Bericht zur Analyse der Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes auf dem Gebiet Seilerbahn

Projekt: Kommunale Wärmeplanung Bad Dürkheim

Auftraggeber: Stadt Bad Dürkheim
Mannheimer Str. 24
67098 Bad Dürkheim

Erstellt: Team für Technik GmbH
Büro Karlsruhe
Zunftstraße 11
76227 Karlsruhe
Tel. 0721 603200 – 52
Mail karlsruhe@tftgmbh.de

Datum: 14.04.2025

INHALTSVERZEICHNIS

1 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE 2

2 GRUNDLAGEN 4

2.1 BERECHNUNG DES WÄRMEBEDARFS UND DER ANSCHLUSSTEILNEHMER 5

3 WÄRMEVERSORGUNG 6

3.1.1 DIMENSIONIERUNG WÄRMENETZ –AUSBAUSTUFE 1 8

3.1.2 DIMENSIONIERUNG WÄRMENETZ –AUSBAUSTUFE 2 10

4 WIRTSCHAFTLICHKEIT 12

4.1 RANDBEDINGUNGEN 12

4.2 AUSBAUSTUFE 1 – NEUBAUTEN 13

4.2.1 INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN WÄRMENETZ MIT ZENTRALER WÄRMEQUELLE 13

4.2.2 INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN DER BOOSTER-WÄRMEPUMPEN 15

4.2.3 SUMME DER INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN 16

4.2.4 WÄRMEGESTEHUNGSKOSTEN 17

4.3 AUSBAUSTUFE 2 – NEUBAUTEN UND BESTANDSGEBÄUDE 19

4.3.1 INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN WÄRMENETZ MIT ZENTRALER WÄRMEQUELLE 19

4.3.2 INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN DER BOOSTER-WÄRMEPUMPEN 20

4.3.3 SUMME DER INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN 21

4.3.4 WÄRMEGESTEHUNGSKOSTEN 22

4.4 VERGLEICH DER WÄRMEGESTEHUNGSKOSTEN DER SZENARIEN DES WÄRMENETZES MIT DER EINZELVERSORGUNG 24

1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung werden Fokusgebiete untersucht, um wirtschaftliche Transformationsmöglichkeiten hin zu einer erneuerbaren Wärmeversorgung zu bewerten. Dabei werden zentrale Wärmenetze mit dezentralen erneuerbaren Wärmelösungen verglichen, sodass die Erkenntnisse auf ähnliche Gebiete der Kommune übertragbar sind.

Als eines von vier Fokusgebieten wurde die Seilerbahn ausgewählt, da hier ausschließlich Neubauten geplant sind und damit die Möglichkeit besteht, potenzielle Käufer in die Anschlusspflicht zu nehmen. Durch die Neubauten ist die Wärmeliniendichte – also der Wärmeverbrauch pro Meter Wärmenetz – sehr gering, weshalb ein klassisches, warmes Wärmenetz nicht wirtschaftlich umsetzbar ist.

Eine Alternative stellt ein sogenanntes Kaltnetz mit Erdwärmesonden dar. In dieser Region von Bad Dürkheim ist eine Erdsondenbohrung grundsätzlich möglich, weshalb von einer möglichen Tiefe von 150 m ausgegangen werden kann. Das Kaltnetz transportiert Erdwärme zu den angeschlossenen Gebäuden, wo Booster-Wärmepumpen die Temperatur auf das erforderliche Heizniveau anheben.

In der Analyse wurden zwei Ausbaustufen betrachtet: in der Ausbaustufe 1 nur die Neubauten und in der zweiten Ausbaustufe der zusätzliche Anschluss der direkt umliegenden Gebäude. Anschließend wurden die Szenarien wirtschaftlich mit der Einzelversorgung der Gebäude durch eine Außenluft-Wasser-Wärmepumpe verglichen.[1]

ERGEBNISSE DER ANALYSE

Vergleich der Wärmegestehungskosten				
Wärmegestehungskosten (brutto)	**Wärmenetz Ausbaustufe 1**	**Wärmenetz Ausbaustufe 2**	**Dezentrale Wärme Typ EFH**	**Dezentrale Wärme Typ MFH**
inkl. Förderung	0,20 €/kWh	0,23 €/kWh	0,21 €/kWh (Bestand)	0,21 €/kWh (Bestand)
Inkl. Förderung und Gewinnmarge (5%)	0,21 €/kWh	0,24 €/kWh		
Ohne Förderung	0,23 €/kWh	0,26 €/kWh	0,25 €/kWh (Bestand) **Neubau 0,22 €/kWh**	0,23 €/kWh (Bestand) **Neubau 0,19 €/kWh**
ohne Förderung und Gewinnmarge (5%)	0,24 €/kWh	0,28 €/kWh		

Tabelle 1: Vergleich der Wärmegestehungskosten der 2 Szenarien des Wärmenetzes Seilerbahn mit den Kosten für die dezentrale Wärmeversorgung mit Außenluft-Wärmepumpen für den Typ EFH/MFH

Die Ergebnisse in der oberen Tabelle zeigen, dass das kalte Wärmenetz im Gebiet der Seilerbahn wirtschaftlich mit der dezentralen Wärmeversorgung über eine Außenluft-Wärmepumpe vergleichbar ist und vor allem bei Ausbaustufe 1 mit Anschluss der Neubauten Vorteile bietet.

Zusammenfassend zeigen die Berechnungen, dass ein kaltes Wärmenetz im Gebiet Seilerbahn bei günstigen Randbedingungen wie einer hohen Anschlussquote und Fördermitteln

[1] Für detaillierte Informationen zu den Berechnungen der Wärmegestehungskosten für den Typ EFH und MFH inklusive Annahmen zu den Förderungen siehe Gebäudesteckbriefe für EFH und MFH, die im Zuge der kommunalen Wärmeplanung erstellt wurden.

wirtschaftlich tendenziell vorteilhafter als eine dezentrale Wärmeversorgung über Außenluft-Wasser-Wärmepumpe sein kann.

Auf Grundlage der Grobkostenberechnung wird empfohlen, die Umsetzung eines kalten Wärmenetzes im Gebiet Seilerbahn im Zuge der geplanten Bebauung weiter zu prüfen. Wird ein Anschluss der Bestandsgebäude angestrebt, kann die Anschlussbereitschaft der Bürgerinnen und Bürger beispielsweise durch Befragungen ermittelt werden. Bei hoher Zustimmung sollte das Wärmenetz im Rahmen einer Machbarkeitsstudie gemäß BEW-Modul 1 der BAFA weiterentwickelt werden.

2 Grundlagen

Das Neubaugebiet Seilerbahn liegt in einem Teil der Gemeinde, in dem Erdwärmesonden in der Regel problemlos genehmigt werden. Daher wird eine Bohrtiefe von 150 m angesetzt, um stabile Untergrundtemperaturen zu erschließen und so eine konstante Leistungsfähigkeit der Sonden sicherzustellen.

In dieser Vorstudie wird die Wärmeversorgung mittels Erdsonden in zwei Ausbaustufen betrachtet: In der ersten Stufe werden aufgrund der strengeren bauphysikalischen Auflagen nur die Neubauten angeschlossen, die einen vergleichsweise geringen Wärmebedarf haben. In der zweiten Ausbaustufe wird untersucht, ob sich die umliegenden Bestandsgebäude wirtschaftlich einbinden lassen.

Die nachfolgende Abbildung zeigt sowohl die Neubauten als auch die Bestandsgebäude.

Abbildung 1: Betrachtete Gebäude

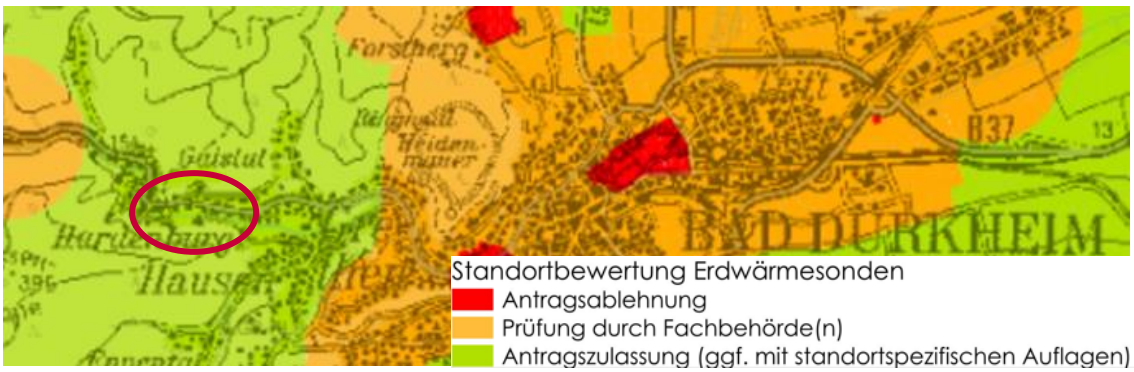

Abbildung 2: Standortbewertung von Erdwärmesonden[2]

Die Nutzung des Flusswassers der Isenach wird in diesem Gebiet nicht weiter betrachtet. Grundsätzlich wäre sie möglich, wird jedoch bereits in den Fokusgebieten Catoir und Ungstein Zentrum untersucht. Die dort gewonnenen Ergebnisse lassen sich auf dieses Gebiet übertragen. Eine gleichzeitige Nutzung des Flusswassers in allen drei Fokusgebieten müsste bei einer konkreten Umsetzung gesondert geprüft werden.

[2] https://mapclient.lgb-rlp.de/?app=lgb&view_id=12

2.1 Berechnung des Wärmebedarfs und der Anschlussteilnehmer

Da es sich um ein Neubaugebiet handelt, das sich noch in der Planungsphase befindet, können keine realen Verbrauchsdaten herangezogen werden, sodass die Wärmebedarfe der zukünftigen Gebäude anhand von Kennzahlen abgeschätzt werden müssen. Die für diese Abschätzung benötigten Flächen wurden aus einem Vorentwurf der Stadt entnommen.

	BGF gesamt [m²]	spezifischer Heizbedarf Richtwert [kWh/m²a]	Heiz-bedarf [MWh/a]	spezifischer TWW-Bedarf [kWh/m²a]	TWW-Bedarf [MWh/a]
Doppelhaushälften	180	70	126	15	270
Reihenhäuser	175	70	123	15	263
Mehrfamilienhäuser	450	70	315	15	675

Tabelle 2: Berechnung des Wärmebedarfs der Neubauten anhand der Flächen und spezifischer Kennwerte

Die Kennwerte für den spezifischen Heizbedarf und den spezifischen Wasserbedarf wurden je Gebäudekategorie aus der VDI 2087-2 verwendet. Beim spezifischen Heizbedarf wurde der Richtwert aus der VDI für die Neubauten verwendet, für den Wasserbedarf der Mittelwert. Beim Wasserbedarf wurde anteilig der TWW-Bedarf berechnet.

Für die Reihenhäuser und Doppelhaushälften wurden je 2 Etagen für die Berechnung der BGF angenommen, für die Mehrfamilienhäuser 3 Etagen.

Es werden für beide Szenarien die gleichen Verbräuche angenommen.

3 Wärmeversorgung

Die Art der Wärmeversorgung ist für beide Ausbaustufen gleich, die Anzahl der Erdwärmesonden muss jedoch erhöht werden.

Wärmequelle

Die Wärme wird aus Erdbohrungen entzogen und als kalte Fernwärme mit einem Temperaturniveau von etwa 12 °C (Vorlauf) und 8 °C (Rücklauf) zu den Gebäuden transportiert.

Wärmeverteilung

Das Kaltnetz hält eine nahezu konstante Temperatur, wodurch es unabhängig von der Außentemperatur ist – ein Vorteil für die Leistung der Wärmepumpe. Die dezentralen Booster-Wärmepumpen nutzen das 12 °C warme Wasser des Kaltnetzes als Wärmequelle und heben es auf die erforderlichen Heiztemperaturen an.

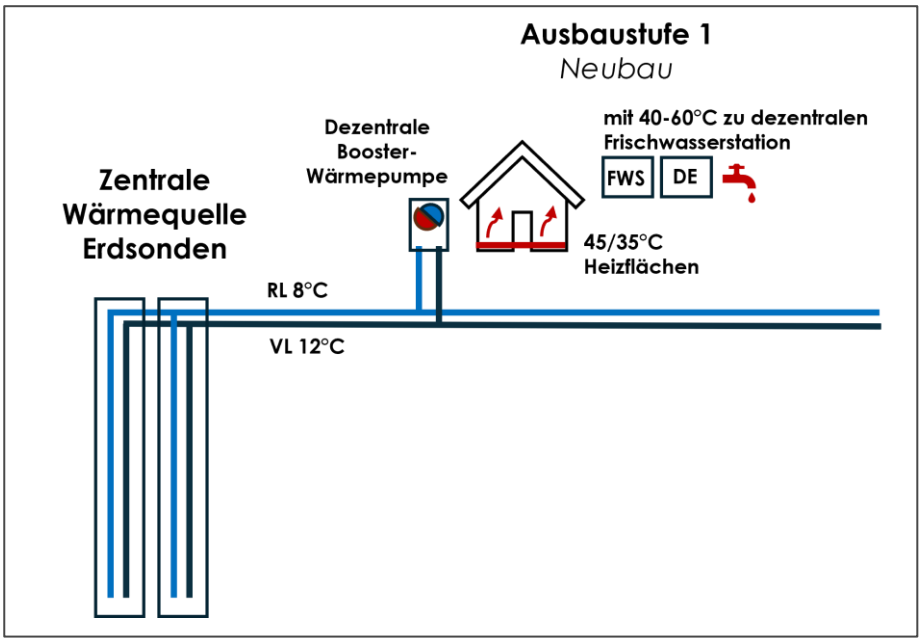

Abbildung 3: Ausbaustufe 1 des Neubaugebiets Seilerbahn

In der zweiten Ausbaustufe erfolgt der Anschluss der Bestandsgebäude. Auch hier sind Booster-Wärmepumpen in den Gebäuden vorzusehen, welche die Vorlauftemperatur auf die benötigte Heiztemperatur anheben. Dabei ist zu beachten, dass die Bestandsgebäude aufgrund oft geringerer Dämmstandards und älterer Bausubstanz in der Regel einen höheren spezifischen Heizwärmebedarf aufweisen. Im Gegensatz dazu profitieren die Neubauten von aktuellen Vorgaben aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG), was ihren Heizbedarf deutlich senkt. Entsprechend kann in Bestandsgebäuden eine größere Booster-Wärmepumpe erforderlich sein, um die höheren Vorlauftemperaturen und die damit verbundenen größeren Heizlasten zuverlässig abzudecken.

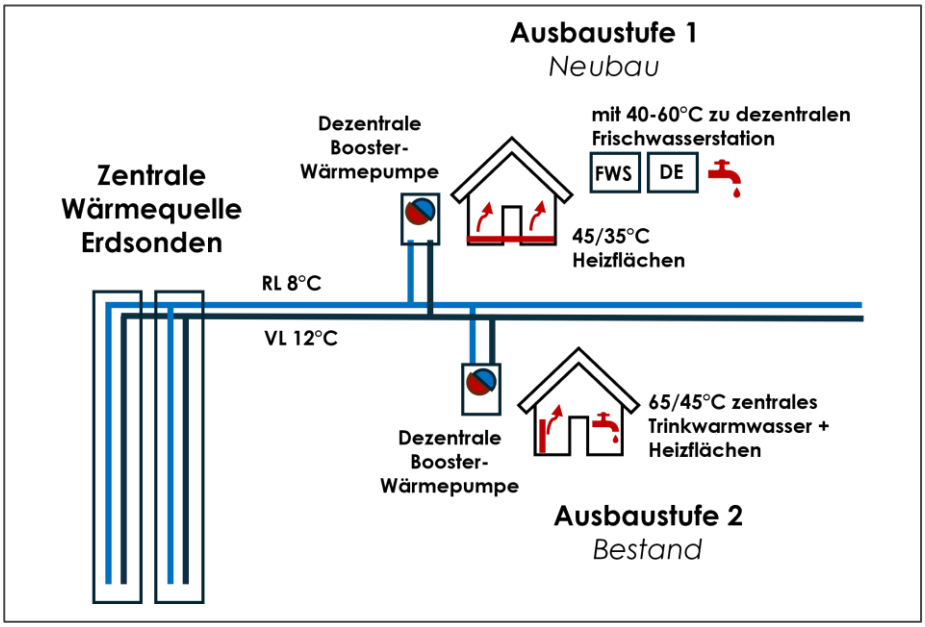

Abbildung 4: Ausbaustufe 2 des Neubaugebiets: Wärmenetz für die Neubauten und Bestandsgebäude

In dieser Vorstudie werden die benötigten Wärmepumpen grobausgelegt und in Leistungskategorien eingeteilt, um anhand dieser die Wirtschaftlichkeit zu berechnen.

Die Unterteilung in zwei Ausbaustufen ist für die Investitions- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung relevant. Während die erste Ausbaustufe lediglich die Neubauten versorgt und mit weniger Bohrungen auskommt, erweitert die zweite Ausbaustufe die Wärmeversorgung auf umliegende Bestandsgebäude, wodurch sich sowohl der Investitionsaufwand als auch das mögliche Absatzvolumen erhöhen. Auf diese Weise lässt sich prüfen, inwiefern der zusätzliche Anschluss weiterer Gebäude eine wirtschaftlich attraktive Option darstellt.

3.1.1 Dimensionierung Wärmenetz –Ausbaustufe 1

Im nächsten Schritt wurde anhand der berechneten Wärmebedarfe der Gebäude das Wärmenetz dimensioniert. Für das Netz wurde davon ausgegangen, dass sich eine zukünftige Wärmezentrale in der Nähe der Isenach befindet.

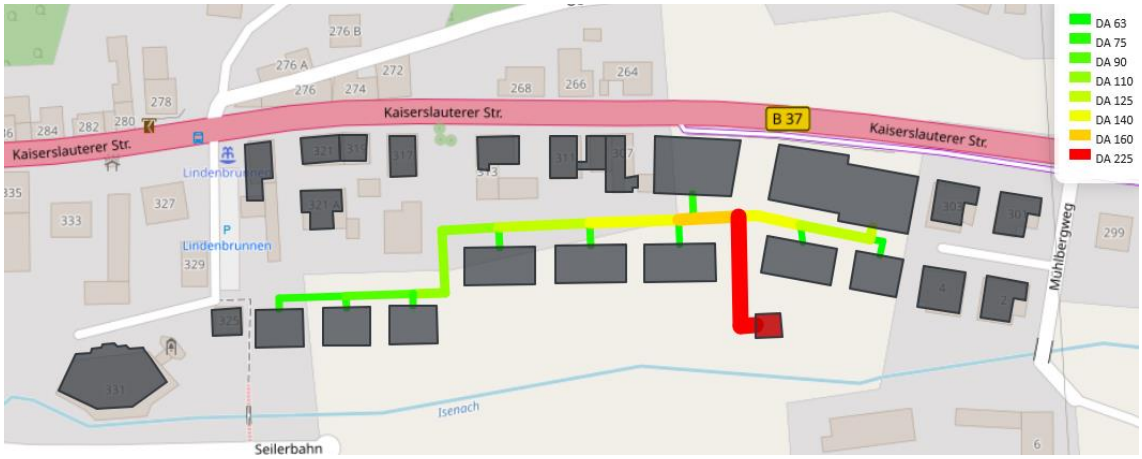

Abbildung 5: Dimensionierung des Wärmenetzes für die erste Ausbaustufe mit Anschluss der Neubauten

Netzeigenschaften	
Wärmebedarf Gebäude am Netz	**560 MWh/a**
Trassenlänge	0,3 km
davon Verteilleitungen	0,25 km
davon Hausanschlüsse	0,06 km
Wärmeliniendichte	**1,4 MWh/m*a**
Wärmegewinne Netz	-33 MWh/a
Wärmeverluste Netz	14 MWh/a

Tabelle 3: Ergebnisse zu den Eigenschaften des Wärmenetzes für Ausbaustufe 1

Wärmeerzeugung

Für die Wärmeerzeugung sind rund 33 Geothermiebohrungen mit einer Tiefe von jeweils 150 m sowie eine Boosterwärmepumpe pro angeschlossenem Gebäude vorgesehen. Um thermische Überlagerungen zu vermeiden und eine hohe Effizienz im Dauerbetrieb sicherzustellen, empfiehlt sich ein Bohrabstand von 8 m.

Die Jahresdauerlinie in Abbildung 6 zeigt die Wärmeleistungsanforderung über das gesamte Jahr hinweg. Auf der x-Achse ist die Anzahl der Stunden dargestellt, in denen eine bestimmte Leistung benötigt wird, während die y-Achse die erforderliche Wärmeleistung angibt. Aus dem Kurvenverlauf wird ersichtlich, dass über weite Teile des Jahres eine vergleichsweise geringe Leistung ausreicht und Spitzenlasten nur an wenigen Tagen auftreten. Die Grundlast wird vor allem durch den Trinkwarmwasserbedarf bestimmt, der das ganze Jahr über konstant anfällt und auch im Sommer gedeckt werden muss. In der Abbildung sind alle Booster-Wärmepumpen zusammengefasst, sodass die gesamte Systemleistung sichtbar wird. Die Größe der einzelnen Booster-Wärmepumpen variiert dabei je nach Wärmebedarf des jeweiligen Gebäudes und gewährleistet eine bedarfsgerechte, effiziente Wärmeversorgung.

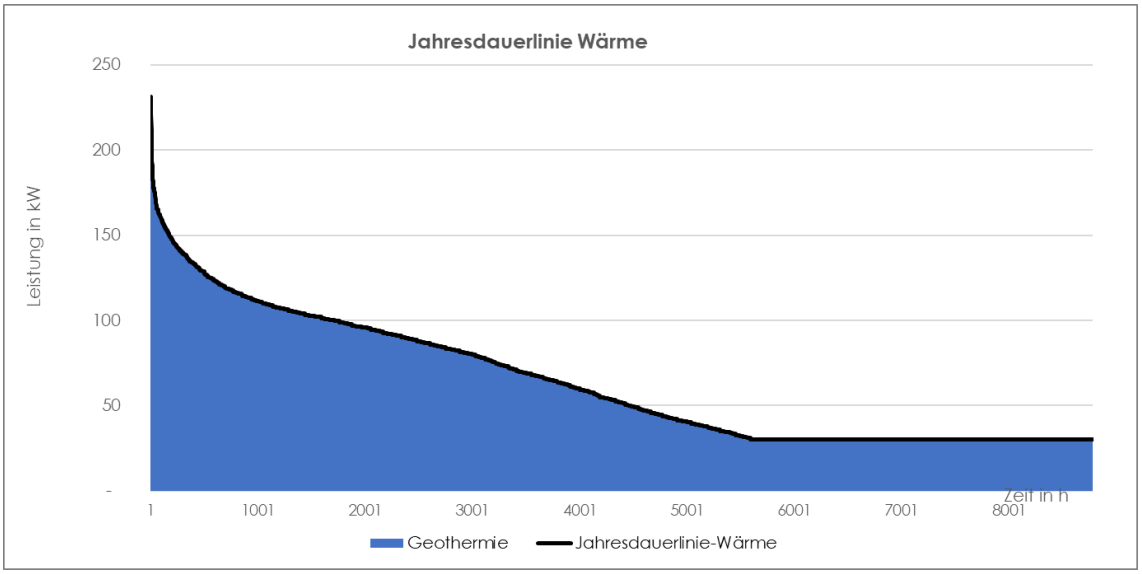

Abbildung 6: Darstellung der Jahresdauerlinie Wärme für die Ausbaustufe 1

3.1.2 Dimensionierung Wärmenetz –Ausbaustufe 2

Im nächsten Schritt wurde anhand der berechneten Wärmebedarfe der Neubauten sowie der Bestandsgebäude das Wärmenetz für die zweite Ausbausstufe dimensioniert. Die Wärmebedarfe der Bestandgebäude basieren auf den Berechnungen der kommunalen Wärmeplanung. Bezüglich der Bestandsgebäude wurden jene mit direkter Angrenzung an das Neubaugebiet gewählt. Es wurden keine Absprachen mit den Gebäudebesitzern getroffen, die Wahl dient als Beispiel und soll damit übertragbar auf andere Neubaugebiete mit angrenzenden Bestandsgebäuden sein. Wird eine Umsetzung in Betracht gezogen, würde erst eine Machbarkeitsstudie erstellt sowie ausführliche Gespräche mit möglichen Ankerkunden geführt.

Als Ergebnis der Annahmen wurde das in nachfolgender Abbildung dargestellte Wärmenetz dimensioniert.

Abbildung 7: Dimensionierung des Wärmenetzes für die zweite Ausbaustufe mit Anschluss der Neubauten und umliegenden Bestandsgebäude

Netzeigenschaften	
Wärmebedarf Gebäude am Netz	**942 MWh/a**
Trassenlänge	0,71 km
davon Verteilleitungen	0,44 km
davon Hausanschlüsse	0,27 km
Wärmeliniendichte	**1,32 MWh/m*a**
Wärmegewinne Netz	-65 MWh/a
Wärmeverluste Netz	31 MWh/a

Tabelle 4: Ergebnisse zu den Eigenschaften des Wärmenetzes für Ausbaustufe 2

Wärmeerzeugung

Für die Wärmeerzeugung werden ca. 66 Geothermiebohrungen mit je 150 m benötigt, sowie eine Boosterwärmepumpe in jedem angeschlossenen Gebäude. Dies entspricht einer Verdopplung der Sonden der Ausbaustufe 1.

Wie bereits in Abbildung 6, zeigt auch die nachfolgende Abbildung eine Jahresdauerlinie. Hier jedoch für die Ausbaustufe 2. Auf der x-Achse ist die Anzahl der Stunden dargestellt, in denen eine bestimmte Leistung benötigt wird, während die y-Achse die erforderliche Wärmeleistung angibt. Aus dem Kurvenverlauf wird ersichtlich, dass über weite Teile des Jahres eine vergleichsweise geringe Leistung ausreicht und Spitzenlasten nur an wenigen Tagen auftreten. Die Grundlast wird vor allem durch den Trinkwarmwasserbedarf bestimmt, der das ganze Jahr über konstant anfällt und auch im Sommer gedeckt werden muss. In der Abbildung sind alle Booster-Wärmepumpen zusammengefasst, sodass die gesamte Systemleistung sichtbar wird. Die Größe der einzelnen Booster-Wärmepumpen variiert dabei je nach Wärmebedarf des jeweiligen Gebäudes und gewährleistet eine bedarfsgerechte, effiziente Wärmeversorgung.

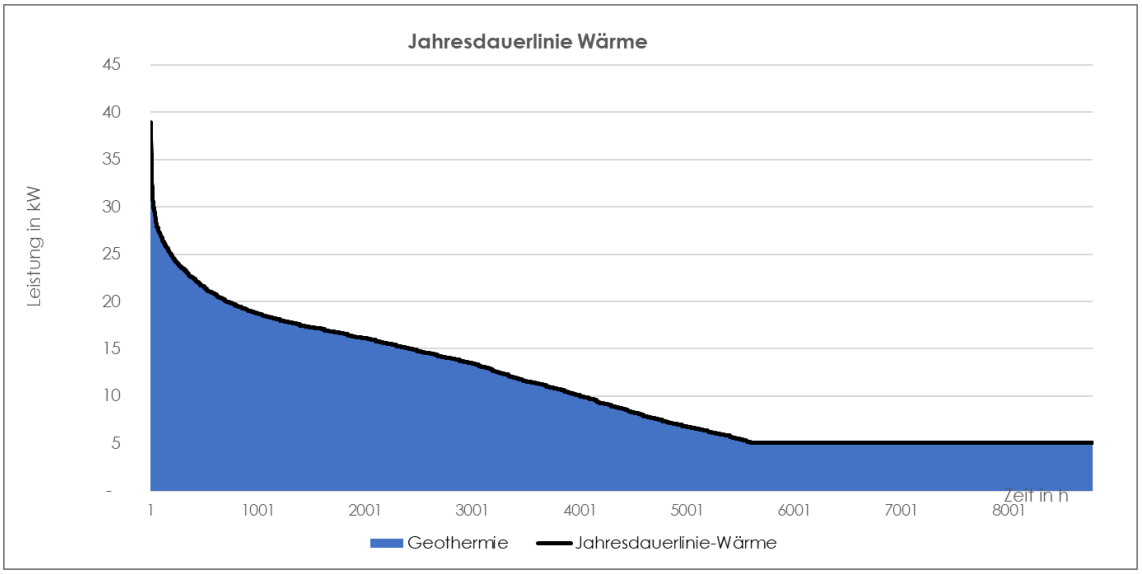

Abbildung 8: Darstellung der Jahresdauerlinie Wärme in Ausbaustufe 2

4 Wirtschaftlichkeit

4.1 Randbedingungen

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden Randbedingungen festgelegt, die nachfolgend dargestellt sind.

Energiekosten (brutto):

- Strom Haushaltstarif: 0,37 €/kWh
- Strom Wärmepumpentarif Haushalt: 0,34 €/kWh

Weitere Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung:

- Betrachtungszeitraum: 40 Jahre
- Höhe der Betriebs- und Instandhaltungskosten: Werte aus der VDI 2067
- Preisstand der Kosten: (4/2024) gemäß BKI-Baupreisindex

4.2 Ausbaustufe 1 – Neubauten

Zunächst wird die Wirtschaftlichkeit für die erste Ausbaustufe, den Anschluss aller Neubauten, betrachtet.

4.2.1 Investitions- und Betriebskosten Wärmenetz mit zentraler Wärmequelle

Investitionskosten

Investitionskosten – Wärmenetz			
Nennweite	**Trassenlänge**	**spezifische Kosten**	**Gesamtkosten**
DN	*m*	*€/m*	*€*
225	39,3	850	47.851 €
160	38,8	718	38.691 €
140	54	631	41.947 €
125	28,7	528	18.932 €
110	47,8	484	31.532 €
90	21	411	12.024 €
75	60,2	381	28.253 €
63	14,1	367	5.998 €
		Summe Investitionskosten netto	**225.227 €**

Tabelle 5: Investitionskosten für den Bau des Wärmenetzes für die Ausbaustufe 1

Investitionskosten – Hausanschlüsse			
	Anzahl	spezifische Kosten	**Gesamt-kosten**
Hausanschluss Kaltnetz 10-25 kW	4	4.500 €/St.	18.000 €
Hausanschluss Kaltnetz 25-35 kW	5	7.100 €/St.	35.500 €
Hausanschluss Kaltnetz 70 kW	1	10.700 €/St.	10.700 €
		Summe Investitionskosten netto	**64.200 €**

Tabelle 6: Investitionskosten der Hausanschlüsse für Ausbaustufe 1

Investitionskosten – zentrale Wärmeerzeugung			
	Menge / Größe	spezifische Kosten	**Gesamt-kosten**
Erdsonden	4.950 m	99 €/m	490.050 €
Elektrotechnische + Leittechnische Integration	-	-	20.000 €
Hydraulik	-	-	20.000 €
Sonstiges/Unvorhergesehenes	-	-	50.000 €
Technikstation	-	-	10.000 €
		Summe Investitionskosten netto	**590.050 €**

Tabelle 7: Investitionskosten der zentralen Wärmeerzeugung

Betriebskosten

Betriebskosten – Wärmenetz		
	spez. Kosten[3]	**Jährliche Kosten**
Betriebs- und Instandhaltungskosten Erdsonden	3,0%	14.702 €/a
Betriebs- und Instandhaltungskosten Wärmenetz	1,0%	2.252 €/a
Betriebs- und Instandhaltungskosten Hausanschluss	3,0%	1.926 €/a
Stromkosten Netzpumpe	0,37 €/kWh	592 €/a
	Summe Betriebskosten brutto	**19.472 €/a**

Tabelle 8: Betriebskosten des Wärmenetzes für Ausbaustufe 1

[3] Bei den prozentualen spezifischen Kosten in der obigen Tabelle handelt es sich um den prozentualen Aufwand für Instandsetzung und Wartung/Inspektion aus der VDI 2067-1.

4.2.2 Investitions- und Betriebskosten der Booster-Wärmepumpen

Investitionskosten – Booster-Wärmepumpen			
	Anzahl	spezifische Kosten	**Gesamt-kosten**
Booster Wärmepumpe 10 - 25 kW	4	28.000 €	112.000 €
Dezentraler Pufferspeicher 1000l	4	3.500 €	14.000 €
Booster Wärmepumpe 25-35 kW	5	39.000 €	195.000 €
Dezentraler Pufferspeicher 1000l	5	3.500 €	17.500 €
Booster Wärmepumpe 70 kW	1	78.000 €	78.000 €
Dezentraler Pufferspeicher 2000l	1	5.000 €	5.000 €
		Summe Investitionskosten netto	**421.500 €**

Tabelle 9: Investitionskosten für Booster-Wärmepumpen – Ausbaustufe 1

Betriebskosten

Betriebskosten – Booster-Wärmepumpen		
	spez. Kosten[4]	**Jährliche Kosten**
Kosten Strom für Booster-Wärmepumpen	0,34 €/kWh	39.440 €/a
Instandhaltungskosten Booster-Wärmepumpe	2,5%	9.625 €/a
Instandhaltungskosten Wärmespeicher	2,0%	730 €/a
	Summe Betriebskosten brutto	**49.065 €/a**

Tabelle 10: Betriebskosten der Booster-Wärmepumpen – Ausbaustufe 1

[4] Bei den prozentualen spezifischen Kosten in der obigen Tabelle handelt es sich um den prozentualen Aufwand für Instandsetzung und Wartung/Inspektion aus der VDI 2067-1.

4.2.3 Summe der Investitions- und Betriebskosten

Investitionskosten – gesamt		
	Prozentuale Anteile	**Gesamt-kosten**
Investitionskosten Kaltnetz		225.227 €
Investitionskosten dezentrale Wärmeerzeugung		485.700 €
Investitionskosten zentrale Wärmequelle		590.050 €
Summe Investitionskosten netto		**1.300.977 €**
Planungskosten	16%	202.562 €
Summe Investitionskosten netto inkl. Planung		**1.503.539 €**
MWSt.	19%	285.672 €
Summe Investitionskosten brutto		**1.789.212 €**
Förderung BEW Modul Wärmenetz (Nettoinvest)	40%	376.886 €
Förderung BEG Heizungstausch (Bruttoinvest)	30%	200.392 €
Summe Investitionskosten inkl. Förderung		**1.211.933 €**

Tabelle 11: Zusammenfassung der Investitionskosten inklusive Planungskosten, Förderung und MwSt. bei Ausbaustufe 1

Für die Booster-Wärmepumpen wird angenommen, dass neben der Grundförderung von 30% ein Bonus von 20% für den Klimageschwindigkeitsbonus gewährt wird, der beispielsweise beim Austausch eines 20 Jahre alten Gas- oder Ölkessels gewährt wird.

Die Investitionskosten inkl. Förderung belaufen sich für die Ausbaustufe 1 auf etwa 1,2 Mio. € brutto.

Betriebskosten – gesamt	
	Jährliche Kosten
Summe Betriebskosten Wärmequelle + Wärmenetz	19.472 €/a
Summe Betriebskosten Booster-Wärmepumpen	49.065 €/a
Summe Betriebskosten brutto	**68.537 €/a**

Tabelle 12: Summe der Betriebskosten in Ausbaustufe 1

4.2.4 Wärmegestehungskosten

Die Wärmegestehungskosten werden nachfolgend vereinfacht anhand der statischen Berechnung betrachtet. Kostensteigerungen (z.B. Energiepreissteigerung pro Jahr) oder Zinsen werden nicht berücksichtigt.

In der nachfolgenden Grafik sind die aufsummierten Kosten des Wärmenetzes inklusive Wärmeerzeugung über den Betrachtungszeitraum von 40 Jahren dargestellt. Bei den Investitionskosten am Anfang im Jahr 0 ist die Förderung berücksichtigt. Bei der Ersatzinvestition für die Wärmeerzeugung (Booster-Wärmepumpen) nach 20 Jahren ist keine Förderung berücksichtigt.

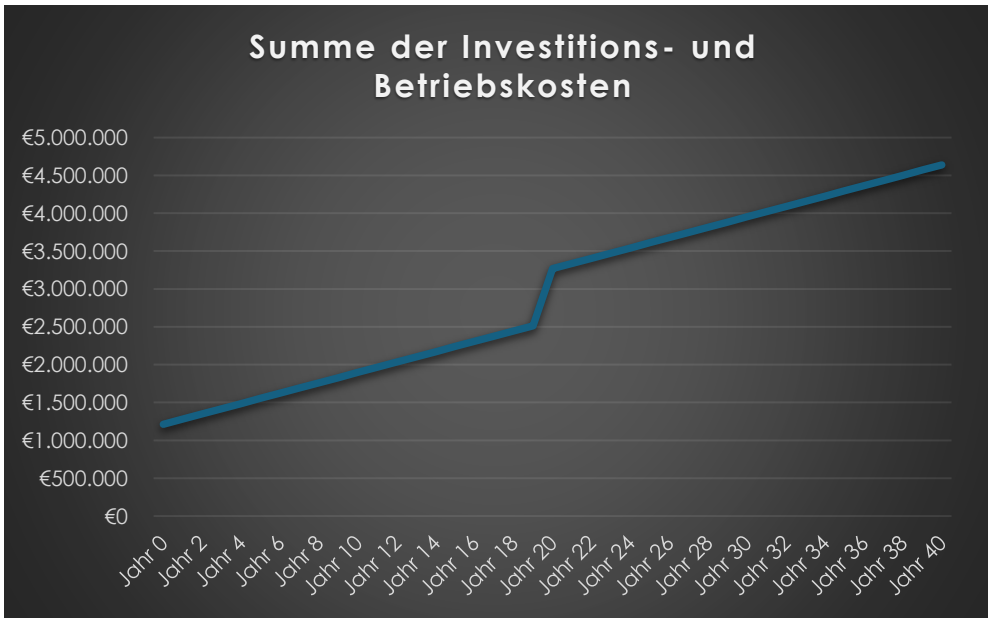

Abbildung 9: Darstellung der Summe der Kosten für Ausbaustufe 1

In der obigen Grafik ist berücksichtigt, dass nach 20 Jahren eine Ersatzinvestition in die Booster-Wärmepumpen stattfinden muss, daher ist ein Knick in der Kurve bei Jahr 20 zu erkennen.

Die aufsummierten Kosten für die Investition und den Betrieb des Wärmenetzes betragen über 40 Jahre inklusive der Förderung für die Erstinvestition etwa 5 Mio. €.

Die aufsummierten Kosten dividiert durch die Summe der Wärmemenge in 40 Jahren ergeben die Wärmegestehungskosten. Bei diesen ist kein Gewinn für den Netzbetreiber oder andere Kosten wie Verwaltungsaufwand oder Versicherungskosten berücksichtigt.

Wärmegestehungskosten bei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) inkl. Förderung	**0,20 €/kWh**

Tabelle 13: Wärmegestehungskosten für Ausbaustufe 1 über einen Zeitraum von 40 Jahren inkl. Förderung der Anfangsinvestition

Ohne die Förderung aus dem BAFA Modul BEW für die Erstinvestition im Jahre 0 wären die Wärmegestehungskosten bei dieser Variante etwas höher, wie in der nachfolgenden Tabelle deutlich wird.

Wärmegestehungskosten bei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) ohne Förderung	**0,23 €/kWh**

Tabelle 14: Wärmegestehungskosten für Ausbaustufe 1 über einen Zeitraum von 40 Jahren ohne Förderung der Anfangsinvestition

Wie die Grobkostenberechnungen darlegen, würden bei einer statischen Betrachtung die **Wärmegestehungskosten inklusive einer Förderung ca. 0,20 €/kWh** bei Ausbaustufe 1 betragen. **Ohne die Förderung** der Anfangsinvestition wären die Wärmegestehungskosten mit ca. **0,23 €/kWh** etwas höher.

Bei den berechneten Wärmegestehungskosten sind noch keine Gewinne für den Netzbetreiber oder andere Kosten wie Verwaltungsaufwand oder Versicherungskosten berücksichtigt. Bei **Berücksichtigung eines Gewinns von 5%** für den Betreiber würden die **Wärmegestehungskosten mit Förderung** bei **0,21 €/kWh** und **ohne Förderung 0,24 €/kWh** betragen.

4.3 Ausbaustufe 2 – Neubauten und Bestandsgebäude

In der zweiten Ausbaustufe wird der Anschluss der umlegenden Bestandsgebäude zusätzlich zu den Neubauten betrachtet.

4.3.1 Investitions- und Betriebskosten Wärmenetz mit zentraler Wärmequelle

Investitionskosten

Investitionskosten – Wärmenetz			
Nennweite	**Trassenlänge**	**spezifische Kosten**	**Gesamtkosten**
DN	*m*	*€/m*	*€*
280	39,3	1.467	57.633 €
225	56,4	1.218	68.672 €
180	32,9	997	32.808 €
160	32,3	997	32.209 €
125	17,7	660	11.676 €
110	75,2	660	49.606 €
90	19,5	573	11.165 €
75	88,5	469	41.534 €
63	87,7	425	37.306 €
50	157,1	367	57.627 €
40	25,7	352	9.051 €
32	64,9	322	20.906 €
25	15,2	307	4.674 €
		Summe Investitionskosten netto	**434.867 €**

Tabelle 15: Investitionskosten für den Bau des Wärmenetzes für Ausbaustufe 2

Investitionskosten – Hausanschlüsse			
	Anzahl	spezifische Kosten	**Gesamt-kosten**
Hausanschluss Kaltnetz < 10 kW	11	2.800 €/St.	30.800 €
Hausanschluss Kaltnetz 10-25 kW	10	4.500 €/St.	45.000 €
Hausanschluss Kaltnetz 25-35 kW	5	7.100 €/St.	35.500 €
Hausanschluss Kaltnetz 70 kW	1	10.700 €/St.	10.700 €
		Summe Investitionskosten netto	**122.000 €**

Tabelle 16: Investitionskosten der Hausanschlüsse für Ausbaustufe 2

Investitionskosten – zentrale Wärmeerzeugung			
	Menge / Größe	spezifische Kosten	**Gesamt-kosten**
Erdsonden	9.900 m	99 €/m	980.100 €
Elektrotechnische + Leittechnische Integration	-	-	20.000 €
Hydraulik	-	-	20.000 €
Sonstiges/Unvorhergesehenes	-	-	50.000 €
Technikstation	-	-	10.000 €
		Summe Investitionskosten netto	**1.080.100 €**

Tabelle 17: Investitionskosten der zentralen Wärmeerzeugung für Ausbaustufe 2

Betriebskosten

Betriebskosten – Wärmenetz		
	spez. Kosten[5]	**Jährliche Kosten**
Betriebs- und Instandhaltungskosten Erdsonden	3,0%	29.403 €/a
Betriebs- und Instandhaltungskosten Wärmenetz	1,0%	4.349 €/a
Betriebs- und Instandhaltungskosten Hausanschluss	3,0%	3.660 €/a
Stromkosten Netzpumpe	0,37 €/kWh	2.775 €/a
	Summe Betriebskosten brutto	**40.187 €/a**

Tabelle 18: Betriebskosten des Wärmenetzes für Ausbaustufe 2

4.3.2 Investitions- und Betriebskosten der Booster-Wärmepumpen

Investitionskosten – Booster-Wärmepumpen			
	Anzahl	spezifische Kosten	**Gesamt-kosten**
Booster Wärmepumpe < 10 kW	11	17.000 €	187.000 €
Dezentraler Pufferspeicher 500l	11	2.000 €	22.000 €
Booster Wärmepumpe 10 - 25 kW	10	28.000 €	280.000 €
Dezentraler Pufferspeicher 1000l	10	3.500 €	35.000 €
Booster Wärmepumpe 25-35 kW	5	39.000 €	195.000 €
Dezentraler Pufferspeicher 1000l	5	3.500 €	17.500 €
Booster Wärmepumpe 70 kW	1	78.000 €	78.000 €
Dezentraler Pufferspeicher 2000l	1	5.000 €	5.000 €
		Summe Investitionskosten netto	**819.500 €**

Tabelle 19: Investitionskosten für Booster-Wärmepumpen – Ausbaustufe 2

[5] Bei den prozentualen spezifischen Kosten in der obigen Tabelle handelt es sich um den prozentualen Aufwand für Instandsetzung und Wartung/Inspektion aus der VDI 2067-1.

Betriebskosten

Betriebskosten – Booster-Wärmepumpen		
	spez. Kosten[6]	**Jährliche Kosten**
Kosten Strom für Booster-Wärmepumpen	0,34 €/kWh	74.832 €/a
Instandhaltungskosten Booster-Wärmepumpe	2,5%	18.500 €/a
Instandhaltungskosten Wärmespeicher	2,0%	1.590 €/a
Summe Betriebskosten brutto		**93.332 €/a**

Tabelle 20: Betriebskosten der Booster-Wärmepumpen – Ausbaustufe 2

4.3.3 Summe der Investitions- und Betriebskosten

Investitionskosten – gesamt		
Kostenposition	Prozentuale Anteile	**Gesamt-kosten**
Investitionskosten Kaltnetz		434.867 €
Investitionskosten Booster-Wärmepumpen		941.500 €
Investitionskosten zentrale Wärmequelle		1.080.100 €
Summe Investitionskosten netto		**2.456.467 €**
Planungskosten	14%	350.292 €
Summe Investitionskosten netto inkl. Planung		**2.806.759 €**
MWSt.	19%	533.284 €
Summe Investitionskosten brutto		**3.340.044 €**
Förderung BEW Modul Wärmenetz (Nettoinvest)	40%	540.081 €
Förderung BEG Heizungstausch (Bruttoinvest)	30%	705.462 €
Summe Investitionskosten inkl. Förderung		**2.263.597 €**

Tabelle 21: Zusammenfassung der Investitionskosten inklusive Planungskosten, Förderung und MwSt. bei Ausbaustufe 2

Die Investitionskosten inkl. Förderung belaufen sich in Ausbaustufe 2 auf etwa 2,3 Mio. € brutto.

Für die Booster-Wärmepumpen wird angenommen, dass neben der Grundförderung von 30% ein Bonus von 20% für den Klimageschwindigkeitsbonus gewährt wird, der beispielsweise beim Austausch eines 20 Jahre alten Gas- oder Ölkessels gewährt wird.

[6] Bei den prozentualen spezifischen Kosten in der obigen Tabelle handelt es sich um den prozentualen Aufwand für Instandsetzung und Wartung/Inspektion aus der VDI 2067-1.

Betriebskosten

Betriebskosten – gesamt	
	Jährliche Kosten
Summe Betriebskosten Wärmequelle + Wärmenetz	40.187 €/a
Summe Betriebskosten Booster-Wärmepumpen	93.332 €/a
Summe Betriebskosten brutto	**133.518 €/a**

Tabelle 22: Summe der Betriebskosten in Ausbaustufe 2

4.3.4 Wärmegestehungskosten

Die Wärmegestehungskosten werden nachfolgend vereinfacht anhand der statischen Berechnung betrachtet. Kostensteigerungen (z.B. Energiepreissteigerung pro Jahr) oder Zinsen werden nicht berücksichtigt.

In der nachfolgenden Grafik sind die aufsummierten Kosten des Wärmenetzes inklusive Wärmeerzeugung über den Betrachtungszeitraum von 40 Jahren dargestellt. Bei den Investitionskosten am Anfang im Jahr 0 ist die Förderung berücksichtigt. Bei der Ersatzinvestition für die Wärmeerzeugung (Booster-Wärmepumpen) nach 20 Jahren ist keine Förderung berücksichtigt.

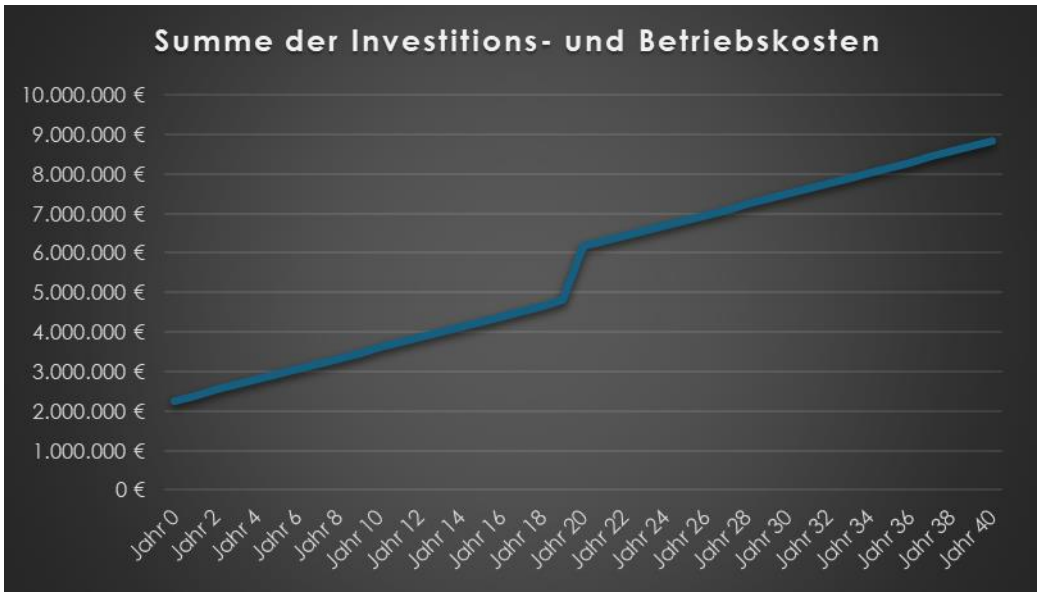

Abbildung 10: Darstellung der Summe der Kosten für Ausbaustufe 2

In der obigen Grafik ist berücksichtigt, dass nach 20 Jahren eine Ersatzinvestition in die Booster-Wärmepumpen stattfinden muss, daher ist ein Knick in der Kurve bei Jahr 20 zu erkennen.

Die aufsummierten Kosten für die Investition und den Betrieb des Wärmenetzes betragen über 40 Jahre inklusive der Förderung für die Erstinvestition etwa 9 Mio. € brutto.

Die aufsummierten Kosten dividiert durch die Summe der Wärmemenge in 40 Jahren ergeben die Wärmegestehungskosten. Bei diesen ist kein Gewinn für den Netzbetreiber oder andere Kosten wie Verwaltungsaufwand oder Versicherungskosten berücksichtigt.

Wärmegestehungskosten bei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) inkl. Förderung	**0,23 €/kWh**

Tabelle 23: Wärmegestehungskosten für Ausbaustufe 2 über einen Zeitraum von 40 Jahren inkl. Förderung der Anfangsinvestition

Ohne die Förderung aus dem BAFA Modul BEW für die Erstinvestition im Jahre 0 wären die Wärmegestehungskosten bei dieser Variante etwas höher, wie in der nachfolgenden Tabelle deutlich wird.

Wärmegestehungskosten bei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) ohne Förderung	**0,26 €/kWh**

Tabelle 24: Wärmegestehungskosten für Ausbaustufe 2 über einen Zeitraum von 40 Jahren ohne Förderung der Anfangsinvestition

Wie die Grobkostenberechnungen darlegen, würden bei einer statischen Betrachtung die **Wärmegestehungskosten inklusive einer Förderung ca. 0,23 €/kWh** bei Ausbaustufe 2 betragen. **Ohne die Förderung** der Anfangsinvestition wären die Wärmegestehungskosten mit ca. **0,26 €/kWh** etwas höher.

Bei den berechneten Wärmegestehungskosten sind noch keine Gewinne für den Netzbetreiber oder andere Kosten wie Verwaltungsaufwand oder Versicherungskosten berücksichtigt. Bei Berücksichtigung einer **Gewinnmage des Betreibers von 5 %** würden die **Wärmegestehungskosten mit Förderung 0,24 €/kWh** und **ohne Förderung 0,28 €/kWh** betragen.

4.4 Vergleich der Wärmegestehungskosten der Szenarien des Wärmenetzes mit der Einzelversorgung

Die Wärmegestehungskosten sind die summierten Kosten für die Wärmeerzeugung aus Investitionskosten, Energie- und Instandhaltungskosten für den Betrachtungszeitraum von 40 Jahren, geteilt durch den Wärmeverbrauch des Gebäudes über diesen Zeitraum.

$$\boldsymbol{Wärmegestehungskosten} = \frac{Kosten\ über\ 40\ Jahre}{Wärmeverbrauch\ in\ 40\ Jahren}$$

Dieser Vergleichswert wird verwendet, da er verschiedene Heizsysteme objektiv anhand ihrer langfristigen Wirtschaftlichkeit bewertet. Je niedriger die Wärmegestehungskosten, desto kostengünstiger ist die Wärmeerzeugung über den Betrachtungszeitraum.

In der nachfolgenden Tabelle sind diese für Ausbaustufe 1 und 2 inkl. der Förderungen gegenübergestellt. Außerdem sind die Kosten für eine Einzelversorgung eines Gebäudes Typ Einfamilienhaus (EFH) und Typ Mehrfamilienhaus (MFH) angegeben, die bei einer dezentralen Wärmeversorgung mit einer Außenluft-Wasser-Wärmepumpe zu erwarten sind [7].

Neben den Wärmegestehungskosten inkl. Förderung sind auch die Wärmegestehungskosten mit Gewinnmarge eines Betreibers von 5% und die Wärmegestehungskosten ohne Förderung dargestellt.

Vergleich der Wärmegestehungskosten				
Wärmegestehungskosten (brutto)	**Wärmenetz Ausbaustufe 1**	**Wärmenetz Ausbaustufe 2**	**Dezentrale Wärme Typ EFH**	**Dezentrale Wärme Typ MFH**
inkl. Förderung	0,20 €/kWh	0,23 €/kWh	0,21 €/kWh (Bestand)	0,21 €/kWh (Bestand)
Inkl. Förderung und Gewinnmarge (5%)	0,21 €/kWh	0,24 €/kWh		
Ohne Förderung	0,23 €/kWh	0,26 €/kWh	0,25 €/kWh (Bestand) **Neubau 0,22 €/kWh**	0,23 €/kWh (Bestand) **Neubau 0,19 €/kWh**
ohne Förderung und Gewinnmarge (5%)	0,24 €/kWh	0,28 €/kWh		

Tabelle 25: Vergleich der Wärmegestehungskosten der 2 Szenarien des Wärmenetzes Seilerbahn mit den Kosten für die dezentrale Wärmeversorgung mit Außenluft-Wärmepumpen für den Typ EFH/MFH

Die Ergebnisse in der oberen Tabelle zeigen, dass das kalte Wärmenetz im Gebiet der Seilerbahn wirtschaftlich mit der dezentralen Wärmeversorgung über eine Außenluft-Wärmepumpe vergleichbar ist und vor allem bei Ausbaustufe 1 mit Anschluss der Neubauten Vorteile bietet.

In Ausbaustufe 1 betragen die Wärmegestehungskosten für das kalte Wärmenetz je nach Förderung und Gewinnmarge zwischen 0,20 €/kWh und 0,24 €/kWh, während sie in Ausbaustufe 2 bei 0,23 €/kWh bis 0,28 €/kWh liegen. Die Kosten der dezentralen Wärmeversorgung mit Außenluft-Wärmepumpe variieren je nach Gebäudetyp zwischen 0,21 €/kWh und 0,25 €/kWh. Für den Neubau liegen die Wärmegestehungskosten zwischen 0,19 €/kWh und 0,22 €/kWh.

[7] Für detaillierte Informationen zu den Berechnungen der Wärmegestehungskosten für den Typ EFH und MFH inklusive Annahmen zu den Förderungen siehe Gebäudesteckbriefe für EFH und MFH, die im Zuge der kommunalen Wärmeplanung erstellt wurden.

Wenn der Ausbau des Wärmenetzes in Neubaugebieten bereits in der Planungsphase integriert wird, können die Kosten gesenkt werden. In Bestandsgebieten kann ein Wärmenetzausbau mit Sanierungsarbeiten an Straßen kombiniert werden. Auch begleitende Tiefbauarbeiten, wie die Verlegung von Kabeln, können zur Kostenreduzierung beitragen und die Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzes verbessert sich.

Zusammenfassend zeigen die Berechnungen, dass ein kaltes Wärmenetz im Gebiet Seilerbahn bei günstigen Randbedingungen wie einer hohen Anschlussquote und verfügbaren Fördermittel wirtschaftlich tendenziell vorteilhafter als eine dezentrale Wärmeversorgung über Außenluft-Wasser-Wärmepumpe sein kann.

Auf Grundlage der Grobkostenberechnung wird empfohlen, die Umsetzung eines kalten Wärmenetzes im Gebiet Seilerbahn im Zuge der geplanten Bebauung weiter zu prüfen. Wird ein Anschluss der Bestandsgebäude angestrebt, kann die Anschlussbereitschaft der Bürgerinnen und Bürger beispielsweise durch Befragungen ermittelt werden. Bei hoher Zustimmung sollte das Wärmenetz im Rahmen einer Machbarkeitsstudie gemäß BEW-Modul 1 der BAFA weiterentwickelt werden.