



Fachhochschule Trier

Fachbereich Versorgungstechnik



Machbarkeitsstudie:

**Studie zur Ausführung eines Nah-
wärmenetzes für den Einsatz
regenerativer Energien in der Stadt
Landau/Pfalz**

Verfasser:

Christine Berens
Unter Mastein 16
54338 Schweich

Ralph Conrad
Koblenzer Weg 26
56332 Oberfell

INHALTSVERZEICHNIS

1 EINLEITUNG	3
1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung der Studie	5
1.2 Vorgehen, Abgrenzungen und Erwartungen	7
2 DATENERFASSUNG	9
2.1 Die Cité Dagobert und ihre örtlichen Gegebenheiten	9
2.2 Standort der Geothermieförderstätte	11
2.3 Standort der vorläufigen Heizzentrale	13
2.4 Verbraucherdaten	15
2.5 Varianten der Wärmebedarfsberechnung	17
3 NETZVARIANTEN	20
3.1 Übersicht über die drei Netzvarianten	20
3.1.1 Netzvariante 1	21
3.1.2 Netzvariante 2	23
3.1.3 Netzvariante 3	24
4 DATENBEARBEITUNG	26
4.1 Ermittlung der Wärmeverbräuche der drei Dämmstandards	27

4.2	Das Leitungsnetz	29
4.2.1	Ausführung des Leitungsnetzes	29
4.2.2	Auslegung des Leitungsnetzes	31
4.3	Hausstationen	35
4.3.1	Technische Ausführung der Hausstationen	35
4.3.2	Auslegung der Hausstationen	37
5	KOSTENERMITTLUNG	40
5.1	Kosten des Leitungsnetzes	41
5.2	Kosten der Hausstationen	48
5.3	Gesamtkosten der neun Anlagenvarianten	52
6	ABSCHLIEßENDE BEWERTUNG	53
7	QUELLENVERZEICHNIS	55

1 Einleitung

Der Oberrheingraben bietet die geologisch günstigsten Voraussetzungen zur Nutzung von Geothermie in Deutschland. Es finden sich dort in Tiefen von 2.400 m bis 5.000 m Heißwasserressourcen mit Temperaturen zwischen 140° C und 200° C.

Die „HotRock EWK“ (Erdwärmekraftwerk) Offenbach/Pfalz plant die Errichtung eines Erdwärme-Heizkraftwerks zur Stromerzeugung und Wärmebereitstellung. Das Projekt beinhaltet die Voruntersuchung zu einer Probebohrung bis in die Muschelkalk-Erdschicht in Offenbach an der Queich bei Landau (Pfalz).

Ziele der Probebohrung sind die Erstellung

- einer Förderbohrung und eine Re-Injektionsbohrung am selben Bohrplatz ("Dublette") mit einer Förderleistung von bis zu 100 kg/s Thermalwasser bei einer Temperatur von etwa 150°C,
- eines Kraftwerk mit einer Leistung von mindestens 4 MW_{el} sowie
- einer Wärmeauskopplung zur Bereitstellung von Prozess- und Heizwärme zu erstellen.

Dieses Projekt überprüft die Eignung des Nutzhorizonts (Muschelkalk) für die geothermische Nutzung im Oberrheingraben. Das Muschelkalk-Reservoir, eine 110 m mächtige karbonatische Schichtenfolge wird in einer Tiefe zwischen 2.300 bis 2.500 Meter erschlossen. Diese Horizonte zeichnen sich durch hohe Klüftigkeit aus. Durch eine vollständige Re-Injektion des Thermalwassers wird selbst bei hohen Förderraten eine nachhaltige Bewirtschaftung des Reservoirs möglich. Ein genügend groß gewählter Abstand zwischen Förderbohrung und Re-Injektionsbohrung von 2000 m garantiert dabei eine nahezu gleichbleibend hohe Wassertemperatur auf Jahrzehnte und nahezu keine zeitliche und mengenmäßige Beschränkung der Erdwärmeentnahme.

Die Erkundungsbohrung dient der Untersuchungen auf die Eigenschaften: Gesteinsdurchlässigkeit, Temperatur und Chemismus des Thermalwassers. Aus diesen Eigenschaften ergeben sich die maßgeblichen Informationen zum Nachweis der wirtschaftlichen Machbarkeit des Vorhabens.

Durch geeignete Methoden wird der Förderhorizont erschlossen und die Förder- bzw. Re-Injektionsmenge optimiert. Besondere Bedeutung kommt dabei in der Erdölindustrie üblichen Verfahren zu. Eine dauerhaft hohe Förderrate soll vor allem durch die Horizontalbohrungen erreicht werden. Diese werden aus der senkrechten Erkundungsbohrung heraus als "Side-Track" bzw. bei der abgelenkten Förderbohrung als eine über mehrere hundert Meter lange horizontale Fortsetzung der Bohrstrecke im Reservoir eingesetzt. Die Anwendung dieser aus der Erdölindustrie bekannten Methoden und ihre Anpassung an die Erschließung geothermaler Ressourcen ist der innovative technologische Aspekt des vorliegenden Projekts.

In einer vom BMU geförderten Vorerkundung wird die Probebohrung in Offenbach an der Queich bei Landau vorbereitet. Die Voruntersuchung besteht vor allem aus folgenden Teilen:

- Reflexionsseismische Strukturerkundung
- Geomechanische Untersuchungen
- Reservoirmodellierung

Diese Maßnahmen dienen dem Verständnis der örtlichen und regionalen Geologie und ermöglichen eine exakte Planung der Erschließung des Förderhorizonts sowie des Test- und Stimulationsprogramms.

Auf Initiative von Herrn Prof. Dr. Keilen vom Ministerium für Umwelt und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz und Herrn Holch vom Architekturbüro Archimedes in Landau wurde daraufhin eine weitergehende Untersuchung gestartet, mit dem Ziel einen geeigneten Wärmeabnehmer, das Konversionsobjekt „Cite´ Dagobert“ in Landau zu untersuchen und zu bewerten.

Die FH Trier wurde vom Ministerium für Umwelt und Forsten beauftragt, im Rahmen eines Forschungsauftrages eine Machbarkeitsstudie zu diesem Thema anzufertigen.

1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung der Studie

Bei dem zu untersuchenden „Wärmeabnehmer“ handelt es sich um das Konversionsobjekt „Cite´ Dagobert“, eine französische Kaserne in der Stadt Landau/Pfalz. Alle Kasernengebäude stehen seit ca. 15 Jahren leer und weisen erhöhten Sanierungsbedarf in den Bereichen Haustechnik (Heizungsanlagen, Warmwasser) und Wärmedämmung auf. Eine Komplettsanierung der Gebäude ist vor einer erneuten Nutzung zwingend notwendig. Damit bietet sich hier die Chance eine Fernwärmeversorgung, vorerst mit konventioneller Gasfeuerung, zu erstellen. Diese soll nach erfolgreichem Bau des Geothermie-Heizkraftwerks auf Erdwärme umgestellt werden. Aufgabe ist es, den Wärmeabnehmer hinsichtlich der benötigten Wärmemenge, Art der Wärmeabnahme und der nötigen Baumaßnahmen zu untersuchen.

Die der Ausarbeitung zugrunde liegenden positiven ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkte bzw. Erwartungen sind hier aufgeführt:

a) Ökologische Aspekte :

- Minimierung des Energieverbrauchs durch Ersetzen vieler kleiner Heizungsanlagen durch eine Großanlage (Verbesserung des Wirkungsgrades)
- Schonung der Ressourcen an fossilen Primärenergieträgern und umweltschonende Bereitstellung der benötigten Energie
- Minimierung des CO₂-Ausstoßes durch den Einsatz von CO₂-neutraler Erdwärme

b) Ökonomische Aspekte :

- Höhere Rentabilität des Heizkraftwerks durch Nutzung der Abwärme und Wärmeauskopplung
- Schaffung neuer Arbeitsplätze
- Neue Nutzung der leer stehenden Gebäude
- Langfristige Kalkulierbarkeit der Energiepreise

Aufgaben und Ziele dieser Studie sind:

- Erstellung einer Wärmebedarfsermittlung der Gebäude bei vorgegebenen neuen Dämmstandard (5-Liter-Haus, EnEV, WSchV95)
- Vorplanung der Fernwärmeversorgungsanlagen (Trasse, Hausstationen) für verschiedene Netzvarianten
- Kostenermittlung der Nahwärmeversorgungsanlagen
- Vorlage einer Entscheidungshilfe für die Planung und den Ausbau einer Nahwärmeversorgung

1.2 Vorgehen, Abgrenzungen und Erwartungen

Die Aufgabenstellung wird in folgenden Bearbeitungsschritten angegangen:

➤ **Datenaufnahme**

In diesem Abschnitt werden die möglichen Verbraucher erfasst, die Wohnflächen ermittelt und mit den spezifischen Energiewerten der jeweiligen Dämmstandards multipliziert, um die Jahresenergieverbräuche zu ermitteln.

Berücksichtigt werden nur die Energieverbräuche, die mit einer Warmwasseranlage (Wassertemperaturen bis 90°C) abgedeckt werden können.

Ebenso werden die örtlichen Gegebenheiten des Objektes, wie die Geländestrukturen, Straßenverläufe, Lage der Verbraucher, Entfernungen und ein möglicher Standort für ein vorläufiges Heizwerk untersucht.

➤ **Datenanalyse und Variantenstudie**

Nach Erfassung aller Daten sollen verschiedene Fernwärmeleitungsnetzvarianten erarbeitet und diskutiert werden.

Anschließend erfolgt eine stationäre Auslegung des Leitungsnetzes und der Hausstationen.

➤ **Kostenermittlung**

Aus der Berechnung der Kosten für die Leitungsnetze und der Hausübergabestationen ergeben sich die Gesamtanlagenkosten für die geplante Nahwärmeversorgung.

Vorgaben und Abgrenzungen :

- Beschränkung auf reine Warmwasserlieferung bis 90°C, da in Landau keine Prozesswärme mit Temperaturen > 90°C benötigt wird.
- Ersatz der bestehenden Feuerungsanlagen der Einzelabnehmer durch eine einzelne Großanlage mit Fernwärmeversorgung
- Begrenzung auf die ausgewählten Varianten ohne Anspruch auf Vollständigkeit

Nachfolgend sind noch die Erwartungen der einzelnen Beteiligten aufgeführt.

Erwartungen :

- Stadt Landau: Heizkostensparnis, CO₂-Reduzierung und zusätzlicher Imagegewinn der ganzen Region
- Zukünftige Kunden: Heizkostensparnis, Aspekt des Umweltschutzes

2 Datenerfassung

Zur späteren Analyse der Rahmendaten werden die örtlichen Gegebenheiten und die Verbraucher auf ihre Eigenschaften hin untersucht.

2.1 Die Cité Dagobert und ihre örtlichen Gegebenheiten

Die Stadt Landau liegt im Herzen der Pfalz, nahe an der Landesgrenze zu Baden-Württemberg und Hessen. Der für diese Machbarkeitsstudie relevante Stadtteil, in dem sich die Cité Dagobert befindet, liegt im Süden der Stadt Landau.

Es handelt sich hierbei um ein weitläufiges Areal, auf dem die ehemaligen französischen Kasernengebäude in weitem Abstand zueinander errichtet wurden. Dieses überaus reichliche Platzangebot bietet sehr gute Voraussetzungen zum angestrebten „attraktiven wohnen“ in der Cité Dagobert. Diese Tatsache ist aber nicht nur für die späteren Bewohner ein Kriterium für den Kauf eines Eigenheims.

Es kommt noch ein weiterer begünstigender Faktor hinzu, der insbesondere für die geplante Nahwärmeversorgung Vorteile bietet. In diesem Teil der Stadt Landau ist die Landschaft eben, das heißt, um die späteren Nahwärmeleitungen zu verlegen müssen keine großen Höhenunterschiede überwunden werden. Dies bedeutet in erster Konsequenz eine einfache Leitungsverlegung und in zweiter Konsequenz ein Niedrighalten der Rohrleitungskosten, da viele Einbauten, wie z.B. Druckminderer und zusätzliche Pumpen nicht von Nöten sind.

Alles in allem kann vorab festgestellt werden, dass optimale Voraussetzungen für ein späteres Nahwärmeleitungsnetz vorliegen.

Beschreibung der Gebäude:

Die angesprochenen ehemaligen Kasernengebäude sind in den 50iger Jahren erbaut worden. Bei diesen Gebäuden handelt es sich um Mehrfamilienhäuser einfachster Bauweise. Das Mauerwerk besteht aus Kalksandstein ohne Isolierung. Aufgrund der massiven Bauweise spricht jedoch nichts gegen eine weitere Nutzung der Gebäude nach einer eingehenden Sanierung der Fassaden, der Fenster und der Haustechnik.

Die folgenden Bilder zeigen exemplarisch den momentanen Zustand der Gebäude vor der Sanierung:



Bild 2.1-1: Ehemaligen Kasernengebäudes in der Eutzinger Straße Nr. 8



Bild 2.1-2: Ehemaligen Kasernengebäudes in der Eutzinger Straße Nr.4

2.2 Standort der Geothermieförderstätte

Primäre Aufmerksamkeit ist in Bezug auf das geplante Nahwärmenetz der vorläufigen Heizzentrale zu widmen. Sekundär betrachtet, ist der spätere Standort für die Geothermieförderung von entscheidender Bedeutung. In dieser Machbarkeitsstudie wird in einer ersten groben Vorplanung ein mögliches Nahwärmenetz dimensioniert. Da die entstehenden Kosten eines solchen Netzes ermittelt werden müssen, muss der Weg von der Wärmeentstehung, sprich Wärmequelle, bis hin zu den Verbrauchern bekannt sein. Nur so sind die exakten Kosten für die Rohrtrasse bestimmbar. Bei diesem Projekt muss aber auch immer wieder an die Zukunft gedacht werden. Wichtig ist es also auch die Leitungskosten von der Geothermieförderstätte zu dem schon bestehenden neuen Nahwärmenetz zu ermitteln. Da diese Förderstätte weiter von den Verbrauchern entfernt ist als die vorläufige Heizzentrale, steigen mit der Entfernung die Investitionskosten für die Leitungstrasse. Eventuell wäre auch aufgrund der Transportdruckverluste ein größerer Leitungsquerschnitt von Nöten, was die Kosten nochmals erhöht.

Wie bereits in Kapitel 1 angesprochen, soll Geothermie in der Nähe der Stadt Landau, in Offenbach an der Queich gefördert werden.



Abbildung 2.3: Möglicher Standort für die Geothermieförderstätte westlich der Stadt Offenbach

Dieser Standort des geplanten Erdwärmekraftwerkes liegt wenige Kilometer östlich der Stadt Landau. Hierbei handelt es sich aber nicht um die der Versorgung des hier angesprochenen Nahwärmenetzes dienende Förderstätte. Wenn diese erste Probebohrung erfolgreich verläuft, wird in der Nähe der Stadt Landau, ggf. unmittelbar neben der Cité Dagobert eine neue Bohrung durchgeführt. Von dort aus erfolgt dann die Wärmeeinspeisung in das Nahwärmenetz. Die bei der Umstellung von vorläufigem Heizwerk auf Erdwärme anfallenden zusätzlichen Netzkosten dürften allerdings die Umsetzung des Nahwärmeprojektes nicht beeinträchtigen. Mit der Wärmeversorgung mittels Erdwärme ist erst in einigen Jahren zu rechnen. Bis dahin dürfte der Großteil der entstandenen Kosten für den ersten großen Leitungsnetzabschnitt beglichen sein und neue Investitionen für das letzte Teilstück von der Geothermieförderstätte bis zum Anschluss an das bestehende Leitungsnetz können getätigt werden.

2.3 Standort der vorläufigen Heizzentrale

Wie bereits in Kapitel 1 erwähnt, handelt es sich bei dem hier angesprochenen Heizwerk nur um eine Übergangslösung. Das Fernziel liegt in der Wärmebereitstellung mittels Geothermie. Bevor allerdings die Planung der Heizzentrale beginnen kann, gilt es die Standortfrage zu klären. Da es sich bei diesem Landauer Stadtteil um ebenes Gelände handelt, ist es schwierig, einen möglichen optisch günstigen Standort sofort zu bestimmen. Ein hügeliges Gelände würde es wesentlich einfacher machen, ein Heizwerk für die umliegenden Anwohner relativ „unsichtbar“ zu positionieren. Es könnte dann hinter einem geschützten Hang oder einem Tal gebaut werden. Die folgende Darstellung zeigt einen möglichen Standort für die Heizzentrale.



Abbildung 2.2: Übersicht über die Lage eines möglichen Heizzentralenstandortes

Wie auf der obigen Karte zu sehen, befindet sich der ausgewählte Standort am westlichen Rand der Cité Dagobert, nahe des ehemaligen Stabsgebäudes gelegen. Nachteil dieses Standortes ist die ungeschützte Lage. Er ist unter Umständen von vier benachbarten Wohngebäuden aus zu sehen. Des Weiteren könnte dies eine Minderung der Wohnqualität bedeuten, da von einem solchen Heizwerk eventuell Lärm- und Geruchsbelästigungen ausgehen.

Die Heizzentrale liegt aber nicht inmitten eines Wohngebietes, was durchaus als Vorteil zu werten ist. Die Sichtbeeinträchtigung bei vier der Wohngebäude könnte daher in Kauf genommen werden. Außerdem handelt es sich um ein leicht bewaldetes Grundstück und diese Begrünung könnte zum Sichtschutz weiter ausgebaut werden. Nördlich der Heizzentrale verläuft eine Bahntrasse, was bedeutet, dass sich die zukünftigen Bewohner dieser Gegend zwangsweise an eine gewisse Lärmbelästigung gewöhnen müssten.

Es ist noch zu sagen, dass es sich hierbei nicht um den einzig möglichen Standort der späteren Heizzentrale handelt. Dieser ist allerdings aus folgendem Grund der einzig aufgeführte: Wie dem nächsten Kapitel zu entnehmen, soll die Geothermie südlich der Cité Dagobert gefördert werden. Deshalb wäre die Nähe zum hier vorgestellten Standort aus Gründen der geringen Wärmeverluste beim Transport zu begrüßen.

2.4 Verbraucherdaten

Der erste konkrete Schritt dieser Arbeit stellt die Erfassung der möglichen Verbraucher dar. Bei den hier erfassten Verbrauchern handelt es sich um eine erste Vorauswahl. Es ist daher nicht auszuschließen, dass, je nachdem wie die spätere Leitungstrasse verläuft, noch andere Verbraucher, die an der Trasse liegen, hinzukommen können. Es handelt sich größtenteils um Privatverbraucher, die eine geringe Wärmeabnahme pro Jahr haben. Diese geringe Zusatzabnahme wäre für eine Dimensionierung der Leitungsquerschnitte unerheblich.

Im Fall dieser Machbarkeitsstudie besteht das Problem in nicht vorhandenen Verbraucherdaten in Bezug auf die jährliche Wärmeabnahme. Die ehemaligen Gebäude der französischen Kaserne sind renovierungsbedürftig und werden momentan nicht genutzt. Daher ist eine spätere Abnahmemenge annähernd exakt abzuschätzen. Die Angaben über die Wohnfläche stellen den ersten Schritt zur Ermittlung der Wärmeabnahme dar. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Verbraucher und die zugehörige Wohnfläche.

HAUS	2 ZKB	3 ZKB	4 ZKB	5 ZKB	Summe	Wfi/NFL
	45-56 m ²	54-95 m ²	111-124 m ²	129 m ²		ca.-m ²
2		6	2	4	12	1300
4		6	2	4	12	1300
6		6	2	4	12	1300
8		12			12	850
10	10	8			18	900
13		16			16	1150
15	21	11			32	1550
16			8		8	900
17			8		8	900
18			8		8	900
19			8		8	900
STAB						3000
Summe	31	65	38	12	146	14950
Dagoberthof, Wohnen und Gewerbe						3500
Cornichonstraße, Wohnen						30000

Tabelle 2.4-1: Auflistung der Wohnflächen der Gebäude des Dagoberthofes und der Cornichonstraße

Die in der hier dargestellten Tabelle aufgelisteten Gebäude können nur in Form der vorhandenen Wohnflächen aufgenommen werden. Da es sich hierbei ausschließlich um renovierungsbedürftige Gebäude handelt, ist ein aktueller Wärmebedarf nicht zu ermitteln. Allerdings bieten diese Werte eine Basis für die Auslegung des Nahwärmenetzes.

Es sollen aber nicht nur neu sanierte Gebäude an die Nahwärmeversorgung angeschlossen werden, sondern bereits bewohnte und anderweitig genutzte Gebäude. Darunter fallen die Universität Landau, das nahe gelegene Krankenhaus und die bestehenden kleineren Nahwärmenetze. Von diesen Gebäuden kann daher der jährliche Wärmeverbrauch angegeben werden. Die folgende Tabelle gibt Aufschluss über die Höhe der pro Jahr verbrauchten Kilowattstunden. In diesen Kilowattstunden sind die benötigte Heizwärmemenge und der Energieverbrauch für die Warmwasserbereitung enthalten.

Haus	Wärmeverbrauch in kWh/a *
Wohnhaus Weißenburger Straße	270.000
Bürgerstraße 23, Universitätsbetrieb	720.000
Wohnhäuser der "Rheinpfalz-Wohnen", Eutzinger Straße	773.429
Nahwärmenetz 1 Lazarettgarten	1.562.000
Nahwärmenetz 2 Quartier Vauban	3.200.000

Tabelle 2.4-2: Auflistung der Verbraucher mit ermittelbarem Wärmeverbrauch pro Jahr

Die folgende Aufgabe besteht nun darin, für die renovierungsbedürftigen Gebäude einen Wärmebedarf zu ermitteln, sprich abzuschätzen, wie viel Heizwärme in diesen Gebäuden pro Jahr verbraucht werden wird. Wie dazu in dieser Studie vorgegangen wird, ist dem nächsten Abschnitt zu entnehmen.

* Telefonische Angaben

2.5 Varianten der Wärmebedarfsberechnung

Um einen ungefähren Wärmebedarf für die neu sanierten Gebäude zu ermitteln, sollen im Fall dieser Studie drei Varianten der Wärmedämmung der zu sanierenden Gebäude zum Einsatz kommen. Auf diese Art werden folglich der Wärmebedarf für die Gebäude des Dagoberthofes und die in der Cornichonstraße berechnet.

Dadurch dass keine Beschränkung auf einen konkreten Wärmebedarf gegeben ist, liegt für diese Studie ein gewisser Vorteil vor. Es steht noch nicht fest, wie und nach welchem Standard die Gebäude saniert werden, das heißt, es kann so die Möglichkeit einer hohen und einer niedrigen Wärmedämmung und deren Auswirkung auf die Nahwärmeversorgung untersucht werden.

Je höher der Wärmedämmstandard der Häuser ist, desto kleiner fallen die Leitungsdimensionen für das Nahwärmenetz aus. Dies spart natürlich Investitionskosten beim Bau des Leitungsnetzes ein. Es wäre im nächsten Schritt also ein Rechenexempel zu überprüfen, ob es sinnvoller ist mehr Geld in die Wärmedämmung oder in das Leitungsnetz zu investieren. Diese Studie stellt lediglich einen Vergleich der anfallenden Kosten für die drei Wärmedämmstandards dar und möchte die Ergebnisse keinerlei Wertung unterziehen.

Folgende Wärmedämmstandards werden berücksichtigt:

➤ „5-Liter-Haus“:

Unter dem Begriff 5-Liter-Haus verbirgt sich die Tatsache, dass bei solchen Häusern pro Jahr 5 Liter Heizöl pro m² Wohnfläche verbraucht werden. Dies ist neben dem 3-Liter-Haus und dem 1,5-Liter-Haus einer der heutzutage niedrigsten Wärmemengenverbräuche, der erreichbar ist. Nach der momentanen Einschätzung ist dies im Fall dieser Studie eher eine unrealistische Anforderung an die Häuser. Die Gebäude bieten von ihrer Bauweise und der Bausubstanz her ungünstige Voraussetzungen. Durch entsprechende Umbaumaßnahmen könnten diese Mängel zwar gehoben werden, doch es ist fraglich ob die Kosten für Umbau und entsprechende Wärmedämmung den Rahmen nicht sprengen. Trotzdem soll dieser Fall untersucht werden. Aus umweltbezogenen Sicht wäre die Realisierung solcher Energieeinsparmaßnahmen mehr als begrüßenswert.

➤ EnEV:

Unter EnEV versteht man die vor zwei Jahren erschienene „Energieeinsparverordnung“. Sie verfolgt für Neubauten nochmals eine Reduzierung der Heizenergie und die Investition in bessere Wärmedämmmaterialien. Unter den Bedingungen, welche die EnEV geltend machen will versteht man in etwa einen Brennstoffverbrauch von 7 Litern pro m² Wohnfläche und Jahr. Im Prinzip also das 7-Liter-Haus. Die EnEV ist zwar schon in Kraft getreten, aber es bleibt noch einige Jahre Zeit, bis die Werte für den Brennstoffverbrauch verbindlich zu erfüllen sind. Ein Wärmedämmstandard nach der Energieeinsparverordnung kann als überdurchschnittlich betrachtet werden.

➤ WSchV 95:

Die Wärmeschutzverordnung von 1995 ist der heute allgemeingültige Standard. Bei ihr kann von einem Brennstoffverbrauch von ca. 9 Litern pro m² Wohnfläche und Jahr ausgegangen werden. Dies wäre nach den jetzigen Einschätzungen der realistischste Wert für die zu renovierenden Gebäude. Die Umstellung von der WSchV95 auf die EnEV befindet sich noch in der Übergangsphase, wobei ein Dämmstandard nach WSchV95 durchaus zulässig ist. Außerdem muss die EnEV demnächst nur bei Neubauten eingehalten werden. Für schon bestehende Gebäude greift diese Regelung noch nicht.

Wie oben beschrieben werden die Gebäude der Cité Dagobert und der Cornichonstraße auf drei Wärmedämmstandards hin untersucht. Im Verlauf dieser Machbarkeitsstudie zeigt sich dann, wie diese sich auf das Leitungsnetz und die damit verbundenen Kosten auswirken.

Berücksichtigung der Wärmebereitstellung zur Warmwasserbereitung:

Wie bereits erwähnt, gilt es nicht nur den Brennstoffverbrauch bzw. die benötigten Kilowattstunden für die Heizleistung zu ermitteln, sondern auch die Wärmemenge, die für die Warmwasserbereitung anfällt. Ein ansetzbarer Wert findet sich in der EnEV. Dort ist angegeben, dass ein durchschnittlicher Wert von 12,5 kWh pro m² Wohnfläche und Jahr angesetzt werden können. Dieser Wert variiert von Land zu Land und von Region zu Region.

Des Weiteren hat die Fassadendämmung keine Auswirkungen auf diesen Wert. Lediglich das Abnahmeverhalten der Hausbewohner und die klimatischen Bedingungen sind ausschlaggebend.

Bei allen drei Wärmedämmvarianten wird dieser Wert für die Warmwasserbereitung hinzugezogen.

3 Netzvarianten

Ziel der hier durchgeführten Untersuchung ist es, anhand einer Machbarkeitsstudie die Kosten für ein Fernwärmeleitungsnetz in der Cité Dagobert/Landau zu ermitteln. Das Hauptaugenmerk liegt auf einer Wärmeversorgung der ehemaligen Gebäude der französischen Kaserne in der so genannten Cité Dagobert. Allerdings ist es nicht ausgeschlossen, dass weitere, sich um dieses Gebiet herum befindliche Gebäude, an diese Nahwärmeversorgung angeschlossen werden können.

Es empfiehlt sich daher mehrere Netzvarianten zu betrachten. Diese Netzvarianten unterscheiden sich in der Anzahl der anzuschließenden Gebäude und der zu transportierenden Wärmemenge. Im Fall dieser Machbarkeitsstudie sollen drei Netzvarianten untersucht werden.

Das entsprechende Gebiet, in dem das Netz verlegt wird ist in den folgenden Lageplänen mit einem roten Rechteck gekennzeichnet.

3.1 Übersicht über die drei Netzvarianten

Im nun folgenden Abschnitt werden die drei Netzvarianten gegenübergestellt und zahlenmäßig miteinander verglichen. Dabei wird die Anzahl der Verbraucher, die Art der Verbraucher und die für den weiteren Verlauf dieser Arbeit sinnvolle Kurzbezeichnung berücksichtigt.

Netzvariante	Lage der Verbraucher	Art der Verbraucher	Kurzbezeichnung
1	Cité Dagobert	Kleinverbraucher	"kleine Lösung"
2	Cité Dagobert + nördliche Verbraucher	Klein- und Großverbraucher	"mittlere Lösung"
3	Cité Dagobert + nördliche Verbraucher + 2 bestehende Nahwärmenetze	alle Verbraucher	"große Lösung"

Tabelle 3.1: Übersicht über die drei Netzvarianten und deren Merkmale

3.1.1 Netzvariante 1

Sie soll im weiteren Verlauf dieser Machbarkeitsstudie auch als „kleine Lösung“ bezeichnet werden. Es werden 17 Verbraucher angeschlossen, die ebenfalls in Anhang 2, die Erfassung der Verbraucherdaten zu finden sind.



Abbildung 3.1.1: Stadtplan von Landau mit Kennzeichnung des Einzugsgebietes von Netzvariante 1

Wie in Abbildung 3.1.1 gut zu erkennen ist, berücksichtigt Netzvariante 1, die „kleine Lösung“, ausschließlich die Gebäude der Cité Dagobert. Es handelt sich hierbei um spätere Wohngebäude und zugleich um Kleinverbraucher.

Im Einzelnen sind dies folgende Gebäude:

4 bereits sanierte Gebäude, Eutzingerstraße,

10 Wohnhäuser, Eutzingerstraße,

1 ehemaliges Stabsgebäude, Eutzingerstraße,

3 ehemalige Offizierswohnhäuser, Dagobertstraße,

Diese erste Netzvariante soll einer intensiveren Betrachtung unterzogen werden als die beiden anderen Varianten, da für diese Gebäude eine neue Nutzung, sprich Sanierung, absehbar ist. Unter solch einer genaueren Untersuchung versteht sich eine exakte Rohrnetzrechnung mit der Auslegung der Leitungsquerschnitte und der Hausstationen. Für die weiteren Gebäude der Cité Dagobert, die in dieser Variante nicht betrachtet werden, kommt eine überschlägige Rechnung zum Einsatz. Dieses

Überschlagsverfahren ist durch vorab nicht genau zu ermittelnde Wärmeverbrauchsdaten und einem nicht festzulegenden Anschluss an das spätere Nahwärmenetz durchaus vertretbar. Da es sich bei dieser Studie um die Überprüfung der Machbarkeit eines solchen Nahwärmenetzes handelt und die genaue Anzahl der späteren Verbraucher geschätzt wird, ist ein solches Verfahren zulässig.

Wie bereits auf den vorherigen Seiten erwähnt, sollen bei dieser Netzvariante nur so genannte Kleinverbraucher angeschlossen werden. Bei den 17 angesprochenen Gebäuden handelt es sich um ehemalige Wohngebäude. Darunter befindet sich auch das ehemalige Stabsgebäude, das zu den größeren Gebäuden zu zählen ist. Es kann aber durchaus noch zu den Kleinverbrauchern gezählt werden.

3.1.2 Netzvariante 2

Die zweite Netzvariante soll im weiteren Verlauf dieser Arbeit auch als mittlere Lösung bekannt sein. Im Vergleich zu Netzvariante 1, bei der 17 Verbraucher angeschlossen werden, sind es bei dieser Variante 39. Hierbei handelt es sich um Klein- und Großverbraucher. Dort weiterhin mit dabei sind auch die 17 Gebäude des Dagobert Hofes. Zusätzlich gibt es zwei Großverbraucher: das Krankenhaus und die Universität. Bei den restlichen 20 Verbrauchern handelt es sich um ehemalige Kasernen Gebäude nordöstlich der Cité Dagobert gelegen. Abbildung 3.1.2 gibt einen Überblick über das Gebiet, das mittels Nahwärme versorgt werden soll.



Abbildung 3.1.2: Stadtplan von Landau mit Kennzeichnung des Einzugsgebietes von Netzvariante 2

Diese zweite Netzvariante hat den Vorteil, dass mehr Gebäude mit Wärme versorgt werden können und die Effektivität des Nahwärmenetzes größer ist. Da das hinzugekommene Gebiet nah an den Gebäuden von Netzvariante 1 liegt, wird die Leitungslänge des Netzes zwar größer, allerdings wird auch mehr Wärme transportiert. Je transportierte Wärmemenge je Meter Trasse ist, desto rentabler lässt sich das Fernwärmenetz betreiben.

Die folgenden Berechnungen werden zeigen, ob eine Ausdehnung des Leitungsnetzes auf den angesprochenen Bereich gerechtfertigt ist.

3.1.3 Netzvariante 3

Die dritte Leitungsnetzvariante umfasst nochmals mehr Verbraucher als die beiden ersten Varianten. Sie soll im Folgenden auch als „große Lösung“ bekannt sein. Zusätzlich zu den Verbrauchern der ersten beiden Netzvarianten kommen zwei bestehende Nahwärmenetze hinzu. Zum einen das Nahwärmenetz im Wohngebiet Lazarettgarten und dem Gebiet zwischen Lazarettgarten und der Cité Dagobert. Welches Stadtgebiet von Netzvariante 3 umfasst wird, und wie die Lage der schon bestehenden Nahwärmenetze ist, kann Abbildung 3.1.3 entnommen werden.



Abbildung 3.1.3: Stadtplan von Landau mit Kennzeichnung des Einzugsgebietes von Netzvariante 3 und Kennzeichnung der bestehenden Nahwärmenetze in blauer Farbe

Wie in Abbildung 3.1.3 gut zu ersehen ist, umfasst Netzvariante 3 ein weitläufiges Gebiet. Ob diese letzte Möglichkeit eine optimale Lösung darstellt, muss sich erst herausstellen und auch über diese Machbarkeitsstudie hinaus überprüft werden. Sinn dieser dritten Netzvariante ist es, die beiden bestehenden und das hinzukommende Nahwärmenetz zu einem großen Fernwärme- bzw. Nahwärmenetzverbund zusammenzuschließen. Damit lassen sich die Investitionskosten zwar nicht verringern, aber in Bezug auf die Regelbarkeit des Netzes wäre diese Variante durchaus begrüßenswert.

Da für die beiden bestehenden Nahwärmenetze bereits Heizzentralen existieren, können ja nach Wärmeabnahme unterschiedliche Heizzentralen die Wärmeversorgung sichern. Zu Zeiten, in denen wenig Wärme benötigt wird, würden dann eventuell ein oder zwei Heizzentralen die Wärmebereitstellung gewährleisten können.

Die Versorgungssicherheit ist in Bezug auf das Betreiben eines solch großen Netzes ein nicht zu vernachlässigender Faktor. Sollte in ferner Zukunft das komplette Netz mit Erdwärme versorgt werden, könnten bei Schwierigkeiten die bestehenden Heizkessel zumindest eine Notversorgung garantieren.

Diese dritte Netzvariante soll in dieser Studie aber nur in Bezug auf die Leitungskosten für den Transport von der Geothermieförderstätte zu den Gebäuden untersucht werden. Ob es letzten Endes sinnvoll und technisch machbar ist, die drei kleinen Netze zu einem großen Netz zusammenzuschließen, muss im Anschluss an diese Studie genauer untersucht werden.

4 Datenbearbeitung

In den vorangehenden Kapiteln wurde mit der Datenerfassung, der Charakterisierung der Verbraucher und einer Beschreibung der örtlichen Gegebenheiten der Grundstein zur weiteren Ausarbeitung dieser Machbarkeitsstudie gelegt.

In diesem Kapitel wird die Auswertung der erfassten Daten vorgenommen. Darunter fällt die Festlegung des Trassenverlaufes der Fernwärmeleitungen für die verschiedenen Netzvarianten und die Grobdimensionierung der Fernwärmeleitungen und der Hausstationen.

Im anschließenden Kapitel erfolgt eine Kostenauflistung der einzelnen Anlagenteile.

4.1 Ermittlung der Wärmeverbräuche der drei Dämmstandards

Tabelle 4 gibt eine Übersicht der technischen Details der sich aus den drei beschriebenen Netzvarianten und den drei Wärmedämmvarianten WSchV95, EnEV und 5-Liter-Haus ergebenden 9 Varianten. Es werden der Jahresgesamtenergieverbrauch und die Anschlussleistungen der Verbraucher aufgeführt, um später Rückschlüsse ziehen zu können. Zur Namensgebung der Anlagenvarianten ist zu sagen, dass die vorrangingende Zahl die Netzvariante angibt und die Angabe nach dem Trennstrich den Dämmstandard beschreibt.

Übersicht der Varianten		
Anlagenvariante	Gesamtenergiebedarf in kWh/a	Anschlussleistung in kW
1-WSchV	3.227.375	1614
1-EnEV	2.928.375	1464
1-5 Liter	2.629.375	1315
2-WSchV	7.030.375	3556
2-EnEV	6.131.375	3106
2-5 Liter	5.232.375	2657
3-WSchV	11.665.804	6878
3-EnEV	10.766.804	6428
3-5 Liter	9.867.804	5979

Tabelle 4: Übersicht über die Anlagenvarianten in Bezug auf den Jahresgesamtenergieverbrauch und die Anschlussleistung

Es handelt sich bei dieser Tabelle um eine Zusammenfassung aller Verbraucher der einzelnen Netzvarianten. Die einzelnen Verbraucher sind in Kap. 2 aufgeführt.

Wie in der angesprochenen Tabelle zu sehen, ist bei allen drei Anlagenvarianten die obere, mit einem Wärmedämmstandard nach der WSchV95, diejenige mit dem höchsten Bedarf an Kilowattstunden pro Jahr. Folglich benötigt diese auch die größte Anschlussleistung.

Über die Variante mit EnEV-Standard bis zum 5-Liter-Standard sinken der Wärmemengenverbrauch und die geforderte Anschlussleistung.

Von der kleinsten zur größten Anlagenvariante vergrößert sich durch die wachsende Abnehmerzahl der Jahresenergieverbrauch deutlich. So dürfte die erste Netzvariante ca. 600.000 kWh, die zweite Netzvariante ca. 800.000 kWh und die dritte Netzvariante ca. 900.000 kWh benötigen.

Ausgehend von den Angaben in Tabelle 4 können nun eine erste Auslegung des Leitungsnetzes und die Bestimmung der Größe der einzelnen Hausstationen erfolgen. Im Prinzip werden die ermittelten Anschlussleistungen in der hier vorliegenden Machbarkeitsstudie nicht weiter benötigt, da die Auslegung der Heizzentrale und der Kessel zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen und nicht Gegenstand dieser Studie ist. Als Übersicht ist diese Tabelle allerdings von großem Wert, da ein Vergleich der 9 Anlagenvarianten möglich ist und die Relation zwischen bereitstehender Erdwärmemenge und Abnahme im Leitungsnetz ersichtlich ist.

Die Gesamtanschlussleistung wird im nächsten Schritt auf die einzelnen Verbraucher umgelegt. Jeder von ihnen besitzt eine ihm typische Anschlussleistung nach der die Hausstation (Wärmeübergabestation) dimensioniert werden muss. Dies erfolgt in Kapitel 4.2.

Im Anhang dieser Studie befinden sich neun Zeichnungen. Auf diesen sind jeweils der Leitungsverlauf der neun Anlagenvarianten, sowie die angeschlossenen Verbraucher eingezeichnet. Diese Pläne sollen der Übersicht dienen, um sich ein Bild über den Verlauf der Leitungstrasse machen zu können.

Nach Festlegung des Trassenverlaufs ist es im nächsten Schritt möglich, die einzelnen Leitungslängen zu ermitteln. Mit Hilfe der DigTk 25, einer digitalen Katasterkarte im Maßstab 1:25000, wurden die Längen der Leitungsabschnitte ermittelt. Obwohl durch den großen Maßstab eine gewisse Ungenauigkeit entsteht, schmälert dies die Aussagekraft dieser Machbarkeitsstudie nicht. Es handelt sich hierbei um eine erste grobe Festlegung des Trassenverlaufs. Es ist durchaus möglich, dass zu einem späteren Zeitpunkt Änderungen vorgenommen werden.

4.2 Das Leitungsnetz

Das Fernwärmeleitungsnetz lässt sich in Hauptverteilungsleitungen und Unterverteilungen bzw. Hausanschlussleitungen unterteilen.

4.2.1 Ausführung des Leitungsnetzes

Moderne Nahwärmeversorgungssysteme werden nahezu ausschließlich als Zweileiter-System (Vor-/Rücklauf) mit Heißwasser als Wärmeträgermedium betrieben. Dampf- bzw. Kaltwassernetze finden in dieser Arbeit keine Berücksichtigung, da keine geeigneten Abnehmer vorhanden sind und die Kosten für eine solche Anlage die Rentabilität in Frage stellen würden. Die Struktur (Netzform) von Wärmeverteilungsnetzen wird vor allem durch städtebauliche Gegebenheiten (Straßenführung, räumliche Anordnung der Häuser), die Netzgröße und die Einbindung der Wärmeerzeuger bestimmt. Folgende Abbildung 4.2.1 zeigt die gängigen Ausführungen von Fernwärmenetzen.

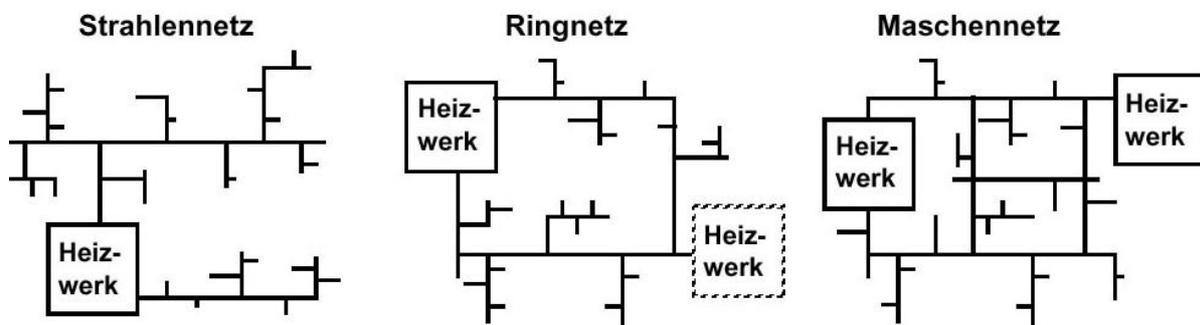


Abbildung 4.2.1-1: Varianten der Netzausführung [2]

Bei kleinen und mittleren Fernwärmenetzen sind Strahlennetze vorzuziehen, da diese die geringste Trassenlänge haben. Ringnetze dagegen ermöglichen die Einbindung mehrerer Erzeuger an unterschiedlichen Standorten. Sie sind jedoch teurer, da die Trassenlänge und der Nenndurchmesser der Ringleitungen größer sind. Diesem Nachteil steht der Vorteil der höheren Versorgungssicherheit und einfacheren Erweiterbarkeit gegenüber.

Maschennetze, die optimale Versorgungssicherheit und bessere Erweiterungsmöglichkeiten bieten, werden wegen hoher Investitionskosten nur für große Wärmeverteilungsnetze eingesetzt.

In unserem Falle wird sich für die kostengünstigste Variante des Strahlennetzes entschieden, um Investitionskosten zu minimieren. Wir erachten diese Netzform auch als technisch sinnvoll, da bei Netzvarianten 1 und 2 nur ein Einspeisepunkt vorhanden sein wird. Bei Netzvariante 3 werden die bestehenden Nahwärmenetze nicht direkt in das neue Netz eingebunden, sondern indirekt über Wärmetauscher eingebunden.

Rohrwerkstoff:

Das Kunststoffverbundmantelrohr mit Stahlmediumrohr (KMR) ist aufgrund der Standardisierung (Lieferbar in großem DN-Spektrum), der Robustheit und des geringen Materialpreises das meistverlegte Rohrsystem.

KMR werden meistens bei den Hauptrohrtrassen verwendet, wogegen bei Hausanschlüssen und schwierigem Gelände flexible Rohrsysteme zum Einsatz kommen. Auch im Falle unserer Studie wird eine Kombination dieser Rohrsysteme bei der Kostenermittlung berücksichtigt.

Unterverteilungen und Hausanschlüsse:

Der Trassenverlauf richtet sich nach geographischen bzw. städtebaulichen Gegebenheiten (Straßenführung, fremde Medienleitungen etc.) und den verwendeten Rohr- bzw. Verlegesystemen.

Die häufig eingesetzte Standardtrassenführung in öffentlichen Wegen bietet die größte Flexibilität bzgl. des Anschlusses weiterer Kunden, da jeder Kunde separat an die Verteilleitung angeschlossen wird. Diese Variante wird in unserer Studie angenommen und ebenso bei der Ermittlung der Kosten berücksichtigt.

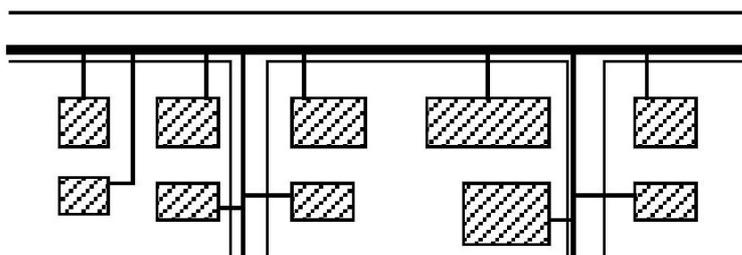


Abbildung 4.2.1-2: Standard-Trassenführung [2]

4.2.2 Auslegung des Leitungsnetzes

Der optimale Rohrdurchmesser wird von zwei gegenläufigen Einflüssen bestimmt. Zum einen sind die Material- und Tiefbaukosten bei kleinerem Rohrdurchmesser geringer, zum anderen sind der Druckverlust (Druckstufung der Rohrsysteme beachten!) und damit die Pumpstromkosten höher.

Im Bereich der Hausanschlüsse sind auch die durch die Fließgeschwindigkeit verursachten Geräuschemissionen zu beachten.

Um die Kosten zu minimieren, ist im Einzelfall eine im Wesentlichen von der Netzstruktur, den Vor- und Rücklauftemperaturen, den Gleichzeitigkeitsfaktoren der Wärmeabnahme den geodätischen Höhen und den Stromkosten bestimmte Analyse notwendig. Weiterhin ist der Druckverlust abhängig von der Wandrauigkeit, die bei Kunststoff- und Kupfermediumrohren ($k=0,01\text{mm}$) geringer ist als bei Stahlrohren ($k=0,1\text{mm}$).

Zur Dimensionierung der Rohrdurchmesser muss außer dem Druckverlust, der für eine erste Grobprojektierung mit 100 Pa/m angenommen wird, auch bei jedem Trassenabschnitt die maximal zu übertragene Wärmeleistung (zzgl. des Netzverlustes) bekannt sein. Bei einer weiterführenden Studie wird die Auslegung der Nennweitenwahl anschließend mit modernen thermohydraulischen Auslegungsprogrammen optimiert. Für unser Projekt ist eine genaue Auslegung deswegen nicht nötig. Ebenso wird sich im Kapitel Kosten herausstellen, dass ein Nennweitenunterschied sich nur gering in den Gesamtkosten niederschlägt.

Anhand der in Kapitel 4.1 ermittelten Wärmeverbräuche der drei Dämmstandards ergeben sich für die drei Netzvarianten verschiedene Abnahmeprofile und für die Wärmeabnahme verschiedene Leistungsstufen.

Mit diesen Daten und den Rohrleitungslängen, die mit Hilfe der DigTK 25 ermittelt wurden, ergeben sich für die drei Netzvarianten folgende in Tabellen 4.2.2-1 bis 4.2.2-3 aufgeführten Rohrdimensionen:

Tabelle 4.2.2-1 zeigt die Auflistung der Leitungslängen für Netzvariante 1:

Netzvariante 1

Dämmvariante 1	DN	Länge in m
1 - WSchV	20	124
	25	101
	32	160
	65	126
	80	210
	100	116
1 - EnEV	20	124
	25	161
	32	100
	65	126
	80	210
	100	116
1 - 5 Liter	20	124
	25	161
	32	100
	50	126
	80	210
	100	116

Gesamtleitungslänge Netzvariante 1: 837 m

Tabelle 4.2.2-1: Leitungslängen Netzvariante 1

Aufgrund der niedrigen Gesamtleistung der Verbraucher in Netzvariante 1 ergeben sich nur kleine Rohrdimensionen (DN 20 bis DN 100). Diese unterscheiden sich zwischen den Dämmvarianten um maximal eine Nenndurchmesser-Stufe im Hauptstrang des Netzes und ebenso bei den Hausanschlussleitungen. Die Gesamtleitungslänge beträgt bei der von uns vorgeschlagenen Trassenführung 837 m inklusive der Hausanschlussleitungen. Das entspricht einer Anschlussdichte von 1,93 kW/(m Trasse) bis 1,57 kW/(m Trasse). Damit liegt die Anschlussdichte über der „kritischen Marke“ von 1 kW/(m Trasse).

Tabelle 4.2.2-2 zeigt die Auflistung der Leitungslängen für Netzvariante 2:

Netzvariante 2

Dämmvariante 2	DN	Länge in m
2 - WSchV	20	124
	25	68
	32	160
	50	60
	100	777
	125	341
	150	326
2 - EnEV	20	124
	25	128
	32	100
	50	60
	100	959
	125	369
	150	116
2 - 5 Liter	20	124
	25	128
	32	100
	50	60
	80	777
	100	341
	125	326

Gesamtleitungslänge Netzvariante 2: 1856 m

Tabelle 4.2.2-2: Leitungslängen Netzvariante 2

Bei Netzvariante 2 und deren drei Dämmvarianten ergeben sich Rohrnennweiten zwischen DN 20 bis DN 150. Die gegenüber Netzvariante 1 höheren Querschnitte ergeben sich aus der erhöhten zu transportierenden Wärmemenge der zusätzlichen Verbraucher. Aus der Gesamtnetzlänge von 1856 m und der Anschlussleistungen von 3556 kW bis 2657 kW ergeben sich Anschlussdichten von 1,92 kW/(m Trasse) bis 1,43 kW/(m Trasse).

Tabelle 4.2.2-3 zeigt die Auflistung der Leitungslängen für Netzvariante 3:

Netzvariante 3

Dämmvariante 3	DN	Länge in m
3 - WSchV	20	124
	25	68
	32	146
	50	60
	100	1377
	125	415
	150	592
	200	452
3 - EnEV	20	124
	25	128
	32	86
	50	60
	100	1592
	125	200
	150	592
	200	452
3 - 5 Liter	20	124
	25	128
	32	86
	50	60
	80	777
	100	815
	125	200
	150	592
	200	452

Gesamtleitungslänge Netzvariante 3: 3234 m

Tabelle 4.2.2-3: Leitungslängen Netzvariante 3

Bei Netzvariante 3 und deren drei Dämmvarianten ergeben sich Rohrnennweiten zwischen DN 20 bis DN 200. Die höheren Querschnitte ergeben sich wiederum aus der erhöhten zu transportierenden Wärmemenge der zusätzlichen Verbraucher. Aus der Gesamtnetzlänge von 3234 m und der Anschlussleistungen von 6878 kW bis 5979 kW ergeben sich Anschlussdichten von 2,13 kW/(m Trasse) bis 1,85 kW/(m Trasse).

Abschließend kann gesagt werden, dass bei allen neun Anlagenvarianten die Anschlussdichte über $1\text{kW}/(\text{m Trasse})$ liegt und somit grundsätzlich eine Rentabilität der Nahwärmeversorgung zu erwarten ist.

4.3 Hausstationen

Die Hausstation (Abbildung 3.2.5-1) ist das Bindeglied zwischen dem Fernwärmenetz und der Hausanlage des jeweiligen Wärmeabnehmers.

4.3.1 Technische Ausführung der Hausstationen

Wie in Abbildung 4.3-1 ersichtlich, besteht die Hausstation aus der Übergabestation, die zum Eigentum des Wärmelieferanten zählt, und der Hauszentrale, welche sich im Eigentum des Kunden befindet.

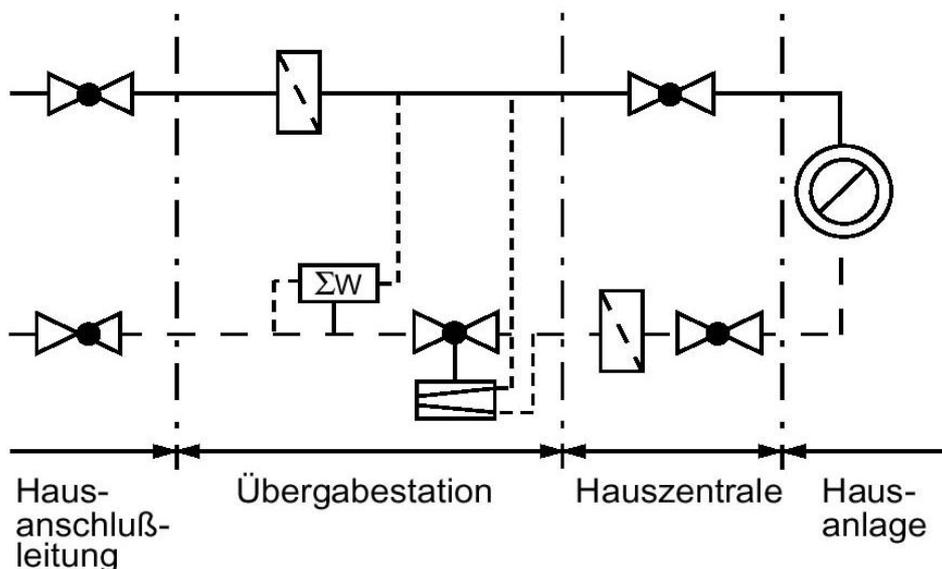


Abbildung 4.3-1: Beispiel einer Hausstation [2]

Während die Übergabestation der vertragsgemäßen Wärmeübergabe hinsichtlich Druck und Temperatur dient, wird in der Hauszentrale die Wärmelieferung an die thermischen und hydraulischen Gegebenheiten der Hausanlage angepasst.

Übergabestation und Hauszentrale können baulich getrennt sein, wie es meist bei großen zu versorgenden Objekten geschieht, oder in einer Einheit zusammengefasst sein; wie es bei Kleinabnehmern in der Regel gehandhabt wird.

Im Gegensatz zu der früher praktizierten individuellen Fertigung und Installation werden heute vorgefertigte, standardisierte Hausstationen eingesetzt. Diese so genannten Kompaktstationen enthalten alle Anlagenkomponenten und werden montagefertig beim Kunden angeliefert und installiert.

Es gibt zwei Arten von Hausstationen:

Stationen mit direkter Anbindung und Stationen mit indirekter Anbindung an das Leitungsnetz.

Während bei der direkten Anbindung das Fernheizwasser auch die Anlagenteile der Hausanlage durchströmt, wird beim indirekten Anschluss ein Wärmetauscher zwischen Fernwärmenetz und Hausanlage geschaltet. Bei zu hohen Netztemperaturen kann bei der direkten Variante über eine Beimischung aus dem Hausanlagenrücklauf die Hausanlagenvorlaufemperatur angepasst werden.

Für die indirekte Anbindung sprechen vor allem die Unabhängigkeit von den Druckverhältnissen im Netz und der Fernheizwasserbeschaffenheit.

Die direkte Anbindung stellt meist die kostengünstigere Lösung dar. Aufgrund der erhöhten Sicherheit, der Preisvorteile bei hohen Netzdrücken und "betrieblicher Philosophien" wird von vielen Unternehmen jedoch der Indirektanschluss bevorzugt. Im Falle unserer Studie gehen wir davon aus, dass aus den eben aufgeführten Gründen die indirekte Anbindung mittels Wärmetauscher zur Anwendung kommt. Dies gilt für die Gebäudeheizung und die Warmwasserbereitung im Durchflusssystem. Die durch den indirekten Anschluss aller Wärmeabnehmer entstehenden Mehrkosten werden im Kapitel Kosten berücksichtigt.

Beim Durchflusssystem wird das Trinkwasser direkt zum Bedarfszeitpunkt durch einen Plattenwärmetauscher erwärmt. Daher werden relativ hohe Leistungen benötigt, die sich jedoch bei Anschluss mehrerer Verbraucher durch die dann zu berücksichtigende Gleichzeitigkeit verringern.

4.3.2 Auslegung der Hausstationen

Mit den in den vorherigen Kapiteln aufgeführten Wärmedaten der einzelnen Verbraucher sind die der Leistungsstufe am nächsten kommenden Hausstationen aus Produktkatalogen entnommen worden. Diese sind in den folgenden Tabellen für alle Netzvarianten mit den drei Dämmstandards aufgeführt.

Tabelle 4.3.2-1 zeigt die Auflistung der Hausstationen von Netzvariante 1:

Netzvariante 1

Dämmvariante 1	Leistung in kW	Anzahl	Kosten pro Station in €
1-WSchV95	68	10	2.800
	90	1	3.000
	170	2	3.900
	339	1	5.700
	452	1	6.800
1-EnEV	41	6	2.400
	68	5	3.000
	170	2	3.900
	339	1	5.700
	452	1	6.800
1-5 Liter	41	10	2.400
	68	1	3.000
	113	1	3.300
	170	1	3.900
	339	1	5.700
	452	1	6.800

Tabelle 4.3.2-1: Auflistung der Hausstationen von Netzvariante 1

Bei Netzvariante 1 werden Hausstationen in der Größenordnung zwischen 41 kW und 452 kW benötigt. Am häufigsten müssen aber die kleinen Hausstationen eingesetzt werden, weil überwiegend Kleinverbraucher (Mehrfamilienhäuser) vorliegen.

Tabelle 4.3.2-2 zeigt die Auflistung der Hausstationen von Netzvariante 2:

Netzvariante 2

Dämmvariante 2	Leistung in kW	Anzahl	Kosten pro Station in €
2-WSchV95	68	33	2.800
	90	1	3.000
	170	2	3.900
	339	1	5.700
	452	2	6.800
2-EnEV	41	6	2.400
	68	24	3.000
	170	2	3.900
	339	1	5.700
	452	2	6.800
2-5 Liter	41	10	2.400
	68	15	3.000
	113	1	3.300
	170	1	3.900
	339	1	5.700
	452	2	6.800

Tabelle 4.3.2-2: Auflistung der Hausstationen von Netzvariante 2

Bei Netzvariante 2 werden ebenso Hausstationen im Leistungsbereich 41 kW bis 452 kW benötigt. Es wurde allerdings beim Verbraucher „Cornichonstraße“ die Annahme getroffen, dass dort später mehrere Gebäude mit gleicher Anschlussleistung entstehen, da noch keine genauen Daten über die später Nutzung dieses Geländes vorliegen. Deswegen kann es später zu Abweichungen bei den Größen einzelner Hausstationen kommen.

Tabelle 4.3.2-3 zeigt die Auflistung der Hausstationen von Netzvariante 3:

Netzvariante 3

Dämmvariante 3	Leistung in kW	Anzahl	Kosten pro Station in €
3-WSchV95	68	33	2.800
	90	1	3.000
	170	2	3.900
	339	1	5.700
	452	2	6.800
	1.130	1	13.000
	2.848	1	27.000
3-EnEV	41	6	2.400
	68	24	3.000
	170	2	3.900
	339	1	5.700
	452	2	6.800
	1.130	1	13.000
	2.848	1	27.000
3-5 Liter	41	10	2.400
	68	15	3.000
	113	1	3.300
	170	1	3.900
	339	1	5.700
	452	2	6.800
	1.130	1	13.000
	2.848	1	27.000

Tabelle 4.3.2-3: Auflistung der Hausstationen von Netzvariante 3

Bei Netzvariante 3 liegen Hausstationen im Leistungsbereich zwischen 41kW bis 2848 kW vor. Die größere Spreizung der Leistung ist durch das Dazukommen der bereits bestehenden Nahwärmenetze „Lazarettgarten und Quartier Vauban“ zu erklären.

Abschließend ist zu sagen, dass durch die verschiedenen Dämmvarianten kein großer Unterschied in den Leistungsstufen der Hausstationen zu erreichen ist.

5 Kostenermittlung

Im vorliegenden Kapitel erfolgt die Ermittlung der Kosten für das Leitungsnetz und der Hausstationen. Die Summe dieser beiden Kostenkomponenten ergibt die Höhe der Gesamtkosten, die für die hier untersuchte Nahwärmeversorgung anfallen.

Im vorangehenden Kapitel wurde die Vorarbeit für den nun folgenden Kostenvergleich der neun Anlagenvarianten geleistet. Erst nach Ermittlung der Leitungslängen und der Größe der Hausstationen konnten Preise erfragt und die anfallenden Kosten für jede Anlagenvariante ermittelt werden.

Da es sich bei dieser Studie wie bereits mehrmals erwähnt um eine erste grobe Netzauslegung handelt, ist es auch nur überschlägig möglich die einzelnen Kostenbestandteile zu ermitteln. Bei der Höhe der Kosten des Leitungsnetzes kommen Kosten pro Meter verlegter Rohrtrasse für alle gängigen Nennweiten zum Einsatz. Ebenso sind die Größen der einzelnen Hausstationen einer allgemeinen Normtabelle entnommen, die sich in Anhang 3 wieder finden. Die Schwierigkeit in der Kostenaufstellung besteht darin, dass die Größe der späteren Abnehmer zum größten Teil nicht genau bestimmbar ist. Zum einen ist ungewiss, wie viele Abnehmer und mit welcher Größe es in Zukunft im Wohngebiet Cornichonstraße geben wird und zum anderen ist fraglich, ob die ehemaligen Kasernengebäude auch nach einem der hier berücksichtigten Standards gedämmt werden. Realistisch betrachtet, liegen die hier verwendeten Wärmeverbrauchszahlen von 50-90 kWh/m²Wohnfläche und Jahr sehr niedrig. Es ist durchaus möglich, dass so niedrige Werte auch mit Aufbringen einer Isolierung nicht erreicht werden können, bzw. es stellt sich die Frage, ob die dafür anfallenden Kosten den Rahmen nicht sprengen.

Diese zwei Fakten lassen zwar eine ausreichende Genauigkeit der Kosten bezweifeln, aber auch wenn die spätere Anschlussleistung von der hier angenommenen abweicht, werden dies keine immensen Mehr- oder Minderkosten für das Leitungsnetz sein. Wie weiter unten aufgeführt, ist die Kostendifferenz von einer Nennweite zur nächst größeren nicht sehr groß. Dies gilt ebenfalls für die Hausstationen.

In den folgenden Abschnitten werden die Kosten für das Leitungsnetz, die Hausstationen und letzten Enden die Gesamtkosten für die neun Anlagenvarianten systematisch ermittelt.

5.1 Kosten des Leitungsnetzes

Tabelle 5.1-1 soll einen Überblick über die in dieser Studie zum Einsatz kommenden Rohrnennweiten und die dazugehörigen Kosten geben. Diese Tabelle stellt die Basis für die weitere Kostenermittlung dar.

DN	Kosten pro Meter Trasse in €
20	224
25	230
32	240
50	264
65	284
80	305
100	333
125	370
150	409
200	495

Tabelle 5.1-1: Auflistung der verwendeten Nennweiten mit angesetzten Kosten pro Meter Trasse

Diese Tabelle zeigt, dass Leitungsquerschnitte von DN 20 bis DN 200 zum Einsatz kommen. Die Kosten variieren dabei von 224-495 € je Meter verlegter Rohrtrasse. Es besteht also eine durchaus beachtliche Differenz zwischen den Kosten der kleinsten und der größten Nennweite. Beim Vergleich zweier aufeinander folgenden Nennweiten, egal ob große Dimension oder kleine, fällt auf, dass die Kostenunterschiede sehr gering sind. Dies liegt daran, dass der Hauptanteil der anfallenden Kosten durch die Grabenkosten und nicht durch die Rohrkosten entsteht.

Die hier verwendeten Kosten* stammen von der Saarberg-Fernwärme GmbH, ein Unternehmen, das Fernwärmenetze plant und betreut [3]. Es handelt sich hierbei um Erfahrungswerte, entstanden in langjähriger Praxiszeit. Es sind des Weiteren aber auch Durchschnittswerte, da nicht bei jedem Fernwärmenetz bei einer Rohrdimension die gleichen Kosten entstehen.

* schriftliche Unterlagen von Herrn Blaß, Saarberg-Fernwärme GmbH

Sie sind von der Geländestruktur und dem damit verbundenen Aufwand für die Verlegung abhängig. Im Fall dieser Studie befindet man sich auf Grund des ebenen Geländes in der Stadt folglich auf der sicheren Seite.

Im Folgenden sind in drei Tabellen aufgelistet, welche Rohrleitungskosten bei den drei Netzvarianten und deren drei Dämmstandards anfallen. In den Tabellen sind die zum Einsatz kommenden Nennweiten, die dazugehörige Länge, die Gesamtkosten für die jeweilige Rohrdimension und die Gesamtnetzkosten für die Anlagenvarianten aufgezeigt.

Tabelle 5.1-2 errechnet die Kosten für Netzvariante eins und die drei Dämmstandards.

Netzvariante 1

Dämmvariante 1	DN	Kosten pro Meter Trasse in €/m	Länge in m	Gesamtnetzkosten in €
1 – WSchV95	20	224	124	279.168
	25	230	101	
	32	240	160	
	65	284	126	
	80	305	210	
	100	333	116	
1 - EnEV	20	224	124	276.968
	25	230	161	
	32	240	100	
	65	284	126	
	80	305	210	
	100	333	116	
1 - 5 Liter	20	224	124	271.448
	25	230	161	
	32	240	100	
	50	264	126	
	80	305	210	
	100	333	116	

Tabelle 5.1-2: Leitungsnetzkosten für Netzvariante eins und die dazugehörigen Wärmedämmstandards

Anlagenvariante 1-WSchV95 ist mit 279.168 € die teuerste bei Netzvariante 1. Sie ist die Anlagenvariante mit dem höchsten angenommenen Wärmebedarf und den sich daraus ergebenden größeren Leitungsquerschnitten. Zwischen Anlagenvariante 1-WSchV und 1-EnEV können Kosten von ca. 4.000 € eingespart werden.

Im Fall der Anlagenvariante 1-5 Liter beträgt die Einsparung nochmals ca. 5.500 €. Im Vergleich zur teuersten Anlagenvariante bedeutet dies eine Kosteneinsparung von ca. 3,5%.

Tabelle 5.1-3 zeigt die anfallenden Leitungskosten für die drei Anlagenvarianten von Netzvariante 2.

Netzvariante 2

Dämmvariante 2	DN	Kosten pro Meter Trasse in €/m	Länge in m	Gesamtnetzkosten in €
2 – WSchV95	20	224	124	738.401
	25	230	68	
	32	240	160	
	50	264	60	
	100	333	777	
	125	370	341	
	150	409	326	
2 – EnEV	20	224	124	713.877
	25	230	128	
	32	240	100	
	50	264	60	
	100	333	959	
	125	370	369	
	150	409	116	
2 - 5 Liter	20	224	124	663.714
	25	230	128	
	32	240	100	
	50	264	60	
	80	305	777	
	100	333	341	
	125	370	326	

Tabelle 5.1-3: Leitungsnetzkosten für Netzvariante 2 und die dazugehörigen Wärmedämmstandards

Wie im Fall der ersten Netzvariante erweist sich auch hier die Anlagenvariante nach WSchV95 mit 738.401 € als die teuerste. Es fällt sofort auf, dass zwischen Anlagenvariante 2-EnEV und 2-5 Liter kein Kostenunterschied besteht. Zwar ist der Wärmebedarf bei der 5-Liter-Variante geringer, aber durch die Bindung an handelsübliche Rohrdimensionen, kommen bei beiden Varianten die gleichen Nennweiten und Leitungslängen zum Einsatz. Die Kosten bei diesen Varianten belaufen sich auf 663.714 €. Dies bedeutet eine Kostenersparnis von ca. 6% gegenüber A.v. 2-WSchV95.

Bei einer Anlagenvariante mit höherer Anschlussleistung und größerer Verbraucheranzahl wirkt sich der Unterschied zwischen den drei Wärmedämmvarianten merklicher aus. Die Einsparung stieg von 3,5% auf 6%.

Tabelle 5.1-4 zeigt die anfallenden Leitungskosten für die drei Anlagenvarianten von Netzvariante 3.

Netzvariante 3

Dämmvariante 3	DN	Kosten pro Meter Trasse in €/m	Länge in m	Gesamtnetzkosten in €
3 – WSchV95	20	224	124	1.334.755
	25	230	68	
	32	240	146	
	50	264	60	
	100	333	1.377	
	125	370	415	
	150	409	592	
	200	495	452	
3 - EnEV	20	224	124	1.317.200
	25	230	128	
	32	240	86	
	50	264	60	
	100	333	1.592	
	125	370	200	
	150	409	592	
	200	495	452	
3 - 5 Liter	20	224	124	1.277.444
	25	230	128	
	32	240	86	
	50	264	60	
	80	305	777	
	100	333	815	
	125	370	200	
	150	409	592	
	200	495	452	

Tabelle 5.1-4: Leitungsnetzkosten für Netzvariante drei und die dazugehörigen Wärmedämmstandards

Genau wie bei Netzvariante 2 besteht zwischen der Anlagenvariante 3-EnEV und 3-5 Liter aus den oben genannten Gründen kein Kostenunterschied. Die teuerste Anlagenvariante ist im Fall von Netzvariante 3 auch wieder diejenige mit einem Dämmstandard nach WSchV95. Hier liegen die Kosten bei 1.334.755 €. Die Einsparung zu den beiden niedriger gedämmten Varianten liegt mit ca. 57.000 € bei 3%. Dies liegt auch wiederum an der höheren Anschlussleistung durch das Hinzukommen der beiden bestehenden Nahwärmenetze und an einer größeren Verbraucherzahl.

5.2 Kosten der Hausstationen

Die Kosten für die Nahwärmenetze der neun Anlagenvarianten setzen sich aus den Kosten des Leitungsnetzes und den Kosten für die Hausstationen zusammen. Wie die Unterteilung der Wärmeübergabestationen vorgenommen wurde, ist in Kapitel 4.3 beschrieben. Das vorliegende Kapitel zeigt die anfallenden Kosten für die Hausstationen nun bezogen auf die neun Anlagenvarianten. Die Aufteilung wird ebenfalls beibehalten und die Ergebnisse anhand von drei Tabellen für die drei Netzvarianten dargestellt.

In diesen Tabellen findet man die Leistungsgröße der benötigten Hausstationen, die Anzahl, die Kosten je Leistungsgruppe und die Gesamtkosten für die alle Hausübergabestationen.

Tabelle 5.2-1 zeigt die anfallenden Kosten der Hausübergabestationen für die drei Anlagenvarianten von Netzvariante 1.

Netzvariante 1

Dämmvariante 1	Leistung in kW	Anzahl	Kosten pro Station in €	Gesamtkosten je Leistungsgröße in €	Kosten Hausstationen in €
1-WSchV95	68	10	2.800	28.000	51.300
	90	1	3.000	3.000	
	170	2	3.900	7.800	
	339	1	5.700	5.700	
	452	1	6.800	6.800	
1-EnEV	41	6	2.400	14.400	49.700
	68	5	3.000	15.000	
	170	2	3.900	7.800	
	339	1	5.700	5.700	
	452	1	6.800	6.800	
1-5 Liter	41	10	2.400	24.000	46.700
	68	1	3.000	3.000	
	113	1	3.300	3.300	
	170	1	3.900	3.900	
	339	1	5.700	5.700	
	452	1	6.800	6.800	

Tabelle 5.2-1: Kosten der Hausstationen für Netzvariante 1 und den dazugehörigen Wärmedämmstandards

Die Tabelle lässt erkennen, dass im Fall der Kosten der Hausstationen auch wiederum die Anlagenvariante nach WSchV95 die teuerste ist. Dies liegt am höheren Wärmebedarf der Häuser bei dieser Anlagenvariante. Die Kosten liegen zwischen 51.300 € und 46.700 €. Dies bedeutet eine Einsparung von maximal 9,7%.

Tabelle 5.2-2 zeigt die Kosten der Hausstationen für Netzvariante 2.

Netzvariante 2

Dämm-variante 2	Leistung in kW	Anzahl	Kosten pro Station in €	Gesamtkosten je Leistungsgröße in €	Kosten Hausstationen in €
2-WSchV95	68	33	2.800	92.400	122.500
	90	1	3.000	3.000	
	170	2	3.900	7.800	
	339	1	5.700	5.700	
	452	2	6.800	13.600	
2-EnEV	41	6	2.400	14.400	113.500
	68	24	3.000	72.000	
	170	2	3.900	7.800	
	339	1	5.700	5.700	
	452	2	6.800	13.600	
2-5 Liter	41	10	2.400	24.000	95.500
	68	15	3.000	45.000	
	113	1	3.300	3.300	
	170	1	3.900	3.900	
	339	1	5.700	5.700	
	452	2	6.800	13.600	

Tabelle 5.2-2: Kosten der Hausstationen für Netzvariante 2 und den dazugehörigen Wärmedämmstandards

Mit dem Hinzukommen des Wohngebietes Cornichonstraße steigt die Anzahl der Verbraucher im Vergleich zu Netzvariante 1 um mehr als das Doppelte an. Daher haben sich auch die Kosten mehr als verdoppelt. Wie bereits erwähnt, wurde der voraussichtliche Wärmeverbrauch in der Cornichonstraße auf Verbraucher mit einer Anschlussleistung von 50 kW zugelegt. Diese Annahme ist natürlich sehr ungenau, da noch nicht genau feststeht, welche Größe die späteren Verbraucher haben werden. Allerdings handelt es sich bei diesem Wert um eine durchaus akzeptable Annahme, da 50 kW der durchschnittliche Wert der künftigen Anschlussleistung im Bereich von Wohngebäuden darstellt.

Bei Netzvariante 2 liegen die errechneten Kosten für die Hausstationen zwischen 122.500 € bei Anlagenvariante 2-WSchV und 95.500 € bei Anlagenvariante 2-5 Liter. Der Dämmstandard nach EnEV liegt mit 113.500 € genau in der Mitte. Bei Netzvariante 2 lässt sich folglich mit dem Aufbringen entsprechender Dämmmaterialien bis zu 13,9 % im Vergleich zur ungünstigsten Variante einsparen.

Tabelle 5.2-3 zeigt die Kosten der Hausstationen für Netzvariante 3.

Netzvariante 3

Dämmvariante 3	Leistung in kW	Anzahl	Kosten pro Station in €	Gesamtkosten je Leistungsgröße in €	Kosten Hausstationen in €
3-WSchV95	68	33	2.800	92.400	162.500
	90	1	3.000	3.000	
	170	2	3.900	7.800	
	339	1	5.700	5.700	
	452	2	6.800	13.600	
	1.130	1	13.000	13.000	
	2.848	1	27.000	27.000	
3-EnEV	41	6	2.400	14.400	153.500
	68	24	3.000	72.000	
	170	2	3.900	7.800	
	339	1	5.700	5.700	
	452	2	6.800	13.600	
	1.130	1	13.000	13.000	
	2.848	1	27.000	27.000	
3-5 Liter	41	10	2.400	24.000	135.500
	68	15	3.000	45.000	
	113	1	3.300	3.300	
	170	1	3.900	3.900	
	339	1	5.700	5.700	
	452	2	6.800	13.600	
	1.130	1	13.000	13.000	
	2.848	1	27.000	27.000	

Tabelle 5.2-3: Kosten der Hausstationen für Netzvariante 2 und den dazugehörigen Wärmedämmstandards

Netzvariante 3 umfasst alle Verbraucher. Sie ist im Prinzip ein Zusammenschluss von Netzvariante eins und zwei und Hinzunahme der bestehenden Nahwärmenetze Lazarettgartenstraße und Quartier Vauban. Als Konsequenz daraus fallen bei dieser Netzvariante die höchsten Kosten für die Hausstationen an. Bei allen drei Anlagenvarianten bedeuten das Mehrkosten von 40.000 €. Die Kosten variieren bei Netzvariante 3 zwischen 162.500 € und 135.500 €.

5.3 Gesamtkosten der neun Anlagenvarianten

Mit den Kapiteln 5.1 und 5.2 wurde der Grundstein für die Ermittlung der Gesamtkosten gelegt. Die folgende Tabelle 5.3 zeigt die Höhe der Gesamtkosten für die neun Anlagenvarianten.

Anlagenvariante	Gesamtkosten in €
1-WSchV	279.168
1-EnEV	276.968
1-5 Liter	271.448
2-WSchV	738.401
2-EnEV	713.877
2-5 Liter	663.714
3-WSchV	1.334.755
3-EnEV	1.317.200
3-5 Liter	1.277.444

Tabelle 5.3: Übersicht über die Gesamtkosten der neun Anlagenvarianten

Zu dieser Tabelle ist zu sagen, dass immer die Anlagenvariante mit Wärmedämmstandard nach WSchV95 bei allen drei Netzvarianten diejenige mit den höchsten Gesamtkosten ist. Die Gesamtkosten zwischen den drei Netzvarianten werden von Netzvariante eins zu Netzvariante drei größer. Das liegt wie bereits gesagt an der unterschiedlichen Zahl von Verbrauchern, die bei der jeweiligen Netzvariante angeschlossen werden.

6 Abschließende Bewertung

Diese Studie soll keine Empfehlung für eine der aufgeführten Anlagenvarianten aussprechen, da eine Bezugsvariante für dieses Projekt fehlt. Dies soll einer späteren Vorplanung mit genauer festgelegten Rahmenbedingungen vorbehalten bleiben. Es sollten lediglich erste Erhebungen der Wärmeabnehmer, deren Wärmeabnahme und den anfallenden Kosten erstellt werden.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die in dieser Studie ermittelten Fakten hinsichtlich der Daten der Leitungsnetze und den Investitionskosten.

Anlagen-variante	Anschluss-leistung in kW	Trassen-länge in m	Gesamt-investitions-kosten in €	Kosten pro kW Anschluss-leistung in €	Anschluss-dichte in kW/m Trasse
1-WSchV95	1.614	837	279.168	173	1,93
1-EnEV	1.464		276.968	190	1,75
1-5 Liter	1.315		271.448	206	1,57
2-WSchV95	3.556	1.856	738.401	208	1,92
2-EnEV	3.106		713.877	230	1,67
2-5 Liter	2.657		663.714	250	1,43
3-WSchV95	6.878	3.234	1.334.755	194	2,13
3-EnEV	6.428		1.317.200	205	1,99
3-5 Liter	5.979		1.277.444	214	1,85

Tabelle 6: Übersicht über die Ergebnisse dieser Studie in Zahlen

Abschließend können folgende wichtige Fakten und Zusammenhänge aufgezeigt werden:

- Die Gesamtinvestitionskosten innerhalb der Anlagenvarianten einer Netzvariante unterscheiden sich nur geringfügig. Es ist daher fraglich, ob diese geringen Einsparungen bei der Wärmeerzeugung einen Kostenmehraufwand bei der Dämmung rechtfertigen.

- Die Kosten pro kW Anschlussleistung variieren zwischen 173 € und 250 €. Unter der Annahme, dass ein neuer Kessel für die Hauseinzelversorgung in der Anschaffung ca.
- Die Anschlussdichten der neun Anlagenvarianten liegen zwischen 1,43 kW/m Trasse und 2,13 kW/m Trasse. Je höher die Anschlussleistung bei gleicher Leitungsnetzlänge ist, desto höher liegt auch die Anschlussdichte. Folglich hat bei jeder Netzvariante die Anlagenvariante mit einem Dämmstandard nach WSchV95 die höchste Anschlussdichte.
Alle Anlagenvarianten lassen sich in Bezug auf die Anschlussdichte rentabel betreiben. Sie liegen ausnahmslos über dem Richtwert von minimal 1 kW/m Trasse.

Wie gesehen bringt eine Energieeinsparung durch einen niedrigeren Wärmedämmstandard keine große Einsparung in den Investitionskosten. Unter der Sichtweise, dass es sich bei der Geothermie um „kostenlose Wärme“ handelt, ist die Frage zu klären, wie nötig es ist, die zukünftigen Wohngebäude nach einem niedrigen Wärmedämmstandard zu sanieren.

Bei der Wärmebereitstellung mittels Erdwärme fällt des Weiteren der Aspekt einer eventuellen Einsparung an Energie und Luftschadstoffen, insbesondere CO₂ (Treibhauseffekt) weg. Bei einer Wärmebereitstellung mittels Geothermie entstehen keine Schadstoffe und es kommen keine fossilen Energieträger zum Einsatz, außer für eventuelle Spitzenlastkessel.

7 Quelleverzeichnis

- [1] Ruchser, Matthias
Leitfaden für die Errichtung von Holzenergieanlagen
Vertrieb: Energetic Consulting, 2001
- [2] www.nahwaermeforum.de
Leitfaden Nahwärme
- [3] Recknagel Sprenger Schramek
Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik
67. Auflage, R. Oldenbourg Verlag München
- [4] Winkens, Hans Peter
Heizkraftwirtschaft und Fernwärmeversorgung
VWEW-Verlag Frankfurt/Main, 1999
- [5] Berens, Christine und Conrad, Ralph
**Diplomarbeit: Konzeptstudie einer Fernwärmeversorgung mit HHS-
Feuerung am Beispiel der Stadt Daun**
FH-Trier, 2002
- [6] Saarbergfernwärme (SFW) GmbH
**Kostenkatalog über die Erstellung von Fernwärmenetzen, Hausstationen
und andere Bauteilen**