



Energetische Quartierssanierung
Integriertes Quartierskonzept Eberbach
PN 432 – Programmteil A

Machbarkeitsprüfung Wärmenetze

Dezember 2024



MVV Regioplan

Gefördert durch:



Erstellt durch:

MVV Regioplan GmbH

Besselstraße 14b

68219 Mannheim

Tel. 0621 / 87675-0

Fax 0621 / 87675-99

E-Mail info@mvv-regioplan.de

Internet <http://www.mvv-regioplan.de>

Projektleitung: M.Sc. Katrin Rauland

Projektbearbeitung: M.Sc. Vera Sehn

M.Sc. Katrin Rauland

Raphael Seel

In enger und vertrauensvoller Zusammenarbeit mit



Anton Fleischmann

Stadtverwaltung Eberbach, Klimaschutz

Stadt Eberbach

Leopoldsplatz 1

69412 Eberbach

INHALTSVERZEICHNIS

1	Ausgangsbasis	1
2	Wärmebedarf und Trassenverlauf	2
2.1	Quartier Nord-West	2
2.2	Quartier Kernstadt	4
3	Technisches Konzept	6
3.1	Vorgehen	6
3.2	Ergebnisse Quartier Nord-West	6
3.3	Ergebnisse Quartier Kernstadt	8
3.4	Vergleichende Darstellung der Varianten	12
4	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	14
4.1	Annahmen Erlöse	14
4.2	Annahme Kosten	16
4.3	Ergebnisse Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Nord-West	18
4.4	Ergebnisse Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Kernstadt	19
4.5	Einordnung der Wirtschaftlichkeitsergebnisse	21
5	Weiterführende Betrachtung	22
5.1	Vor- und Nachteile eines Wärmenetzes	22
5.2	Erweiterungsoptionen der betrachteten Wärmenetze	23
5.3	Weitere Standortoption Flusswärme Kernstadt	26
5.4	Weitere Standortoption Oberflächennahe Geothermie Nord-West	27
5.5	Kalte Nahwärme	29
6	Fazit und Ausblick	30
7	Quellenverzeichnis	33

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Wärmeverbrauchsichte im Quartier Nord-West	2
Abbildung 2: Geplanter Netzverlauf der Erweiterung Wärmenetz Steige	3
Abbildung 3: Geplanter Netzverlauf mit Energiezentrale Hohenstaufen Sporthalle	4
Abbildung 4: Geplanter Netzverlauf mit Energiezentrale Güterbahnhof	5
Abbildung 5: Jahresprofil des Wärmebedarfs bei einer Anschlussquote von 70 % am Beispiel Güterbahnhofstraße.	6
Abbildung 6: Anteil Wärmeerzeugung je Energieträger	13
Abbildung 7: Wärmebedarf Anteil Ankerkunden	14
Abbildung 8: Treibhausgas-Emissionen je kWh erzeugte Wärme	14
Abbildung 9: Investitionskosten Quartier Nord-West	18
Abbildung 10: Kostenstruktur über 20 Jahre, Quartier Nord-West	19
Abbildung 11: Kapitalwert basierend auf gewählten Prämissen, Quartier Nord-West	19
Abbildung 12: Investitionskosten inkl. Förderung, Quartier Kernstadt	20
Abbildung 13: Kostenstruktur über 20 Jahre, Quartier Kernstadt	20
Abbildung 14: Kapitalwert basierend auf gewählten Prämissen, Quartier Kernstadt	21
Abbildung 15: Erweiterungsoption Quartier Nord-West	24
Abbildung 16: Erweiterungsoption Quartier Kernstadt, Standort Schule	25
Abbildung 17: Erweiterungsoption Quartier Kernstadt, Standort Güterbahnhofstraße	26
Abbildung 18: Spezifische Wärmeentzugsleistung (W/m): 100m Tiefe, 1800 h/a, Lage der möglichen Flächen für Erdsonden	28

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Abschätzende Dimensionierungen Rohrleitungen, Quartier Nord-West	7
Tabelle 2: Abschätzende Dimensionierung Rohrleitungen, Quartier Kernstadt Sporthalle	9
Tabelle 3: Abschätzende Dimensionierung Rohrleitungen, Quartier Kernstadt Güterbahnhofstraße	11
Tabelle 4: Variantenvergleich Erzeuger	12
Tabelle 5: Übersicht Dimensionierung	12
Tabelle 6: Annahmen Kostenpositionen Energieerzeugung.	17
Tabelle 7: Annahmen Energiebezugspreise	17
Tabelle 8: Sensitivitätsbetrachtung am Beispiel Güterbahnhofstraße.	22

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

a	Jahr
Abb.	Abbildung
AGFW	Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.
BEG EM	Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahme
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
CO ₂ e	CO ₂ -Äquivalente
COP	Coefficient of Performance
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EU	Europäische Union
GEG	Gebäudeenergiegesetz
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
JAZ	Jahresarbeitszahl
Kap.	Kapitel
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
m ²	Quadratmeter
MFH	Mehrfamilienhaus
MWh	Megawattstunde
RLT	Rücklauftemperatur
SCOP	Seasonal Coefficient of Performance
t	Tonne
THG	Treibhausgas(e)
WP	Wärmepumpe
WPG	Wärmeplanungsgesetz
VLT	Vorlauftemperatur

1 Ausgangsbasis

Im Rahmen des Quartierskonzepts Eberbach wurde für die Kommune eine Machbarkeitsprüfung für ein Wärmenetz im Quartier Nord-West sowie Kernstadt durchgeführt. Ein Wärmenetz bietet die Möglichkeit Wärme zentral in einer Energiezentrale zu erzeugen und über Rohrleitungen zu den Gebäuden zu transportieren. Dort wird die Wärme durch Übergabestationen für das Gebäude nutzbar gemacht, so dass keine dezentrale Energieerzeugung bei den Gebäuden erforderlich ist. Betrachtungsgegenstand ist ein Wärmenetz mit Vorlauftemperaturen von ca. 70 - 90 ° C Celsius, ein kaltes Nahwärmenetz, mit einem Temperaturniveau von 5-35 ° C wird im Rahmen einer weiterführenden Betrachtung in Kapitel 5.5 betrachtet.

Die Machbarkeitsprüfung gibt eine erste Einordnung, wo ein Wärmenetz in Eberbach sinnvoll sein könnte, welche Erzeugungsvarianten in Frage kommen würden und bewertet ein mögliches Wärmenetz basierend auf wirtschaftlichen Aspekten. Im Falle eines positiven Ergebnisses sind konkretere Betrachtungen in Form einer Machbarkeitsstudie erforderlich, welche im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) gefördert werden können.

Als Ausgangsbasis für einen ersten Umriss des Wärmenetzes wurden mehrere Faktoren berücksichtigt. Relevant ist zum einen die Wärmedichte (vgl. Hauptbericht Quartierskonzept Kapitel 3.2.4.). Je höher die Wärmedichte, desto mehr Wärme kann je Rohrleitungslänge abgenommen werden, was die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes verbessert. Hierbei ist zu beachten, dass die Wärmedichte nur eine erste Orientierung geben kann. Wesentlich ist auch das Anschlussinteresse der Gebäudeeigentümer:innen, welches in Form von Befragungen oder Vorverträgen ermittelt werden kann. In Abhängigkeit der Ergebnisse kann der Umriss eines Wärmenetzes angepasst werden.

Um die Unsicherheit bzgl. des Anschlussinteresses zu minimieren und das Risiko aus Wärmenetzbetreibersicht zu reduzieren, sind Ankerkunden wesentlich. Ankerkunden sind Gebäude, die einen höheren Wärmeverbrauch aufweisen und eine zuverlässige Wärmeabnahme gewährleisten. Dies können beispielsweise kommunale Liegenschaften oder Gewerbebetriebe sein. Des Weiteren spielt der mögliche Standort einer Energiezentrale eine Rolle. Gebäude, die in der Nähe der Energiezentrale liegen, bzw. auf dem Weg zwischen Energiezentrale und Ankerkunden, sind in der Regel ebenfalls interessant für ein Wärmenetz.

Im Quartier Nord West gibt es bereits ein Wärmenetz, an das mehrere Schulen und Wohngebäude angeschlossen sind. Die Energiezentrale Steige erzeugt Wärme durch einen 800 kW Holzhackschnitzel-Kessel und 2 Gaskessel mit je 1.820 kW, wobei der Holzhackschnitzel Kessel in Grundlast gefahren wird und ca. 2/3 der Wärmemenge bereitstellt und die Erdgaskessel als

Spitzenlast etwa 1/3 der Wärme erzeugen. Derzeit werden durch die Energiezentrale Steige ca. 3.300 MWh/a Wärme von Kunden bezogen. Das Gelände der Energiezentrale bietet noch ungefähr 400 m² freie verfügbare Fläche, welche für eine Erweiterung der Wärmeversorgung zur Verfügung stehen würden.

Im Quartier Kernstadt ist derzeit kein größeres Wärmenetz vorhanden. Die Bebauung in der Kernstadt ist sehr dicht und von älteren Gebäuden geprägt. Als mögliche Standorte für eine Energiezentrale wurde das zweite Untergeschoss der Hohenstaufen Sporthalle sowie eine derzeit als Parkfläche genutzte Fläche in der Güterbahnhofstraße detaillierter betrachtet.

2 Wärmebedarf und Trassenverlauf

2.1 Quartier Nord-West

In Abbildung 1 sind die Wärmeverbrauchsichten des Quartiers Nord-West farblich dargestellt, von rot (sehr hohe Wärmenetzeignung) bis grün (Empfehlung von Wärmenetzen in Neubaugebieten).

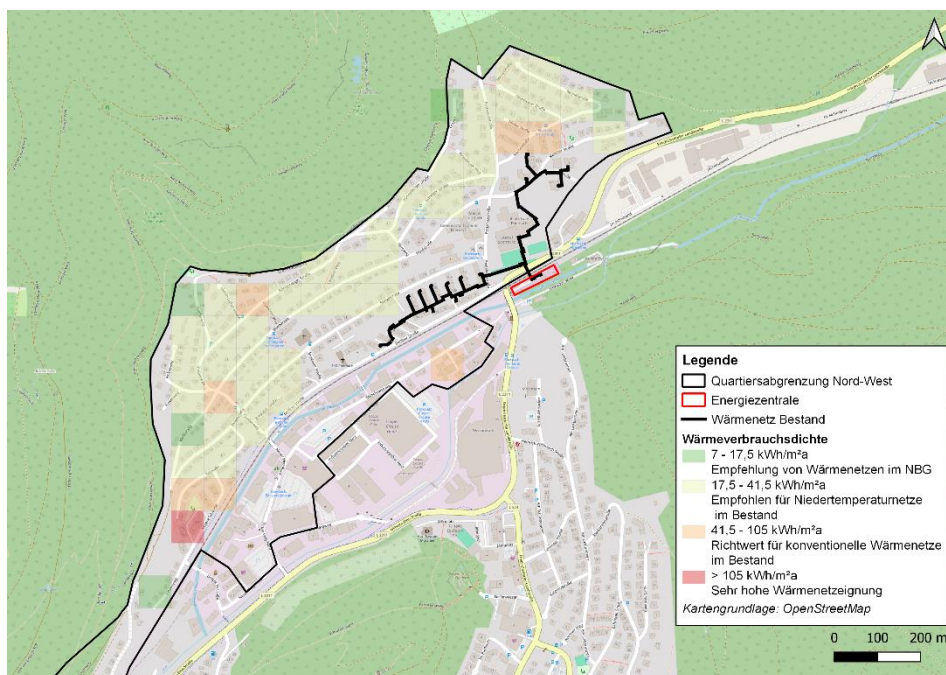


Abbildung 1: Wärmeverbrauchsichte im Quartier Nord-West

Das bestehende Wärmenetz (in schwarz dargestellt) deckt bereits die roten und orangenen Bereiche im Norden des Quartiers mit hohen Wärmeverbrauchsichten ab. Weitere Gebiete mit sehr hoher Wärmenetzeignung befinden sich im Gewerbegebiet und bei den Mehrfamilienhäusern der Eberbacher Baugenossenschaft. Der Großteil der Fläche im Quartier Nord-West zeichnet sich durch eine Einfamilienhausbebauung und geringere Wärmeverbrauchsichten aus.

Die Mehrfamilienhäuser der Eberbacher Baugenossenschaft haben unverbindliches Anschlussinteresse geäußert und werden deshalb im Rahmen dieser Machbarkeitsprüfung als Ankerkunde betrachtet. Sie haben insgesamt einen Wärmeverbrauch von rund 2.000 MWh. Weitere Ankerkunden könnten Industrie oder Gewerbetriebe mit hohem Wärmeverbrauch sein, allerdings gab es von den angefragten Unternehmen keine Rückmeldung zum Anschlussinteresse, weshalb sie zunächst nicht als fester Ankerkunde betrachtet werden. Bei Ankerkunden wird im Folgenden immer eine Anschlussquote von 100 % unterstellt, bei den anderen Gebäuden wird die Anschlussquote bezogen auf den Wärmebedarf variiert.

Um die Mehrfamilienhäuser an die bestehende Trasse anzuschließen, wäre einerseits eine Verlängerung des bestehenden Netzes Richtung Talstraße denkbar. Allerdings wäre dafür basierend auf durchgeführten Simulationen eine größere Rohrdimensionierung des aktuellen Strangs Richtung Nordwesten erforderlich. Deshalb wurde eine Erweiterung des Wärmenetzes entlang der Gütschowstraße bis zur Talstraße als zweiter Hauptstrang geplant, so dass die bestehenden Rohrleitungen nicht verändert werden müssen und die Wärmeabnehmer im Industriegebiet mit hohen Wärmebedarfen ebenfalls angeschlossen werden könnten. Der vorgesehene Leitungsverlauf ist in Abbildung 2 dargestellt.

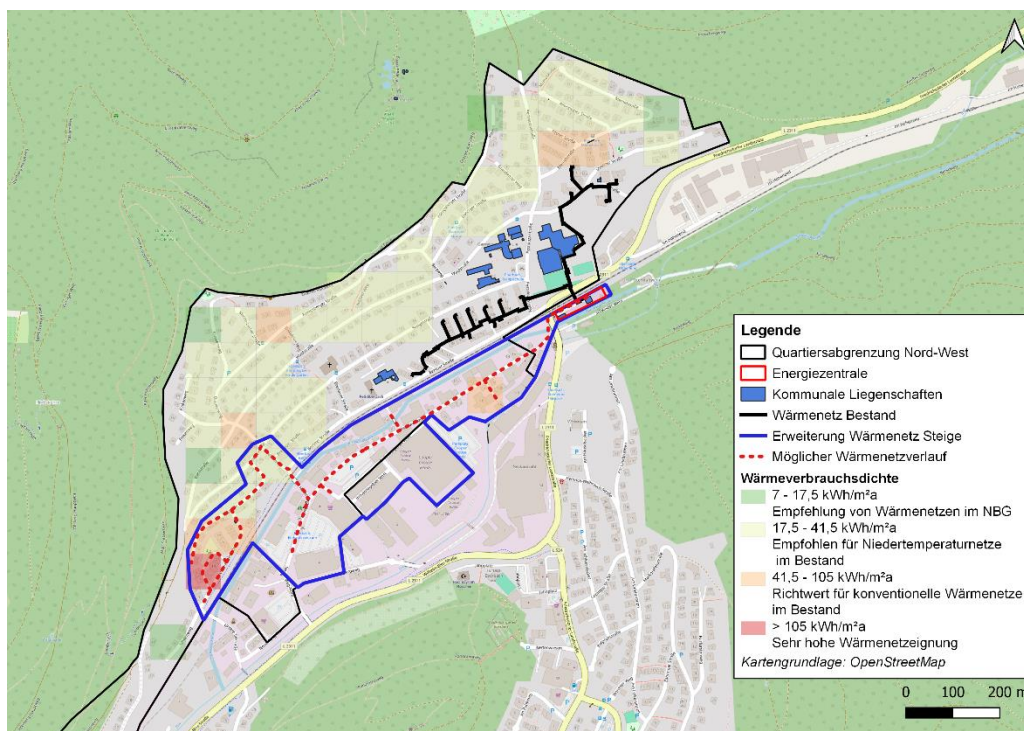


Abbildung 2: Geplanter Netzverlauf der Erweiterung Wärmenetz Steige

Der derzeitige Verbrauch der Abgrenzung „Erweiterung Wärmenetz Steige“ sind 6.442 MWh/a. Als potenziellen Kunden würden neben den Gebäuden der Eberbacher Baugenossenschaft als Ankerkunden noch 16 Gewerbekunden in der Gütschowstraße, das Einkaufcenter und 12

Einfamilienhäuser, die entlang der Trasse liegen in Frage kommen. Insgesamt könnten bis zu 56 Gebäude angeschlossen werden, bei einer Anschlussquote von 70 % wären es 46 Gebäude.

Unter Berücksichtigung des Wärmebedarfes des bestehenden Wärmenetzes Steige sowie der vorgeschlagenen Erweiterung, resultiert für das Jahr 2030 ein Wärmebedarf von etwa 8.340 MWh. Hierbei wurde ein Rückgang des Wärmebedarfs aufgrund energetischer Gebäudesanierungen berücksichtigt.

2.2 Quartier Kernstadt

Der Wärmebedarf im Quartier Kernstadt beträgt rund 19.000 MWh pro Jahr, wovon etwa drei Viertel auf den Energieträger Erdgas entfallen. Ein Wärmenetz ist in diesem Gebiet bislang nicht vorhanden.

In Abbildung 3 wird eine erste Abgrenzung von Gebieten der Kernstadt dargestellt, die sich wirtschaftlich für ein Wärmenetz eignen könnten. Diese Einschätzung basiert auf den Wärmeverbrauchsichten, wie sie bereits im Quartier Nord-West angewendet wurden. In dieser Variante dient die Hohenstaufen-Sporthalle als Basis für eine Energiezentrale. Das Wärmenetz verläuft entlang der Friedrich-Ebert-Straße in Richtung Altstadt und erstreckt sich bis zur Dr.-Weiß-Grundschule. Die Altstadt bietet sich aufgrund ihrer hohen Wärmeverbrauchsichten und der vielen denkmalgeschützten Gebäude, die eine hohe Vorlauftemperatur benötigen, besonders für ein Wärmenetz an. Zusätzlich ist in der Altstadt der Platz für dezentrale Alternativen wie Luft-Wärmepumpen begrenzt.

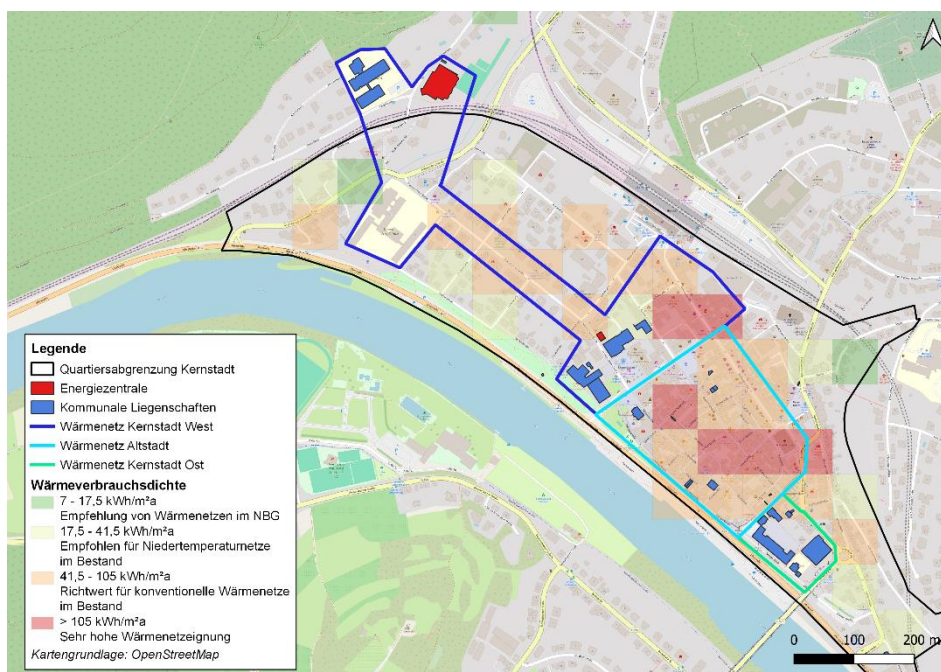


Abbildung 3: Geplanter Netzverlauf mit Energiezentrale Hohenstaufen Sporthalle

Das geplante Wärmenetz könnte bei einer Anschlussquote von 100 % bis zu 290 Gebäude versorgen und einen Wärmeverbrauch von 12.120 MWh pro Jahr decken. Für die Berechnungen dieser Variante wurde eine Anschlussquote von 70 %, sowie einer Reduktion des Wärmeverbrauchs durch Sanierungen der Gebäude berücksichtigt. Darauf basierend würde das Wärmenetz einen Wärmebedarf von 8.240 MWh pro Jahr decken und etwa 225 Gebäude versorgen. Ankerkunden wie kommunale Gebäude sind hierbei berücksichtigt.

Die zweite Variante, dargestellt in Abbildung 4, sieht die Energiezentrale in der Güterbahnstraße vor. Hier wäre ein Standort auf einer derzeit als Parkplatz genutzten Fläche östlich oder westlich des Supermarktes denkbar unter Abwägung der Flächenkonkurrenz mit anderen Nutzungsformen. Von dort aus würde das Wärmenetz die Altstadt versorgen und bis zur Dr.-Weiß-Grundschule führen. Hierbei ist zu beachten, dass die Rohrtrasse über oder unter der vorhandenen Bahntasse entlang geführt werden muss. Für diese Genehmigung ist eine entsprechende Zeitschiene und ein entsprechender Kostenaufwand einzuplanen. In dieser Variante könnten bis zu 270 Gebäude angeschlossen und ein Wärmeverbrauch von 13.141 MWh pro Jahr gedeckt werden. Mit einer Anschlussquote von 70 % und einer Sanierungsrate analog zur ersten Variante, würden 7.916 MWh pro Jahr über das Netz abgedeckt, was einer Versorgung von 190 Gebäuden entspricht.

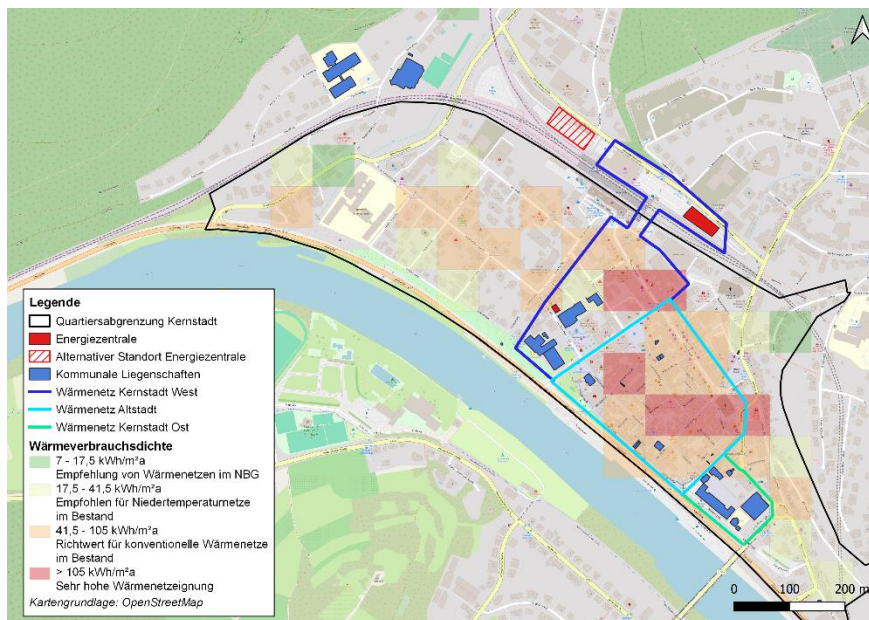


Abbildung 4: Geplanter Netzverlauf mit Energiezentrale Güterbahnhof

Im Vergleich zur Variante mit der Energiezentrale an der Sporthalle könnte in dieser Variante zusätzlich der REWE-Markt an das Wärmenetz angeschlossen werden. Allerdings ermöglicht die geänderte Lage der Energiezentrale keinen Anschluss der Hohenstaufen-Sporthalle bzw. des Gymnasiums sowie der Theodor-Frey-Schule, da diese nicht an der Hauptleitung des

Wärmenetzes liegen. Es wäre denkbar, die Theodor-Frey-Schule zu einem späteren Zeitpunkt als Erweiterung an das Wärmenetz anzuschließen. Weiteres Erweiterungspotenzial ist in Kapitel 5.2 dargestellt.

3 Technisches Konzept

3.1 Vorgehen

Für die Machbarkeitsprüfung wurden Lastprofile der Verbraucher unter Berücksichtigung eines für die Region typischen Temperaturprofils berücksichtigt. Abbildung 5 stellt den beispielhaften Bedarf über den Zeitverlauf in kW dar, bei einer Anschlussquote von 70 %.

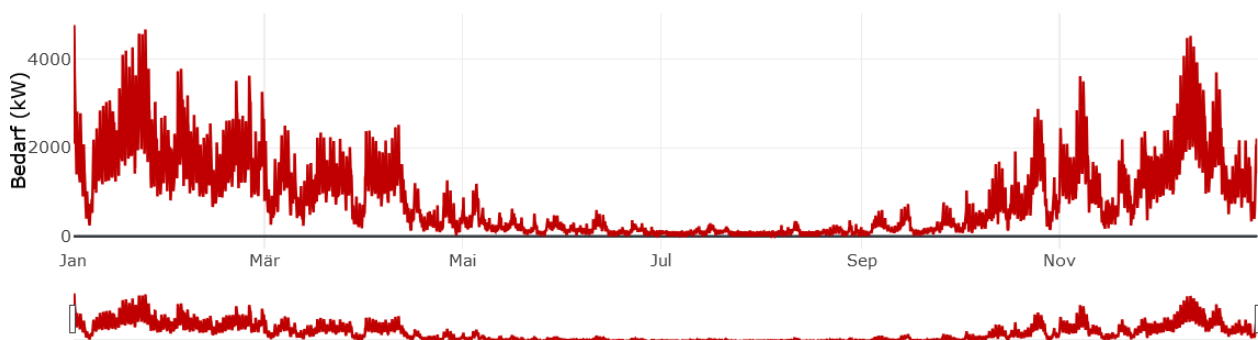


Abbildung 5: Jahresprofil des Wärmebedarfs bei einer Anschlussquote von 70 % am Beispiel Güterbahnhofstraße.

(Darstellung basierend auf Simulationen mit nPro Energy)

Als Erzeugungstechnologie für das Wärmenetz kommen unterschiedliche Optionen in Frage, welche zudem untereinander kombiniert werden können, um eine klimaneutrale Wärmeherzeugung zu ermöglichen und frühzeitig die gesetzlichen Vorgaben nach § 31 Wärmeplanungsgesetz zu erfüllen, welches vorschreibt, dass Wärmenetze bis 2045 klimaneutral sein müssen. Eberbach hat das Ziel 2035 klimaneutral zu sein. Aus diesem Grund wurden ab diesem Jahr fossile Brennstoffe ausgeschlossen. Als potenzielle Brennstoffe wurden ausschließlich Biomasse und Biogas berücksichtigt.

3.2 Ergebnisse Quartier Nord-West

Die Verteilleitungen der in Kapitel 2.1 dargestellten Erweiterung wären ca. 1,7 km lang (ohne Hausanschlüsse). Unter Berücksichtigung der Hausanschlussleitungen ergibt sich eine gesamte Trassenlänge von ca. 2,5 km. Eine erste abschätzende Dimensionierung der Verteilleitungen ergibt die in Tabelle 1 dargestellten Nennweiten und Rohrlängen:

Tabelle 1: Abschätzende Dimensionierungen Rohrleitungen, Quartier Nord-West

Nennweite	Länge in m
DN 40	40
DN 50	40
DN 65	40
DN 80	110
DN 100	220
DN 125	470
DN 150	320
DN 200	430

Für das Temperaturniveau des Wärmenetzes wurde basierend auf den Vorlauftemperaturen der Gebäude eine gleitende Netztemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur von 90 - 75 °C gewählt. Alternativ würde auch die Möglichkeit bestehen, dass eine geringere Vorlauftemperatur für das Wärmenetz gewählt wird und bei einzelnen Gebäuden, bei denen das Temperaturniveau nicht ausreichend ist, eine Erhöhung mittels eines Boosters erfolgt. Dies ist kein Teil der Machbarkeitsprüfung und wäre in einer detaillierteren Betrachtung zu untersuchen. Als Rücklauftemperatur wurden 60°C angenommen. Die bestehenden Fernwärmeübergabestationen müssten ggf. getauscht werden, da die Auslegungstemperaturen ein anderes Niveau haben. Bei Neuanschlüssen ist der bauliche Stand zu beachten und ggf. energetische Sanierungsmaßnahmen durch den Kunden zu berücksichtigen.

Im Folgenden sind die drei berechneten Varianten für das Quartier Nord-West dargestellt.

a. Erweiterung durch Luft Wärmepumpen

Bei der ersten Variante werden der bestehende Biomassekessel sowie ein Erdgaskessel des Wärmenetzes Steige unverändert gelassen und die Energiezentrale mit einem zweiten Wärmespeicher mit 200 m³ Volumen und einer Kaskade von Luftwärmepumpen mit insgesamt 3,2 MW ergänzt. Damit würden rund 50 % der Wärme mit dem Biomassekessel, rund 45 % mit einer Luft-Wärmepumpe und 5 % mit dem Erdgaskessel erzeugt werden. Beim Erdgaskessel besteht bei allen Varianten die Option, dass Biomethan zur Wärmeerzeugung verwendet wird, um diese klimaneutral zu erzeugen.

b. Weiterer Biomasse Kessel und Luft Wärmepumpen (Luft-WP)

Bei der zweiten Variante ist ein weiteren Biomassekessel mit 800 kW vorgesehen, so dass insgesamt 1,6 MW Leistung über Biomasse abgedeckt sind und die Luftwärmepumpe mit einer vergleichsweise geringeren Leistung von 1,2 MW ausgelegt werden kann. Der Erdgaskessel würde vorerst bestehen bleiben und den Wärmespeicher wie in Variante a mit 200 m³ Volumen

ergänzen. Damit würden rund 70 % der Wärme mit Biomasse, rund 20 % mit der Luft-Wärmepumpe und 7 % mit dem Erdgaskessel erzeugt werden.

c. Erweiterung durch Luft WP und Abwärmenutzung

Als dritte Variante wurde untersucht, wie die Abwärme eines Unternehmens für die Wärmeerzeugung des Wärmenetzes genutzt werden könnte. Im Unternehmen fallen heiße Abgase an, allerdings in unregelmäßigen Zeitabschnitten. Um diese Abwärme nutzen zu können, müsste man im Schornstein einen Abgas Wärmetauscher einbauen, einen Pufferspeicher sowie einen Wasserkreislauf einplanen, der die Wärme vom Wärmetauscher zum Pufferspeicher und zurück transportiert. Da das Unternehmen nicht innerhalb des geplanten Leitungsverlaufes des Wärmenetzes liegt, müsste eine zusätzliche Anschlussleitung bis zum Wärmenetz vorgesehen werden.

Für die Dimensionierung der Wärmeerzeuger bedeutet die Einbeziehung der Abwärme, dass die bestehenden Biomasse- und Erdgaskessel trotzdem mit 2,3 MW Luftwärmepumpen und einem größeren Wärmespeicher ergänzt werden müssten. Die Abwärme könnte etwa 8 % der Wärme bereitstellen, der Biomassekessel 35 %, die Luft-WP 50 % und der Erdgaskessel 5 %.

Auswahl vertiefende Betrachtung

Für die vertiefende Betrachtung wurde Variante a gewählt. Im Vergleich zu Variante b ist dort der Biomasseanteil geringer, was die Abhängigkeit von Preisschwankungen sowie die Zahl der Anlieferungen minimiert. In Variante c könnte Abwärme genutzt werden, aufgrund der produktionsbedingten Schwankungen sowie des nur geringen Anteils an der Wärmedeckung bei gleichzeitig steigender Komplexität des Wärmenetzsystems, wurde diese Variante nicht für die vertiefende Betrachtung favorisiert. Die gewählte Variante wird in der vergleichenden Darstellung in Abschnitt 3.4 als V1 bezeichnet.

3.3 Ergebnisse Quartier Kernstadt

3.3.1 Energiezentrale Hohenstaufen-Sporthalle

Ein Teil des zweiten Untergeschosses der Hohenstaufen-Sporthalle in Eberbach ist derzeit ungenutzt. Die verfügbare Fläche beträgt, aufgeteilt auf zwei Räume ca. 350 m², die Höhe der Räume beträgt ca. 4 m. Die Lage des Grundstücks bietet Potenzial sowohl oberflächennahe Geothermie als auch die Wärme des nahegelegenen Flusses Itter zu nutzen. Darüber hinaus könnte auch hier Umgebungswärme der Luft oder Biomasse zur Energiegewinnung genutzt werden.

Die theoretischen Potenziale der verschiedenen Wärmeerzeuger ergaben eine maximale Entzugsleistung von 2 MW durch oberflächennahe Geothermie mit Erdsonden in einer Tiefe von

400 m. Der Fluss Itter könnte mit einer Entzugsleistung von 1,65 MW ebenfalls zur Wärmeversorgung beitragen, wobei hier angenommen wurde, dass 20 % des Wassers entnommen und mit einer um 3 K niedrigeren Temperatur wieder zurückgeführt werden.

Nach einer detaillierteren Simulation der Erdsonden zeigte sich, dass sich diese stark gegenseitig beeinflussen, wodurch der spezifische Wärmeentzug (11,6 W/m) bei einem Sondenabstand von 5 m deutlich reduziert wurde. Aufgrund der begrenzten Fläche musste der Sondenabstand verringert werden, um die gesamte Wärmeaufnahme zu maximieren, ohne die verfügbare Sondenfläche zu überschreiten. Das theoretische Potenzial war somit größer als das tatsächlich realisierbare Potenzial. Für eine präzisere Einschätzung des tatsächlichen Wärmeentzugs ist ein Thermal Response Test erforderlich.

Die Verteilleitungen des Wärmenetzes hätten eine Länge von etwa 3,6 km (ohne Hausanschlussleitungen). Unter Einbeziehung der Hausanschlussleitungen ergibt sich eine gesamte Trassenlänge von rund 5,8 km. Eine erste abschätzende Dimensionierung der Verteilleitungen liefert die in Tabelle 2 dargestellten Nennweiten und Rohrlängen (exkl. Hausanschlüsse):

Tabelle 2: Abschätzende Dimensionierung Rohrleitungen, Quartier Kernstadt Sporthalle

Nennweite	Länge in m
DN 65	16
DN 80	16
DN 100	63
DN 125	920
DN 150	2.206
DN 200	381

Die Vorlauftemperatur im Wärmenetz der Sporthalle wird für die Simulation über das Jahr gleitend zwischen 75 und 85 °C festgelegt, als Temperaturspreizung wurden 20 K gewählt. Die absoluten Wärmeverluste betragen etwa 11 %, was der erzeugten Wärme entspricht.

Drei Varianten für die Wärmeerzeugung wurden im Rahmen der Prüfung untersucht:

a. Flusswärmepumpe, Erdwärmepumpe, Biogaskessel

In dieser Variante wird die Wärme hauptsächlich durch eine Wärmepumpe mit Erdsonden sowie eine Flusswärmepumpe, welche die nahegelegene Itter nutzt, bereitgestellt. Ein Biogaskessel kommt für die Spitzenlasten und in den kalten Monaten zum Einsatz. Der Wärmespeicher ist auf 200 m³ begrenzt und könnte vor den Parkplätzen außerhalb der Sporthalle, installiert werden. Für die Erdsonden wird die Fläche des benachbarten Sportplatzes mit 5.000 m² vollständig genutzt,

welcher nach der Installation der Erdsonden wieder als Sportplatz zur Verfügung steht. Da eine ausschließliche Deckung des Wärmebedarfs durch oberflächennahe Geothermie und Flusswärme nicht ausreichend ist, wird ein Biogaskessel ergänzend integriert. In dieser Konfiguration liefert Biogas 26 % der Wärme, die Flusswärmepumpe 44 % und die Erdwärmepumpe 30 %.

b. Erdwärmepumpe und Biomassekessel

In dieser Variante übernimmt ein Biomassekessel sowohl die Grund- als auch die Spitzenlast, unterstützt durch einen 200 m³ dimensionierten Wärmespeicher. Die maximal mögliche Wärmeleistung der Erdwärmepumpe bleibt dabei die gleiche wie in Variante 1. Die Biomasse trägt in dieser Variante mit 70 % den größten Teil der Wärmeerzeugung bei, während die restlichen 30 % von der Erdwärmepumpe gedeckt werden.

c. Luft-WP und Biomassekessel

In dieser Variante werden die Flusswärmepumpe und die Erdsonden-Wärmepumpe durch eine Luft-Wärmepumpe ersetzt, die zusammen mit dem Biomassekessel den Wärmebedarf deckt. Der Biomassekessel muss in dieser Variante größer dimensioniert werden, um die Spitzenlast zu decken. Der Wärmespeicher behält das gleiche Volumen wie in den vorherigen Varianten. Die Luft-Wärmepumpe hat eine Leistung von 2 MW. In dieser Variante wird die Wärmeerzeugung jeweils zu 50 % über Biomassekessel und die Luft-Wärmepumpe gedeckt. Bei der Nutzung von Luftwärmepumpen müssen Lärmemissionen berücksichtigt werden, welche durch die austretende Luft entstehen. Zudem ist es notwendig, die Zu- und Abluft thermisch zu entkoppeln.

Auswahl vertiefende Betrachtung

Aufgrund des hohen Biogasanteils in Variante a sowie der Komplexität durch drei Erzeugungsoptionen, bei denen zwei Erzeugungstechnologien tiefergehende Prüfungen erfordern würden, wurde diese Variante nicht für die vertiefende Betrachtung gewählt. Variante c hat die Herausforderung im Untergeschoss eine ausreichende Luftzufuhr für die Luft-Wasser-WP sicherzustellen sowie die Lärmbelastung zu minimieren, welche aus dem Ansaugen der Umgebungsluft resultieren. Aus diesen Gründen wird Option b tiefergehend betrachtet, welche in der späteren vergleichenden Darstellung als V2a bezeichnet.

3.3.2 Energiezentrale Güterbahnhofstraße

Ein weiterer potenzieller Standort für eine Energiezentrale in der Kernstadt ist die Güterbahnhofstraße. Die Fläche von etwa 2.000 m² bietet die Möglichkeit, einen Neubau zu errichten, was die Planung vereinfacht. Aufgrund der Nähe zu den Gleisen und der Nutzung des Gebiets als Gewerbegebiet ist davon auszugehen, dass eine Lärmbelastung durch Luftwärmepumpen weniger

relevant ist als am zuvor betrachteten Standort. Allerdings steht die geplante Energiezentrale in Konkurrenz zu Nutzungsformen wie Parkflächen oder gewerblicher Nutzung. Um die Wärmeleitung unter oder über den Schienen zu verlegen, wäre eine Prüfung des Wegerechts sowie möglicher besonderer Anforderungen erforderlich. Sollte diese Variante näher betrachtet werden, muss dies ausführlich mit Zeit- und Kostenschiene im Rahmen einer Machbarkeitsprüfung erfolgen. Aufgrund der bereits versiegelten sowie begrenzte verfügbaren Fläche für Erdwärmesonden wurden Biomassekessel und Luftwärmepumpe als Erzeugungsoptionen gewählt.

Die Verteilleitungen des Wärmenetzes hätten eine Länge von etwa 3,2 km (ohne Hausanschlussleitungen). Unter Einbeziehung der Hausanschlussleitungen ergibt sich eine gesamte Trassenlänge von rund 5,1 km. Eine erste grobe Dimensionierung der Verteilleitungen liefert die in Tabelle 3 Nennweiten und Rohrlängen (exkl. Hausanschlüsse):

Tabelle 3: Abschätzende Dimensionierung Rohrleitungen, Quartier Kernstadt Güterbahnhofstraße

Nennweite	Länge in m
DN 65	20
DN 80	20
DN 100	170
DN 125	350
DN 150	1.060
DN 200	1.600

Am Standort Güterbahnhofstraße

a. Luft-WP (25 % Wärmedeckung) und Biomassekessel

Bei dieser Variante würden 75 % der erzeugten Wärme mittel Biomassekessel gedeckt, welcher eine Leistung von 3,1 MW benötigen würde. Ergänzt wird dieser durch eine 1 MW Luft-WP und einen Wärmespeicher mit 250 m³.

b. Luft-WP (50 % Wärmedeckung) und Biomassekessel

In der alternativen Variante wurde der Anteil des Biomassekessels zur Wärmeerzeugung auf 50 % reduziert. Aufgrund dessen reduziert sich auch die benötigte Erzeugungsleistung des Biomassekessel auf 2,7 MW, für den Speicher werden 220 m³ benötigt, die Luft-WP hat eine Leistung von 2 MW.

Um den Biomasseanteil zu minimieren und so die Abhängigkeit der unsicheren Preisentwicklungen sowie der Verfügbarkeit, wird im Folgenden Variante b weiterbetrachtet. Diese wird in der vergleichenden Darstellung mit V2b bezeichnet.

In folgenden Tabellen und Abbildungen werden die zuvor beschriebenen Varianten vergleichend dargestellt. Hierbei ist zu beachten, dass sich V1 auf das Quartier Nord-West bezieht, V2a und V2b auf das Quartier Kernstadt. Um in beiden Quartieren eine Wärmenetzversorgung aufzubauen, müssten somit V1 plus V2a oder V2b gewählt werden.

Tabelle 5 geben einen Überblick zu den eingesetzten Erzeugungstechnologien bzw. der Dimensionierung der Erzeugungsanlagen. In allen dargestellten Tabellen und Abbildungen bei Variante 1 die Erweiterung inkl. des bestehenden Wärmenetzes Steige dargestellt.

	V1 Nord-West	V2a Kernstadt Sporthalle	V2b Kernstadt Güterbhfstr.
Biomasse- kessel	X	X	X
Gaskessel	X		
Luft-WP	X		X
Erd-WP		X	

	V1: Luft-WP + Biomasse + Bio-gas				V2a: Biomasse + Erd-WP			V2b: Biomasse + Luft-WP		
	Bio-masse	Luft-WP	Erd-gas-kes-sel	Wärme-spei-cher	Bio-masse	Erd-WP	Wärme-spei-cher	Bio-masse	Luft-WP	Wärme-spei-cher

Ausleistung kW thermisch / m ³	800	3.195	1.820	300	2.845	1.155	200	2.655	2.000	230
Volllaststunden/ Ladezyklen	5.845	2.725	370	100	2.265	2.400	15	1.615	3.190	245
Biogas/- Biomasse/- Strombezug MWh/a	5.195	2.317	755	-	7.165	795		4.765	1.595	
Wärmedeckung in %	50	45	5		70	30		50	50	

Abbildung 6 veranschaulicht den prozentualen Anteil der Wärmedeckung je Energieträger, der auch in der darüberstehenden Tabelle aufgeführt ist, grafisch.

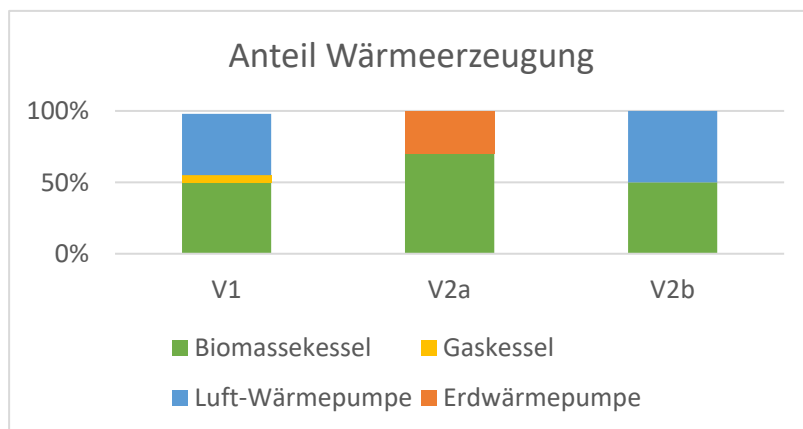


Abbildung 6: Anteil Wärmeerzeugung je Energieträger

Abbildung 7 zeigt den Wärmebedarf je Variante im Jahr 2030 und bei einer Anschlussquote von 70 %, aufgeteilt nach Ankerkunden und keine Ankerkunden. Die drei dargestellten Varianten liegen diesbezüglich alle in einer ähnlichen Größenordnung.

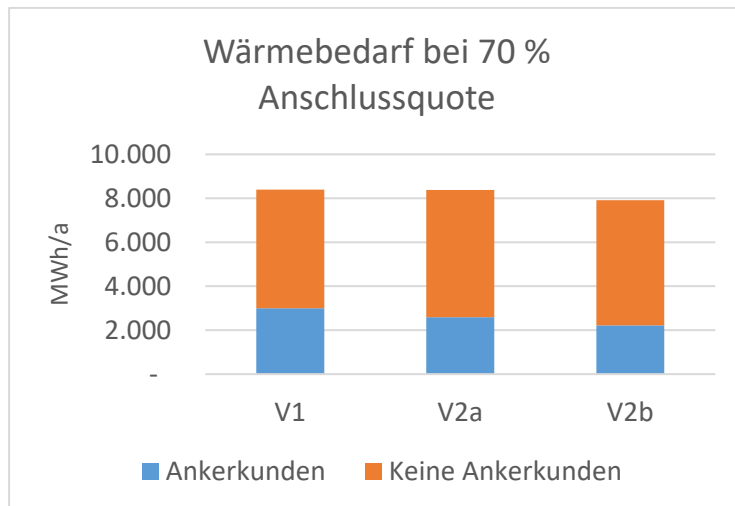


Abbildung 7: Wärmebedarf Anteil Ankerkunden

Abbildung 8 stellt die THG-Emissionen je kWh erzeugter Wärme dar, um einen Vergleich losgelöst von den genau erzeugten Wärmemengen zu ermöglichen. Die Emissionen der Wärmenetzerweiterung Steige sind hierbei am größten. Hintergrund sind die höheren spezifischen Emissionen von Biogas, was in den anderen beiden Varianten nicht benötigt wird.

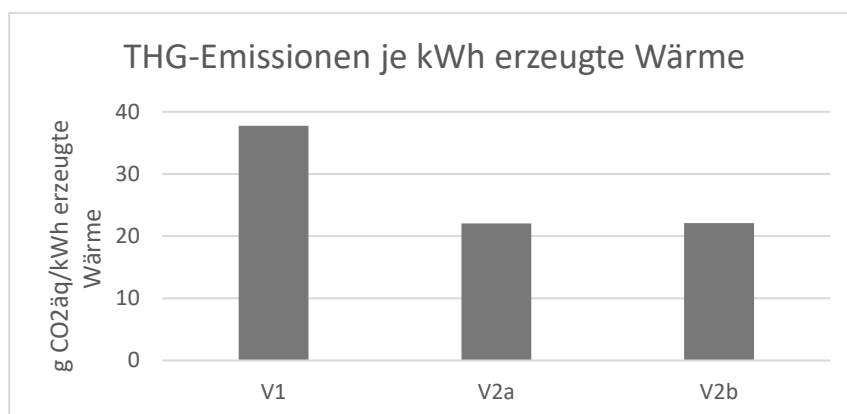


Abbildung 8: Treibhausgas-Emissionen je kWh erzeugte Wärme

4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

4.1 Annahmen Erlöse

Als Erlöse für ein Wärmenetz sind Einnahmen durch den Wärmeverkauf an die Endkunden relevant. Hierfür gibt es unterschiedliche Preisbestandteile, welche in Frage kommen. Für den Anschluss an das Wärmenetz sind einmalige Investitionen für Hausanschluss und Übergabestation von Bedeutung. Es wird im Rahmen dieser Machbarkeitsprüfung die Annahme getroffen, dass die Kosten hierfür kundenseitig vollständig und ohne Marge gedeckt werden, so dass diese in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus Wärmenetzinvestor bzw. -betreiberperspektive nicht weiter

berücksichtigt werden. In der praktischen Umsetzung besteht die Möglichkeit, dass ein Teil der Investitionskosten aus Kundenperspektive entfällt.

Berücksichtigt werden laufende Erlöse in Form eines Arbeitspreises (€/kWh), Leistungspreises (€/kW) sowie eines Grundpreises (€/Jahr). Die Preise müssen zum einen so gewählt werden, dass die wirtschaftlichen Prämissen des Wärmenetzbetreibers damit erfüllt werden können. Gleichzeitig ist zu erwarten, dass aus Perspektive der Kunden in den meisten Fällen die Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu alternativen Wärmelösungen, entscheidend ist. Aus diesem Grund wurde für ein Referenzgebäude ein Vergleich aus Kundenperspektive mit verschiedenen dezentralen Wärmelösungen durchgeführt und damit konkurrenzfähige Preise für ein Wärmenetz ermittelt. Das Referenzgebäude stellt ein Einfamilienhaus mit einer Anschlussleistung von 15 kW und einem Verbrauch von 25.000 kWh dar. Als Grundlage für den Verbrauch wurde der Heizspiegel für Deutschland 2023 herangezogen.¹

Es wurde ein Arbeitspreis von 0,13 €/kWh, ein Leistungspreis von 50 €/kW sowie ein Grundpreis von 100 €/Jahr angenommen. Die Preise stellen erste Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dar, genaue Preise müssen im Rahmen vertiefender Betrachtungen erfolgen. Für die Investitionskosten für den Hausanschluss und die Übergabestation wurden Kosten in Höhe von 15.000 €² angesetzt, unter Berücksichtigung einer 30%igen Förderung nach Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM)³ resultieren Kosten in Höhe von 10.500 €. Die hier dargestellten Werte stellen Literaturwerte dar, die tatsächlichen Kosten können davon abweichen. Darauf basierend wären die jährlichen Gesamtkosten aus Kundensicht vergleichbar zu Alternativlösungen. Es ist zu beachten, dass dies lediglich eine Einordnung anhand eines Referenzgebäudes darstellt. Die tatsächlichen Kosten sind gebäudeindividuell zu ermitteln und abhängig vom Verbrauch, den persönlichen Rahmenbedingungen sowie der Produktwahl.

Bei einer möglichen Umsetzung eines Wärmenetzes ist bei der Preisgestaltung abzuwägen, inwiefern auch eine höhere Zahlungsbereitschaft aus Kundensicht besteht. Für Ankerkunden kann es ggf. sinnvoll sein, eine separate Preisstruktur für diese Gebäude festzulegen, da die Kostenstruktur eine andere ist und andere Kriterien im Hinblick auf die Entscheidung der Wärmeversorgung relevant sein können. Zudem kann auch die allgemeine Preisstruktur in Abhängigkeit der Präferenz der Wärmekunden bzw. des Wärmenetzbetreibers angepasst werden.

¹ Co2online, 2023.

² Orientiert an Prognos AG et al. 2024

³ BMWK, 2024.

Als Preisentwicklung wurde eine jährliche Steigerung von 1,5 % auf den Arbeitspreis angenommen. Eine Preisgleitklausel wurde aus Vereinfachungsgründen nicht berücksichtigt. Restwerte der Investitionen wurden im letzten Jahr der Betrachtung als Erlöse betrachtet.

4.2 Annahme Kosten

Für die Betrachtungen wurde ein kalkulatorischer Zinssatz von 5 % angenommen und ein Betrachtungshorizont von 20 Jahren angelegt. Planungskosten werden pauschal mit 10 % der Investitionskosten angesetzt. Bei den Investitionskosten werden die derzeitigen Bundesförderungen für effiziente Wärmenetze (BEW-Förderungen) in Höhe von 40 % der förderfähigen Ausgaben berücksichtigt sowie Förderungen auf die Betriebskosten für Wärmepumpen⁴. Es wird angenommen, dass die Fremdkapitalquote 75 % beträgt und hierfür Zinsen von 3,25 % p.a. anfallen, in Anlehnung an den derzeitigen Leitzins der europäischen Zentralbank.

Tabelle 6 zeigt die Kosten je Erzeugungstechnologie. Die Kosten basieren auf dem Technikkatalog Wärmeplanung⁵, der Publikation „Roll-out von Großwärmepumpen“⁶ sowie Vergleichen mit bereits durchgeführten Projekten⁷ bzw. Herstellerangaben⁸ und eigenen Annahmen. Die Nutzungsdauer der Investitionen sowie darauf bezogenen prozentualen Kosten für Betrieb- und Instandhaltung sind am VDI 2067 Blatt 1⁹ und den pauschalierten Kennwerten des Energieeffizienzverbandes für Wärme, Kälte und KWK e. V. (AGFW)¹⁰ orientiert.

⁴ BAFA, 2024.

⁵ Prognos AG et al., 2024.

⁶ Agora Energiewende, Fraunhofer IEG, 2023.

⁷ U.a. DME Consult GmbH, 2023; Ratioplan, 2019.

⁸ Regotherm GmbH, 2024.

⁹ VDI, 2012.

¹⁰ AGFW, 2024.

Tabelle 6: Annahmen Kostenpositionen Energieerzeugung.

Kostenposition	Kosten ohne Förderung	Jährli. Betriebs -und Instandhaltungskosten in % der Investitionen	Nutzungsdauer in Jahren
Luft-Wasser-Wärmepumpe	800 €/kW th	2,5 % p.a	18
Sole-Wasser-Wärmepumpe	1.500 €/kW th	2,5 % p.a	20
Erdwärmesonden	1.000 €/kWth	0 % p.a	50
Biomassekessel inkl.	700 €/kWth	6 % p.a	15
Wärmespeicher	950 €/kWth	0,5 % p.a	20
Wärmenetz	1.400 €/m (Mittelwert, individuelle Berechnung)	2 % p.a	40
Energiezentrale und technische Anlagen	1 Mio. €	1 % p.a	50 bzw. 20

Für die Brennstoffe bzw. den Strom wurden die in Tabelle 7 dargestellten Preise als Grundlage verwendet. Für den Strompreis wurden Werte orientiert an der Studie zum Rollout von Großwärmepumpen gewählt.¹¹ Für den Biomasse -und Biogaspreis wurden Annahmen basierend auf dem Technikkatalog zur Wärmeplanung Baden-Württemberg¹² sowie einer Studie zu Business-Cases für Wärmenetze.¹³ Für die Berechnungen wurde beim Strompreis eine Förderung der Betriebskosten für Wärmepumpen berücksichtigt. Diese ist abhängig vom SCOP (Seasonal Coefficient of Performance) und beträgt maximal 9,2 ct/kWh thermisch.¹⁴ Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurde ein Wert von 8 ct/kWh angenommen.

Tabelle 7: Annahmen Energiebezugspreise

Kostenposition	2030 (€/MWh)	2050 (€/MWh)
Biomasse	50	74
Biogas	70	70

¹¹ Agora Energiewende, Fraunhofer IEG, 2023.

¹² KEA-BW, 2023.

¹³ Agora Energiewende, Prognos, GEF, 2024.

¹⁴ BAFA, 2024.

Strom exkl. Förderung	145	186
-----------------------	-----	-----

Eine Inflation von 1,5 % wurde für Betriebs- und Instandhaltungskosten sowie Ersatzinvestitionen berücksichtigt. Als Aufwand für den Vertrieb wurden Kosten in Höhe von 8 €/MWh thermisch angenommen.¹⁵ Kosten für ein Grundstück wurden hier nicht explizit berücksichtigt, diese können ggf. noch zusätzlich anfallen.

4.3 Ergebnisse Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Nord-West

Im Folgenden sind, basierend auf den zuvor beschriebenen Annahmen, die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das Quartier Nord-West dargestellt. Wie in Kapitel 4.5 dargelegt, können diese nur eine erste Orientierung geben. Für die Berechnung wurden ausschließlich Kosten und Erlöse berücksichtigt, welche für die Erweiterung des Netzes anfallen. Bei den genutzten Energieträgern wurden die bestehenden Erzeugungsanlagen anteilig berücksichtigt.

Die Investitionskosten liegen basierend auf den zuvor getroffenen Annahmen unter Berücksichtigung der Förderung bei ca. 4 Mio. €, im Wesentlichen resultierend aus den Kosten für die Luft-WP sowie das Wärmenetz, wie in Abbildung 9 dargestellt. Ohne Förderung würden die Investitionskosten ca. 9,2 Mio. € betragen.

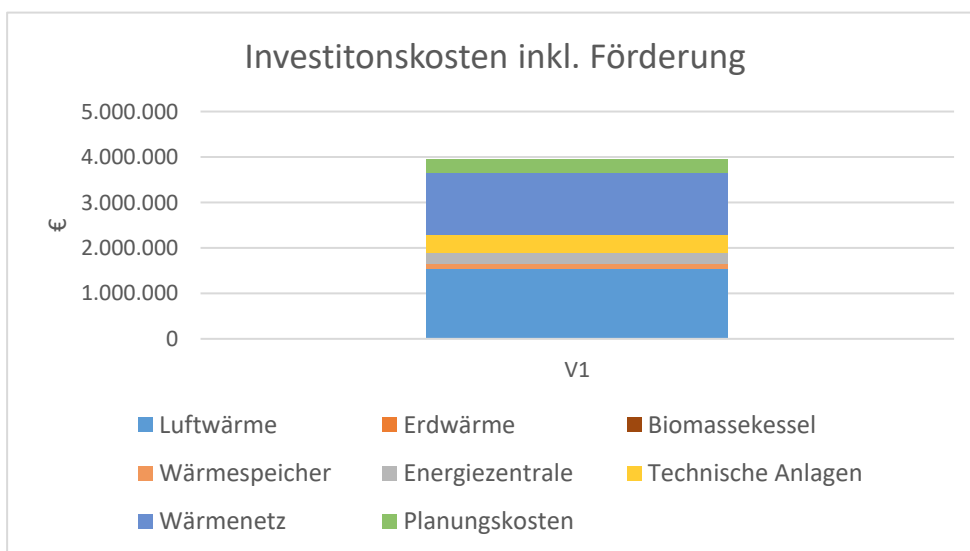


Abbildung 9: Investitionskosten Quartier Nord-West

In Abbildung 10 ist die Kostenstruktur über 20 Jahre dargestellt. Die Energiebezugskosten haben hieran einen hohen Anteil. Grund hierfür ist die Nutzung von Biogas und Biomasse, für welche

¹⁵ Agora Energiewende, Prognose, GEF, 2024.

basierend auf den getroffenen Annahmen die Energiebezugskosten je kWh erzeugter Wärme höher sind als die von Strom.

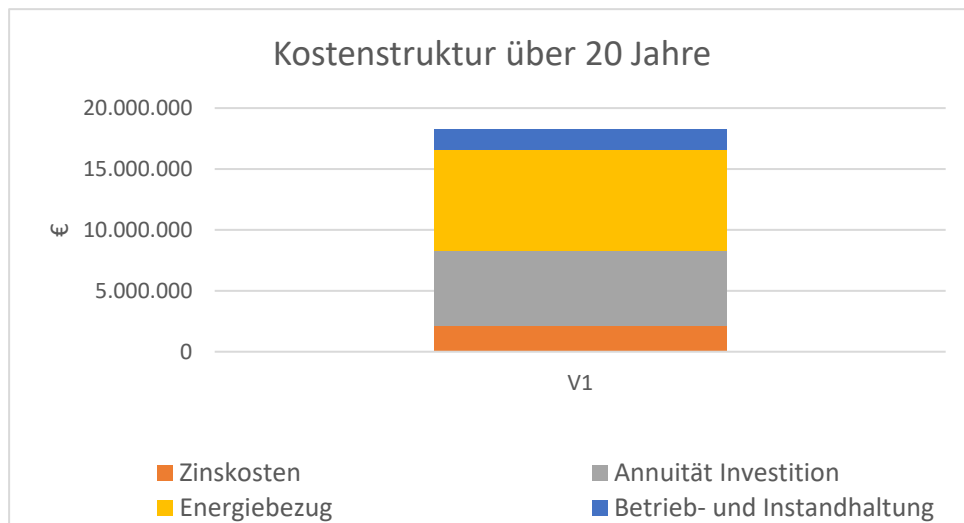


Abbildung 10: Kostenstruktur über 20 Jahre, Quartier Nord-West

Ohne Berücksichtigung der BEW-Förderung ist unter den getroffenen Annahmen kein positiver Kapitalwert erreichbar. Unter Berücksichtigung der Förderung ist der in Abbildung 12 dargestellte Kapitalwert zwar negativ. Durch Änderung von Parametern ist allerdings auch ein positiver Kapitalwert möglich, wie in Kapitel 4.5 dargestellt.

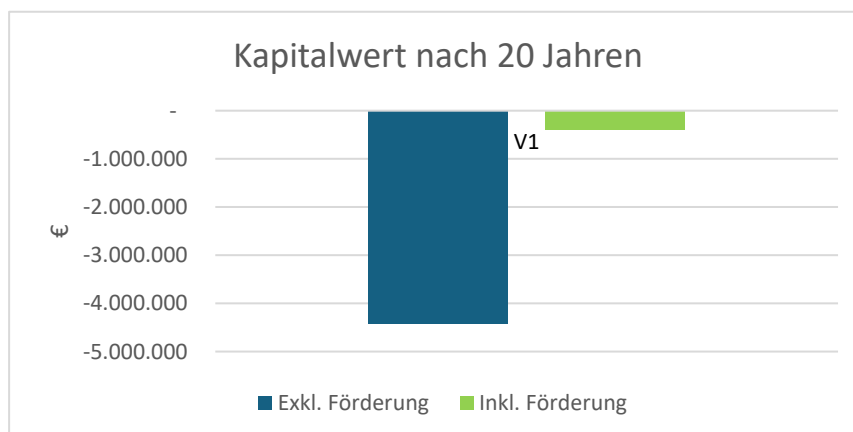


Abbildung 11: Kapitalwert basierend auf gewählten Prämissen, Quartier Nord-West

4.4 Ergebnisse Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Kernstadt

Im Folgenden sind die Ergebnisse für die beiden Varianten der Kernstadt dargestellt. Die Investitionskosten sind in Variante 2a höher als in Variante 2b. Grund hierfür sind insbesondere die höheren spezifischen Investitionskosten für die Erdwärmesonden bzw. Erdwärmepumpen. Die

Energiezentrale wurde in Variante 2a aufgrund des bestehenden Gebäudes mit geringeren Kosten angesetzt, dafür wurden bei den Planungskosten ein Prozentpunkt aufgeschlagen. Unter Berücksichtigung der Förderung von 40 % betragen die Investitionskosten in Variante 2a 6,8 Mio. €, in Variante 2b 6,5 Mio. €.

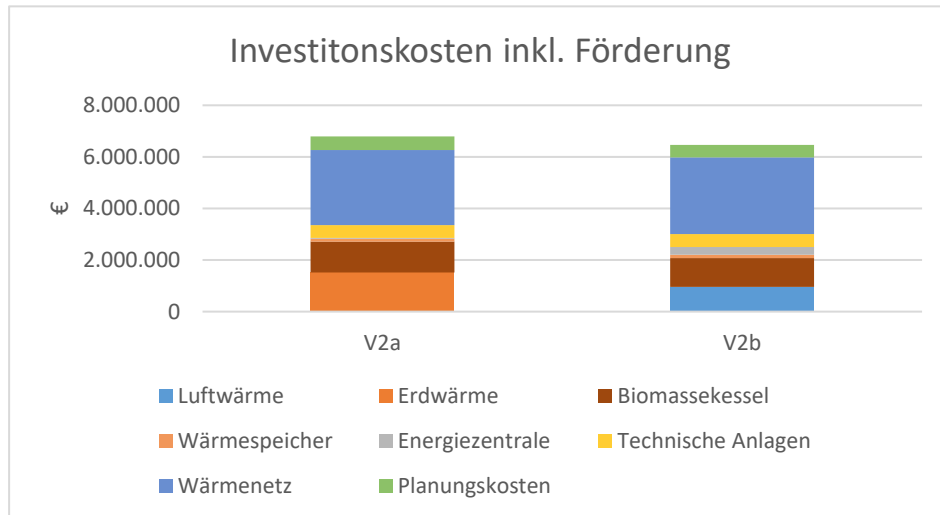


Abbildung 12: Investitionskosten inkl. Förderung, Quartier Kernstadt

Die Zusammensetzung der Kostenstruktur ist bei beiden Varianten vergleichbar, wie in Abbildung 13 dargestellt. Die Gesamtkosten sind in V2a höher, allerdings sind dort auch die Erlöse höher, da der Wärmenetzumriss größer gefasst ist.

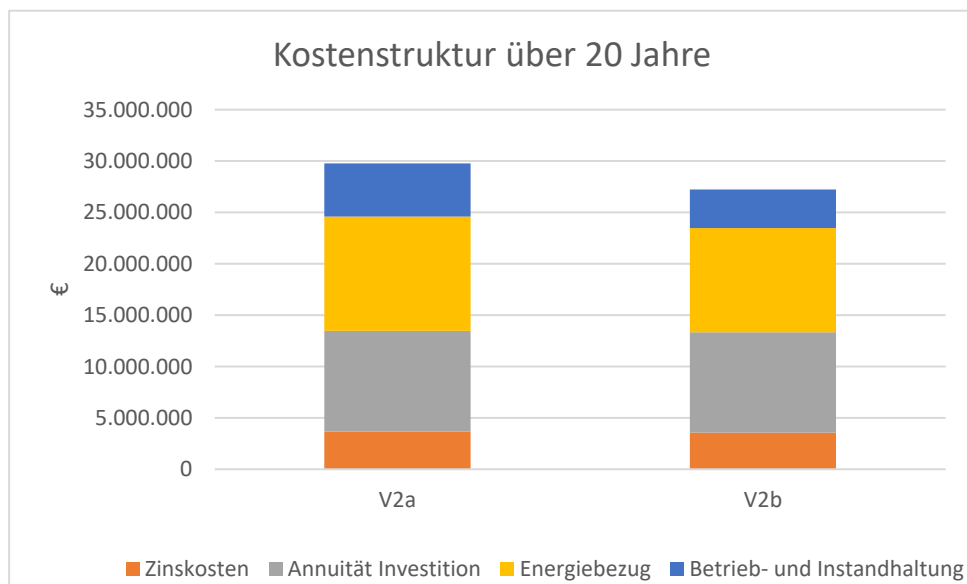


Abbildung 13: Kostenstruktur über 20 Jahre, Quartier Kernstadt

Dennoch weist die Variante 2b unter den getroffenen Annahmen einen knapp positiven Kapitalwert auf wohingegen Variante 2a einen negativen Kapitalwert aufweist, wie in Abbildung 14:

Kapitalwert basierend auf gewählten Prämissen, Quartier Kernstadt dargestellt. Zur Einordnung der Ergebnisse ist auch hier Kapitel 4.5 zu beachten. Ohne Förderung ist auch bei diesen beiden Varianten kein positiver Kapitalwert erreichbar.

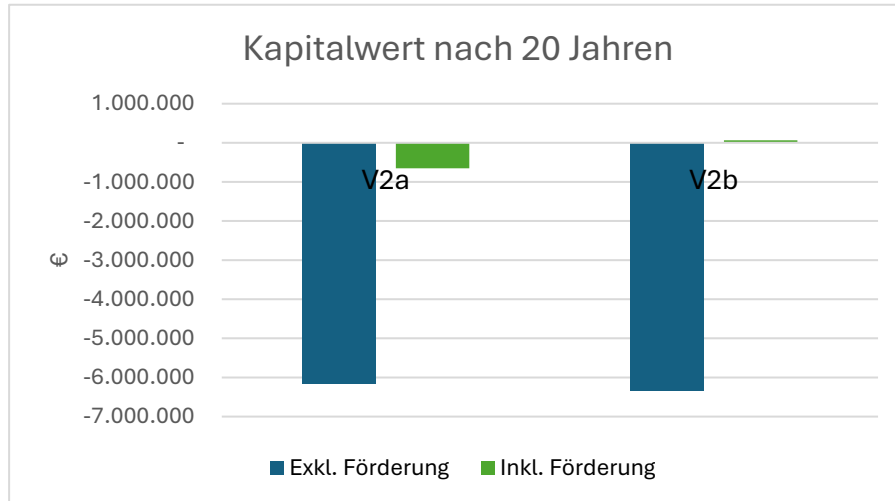


Abbildung 14: Kapitalwert basierend auf gewählten Prämissen, Quartier Kernstadt

4.5 Einordnung der Wirtschaftlichkeitsergebnisse

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist zu beachten, dass die Annahmen hohe Unsicherheiten aufweisen und lediglich eine erste Einordnung geben können. Dies ist zum einen bedingt dadurch, dass die Preise abhängig vom Anbieter und der konkreten Produktausführung stark schwanken können. Zudem werden bei den Energiebezugspreisen Betrachtungen durchgeführt, welche weit in die Zukunft gehen und somit ebenfalls mit hohen Unsicherheiten verbunden sind. Auch die Zinsentwicklungen und Fremdkapitalquoten beeinflussen die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Es ist außerdem zu beachten, dass hier die derzeitigen BEW-Förderungen für Investitions- und Betriebskosten berücksichtigt wurden. Die förderrechtlichen Rahmenbedingungen könnten sich ändern und so die Ergebnisse der Machbarkeitsprüfung beeinflussen. Auch unvorhergesehene Kosten können hinzukommen. Durch Optimierungsmöglichkeiten wie die Nutzung von eigenerzeugtem Strom oder von dynamischen Strompreisen, einer optimierten Auslegung und Fahrweise des Netzes bzw. der Erzeugungsanlagen oder durch Synergieeffekte, können die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ebenfalls beeinflusst werden.

Neben der Kostenseite bestehen auch erlösseitig Unsicherheiten bzgl. der Anschlussquote, der Zahlungsbereitschaft und der tatsächlich verbrauchten Wärmemengen, welche einen wesentlichen Einfluss haben können. Auch die Renditeerwartungen eines möglichen Wärmenetzbetreibers ist von Relevanz.

In Tabelle 8 ist eine beispielhafte Sensitivitätsbetrachtung anhand des Standorts Güterbahnhofstraße dargestellt. Die Veränderung bezieht sich jeweils auf die alleinige Änderung eines Parameters, durch Veränderung mehrere Parameter gleichzeitig wäre entsprechend eine kumulierte Betrachtung der Änderungsergebnisse erforderlich. Die Darstellung zeigt, dass die Aussagekraft der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zum derzeitigen Zeitpunkt nur bedingt gegeben ist und bei fortschreitenden Planungen eine Konkretisierung erforderlich ist.

Tabelle 8: Sensitivitätsbetrachtung am Beispiel Güterbahnhofstraße.

Veränderter Parameter	Veränderung des Parameters	Veränderung des Kapitalwerts ggü. Referenzwert
Strompreis	+ 25 % ggü. Referenzwert	- 0,8 Mio. €
Biomassepreis	- 25 % ggü. Referenzwert	+ 1 Mio. €
Investitionskosten	+ 10 % ggü. Referenzwert	- 1,1 Mio. €
Kalkulatorischer Zins	8 % kalk. Zins	- 1,6 Mio. €
Anschlussquote bei gleichbleibender Dimensionierung	50 % Anschlussquote	- 3,1 Mio. €.
Wärmeleistungspreis	+25 €/kW ggü. Referenzwert	+ 2 Mio. €
Wärmearbeitspreis	+ 1 ct/kWh ggü. Referenzwert	+ 1,2 Mio. €

5 Weiterführende Betrachtung

5.1 Vor- und Nachteile eines Wärmenetzes

Neben der Wirtschaftlichkeit sind weitere, auch qualitative, Vor- und Nachteile eines Wärmenetzes durch die Stadt Eberbach zu bewerten.

Ein Wärmenetz bietet der Stadt Eberbach die Möglichkeit zur Erreichung der Klimaziele beizutragen. Die zentrale Erzeugung und Verteilung von Wärme über ein Wärmenetz kann die Energieeffizienz steigern und Treibhausgasemissionen reduzieren. Große, zentralisierte Anlagen arbeiten oft deutlich effizienter und verursachen weniger Emissionen als viele kleinere, dezentrale Heizsysteme. Dies unterstützt die ambitionierten Klimaziele Eberbachs und fördert den Weg zur Klimaneutralität bis 2035. Ein weiterer Vorteil eines Wärmenetzes ist die hohe

Versorgungssicherheit. Wärmenetze sind in der Regel äußerst zuverlässig und stellen eine konstante Wärmeversorgung sicher. Durch die zentrale Verwaltung und Wartung können potenzielle Probleme frühzeitig erkannt und schnell behoben werden.

Für Kunden entfällt die Notwendigkeit, individuelle Heizsysteme zu installieren, zu warten oder Brennstoffe zu beschaffen. Dies führt zu einem Komfortgewinn sowie zu einer Reduzierung von Investitions- und Wartungskosten. Zusätzlich wird durch den geringen Platzbedarf der Hausübergabestation Raum in den Gebäuden freigehalten, der anderweitig genutzt werden kann. Des Weiteren kann eine dezentrale, klimaneutrale Wärmeversorgungen in manchen Gebäuden eine Herausforderung darstellen. Ein Wärmenetz kann eine Lösungsoption bieten.

Neben der vielen Vorteile gibt es bei der Umsetzung eines Wärmenetzes auch Herausforderungen zu bewältigen. Der Aufbau eines Wärmenetzes erfordert hohe Anfangsinvestitionen in die Infrastruktur, auch wenn Fördermöglichkeiten zur Verfügung stehen. Für den Netzbetreiber kann dies eine finanzielle Herausforderung darstellen, insbesondere wenn die tatsächliche Anschlussquote noch nicht gesichert ist. Der Bau eines Wärmenetzes bringt auch praktische Herausforderungen mit sich: Die Verlegung der Rohre kann vorübergehende Verkehrsbehinderungen oder Straßensperrungen mit sich bringen.

Aus Kundensicht entsteht eine gewisse Abhängigkeit von einem Anbieter, was potenziell die Preisgestaltung beeinflussen könnte. Allerdings stellen regulatorische Vorgaben sicher, dass keine überhöhten Preise verlangt werden. Um eventuelle Versorgungsausfälle durch technische Probleme oder Wartungsarbeiten zu minimieren, können durchdachte Redundanzkonzepte in die Netzplanung integriert werden. So wird gewährleistet, dass die Versorgung auch in Ausnahmefällen stabil bleibt.

Wenn die Herausforderungen sorgfältig adressiert werden, kann ein Wärmenetz Vorteile für die Stadt Eberbach und ihre Bewohner:innen bieten und einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität leisten.

5.2 Erweiterungsoptionen der betrachteten Wärmenetze

Für die geplante Erweiterung des Wärmenetzes in Nord-West und den Neubau eines Wärmenetzes in der Kernstadt wurden spezifische Erweiterungsgebiete definiert. Diese Gebiete weisen häufig eine etwas geringere Wärmedichte auf, befinden sich nicht direkt entlang des Hauptleitungsstrangs des Wärmenetzes und grenzen an die aktuell ausgewiesenen Wärmenetzgebiete an.

Für die Dimensionierung der Wärmenetze wurde der erwartete Wärmebedarf 2030 unter Berücksichtigung von Reduktionspotenzial als Basis für die Machbarkeitsprüfung herangezogen. Durch

perspektivisch weitere Einsparungen aufgrund von Sanierungspotenzialen ist zu erwarten, dass der Wärmebedarf zurück geht. Die dadurch freiwerdende Erzeugungskapazitäten können für eine schrittweise Erweiterung der Wärmenetze genutzt werden, um den Wärmeabsatz für den Betreiber stabil zu halten.

In Nord-West bietet sich die Straße „Im Hohenend“ sowie das Gebiet im Bereich Steigestraße/Waldstraße als Erweiterungsoption an, wie in Abbildung 15 dargestellt.

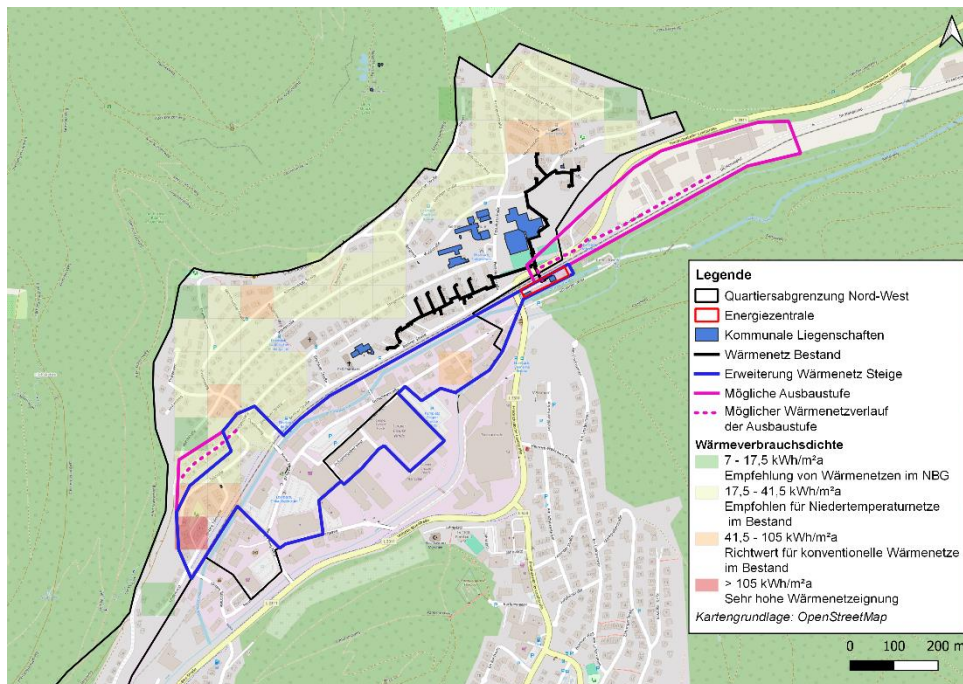


Abbildung 15: Erweiterungsoption Quartier Nord-West

Auch das geplante Wärmenetz in der Kernstadt, das von der Energiezentrale an der Sporthalle ausgeht, bietet mehrere Erweiterungsmöglichkeiten entlang der Hauptleitung, wie in Abbildung 16 dargestellt. Ein Beispiel ist die Hirschhorner Landstraße, wo ein Hochhaus mit einem bedeutenden Wärmebedarf liegt. Weiteres Potenzial bietet die Itterstraße. Da in diesem Gebiet häufig Platz vor oder hinter den Häusern vorhanden ist, wären Alternativen mit Wärmepumpen ebenfalls denkbar.

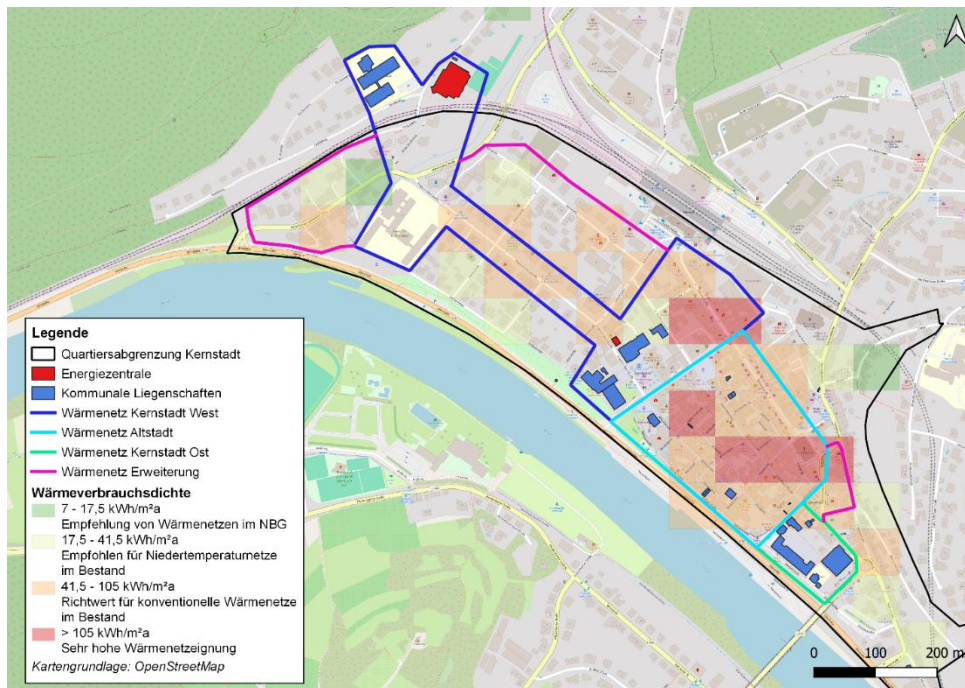


Abbildung 16: Erweiterungsoption Quartier Kernstadt, Standort Schule

Das Rosenturmquartier, ein relativ neues Quartier, könnte aufgrund der niedrigen Vorlauftemperaturen gegebenenfalls an den Rücklauf des Wärmenetzes angeschlossen werden. Die Warmwasserbereitung könnte dabei durch eine lokale Brauchwasser-Wärmepumpe auf die benötigte Temperatur gebracht werden. Eine Einzelfallprüfung wäre jedoch erforderlich. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Bürogebäude bei Bedarf an das Wärmenetz anzubinden.

Die Optionen zur Erweiterung der Energiezentrale an der Güterbahnhofstraße, sind in Abbildung 17 dargestellt. Hier könnte die Friedrich-Ebert-Straße mit einem aktuellen Wärmebedarf von 1.350 MWh/a angeschlossen werden. Damit wäre auch ein Anschluss der Theodor-Frey-Schule möglich, die derzeit mit zwei Erdgaskesseln (Baujahr 2017) und einem Blockheizkraftwerk beheizt wird.¹⁶ Die Erweiterungsoptionen für das Bürogebäude und das Rosenturmquartier entsprechen dabei den Optionen der Energiezentrale Sporthalle. Erweiterungen außerhalb des Quartiers wie ein Anschluss der Feuerwehr oder des Bauhofs wären ebenfalls denkbar.

¹⁶ Rhein-Neckar-Kreis (2019).

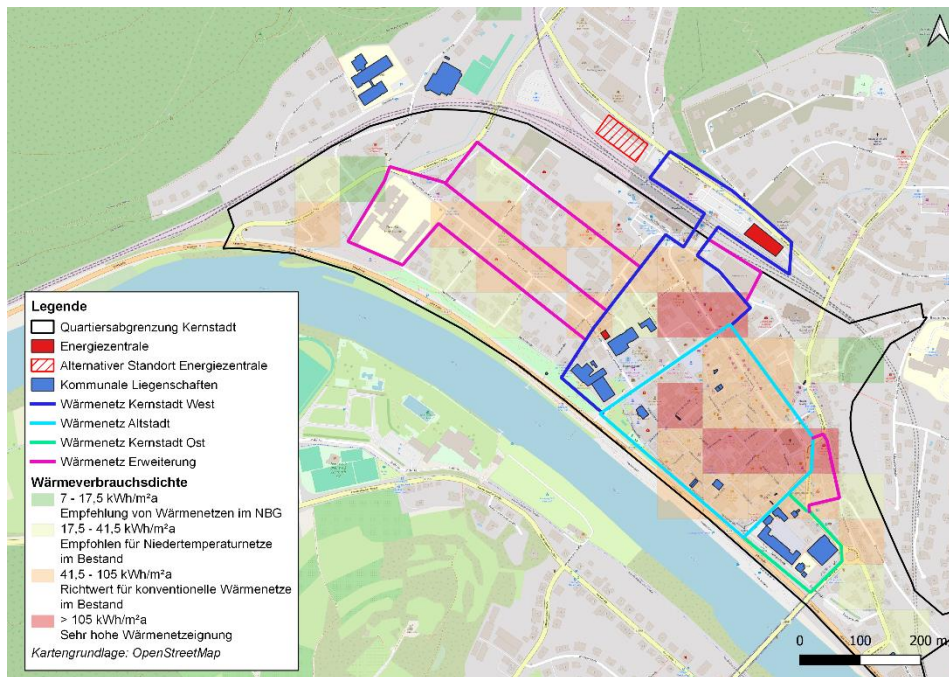


Abbildung 17: Erweiterungsoption Quartier Kernstadt, Standort Güterbahnhofstraße

Diese verschiedenen Erweiterungsmöglichkeiten schaffen eine flexible Grundlage, um die Wärmeversorgung nachhaltig und effizient zu gestalten und die Wirtschaftlichkeit der Wärmenetze langfristig sicherzustellen.

5.3 Weitere Standortoption Flusswärme Kernstadt

Neben den zuvor betrachteten Standorten für eine Energiezentrale, gab es im fortgeschrittenen Stadium der Machbarkeitsprüfung noch weitere Standorte, welche als Energiezentralenstandort in Frage kommen würde. Im Folgenden ist eine erste Einschätzung der als relevant identifizierten Standorte dargestellt.

Das Grundstück Neckarstraße 55 der Gemeinde, mit einer Fläche von 629 m² bietet aufgrund seiner Nähe zum Neckar gute Bedingungen für den Einsatz einer Flusswärmepumpe. Das verfügbare Wärmepotenzial des Neckars übersteigt die für die Kernstadt benötigte Wärmemenge, weshalb es grundsätzlich eine klimafreundliche Lösung zur Wärmebereitstellung darstellen kann.

Jedoch gibt es eine Herausforderung hinsichtlich der Hochwassergefahr. Die Überflutungstiefe des Grundstücks liegt im Bereich des 100-jährlichen Hochwasser (HQ100) und beträgt zwischen 1 und 1,5 m. Statistisch betrachtet tritt ein solches Ereignis einmal alle 100 Jahre auf.¹⁷ Diese Flächen, die bei einem 100-jährigen Hochwasser betroffen sind, haben besonders hohe Relevanz

¹⁷ LUBW (2024).

für die Bauleitplanung. Nach § 65 des Wassergesetzes für Baden-Württemberg gelten solche Gebiete bereits als festgesetzte Überschwemmungsgebiete, ohne dass eine separate Festsetzung erforderlich ist. Darüber hinaus werden gemäß § 78 des Wasserhaushaltsgesetzes des Bundes besondere Schutzvorschriften für diese Gebiete festgelegt, darunter auch ein Verbot für neue Baugebiete. Aufgrund dieser Hochwassergefahr sollte die Bauweise der geplanten Gebäude entsprechend angepasst werden. Die Außenwände und die Bodenplatte sollten aus wasserundurchlässigem Beton bestehen, und alle Fugen sollten wasserdicht ausgeführt werden. Es könnte zudem erforderlich sein, eine Sondergenehmigung für den Bau in einem Hochwassergebiet zu beantragen.

Eine weitere Herausforderung könnte die begrenzte Grundstücksgröße darstellen. Um eine Flusswärmepumpe effizient zu betreiben und gleichzeitig eine größere Energiezentrale zu integrieren, müsste ggf. die Grundflächenzahl des Grundstücks erhöht werden. Basierend auf folgender Berechnung wäre ein geschätzter Flächenbedarf von 500 m² erforderlich.

Der Wärmeverbrauch hierfür entspricht dem der Variante Güterbahnhofstraße als Energiezentrale, mit der Ausnahme, dass keine Wärmeversorgung über die Schiene erfolgt. Durch die stabileren Wassertemperaturen des Neckars lässt sich eine höhere Jahresarbeitszahl erzielen, was die Überdimensionierung der Wärmepumpe verringert.

Die benötigte 5 MW Spitzenlast könnte durch eine Kombination aus einem 2,4 MW Wärmespeicher mit 400 m³ und einer 3,6 MW Flusswärmepumpe mit 2.800 Vollbenutzungsstunden gedeckt werden. Zur Sicherstellung der Redundanz und zur möglichen Verkleinerung der Flusswärmepumpe könnte ergänzend beispielsweise ein Heizkessel installiert werden. Dieser könnte mit Biogas oder Biomasse betrieben werden, um die Wärmeversorgung abzusichern und bei Bedarf zusätzliche Kapazität bereitzustellen.

5.4 Weitere Standortoption Oberflächennahe Geothermie Nord-West

Drei größere Flächen der Stadt mit einer Gesamtfläche von 6.430 m², welche Abbildung 18 in grün dargestellt sind, weisen eine hohe spezifische Wärmeentzugsleistung von 60 W/m in 100 m Tiefe bei 1.800 Betriebsstunden pro Jahr auf.¹⁸ Die Nähe zur Energiezentrale Nord-West ist ebenfalls vorteilhaft. Allerdings befinden sich die meisten Flächen an einem Hang, was die Installation von Erdsonden erschweren und kostenintensiver machen kann. Des Weiteren wäre zu prüfen, inwiefern die nahegelegene Bahntrasse eine Genehmigung erschweren oder verhindern könnte.

¹⁸ LGRB (2024)

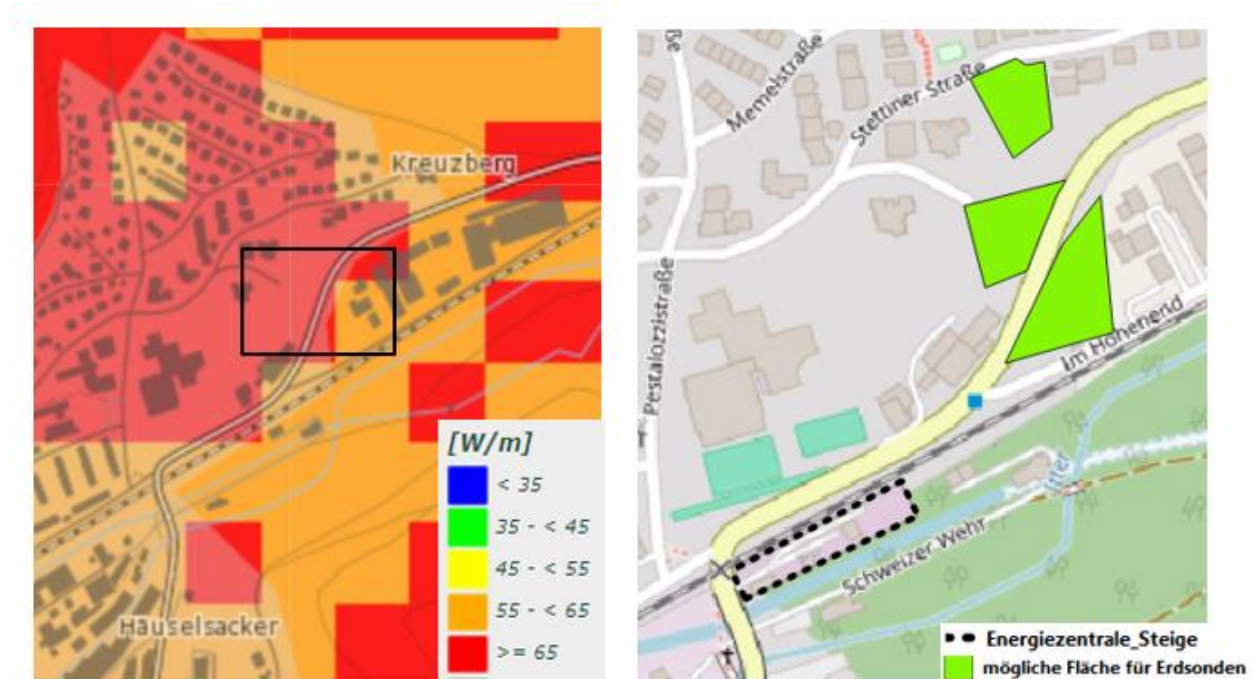


Abbildung 18: Spezifische Wärmeentzugsleistung (W/m): 100m Tiefe, 1800 h/a, Lage der möglichen Flächen für Erdsonden
(LGRB-Kartenviewer¹⁹, Eigene Darstellung)

Insgesamt könnte die vollständige Fläche eine maximale thermische Entzugsleistung von 600 kW_{th} bereitstellen. Bei einem Sondenabstand von 10 m würde die thermische Beeinflussung der Erdsonden untereinander dazu führen, dass die Wärmeentzugsleistung bei einer Sondentiefe von 400 m auf 22,7 W/m sinkt. Im Vergleich dazu wären in einem isolierten Betrieb ohne gegenseitige Beeinflussung nur 18 Erdsonden mit einer Länge von 400 m erforderlich, statt der sonst benötigten 66 Sonden. Allerdings würde dies ein nahezu zwölfmal größeres Grundstück erfordern, um die gleiche Wärmeentzugsleistung bereitzustellen. Welcher Sondenabstand wirtschaftlich optimal ist, könnte mit den Daten aus einem Thermal Response Test ermittelt werden.

Durch die zusätzliche Nutzung von Erdwärme könnten im Quartier Nord-West etwa 23 % des Wärmebedarfs gedeckt werden. Dadurch könnte die Luftwärmepumpe etwa auf ein Drittel der Größe, die ohne Erdwärmenutzung erforderlich wäre, dimensioniert werden. Ob ein Wärmenetz mit oder ohne Erdsonden wirtschaftlicher ist, müsste vertiefend untersucht werden. Die Erdsonden sowie das Netz zur Energiezentrale Nord-West erfordern zusätzliche Investitionskosten. Andererseits ermöglichen die konstant höheren Temperaturen im Erdreich im Vergleich zu den niedrigeren Außentemperaturen niedrigere Betriebskosten, da eine höhere Effizienz erzielt werden kann.

¹⁹ LGRB (2024)

5.5 Kalte Nahwärme

Ein kaltes Nahwärmenetz wird bei sehr niedrigen Temperaturen (ca. 5-35 °C) betrieben, was nicht direkt ausreicht, um die Gebäude zu heizen, sodass in den Gebäuden jeweils eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe erforderlich ist, um die benötigte Vorlauftemperatur zu erreichen.²⁰ Die Wärme wird meist durch ungedämmte Rohre bereitgestellt, die kostengünstiger als herkömmliche Wärmenetze sind und zusätzlich Wärmegewinne durch die Bodentemperatur erzeugen können. Kalte Nahwärmenetze werden derzeit vor allem in Neubaugebieten eingesetzt, da dort die Vorlauftemperaturen der Gebäude besonders niedrig sind, was zu einer hohen Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe (JAZ) und damit zu einem effizienten und wirtschaftlichen Betrieb führt.²¹

In Eberbach wurde in der Königsbergstraße für 48 Gebäude exemplarisch untersucht, ob ein kaltes Nahwärmenetz eine sinnvolle Alternative zu dezentralen Luft-Wärmepumpen darstellen kann. Im untersuchten Gebiet stammen die Gebäude überwiegend aus den 1960er Jahren, was aufgrund der höheren Vorlauftemperaturen je nach Sanierungsstand eine Herausforderung für die Effizienz darstellen kann. Basierend auf dem Baujahr wurde eine Vorlauftemperatur der Gebäude von 55°C und eine Rücklauftemperatur von 45°C angenommen.²² Durch Dämmmaßnahmen oder die Vergrößerung der Heizoberfläche durch größere Heizkörper oder Fußbodenheizung könnte die Vorlauftemperatur gesenkt und die Effizienz der Wasser-Wasser-Wärmepumpe verbessert werden.

Der Gesamtverbrauch der Gebäude beträgt 694 MWh/a bei einer theoretischen Maximalleistung von 400 kW. Durch das Wärmenetz und den Gleichzeitigkeitsfaktor, der berücksichtigt, dass nicht alle Verbraucher gleichzeitig die volle Leistung benötigen, reduziert sich die Maximalleistung auf 284 kW. Aufgrund der Vorlauftemperatur von 15 Grad und dem Rücklauf von 10 Grad entstehen Wärmeverluste in Höhe von 87 MWh. Die Erdsonden stellen insgesamt 535 MWh/a zur Verfügung. Der restliche Wärmebedarf wird durch die dezentralen Wärmepumpen mittels Stroms gedeckt.

Um den Wärmebedarf vollständig über Erdwärme zu decken, wären 91 Erdsonden mit einer Länge von 100 m nötig, die eine Wärmeentzugsleistung von 28,1 W/m aufweisen. Bei einem Sondenabstand von 10 m ist eine Fläche von 9.100 m² erforderlich. Erdsonden in 100 m Tiefe, wo das ganze Jahr über etwa 15°C herrschen,²³ speisen den Wärmeträger des Netzes und können einen COP von 3,4 erzielen, während dezentrale Luft-Wärmepumpen nur einen COP von

²⁰ nPro Energy GmbH (2024)

²¹ Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH (2021).

²² Umweltbundesamt (2023).

²³ Schlobach (2024).

2,6²⁴ erreichen. Zum Vergleich: Das kalte Nahwärmenetz in Schifferstadt, mit einer ähnlichen Netzvorlauftemperatur, erreicht eine JAZ von 5,7, was auf die niedrigen Vorlauftemperaturen in Neubauten zurückzuführen ist.²⁵ Die JAZ beschreibt das Verhältnis der über das Jahr erzeugten Heizenergie zur aufgenommenen elektrischen Energie und dient als Maß für die Effizienz der Wärmepumpe. Im Gegensatz zum COP, welcher einen im Labor ermittelten und damit theoretischen Wert darstellt, beschreibt die JAZ das tatsächlich bestimmte Verhältnis von abgegebener zu aufgenommener Energie.

Die Wärmegestehungskosten eines kalten Wärmenetzes sind basierend auf einer groben Abschätzung vergleichbar mit denen von dezentralen Luft-Wasser-Wärmepumpen, unter der Annahme einer Anschlussquote von 100%. Bei einem Wärmenetz ist jedoch zu berücksichtigen, dass ein Wärmenetzbetreiber das Risiko des Netzes sowie Kosten für Vertrieb oder ähnliches trägt, was die Wärmegestehungskosten erhöhen kann.

6 Fazit und Ausblick

In Eberbach sind aufgrund der Wärmeverbrauchsdaten sowie Erzeugungspotenziale gute Ausgangsvoraussetzungen für ein Wärmenetz gegeben. Im Quartier Nord-West existiert bereits ein Wärmenetz, das ausgebaut werden kann. Diese Erweiterung könnte die Effizienz des bestehenden Systems steigern sowie mehr Haushalten und Gebäuden mit umweltfreundlicher Wärme versorgen. Für die Kernstadt wurde die Einführung eines neuen Wärmenetzes geprüft. Dieses Netz könnte von den Erfahrungen und Technologien profitieren, die bereits im Quartier Nord-West eingesetzt werden. Ein Wärmenetz in der Kernstadt könnte ebenfalls zur THG-Reduktion beitragen und eine Alternative zu dezentralen klimafreundlichen Wärmelösungen wie Luft-Wasser-Wärmepumpen darstellen, da diese aufgrund der städtebaulichen Struktur ggf. nur bedingt eine geeignete Lösung darstellen.

Die durchgeführte Machbarkeitsprüfung gibt eine erste Einordnung, für eine vertiefende Betrachtung sind jedoch weiterführende Untersuchungen erforderlich. Aufgrund dessen wird empfohlen für das Quartier Kernstadt eine weiterführende Betrachtung eines Wärmenetzes in Form einer BEW Machbarkeitsstudie durchzuführen, welche derzeit mit 50 % gefördert wird.²⁶ Dabei können die hier durchgeführten Betrachtungen konkretisiert werden. Eine Machbarkeitsstudie gliedert sich in Modul 1.1 angelehnt an HOAI Leistungsphase 1 (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure). Im Anschluss daran besteht die Option, Schritt 2 des Moduls 1 durchzuführen. Dabei

²⁴ Prognos AG (2024).

²⁵ Technisches Hochschule Mainz (2023).

²⁶ Bafa (2024a).

handelt es sich um konkrete Planungsleistungen angelehnt an die Leistungsphasen 2-4 der HOAI.²⁷

Als Standort für das Quartier Kernstadt wird der Standort Güterbahnhofstraße empfohlen. Zwar bietet der Standort Sporthalle den Vorteil, dass ein bestehendes Gebäude genutzt werden kann, was im Sinne der Nachhaltigkeit ist und Kosten für den Bau des Gebäudes spart. Das bestehende Gebäude bringt allerdings gleichzeitig auch Nachteile mit sich. So ist von einem höheren Planungsaufwand auszugehen, um die Erzeugung entsprechend der Raumverfügbarkeit zu planen. Des Weiteren sind Aspekte wie z.B. Brandschutz zu untersuchen. Außerdem kann es ggf. Restriktionen bei den Erzeugungsmöglichkeiten geben aufgrund eingeschränkter Einbringungsmöglichkeiten. Aufgrund der Komplexität der Anforderungen wird der Planungsaufwand als hoch eingeschätzt. Ein Austausch mit einem Experten eines Wärmepumpenherstellers hat eine Empfehlung für den Neubau einer Energiezentrale ergeben, um alle technischen und sicherheitsrelevanten Anforderungen optimal zu erfüllen und eine reibungslose Integration der Anlage zu gewährleisten. Des Weiteren wird empfohlen im Rahmen der Machbarkeitsstudie auch die in Kapitel 5.3 beschriebene Option zur Flusswärmenutzung detaillierter zu prüfen.

Die Erweiterung des Wärmenetzes Steige bietet die Chance, die Flexibilität des bestehenden Netzes zu erhöhen. Da der Standort schon besteht ist zudem ein geringes Konfliktpotenzial bei der Standortnutzung zu erwarten. Nachteilig ist, dass die verfügbare Fläche des bestehenden Standorts begrenzt ist. Aus diesem Grund könnte eine Betrachtung der Möglichkeiten der Nutzung oberflächennaher Geothermie eine Option darstellen (vgl. Kapitel 5.4). Es wird empfohlen auch hier eine vertiefende Betrachtung durchzuführen. Da es mit dem Wärmenetz Steige schon ein bestehendes Wärmenetz gibt, welches erweitert werden soll, handelt es sich basierend auf der Definition des BEW-Technikkatalogs um eine Transformationsplanung. Diese werden ebenfalls mit 50 % gefördert und sind bzgl. der Inhalte vergleichbar mit denen von Machbarkeitsstudien.²⁸

Kommen die Machbarkeitsstudie bzw. der Transformationsplan zum Ergebnis, dass die Planungen umgesetzt werden sollen, ist ein geeignetes Investitions- und Betreibermodell zu finden. Da die Stadtwerke Eberbach bereits ein Wärmenetz betreiben, könnten sie hierbei eine zentrale Rolle einnehmen. Es können aber auch weitere Optionen in Frage kommen, wie beispielsweise die Gründung einer Bürgergenossenschaft, welche die lokale Beteiligung und Akzeptanz fördern

²⁷ Bafa (2024b).

²⁸ Bafa (2024b).

kann. Durch die sorgfältige Auswahl des passenden Investitions- und Betreibermodells kann sichergestellt werden, dass das Wärmenetz nachhaltig wirtschaftlich tragfähig ist.

Für den Erfolg eines Wärmenetzes ist die Akzeptanz der Bevölkerung entscheidend. Daher sollte frühzeitig und transparent über die Vorteile und den Fortschritt des Projekts informiert werden. Informationsveranstaltungen, Workshops und regelmäßige Updates können helfen, das Vertrauen der Bürger:innen zu gewinnen und ihre Unterstützung zu sichern. Im Rahmen dessen können auch weitere Befragungen der Gebäudeeigentümer:innen im Hinblick auf das Anschlussinteresse erfolgen. Für eine nachhaltig erfolgreiche Akquise müssen die spezifischen Besonderheiten des Produktes Wärme in dem konkreten Vorhaben berücksichtigt und vermittelt werden. Individuelle Beratungsgespräche sind notwendig, um ausreichend hohe Anschlussquoten erreichen zu können.

Von Beantragung der BEW Fördermittel bis zu Inbetriebnahme eines Netzes, wird eine Gesamtdauer von fünf Jahren geschätzt. Dieser Zeitraum umfasst die Antragsstellung und Bewilligung der Fördermittel, die Ausschreibung für die Studien sowie deren Durchführung. Des Weiteren sind konkrete Planungen, die Vergabe der Leistungen sowie der Bau darunter gefasst.

7 Quellenverzeichnis

AGFW (2023): Praxisleitfaden Großwärmepumpen. <https://www.agfw-shop.de/agfw-fachliteratur/erzeugung-sektorkopplung-speicher/agfw-praxisleitfaden-grosswaermepumpen.html>, letzter Abruf 02.12.2024.

AGFW (2024): Pauschalierte Kennwerte. <https://www.fw704.de/hauptmenue/kennwerte/pauschalierte-kennwerte>, letzter Abruf 02.12.2024.

Agora Energiewende, Fraunhofer IEG, 2023. Rollout von Großwärmepumpen. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2022/2022-11_DE_Large_Scale_Heatpumps/A-EW_293_Rollout_Grosswaermepumpen_WEB.pdf, letzter Abruf 12.11.2024.

Agora Energiewende, Prognos, GEF (2024): Wärmenetze – klimaneutral, wirtschaftlich und bezahlbar. Wie kann ein zukunftssicherer Business Case aussehen?. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-18_DE_Business_Case_Waermenetze/A-EW_335_Businesscase_Waermenetze_WEB.pdf, letzter Abruf 02.12.2024.

Bafa (2024a): Bundesförderung für effiziente Wärmenetze. https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html, letzter Abruf 05.11.2024.

Bafa (2024b): Bundesförderung für effiziente Wärmenetze, technische Anforderungen der Module 1 bis 4. https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/bew_merkblatt_technik.pdf?__blob=publicationFile&v=2, letzter Abruf 05.11.2024.

BMWK (2024): Bundesförderung für effiziente Gebäude. <https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Dossier/beg.html>, letzter Abruf 29.11.2024.

DME Consult GmbH, 2023. Machbarkeitsstudie und Planungsleistungen nach Modul 1 der BEW. Siedlung Eichkamp (Berlin). https://nahwärme-west.berlin/pdfs-viewer-urlhttps-xn-nahwrme-west-jcb-berlin-wp-content-uploads-2023-11-bew-modul1_berlin-eichkamp-pdf-attachment_id1574-viewer_width100-viewer_height800px-fullscreentruer-download/, letzter Abruf 12.11.2024.

Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH (2021): https://www.energieagentur.rlp.de/fileadmin/user_upload/Waermewende/Leitfaden_Kalte_Nahwaerme.pdf, letzter Abruf 27.11.2024.

KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA-BW) (2023): Technikatalog Kommunale Wärmeplanung V1.1, <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/kommunale-waermeplanung/einfuehrung-in-den-technikkatalog>, letzter Abruf: 18.11.2024.

LGRB (2024): Kartenviewer Geothermie. <https://maps.lgrb-bw.de/>, letzter Abruf 23.11.2024.

LUBW (2024): Daten- und Kartendienst Überflutungsflächen. <https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/pages/map/command/index.xhtml?jsessionid=C6BC107D4603C4448A58EA92BE5FAFC1?mapId=0563b8ed-833c-4b62-b070-c1432f66c7fb&use-MapSrs=true&mapSrs=EPSG%3A25832&mapExtent=203376.05699481867%2C5240158%2C795029.9430051814%2C5525631>, letzter Abruf 29.11.2024

nPro Energy GmbH (2024): Unterschiede zwischen klassischen Wärmenetzen und kalten Nahwärmenetzen. <https://www.npro.energy/main/de/5gdhc-networks/difference-5gdhc-4gdh>, letzter Abruf 29.11.2024.

Ratioplan, 2019. Investitionskostenaufstellung Heimenkirch. Online verfügbar unter: https://www.heimenkirch.de/fileadmin/Dateien/Dateien/Nahwaermenetz/Anhang_I_Investitionskostenaufstellung.pdf, letzter Abruf 05.11.2024.

Rhein-Neckar-Kreis (2019): Energiebericht für die kreiseigenen Schulen und Verwaltungsgebäude des Rhein-Neckar-Kreises. Fortschreibung 2018-2019. https://www.rhein-neckar-kreis.de/site/Rhein-Neckar-Kreis-2016/get/params_E-961310208/3206157/Energiebericht%202019_2020.pdf, letzter Abruf 29.11.2024.

Prognos AG (2024): Technikkatalog Wärmeplanung. Abrufbar unter: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fapi.kww-halle.de%2Ffileadmin%2Fuser_upload%2FTechnikkatalog_W%25C3%25A4rmeplanung_Version_1.1_August24.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK, letzter Abruf: 18.11.2024.

Schlobach (2024): Geothermischer Temperaturverlauf. <https://www.haustechnikverstehen.de/geothermischer-temperaturverlauf/>, letzter Abruf 29.11.2024.

Technische Hochschule Mainz (2023): Neue Netze „Eine Chance zur nachhaltigen Versorgung“ https://www.tsb-energie.de/fileadmin/Redakteure/Veranstaltungen/Gebaeudeenergie/2023/Neue-Netz-2023-4_Giel2.pdf, letzter Abruf 28.11.2024.

Umweltbundesamt (2023): Lösungsoptionen für Wärmepumpen in Bestandsgebäuden. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11740/publikationen/2023-05-25_factsheet_loesungsoptionen_waermepumpen_gebaeudebestand.pdf, letzter Abruf 29.11.2024.

VDI (2012): VDI 2067 Blatt 1, Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung, <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-2067-blatt-1-wirtschaftlichkeit-gebaeudetechnischer-anlagen-grundlagen-und-kostenberechnung-1>, letzter Abruf 02.12.2024