impulsgeber für die Bürgerschaft.
- Die Initiative ging von der Ökogruppe Neuerkirch aus. Als dann eine Delegation aus Neuerkirch und Külz eine Exkursion zu einem bestehenden Solar-Bioenergiedorf machte, sprang der Funke auf alle Gemeinderatsmitglieder über (Ott, 2020).
- „Die Idee eines klimaschonenden Nahwärmenetzes in den Gemeinden Neuerkirch und Külz war das Ergebnis einer langfristigen Auseinandersetzung mit dem Thema Dorfentwicklung. Mit Hinblick auf den demografischen Wandel steht eine zukunftssichere Gestaltung der Gemeinde an erster Stelle. Dabei ist die Umstellung der Wärmeversorgung von fossilen auf erneuerbare und klimaschonende Energiequellen von entscheidender Bedeutung. Ansprüche an die Energiequellen sind Regionalität, Nachhaltigkeit, Zuverlässigkeit und Preisstabilität (Rheinland-Pfalz, 2016).
- Solarthermie war erst durch ausreichendes Interesse der Hauseigentümerinnen und -eigentümer am Nahwärme-projekt durchsetzbar, daher wurde Öffentlichkeitsarbeit in Form von Veranstaltungen, Infoblättern und Sprechstunden sowie Fahrten zu anderen Nahwärmeanlagen durchgeführt (Wichter, 2016).
- In den einzelnen Orten wurden Informationsveranstaltungen sowie eine Besichtigungsfahrt für alle Interessierten zum seinerzeit ersten realisierten solarthermischen Großfeld in Büsingen organisiert
- Studie in Neuerkirch Anfang 2013 – in Summe 55 Interessenten
- In den Bürgerveranstaltungen wurde nicht mit technischen Planungen begonnen, sondern mit ökonomischen/volkswirtschaftlichen Hintergründen (Kostensteigerung importierter Energien, Kapitalabfluss) (Westholm, 2019).
- Der Arbeitskreis Nahwärme schulte acht Dorfbewohnerinnen und -bewohner aus den eigenen Reihen, um für allen Hausbesitzerinnen und Hausbesitzern eine Einzelberatung anzubieten (Bröer, 2019).
- „Wärmekostenrechner“ (Vollkosten) von Einwohnerinnen und Einwohnern in Ellern entwickelt, Bürgergruppen gehen von Haus zu Haus zwecks individueller Wirtschaftlichkeitsberechnung (Westholm, 2019) und Prüfung der Situation in Heizungskellern (Bröer, 2019)
- In den Gemeinden wurden Bürgergespräche und Aktionstage veranstaltet (Rheinland-Pfalz, 2018).
- Dann später: 85 Interessenten durch Lückenschlüsse → Als Fazit aus der Zunahme an Interessenten wurde ein neues, zentrales Konzept auf Basis von Holzhackschnitzeln und Solarthermie entwickelt (Meurer, 2015).
- Die Initiative entstand somit in den Ortsgemeinden selbst. Es wurde jedoch keine Genossenschaft als Betriebsmodell gewählt, da diese immer einen ehrenamtlich agierenden, aktiven Vorstand gebraucht hätte, der sich über Jahrzehnte kümmert. Dies wurde als ein zu großes Risiko eingeschätzt. Daher beauftragte der Gemeinderat die Gemeindewerke der Verbandsgemeinde Simmern (Ott, 2020).
- Neuerkirch und Külz haben jeweils selbstständige, souveräne Gemeinderäte und gehören zur Verbandsgemeinde Simmern/Rheinböllen, Letztere hat die Aufgaben der Daseinsvorsorge (auch Wärmeversorgung) zu erfüllen (Ott, 2020).
- Die Simmerer Verbandsgemeindewerke arbeiten als Eigenbetrieb nicht gewinnorientiert (per Satzung wird keine Gewinnerzielungsabsicht verfolgt) und müssen beispielsweise keinen ÖPNV querfinanzieren, sondern sind allein für die Daseinsvorsorge (z. B. Wasser- und Abwasser-versorgung) zuständig (Ott, 2020).

Zur Umsetzung des Projekts

- Von der ersten Initiative bis zur Inbetriebnahme dauerte es ca. drei Jahre.
- Das vorab erstellte Konzept zur Wärmeversorgung wurde ohne Abweichungen oder Verzögerungen umgesetzt.
- **Folgende Anträge waren im Jahr 2015 dem Baubeginn vorangegangen:** vorhabenbezogener Bebauungsplan, Antrag auf Genehmigung nach § 4 Bundes-Immissionsschutzgesetz sowie ein gesonderter Bauantrag für die solarthermische Anlage (Rheinland-Pfalz, 2016)
- Kommunale Lenkungsinstrumente (z. B. Anschluss- und Benutzungsgebote o. Ä.) wurden nicht angewandt.
- **Baubeginn des Wärmenetzes:** April 2015. Die Arbeit am Wärmenetz wurde genutzt, um zusätzlich in den beiden Orten ein Leerrohrsystem für die Glasfaserversorgung zu verlegen.
- **Baubeginn Solarthermieanlage und Heizzentrale:** Oktober 2015
- Betrieb durch kommunalen Eigenbetrieb (Westholm, 2019)
- Ein besonderes Hemmnis war die sehr aufwendige Klärung der Zufahrtsituation für die Lkws, die die Holzhackschnitzel anliefern, mit dem Landesbetrieb Mobilität.
- Im Ergebnis musste, um die Vorgaben zu erfüllen, eine eigene Zufahrtsbrücke über den Külzbach gebaut werden, was die Baukosten erhöhte.
- Öffentlich zugängliches Bürger-Webportal mit Tages-/ Gesamtgewinn und Kollektortemperaturen der solarthermischen Anlage realisiert (Simmern-Rheinböllen, laufend)
- Große mediale Resonanz, internationale Besuchergruppen (Rheinland-Pfalz, 2018)

Die Lessons Learned aus dem Projekt

- **Interesse am Wärmenetzanschluss stieg sukzessive:** Statt der angedachten 20 bis 30 Haushalte im ursprünglichen Konzept der Ökogruppe Neuerkirch zeigten über 50 Haushalte ein Anfangsinteresse (2013). Ein Jahr später wurden anstelle der Mindestmenge an Vorverträgen von 65 bereits über 80 aus Neuerkirch und ca. 60 aus Külz abgegeben. Auch der nachträgliche Anschluss von mittlerweile rund 20 Anschlussnehmern spricht für den Erfolg.
- **Projekt-App erleichtert Informationsfluss und Akquise:** Die erste Akquise der Anschlussnehmer erfolgte aufwendig in individuellen Mund-zu-Mund-Gesprächen. Für das Nachfolgeprojekt in Ellern wurde gemeinsam mit dem Fachplanungsbüro ein Excel-Tool entwickelt, das eine übersichtliche wirtschaftliche Analyse für die potenziellen Anschlussnehmer ermöglicht. Der ehrenamtliche Arbeitskreis „Dorfwärmen“ hat nach einer Schulung die Akquise-Gespräche direkt mithilfe des Tools geführt. Dies hat die Akquise erleichtert. Inzwischen wird eine Dorf-App in beiden Dörfern genutzt – hätte es sie damals schon gegeben, hätte sie den Informationsfluss erheblich erleichtert. Zusätzlich zu Flugblättern und Infoabenden hätte die App schnell und zeitnah über oft recht dynamische Entwicklungen im Projekt informiert.
- Von der Agentur für erneuerbare Energien zur Energiekommune des Jahrzehnts ausgezeichnet (2018)
- **Stromspareffekt:** Reduktion der Stromkosten bei den Anschlussnehmern dadurch, dass die ineffizienten Heizpumpen und -kessel beim Anschluss an das Wärmenetz außer Betrieb genommen werden konnten (Bröer, 2019)
- Verbesserung der wahrgenommenen Luftqualität im Dorf, insbesondere während der Heizperiode im Winter (Bröer, 2019)
- **Positive Folgeeffekte:** Entstehung eines neuen Gemeinschaftssinns, viele neue Ideen (der Bürgerinnen und Bürger) wurden seither ernst genommen und verwirklicht, z. B. Anschaffung von E-Bikes durch die Gemeinde (Bröer, 2019)
- Steigerung der Attraktivität des Dorfes (Zuzug, Zurückzug auch von jungen Menschen/Familien) durch Wärmenetz- und Glasfaseranschluss (Bröer, 2019)
- Die Projektverantwortlichen würden sich heute wieder für das gewählte Betriebsmodell entscheiden.

5.2 Dollnstein

Anstoß für das Projekt in Dollnstein war die Erneuerung und Planung der Wasserversorgung im Ortsteil. Auf Basis der sowieso notwendigen Erd- und Straßenarbeiten wurde ein Nahwärmeconcept entwickelt, das trotz der geringen Wärmelinienichte aufgrund langer Leitungen bei geringem

Absatz wirtschaftlich tragbar ist. Die Lösung war ein innovatives Konzept, das im Sommer wie ein kaltes Nahwärmenetz gefahren wird und damit auch lokale Einspeisung von solarer Wärme ermöglicht.

Stadt, Quartier	Dollnstein; 3.000 Einwohnerinnen und Einwohner
Merkmale des Quartiers	Von Anfang an diese Betriebsweise, wie weiter unten beschrieben
Größe des Quartiers/ Versorgungsbereich	Aktuell 24 Abnehmer, drei Stränge mit Versorgung des Altorts Dollnstein, darunter öffentliche Gebäude wie Rathaus, Schule und Turnhalle, aber auch das Sportheim und zwei Gaststätten
Planungs-/Umsetzungsstand	In Betrieb seit 2014
Wärmenetz: Trassenlänge	1.800 m
Wärmemenge	Absatz: 1.300 MWh/a
Anschlussnehmer	Anzahl Gebäudeanschlüsse: 47 24 Abnehmer von 47 erstellten Hausanschlüssen
Wärmeerzeuger/Wärmequellen	BHKW (190 kW _{th}) Grundwasser-Wärmepumpe (440 kW) Gaskessel (300 kW) Solarthermie (100 m ²) Je Gebäude: dezentrale „kleine“ Wärmepumpe als Übergabestation, enthalten sind ein Direkt-Wärmeübertrager und eine nachgeschaltete kleine Wärmepumpe
Wärmespeicher	15.000 l Niedertemperaturspeicher 27.000 l Schichtspeicher Je Gebäude: 300 l Pufferspeicher
Netztemperaturen	Kalt/Warm-Umschaltung zwischen Sommer und Winter
Besonderheiten bei der Einbindung und Betriebsweise	Umstellung des Betriebs im Sommer auf ein kaltes Nahwärmenetz mit 25 bis 30 °C, um Netzverluste im Sommer zu verringern und Deckung durch Solarthermie-Kombination zu erreichen. Dezentrale Einbindung von Solarthermie möglich.
Umgebung	k. A.
Einbau weiterer Infrastruktur/ Leitungen	Aufbau eines eigenen Stromnetzes zur Betriebsoptimierung und Einbindung von Eigenstrom aus PV und BHKW, zukünftig geplant: Teilnahme am Regelenergiemarkt

Tabelle 11: Quartiersconcept und technische Komponenten in Dollnstein

Wärmekosten	15,1 ct/kWh, im Frühjahr eine Preissteigerung auf 16,35 ct/kWh (brutto)
Investitionskosten	Gesamt: 1,3 Mio. €
Wärmepreis	k. A.
Förderung	Defekte zentrale Wärmepumpe soll über BEW-Förderung ausgetauscht werden. Das bestehende BHKW soll ebenfalls erneuert werden mit den KWK-Vergütungen.
Finanzierung	Gründung Kommunalunternehmen

Tabelle 12 : Wirtschaftliche Aspekte in Dollnstein

Rolle	Akteur(e)
Initiation/Konzept	k. A.
Investition	k. A.
Planung	Ratiotherm
Bau	Ratiotherm
Zulieferung	k. A.
Betrieb	Kommunalunternehmen Energie Dollnstein AdÖR
Abnahme der Wärmelieferung/ Kundenstamm	Netzbau zwischen Rathaus und Schule, die als Ankerkunden dienen
Ggf. Einflussnahme	k. A.
Lieferanten Brennstoffe (z. B. Biomasse)	Flüssiggas
Weitere	k. A.

Tabelle 13: Organisatorische Aspekte in Dollnstein

Ausgangssituation und Zielsetzung des Projekts

- Im Rahmen der Planungen zur Erneuerung der Wasserversorgung im nun versorgten Gebiet wurde die Gelegenheit genutzt und die Idee einer Nahwärmeversorgung geboren.
- Aufgrund der untypischen Abnehmerstruktur und für damalige Verhältnisse zu geringer Abnehmerdichte musste von der üblichen Vorgehensweise bei konventioneller Nahwärme abgewichen werden.
- Innovatives Konzept, vorgeschlagen und ausgearbeitet von Alfons Kruck, Firma Ratiotherm, war der technische Türöffner für das Projekt

Zur Umsetzung des Projekts

- Hemmnisse gab es beim Stickstoffausstoß wegen des angrenzenden Trocken-/Magerrasens des Naturparks Altmühltal.
- Umsetzung durch Genossenschaft, ein privater Unternehmer und die Gemeinde zur Wahl
- Größtes Vertrauen wurde der Gemeinde entgegengebracht, die ein Kommunalunternehmen gegründet hat.
- Die komplette Finanzierung wurde vom gegründeten Kommunalunternehmen abgewickelt.

- 2013/14 startete das innovative Projekt, das von Fachleuten und Kommunen aus ganz Deutschland aufmerksam beobachtet wurde.
- Problem in Umsetzungsphase: Heizölpreis fällt – wirtschaftliche Darstellung für die potenziellen Anschlussnehmer verschlechtert sich
- Keine verbindlichen Verträge mit den Abnehmern – mündliche Zusagen wurden als ausreichend sicher bewertet
- Vorleistung der „Energie Dollnstein“ für Verlegung von 47 Anschlüssen
- Tatsächliche Inanspruchnahme und Nutzung der Leitungen und Anschlüsse der kalten Nahwärme nur durch 20 Gebäude
- Aktuell: Steigerung auf 24 Gebäude
- Verbleibende zu kompensierende Netzverluste bleiben konstant, unabhängig davon, ob wenige oder viele Abnehmer angeschlossen sind
- Unter diesen Bedingungen ist es schwer, eine wirtschaftliche Betriebsweise zu erreichen.
- Laufende Defizite in der Gemeinde immer wieder kritisch diskutiert
- Aktueller Stand: Start einer Umfrage, ob die Nachfrage nach einem Anschluss ans Netz gestiegen sei – Großteil der Anwohnerschaft verneint: kein Interesse, sich zeitnah anzuschließen, oder Unsicherheit, ob Anschluss in den kommenden Jahren gewollt ist
- Laufende Optimierung des Betriebs im Rahmen von Forschungsprojekten

Die Lessons Learned aus dem Projekt

- Eine ordentliche Planung für ein Nahwärmenetz ist essenziell wichtig und sollte nicht vernachlässigt oder unterschätzt werden.
- Je gründlicher die Planung abläuft, desto weniger (langwierige) Probleme gibt es nach oder während der Umsetzung.
- Alles, was in der Planungsphase ausführlich untersucht und betrachtet wird, wirft später in der Regel keine Probleme auf.
- Vorverträge nutzen, um die Netzauslegung abzusichern und Risiken durch fehlende Anschlussnehmer zu verringern
- Mit Vorverträgen lässt sich neben der Planung ein weiterer Baustein für einen sorgenfreieren Betrieb legen.
- Gespräche und Austausch mit den Abnehmern elementar, um Unklarheiten zu beseitigen und Akzeptanz zu schaffen
- Daraus ergeben sich auch die Gespräche und der Austausch mit den Abnehmern, die natürlich nicht fehlen dürfen. Hier lassen sich Unklarheiten beseitigen und Fragen klären, um Akzeptanz zu schaffen.

5.3 Biberach

Die Idee des Nahwärmenetzes entstand in Biberach auf Basis des kommunalen Leitbilds und wurde von der Hochschule vor Ort im Rahmen von Maßnahmen konkretisiert. Nach einigen Verzögerungen durch einen Planer- und Strategiewechsel kann es bei den aktuellen Rahmenbedingungen und hohen Energiepreisen gar nicht schnell genug gehen, dass immer mehr Haushalte an das Netz angeschlossen werden.

Stadt, Quartier	Biberach Innenstadt/Altstadtzentrumslage
Merkmale des Quartiers	Hoch verdichtete Innenstadtlage mit dezentraler, weitgehend fossiler Wärmeerzeugung, zum Großteil innerhalb Stadtbildsatzung
Größe des Quartiers / Versorgungsbereich	251 Bestandsgebäude, davon 208 Wohnhäuser
Planungs-/Umsetzungsstand	BA 1 Fertigstellung 2022 – Inbetriebnahme Januar 2023, BA 2 2023, BA 3 mit neuer Heizzentrale 2024/25, BA 4 2024
Wärmenetz: Trassenlänge	BA 1 – 4 ca. 2,0 km ohne Hausanschlüsse
Wärmemenge	Ausbaustufe 1: 3,6 GWh/a Ausbaustufe 2: 5,6 GWh/a Ausbaustufe 3: 7 GWh/a Netzerweiterung: +1,1 GWh/a Versorgungspotenzial der Anlagen: 11 GWh/a
Anschlussnehmer	k. A.
Wärmeerzeuger/ Wärmequellen	Pelletkessel: 1 x 500 kW, 2 x 400 kW Gaskessel: 1.790 kW, 540 kW BHKW: 2 x 100 kW _{th} Holzkessel: 2.000 kW Grundwasserwärmepumpe (keine Leistungsangabe) Gasanteil nach Ausbau BA 1–3: 3 %
Wärmespeicher	Zentrale Aufstellung Grundwasserwärmepumpe 100 m ³ an BHKW gekoppelt
Netztemperaturen	Hochtemperatur/konventionell >60 °C
Besonderheiten bei der Einbindung und Betriebsweise	Verteilung über mehrere Energiezentralen
Umgebung	Verbindung zu einem kleine Wärmenetz für Verwaltungsgebäude, dessen Heizzentrale aufgegeben wird
Einbau weiterer Infrastruktur	Im Zuge des Wärmenetzbaus: Stromkabel punktuell erneuert Stromleitungen für neue, stadteneigene Trafostation mitverlegt

Tabelle 14: Quartierskonzept und technische Komponenten in Biberach

Wärmekosten	k. A.
Investitionskosten	4,1 Mio. € (netto) Stufe 1 5,7 Mio. € (netto) Stufe 2 9,7 Mio. € (netto) Stufe 3 1,1 Mio. € (netto) Netzerweiterung
Wärmepreis	<100 MWh – 10,9 ct/kWh >100 MWh – 10,6 ct/kWh
Förderung	1,8 Mio. € Landesförderung „Klimaschutz mit System“
Betriebsmodell Wärmenetz	Kommunaler Betrieb

Tabelle 15: Wirtschaftliche Aspekte in Biberach

Rolle	Akteur(e)
Initiation/Konzept	Stadt Biberach
Investition	Stadt Biberach
Planung	Gesamtkonzept IBS Schuler, Umbau EZ IB Fischer
Bau	Bauleitung: Fischer und JKLM, Biberach, Ingenieurbüros Schuler und Daeges
Zulieferung	k. A.
Betrieb	Nach europaweiter Ausschreibung Betrieb durch e.wa riss, Biberach
Abnahme der Wärmelieferung / Kundenstamm	Gymnasien, Gemeinschaftsschule, Grundschule, Kindergarten, Museum und Landkreis Biberach mit Verwaltungsgebäuden
Ggf. Einflussnahme	Projektleitung Gebäudemanagement Stadt Biberach und Unterstützung durch Energieagentur Ravensburg
Lieferanten Brennstoffe (z. B. Biomasse)	k.A.
Weitere	k.A.

Tabelle 16: Organisatorische Aspekte in Biberach

Ausgangssituation und Zielsetzung des Projekts

- Leitbild European Energy Award der Stadt Biberach zur Steigerung des regenerativen Anteils in der Wärmeerzeugung der städtischen Gebäude als übergeordnetes Leitbild und Motivation
- Studie der Hochschule Biberach über CO₂-Reduzierung im Innenstadtbereich zur Konkretisierung der Maßnahmen
- Erstellung eines integrierten Quartierskonzepts mit Beteiligung der Bürgerinnen Bürger – finanziert durch KfW-Zuschuss

Zur Umsetzung des Projekts

- Umsetzungszeit ca. 6 Jahre
- Bedingt durch Planer- und Strategiewechsel (Stadt wird Eigentümer) einige Verzögerungen
- Verzögerung in der Umsetzung: Umplanung Energiezentrale Memelstraße wegen statischer Probleme und Altlasten im Grundwasser notwendig
- Umsetzung eines stringenten Zeitplans – besonders durch Vorgaben der Landesförderung „Klimaschutz mit System“ mit anspruchsvollem Zeitplan

- Keine Anwendung von Anschluss- und Benutzungsgeboten
- Großes Interesse aufseiten der Bürgerinnen und Bürger im Altstadtquartier und in den angrenzenden Straßenzügen, verstärkt mit der Energiekrise infolge des Ukraine-Krieges
- Wirtschaftliche Bedenken des örtlichen Wärmeanbieters konnten durch die Eigentumsmodell-Stadt ausgeräumt werden, da die Stadt das Wärmemengenrisiko zur Finanzierung der Investition trägt.
- Eine Kreditaufnahme auf Stadtseite war nicht notwendig.
- Aktuell: Großes Interesse – Ausbaunachfrage kann aufgrund von Engpässen bei Personal und Planern derzeit nicht wie vom Gemeinderat und den Bürgerinnen und Bürgern gewünscht innerhalb weniger Jahre abgearbeitet werden

Die Lessons Learned aus dem Projekt

- Zentrale Verantwortung auf Stadtseite erleichtert Umplanungen und Entscheidungsprozesse
- Verstärkt durch die Folgen des Ukraine-Krieges kann das Nahwärmenetz gar nicht so schnell wie von Gemeinderat und Bürgerinnen und Bürgern gewünscht ausgebaut werden.
- Empfehlung, als Kommune das Projekt als kommunalen Betrieb aufzusetzen, sofern Stadtwerke/Versorger nicht aktiv das Thema Nahwärme voranbringen
- Erfolgsfaktoren: stringenter Zeitplan sowie kurze Entscheidungswege durch zentrale Verantwortung

5.4 Steyerberg

Das Herzstück der Nahwärmeversorgung in Steyerberg bildet die Abwärme aus dem örtlichen Chemiewerk. Besonders herausfordernd in der zeitlichen Planung war der Einbau des Wärmeübertragers in die Abwärmeströme des Chemiebetriebs, da sich im Rahmen der Betriebsplanung nur alle 5 Jahre während Wartungsarbeiten ein Zeitfenster zur Installation des Wärmeübertragers öffnet.

Stadt, Quartier	Steyerberg
Merkmale des Quartiers	k. A.
Größe des Quartiers/ Versorgungsbereich	k. A.
Planungs-/Umsetzungsstand	k. A.
Wärmenetz: Trassenlänge	Länge: 28,5 km
Wärmemenge	Absatz: 9,5–12,5 GWh/a
Anschlussnehmer	Anzahl Gebäudeanschlüsse: 450
Wärmeerzeuger/Wärmequellen	Abwärme Chemieindustrie BHKW (Biogas) Redundanz über Ölkessel
Wärmespeicher	Pufferspeicher 1.000 m ³ zur Glättung
Netztemperaturen	Hochtemperatur/konventionell >60 °C
Besonderheiten bei der Einbindung und Betriebsweise	k. A.
Umgebung	k. A.
Einbau weiterer Infrastruktur	Verlegung von Glasfaser Koordination mit Sanierungsmaßnahmen der Trinkwasserleitung Unterstützung des Freibads in Steyerberg mit günstiger Wärme

Tabelle 17: Quartierskonzept und technische Komponenten in Steyerberg

Wärmekosten	Basispreis: 5,9 ct/kWh Preisgleitklausel zu 70 % an Gaspreisindex gekoppelt
Investitionskosten	13,5 Mio. €
Wärmepreis	k. A.
Förderung	Wärmenetze 4.0, Förderquote 41 %
Finanzierung	k. A.
Betriebsmodell Wärmenetz	Genossenschaft

Tabelle 18: Wirtschaftliche Aspekte in Steyerberg

Rolle	Akteur(e)
Initiation/Konzept	k. A.
Investition	Genossenschaft
Planung	k. A.
Bau	k. A.
Zulieferung	k. A.
Betrieb	k. A.
Abnahme der Wärmelieferung/ Kundenstamm	Ankerkunden: kommunale Liegenschaften
Ggf. Einflussnahme	k. A.
Lieferanten Brennstoffe (z. B. Biomasse)	k.A.

Tabelle 19: Organisatorische Aspekte in Steyerberg

Ausgangssituation und Zielsetzung des Projekts

- Konzept zur Nutzung der Abwärme des Chemiebetriebs in 2009 im Rahmen einer Diplomarbeit erarbeitet
- Daraus folgend: Arbeitskreis „Fernwärme“ aus Beschäftigten der Gemeindeverwaltung und des Chemiewerks sowie Bürgerinnen und Bürgern
- 2010: Beauftragung eines Forschungsinstituts zur Erstellung einer Machbarkeitsstudie „Fernwärmeversorgung“ inklusive Aufnahme von Interessenbekundungen und Entwicklung möglicher Trassenverläufe
- Gründung der Bürgerenergiegenossenschaft „BürgerEnergie Steyerberg Fernwärme eG“ in 2015
- Förderbescheid des BAFA in 2019 zur Umsetzung des Netzes für die Genossenschaft
- Umsetzung Teil des Masterplans Klimaneutralität zur Erreichung der Klimaziele der Stadt
- Bau des Netzes in 2020 begonnen

Zur Umsetzung des Projekts

- Begleitung des Projekts über eine eigene Website
 - Bereitstellung von Informationen und laufende Aktualisierung
 - Bereitstellung eines Wärmekostenvergleichsrechners
- Aktualisierungen zum Zeitplan und Baufortschritt
 - Veröffentlichung des Bauzeitenplans
- Verknüpfung des Netzaufbaus mit Verlegung von Glasfaseranschlüssen

Die Lessons Learned aus dem Projekt

- Abwärmeerschließung ist frühzeitig zu planen und an die Bedingungen und Revisionszeiten des Betriebs anzupassen
- Wärmeübertrager zur Nutzung der Abwärme ist Einzelstück gewesen – möglichst frühzeitig bestellen

5.5 Berlin-Eichkamp

Das Projekt in Berlin-Eichkamp wurde vom örtlichen Siedlerverein initiiert und im Rahmen eines Arbeitskreises „Energie“ konkret ausgearbeitet. Die Umsetzung soll über eine Genossenschaft erfolgen. Durch die Umwidmung eines Parkplatzes gibt es genug Platz, Pellets für den Winter einzulagern und zusätzlich PV-Module für die Eigenstromerzeugung vor Ort zu installieren.

Stadt, Quartier	<p>Ca. 2.500 Bewohnerinnen und Bewohner (Eichkamp und Heerstraße; ohne studentisches Wohnen)</p> <p>Gartenstadt; vorwiegende EFH/DHH; teilweise Zeilenbebauung; vorwiegend Baujahr 1920/30; größtenteils selbst nutzende Eigentümerinnen und Eigentümer; durchaus dörfliche Sozialstrukturen; aktives Vereinsleben</p>
Merkmale des Quartiers	<p>Wärmebedarf insgesamt 10 GWh/a Eichkamp und 8 GWh Heerstraße; die Wärmeversorgung war bisher für 3,6 GWh/a geplant. Zurzeit findet eine Überarbeitung der Machbarkeitsstudie zu BEW Modul 1 statt.</p> <p>Machbarkeitsstudie 2021: 69 % des Bedarfs entfallen auf EFH, 14 % auf öffentliche Gebäude, 3 % auf MFH, 14 % Verluste</p> <p>Zurzeit ist im Gespräch, eine größere Wärmeabnahme (von einem Drittel bis zur Vollversorgung von 1,8 GWh) durch die öffentlichen Gebäude einzuplanen, da das Bezirksamt bereit ist, einen höheren Bezugspreis zu zahlen.</p> <p>Bisherige Versorgungslösungen im Quartier: ca. 60 % Erdgas, 40 % Heizöl</p>
Größe des Quartiers/ Versorgungsbereich	<p>Ausdehnung zwischen Waldschulallee, Eichkatzenweg, Alter Allee und Zikadenweg</p>
Planungs-/Umsetzungsstand	<p>Gründung Arbeitskreis „Energie“ 2012</p> <p>Unterstützung der Siedlung durch Bezirksamt seit 2015</p> <p>Energiekonzept 2016</p> <p>Beauftragung Sanierungsmanagement 2019 (zunächst durch Vattenfall Energy Solutions, später BACW)</p> <p>Projektentwicklung / Kampagne zur Genossenschaftsgründung 2020/21</p> <p>Machbarkeitsstudien diverse Phasen 2020 bis 2022</p> <p>Genossenschaftsgründung in 2023 geplant</p> <p>Baubeginn in 2024 geplant</p> <p>Fertigstellung in 2025 geplant</p>
Wärmenetz: Trassenlänge	<p>Aktueller Planungsstand: 2,4 km</p>

Wärmemenge	Absatz: 3,6 GWh/a
Anschlussnehmer	Bestandsgebäude Ca. 50 % Anschlussrate zu Beginn Auslegung auf 150 bis 160 Anschlussnehmer oder ca. 100 Anschlussnehmer + öffentliche Liegenschaften
Wärmeerzeuger/Wärmequellen	Mehrere 200 kW Luftwärmepumpen (inkl. Batteriespeichern und eventuell PV für Eigenstrom) 700 kW Holzhackschnitzel mit Rauchgaskondensation Hotmobil mit Brennstofffeuerung in der Spitzenlast 66 % über Luft-WP 32 % Biomasse (max. 40 % Biomasse) Rest: Spitzenlast
Wärmespeicher	4 x 100 m ³ Pufferspeicher
Netztemperaturen	Niedertemperatur (im Sommer) 65–73 °C Transformation zum Niedertemperaturbetrieb, wenn Sanierungszustand der Gebäude sich verbessert hat
Besonderheiten bei der Einbindung und Betriebsweise	Zentrale Wärmeversorgung am Standort am Rande des Quartiers Gegebenenfalls Umwidmung städtischer Parkplatzfläche und Überlassung zu geringem Pachtpreis; wird gegenwärtig geprüft. Eventuell kommt auch ein anderer Standort im angrenzenden Wald in Frage. Ganzjähriger Betrieb auch zur Warmwasserbereitung
Umgebung	Keine anliegende Fernwärme – das große Fernwärmenetz von Vattenfall ist durch die S-Bahn-Trasse unerreichbar getrennt
Einbau weiterer Infrastruktur	Verlegung Glasfaserkabel/-leerrohre geplant

Tabelle 20: Quartierskonzept und technische Komponenten in Berlin-Eichkamp

Wärmekosten	k. A.
Investitionskosten	7 Mio. €
Wärmepreis	Anschlusspreis: 12.000 € (brutto) Wärmemischpreis: 15,68 ct/kWh (brutto) (max. 16 ct/kWh geplant)
Förderung	40 % nach BEW; Wärmeübergabestationen nach BEG Einzelmaßnahmen
Finanzierung	Bisher kein Kredit; wird Genossenschaft aufnehmen
Betriebsmodell Wärmenetz	Bürgergenossenschaft

Tabelle 21: Wirtschaftliche Aspekte in Berlin-Eichkamp

Rolle	Akteur(e)
Initiation/Konzept	Initiative Arbeitskreis „Energie“/Weiterentwicklung Bezirksamt/Sanierungsmanagement/Ingenieurbüro
Investition	Genossenschaft
Planung	Ingenieurbüro DME Consult aus Rosenheim (mindestens bis HOAI 4)
Bau	Noch nicht vergeben
Zulieferung	Noch nicht klar
Betrieb	Die zukünftige Nahwärme West eG
Abnahme der Wärmelieferung/ Kundenstamm	Schulen (in Erwägung), eventuell Mommsenstadion, Hans-Rosenthal-Sportanlage, private Sportvereine
Ggf. Einflussnahme	Bezirksamt Charlottenburg, ggf. Abgeordnetenhaus Berlin
Lieferanten Brennstoffe (z. B. Biomasse)	Feste Biomasse: nach Möglichkeit Sägewerk in der Uckermark

Tabelle 22: Organisatorische Aspekte in Berlin-Eichkamp

Ausgangssituation und Zielsetzung des Projekts

- Die Bezirksverordnetenversammlung Charlottenburg-Wilmersdorf hat 2019 den Klimanotstand erklärt.
- Das Umweltamt hat in diesem Zusammenhang ein Konzept zum Umgang mit dem Klimanotstand und zur Klimaanpassung im Bezirk verabschiedet.
- Das Quartierskonzept Eichkamp-Heerstraße ist eines von drei Quartierskonzepten in diesem Konzept.
- Der Wunsch, im Quartier die Wärmeversorgung auf Basis eines Wärmenetzes zu erneuern, kam von den Bürgerinnen und Bürgern, und zwar von dem gemeinsamen Arbeitskreis „Energie“ der beiden Siedlervereine.
- Diesem Arbeitskreis gelang es, 2015/16 eine Finanzierung für ein Energiekonzept beim BMBF (im Rahmen des Strategieprojekts „Zwanzig20-Forum Wärmewende“) zu akquirieren.
- Dieses Konzept wurde dem Sanierungsmanagement in abgewandelter Form zugrunde gelegt. Die dort beschriebene Wärmeversorgung durch oberflächennahe Geothermie im Brunnensystem erwies sich allerdings wegen einer Grundwasserverseuchung als nicht durchführbar.
- In der Zwischenzeit hatte sich ein anderer Partner aus der Energiewirtschaft zur Umsetzung gefunden, der eine netzgebundene Wärmeversorgung zunächst mit Erdgas-BHKW und später mit Biomasse realisieren wollte. Mit einer Vorhabenbeschreibung auf dieser Grundlage wurde 2019 das Sanierungsmanagement nach KfW 432 als Kooperation des Arbeitskreises „Energie“, des Bezirksamts Charlottenburg-Wilmersdorf und der Vattenfall Energy Solutions gestartet.
- Der Arbeitskreis „Energie“ und das Bezirksamt beenden die Zusammenarbeit bereits 2020 wieder. Das Sanierungsmanagement arbeitet seither im Auftrag des s Charlottenburg-Wilmersdorf.
- Wegen starker Veränderungen der Förderlandschaft und der Lösungsbewertungen beauftragte das Bezirksamt zwei neue Machbarkeitsstudien, die vom Ingenieurbüro DME Consult aus Rosenheim durchgeführt wurden.
- Das Konzept sollte nach Wärmenetze 4.0 bzw. der zu erwartenden BEW förderfähig sein.
- Die Umsetzung soll durch eine Bürgerenergiegenossenschaft erfolgen, der das Bezirksamt beitreten will.
- Genossenschaft ist zurzeit noch nicht gegründet – geplant in April 2023, wenn alle erforderlichen Unterlagen vorhanden sind
- Zurzeit wird unter Verwendung der bisherigen Planungen eine Machbarkeitsstudie nach BEW Modul 1 erstellt.
- Parallel führte die Sanierungsmanagerin Veranstaltungen mit Energieberaterinnen und -beratern durch, die mittlerweile 10 bis 15 Beratungen im Quartier durchgeführt

haben. Einige Häuser sind in der Zwischenzeit auf unterschiedlichen Niveaus ausgeführt worden.

- Vorarbeiten: Machbarkeitsstudie durch Bezirksamt in 2020 beauftragt

Zur Umsetzung des Projekts

- **Anwendung kommunaler Lenkungsinstrumente (z. B. Anschluss-/Benutzungsgebote):** Nein, die Projektpartner entschieden sich bewusst dagegen, da vermieden werden sollte, eine unnötige emotionale Abwehr gegen das Projekt zu erzeugen.
- **Hemmnisse in der Umsetzung:** Es gab durchgängig Hemmnisse – teilweise Misstrauen der Anwohnerschaft gegenüber einer genossenschaftlichen Gemeinschaftslösung sowie Widerstände in Teilen des Bezirksamts und des Facility Managements, die sukzessive überwunden werden müssen und auch überwunden werden.
- Der Anschluss an das Nahwärmenetz ist freiwillig, von daher werden sich Haushalte mit neuen fossilen Heizungen eventuell zunächst nicht an das Wärmenetz anschließen. Es gibt aber einige, die sehr motiviert sind und auch mitmachen werden, obwohl sie ihre Heizungen nicht austauschen müssen. Die Genossenschaft denkt darüber nach, in ihrem Tarifmodell Anschlussinteressierte mit neuen Heizungen Abschläge beim Hausanschlussbeitrag zu gewähren.
- **Rolle der Öffentlichkeit/Gesellschaft (z. B. kritisch oder bestärkend):** Die gesellschaftlichen Diskussionen über die Klimakrise und die Effekte des russischen Angriffskriegs gegen die Ukraine waren ein allgegenwärtiges Hintergrundrauschen und haben die Entwicklung des Projekts stark beeinflusst. Seitdem die Kosten für fossile Brennstoffe stark gestiegen sind, nimmt das Interesse an einem Nahwärmeanschluss kontinuierlich zu.
- **Auswahl des Betriebsmodells:** Die Bewohnerinnen und Bewohner gelangten zu der Überzeugung, dass nur eine nicht gewinnorientierte Genossenschaft in Frage käme. Die Investitionskosten für das Wärmenetz seien ohnehin hoch und durch die Genossenschaft könnten diejenigen Kosten für die Endverbraucherinnen und -verbraucher eingespart werden, die aus den Gewinnerwartungen von Betreibern resultieren. Es gibt darüber hinaus in Berlin keinen Betreiber in öffentlicher Hand, der günstige Konditionen anbieten könnte. Einen Eigenbetrieb zu gründen, wäre für das Bezirksamt eventuell möglich, aber auch mit vielen Hindernissen verbunden.

- **Kreditaufnahme:** Den Kredit wird die Genossenschaft aufnehmen, da das Bezirksamt diese Spielräume nicht hat und in der zu gründenden Genossenschaft nicht genügend Eigenkapital vorhanden ist.

Die Lessons Learned aus dem Projekt

- Lösungsansätze
 - Kampagne, öffentliche Veranstaltungen und Informationen, um Potenzial an Anschlussnehmern zu identifizieren
 - Überzeugungsarbeit durch Einzelgespräche / „Nachbarn werben Nachbarn“
 - Medien-Berichterstattung
 - Engagement kompetenter Auftragnehmer (Ingenieurbüro)
- Überzeugung der Politik (Bezirksamt/Bezirksverordnetenversammlung, besonders zu der Tatsache, dass öffentliche Liegenschaften Ankerkunden werden müssen)
- Aktueller Stand: Netz nicht gebaut. Das Interesse nimmt zu, auch von der gegenwärtig nicht beplanten Heerstraße und weiteren, ähnlichen Siedlungen in Berlin.
- Verbesserungen: Derartige Projekte müssen unbedingt mit einem Beschluss der Kommune, das heißt des obersten Verwaltungsgremiums bzw. des Gemeinde-/Stadtrats, starten und öffentliche Liegenschaften als Ankerkunden einbeziehen.
- Wahl des Betriebsmodells „Genossenschaft“: Unter den gegebenen Umständen alternativlos, allerdings wurden noch keine praktischen Erfahrungen damit gemacht.
- Ausschlaggebende Faktoren für erfolgreiche Kooperation der Akteure: Sehr wichtig sind Vertrauen, Glaubwürdigkeit, Transparenz und Kontinuität. Hinderlich ist das teilweise übersteigerte Geltungsbedürfnis mancher Beteiligter.
- Resonanz im Quartier ist gut, es gibt aber auch „Abtrünnige“, die sich Wärmepumpen anschaffen. Das stadtweite Interesse ist sehr groß (interessierte Rückfragen nach Medienberichten).
- Dauer von der ersten Initiative bis zur Inbetriebnahme: Die erste Initiative der Bürgerinnen und Bürger startete 2012; mit einer Wärmelieferung ist frühestens im Jahr 2025 zu rechnen. Berücksichtigt werden sollte, dass es in Berlin keine Vorbilder gibt und fast sämtliches Wissen, die Vorgehensweisen etc. von den Akteuren im Prozess erarbeitet werden mussten.

5.6 Ostercappeln

Die Idee, die Abwärme des örtlichen Großbackbetriebs zu nutzen, entstand 2012 auf einem Netzwerktreffen im Rahmen des Klimaschutzkonzepts des Landkreises Osnabrück. Nach Gründung der Genossenschaft in 2014 konnten 2015 schon die ersten Haushalte mit der Abwärme der Waffelherstellung heizen (Venner Energie eG, 2022).

Stadt, Quartier	Die Ortschaft Venne in der Gemeinde Ostercappeln hat 3.400, die Gemeinde Ostercappeln insgesamt rund 10.200 Einwohnerinnen und Einwohner und ist ländlich geprägt
Merkmale des Quartiers	Bisherige Versorgungslösungen: Gas- und Ölheizungen, Holz, Koks und Brikett
Größe des Quartiers/ Versorgungsbereich	Ortskern von Venne: insgesamt rund 350 Gebäude, davon 169 angeschlossen
Planungs-/Umsetzungsstand	In Betrieb
Wärmenetz: Trassenlänge	10,5 km
Wärmemenge	Absatz: 2018 = 4,8 GWh/a 2019 = 4,99 GWh/a 2020 = 4,8 GWh/a 2021 = 5,4 GWh/a
Anschlussnehmer	169 Anschlüsse
Wärmeerzeuger/ Wärmequellen	Abwärme aus Backanlagen (geplant 1,2 GWh/a, aktuell bestenfalls 50 %) 2 Spitzenlast-Gaskessel, insgesamt 2,5 MW
Wärmespeicher	Pufferspeicher 1.000 m ³
Netztemperaturen	Hochtemperatur/konventionell >70 °C
Besonderheiten bei der Einbindung und Betriebsweise	Zentrale Energiezentrale Betriebszeiten der Abwärme durch den Betrieb bestimmt und nicht wärmegeführt
Umgebung	Keine anliegenden Wärmenetze
Einbau weiterer Infrastruktur	Im Zuge des Wärmenetzbaus: Steuerungsleitung Keine sonstigen Leitungen

Tabelle 23: Quartierskonzept und technische Komponenten in Ostercappeln

Wärmekosten	Anschlusskosten zunächst 2.500 €, davon 500 € Mitgliedsbeitrag, heute 15.500 €
Investitionskosten	5 Mio. €
Wärmepreis	6,4 ct/kWh (netto) Ab 01.01.2022 = 10,01 ct/kWh Ab. 01.08.2022 = 19,5 ct/kWh Wegen Explosion der Gas- und Strompreise 2021/2022 = einstimmiger Beschluss in einer Mitgliederversammlung Grundpreis: 600 €/a (netto)
Förderung	1,1 Mio. € Förderung durch die KfW
Finanzierung	Kredit erst nach Bürgschaft der Gemeinde über 2,7 Mio. € an Genossenschaft vergeben
Betriebsmodell Wärmenetz	Bürgergenossenschaft

Tabelle 24: Wirtschaftliche Aspekte in Ostercappeln

Rolle	Akteur(e)
Initiation/Konzept	Firmeninhaber / Bürgermeister
Investition	Venner Energie eG
Planung	iNeG, Bad Iburg
Bau	Verschiedene Baulose, Betreuung durch iNeG
Zulieferung	k.A.
Betrieb	k.A.
Abnahme der Wärmelieferung/ Kundenstamm	Ankerkunden: Grundschule, Kindergarten, EDEKA-Markt, zwei Gasthäuser Dorfgemeinschaftshaus mit Feuerwehr
Ggf. Einflussnahme	k.A.
Lieferanten Brennstoffe (z. B. Biomasse)	k.A.

Tabelle 25: Organisatorische Aspekte in Ostercappeln

Ausgangssituation und Zielsetzung des Projekts

- Bestreben der Gemeinde Ostercappeln seit 1996, Maßnahmen für Klima- und Umweltschutz deutlich zu verstärken, daher auch die aktive Beteiligung am Klimaschutznetzwerk des Landkreises
 - Betriebsinhaber Wilhelm Meyer zu Venne Senior und Bürgermeister Rainer Ellermann haben seit Jahren immer wieder über Möglichkeiten zur Nutzung der entstehenden Abwärme bei Europas größter Eishörnchenfabrik nachgedacht.
 - Bei einer Tagung des Genossenschaftsverbands Weser-Ems 2011 wurde von der iNeG ein Konzept zur Nutzung industrieller Abwärme vorgestellt.
 - Noch auf dem Rückweg hat der Bürgermeister mit Wilhelm Meyer zu Venne senior Kontakt aufgenommen, um die Idee zu initiieren. Gemeinsam wurde mit der Umsetzung begonnen.
- Energieeffizienzberatung der Waffelfabrik in 2013 als Anstoß zur Planung eines Nahwärmenetzes
- Einstimmige Zustimmung nach dem positiven Ergebnis der ersten Untersuchungen in nicht öffentlicher Sitzung des Ortsrats zu weiteren Untersuchungen
- Weiterentwicklung der Planungen durch Arbeitsgruppe (Politik, Bürgermeister, Firma, Kreditinstitute)
- Finanzierung der technischen und wirtschaftlichen Vorstudien durch Abwärmebetrieb und Gemeinde
- Zusätzliche Unterstützung bei den Vorstudien durch das Ingenieur Netzwerk Energie eG und den Genossenschaftsverband Weser-Ems
- Im ersten Schritt: Netzwerke aufbauen und überzeugen
- Anfang 2014: öffentliche Sitzung und Beratung des Ortsrats Venne 2014 zum Projekt „Nahwärmeversorgung in der Ortschaft Venne“
- April 2014: Öffentliche Vorstellung und erste Abfrage von Interessenbekundungen
 - Bereits im ersten Termin ausreichend Erklärungen von Anliegerinnen und Anliegern, der Genossenschaft beitreten zu wollen, um das Netz wirtschaftlich betreiben zu können
- Mai 2014: Folgeveranstaltung mit 60 weiteren Beitrittsabsichten
- Einladung in die Waffelfabrik zu einer weiteren Informationsveranstaltung, um den Betrieb und die Herkunft der Wärme vorzustellen
- Juli 2014: weitere öffentliche Veranstaltung und Einleitung der Gründung der Genossenschaft
- Begleitung der Veranstaltungen und des Prozesses durch
 - Presseveröffentlichungen
 - Anzeigen im örtlichen Mitteilungsblatt
 - Für Grundstückseigentümerinnen und -eigentümer zusätzliche Informationen durch eine Unterstützungsgruppe, die von Haus zu Haus gegangen ist
 - Anschreiben an alle Eigentümerinnen und Eigentümer, die nicht vor Ort wohnen
- Die Gründung der Genossenschaft und die Eintragung ins Genossenschaftsregister waren die letzten formellen Schritte (29.07.2014).
- September/Oktober 2014: Beginn der Umsetzungsphase und Abgabe der Wärmelieferverträge mit 127 Grundstückseigentümerinnen und -eigentümern
- März 2016: Abschluss der Bauarbeiten
- Gegenstand des Unternehmens ist die Versorgung der Mitglieder mit Wärme und sonstigen Produkten und Dienstleistungen sowie die Planung, die Errichtung und der Betrieb von Energienetzen
- Projekt mit Leuchtturmwirkung weit über die Region hinaus

Zur Umsetzung des Projekts

- Konzepterstellung durch die iNeG
- Finanzierung der Vorstudien und Untersuchungen durch Abwärmebetrieb und Gemeinde nach Gründung der Genossenschaft
- Abwärme wird an 17 Backanlagen über Wärmeübertrager eingesammelt – kleinteilige Auskopplung möglich
- Anschluss von vielen Ankerkunden wie unter anderem Grundschule, Kindergarten, Dorfgemeinschaftshaus mit Feuerwehrgerätehaus, Altenpflegeheim und Supermarkt sowie Anschluss eines Neubaugebiets
- Kommunale Lenkungsinstrumente (z. B. Anschluss-/ Benutzungsgebote): Die Möglichkeiten wurden diskutiert

und beraten. Allerdings gab es gerade zu der Zeit eine gerichtliche Entscheidung, dass ein Anschluss- und Nutzungsgebot nicht so ohne Weiteres umzusetzen ist. Dies insbesondere, weil es sich hauptsächlich um „Alt-Gebäude“ gehandelt hat, die zunächst angeschlossen werden sollten.

Rolle der Öffentlichkeit:

- Nach den umfangreichen Untersuchungen und internen Beratungen wurde die Öffentlichkeit im Rahmen einer Einwohnerversammlung (04.2014) informiert. Weitere Informationsveranstaltungen, Einzelgespräche, Nachbarschaftstreffen etc. folgten.
- Von Anfang an große Euphorie und Unterstützung
- Aber auch kritische Nachfragen:
 - Was ist, wenn Meyer zu Venne in Konkurs geht, abbrennt oder den Standort Venne verlässt?
 - Kann das überhaupt funktionieren?
 - Geht unser örtliches Handwerk (Heizungsbauer) dann in Konkurs?

Betriebsmodell:

- Aktive und umfangreiche Beratung durch den Genossenschaftsverband Weser Ems
- Als Genossenschaft haben alle Mitglieder gleiches Stimmrecht, egal wie viele Anlagen das Mitglied nutzt (durchaus ein wichtiges Argument).
 - In vergangenen, durchaus schwierigen Mitgliederversammlungen haben sich das Zusammengehörigkeitsgefühl und die Verantwortung jedes Einzelnen für das Ganze deutlich gezeigt.

Kreditaufnahme:

- Die am 29.07.2014 gegründete Venner Energie eG hat die Finanzierung komplett übernommen, die Mitglieder tragen durch die Grundgebühr und das Nutzungsentgelt Zinsen und Tilgung.
- Nach Abzahlung der Kredite (2035) werden sich die Nutzungsentgelte entsprechend deutlich senken, damit verbleibt der Nutzen in der Genossenschaft.

Hemmnisse:

- Das größte Hemmnis war die Finanzierung. Obwohl die örtlichen Banken während der gesamten Planungsphase an der gebildeten Arbeitsgruppe beteiligt waren, sollte das Vorhaben als Hochrisikofinanzierung eingestuft werden. Die dann fälligen Zinsen hätten das Vorhaben komplett verhindert.
- Erst durch die von der Gemeinde Ostercappeln gegebene Kommunalbürgschaft und durch die landesweite Auszeichnung „Klima kommunal 2014“ erfolgte ein Umdenken.

Abwärmespezifisch:

- Adressrisiko/Ausfallrisiko des Abwärmebetriebs: wird getragen durch die Mitglieder der Venner Energie eG
- Zusammenarbeit mit dem Abwärmeproduzenten: hervorragend, vertrauensvoll, Verzahnung durch Geschäftsführer des Unternehmens, der auch im Vorstand der Genossenschaft ist

Die Lessons Learned aus dem Projekt

- Ergebnisse der Wärmeauskopplung bleiben hinter den Erwartungen der Berechnungen und der Auslegung – aktuell in Klärung mit dem Hersteller
 - Durch intensive Nachrüstungen, zusätzliche Leitungsdämmungen, Optimierung des Leitungsnetzes, Verbesserung technischer Steuerungen und den Einbau weiterer Wärmetauscher konnten Verbesserungen erzielt werden.
 - Aktuell noch nicht ausreichend – verschiedene Untersuchungen, um weitere Wärmeerzeugungsmöglichkeiten zu erschließen und den Gaseinsatz deutlich zu verringern. Ziel ist es, durch zusätzliche Maßnahmen den Wärmepreis im Sommer 2024 wieder deutlich senken zu können. Weitere Investitionen sind gegebenenfalls notwendig.
- Alle wichtigen Faktoren müssen im Vertrag gesichert sein:
 - Leistung der Wärmetauscher
 - Abwärmeezeugung des Betriebs: Grundbuchsicherung der Wärmetauscher im Grundbuch der Firma
- Voruntersuchungen und Konzepterstellung durch Zweitgutachten sichern

- Alles ehrenamtlich (Vorstand, Aufsichtsrat und Geschäftsführung) durchzuführen, war ein klarer Fehler, zumindest die Geschäftsführung muss hauptamtlich sein. Dies muss dauerhaft mit eingepreist werden.
- Was es braucht:
 - Hohes Maß an Vertrauen
 - Gesundes Maß an „Risikobereitschaft“
 - Menschen, die das Projekt (ehrenamtlich) umsetzen
 - Informationsveranstaltungen und Überzeugungskraft durch persönliche Auskunft im Rahmen der Infoveranstaltungen
 - Überzeugung von Bürgermeister, Abwärmebetrieb, Bürgerinnen und Bürgern, Politik, Verwaltung und Wärmekunden
 - Öffentliche, transparente Veranstaltungen
 - Überzeugungskraft der Verantwortlichen – Nachbarschaftstreffen
- Bürgermeister als verantwortliches Gesicht Richtung Öffentlichkeit und Politik als Erfolgsfaktor
- Intensive Beteiligung der örtlichen Politik (Ortsrat), des Gemeinderats und des Landkreises mit Landrat als Erfolgsfaktor
- Unterstützung durch die Verwaltung der Gemeinde nötig
- Ohne die unterstützenden Nachbarschaften würde es nicht funktionieren, die Organisation und die Überzeugung müssen vor Ort geschehen. Wäre dies nur durch Bürgermeister/Politik/Verwaltung erfolgt, wäre es nicht gelungen.
- Unabdingbar: Firmeninhaber und Firmenbelegschaft
 - Alle Wärmetauscher der Venner Energie befinden sich in den Produktionshallen. Die notwendigen Reinigungen der Register sowie die Reparaturen an den Geräten, der Technik etc. erfordern immer ein starkes Mitwirken der Firma insgesamt.
 - Besondere Herausforderung in einem Lebensmittelbetrieb
 - Ohne dass die Schichtführer das Auskopplungsgeschehen mit beobachten und gegebenenfalls im Rahmen ihrer Möglichkeiten eingreifen, würde die Wärmeerzeugung deutlich geringer ausfallen.
- Bedauerlich, dass die vertraglich zugesicherten Werte bei der Auskopplung nicht eingehalten werden können. Dafür gibt es verschiedene Ursachen (Verschmutzung der Register, zu geringe Leistung der Wärmetauscher etc.).
- Erweiterung zum Neubaugebiet „Erlengrund“ eher negativ, nur 15 von 34 möglichen Grundstücken haben sich für die Venner Energie eG entschieden
- Aufgrund der notwendigen Vorfinanzierung ist der Wärmepreis zumindest in den ersten Jahren nur bedingt konkurrenzfähig.
- Resonanz und Interesse der Öffentlichkeit:
 - Durch die aktuelle Situation beim Gaspreis und die damit notwendige deutliche Erhöhung des Wärmepreises ist das Interesse an möglichen Anschlüssen nicht vorhanden.
 - In der Venner Öffentlichkeit wird eher über das mögliche Scheitern des Vorhabens als über den Erfolg gesprochen. Der Erfolg einer Wärmeerzeugung durch Nutzung der industriellen Abwärme ist trotz geringerer CO₂-Einsparung als geplant umgesetzt und weiterhin aktiv (Einsparung von rund 400.000 l Heizöl).

5.7 Bruchsaler Südstadt

In Bruchsaler Quartier „Südstadt“ wurde 2014 die Idee des Nahwärmenetzes in einem Quartierskonzept erarbeitet. Knapp sieben Jahre später, im August 2021, ging das Wärmenetz in Betrieb, gespeist aus Solarthermie und Biomasse.

Stadt, Quartier	Bruchsal, 44.775 Einwohnerinnen und Einwohner Quartier: Bruchsaler Südstadt mit ca. 350 Gebäuden am Rand des Stadtgebiets von Bruchsal gelegen
Merkmale des Quartiers	Besteht überwiegend aus Wohngebäuden, Einzelhandel, zwei Schulzentren Geprägt durch Ein- und Zweifamilienhäuser (Waldsiedlung, häufig in Eigennutzung) sowie einige Geschosswohnungsbauten bzw. Mehrfamilienhäuser – viele davon mit Bedarf an Sanierungs- bzw. Erneuerungsmaßnahmen in geringem oder umfassendem Umfang (Baujahre hauptsächlich 1960–1980); 40 % der Heizungen älter als 40 Jahre, hoher Anteil (82 %) Öl- und Gasheizungen, 11 % feste Biomasse
Größe des Quartiers / Versorgungsbereich	Gesamtes Quartier ca. 50 ha, Versorgungsbereich deckt bislang durch zentralen Nord-Süd-Trassenverlauf des Wärmenetzes am westlichen Rand des Quartiers nur ein Teilgebiet vom gesamten Quartier ab
Planungs-/Umsetzungsstand	In Betrieb Inbetriebnahme August 2021
Wärmenetz: Trassenlänge	Ca. 1.400 m
Wärmemenge	Ca. 6 GWh/a
Anschlussnehmer	Hauptsächlich Bestandsgebäude: zwei Schulen (gewerbliches Bildungszentrum und Gesamtschule), Erweiterung zur Versorgung eines Seniorenzentrums, nach und nach Anschluss von Wohngebäuden, Handel- und Dienstleistungsunternehmen sowie Neubauten geplant. Ankerkunden sind jedoch das gewerbliche Bildungszentrum, die Gesamtschule sowie das Seniorenzentrum.
Wärmeerzeuger/ Wärmequellen	Holz hackschnitzelkessel (1.250 kW, ca. 50 % Wärmeanteil) Holzpelletkessel (240 kW), war bereits an Gesamtschule vorhanden Solarthermie (ca. 700 m ² Kollektorfläche), solarer Deckungsgrad: ca. 8 % Biomethan-BHKW (107 kW _{th} , 68 kWel) Erdgaskessel (3.000 kW, Spitzenlast) Anteile erneuerbarer Energien an Wärmeerzeugung: ca. 90 %
Wärmespeicher	Ein oberirdischer Behälter mit 100 m ³ Speichervolumen
Netztemperaturen	Sommer (Vorlauf/Rücklauf): 70/55 °C Winter (Vorlauf/Rücklauf): 80–85/55 °C
Besonderheiten bei der Einbindung und Betriebsweise	Wärmeerzeuger mussten in denkmalgeschütztes Gebäude integriert werden, vor allem die Einbindung des Biomassekessels war eine große Herausforderung
Umgebung	Wärmenetz bereits erweitert um ca. 500 m
Einbau weiterer Infrastruktur	Im Zuge des Wärmenetzbaus: Glasfaserkabel, Steuerkabel und Leerrohre mitverlegt; Stromkabel und Trinkwasserleitungen erneuert

Tabelle 26: Quartierskonzept und technische Komponenten in Bruchsal

Wärmekosten	Ca. 10 ct/kWh netto Wärmegegostehungskosten
Investitionskosten	4,45 Mio. € (förderfähiges Gesamt-Investitionsvolumen 3,6 Mio. €)
Wärmepreis	Leistungspreis 50 €/kW/a Arbeitspreis 5,90 ct/kWh Messpreis 149–499 € je nach Zählergröße (netto)
Förderung	Förderung über die Nationale Klimaschutzinitiative (NKI) als kommunales Klimaschutz-Modellprojekt mit 2,83 Mio. € (ca. 80 % des gesamten förderfähigen Investitionsvolumens)
Finanzierung	Finanzierung über die Stadtwerke Bruchsal GmbH
Betriebsmodell Wärmenetz	Stadtwerke Bruchsal (100 % Eigentum der Stadt Bruchsal) sind Betreiber und tätigten auch die Investition.

Tabelle 27: Wirtschaftliche Aspekte in Bruchsal

Rolle	Akteur(e)
Initiation/Konzept	Landkreis Karlsruhe Umwelt- und Energieagentur Kreis Karlsruhe (Mitinitiator) Stadt Bruchsal Stadtwerke Bruchsal
Investition	Stadtwerke Bruchsal
Planung	Wärmenetz: PUT GmbH, Wärmezeugung: Rbs wave GmbH
Bau	k. A.
Zulieferung	k. A.
Betrieb	Stadtwerke Bruchsal
Abnahme der Wärmelieferung / Kundenstamm	Ankerkunden: Gewerbliches Bildungszentrum und Gesamtschule sowie Seniorenzentrum
Ggf. Einflussnahme	k. A.
Lieferanten Holzhackschnitzel	Fa. Hellinger aus 76307 Karlsbad
Lieferant Holzpellets	Best Pellets GmbH

Tabelle 28: Organisatorische Aspekte in Bruchsal

Ausgangssituation und Zielsetzung des Projekts

- Ziel des Landkreises Karlsruhe: Klimaneutralität 2035
- Klimaschutzkonzept und Maßnahmenprogramm „zeozweifrei“ des Landkreises Karlsruhe 2014 durch Kreistag verabschiedet
- Bruchsal wurde in das Bund-Länder-Sanierungsprogramm „Soziale Stadt“ (SSP), überführt in das Programm „Sozialer Zusammenhalt“ (SZP), mit Durchführungszeitraum 2015 bis 2024 aufgenommen (Bruchsal, 2016) (Amtsblatt, 2016)
- Klimaschutz-Maßnahmenpaket der Stadt Bruchsal mit der Zertifizierung European Energy Award (eea) beschlossen, inklusive Ausbaustrategie für erneuerbare Energien und Fernwärmenetz in der Südstadt
- In der Bruchsaler Südstadt befindet sich eine denkmalgeschützte Landkreisschule, die eine Sanierung der Gebäudehülle nicht zulässt.
- Unter anderem wird dies zum Anlass genommen, im Jahr 2014 über das KfW-432-Programm das integrierte energetische Quartierskonzept „Bruchsal Südstadt“ zu erstellen (Bruchsal, 2014-2016) – beteiligt sind die Stadt Bruchsal in Kooperation mit dem Landkreis Karlsruhe, der Umwelt- und Energieagentur Kreis Karlsruhe und den Stadtwerken Bruchsal.
- Das Quartierskonzept wurde zu 65 Prozent durch den KfW-Kredit finanziert, die restlichen 35 Prozent Eigenanteil trugen die Kooperationspartner Stadt Bruchsal, Landkreis Karlsruhe und Stadtwerke Bruchsal.
- In diesem Zuge wurden die Energieverbräuche der ca. 350 Gebäude analysiert, Einsparpotenziale ermittelt, Erstberatungen angeboten und konkrete Maßnahmen vorgeschlagen. Es fanden Befragungen/Datenerhebungen, Thermografie-Erfassungen der Gebäude sowie Informationsveranstaltungen statt, zudem wurden 85 Erstberatungen durchgeführt und Energiediagnosen (detailliertere Betrachtungen) für das gewerbliche Bildungszentrum und die Gesamtschule erstellt (Bruchsal, 2014-2016).
- Die Möglichkeit eines Wärmenetzes wurde erstmals voruntersucht. Veröffentlichung des Quartierskonzepts war Ende 2015 (Bruchsal, 2014-2016).
- Die Konkretisierung des Wärmenetzkonzepts und die Vorbereitung des Förderantrags (NKI) erfolgten im Rahmen des Projekts Sanierungsmanagement Bruchsal Südstadt von 2016 bis 2019 (Bruchsal, 2020/2021).

- Beschluss einer Sanierungssatzung 2016 (Satzung über die förmliche Festlegung des Sanierungsgebiets „Südstadt“)

Zur Umsetzung des Projekts

- Projektstart dann im Juni 2018 nach dem Erhalt des Zuwendungsbescheids des Bundesumweltministeriums (BMU)
- Vorplanung und Ausführungsplanung bis Ende 2019
- Anfang 2020 Genehmigungsbescheid zum Bundesimmissionsschutzgesetz erhalten
- Im Jahr 2020 dann Baubeginn (Wärmenetz) und parallel dazu Öffentlichkeitsarbeit (Kontakt zu Wohnungseigentümergeinschaften, Wohnungsbaugesellschaften, privaten Eigentümerinnen und Eigentümern)
- Bei der Trassenverlegung wurden neben der Verlegung von Glasfaserkabeln, Steuerkabeln und Leerrohren auch Stromkabel, Trinkwasserleitungen und der Gehsteig erneuert.
- 2021 Bau/Montage der Wärmeerzeuger, Inbetriebnahme August 2021
- Das geplante Konzept wurde größtenteils umgesetzt bis auf geringfügige planerische Änderungen mit Auswirkung auf die Investitionskosten, nicht jedoch auf die prognostizierten Treibhausgaseinsparungen
- Betreiber sind die Stadtwerke Bruchsal, die zu 100 Prozent Eigentum der Stadt Bruchsal sind.

Die Lessons Learned aus dem Projekt

- Umsetzung von erster Idee bis zur Inbetriebnahme knapp sieben Jahre
- Sehr gute, erfolgreiche Kooperation der vier Hauptakteure Landkreis und Energieagentur sowie Stadt und Stadtwerke
- Weitere ähnliche Projekte in derselben Konstellation sind in Bruchsal bereits in der Umsetzung.
- Bislang sehr positive Erfahrungen mit dem Wärmenetz, Stand Dezember 2022 bereits Anschluss von fünf weiteren Objekten (EFH und Wohnblöcke), Beantragung bzw. Interessenbekundung von ca. 25 weiteren potenziellen Anschlussnehmern

5.8 Neustadt in Holstein

Die Projektentwicklung zum Wärmenetz „Hafenwestseite“ begann im Jahr 2012 mit dem Start eines Beteiligungs- und Untersuchungsprozesses zur Erarbeitung eines Hafen-Entwicklungskonzepts. Im Jahr 2016 wurde ein zweistufiger städtebaulicher Realisierungswettbewerb durchgeführt. Er beinhaltet auch das Ziel, eine innovative Energieversorgung des neu entstehenden Quartiers mitzudenken. Im Jahr 2019 wurde in einer Machbarkeitsstudie nach dem Förderpro-

gramm „Wärmenetze 4.0“ eine Wärmenetz-Vorzugsvariante erarbeitet, die nun in leicht abgeänderter Form im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) mit knapp 1,2 Millionen Euro vom Bund gefördert wird. Fördergegenstand ist dabei insbesondere die erste Meerwasser-Wärmepumpe in Deutschland zur Beheizung eines innerstädtischen Quartiers. Die Wärmepumpe wird voraussichtlich ab dem ersten Quartal 2024 Wasser aus der Ostsee zur Wärmeerzeugung nutzen.

Stadt, Quartier	Neustadt in Holstein, 15.154 Einwohnerinnen und Einwohner Quartier: Hafenwestseite – Mischgebiet westlich des Hafengebiets mit ca. 25 Anschlussnehmern
Merkmale des Quartiers	Hauptsächlich bestehend aus privaten Haushalten, öffentlichen Liegenschaften und Gebäuden aus dem Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssegment, Versorgungsstruktur ist eine Mischung aus denkmalgeschütztem Altbau und in Planung befindlichen Neubauten
Größe des Quartiers/ Versorgungsbereich	Im geplanten Endausbau ca. 35 ha. Das geplante Wärmenetz ist so ausgelegt, dass das Netz bis zu einem gewissen Grad nachverdichtet und das Versorgungsgebiet in gewissen Grenzen wachsen kann.
Planungs-/Umsetzungsstand	In Planung Geplante Inbetriebnahme im Jahr 2024
Wärmenetz: Trassenlänge	Ca. 5.000 m <ul style="list-style-type: none"> ■ Ca. 3.000 m Verteilnetz ■ Ca. 2.000 m Hausanschlussleitungen
Wärmemenge	Absatz im Endausbau ca. 5.400 MWh <ul style="list-style-type: none"> ■ Insgesamt drei Ausbaustufen (2024, 2030, 2035) erwartet
Anschlussnehmer	Neubau und Bestandsgebäude
Wärmeerzeuger/Wärmequellen	Erzeugerpark in der 1. Ausbaustufe: <ul style="list-style-type: none"> ■ Meerwasser-Wärmepumpe mit ca. 700 kW Leistung (65 % Wärmeanteil) ■ Erdgas-BHKW mit ca. 400 kW thermischer Leistung (25 % Wärmeanteil) ■ Erdgas-Spitzenlastkessel mit über 1.000 kW Leistung (10 % Wärmeanteil) Anteil erneuerbarer Energien in der 1. Ausbaustufe ca. 65 %
Wärmespeicher	Pufferspeicher in der Energiezentrale mit ca. 25 m³
Netztemperaturen	Auslegungstemperatur 72 °C im Vorlauf, 40 °C im Rücklauf, Temperaturerhöhung bei Leistungsspitzen im Winter und Temperaturabsenkung im Sommer angedacht
Besonderheiten bei der Einbindung und Betriebsweise	Die Meerwasser-Wärmepumpe kann Temperaturen bis ca. 4 °C nutzen, darunter entfällt sie als Wärmeerzeuger. In der Betriebsoptimierungsphase sollen Temperaturen bis etwa 2 °C nutzbar gemacht werden.
Umgebung	Nein
Einbau weiterer Infrastruktur	Im Zuge des Wärmenetzbaus möchten die Stadtwerke nach Möglichkeit weitere Infrastruktur straßenweise mitverlegen, z. B. Glasfaserkabel

Tabelle 29: Quartierskonzept und technische Komponenten Neustadt in Holstein

Wärmekosten	>15 Ct/kWh (netto)
Investitionskosten	>4,5 Mio. € (förderfähiges Gesamt-Investitionsvolumen 3,6 Mio. €)
Wärmepreis	Grundpreis abhängig von Leistungsklasse Arbeitspreis >15 Ct/kWh
Förderung	Förderung über die Nationale Klimaschutzinitiative als kommunales Klimaschutz-Modellprojekt mit 1,19 Mio. € gefördert (Fördergegenstand Meerwasser-Wärmepumpe) Komplementäre Förderung über die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) derzeit in der Beantragung
Finanzierung	Finanzierung zum Großteil über die Stadtwerke Neustadt GmbH
Betriebsmodell Wärmenetz	Stadtwerke Neustadt (100 % Eigentum der Stadt Neustadt) sind Betreiber

Tabelle 30: Wirtschaftliche Aspekte Neustadt in Holstein

Rolle	Akteur(e)
Initiation/Konzept	Stadt Neustadt Stadtwerke Neustadt Hamburg Institut
Investition	Stadtwerke Neustadt in Holstein
Planung	Vorplanung Hamburg Institut Fachplanung Averdung Ingenieure & Berater GmbH Fachplanung und Umsetzung Christoffers Anlagen- und Gebäudetechnik
Bau	Zum Teil in Eigenleistung Stadtwerke Neustadt
Zulieferung	k.A.
Betrieb	Stadtwerke Neustadt in Holstein
Abnahme der Wärmelieferung/ Kundenstamm	Ankerkunde ist das geplante Hostel, das nach dem Umbau der alten Getreidespeicher eröffnet werden soll, sowie Weitere
Ggf. Einflussnahme	Investor des Hostels
Lieferanten Brennstoffe (z. B. Biomasse)	k.A.

Tabelle 31: Organisatorische Aspekte in Neustadt in Holstein

Ausgangssituation und Zielsetzung des Projekts

- Keine besonderen übergeordneten Vorgaben vorhanden
- Motivation für Machbarkeitsstudie war das Ziel der Stadtwerke, neue Wärmenetze klimaneutral zu gestalten
- Grobe Gliederung des Ablaufs:
 - Entwicklung des Gebiets durch die Stadt seit 2012
 - Gespräche zur energetischen Versorgung seit 2016
 - Festsetzung der Wärmeversorgung über das Wärmenetz in den städtebaulichen Verträgen bei Verkauf der Grundstücke („nachhaltige Wärmeversorgung“), dadurch Sicherstellung einer Grundabnahme im neuen Gebiet
 - Grundabnahme sichergestellt
 - Förderung der Machbarkeitsstudie und der wasserrechtlichen Genehmigung über Fördermittel der NKI
 - Inbetriebnahme in 2024 geplant

Zur Umsetzung des Projekts

- Begleitung durch die Kommune maßgeblich über städtebauliche Verträge zum Anschluss an das Wärmenetz
- Kein weiterer Einsatz kommunaler Instrumente
- Interesse vor allem auf Basis wirtschaftlicher Vorteile
- Beurteilung der Öffentlichkeit teils kritisch aufgrund wirtschaftlicher Bedenken
- Nach Beginn des Ukraine-Krieges vermehrtes Interesse und weniger Bedenken, auf Wärmenetz umzusteigen
- Wasserentnahme wurde im Rahmen der wasserrechtlichen Genehmigung mit dem Fischereiverband diskutiert
- Umsetzung über die Stadtwerke (Eigenbetrieb), da Stadtwerke auch für alle Infrastrukturleitungen zuständig sind
- Finanzierung über kommunale Kredite, um bessere Konditionen zu bekommen als bei Aufnahme als GmbH

Die Lessons Learned aus dem Projekt

- Die Kommunikation während der Projektumsetzungsphase ist ein elementarer Bestandteil für eine erfolgreiche Umsetzung.
 - Erreichte Meilensteine lassen sich gut über Lokalpresse und Websites kommunizieren.
 - Auch Verzögerungen im Zeitplan sollten transparent kommuniziert werden.
 - Die Kommunikation ist sehr zeitintensiv und sollte unter anderem durch kommunale Stellen begleitet werden.
- Platzbedarf und Einschränkungen durch den Denkmalschutz sind frühzeitig mitzudenken und ausreichend zu adressieren.
- Die umgebende Bebauung ist frühzeitig zu beachten, wenn Energiezentralen im urbanen Raum umgesetzt werden sollen.
- Unter anderem Vorgaben für Schornsteinhöhen bei Wohnungsbebauungen
- Interesse am Netzanschluss ist im Nachhinein größer als gedacht – Planung daher von Anfang an offen gestalten und möglichst weitreichend die Umgebung einbeziehen oder auf Eignung prüfen

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Einordnung der kommunalen Umsetzungsstrategien in die Betriebsmodellsystematik (©Hamburg Institut), S.10

Abb. 2: Organisationsformen der Investition in Wärmenetze und Erzeugungsanlagen sowie ihrer Betriebsführung, S.12

Abb. 3: Mögliche Rechtsformen, in denen sich die Kommune im Kontext von Wärmenetzen betätigen kann, S.13

Abb. 4: Abhängigkeit der monatlichen Rate von Laufzeit und Zinssatz bei einem Darlehensvolumen von 10 Millionen Euro, S.21

Abb. 5: Verfügbarkeit, Effizienz und Erschließungskosten im qualitativen Zusammenhang (eigene Darstellung), S.28

Abb. 6: Nutzung von Abwärme als Wärmequelle für eine zentrale Wärmepumpe für das Quartier, S.30

Abb. 7: Anwendungen von Abwärmesenken und -quellen sowie der jeweils typische Temperaturbereich (neue Darstellung nach dena), S.31

Abb. 8: Nutzung von Abwasser aus der Kanalisation als Wärmequelle für eine zentrale Wärmepumpe für das Quartier, S.35

Abb. 9: Anwendungen von Geothermie und die dafür nötige Technik sowie der Temperaturbereich (eigene Darstellung nach Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (2019): Geothermische Technologien, Hrsg.: Bundesverband Geothermie, <<https://www.geothermie.de/geothermie/geothermische-technologien.html>>), S.37

Abb. 10: Quartierswärmeversorgung mittels Großwärmepumpe und Erdsonden als Wärmequelle, S.38

Abb. 11: Quartierswärmeversorgung mittels einer Großwärmepumpe und Umgebungsluft als Wärmequelle, S.40

Abb. 12: Temperaturbereiche von Solarthermie zur Wärmeerzeugung und typische Anwendungen, eigene Darstellung nach Jakob, U.: 190517-Erfolg-In-Algerien-03.Pdf, 2019 <https://www.german-energy-solutions.de/GES/Redaktion/DE/Publikationen/Praesentationen/2019/190517-erfolg-ir-algerien-03.pdf?__blob=publicationFile&v=2> [accessed 12 August 2020], S.44

Abb. 13: Solare Nachbarschafts-Gewächshäuser (Quelle: Hamburg Institut), S.44

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wärmequellen und typische Charakteristika nach (Kühne & Roth, 2020), (Sandrock et al., 2020), (Gross, 2022) und eigene Berechnungen, S.29

Tabelle 2: Nutzbare Abwärmequellen in Wohnquartiersnähe nach Stark et al. (2020), S.32

Tabelle 3: Eigenschaften der Wärmequelle Grundwasser im Überblick, S.33

Tabelle 4: Eigenschaften der Wärmequelle Abwasser im Überblick, S.36

Tabelle 5: Eigenschaften der Wärmequelle Geothermie im Überblick, S.38

Tabelle 6: Eigenschaften der Wärmequelle Umgebungsluft im Überblick, S.41

Tabelle 7: Emissionen und Grenzwerte von Luftwärmepumpen, S.42

Tabelle 8: Quartierskonzept und technische Komponenten in Neuerkirch-Külz, S.49

Tabelle 9: Wirtschaftliche Aspekte in Neuerkirch-Külz, S.50

Tabelle 10: Organisatorische Aspekte in Neuerkirch-Külz, S.50

Tabelle 11: Quartierskonzept und technische Komponenten in Dollnstein, S.53

Tabelle 12: Wirtschaftliche Aspekte in Dollnstein, S.54

Tabelle 13: Organisatorische Aspekte in Dollnstein, S.54

Tabelle 14: Quartierskonzept und technische Komponenten in Biberach, S.56

Tabelle 15: Wirtschaftliche Aspekte in Biberach, S.57

Tabelle 16: Organisatorische Aspekte in Biberach, S.57

Tabelle 17: Quartierskonzept und technische Komponenten in Steyerberg, S.59

Tabelle 18: Wirtschaftliche Aspekte in Steyerberg, S.59

Tabelle 19: Organisatorische Aspekte in Steyerberg, S.60

Tabelle 20: Quartierskonzept und technische Komponenten in Berlin-Eichkamp, S.62

Tabelle 21: Wirtschaftliche Aspekte in Berlin-Eichkamp, S.62

Tabelle 22: Organisatorische Aspekte in Berlin-Eichkamp, S.63

Tabelle 23: Quartierskonzept und technische Komponenten in Ostercappeln, S.65

Tabelle 24: Wirtschaftliche Aspekte in Ostercappeln, S.66

Tabelle 25: Organisatorische Aspekte in Ostercappeln, S.66

Tabelle 26: Quartierskonzept und technische Komponenten in Bruchsal, S.70

Tabelle 27: Wirtschaftliche Aspekte in Bruchsal, S.71

Tabelle 28: Organisatorische Aspekte in Bruchsal, S.71

Tabelle 29: Quartierskonzept und technische Komponenten Neustadt in Holstein, S.73

Tabelle 30: Wirtschaftliche Aspekte Neustadt in Holstein, S.74

Tabelle 31: Organisatorische Aspekte in Neustadt in Holstein, S.74

Literaturverzeichnis

- AGFW, 2023.** Wegenutzungsverträge für Fernwärmeleitungen. [Online] Available at: <https://www.agfw.de/energiewirtschaft-recht-politik/recht/wegenutzungsvertraege-fuer-fernwaermeleitungen>
- Amtsblatt, S. B., 2016.** Satzung über die förmliche Festlegung des Sanierungsgebietes „Südstadt“, s.l.: s.n.
- Ancelle, A., Bourgeois, M. & Joubert, J., 2022.** Personalwesen in den Kommunalverwaltungen - der Verwaltungseingpass bei der Umstellung des Gebäudebestands., s.l.: s.n.
- Bettrich, E. & Kerner, T., 2017.** Nahwärmeprojekt der Gemeinde Dollnstein, Dollnstein: Ratioplan GmbH.
- Bracke, R. & Huenges, E., 2022.** Roadmap tiefe Geothermie für Deutschland, Bochum: Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie (IEG).
- Bröer, G., 2019.** Sonne + Holz – den Gewinn macht das Dorf. In: Solnet 4.0., s.l.: s.n.
- Bruchsal, S., 2014-2016.** Energetisches Quartierskonzept „Bruchsal Südstadt“, s.l.: s.n.
- Bruchsal, S., 2020/2021.** Südstadt. [Online] Available at: <https://www.bruchsal.de/Len/suedstadt.html>
- Bruchsal, S. S., 2016.** Sanierung Bruchsal – SSP „Südstadt“. Bericht zu den vorbereitenden Untersuchungen Integriertes Stadtentwicklungskonzept. , s.l.: s.n.
- Buchmüller, C., Hoffmann, I. & Schäfer, J., 2020.** Einbindung von Verbrauchern in grüne Wärmenetze - kommunale Steuerungsinstrumente, Berlin: IKEM - Institut für Klimaschutz.
- BUKEA, 2021.** Leitfaden Erdwärmenutzung, Hamburg: Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft.
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, 2020.** Leitfaden für die Verbesserung des Schutzes gegen Lärm bei stationären Geräten, s.l.: s.n.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2008.** Grundwasser in Deutschland, Berlin: s.n.
- Bundesverband Wärmepumpe e.V., 2019.** Ratgeber Energie aus Abwasser, s.l.: s.n.
- Bürger, V. et al., 2021.** Agenda Wärmewende 2021, Freiburg / Hamburg: Öko Institut e.V..
- Buri, R. & Kobel, B., 2004.** Wärmenutzung aus Abwasser, s.l.: s.n.
- bwp e.V., 2016.** Leitfaden Erdwärme, Berlin: Bundesverband Wärmepumpe.
- CAU Kiel, 2019.** Energetische Stadtsanierung ist machbar! Individueller Report zu Erfolgsfaktoren von innovativen Ansätzen im Rahmen Energetischer Quartierskonzepte., s.l.: s.n.
- Drewes, S., 2022.** Nahwärme-West. [Online] Available at: <https://nahwärme-west.berlin/>
- Franz, E., 2018.** Rechtsformen der kommunalen Unternehmen der Abfallwirtschaft und Stadtreinigung, Berlin: Verband kommunaler Unternehmen.
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020.** Wärmepumpen in Bestandsgebäuden, s.l.: s.n.
- Giel, T., 2021.** Leitfaden Kalte Nahwärme. Mainz: Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH.
- Grahl, A., Joest, S. & Raulien, T., 2015.** Erfolgreiche Abwärmenutzung in Unternehmen, Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena).
- Greenhouse Media GmbH, 2021.** Betrieb von Wärmepumpen in Kaskade. [Online] Available at: <https://www.energie-experten.org/heizung/waermepumpe/betrieb/kaskade>
- Gross, M., 2022.** Kalte Nahwärmenetze zur klimafreundlichen Wärmeversorgung: Ökologie und Wirtschaftlichkeit in Bestands- und Neubauquartieren, Bochum: Ruhr-Universität Bochum.
- Hietel, E., Lenz, C. & Schanubelt, H., 2021.** Untersuchungsbericht zum Forschungsprojekt „Wissenschaftliche Untersuchungen zur Entwicklung eines Modellkonzepts für naturverträgliche und biodiversitätsfreundliche Solarparks“, Bingen: Hochschule Bingen.
- Holdschick, A., 2022.** Betreibermodelle Wärmenetze - Gemeinde Malsch., s.l.: Umwelt- und Energieagentur Kreis Karlsruhe.
- Holdschick, A., 2023.** Multiplikator:innen Interview "Wärmenetze in Bestandsquartieren" [Interview] (17 01 2023).
- IBS Ingenieurgesellschaft mbH, -, 2022.** Biberach Altstadtquartier - Wirtschaftlichkeit und möglicher Netzausbau, Bietigheim-Bissinge: s.n.

- Kaltschmitt, M., Streicher, W. & Wiese, A., 2020.** Erneuerbare Energien. s.l.:Springer.
- Karlsruhe, U.- u. E. K., laufend.** Stadtwerke Bruchsal: zeo-zweifrei – Fernwärme in der Bruchsaler Südstadt. [Online]. Available at: <https://www.fernwaerme-suedstadt.stadtwerke-bruchsal.de/index.html>
- Kaspers, J., Maiworm, C. & Hoppe, F., 2019.** Abschlussbericht Rahmenbedingungen für Nahwärmenetze, Osnabrück: Landkreis Osnabrück.
- Kenkmann, T., Köhler, B., Hesse, T. & Loschke, C., 2022.** Wirkungsanalyse für das Klimaschutzmanagement in Kommunen - Fördermittelnutzung., s.l.: Umweltbundesamt.
- Kern, J., 2011.** PKS-THERMPIPE® – die intelligente Wärmerückgewinnung aus Kanalrohren, s.l.: s.n.
- Klima-Bündnis e. V., 2022.** Klimaschutz und Klimaanpassung als kommunale Pflichtaufgabe(n) verankern., s.l.: s.n.
- Kühne, J. & Roth, T., 2020.** Praxisleitfaden Großwärmepumpe, s.l.: s.n.
- Kühne, J. & Roth, T., 2020.** Praxisleitfaden Großwärmepumpen, Frankfurt am Main: AGFW.
- Külz, G., 2015.** Bürgerinformation Nahwärmenetz Neuerkirch-Külz. [Online]. Available at: <http://www.kuelz.de/index.php/nahwaermenetz>
- Mehlin, B., 2021.** Warum Banken wohl die besseren Kreditgeber sind, Stuttgart: Staatsanzeiger Baden Württemberg.
- Meurer, M., 2015.** Solarthermie zur Einspeisung in das Nahwärmenetz der Gemeinden Neuerkirch und Külz., s.l.: Präsentation zur 11. Solartagung RLP..
- Michalzik, D., 2022.** Mitteltiefe Geothermie. [Online] Available at: <https://www.geoenergy-celle.de/kompetenz/geothermie/mitteltiefe-geothermie.html>
- Moeck, I. & Weber, J., 2022.** Ersatz fossiler Brennstoffe im Bereich Raumwärme und Warmwasser durch Geothermie als unverzichtbarer Bestandteil im Energiesektor Ökowärme bis 2045, Hannover: Leibniz-Institut für angewandte Geophysik.
- Müller, E. A. & Graf, E., 2011.** Heizen mit Abwasser, s.l.: s.n.
- Nahwärme-west eG, 2023.** Was ist eine Genossenschaft?. [Online] Available at: <https://nahwärme-west.berlin/2021/10/was-ist-eine-genossenschaft/>
- Ott, S. P. T. B. G. W. A., 2020.** Energiedörfer mit erneuerbarer Wärmeversorgung – Modelle für den erfolgreichen Betrieb von Wärmenetzsystemen., s.l.: Infoblatt Solare Wärmenetze..
- Plenefisch et al., 2015.** Tiefe Geothermie – mögliche Umweltauswirkungen infolge hydraulischer und chemischer Stimulationen, Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Rheinland-Pfalz, E., 2016.** Energieatlas Rheinland-Pfalz - Nahwärmeversorgung durch Solarthermie und Biomasse in den Gemeinden Neuerkirch und Külz. [Online].
- Rheinland-Pfalz, E., 2018.** Energie-Kommune Neuerkirch-Külz (2018): Neuerkirch-Külz – Fit für morgen. [Online] Available at: https://www.energieagentur.rlp.de/fileadmin/user_upload/Regionalbueros/Rheinessen-Nahe/Vortraege/20180807_Neuerkirch_Kuelz_Volker_Wichter_Download.pdf
- Rheinland-Pfalz, E., 2021.** Die „Energiekommune des Jahrzehnts“ setzt immer noch eins drauf – Wie Strukturwandel und Klimaschutz gelingen, das zeigen die Menschen im Rhein-Hunsrück-Kreis., s.l.: forum Nachhaltig Wirtschaften.
- Sandrock et al., 2020.** Kommunaler Klimaschutz durch Verbesserung der Effizienz in der Fernwärmeversorgung mittels Nutzung von Niedertemperaturwärmequellen am Beispiel tiefegeothermischer Ressourcen, Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Seibel, D., 2018.** Die Verbindung von öffentlicher Daseinsvorsorge und Wirtschaftlichkeit, Chemnitz: TU Chemnitz.
- Senatsverwaltung Berlin, 2022.** Klimaschutz und Bauplanung, Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen, Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz.
- Senatsverwaltung Berlin, 2022.** Klimaschutz und Bauplanung, Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen, Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz.
- Simmern-Rheinböllen, V., laufend.** Nahwärmeverbund Neuerkirch-Külz. [Online] Available at: <https://www.sim-rhb.de/rathaus/vg-werke/energieversorgung/nahwaermeverbund-neuerkirch-kuelz>
- Solar, R. X., laufend.** Nahwärmeverbund Neuerkirch-Külz - solare Großanlage heizt Simmern ein.. [Online] Available at: <https://www.ritter-xl-solar.de/anwendungen/waermenetze/nahwaermeverbund-neuerkirch-kuelz/>

Stark, S., Uthoff, F. & Miller, J., 2020. Leitfaden zur Erschließung von Abwärmequellen für die Fernwärmeversorgung, Frankfurt: AGFW.

Thalmann, S. & Deschaintre, L., 2023. Leitfaden - Übergangslösungen beim Ausbau thermischer Netze, s.l.: s.n.

Thoss, J., 2022. Klimaschutz als Pflichtaufgabe für Kommunen.. Tagesspiegel Background Energie & Klima, 14 September.

Umweltbundesamt, 2021. Gebündelte Infrastrukturplanungen und -zulassungen und integrierter Umbau von regionalen Versorgungssystemen - Herausforderungen für Umwelt- und Nachhaltigkeitsprüfungen (INTEGRIS), s.l.: s.n.

Umweltbundesamt, 2022. Abwasser. [Online] Available at: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/abwasser>

Venner Energie eG, 2022. Die Entwicklung der Venner Energie eG. [Online] Available at: <https://www.venner-energie.de/Die-Entwicklung-der-Venner-Energie-eG/>

Viessmann Climate Solutions SE, kein Datum Technologie-Broschüre Großwärmepumpe, s.l.: s.n.

VKU, 2018. Rechtsformen der kommunalen Unternehmen, München: Verband kommunaler Unternehmen e.V..

Westholm, H. V. A., 2019. Sozialwissenschaftliche Begleitforschung im Projekt SOLNET BW II., s.l.: s.n.

Wichter, V., 2016. Solares Wärmenetzprojekt in Neuerkirch-Külz. Schritte der erfolgreichen Entwicklung., s.l.: Forum Solare Wärmenetze.

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH, 2013. Stadtwerke-Neugründungen und Rekommunalisierungen, https://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Stadtwerke_Sondierungsstudie.pdf: s.n.

Abkürzungen

a	Jahr	el	elektrisch
AöR	Anstalt öffentlichen Rechts	EVU	Energieversorgungsunternehmen
ARA	Abwasserreinigungsanlage	EWG Bln	Berliner Klimaschutz- und Energiewendegesetz
AVBFernwärmeV	Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme	FNP	Flächennutzungsplan
AwSV	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	GEG	Gebäudeenergiegesetz
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle	GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
BauGB	Baugesetzbuch	GWh	Gigawattstunden
BBergG	Bundesberggesetz	h	Stunde
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude	H₂O	Wasser
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze	ha	Hektar
BHKW	Blockheizkraftwerk	HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
BImSchG	Bundes Immissionsschutzgesetz	K	Kelvin
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung	KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
B-Plan	Bebauungsplan	kf-Wert	Durchlässigkeitsbeiwert
cm	Zentimeter	kW	Kilowatt
COP	Coefficient of Performance	KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
CPC	Compound Parabolic Concentrator	l	Liter
ct	Cent	LiBr	Lithiumbromid
dB	Dezibel	m	Meter
DHH	Doppelhaushälfte	m²	Quadratmeter
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz	m³	Kubikmeter
EFH	Einfamilienhaus	MFH	Mehrfamilienhaus
		mg	Milligramm
		Mio.	Million

mm	Millimeter
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
NKI	Nationale Klimaschutzinitiative
ORC	Organic Rankine Cycle
PV	Photovoltaik
s	Sekunde
th	thermisch
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
W	Watt
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WP	Wärmepumpe

