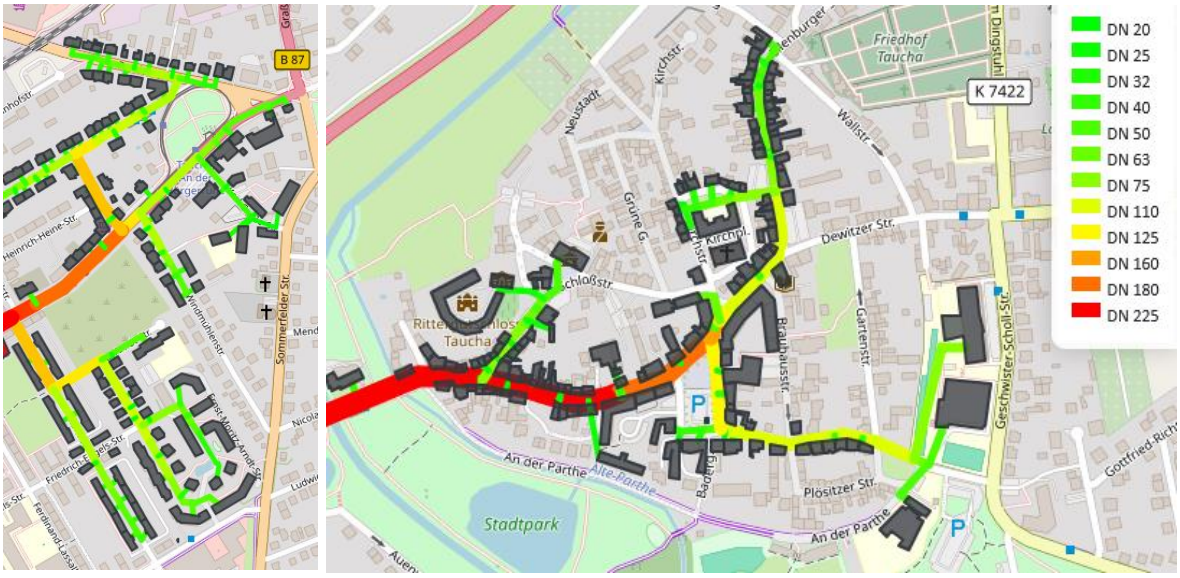
Bericht zur Analyse der Wirtschaftlichkeit einer Erweiterung des Wärmenetzes im Netzgebiet 2 (Taucha Zentrum)



Projekt: Kommunale Wärmeplanung Taucha

Auftraggeber: Stadt Taucha
Schloßstraße 13
04425 Taucha

Erstellt: Team für Technik GmbH
Büro Leipzig
Karl-Liebknecht-Str. 88
04275 Leipzig
T. +49 341 223 871-21
Mail leipzig@tftgmbh.de

Datum: 24.03.2025

INHALTSVERZEICHNIS

1 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE 2

2 GRUNDLAGEN 3

3 SZENARIEN AUSBAUSTUFEN/ANSCHLUSSQUOTEN NAHWÄRME 4

3.1 AUSBAUSTUFE 1 4

3.1.1 SZENARIO MIT HOHER ANSCHLUSSQUOTE 4

3.1.2 SZENARIO MIT MITTLERER ANSCHLUSSQUOTE 7

3.2 AUSBAUSTUFE 2 10

3.2.1 SZENARIO 1 MIT HOHER ANSCHLUSSQUOTE 10

3.2.2 SZENARIO 2 MIT MITTLERER ANSCHLUSSQUOTE 13

4 WIRTSCHAFTLICHKEIT 16

4.1 RANDBEDINGUNGEN 16

4.2 AUSBAUSTUFE 1 - SZENARIO 1 17

4.2.1 INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN WÄRMENETZ 17

4.2.2 INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN DER ZENTRALEN WÄRMEERZEUGUNG 19

4.2.3 SUMME DER INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN 20

4.2.4 WÄRMEGESTEHUNGSKOSTEN 21

4.3 AUSBAUSTUFE 1 - SZENARIO 2 23

4.3.1 INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN WÄRMENETZ 23

4.3.2 INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN DER ZENTRALEN WÄRMEERZEUGUNG 25

4.3.3 SUMME DER INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN 26

4.3.4 WÄRMEGESTEHUNGSKOSTEN 27

4.4 AUSBAUSTUFE 2 - SZENARIO 1 29

4.4.1 INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN WÄRMENETZ 29

4.4.2 INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN DER ZENTRALEN WÄRMEERZEUGUNG 31

4.4.3 SUMME DER INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN 32

4.4.4 WÄRMEGESTEHUNGSKOSTEN 33

4.5 AUSBAUSTUFE 2 - SZENARIO 2 35

4.5.1 INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN WÄRMENETZ 35

4.5.2 INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN DER ZENTRALEN WÄRMEERZEUGUNG 37

4.5.3 SUMME DER INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN 39

4.5.4 WÄRMEGESTEHUNGSKOSTEN 40

4.5.5 VERGLEICH DER WÄRMEGESTEHUNGSKOSTEN DER SZENARIEN DES WÄRMENETZES MIT DER EINZELVERSORGUNG 42

1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im westlichen Teil von Taucha befindet sich ein Rechenzentrum mit einem hohen Abwärmepotenzial. Eine bereits durchgeführte Machbarkeitsstudie hat untersucht, inwiefern diese Abwärme zur Wärmeversorgung von Ankerkunden – etwa Wohnungsgenossenschaften – im westlichen Gebiet genutzt werden kann. Aufgrund der großen verfügbaren Abwärmemenge ist es außerdem möglich, neben dem westlichen Teil auch zentrale Bereiche von Taucha mit Wärme zu versorgen.

Die vorliegende Vorstudie prüft daher die Wirtschaftlichkeit einer Erweiterung des Wärmenetzes ins Zentrum von Taucha (Netzgebiet 2). Dazu werden zwei Ausbaustufen mit jeweils zwei Anschlussquoten (Szenario 1 mit 85 % und Szenario 2 mit 70 %) betrachtet. Während die erste Ausbaustufe den westlichen Teil des Zentrums abdeckt, bezieht sich die zweite Ausbaustufe auf das weiter östlich gelegene Zentrum, wobei beide Gebiete durch den Fluss Parthe getrennt sind.

Für jede Kombination aus Ausbaustufe und Anschlussquote wird ein entsprechendes Wärmenetz konzipiert, die Heizzentrale dimensioniert und die Wirtschaftlichkeit anhand der Wärmegestehungskosten bewertet. Dabei zeigt sich, dass bei hohen Anschlussquoten – sowohl mit als auch ohne Förderung – das Wärmenetz finanzielle Vorteile gegenüber einer dezentralen Versorgung mittels Außenluft-Wärmepumpen bietet.[1]

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeit anhand von Wärmegestehungskosten bei den verschiedenen Ausbaustufen und Anschlussquoten des Wärmenetzes im Vergleich zur dezentralen Versorgung mit Wärmepumpen.

ERGEBNISSE DER ANALYSE

Wärmegestehungs-kosten (brutto)	**Ausbaustufe 1**		**Ausbaustufe 2**		**Dezentrale Wärme**	**Dezentrale Wärme**
	Szenario 1	**Szenario 2**	**Szenario 1**	**Szenario 2**	**Typ EFH**	**Typ MFH**
inkl. Förderung	0,14 €/kWh	0,14 €/kWh	0,15 €/kWh	0,15 €/kWh	0,20 €/kWh	0,18 €/kWh
Inkl. Förderung, mit Gewinn	0,15 €/kWh	0,16 €/kWh	0,16 €/kWh	0,17 €/kWh		
Ohne Förderung	0,15 €/kWh	0,15 €/kWh	0,16 €/kWh	0,17 €/kWh	0,25 €/kWh	0,19 €/kWh
ohne Förderung, mit Gewinn	0,16 €/kWh	0,17 €/kWh	0,18 €/kWh	0,18 €/kWh		

Tabelle 1: Vergleich der Wärmegestehungskosten der zwei Ausbaustufen mit je zwei Szenarien der Nahwärme gegenüber der dezentrale Wärmeversorgung

Zusammenfassend belegen die Berechnungen, dass sich der Ausbau des Wärmenetzes ins Netzgebiet 2 bei hoher Anschlussquote finanziell lohnt. Zusätzliche günstige Faktoren wie bereits anfallende Kosten für die Straßenöffnung oder die Inanspruchnahme von Fördermitteln können die Wirtschaftlichkeit weiter verbessern. Auf Grundlage dieser Ergebnisse

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

wird empfohlen, die Umsetzung eines Wärmenetzes auf Basis der Abwärme aus dem Rechenzentrum schrittweise voranzutreiben. Dabei sollten Ankerkunden und interessierte Anschlussteilnehmer zuerst eingebunden sowie bei geplanten Tiefbauarbeiten Möglichkeiten zur Netzerweiterung geprüft werden. Um die Anschlussbereitschaft im Netzgebiet zu ermitteln, sind zudem Bürgerbefragungen und Informationsveranstaltungen sinnvoll.

2 Grundlagen

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für Taucha wurden drei potenzielle Netzgebiete identifiziert, die sich anhand ausgewählter Kriterien wie Wärmeliniendichte und verfügbaren Wärmequellen für den Betrieb eines Wärmenetzes eignen.

Für das Netzgebiet 1 wurde bereits eine Machbarkeitsstudie zur Nutzung der Abwärme eines Rechenzentrums im Westen der Stadt durchgeführt. Aufgrund der hohen Abwärme-Kapazität des Rechenzentrums besteht die Möglichkeit, neben Netzgebiet 1 auch Teile des Netzgebietes 2 mit Abwärme zu versorgen (siehe nachfolgende Abbildung).

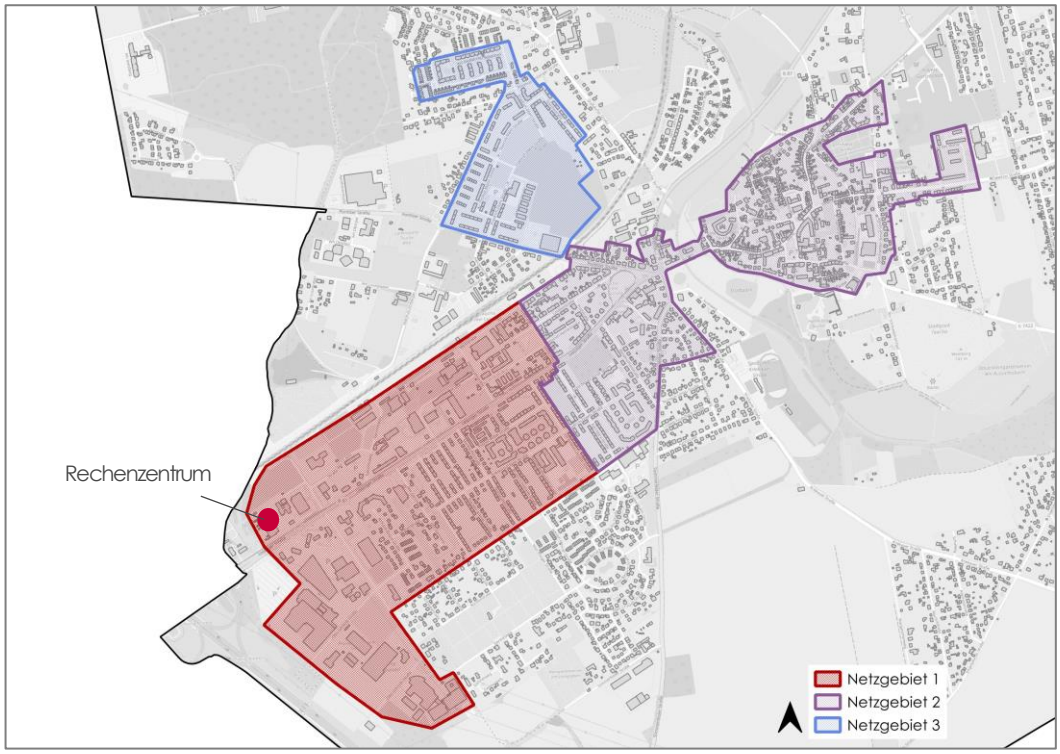


Abbildung 1: Einteilung der Netzgebiete im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung

Diese Vorstudie untersucht die Wirtschaftlichkeit einer Erweiterung des Wärmenetzes im Netzgebiet 2. Dazu werden zwei Ausbaustufen des Netzes betrachtet, jeweils mit zwei unterschiedlichen Anschlussquoten.

Für jede Kombination aus Ausbaustufe und Anschlussquote werden ein entsprechendes Wärmenetz konzipiert, die Heizzentrale dimensioniert und die Wirtschaftlichkeit anhand der Wärmegestehungskosten analysiert.

3 Szenarien Ausbaustufen/Anschlussquoten Nahwärme

Es werden zwei Ausbaustufen mit je zwei Szenarien für die Anschlussquoten an das Wärmenetz untersucht. In der Ausbaustufe 1 wird das Wärmenetz auf der westlichen Seite des Netzgebietes 2 bis zur Sommerfelder Straße ausgebaut (siehe Abbildung 2). Bei Ausbaustufe 2 wird das Wärmenetz weiter in Richtung Osten ausgebaut, sodass das Netzgebiet 2 zum großen Teil mit einem Wärmenetz versorgt wird.

Für jede Ausbaustufe werden zwei Szenarien betrachtet: In Szenario 1 wird von einer hohen Anschlussquote von etwa 85 % ausgegangen, während Szenario 2 eine mittlere Anschlussquote von rund 70 % vorsieht.

Die dezentrale Lösung basiert auf den Sanierungssteckbriefen für Musterhäuser, welche im Zuge der kommunalen Wärmeplanung entwickelt wurden. Diese zeigen die Kosten für ein Einfamilienhaus und ein Mehrfamilienhaus für unterschiedliche Wärmeerzeuger und Bauphysikalischen Maßnahmen auf.

3.1 Ausbaustufe 1

3.1.1 Szenario mit hoher Anschlussquote

Im Szenario 1 wurde für die Ausbaustufe 1 von einer hohen Anschlussquote ausgegangen, sodass etwa 85 % des Wärmebedarfs der Gebäude in den Straßen mit Nahwärmeversorgung an das Wärmenetz angeschlossen sind. Die Wärmebedarfe der Gebäude ergeben sich aus den Berechnungen der kommunalen Wärmeplanung.

Lage des Wärmenetzes

Im nächsten Schritt wurde anhand der berechneten Wärmebedarfe der Gebäude das Wärmenetz für die Ausbaustufe 1 mit hoher Anschlussquote dimensioniert.

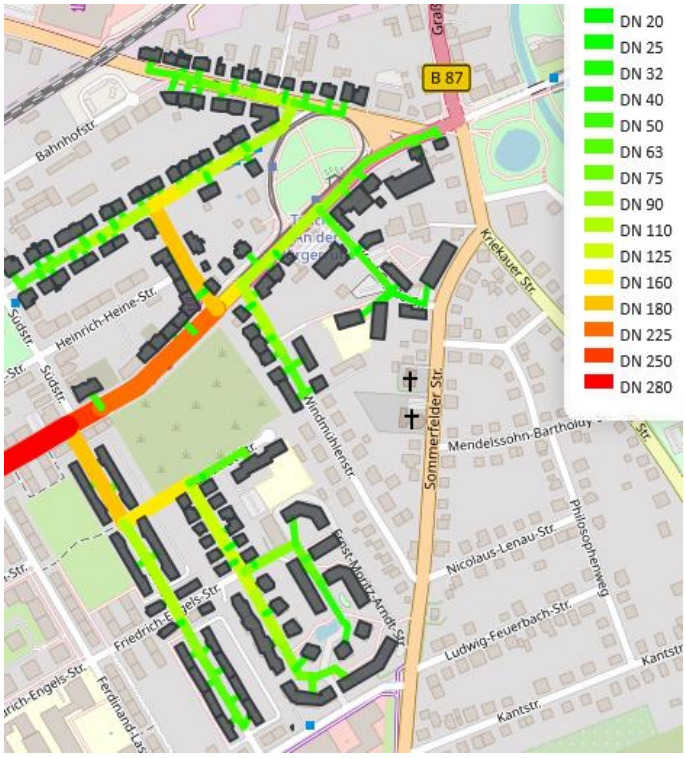


Abbildung 2: Dimensionierung des Wärmenetzes für Ausbaustufe 1 – Szenario 1

Netzeigenschaften	
Trassenlänge	3,8 km
davon Verteilleitungen	2,4 km
davon Hausanschlüsse	1,4 km
Wärmeliniendichte	1,9 MWh/m
Wärmeverluste Netz	670 MWh/a (9%)

Tabelle 2: Ergebnisse zu den Eigenschaften des Wärmenetzes in Ausbaustufe 1 – Szenario 1

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Ergebnisse zu den Anschlussteilnehmern am Wärmenetz zusammengefasst.

	Wärmeenergie
Heizwärmebedarf der Gebäude im Netzgebiet	7.573 MWh/a
Trinkwarmwasserbedarf der Gebäude im Netzgebiet	1.236 MWh/a
Gesamtwärmebedarf der Gebäude im Netzgebiet	**8.810 MWh/a**
Wärmebezug der Gebäude mit Anschluss am Wärmenetz	**7.446 MWh/a**
Anschlussquote anhand des Wärmebedarfs	**85%**

Tabelle 3: Ergebnisse zum Wärmebedarf der Anschlussteilnehmer bei Ausbaustufe 1 - Szenario 1

	Anzahl
Gebäudeanzahl im Netzgebiet	136
Ans Wärmenetz angeschlossene Gebäude	102
Anschlussquote anhand Anzahl Gebäude	**75%**

Tabelle 4: Ergebnisse zur Anzahl bei Ausbaustufe 1 - Szenario 1

Dimensionierung Heizzentrale

Für die Dimensionierung der Heizzentrale wurde angenommen, dass im Netzgebiet 1 bereits die in der Machbarkeitsstudie beschriebenen ersten beiden Ausbaustufen des Netzes umgesetzt wurden. Aus den zwei Ausbaustufen im Netzgebiet 1 ergibt sich gemäß Machbarkeitsstudie ein Wärmebedarf von ca. 10.700 MWh/a.

Durch die Ausbaustufe 1 des Netzgebietes 2 entsteht bei hoher Anschlussquote inklusive der Wärmeverluste des Netzes zusätzlich ein Wärmebedarf von ca. 8.000 MWh/a.

Aus dem Wärmebedarf für Netzgebiet 1 und 2 ergibt sich die in nachfolgender Abbildung dargestellte Jahresdauerlinie mit der Abwärme-Wärmepumpe als Grund- und Mittellasterzeugung und einem Spitzenlastkessel (z.B. Erd- oder Biogas).

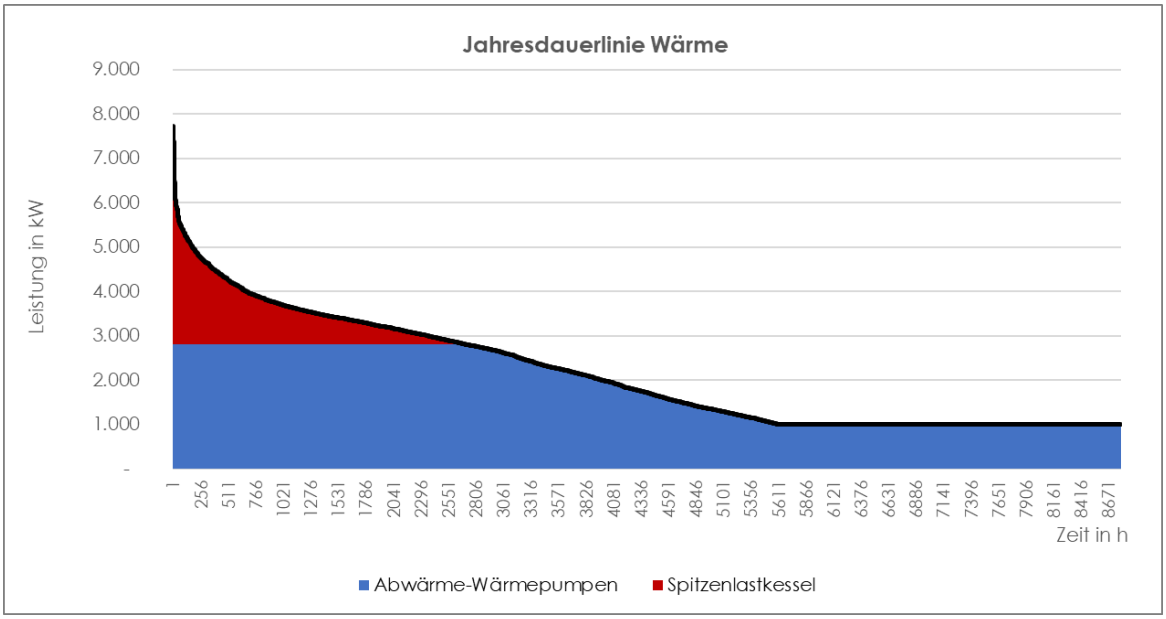


Abbildung 3: Darstellung der Jahresdauerlinie Wärme für Ausbaustufe 1 - Szenario 1

In der obigen Jahresdauerlinie ist die Wärmeerzeugung wie folgt dimensioniert:

- **2.800 kW Wärmepumpen** zur Anhebung des Temperaturniveaus der Abwärme → Deckung von ca. **85% des Wärmebedarfs**
- **8.000 kW Spitzenlastkessel** → Deckung von ca. **15% des Wärmebedarfs** + Redundanz bei Ausfall WP

Für das Netzgebiet 1 wurden gemäß der Machbarkeitsstudie für die Ausbaustufen 1 und 2 bereits 2.100 kW Wärmepumpen und 4.500 kW Spitzenlasterzeuger installiert.

Für den Ausbau des Netzgebietes 2 in der ersten Ausbaustufe in Szenario 1 mit hoher Anschlussquote müssten daher noch **zusätzlich Wärmepumpen mit 700 kW** und **Spitzenlastkessel mit 3.500 kW** installiert werden.

3.1.2 Szenario mit mittlerer Anschlussquote

In Ausbaustufe 1 des Szenarios 2 wurde von einer mittleren Anschlussquote ausgegangen, sodass rund 70 % des Wärmebedarfs der betreffenden Gebäude in den Nahwärmestraßen an das Wärmenetz angeschlossen sind. Die zugrunde liegenden Wärmebedarfe der Gebäude basieren auf Berechnungen im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung.

Lage des Wärmenetzes

Im nächsten Schritt wurde anhand der berechneten Wärmebedarfe der Gebäude das Wärmenetz für die Ausbaustufe 2 mit mittlerer Anschlussquote dimensioniert.

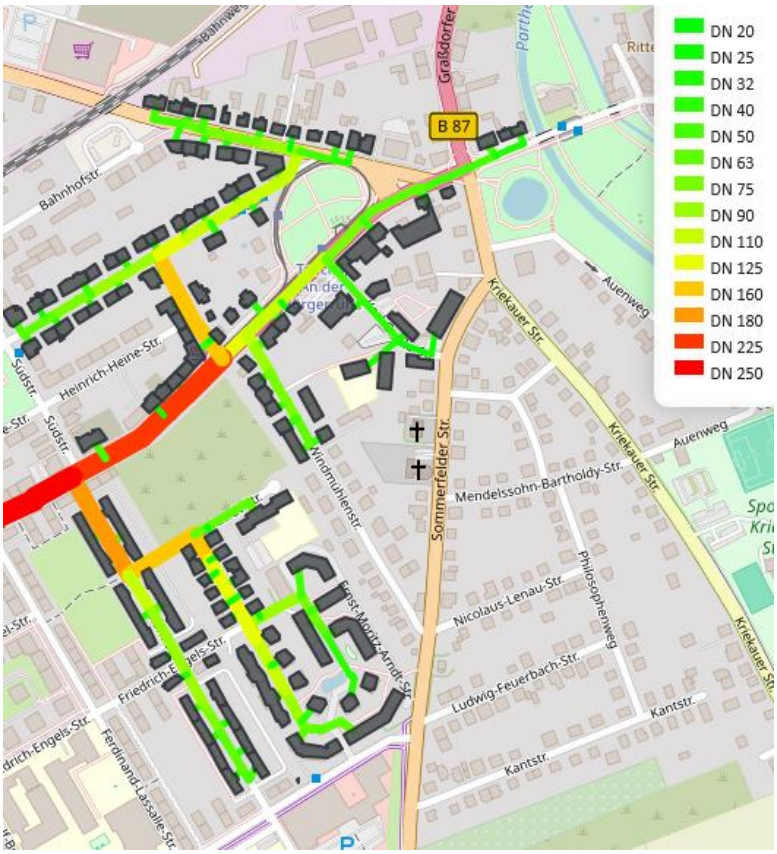


Abbildung 4: Dimensionierung des Wärmenetzes für Ausbaustufe 1 – Szenario 2

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Ergebnisse zu den Anschlussteilnehmern am Wärmenetz zusammengefasst.

Netzeigenschaften	
Trassenlänge	3,7 km
davon Verteilleitungen	2,5 km
davon Hausanschlüsse	1,2 km
Wärmeliniendichte	1,6 MWh/m
Wärmeverluste Netz	613 MWh/a (10%)

Tabelle 5: Ergebnisse zu den Eigenschaften des Wärmenetzes in Ausbaustufe 1 – Szenario 2

	Wärmeenergie
Heizwärmebedarf der Gebäude im Netzgebiet	7.573 MWh/a
Trinkwarmwasserbedarf der Gebäude im Netzgebiet	1.236 MWh/a
Gesamtwärmebedarf der Gebäude im Netzgebiet	**8.810 MWh/a**
Wärmebezug der Gebäude mit Anschluss am Wärmenetz	**6.126 MWh/a**
Anschlussquote anhand des Wärmebedarfs	**70%**

Tabelle 6: Ergebnisse zum Wärmebedarf der Anschlussteilnehmer bei Ausbaustufe 1 - Szenario 2

	Anzahl
Gebäudeanzahl im Netzgebiet	136
Ans Wärmenetz angeschlossene Gebäude	85
Anschlussquote anhand Anzahl Gebäude	**63%**

Tabelle 7: Ergebnisse zur Anzahl bei Ausbaustufe 1 - Szenario 2

Dimensionierung Heizzentrale

Für die Dimensionierung der Heizzentrale wurde angenommen, dass im Netzgebiet 1 bereits die in der Machbarkeitsstudie beschriebenen ersten beiden Ausbaustufen des Netzes umgesetzt wurden. Aus den zwei Ausbaustufen im Netzgebiet 1 ergibt sich gemäß Machbarkeitsstudie ein Wärmebedarf von ca. 10.700 MWh/a.

Durch die Ausbaustufe 1 des Netzgebietes 2 entsteht bei mittlerer Anschlussquote inklusive der Wärmeverluste des Netzes zusätzlich ein Wärmebedarf von ca. 6.700 MWh/a.

Aus dem Wärmebedarf für Netzgebiet 1 und 2 ergibt sich die in nachfolgender Abbildung dargestellte Jahresdauerlinie mit der Abwärme-Wärmepumpe als Grund- und Mittellasterzeugung und einem Spitzenlastkessel (z.B. Erd- oder Biogas).

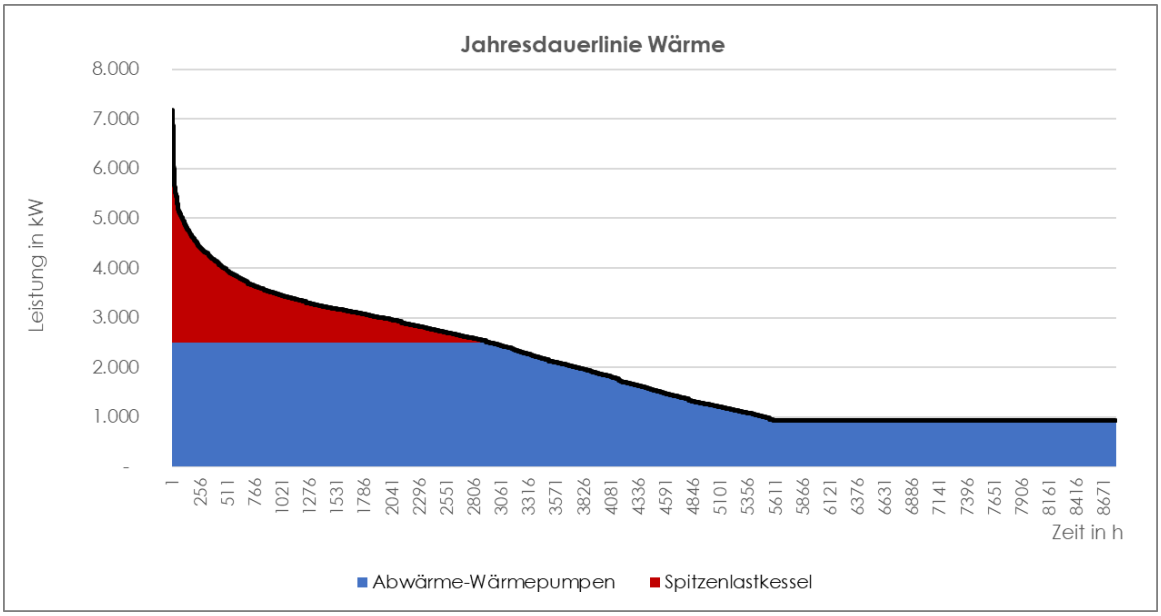


Abbildung 5: Darstellung der Jahresdauerlinie Wärme für Ausbaustufe 1 - Szenario 2

In der obigen Jahresdauerlinie ist die Wärmeerzeugung wie folgt dimensioniert:

- **2.500 kW Wärmepumpen** zur Anhebung des Temperaturniveaus der Abwärme → Deckung von ca. **85% des Wärmebedarfs**
- **7.000 kW Spitzenlastkessel** → Deckung von ca. **15% des Wärmebedarfs** + Redundanz bei Ausfall WP

Für das Netzgebiet 1 wurden gemäß der Machbarkeitsstudie für die Ausbaustufen 1 und 2 bereits 2.100 kW Wärmepumpen und 4.500 kW Spitzenlasterzeuger installiert.

Für den Ausbau des Netzgebietes 2 in der ersten Ausbaustufe müssten daher bei Szenario 2 mit mittlerer Anschlussquote noch **zusätzlich Wärmepumpen mit 400 kW** und **Spitzenlastkessel mit 2.500 kW** installiert werden.

3.2 Ausbaustufe 2

Wenn Ausbaustufe 2 umgesetzt wird, ist für die Verbindung zwischen dem östlichen und westlichen Teil des Netzgebiets eine Rohrleitung der Dimension DN 225 erforderlich.

3.2.1 Szenario 1 mit hoher Anschlussquote

Im Szenario 1 wurde für die Ausbaustufe 2 von einer hohen Anschlussquote ausgegangen, sodass etwa 85 % des Wärmebedarfs der Gebäude in den Straßen mit Nahwärmeversorgung an das Wärmenetz angeschlossen sind. Die Wärmebedarfe der Gebäude ergeben sich aus den Berechnungen der kommunalen Wärmeplanung.

Lage des Wärmenetzes

Im nächsten Schritt wurde anhand der berechneten Wärmebedarfe der Gebäude das Wärmenetz für die Ausbaustufe 2 mit mittlerer Anschlussquote dimensioniert.

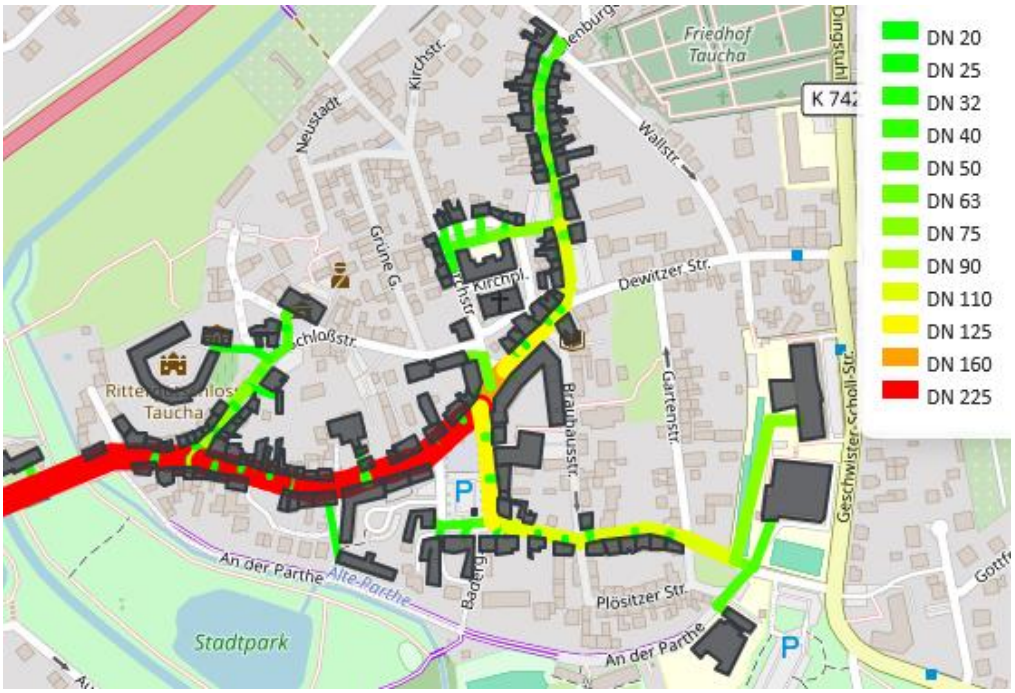


Abbildung 6: Dimensionierung des Wärmenetzes für Ausbaustufe 2 – Szenario 1

Netzeigenschaften	
Trassenlänge	2,5 km
davon Verteilleitungen	1,6 km
davon Hausanschlüsse	0,92 km
Wärmeliniendichte	1,8 MWh/m
Wärmeverluste Netz	386 MWh/a (10%)

Tabelle 8: Ergebnisse zu den Eigenschaften des Wärmenetzes in Ausbaustufe 2 – Szenario 1

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Ergebnisse zu den Anschlussteilnehmern am Wärmenetz zusammengefasst.

	Wärmeenergie
Heizwärmebedarf der Gebäude im Netzgebiet	4.654 MWh/a
Trinkwarmwasserbedarf der Gebäude im Netzgebiet	847 MWh/a
Gesamtwärmebedarf der Gebäude im Netzgebiet	**5.501 MWh/a**
Wärmebezug der Gebäude mit Anschluss am Wärmenetz	**4.681 MWh/a**
Anschlussquote anhand des Wärmebedarfs	**85%**

Tabelle 9: Ergebnisse zum Wärmebedarf der Anschlussteilnehmer bei Ausbaustufe 2 - Szenario 1

	Anzahl
Gebäudeanzahl im Netzgebiet	145
Ans Wärmenetz angeschlossene Gebäude	106
Anschlussquote anhand Anzahl Gebäude	**73%**

Tabelle 10: Ergebnisse zur Anzahl bei Ausbaustufe 2 - Szenario 1

Dimensionierung Heizzentrale

Für die weitere Vergrößerung der Heizzentrale wurde angenommen, dass im Netzgebiet 1 sowie bei der Ausbaustufe 1 im Netzgebiet 2 bereits die in der Machbarkeitsstudie und Vorstudie vorgeschlagenen Maßnahmen umgesetzt wurden. Aus den zwei Ausbaustufen im Netzgebiet 1 ergibt sich gemäß Machbarkeitsstudie ein Wärmebedarf von ca. 10.700 MWh/a. Weiterer Wärmebedarf in Höhe von 8.000 MWh/a ergibt sich bei einer hohen Anschlussquote aus Ausbaustufe 1 im Netzgebiet 2.

Durch die Ausbaustufe 2 des Netzgebietes 2 entsteht bei hohe Anschlussquote inklusive der Wärmeverluste des Netzes zusätzlich ein Wärmebedarf von ca. 5.100 MWh/a.

Aus dem summierten Wärmebedarfen für Netzgebiet 1 und 2 ergibt sich die in nachfolgender Abbildung dargestellte Jahresdauerlinie mit der Abwärme-Wärmepumpe als Grund- und Mittellasterzeugung und einem Spitzenlastkessel (z.B. Erd- oder Biogas).

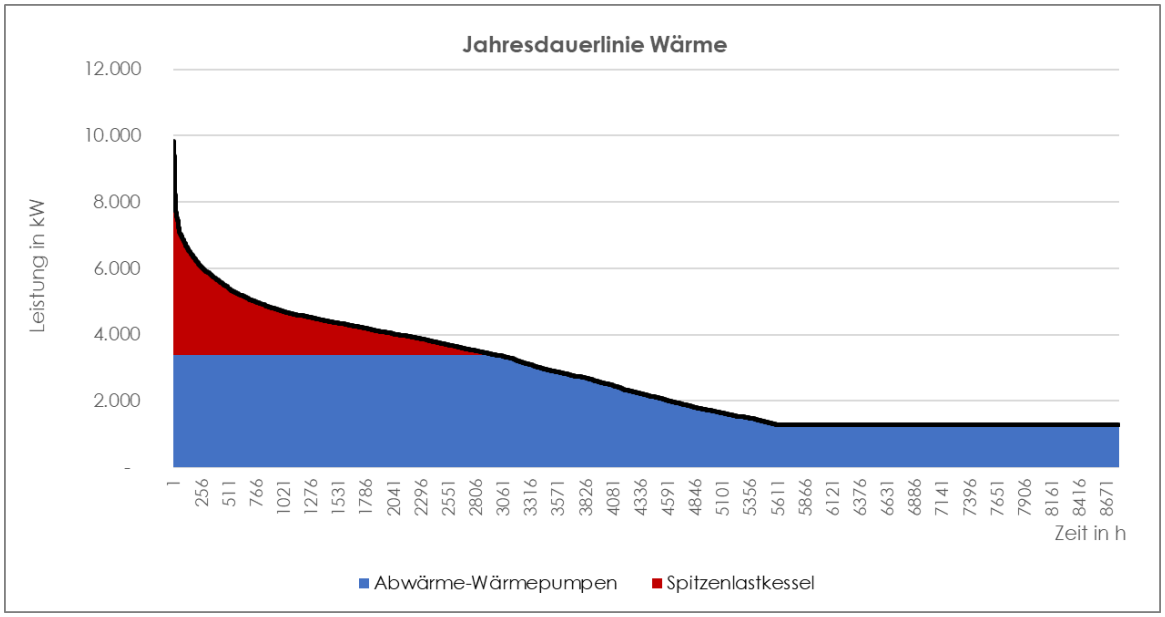


Abbildung 7: Darstellung der Jahresdauerlinie Wärme für Ausbaustufe 2 - Szenario 1

In der obigen Jahresdauerlinie ist die Wärmeerzeugung wie folgt dimensioniert:

- **3.400 kW Wärmepumpen** zur Anhebung des Temperaturniveaus der Abwärme → Deckung von ca. **85% des Wärmebedarfs**
- **10.000 kW Spitzenlastkessel** → Deckung von ca. **15% des Wärmebedarfs** + Redundanz bei Ausfall WP

Für das Netzgebiet 1 und der Ausbaustufe 1 von Netzgebiet 2 bei hoher Anschlussquote wurden bereits 2.800 kW Wärmepumpen und 8.000 kW Spitzenlasterzeuger installiert.

Für den Ausbau des Netzgebietes 2 in der zweiten Ausbaustufe müssten daher bei Szenario 2 mit hoher Anschlussquote noch **zusätzlich Wärmepumpen mit 600 kW** und **Spitzenlastkessel mit 2.000 kW** installiert werden.

3.2.2 Szenario 2 mit mittlerer Anschlussquote

Im Szenario 2 wurde bei der Ausbaustufe 2 von einer mittleren Anschlussquote ausgegangen, sodass etwa 70% des Wärmebedarfs der Gebäude in den Straßen mit Nahwärmeversorgung an das Wärmenetz angeschlossen sind. Die Wärmebedarfe der Gebäude ergeben sich aus den Berechnungen der kommunalen Wärmeplanung.

Lage des Wärmenetzes

Im nächsten Schritt wurde anhand der berechneten Wärmebedarfe der Gebäude das Wärmenetz für die Ausbaustufe 2 mit mittlerer Anschlussquote dimensioniert.

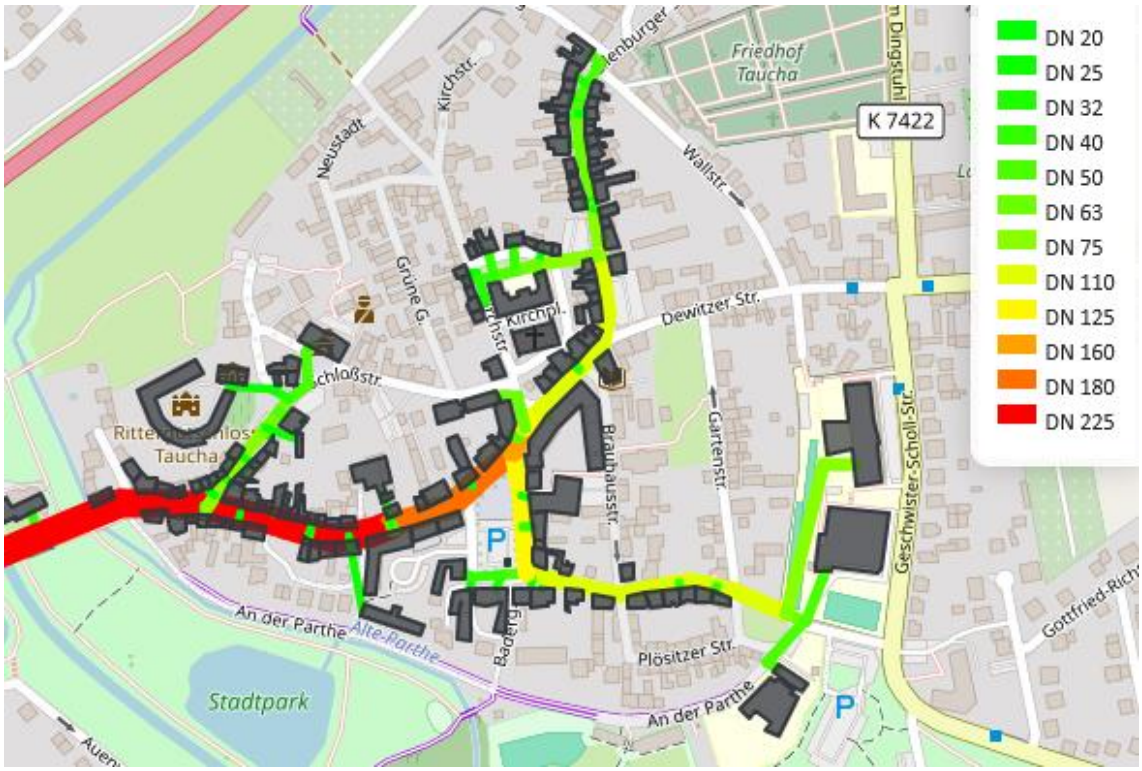


Abbildung 8: Dimensionierung des Wärmenetzes für Ausbaustufe 2 – Szenario 2

Netzeigenschaften	
Trassenlänge	2,4 km
davon Verteilleitungen	0,6 km
davon Hausanschlüsse	0,76 km
Wärmeliniendichte	1,6 MWh/m
Wärmeverluste Netz	386 MWh/a (10%)

Tabelle 11: Ergebnisse zu den Eigenschaften des Wärmenetzes in Ausbaustufe 2 – Szenario 2

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Ergebnisse zu den Anschlussteilnehmern am Wärmenetz zusammengefasst.

	Wärmeenergie
Heizwärmebedarf der Gebäude im Netzgebiet	4.654 MWh/a
Trinkwarmwasserbedarf der Gebäude im Netzgebiet	847 MWh/a
Gesamtwärmebedarf der Gebäude im Netzgebiet	**5.501 MWh/a**
Wärmebezug der Gebäude mit Anschluss am Wärmenetz	**3.861 MWh/a**
Anschlussquote anhand des Wärmebedarfs	**70%**

Tabelle 12: Ergebnisse zum Wärmebedarf der Anschlussteilnehmer bei Ausbaustufe 1 - Szenario 2

Dimensionierung Heizzentrale

Für die weitere Vergrößerung der Heizzentrale wurde angenommen, dass im Netzgebiet 1 sowie bei der Ausbaustufe 1 im Netzgebiet 2 bereits die in der Machbarkeitsstudie und Vorstudie vorgeschlagenen Maßnahmen umgesetzt wurden. Aus den zwei Ausbaustufen im Netzgebiet 1 ergibt sich gemäß Machbarkeitsstudie ein Wärmebedarf von ca. 10.700 MWh/a. Weiterer Wärmebedarf in Höhe von 6.700 MWh/a ergibt sich bei einer mittleren Anschlussquote aus Ausbaustufe 1 im Netzgebiet 2.

Durch die Ausbaustufe 2 des Netzgebietes 2 entsteht bei mittlerer Anschlussquote inklusive der Wärmeverluste des Netzes zusätzlich ein Wärmebedarf von ca. 4.200 MWh/a.

Aus dem summierten Wärmebedarfen für Netzgebiet 1 und 2 ergibt sich die in nachfolgender Abbildung dargestellte Jahresdauerlinie mit der Abwärme-Wärmepumpe als Grund- und Mittellasterzeugung und einem Spitzenlastkessel (z.B. Erd- oder Biogas).

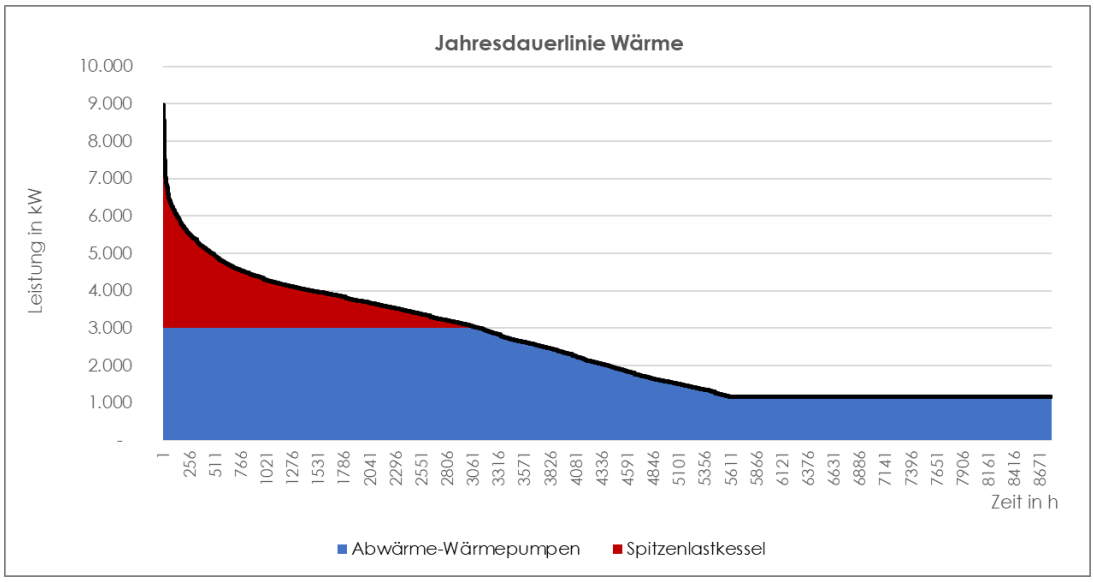


Abbildung 9: Darstellung der Jahresdauerlinie Wärme für Ausbaustufe 2 - Szenario 2

In der obigen Jahresdauerlinie ist die Wärmeerzeugung wie folgt dimensioniert:

- **3.000 kW Wärmepumpen** zur Anhebung des Temperaturniveaus der Abwärme → Deckung von ca. **85% des Wärmebedarfs**
- **9.000 kW Spitzenlastkessel** → Deckung von ca. **15% des Wärmebedarfs** + Redundanz bei Ausfall WP

Für das Netzgebiet 1 und der Ausbaustufe 1 von Netzgebiet 2 mit mittlerer Anschlussquote wurden bereits 2.500 kW Wärmepumpen und 7.000 kW Spitzenlasterzeuger installiert.

Für den Ausbau des Netzgebietes 2 in der zweiten Ausbaustufe müssten daher bei Szenario 2 mit mittlerer Anschlussquote noch **zusätzlich Wärmepumpen mit 500kW** und **Spitzenlastkessel mit 2.000 kW** installiert werden.

4 Wirtschaftlichkeit

4.1 Randbedingungen

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

Energiekosten (brutto):

- Strom Haushaltstarif: 0,30 €/kWh
- Strom Wärmepumpentarif Haushalt: 0,28 €/kWh
- Strom-Tarif Großwärmepumpe: 0,25 €/kWh
- Biogas: 0,14 €/kWh

Weitere Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung:

- Betrachtungszeitraum: 40 Jahre
- Höhe der Betriebs- und Instandhaltungskosten: Werte aus der VDI 2067
- Preisstand der Kosten: (3/2024) gemäß BKI-Baupreisindex

4.2 Ausbaustufe 1 - Szenario 1

Zunächst wird die Wirtschaftlichkeit für Ausbaustufe 1 mit Szenario 1 (hohe Anschlussquote mit 85%) betrachtet.

4.2.1 Investitions- und Betriebskosten Wärmenetz

Investitionskosten

Investitionskosten – Wärmenetz			
Nennweite	**Trassenlänge**	**spezifische Kosten**	**Gesamtkosten**
DN	*Trm*	*€/Trm*	*€*
250	40,4	2.954	119.321 €
225	156,4	2.685	419.934 €
180	240,1	2.169	520.777 €
160	149,8	1.655	247.844 €
125	205,5	1.398	287.289 €
110	541,4	1.351	731.621 €
90	251	1.229	308.354 €
75	193,8	1.028	199.130 €
63	462,3	942	435.487 €
50	469	800	374.966 €
40	665,2	741	492.913 €
32	139,1	714	99.317 €
25	183,2	686	125.584 €
20	59,8	657	39.289 €
		Summe Investitionskosten Netto	**4.401.824 €**

Tabelle 13: Investitionskosten für den Bau des Wärmenetzes in Ausbaustufe 1 - Szenario 1

Investitionskosten - Hausanschluss mit Übergabestation				
	An-zahl	Erzeuger-leistung je Gebäude	Kosten je Hausan-schluss	Gesamt-kosten
	St.	MW	€/St	€
Hausanschluss mit Übergabe < 0,2 MW	26	< 0,2	10.000 €	260.000 €
Hausanschluss mit Übergabe 0,2 - 0,5 MW	57	0,2 - 0,5	15.000 €	855.000 €
Hausanschluss mit Übergabe > 0,5 MW	18	> 0,5	20.000 €	360.000 €
Summe Investitionskosten Netto				**1.475.000 €**

Tabelle 14: Investitionskosten für den Hausanschluss inkl. Übergabestation bei Ausbaustufe 1 – Szenario 1

Betriebskosten

Betriebskosten Wärmenetz mit Hausübergabe		
	spez. Kosten[2]	Jährliche Kosten
Energiekosten Strom für Netz-Pumpen	0,30 €/kWh	4.950 €/a
Betriebs- und Instandhaltungskosten Wärmenetz	2,0%	88.036 €/a
Betriebs- und Instandhaltungskosten Hausübergabe	3,0%	44.250 €/a
Summe Betriebskosten Brutto		**137.236 €/a**

Tabelle 15: Betriebskosten des Wärmenetzes inklusive der Hausübergabe bei Ausbaustufe 1 – Szenario 1

[2] 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 zentralen Wärmeerzeugung

Bei der zentralen Wärmeerzeugung wurden die Kosten berücksichtigt, die durch den Ausbau des Wärmenetzes im Netzgebiet 2 zusätzlich entstehen. Es wird davon ausgegangen, dass bereits eine Wärmeerzeugung für das Netzgebiet 1 vorhanden ist.

Investitionskosten

Investitionskosten – Zentrale Wärmeerzeugung			
Anlagenkomponente	Menge / Größe	spezifische Kosten	Gesamt-kosten
Wärmepumpe	700 kW	750 €/kW	525.000 €
Spitzenlast-Heizkessel	3.500 kW	80 €/kW	280.000 €
Wasseraufbereitung + Druckhaltung Heizzentrale	-	-	40.000 €
Interne Verrrohung + Abgassystem Heizzentrale	-	-	55.000 €
Elektrotechnische + Leittechnische Integration	-	-	50.000 €
Kosten Ausbau Heizzentrale	-	-	100.000 €
Sonstiges/Unvorhergesehenes	-	-	50.000 €
		Summe Investitionskosten Netto	**1.100.000 €**

Tabelle 16: Investitionskosten für die Wärmeerzeugung in Ausbaustufe 1 – Szenario 1

Betriebskosten

Betriebskosten – Zentrale Wärmeerzeugung		
	spez. Kosten[3]	Jährliche Kosten
Kosten Strom für Wärmepumpen	0,25 €/kWh	466.130 €/a
Kosten Erdgas/Biogas für Spitzenlastkessel	0,14 €/kWh	189.377 €/a
Instandhaltungskosten Wärmepumpe	2,5%	13.125 €/a
Instandhaltungskosten Spitzenlastkessel	3,0%	8.400 €/a
	Summe Betriebskosten Brutto	**677.031 €/a**

Tabelle 17: Betriebskosten für die Wärmeerzeugung in Ausbaustufe 1 – Szenario 1

Bei der Berechnung der Kosten für Strom wurde für die Wärmepumpen mit der Wärmequelle der Abwärme des Rechenzentrums eine mittlere Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3,7 angenommen.

[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.

4.2.3 Summe der Investitions- und Betriebskosten

Investitionskosten Gesamt		
Kostenposition	Prozentuale Anteile	Gesamtkosten
Investitionskosten Wärmenetz	-	4.401.824 €
Investitionskosten Hausanschluss	-	1.475.000 €
Zusätzliche Investitionskosten Heizzentrale	-	1.100.000 €
Summe Investitionskosten Netto	-	**6.976.824 €**
Planungskosten	14%	151.580 €
Summe Investitionskosten Netto inkl. Planung	-	**7.128.404 €**
MWSt.	19%	1.354.397 €
Summe Investitionskosten Brutto	-	**8.482.801 €**
Förderung auf Nettoinvestition	40%	2.851.362 €
Summe Investitionskosten inkl. Förderung	-	**5.631.439 €**

Tabelle 18: Zusammenfassung der Investitionskosten inklusive Planungskosten, Förderung und MWSt. bei Ausbaustufe 1 - Szenario 1

Die gesamten Investitionskosten inkl. Förderung belaufen sich in Ausbaustufe 1 bei Szenario 1 mit hoher Anschlussquote auf etwa 5,6 Mio. € Brutto.

Betriebskosten

	Jährliche Kosten
Summe Betriebskosten Wärmenetz	137.236 €/a
Summe Betriebskosten Zentrale Wärmeerzeugung	677.031 €/a
Summe Betriebskosten Brutto	**814.268 €/a**

Tabelle 19: Summe der Betriebskosten bei Ausbaustufe 1 – Szenario 1

4.2.4 Wärmegestehungskosten

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.

$$\boldsymbol{W}\text{ä}\boldsymbol{rmegestehungskosten} = \frac{Kosten\ \text{ü}ber\ 40\ Jahre}{W\text{ä}rmeverbrauch\ in\ 40\ Jahren}$$

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.

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 ist die Förderung berücksichtigt.

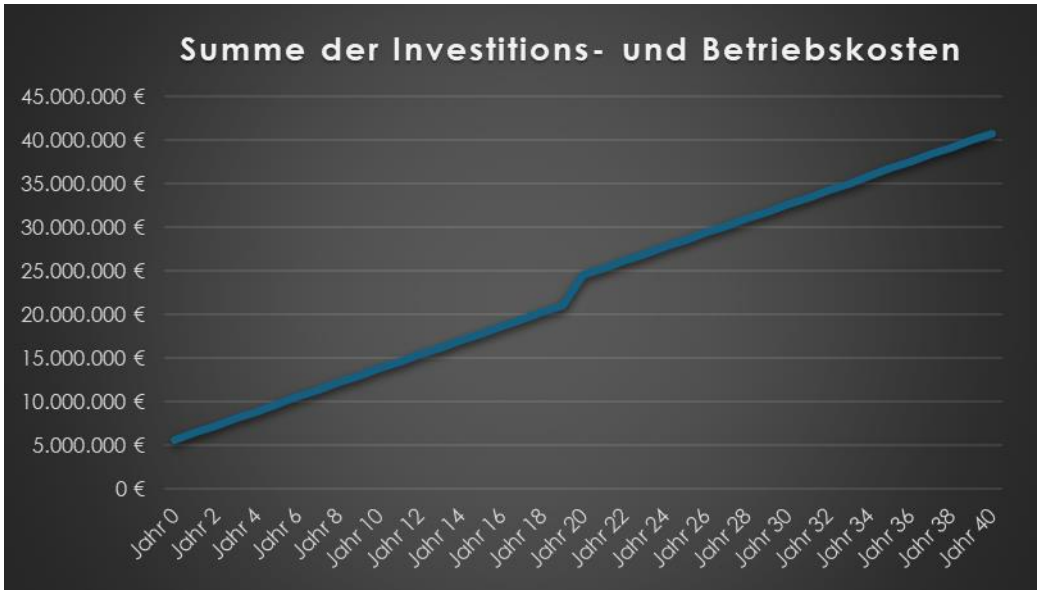


Abbildung 10: Darstellung der Summe der Kosten für Ausbaustufe 1 - Szenario 1

In der obigen Grafik ist berücksichtigt, dass nach 20 Jahren eine Ersatzinvestition bei der Hausübergabestation und der zentralen Wärmeerzeugung stattfinden muss, daher ist ein Knick in der Kurve bei Jahr 20 zu erkennen.

Die aufsummierten Kosten für die Investition und Betrieb betragen über 40 Jahre inklusive der Förderung für die Anfangsinvestition etwa 40 Mio. €.

Die aufsummierten Kosten dividiert durch die Summe der Wärmemenge in 40 Jahren ergeben die Wärmegestehungskosten.

Wärmegestehungskostenbei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) inkl. Förderung	**0,14 €/kWh**

Tabelle 20: Wärmegestehungskosten für Ausbaustufe 1 - Szenario 1 über einen Zeitraum von 40 Jahren inkl. Förderung

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

Wärmegestehungskostenbei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) ohne Förderung	**0,15 €/kWh**

Tabelle 21: Wärmegestehungskosten für Ausbaustufe 1 - Szenario 1 über einen Zeitraum von 40 Jahren ohne Förderung

Wie die Grobkostenberechnungen darlegen, würden bei einer statischen Betrachtung die **Wärmegestehungskosten inklusive einer Förderung 0,14 €/kWh** bei Ausbaustufe 1 in Szenario 1 mit hoher Anschlussquote betragen. Ohne die Förderung der Anfangsinvestition wären die Wärmegestehungskosten mit 0,15 €/kWh etwas höher.

Würde noch eine Gewinnmarge für den Betreiber von ca. 10% berücksichtigt, würden die Wärmegestehungskosten inklusive Förderung der Anfangsinvestition **0,15 €/kWh** betragen.

.

4.3 Ausbaustufe 1 - Szenario 2

Für die Ausbaustufe 1 wird in Szenario 2 die Wirtschaftlichkeit bei einer mittleren Anschlussquote beim Wärmenetz von ca. 70% betrachtet.

4.3.1 Investitions- und Betriebskosten Wärmenetz

Investitionskosten

Investitionskosten – Wärmenetz			
Nennweite	**Trassenlänge**	**spezifische Kosten**	**Gesamtkosten**
DN	*m*	*€/m*	*€*
250	68	2.954	200.838 €
225	196,8	2.685	528.408 €
180	115,3	2.169	250.086 €
160	232,6	1.655	384.837 €
125	164,8	1.398	230.390 €
110	382,2	1.351	516.486 €
90	371,4	1.229	456.265 €
75	284,5	1.028	292.324 €
63	421	942	396.582 €
50	481,7	800	385.119 €
40	572,5	741	424.223 €
32	165,1	714	117.881 €
25	181,3	686	124.281 €
20	47,5	657	31.208 €
		Summe Investitionskosten Netto	**4.338.927 €**

Tabelle 22: Investitionskosten für den Bau des Wärmenetzes in Ausbaustufe 1 - Szenario 2

Investitionskosten - Hausanschluss mit Übergabestation				
	An-zahl	Erzeuger-leistung je Gebäude	Kosten je Hausan-schluss	Gesamt-kosten
	St.	MW	€/St	€
Hausanschluss mit Übergabe < 0,2 MW	24	< 0,2	10.000 €	240.000 €
Hausanschluss mit Übergabe 0,2 - 0,5 MW	43	0,2 - 0,5	15.000 €	645.000 €
Hausanschluss mit Übergabe > 0,5 MW	18	> 0,5	20.000 €	360.000 €
Summe Investitionskosten Netto				**1.245.000 €**

Tabelle 23: Investitionskosten für den Hausanschluss inkl. Übergabestation bei Ausbaustufe 1 – Szenario 2

Betriebskosten

Betriebskosten Wärmenetz mit Hausübergabe		
	spez. Kosten[4]	Jährliche Kosten
Energiekosten Strom für Netz-Pumpen	0,30 €/kWh	4.650 €/a
Betriebs- und Instandhaltungskosten Wärmenetz	2,0%	86.779 €/a
Betriebs- und Instandhaltungskosten Hausübergabe	3,0%	37.350 €/a
Summe Betriebskosten Brutto		**128.779 €/a**

Tabelle 24: Betriebskosten des Wärmenetzes inklusive der Hausübergabe bei Ausbaustufe 1 – Szenario 2

[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.

4.3.2 Investitions- und Betriebskosten der zentralen Wärmeerzeugung

Bei der zentralen Wärmeerzeugung wurden die Kosten berücksichtigt, die durch den Ausbau des Wärmenetzes im Netzgebiet 2 zusätzlich entstehen. Es wird davon ausgegangen, dass bereits eine Wärmeerzeugung für das Netzgebiet 1 vorhanden ist.

Investitionskosten

Investitionskosten – Zentrale Wärmeerzeugung			
Anlagenkomponente	Menge / Größe	spezifische Kosten	Gesamt-kosten
Wärmepumpe	400 kW	900 €/kW	360.000 €
Spitzenlast-Heizkessel	2.500 kW	90 €/kW	225.000 €
Wasseraufbereitung + Druckhaltung Heizzentrale	-	-	40.000 €
Interne Verrrohung + Abgassystem Heizzentrale	-	-	55.000 €
Elektrotechnische + Leittechnische Integration	-	-	50.000 €
Kosten Ausbau Heizzentrale	-	-	100.000 €
Sonstiges/Unvorhergesehenes	-	-	50.000 €
		Summe Investitionskosten Netto	**880.000 €**

Tabelle 25: Investitionskosten für die Wärmeerzeugung in Ausbaustufe 1 – Szenario 2

Betriebskosten

Betriebskosten – Zentrale Wärmeerzeugung		
	spez. Kosten[5]	Jährliche Kosten
Kosten Strom für Wärmepumpen	0,25 €/kWh	387.014 €/a
Kosten Erdgas/Biogas für Spitzenlastkessel	0,14 €/kWh	157.234 €/a
Instandhaltungskosten Wärmepumpe	2,5%	9.000 €/a
Instandhaltungskosten Spitzenlastkessel	3,0%	6.750 €/a
	Summe Betriebskosten Brutto	**559.998 €/a**

Tabelle 26: Betriebskosten für die Wärmeerzeugung in Ausbaustufe 1 – Szenario 2

Bei der Berechnung der Kosten für Strom wurde für die Wärmepumpen mit der Wärmequelle der Abwärme des Rechenzentrums eine mittlere Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3,7 angenommen.

[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.

4.3.3 Summe der Investitions- und Betriebskosten

Investitionskosten Gesamt		
Kostenposition	Prozentuale Anteile	Gesamtkosten
Investitionskosten Wärmenetz	-	4.338.927 €
Investitionskosten Hausanschluss	-	1.245.000 €
Zusätzliche Investitionskosten Heizzentrale	-	880.000 €
Summe Investitionskosten Netto	-	**6.463.927 €**
Planungskosten	14%	121.264 €
Summe Investitionskosten Netto inkl. Planung	-	**6.585.191 €**
MWSt.	19%	1.251.186 €
Summe Investitionskosten Brutto	-	**7.836.377 €**
Förderung auf Nettoinvestition	40%	2.634.076 €
Summe Investitionskosten inkl. Förderung	-	**5.202.301 €**

Tabelle 27: Zusammenfassung der Investitionskosten inklusive Planungskosten, Förderung und MWSt. bei Ausbaustufe 1 - Szenario 2

Die gesamten Investitionskosten inkl. Förderung belaufen sich in Ausbaustufe 1 bei Szenario 2 mit hoher Anschlussquote auf etwa 5,2 Mio. € Brutto.

Betriebskosten

	Jährliche Kosten
Summe Betriebskosten Wärmenetz	128.779 €/a
Summe Betriebskosten Zentrale Wärmeerzeugung	559.998 €/a
Summe Betriebskosten Brutto	**688.777 €/a**

Tabelle 28: Summe der Betriebskosten bei Ausbaustufe 1 – Szenario 2

4.3.4 Wärmegestehungskosten

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.

$$\boldsymbol{W}\text{ä}\boldsymbol{rmegestehungskosten} = \frac{Kosten\ \text{ü}ber\ 40\ Jahre}{W\text{ä}rmeverbrauch\ in\ 40\ Jahren}$$

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.

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 ist die Förderung berücksichtigt.

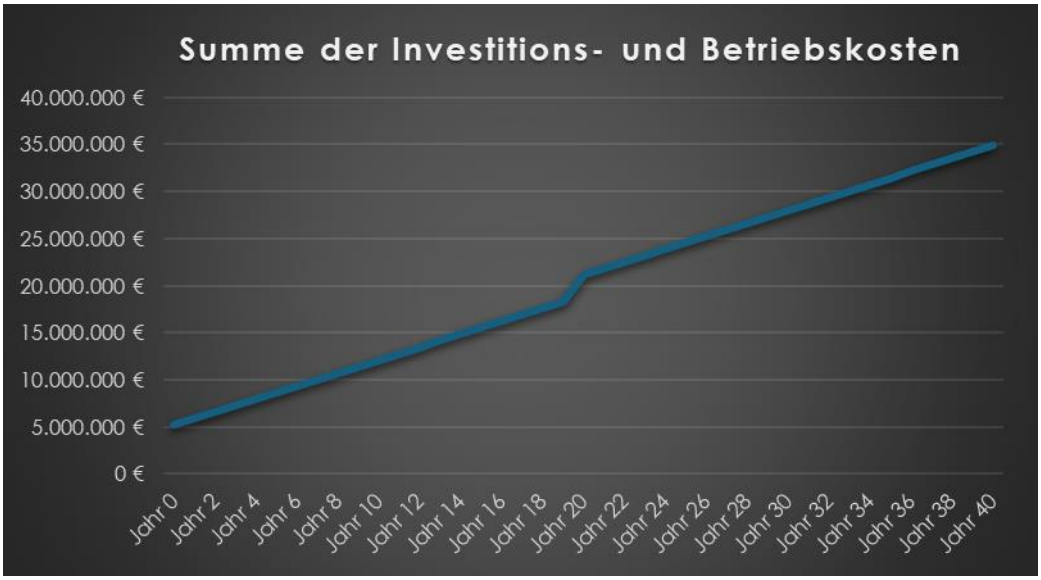


Abbildung 11: Darstellung der Summe der Kosten für Ausbaustufe 1 - Szenario 2

In der obigen Grafik ist berücksichtigt, dass nach 20 Jahren eine Ersatzinvestition bei der Hausübergabestation und der zentralen Wärmeerzeugung stattfinden muss, daher ist ein Knick in der Kurve bei Jahr 20 zu erkennen.

Die aufsummierten Kosten für die Investition und Betrieb betragen über 40 Jahre inklusive der Förderung für die Anfangsinvestition etwa 35 Mio. €.

Die aufsummierten Kosten dividiert durch die Summe der Wärmemenge in 40 Jahren ergeben die Wärmegestehungskosten.

Wärmegestehungskostenbei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) inkl. Förderung	**0,14 €/kWh**

Tabelle 29: Wärmegestehungskosten für Ausbaustufe 1 - Szenario 2 über einen Zeitraum von 40 Jahren inkl. Förderung

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

Wärmegestehungskostenbei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) ohne Förderung	**0,15 €/kWh**

Tabelle 30: Wärmegestehungskosten für Ausbaustufe 1 - Szenario 2 über einen Zeitraum von 40 Jahren ohne Förderung

Wie die Grobkostenberechnungen darlegen, würden bei einer statischen Betrachtung die **Wärmegestehungskosten inklusive einer Förderung 0,14 €/kWh** bei Ausbaustufe 1 in Szenario 2 mit einer Anschlussquote von 70% betragen. Ohne die Förderung der Anfangsinvestition wären die Wärmegestehungskosten mit 0,15 €/kWh etwas höher.

Würde noch eine Gewinnmarge für den Betreiber von ca. 10% berücksichtigt, würden die Wärmegestehungskosten inklusive Förderung der Anfangsinvestition **0,16 €/kWh** betragen.

.

4.4 Ausbaustufe 2 - Szenario 1

Zunächst wird die Wirtschaftlichkeit für Ausbaustufe 2 mit Szenario 1 (hohe Anschlussquote mit 85%) betrachtet.

4.4.1 Investitions- und Betriebskosten Wärmenetz

Investitionskosten

Investitionskosten – Wärmenetz			
Nennweite	**Trassenlänge**	**spezifische Kosten**	**Gesamtkosten**
DN	*Trm*	*€/Trm*	*€*
225	442,2	2.685	1.187.307 €
160	38,8	1.655	64.195 €
125	156,7	1.398	219.067 €
110	282,4	1.351	381.621 €
90	24,3	1.229	29.853 €
75	318,3	1.028	327.053 €
63	172,6	942	162.589 €
50	276,8	800	221.302 €
40	187,3	741	138.789 €
32	199,2	714	142.229 €
25	318,4	686	218.263 €
20	124,7	657	81.928 €
		Summe Investitionskosten Netto	**3.174.195 €**

Tabelle 31: Investitionskosten für den Bau des Wärmenetzes in Ausbaustufe 2 - Szenario 1

Investitionskosten - Hausanschluss mit Übergabestation				
	An-zahl	Erzeuger-leistung je Gebäude	Kosten je Hausan-schluss	Gesamt-kosten
	St.	MW	€/St	€
Hausanschluss mit Übergabe < 0,2 MW	70	< 0,2	10.000 €	700.000 €
Hausanschluss mit Übergabe 0,2 - 0,5 MW	25	0,2 - 0,5	15.000 €	375.000 €
Hausanschluss mit Übergabe > 0,5 MW	11	> 0,5	20.000 €	220.000 €
Summe Investitionskosten Netto				**1.295.000 €**

Tabelle 32: Investitionskosten für den Hausanschluss inkl. Übergabestation bei Ausbaustufe 2 – Szenario 1

Betriebskosten

Betriebskosten Wärmenetz mit Hausübergabe		
	spez. Kosten[6]	Jährliche Kosten
Energiekosten Strom für Netz-Pumpen	0,30 €/kWh	3.660 €/a
Betriebs- und Instandhaltungskosten Wärmenetz	2,0%	63.484 €/a
Betriebs- und Instandhaltungskosten Hausübergabe	3,0%	38.850 €/a
Summe Betriebskosten Brutto		**105.994 €/a**

Tabelle 33: Betriebskosten des Wärmenetzes inklusive der Hausübergabe bei Ausbaustufe 2 – Szenario 1

[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.

4.4.2 Investitions- und Betriebskosten der zentralen Wärmeerzeugung

Bei der zentralen Wärmeerzeugung wurden die Kosten berücksichtigt, die durch den Ausbau des Wärmenetzes im Netzgebiet 2 für Ausbaustufe 2 zusätzlich entstehen. Es wird davon ausgegangen, dass bereits eine Wärmeerzeugung für das Netzgebiet 1 und der Ausbaustufe 1 für Netzgebiet 2 vorhanden ist.

Investitionskosten

Investitionskosten – Zentrale Wärmeerzeugung			
Anlagenkomponente	Menge / Größe	spezifische Kosten	Gesamt-kosten
Wärmepumpe	600 kW	825 €/kW	495.000 €
Spitzenlast-Heizkessel	2.000 kW	95 €/kW	190.000 €
Wasseraufbereitung + Druckhaltung Heizzentrale	-	-	30.000 €
Interne Verrrohung + Abgassystem Heizzentrale	-	-	30.000 €
Elektrotechnische + Leittechnische Integration	-	-	50.000 €
Kosten Ausbau Heizzentrale	-	-	50.000 €
Sonstiges/Unvorhergesehenes	-	-	50.000 €
		Summe Investitionskosten Netto	**895.000 €**

Tabelle 34: Investitionskosten für die Wärmeerzeugung in Ausbaustufe 2 – Szenario 1

Betriebskosten

Betriebskosten – Zentrale Wärmeerzeugung		
	spez. Kosten[7]	Jährliche Kosten
Kosten Strom für Wärmepumpen	0,25 €/kWh	293.037 €/a
Kosten Erdgas/Biogas für Spitzenlastkessel	0,14 €/kWh	119.053 €/a
Instandhaltungskosten Wärmepumpe	2,5%	12.375 €/a
Instandhaltungskosten Spitzenlastkessel	3,0%	5.700 €/a
	Summe Betriebskosten Brutto	**430.165 €/a**

Tabelle 35: Betriebskosten für die Wärmeerzeugung in Ausbaustufe 2 – Szenario 1

[7] 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.

Bei der Berechnung der Kosten für Strom wurde für die Wärmepumpen mit der Wärmequelle der Abwärme des Rechenzentrums eine mittlere Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3,7 angenommen.

4.4.3 Summe der Investitions- und Betriebskosten

Investitionskosten Gesamt		
Kostenposition	Prozentuale Anteile	Gesamtkosten
Investitionskosten Wärmenetz	-	3.174.195 €
Investitionskosten Hausanschluss	-	1.295.000 €
Zusätzliche Investitionskosten Heizzentrale	-	895.000 €
Summe Investitionskosten Netto	-	**5.364.195 €**
Planungskosten	14%	123.331 €
Summe Investitionskosten Netto inkl. Planung	-	**5.487.526 €**
MWSt.	19%	1.042.630 €
Summe Investitionskosten Brutto	-	**6.530.156 €**
Förderung auf Nettoinvestition	40%	2.195.010 €
Summe Investitionskosten inkl. Förderung	-	**4.335.146 €**

Tabelle 36: Zusammenfassung der Investitionskosten inklusive Planungskosten, Förderung und MwSt. bei Ausbaustufe 2 - Szenario 1

Die gesamten Investitionskosten inkl. Förderung belaufen sich in Ausbaustufe 2 bei Szenario 1 mit hoher Anschlussquote auf etwa 4,3 Mio. € Brutto.

Betriebskosten

	Jährliche Kosten
Summe Betriebskosten Wärmenetz	105.994 €/a
Summe Betriebskosten Zentrale Wärmeerzeugung	430.165 €/a
Summe Betriebskosten Brutto	**536.159 €/a**

Tabelle 37: Summe der Betriebskosten bei Ausbaustufe 2 – Szenario 1

4.4.4 Wärmegestehungskosten

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.

$$\boldsymbol{W\ddot{a}rmegestehungskosten} = \frac{Kosten\ \ddot{u}ber\ 40\ Jahre}{W\ddot{a}rmeverbrauch\ in\ 40\ Jahren}$$

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.

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 ist die Förderung berücksichtigt.

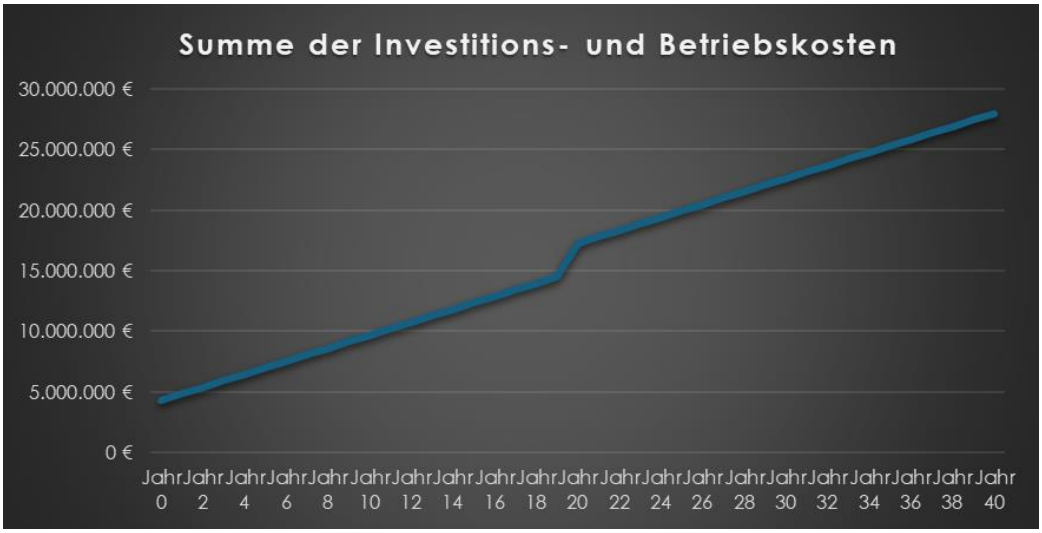


Abbildung 12: Darstellung der Summe der Kosten für Ausbaustufe 1 - Szenario 1

In der obigen Grafik ist berücksichtigt, dass nach 20 Jahren eine Ersatzinvestition bei der Hausübergabestation und der zentralen Wärmeerzeugung stattfinden muss, daher ist ein Knick in der Kurve bei Jahr 20 zu erkennen.

Die aufsummierten Kosten für die Investition und Betrieb betragen über 40 Jahre inklusive der Förderung für die Anfangsinvestition etwa 28 Mio. €.

Die aufsummierten Kosten dividiert durch die Summe der Wärmemenge in 40 Jahren ergeben die Wärmegestehungskosten.

Wärmegestehungskostenbei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) inkl. Förderung	**0,15 €/kWh**

Tabelle 38: Wärmegestehungskosten für Ausbaustufe 2 - Szenario 1 über einen Zeitraum von 40 Jahren inkl. Förderung

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

Wärmegestehungskostenbei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) ohne Förderung	**0,16 €/kWh**

Tabelle 39: Wärmegestehungskosten für Ausbaustufe 2 - Szenario 1 über einen Zeitraum von 40 Jahren ohne Förderung

Wie die Grobkostenberechnungen darlegen, würden bei einer statischen Betrachtung die **Wärmegestehungskosten inklusive einer Förderung 0,15 €/kWh** bei Ausbaustufe 1 in Szenario 1 mit hoher Anschlussquote betragen. Ohne die Förderung der Anfangsinvestition wären die Wärmegestehungskosten mit 0,16 €/kWh etwas höher.

Würde noch eine Gewinnmarge für den Betreiber von ca. 10% berücksichtigt, würden die Wärmegestehungskosten inklusive Förderung der Anfangsinvestition **0,16 €/kWh** betragen.

4.5 Ausbaustufe 2 - Szenario 2

Für die Ausbaustufe 2 wird in Szenario 2 die Wirtschaftlichkeit bei einer mittleren Anschlussquote beim Wärmenetz von ca. 70% betrachtet.

4.5.1 Investitions- und Betriebskosten Wärmenetz

Investitionskosten

Investitionskosten – Wärmenetz			
Nennweite	**Trassenlänge**	**spezifische Kosten**	**Gesamtkosten**
DN	*Trm*	*€/Trm*	*€*
225	331,1	2.685	889.004 €
180	111,2	2.169	241.193 €
160	20,5	1.655	33.917 €
125	112,1	1.398	156.716 €
110	345,3	1.351	466.621 €
75	310,4	1.028	318.936 €
63	195,1	942	183.784 €
50	262,6	800	209.949 €
40	193,5	741	143.384 €
32	146,8	714	104.815 €
25	264,8	686	181.520 €
20	83,2	657	54.662 €
		Summe Investitionskosten Netto	**2.984.501 €**

Tabelle 40: Investitionskosten für den Bau des Wärmenetzes in Ausbaustufe 2 - Szenario 2

Investitionskosten - Hausanschluss mit Übergabestation				
	An-zahl	Erzeuger-leistung je Gebäude	Kosten je Hausan-schluss	Gesamt-kosten
	St.	MW	€/St	€
Hausanschluss mit Übergabe < 0,2 MW	44	< 0,2	10.000 €	440.000 €
Hausanschluss mit Übergabe 0,2 - 0,5 MW	24	0,2 - 0,5	15.000 €	360.000 €
Hausanschluss mit Übergabe > 0,5 MW	10	> 0,5	20.000 €	200.000 €
Summe Investitionskosten Netto				**1.000.000 €**

Tabelle 41: Investitionskosten für den Hausanschluss inkl. Übergabestation bei Ausbaustufe 2 – Szenario 2

Betriebskosten

Betriebskosten Wärmenetz mit Hausübergabe		
	spez. Kosten[8]	Jährliche Kosten
Energiekosten Strom für Netz-Pumpen	0,30 €/kWh	3.210 €/a
Betriebs- und Instandhaltungskosten Wärmenetz	2,0%	59.690 €/a
Betriebs- und Instandhaltungskosten Hausübergabe	3,0%	30.000 €/a
Summe Betriebskosten Brutto		**92.900 €/a**

Tabelle 42: Betriebskosten des Wärmenetzes inklusive der Hausübergabe bei Ausbaustufe 2 – Szenario 2

[8] 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.

4.5.2 Investitions- und Betriebskosten der zentralen Wärmeerzeugung

Bei der zentralen Wärmeerzeugung wurden die Kosten berücksichtigt, die durch den Ausbau des Wärmenetzes im Netzgebiet 2 für Ausbaustufe 2 zusätzlich entstehen. Es wird davon ausgegangen, dass bereits eine Wärmeerzeugung für das Netzgebiet 1 und der Ausbaustufe 1 für Netzgebiet 2 vorhanden ist.

Investitionskosten

Investitionskosten – Zentrale Wärmeerzeugung			
Anlagenkomponente	Menge / Größe	spezifische Kosten	Gesamt-kosten
Wärmepumpe	500 kW	850 €/kW	425.000 €
Spitzenlast-Heizkessel	2.000 kW	95 €/kW	190.000 €
Wasseraufbereitung + Druckhaltung Heizzentrale	-	-	30.000 €
Interne Verrohung + Abgassystem Heizzentrale	-	-	30.000 €
Elektrotechnische + Leittechnische Integration	-	-	50.000 €
Kosten Ausbau Heizzentrale	-	-	50.000 €
Sonstiges/Unvorhergesehenes	-	-	50.000 €
		Summe Investitionskosten Netto	**825.000 €**

Tabelle 43: Investitionskosten für die Wärmeerzeugung in Ausbaustufe 2 – Szenario 2

Betriebskosten

Betriebskosten – Zentrale Wärmeerzeugung		
	spez. Kosten[9]	Jährliche Kosten
Kosten Strom für Wärmepumpen	0,25 €/kWh	243.921 €/a
Kosten Erdgas/Biogas für Spitzenlastkessel	0,14 €/kWh	99.099 €/a
Instandhaltungskosten Wärmepumpe	2,5%	10.625 €/a
Instandhaltungskosten Spitzenlastkessel	3,0%	5.700 €/a
Summe Betriebskosten Brutto		**359.345 €/a**

Tabelle 44: Betriebskosten für die Wärmeerzeugung in Ausbaustufe 2 – Szenario 2

Bei der Berechnung der Kosten für Strom wurde für die Wärmepumpen mit der Wärmequelle der Abwärme des Rechenzentrums eine mittlere Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3,7 angenommen.

[9] 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.

4.5.3 Summe der Investitions- und Betriebskosten

Investitionskosten Gesamt		
Kostenposition	Prozentuale Anteile	Gesamtkosten
Investitionskosten Wärmenetz	-	2.984.501 €
Investitionskosten Hausanschluss	-	1.000.000 €
Zusätzliche Investitionskosten Heizzentrale	-	825.000 €
Summe Investitionskosten Netto	-	**4.809.501 €**
Planungskosten	14%	113.685 €
Summe Investitionskosten Netto inkl. Planung	-	**4.923.186 €**
MwSt.	19%	935.405 €
Summe Investitionskosten Brutto	-	**5.858.591 €**
Förderung auf Nettoinvestition	40%	1.969.274 €
Summe Investitionskosten inkl. Förderung	-	**3.889.317 €**

Tabelle 45: Zusammenfassung der Investitionskosten inklusive Planungskosten, Förderung und MWSt. bei Ausbaustufe 2 - Szenario 2

Die gesamten Investitionskosten inkl. Förderung belaufen sich in Ausbaustufe 2 bei Szenario 2 mit hoher Anschlussquote auf etwa 3,9 Mio. € Brutto.

Betriebskosten

	Jährliche Kosten
Summe Betriebskosten Wärmenetz	92.900 €/a
Summe Betriebskosten Zentrale Wärmeerzeugung	359.345 €/a
Summe Betriebskosten Brutto	**452.245 €/a**

Tabelle 46: Summe der Betriebskosten bei Ausbaustufe 2 – Szenario 2

4.5.4 Wärmegestehungskosten

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.

$$\boldsymbol{W\text{ä}rmegestehungskosten} = \frac{Kosten\ \text{ü}ber\ 40\ Jahre}{W\text{ä}rmeverbrauch\ in\ 40\ Jahren}$$

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.

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 ist die Förderung berücksichtigt.

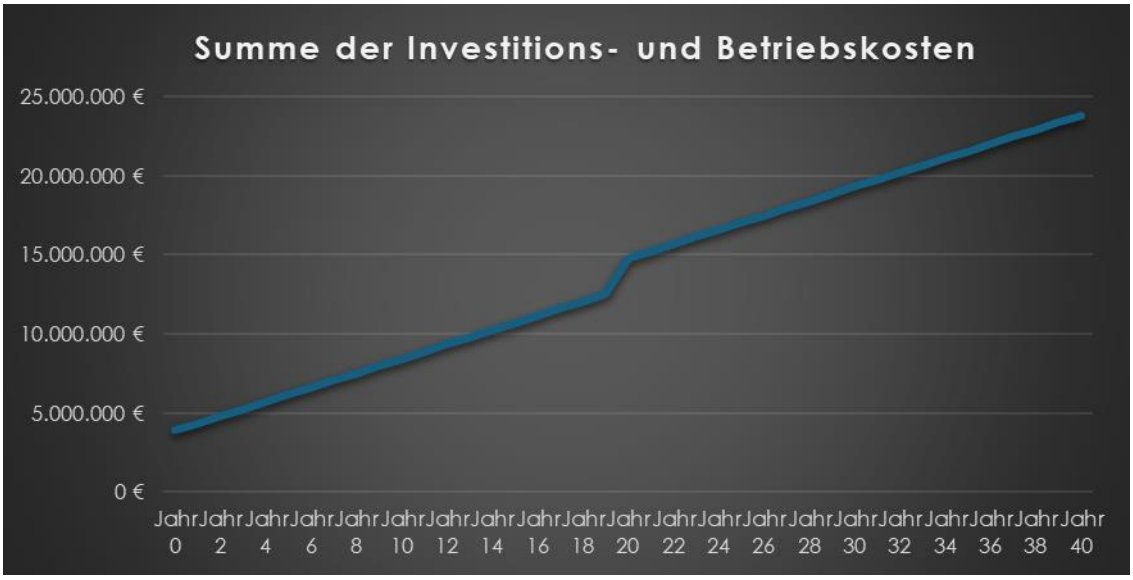


Abbildung 13: Darstellung der Summe der Kosten für Ausbaustufe 2 - Szenario 2

In der obigen Grafik ist berücksichtigt, dass nach 20 Jahren eine Ersatzinvestition bei der Hausübergabestation und der zentralen Wärmeerzeugung stattfinden muss, daher ist ein Knick in der Kurve bei Jahr 20 zu erkennen.

Die aufsummierten Kosten für die Investition und Betrieb betragen über 40 Jahre inklusive der Förderung für die Anfangsinvestition etwa 24 Mio. €.

Die aufsummierten Kosten dividiert durch die Summe der Wärmemenge in 40 Jahren ergeben die Wärmegestehungskosten.

Wärmegestehungskostenbei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) inkl. Förderung	**0,15 €/kWh**

Tabelle 47: Wärmegestehungskosten für Ausbaustufe 2 - Szenario 2 über einen Zeitraum von 40 Jahren inkl. Förderung

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

Wärmegestehungskostenbei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) ohne Förderung	**0,17 €/kWh**

Tabelle 48: Wärmegestehungskosten für Ausbaustufe 2 - Szenario 2 über einen Zeitraum von 40 Jahren ohne Förderung

Wie die Grobkostenberechnungen darlegen, würden bei einer statischen Betrachtung die **Wärmegestehungskosten inklusive einer Förderung 0,15 €/kWh** bei Ausbaustufe 2 in Szenario 2 mit einer Anschlussquote von 70% betragen. Ohne die Förderung der Anfangsinvestition wären die Wärmegestehungskosten mit 0,17 €/kWh etwas höher.

Würde noch eine Gewinnmarge für den Betreiber von ca. 10% berücksichtigt, würden die Wärmegestehungskosten inklusive Förderung der Anfangsinvestition **0,17 €/kWh** betragen.

.

4.5.5 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.

Die dezentrale Lösung basiert auf den Sanierungssteckbriefen für Musterhäuser, welche im Zuge der kommunalen Wärmeplanung entwickelt wurden. Diese zeigen die Kosten für ein Einfamilienhaus und ein Mehrfamilienhaus für unterschiedliche Wärmeerzeuger und bauphysikalische Maßnahmen auf.

In der nachfolgenden Tabelle sind diese für Ausbaustufe 1 und 2 jeweils mit zwei Szenarien von Anschlussquoten inkl. Förderung und Gewinn 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 [10].

Neben den Wärmegestehungskosten inkl. Förderung sind auch die Wärmegestehungskosten mit Gewinnmarge eines Betreibers (10%) und die Wärmegestehungskosten ohne Förderung dargestellt.

Wärmegestehungskosten (brutto)	**Ausbaustufe 1**		**Ausbaustufe 2**		**Dezentrale Wärme**	**Dezentrale Wärme**
	Szenario 1	**Szenario 2**	**Szenario 1**	**Szenario 2**	**Typ EFH**	**Typ MFH**
inkl. Förderung	0,14 €/kWh	0,14 €/kWh	0,15 €/kWh	0,15 €/kWh	0,20 €/kWh	0,18 €/kWh
Inkl. Förderung, mit Gewinn	0,15 €/kWh	0,16 €/kWh	0,16 €/kWh	0,17 €/kWh		
Ohne Förderung	0,15 €/kWh	0,15 €/kWh	0,16 €/kWh	0,17 €/kWh	0,25 €/kWh	0,19 €/kWh
ohne Förderung, mit Gewinn	0,16 €/kWh	0,17 €/kWh	0,18 €/kWh	0,18 €/kWh		

Tabelle 49: Vergleich der Wärmegestehungskosten der zwei Ausbaustufen mit je zwei Szenarien der Nahwärme gegenüber der dezentrale Wärmeversorgung

Wie in der obigen Tabelle zu erkennen ist, ist die Wärmeversorgung durch die Erweiterung der Nahwärme bei hohen Anschlussquoten kostengünstiger als die dezentrale Versorgung mit Wärmepumpen. Im günstigsten Fall können bei Ausbaustufe 1 in Szenario 1 unter Einbeziehung von Fördermitteln Wärmegestehungskosten von 0,14 €/kWh erzielt werden. Im ungünstigsten Fall betragen die Wärmegestehungskosten ohne Berücksichtigung von Fördermitteln 0,18 €/kWh bei Ausbaustufe 2 in Szenario 2.

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

Sowohl im Szenario 1 mit einer Anschlussquote von 85 % als auch im Szenario 2 mit einer Anschlussquote von 70 % erweist sich das Wärmenetz bei Inanspruchnahme von Fördermitteln als kostengünstiger hinsichtlich der Wärmegestehungskosten im Vergleich zur dezentralen Wärmeversorgung.

Wenn sowohl die Umstellung der dezentralen Wärmeversorgung bei einem Bestandsgebäude als auch das Wärmenetz keine Förderung erhalten, weist das Wärmenetz ebenfalls geringere Wärmegestehungskosten auf. Sinkt die Anschlussquote unter 70 %, verschlechtert sich die Rentabilität eines Wärmenetzes, wodurch die dezentrale Wärmeversorgung finanziell vorteilhafter wird.

Zusammenfassend zeigen die Berechnungen, dass der Ausbau des Wärmenetzes ins Netzgebiet 2 unter den gegebenen Rahmenbedingungen und bei hoher Anschlussquote finanziell günstiger ist als eine dezentrale Wärmeversorgung. Zusätzliche vorteilhafte Faktoren, wie bereits anfallende Kosten für die Straßenöffnung oder Fördermittel, können die Wärmegestehungskosten eines Wärmenetzes weiter reduzieren.

Auf Grundlage der Ergebnisse der Vorstudie wird empfohlen, die Umsetzung eines Wärmenetzes zur Nutzung der Abwärme des Rechenzentrums weiter voranzutreiben. Dabei sollte der Ausbau schrittweise erfolgen, beginnend mit Ankerkunden und weiteren interessierten Anschlussteilnehmern. Bei geplanten Tiefbauarbeiten in den betroffenen Straßen sollte die Möglichkeit zur Realisierung des Wärmenetzes geprüft werden. Zudem könnten Bürgerbefragungen und Informationsveranstaltungen genutzt werden, um die Anschlussbereitschaft im Netzgebiet zu ermitteln.