

Projektleitung:
Prof. Dr. Peter Heck

Erstellt von:
Dipl.-Ing. (FH) Alexander Reis

In Zusammenarbeit mit:
Dipl.-Betriebswirt (FH) Thomas Anton

Abschlussbericht

Hachenburg



Machbarkeitsstudie für ein Nahwärmenetz auf Basis von erneuerbaren Energieträgern

Mit freundlicher Unterstützung des:



Rheinland-Pfalz
Ministerium für Umwelt, Forsten und
Verbraucherschutz

Birkenfeld, März 2007

Verantwortlich i. S. d. P. für den Inhalt sind die Autoren. Aus der Benutzung der Studie können gegenüber der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz keine Schadensersatzansprüche geltend gemacht werden. Die Forschungsanstalt ist bemüht, die Studien auf Wahrheit, Inhalte und Herkunft zu prüfen. Sie kann jedoch die Urdaten von Vor-Ort-Erhebungen, gegebenenfalls verwendete Algorithmen und Hintergrundinformationen ohne Quellenangaben nicht prüfen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Tabellenverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IV
1 Einführung	1
1.1 Ausgangslage	2
1.2 Methodik	3
2 Grundlagen und Ist-Zustand	4
2.1 Gebäude und Varianten	4
2.2 Anschlussleistungen	6
2.3 Heizzentrale	8
3 Nahwärmekonzept - Variantenbeschreibung	11
3.1 Variante 1	11
3.1.1 Gebäude und Anschlussleistung	11
3.1.2 Trassenführung und Dimensionierung der Rohrleitungen	12
3.1.3 Heizzentrale	15
3.1.4 Brennstofflager	17
3.2 Variante 2	19
3.2.1 Gebäude und Anschlussleistung	19
3.2.2 Trassenführung und Dimensionierung der Rohrleitungen	20
3.2.3 Heizzentrale Variante 2a	23
3.2.4 Brennstofflager Variante 2a	25
3.2.5 Heizzentrale Variante 2b	26
3.2.6 Brennstofflager Variante 2b	27
Variante 3	29
3.2.7 Gebäude und Anschlussleistung	29
3.2.8 Trassenführung und Dimensionierung der Rohrleitungen	30
3.2.9 Heizzentrale	33
3.2.10 Brennstofflager	35

4	Wirtschaftlichkeit	37
4.1	Übersicht der Investitionskostenabschätzungen der einzelnen Varianten..	37
4.2	Jährliche Kosten.....	39
4.2.1	Kapitalkosten.....	39
4.2.2	Betriebskosten	40
4.2.3	Brennstoffkosten	41
4.3	Förderoptionen.....	42
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	43
5.1	Wärmepreis.....	43
5.2	Kohlendioxid-Emissionsbilanz.....	44
5.3	Fazit	45
6	Literatur	47
7	Anhang.....	48
I.	Investitionskosten schätzung und jährliche Kosten	48
II.	Energiebedarfsabschätzung.....	51
III.	Auslegung Heizzentrale	53
IV.	Netzkosten.....	57

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Durchschnittlicher jährlicher Wärmeverbrauch und Anschlussleistungen.....	6
Tab. 2: Literaturwerte Jahresvollbenutzstunden nach Gebäudetypen	7
Tab. 3: Optimierte Anschlussleistung der Gebäude.....	8
Tab. 4: Wärmeverbrauch und Anschlussleistung (Variante 1).....	11
Tab. 5: Bestimmung des Endenergiebedarfes (Variante 1)	12
Tab. 6: Trassenlängen der Netzvariante 1.....	15
Tab. 7: Bestimmung der installierten Wärmeleistung der Heizzentrale (Variante 1) .	16
Tab. 8: Heizleistung Grund- und Spitzenlastversorgung Variante 1	16
Tab. 9: Brennstoffjahresbedarf Grund- und Spitzenlastversorgung Variante 1.....	17
Tab. 10: Wärmeverbrauch und Anschlussleistung (Variante 2a und 2b)	19
Tab. 11: Bestimmung des Endenergiebedarfes (Variante 2a)	20
Tab. 12: Bestimmung des Endenergiebedarfes (Variante 2b)	20
Tab. 13: Trassenlängen der Netzvariante 2.....	23
Tab. 14: Bestimmung der installierten Wärmeleistung der Heizzentrale (Var. 2a)....	24
Tab. 15: Heizleistung Grund- und Spitzenlastversorgung Variante 2a	24
Tab. 16: Brennstoffjahresbedarf Grund- und Spitzenlastversorgung Variante 2a....	25
Tab. 17: Bestimmung der installierten Wärmeleistung der Heizzentrale (Var. 2b)....	26
Tab. 18: Heizleistung Grund- und Spitzenlastversorgung Variante 2b	27
Tab. 19: Bestimmung der installierten Wärmeleistung der Heizzentrale (Var. 2b)....	27
Tab. 20: Wärmeverbrauch und Anschlussleistung (Variante 3).....	29
Tab. 21: Bestimmung des Endenergiebedarfes (Variante 3)	30
Tab. 22: Trassenlängen der Netzvariante 3.....	33
Tab. 23: Bestimmung der installierten Wärmeleistung der Heizzentrale (Var. 3).....	34
Tab. 24: Heizleistung Grund-, Spitzenlast Variante 1	34
Tab. 25: Brennstoffjahresbedarf Grund- und Spitzenlast Variante 3.....	35
Tab. 26: Investitionskostenabschätzung Variante 1.....	38
Tab. 27: Investitionskostenabschätzung Variante 2a.....	38
Tab. 28: Investitionskostenabschätzung Variante 2b.....	38
Tab. 29: Investitionskostenabschätzung Variante 3.....	39
Tab. 30: Annahme zu den Betriebskosten.....	41
Tab. 31: Wärmepreise der verschiedenen Szenarien.....	43
Tab. 32: Kohlendioxid-Emissionen Ist-Zustand und Varianten	45

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Aufteilung der Jahresdauerlinie in mehrere Grund- und	9
Abb. 2: Energiebereitstellung durch Biomasse bei einer Leistungsverteilung.....	10
Abb. 3: Möglicher Trassenverlauf Nahwärmevariante 1	14
Abb. 4: Beispielhafte Heizzentrale in Wörth (1.500 kW)	17
Abb. 5: Deckel der Brennstoffbunker (Heizzentrale in Wörth).....	18
Abb. 6: Möglicher Trassenverlauf Nahwärmevarianten 2a (grün) und 2b (rot)	22
Abb. 7: Beispielhafte Heizzentrale in Containerausführung	25
Abb. 8: Möglicher Trassenverlauf Nahwärmevariante 3	32

1 Einführung

In der im Herzen des Westerwaldes liegenden Verbandsgemeinde Hachenburg, die es seit dem Jahre 1972 gibt, leben zwischenzeitlich rund 26.000 Menschen. Ein ständiger Bevölkerungszuwachs ist zu verzeichnen.

Die Verbandsgemeindeverwaltung Hachenburg hat ihren Sitz im Mittelpunkt der Verbandsgemeinde, der mittelalterlichen Stadt Hachenburg. Das alte, historisch bedeutende Städtchen Hachenburg, in einer typischen Mittelgebirgslandschaft, umgeben von Laub- und Nadelwäldern liegt nur eine Autostunde von den Ballungszentren an Rhein, Ruhr und Main entfernt. Mittelpunkt der rund 6.000 Einwohner zählenden Stadt, die größtenteils ihren historischen Charakter bewahrt hat, sind das Schloss und der alte Markt mit seinen sehenswerten Fachwerkhäusern.

Mit drei Kindergärten (zwei konfessionelle und ein kommunaler), einem Kinderhort, verschiedenen Schulen und Ausbildungsstätten sowie dem Kreis Krankenhaus bietet Hachenburg eine für eine Stadt dieser Größe außergewöhnlich gute Versorgung. Hachenburgs Wirtschafts- und Erwerbsleben sind geprägt von Kleinindustrie, der Brauerei, der regionalen Verwaltung, von Handel und Fremdenverkehr. Einen bedeutenden Ruf hat Hachenburg als beliebte Einkaufsstadt.

Die Idee einer teilweise autarken Energieversorgung einer Kreisstadt auf Basis erneuerbarer Energien, unter anderem durch Stoffe, die in der direkten Umgebung anfallen ist neu. Dies ist in ländlichen Regionen durch den Einsatz von Biomasse in der Regel technisch machbar.

Nicht nur der direkte Gewinn aus dem Wärmeverkauf spricht für die Durchführung eines solchen Konzeptes, sondern vielmehr auch der Verbleib des Geldflusses in der Region. Durch die Nutzung einheimischer Hölzer und Energiepflanzen und die damit verbundene Verdrängung von Öl bzw. Erdgas wird ein regionaler Mehrwert geschaffen. Dieser dient der Stärkung der regionalen Wirtschaftskraft und der Erhaltung von Arbeitsplätzen vor allem in der Land- und Forstwirtschaft.

In der folgenden Studie wurden mehrere Varianten einer Nahwärmeversorgung untersucht. Diese Varianten ergeben sich zum Einen aus den unterschiedlichen Größen der zu versorgenden Gebiete und zum Anderen aus unterschiedlichen Brennstoffen, die zur Wärmeversorgung genutzt werden.

Diese Machbarkeitsstudie ersetzt keine detaillierte Anlagenkonzeption oder gar Planung. Sie gibt jedoch in einem ersten Schritt ökonomische und technische Hinweise für die Errichtung und den Betrieb von Nahwärmenetzen auf der Basis von regenerativen Energien.

1.1 Ausgangslage

Hachenburg besitzt mit seinen Kinder- und Jugendstätten, einer Vielzahl von Schulen und Fortbildungsstätten [zwei Grundschulen, eine Duale Oberschule, die Graf-Heinrich-Realschule, ein privates Gymnasium, eine Schule mit dem Förderschwerpunkt "Lernen und sozial-emotionale Entwicklung" (Burggartenschule), eine Schule mit dem Förderschwerpunkt "Sprache" (Schule Am Rothenberg), das Forstliche Bildungszentrum Rheinland-Pfalz, die Fachhochschule der Deutschen Bundesbank, eine Krankenpflegeschule und eine Volkshochschule] sowie einem Spaß- und Freizeitbad (Löwenbad) ein vielfältiges Angebot. Ein Großteil dieser Einrichtungen ist zentral im Stadtkern gelegen und die Energieverbrauchsstruktur (Wärmeabnahme) ist, aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsformen, sehr gleichmäßig über das Jahr verteilt. Daher bietet Hachenburg nahezu ideale Voraussetzungen für die Errichtung eines Biomasse basierten Nahwärmenetzes.

Zurzeit werden die Gebäude in Hachenburg fast ausschließlich auf der Basis von Öl- und Gasheizungen dezentral versorgt. Es gibt allerdings auch schon ein kleines Nahwärmenetz, welches die Duale Oberschule, das Jugendzentrum und die Rundsporthalle über eine gemeinsame Holzhackschnitzel-Heizung versorgt.

Zusätzlich, zu den oben benannten öffentlichen Gebäuden, werden in dieser Studie noch größere private Wohngebäude, nahe des möglichen Trassenverlaufs, auf einen wirtschaftlichen Anschluss an das Nahwärmenetz geprüft.

1.2 Methodik

Im Folgenden werden zunächst die verschiedenen Netzvarianten (Netzverlauf, Heizanlagentechnik) und die dazugehörigen technischen Aspekte beschrieben und konzeptioniert sowie auf ihre Umsetzbarkeit hin geprüft. Anschließend werden diese auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht. In einem letzten Schritt werden ein Ausblick sowie eine Handlungsempfehlung gegeben.

2 Grundlagen und Ist-Zustand

In diesem Kapitel wird die Auslegung und Konzeptionierung eines Biomasse basierten Nahwärmenetzes dargestellt. Es wird eine entsprechende optimierte Anschlussleistung der Gebäude ermittelt und auf die entsprechenden Energieträger (Holzhackschnitzel und Heizöl) bzw. die Heizanlagentechnik transferiert.

Auf die Betrachtung von umfangreichen Dämmmaßnahmen wird verzichtet, da dies nicht Teil des Auftrages ist. Es sei aber an dieser Stelle angemerkt, dass die Erneuerung einer Heizanlage ohne die gleichzeitige Realisierung einer energetischen Gebäudesanierung, entsprechenden den heutigen Gebäudedämmstandards, nicht als nachhaltige angesehen werden kann. Mit entsprechenden Dämmmaßnahmen kann der Heizenergiebedarf um bis zu 70% gesenkt werden. Dies kann eine langfristig wirtschaftliche Unterhaltung kommunaler Gebäude ermöglichen. Dämmmaßnahmen im Bereich der Fassaden bzw. Außendämmung sind jedoch nur wirtschaftlich sinnvoll, wenn eine Fassadesanierung ohnehin ansteht.

Einsparmaßnahmen sind immer als Gesamtpaket zu verstehen um den maximalen Nutzen zu realisieren. Mögliche Einsparmaßnahmen an Gebäuden lassen sich in folgende Kategorien gliedern:

- Gebäudehülle (Dämmung, Fenster etc.)
- Anlagentechnik (Heizung, Regelung, Beleuchtung etc.)
- Organisation (Nutzer-, Bedienerverhalten etc.)

So kann der hier vorliegende Bericht als erste Stufe in einem Energiekonzept den Bereich Anlagentechnik abdecken.

2.1 Gebäude und Varianten

Im Verlauf der Untersuchung wurden verschiedene Varianten auf ihre technische Machbarkeit und ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht. Nach Vorgesprächen und auf Wunsch der Stadt Hachenburg wurden folgende Gebäude auf eine Anschlussfähigkeit zur Nahwärmeversorgung geprüft:

- Duale Oberschule (DOS), Jugendzentrum, Rundsporthalle (1)
- Kinderhort (2)
- Spaß- und Freizeitbad „Löwenbad“ (3)
- Kinderhaus (4)
- Mittleres Mehrfamilienhaus, Gerberweg (5)
- Mittleres Mehrfamilienhaus, Lohmühlstraße (6)
- Graf-Heinrich-Realschule mit Sporthalle (7 + 8)
- Burggartenschule (9)
- Grundschule Hachenburg und Grundschulsport (10 + 11)
- Stadthalle Hachenburg und Nebengebäude Stadthalle (12 + 13)
- DRK Krankenhaus (14)
- Verwaltungsgebäude des Krankenhauses (15)
- Personalwohnheim des DRK Krankenhauses (16)
- Neubau Kurzzeitpflegeheim (17)

Es wurden folgende drei Netzvarianten konzeptioniert:

- Variante 1
Versorgung aller oben aufgeführten Gebäude (17) mit einem Wärmenetz (eine Heizzentrale). Dieses Wärmenetz wird mit *2 Haupttrassen* und einer Gesamttrassenlänge von ca. 3.100 m ausgeführt.
- Variante 2
Versorgung von 9 Gebäuden mit *2 Wärmenetzen*. Die Wärmenetze verfügen jeweils über eine Heizzentrale. Die Gesamttrassenlänge wird ca. 1.200 m betragen.
- Variante 3
Versorgung von 12 Gebäuden mit einem Wärmenetz (eine Heizzentrale). Dieses Wärmenetz wird mit *2 Haupttrassen* und einer Gesamttrassenlänge von ca. 2.300 m ausgeführt.

Eine genauere Beschreibung der einzelnen Varianten folgt im Kapitel 3.

Alle Varianten wurden auf den Einsatz einer Biomasseheizzentrale (Holzhackschnitzelheizungen) in Kombination mit einer Spitzenlast Ölkesselanlage geprüft. Zusätzlich wurde ein Vergleich der Nahwärmeversorgung anstatt auf Holz-Öl-Basis ausschließlich auf Heizöl basierend geprüft.

Daneben soll die Möglichkeit für die Einbindung der bestehenden Heizanlage der Dualen Oberschule (DOS) geprüft werden.

2.2 Anschlussleistungen

Als Grundlage für die Auslegung der Anschlussleistungen der Gebäude wurde aus den Wärmeverbrauchsdaten der Jahre 2001 - 2005 ein durchschnittlicher Jahreswärmeverbrauch berechnet. Dieser wurde in einen Wärmeverbrauch (kWh) umgerechnet und mit Hilfe von Kennzahlen bewertet.

Gebäude	Wärmeverbrauch Durchschnitt (kWh/a)	Kesselleistung (kW)	Ist- Vollbenutzstunden
Duale Oberschule, Jugendzentrum und Rundsporthalle über Nahwärmenetz	1.488.817	600	2.481
	114.772	400	287
Kinderhort	32.550	18	1.808
Schwimmbad (BHKW)	1.358.469	250	5.434
	1.441.363	400	1.802
		400	
Kinderhaus	135.310	55	2.460
Mehrfamilienwohnhaus, Gerberweg 42	123.247	105	1.174
Mehrfamilienwohnhaus, Lohmühlstr. 6	123.247	120	1.027
Graf-Heinrich-Realschule	353.250	230	1.536
Sporthallen an der Realschule	104.479	230	454
Burrgartenschule (Sonderschule L)	193.933	105	1.847
Grundschule Hachenburg und Grundschulsporthalle	237.716	130	1.829
	47.707	95	502
Stadthalle Hachenburg Nebengebäude Stadthalle	96.605	80	1.208
	83.050	80	1.038
DRK Krankenhaus (DRK)	2.571.436	1860	1.382
Verwaltung Krankenhaus	150.000	100	
Personalwohnheim Krankenhauses	1.395.286	930	1.500
Neubau Kurzzeitpflegeheim (DRK)	200.000	100	2.000
Gesamt	10.251.236	6.288	1.654

Tab. 1: Durchschnittlicher jährlicher Wärmeverbrauch und Anschlussleistungen im Gebäudebestand

Die Beurteilung der installierten Kesselleistungen erfolgte unter Einbeziehung der Vollbenutzungsstunden. Hierbei ist zu erwähnen, dass über die Vollbenutzungsstunden (= Quotient aus der Jahresenergie (kWh/a) und der maximalen Leistung (kW)). Diese sagen aus, wie viele Stunden man Energie im Jahr bezogen hätte, wenn man konstant die Maximalleistung abgenommen hätte) eine Aussage über die Dimensionierung der Heizanlage möglich ist. Ein zu hoher Wert (im Vergleich zu Literaturwer-

ten, siehe Tab. 2) deutet auf eine unterdimensionierte Heizanlage hin, während ein zu niedriger Wert auf eine überdimensionierte Heizanlage hinweist. Dies wurde bei der Dimensionierung der Anschlussleistungen für das Nahwärmenetz berücksichtigt.

Die sich aus den Heizverbräuchen und der installierten Leistung ergebenden Jahresvollbenutzstunden sind im Vergleich zu den in nachfolgender Tabelle angegebenen Literaturwerten sicherlich als zu niedrig zu beurteilen.

Gebäude	Vollbenutzstunden Heizung (h/a)
Wohngebäude mit Einzelofen (vor 1994)	1.550
Mehrfamilienhaus mit Sammelheizung (vor 1994)	2.100
Ein- und Zweifamilienhaus mit Sammelh. (vor 1994)	1.900
Schule einschichtig	1.018 - 1.370
Schule zweischichtig	1.130 - 1.510
Sporthallen einschichtig	1.018
Sporthallen zweischichtig	1.510
Hallenbäder (Heizung)	1.500 - 2.000
Hallenbäder (Lüftung und Wassererwärmung)	3.600
Gaststätten	1.100 - 1.250
Hotels	1.350 - 2.000
Kaufhallen und Supermärkte	1.500 - 1.900
Warenhäuser	2.000 - 3.000
Verwaltungsgebäude	1.500 - 2.400
Krankenhäuser	2.000 - 3.500
Senioren- und Kinderheime	2.200 - 2.500
Theater- und Kulturhäuser	1.000

Tab. 2: Literaturwerte Jahresvollbenutzstunden nach Gebäudetypen¹

Mit Hilfe der Literaturwerte sowie unter Zuhilfenahme von Erfahrungswerten wurden die Anschlussleistungen der einzelnen Gebäude optimiert.

¹ Kubessa, Michael; Energie Kennwerte (Handbuch für Beratung, Planung, Betrieb), Brandenburgische Energieeinspar-Agentur, Potsdam 1998, S. 20 ff.

Gebäude	Wärmeverbrauch Durchschnitt (kWh/a)	Ist - Kesselleistung (kW)	gewählte Anschluss- leistung (kW)
Duale Oberschule, Jugendzentrum und Rundsporthalle	1.488.817	600	1000
	114.772	400	
Kinderhort	32.550	18	20
Schwimmbad (BHKW) (Heisanlage)	1.358.469	250	700
	1.441.363	400	
		400	
Kinderhaus	135.310	55	70
Mehrfamilienwohnhaus, Gerberweg 42	123.247	105	85
Mehrfamilienwohnhaus, Lohmühlstr. 6	123.247	120	85
Graf-Heinrich-Realschule	353.250	230	235
Sporthallen an der Realschule	104.479	230	200
Burggartenschule (Sonderschule L)	193.933	105	120
Grundschule Hachenburg und Grundschulsporthalle	237.716	130	160
	47.707	95	80
Stadthalle Hachenburg Nebengebäude Stadthalle	96.605	80	80
	83.050	80	80
DRK Krankenhaus (DRK)	2.571.436	1860	1300
Verwaltung Krankenhaus	150.000	100	80
Personalwohnheim Krankenhauses	1.395.286	930	800
Neubau Kurzzeitpflegeheim (DRK)	200.000	100	100
Gesamt	8.892.767	6.038	5.195

Tab. 3: Optimierte Anschlussleistung der Gebäude

2.3 Heizzentrale

Die optimierte Anschlussleistung liegt der Variantenkonzeptionierung zugrunde. Sie ergibt sich wie bereits oben erwähnt aus einer optimierten Dimensionierung der Kesselleistung, dem Einsatz eines ausreichend großen Wärmespeichers sowie Optimierungsmaßnahmen im Bereich der Heizungsregelung.

Bei Biomasseheizanlagen mit einer Leistung größer als 100 kW bzw. bei Heizanlagen mit geforderter Versorgungssicherheit sollten Mehrkesselanlagen in Betracht gezogen werden. Dabei bietet sich eine Aufteilung in Grund- und Spritzenlastkessel an.

Je nach Grund- oder Spitzenlast ergeben sich bestimmte Energieträger bzw. Umwandlungstechniken. Beispielsweise ist eine Gas- oder Ölheizung zur Spitzenwärmeabdeckung sehr gut geeignet, da sie schnell verfügbar, gut regelbar und kostengünstig in Technik und Wartung ist. Die Grundlast kann bei größeren Wärmenetzen auch auf mehrere Module verteilt (siehe nachfolgende Darstellung) werden und wird

in der Regel durch Festbrennstoffe (Kohle) oder biogene Energieträger (Holz, Biogas oder Pflanzenöl) bereitgestellt.

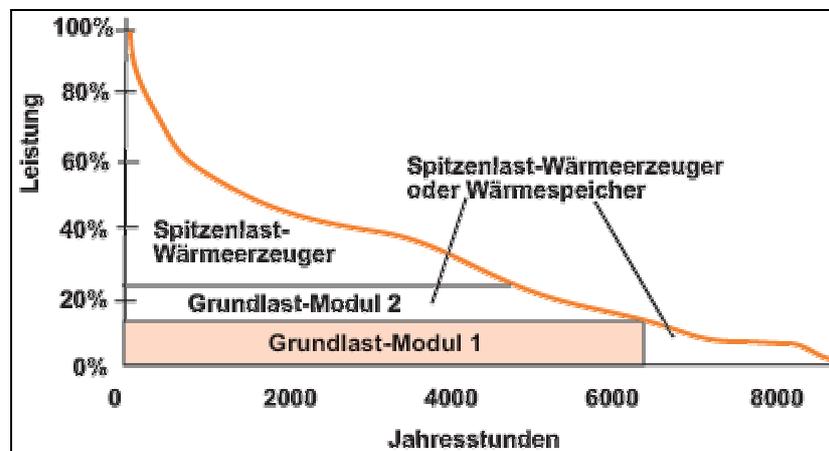


Abb. 1: Aufteilung der Jahresdauerlinie in mehrere Grund- und Spitzenlastmodule und / oder Wärmespeicher²

Einige Grundlast-Wärmeerzeuger, beispielsweise Biomasseanlagen, werden aus technischen bzw. wirtschaftlichen Gründen nur begrenzt im Teillastbereich eingesetzt, so dass der Spitzenlast-Wärmeerzeuger auch die Schwachlast übernehmen muss. Bei größeren Einheiten kann alternativ durch mehrmodulige Grundlastanlagen der Deckungsanteil erhöht und zusätzlich eine Redundanz aufgebaut werden (siehe obige Abbildung). Dies kann z. B. bei der Gestaltung von Reserveverträgen für den Strombezug hilfreich sein. Durch den Einsatz eines Wärmespeichers kann die Bedarfscharakteristik geglättet und so die Wärmeabgabe in der Grundlast erhöht werden. Die Speicherkapazität sollte dabei mindestens 50% der stündlichen Wärmeleistung (Grundlast) betragen, um so während der Schwachlastzeiten zumindest einen halbstündigen Dauerbetrieb zu gewährleisten.³ Weiterhin eröffnet ein Wärmespeicher bei Kraft-Wärme-Kopplungs-Systemen die Möglichkeit, die Anlage zeitweise stromgeführt zu betreiben und Spitzen im Reststrombezug zu minimieren. Zur Grundlastdeckung werden die kapitalintensiven Lösungen mit regenerativen Energien, Abwärmenutzung und KWK-Anwendung eingesetzt. Die Spitzenlast- und Reservevor-

² Eigene Darstellung in Anlehnung an. Dötsch, C./ Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, Leitfaden Nahwärme, S. 13 ff

³ Quelle: <http://www.nahwaerme-forum.de>

haltung übernimmt ein gas- oder ölgefeuerter Heizkessel. Für die ökologische Beurteilung ist die höhere Jahresarbeit in der Grundlast entscheidend, so dass eine Auslegung der regenerativen Energien auf die Grundlast in den meisten Fällen die effizientere und volkswirtschaftlich sinnvollere Maßnahme ist.⁴

So kann mit einer im großen bis mittleren Leistungsbereich zur Anwendung kommenden Leistungsverteilung von 40 / 60 zwischen Grund- und Spitzenlastwärmeerzeugung - im Idealfall eine Energieabdeckung mit erneuerbaren Energieträgern von bis zu 85% erreicht werden (siehe nachfolgende Abbildung).

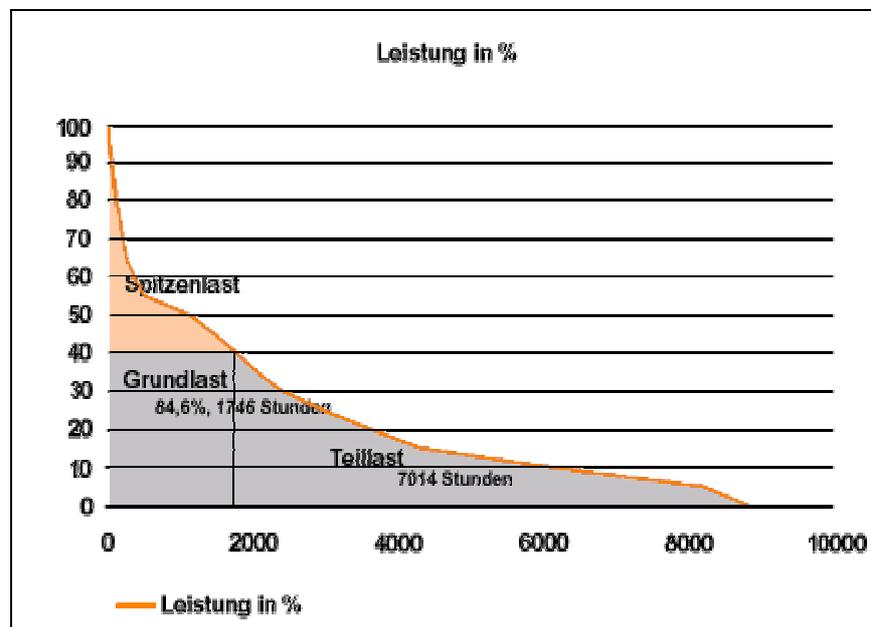


Abb. 2: Energiebereitstellung durch Biomasse bei einer Leistungsverteilung von Grund- zu Spitzenlastwärmeerzeugung von 40 / 60⁵

⁴ Vgl. Dötsch, C./ Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, Leitfaden Nahwärme, S. 13 ff

⁵ Quelle: <http://www.nahwaerme-forum.de>

3 Nahwärmekonzept - Variantenbeschreibung

In diesem Kapitel wird detailliert auf die einzelnen Netzvarianten, deren Anschlussleistungen, Trassenführungen und die daraus resultierenden Größen für die Berechnung der Wärmegestehungskosten (Kapitel 4) eingegangen.

3.1 Variante 1

Bei dieser Netzvariante sollen als Referenzvariante alle größeren Gebäude (Schulen, Schwimmbad und Krankenhaus), die sich in der Hachenburger Südstadt befinden an ein Wärmenetz angeschlossen werden.

3.1.1 Gebäude und Anschlussleistung

Daraus ergibt sich für eine Nahwärmeversorgung der 17 in nachfolgender Tabelle aufgeführten Gebäude der durchschnittlichem Wärmeverbrauch, die aktuell installierter Leistung sowie die optimierter Anschlussleistung wie folgt:

Gebäude	Wärmeverbrauch Durchschnitt (kWh/a)	Ist - Kesselleistung (kW)	gewählte Anschlussleistung (kW)
Duale Oberschule, Jugendzentrum und Rundsporthalle	1.488.817	600	1000
	114.772	400	
Kinderhort	32.550	18	20
Schwimmbad (BHKW) (Heisanlage)	1.358.469	250	700
	1.441.363	400	
		400	
Kinderhaus	135.310	55	70
Mehrfamilienwohnhaus, Gerberweg 42	123.247	105	85
Mehrfamilienwohnhaus, Lohmühlstr. 6	123.247	120	85
Graf-Heinrich-Realschule	353.250	230	235
Sporthallen an der Realschule	104.479	230	200
Burggartenschule (Sonderschule L)	193.933	105	120
Grundschule Hachenburg und Grundschulsporthalle	237.716	130	160
	47.707	95	80
Stadthalle Hachenburg Nebengebäude Stadthalle	96.605	80	80
	83.050	80	80
Total Strang 2	4.576.045	3.048	2.915
DRK Krankenhaus (DRK)	2.571.436	1860	1300
Verwaltung Krankenhaus	150.000	100	80
Personalwohnheim Krankenhauses	1.395.286	930	800
Neubau Kurzzeitpflegeheim (DRK)	200.000	100	100
Total Strang 1	4.316.722	2.990	2.280
Gesamt	8.892.767	6.038	5.195

Tab. 4: Wärmeverbrauch und Anschlussleistung (Variante 1)

Aus der optimierten Anschlussleistung und dem durchschnittlichen jährlichen Wärmeverbrauch der Gebäude lässt sich unter Berücksichtigung der aktuellen sowie der zukünftigen Kesselwirkungsgrade und der Trassenwärmeverluste der Endenergiebedarf für das Wärmenetz ermitteln.

Brennstoffbedarfsermittlung Variante 1			
Ist - Endenergieverbrauch		8.892.767	kWh/a
Ist - Kesselverlust	15%	1.333.915	kWh/a
Ist - Nutzenergieverbrauch		7.749.051	kWh/a
Verlust Hausübergabestationen	5%	387.453	kWh/a
Netzverlust	10%	813.650	kWh/a
Kesselverlust neu	10%	895.015	kWh/a
Endenergiebedarf (Brennstoff)		9.845.169	kWh/a

Tab. 5: Bestimmung des Endenergiebedarfes (Variante 1)

3.1.2 Trassenführung und Dimensionierung der Rohrleitungen

Bei der Trassenführung wurde auf möglichst kurze Trassen Wert gelegt, welche zusätzlich möglichst viel unbefestigte Fläche durchlaufen. Damit sollen die Investitionskosten so gering wie möglich gehalten werden.

Im Rahmen dieser Studie konnte die Verfügbarkeit (Eigentumsverhältnisse) der Grundstücke nicht geprüft werden. Dies sollte Teil einer nächsten detaillierten Machbarkeitsstudie sein.

Zur Erhöhung der Versorgungssicherheit der Gebäude und insbesondere des Krankenhauses (DRK Klinikum Westerwald) sollte das Wärmenetz mit 2 Versorgungstrassen ausgeführt werden. Eine Trasse zur Versorgung der Gebäude um das Krankenhaus. Diese Trasse soll im Einzelnen folgende Gebäude versorgen:

- DRK Krankenhaus
- Verwaltungsgebäude des Krankenhauses
- Personalwohnheim des DRK Krankenhauses
- Neubau Kurzzeitpflegeheim

An eine zweite Wärmetrasse sollen die restlichen Gebäude angeschlossen werden:

- Duale Oberschule (DOS)
- Kinderhort
- Kinderhaus
- Kleines Mehrfamilienwohnhaus (KMH), Gerberweg 42
- Kleines Mehrfamilienwohnhaus (KMH), Lohmühlstr. 6
- Spaß- und Freizeitbad „Löwenbad“
- Graf-Heinrich-Realschule mit Sporthalle
- Burggartenschule
- Grundschule Hachenburg und Grundschulsporthalle
- Stadthalle Hachenburg und Nebengebäude Stadthalle

In Abb. 3 sind die Hauptstränge des Nahwärmenetzes eingezeichnet. Dabei liegt folgende farbliche Kennzeichnung zu Grunde:

- **Rot:** Haupt- und Hausanschlussstrassen KRANKENHAUS (Strang 1)
- **Blau:** Hauptrasse STADTGEBIET (Strang 2)
- **Gelb:** Haupt- und Hausanschlussstrassen STADTGEBIET-Schulen (Strang 2)
- **Grün:** Haupt- und Hausanschlussstrassen STADTGEBIET-Schwimmbad (St. 2)

Weiterhin wurden alle wichtigen Daten der Haupt- und Versorgungsstrassen schwarz und die der entsprechenden Hausanschlüsse grau hinterlegt.

Der voraussichtliche Standort der Heizzentrale ist rot dargestellt.

Die farbigen Punkte mit den Buchstabenkennzeichnungen A-D stellen dabei konstruktive Veränderungen der Rohrdurchmesser der Haupttrassen dar.

Ein möglicher Trassenverlauf ist in nachfolgender Darstellung aufgezeigt.

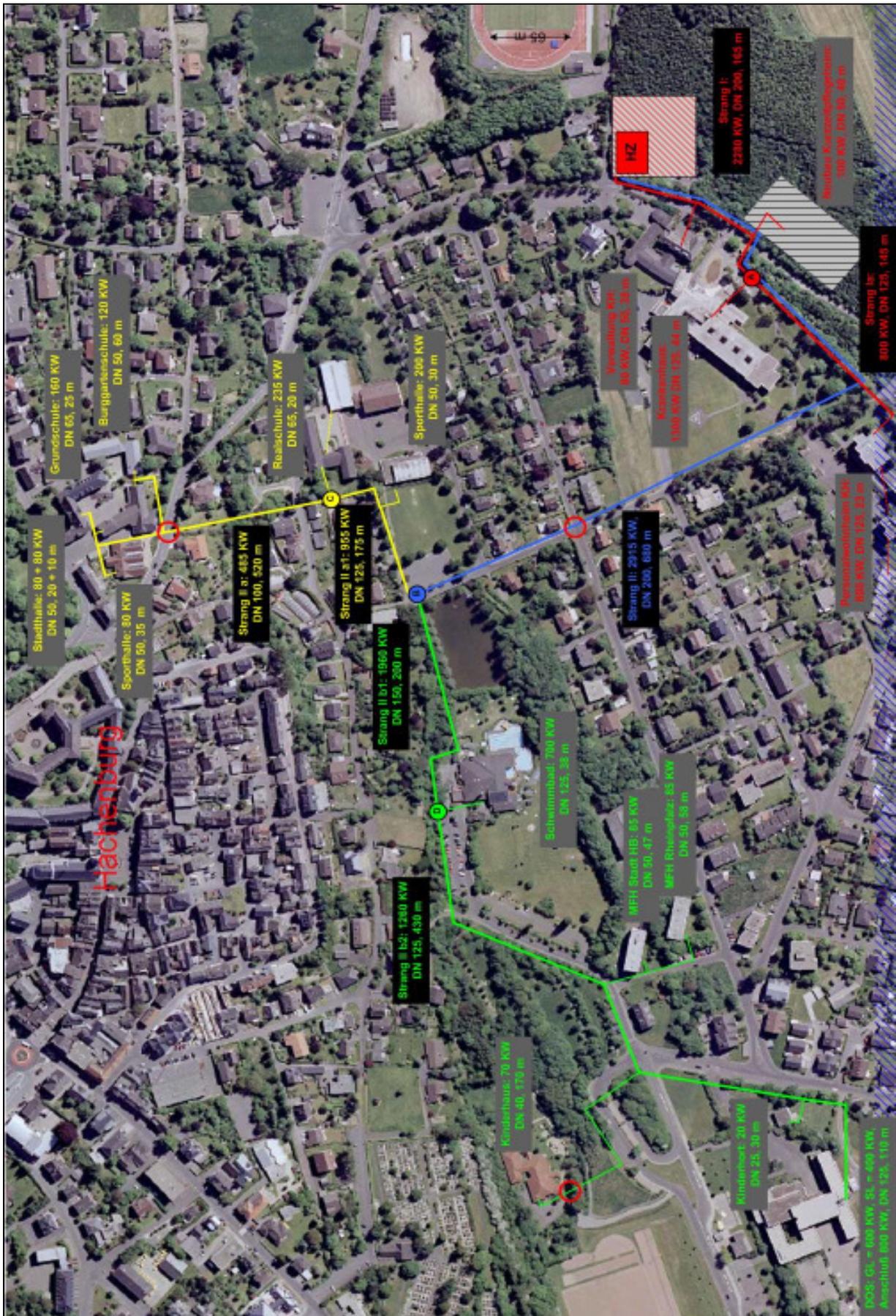


Abb. 3: Möglicher Trassenverlauf Nahwärmevariante 1

Die Rohrleitungen des Nahwärmenetzes müssen die gesamte benötigte Wärmemenge an die jeweiligen Verbraucher verteilen können. Dabei wurden Rohrleitungsdimensionen zwischen DN 25 oder DN 50 für den Anschluss von Wohngebäuden bzw. kleinen Schulgebäuden und Rohrleitungsdimensionen von bis zu DN 200 für die Haupttrassen (Transporttrassen) gewählt. Die einzelnen Rohrleitungsdimensionen sind auch Abb. 3 zu entnehmen.

Um die betrachteten Gebäude an die beiden Hauptstränge des Nahwärmenetzes anzubinden, wurden überschlägig zehn Meter Rohrlänge pro Gebäude angenommen. Als Rohrleitungen werden flexible Kunststoffmediumrohre (PEX) verbaut. Für die Haupttrassen wurde hingegen Stahlmediumrohre (KMR) vorgeschlagen. Aus den Berechnungen ergaben sich folgende Gesamtleitungslängen:

Trasse (Strang)	Trassenlänge (m)
Krankenhaus (Strang 1)	455
Schulen, Schwimmbad und DOS (Strang 2)	2.665
Gesamt	3.120

Tab. 6: Trassenlängen der Netzvariante 1

Die gesamte Leitungslänge in dieser Variante beträgt 3.120 Meter. Die Länge beinhaltet alle Leitungen von der Heizzentrale bis hin zu den Hausanschlüssen an die jeweiligen Gebäude.

3.1.3 Heizzentrale

Aus der optimierten Anschlussleistung und dem durchschnittlichen jährlichen Wärmeverbrauch lässt sich unter Berücksichtigung der aktuellen sowie der zukünftigen Kesselwirkungsgrade, den Trassenwärmeverlusten und des Gleichzeitigkeitsfaktors eine Heizleistung für die Heizzentrale ermitteln.

Kesselauslegung			
Ist - Nutzenergieverbrauch		7.749.051	kWh/a
Volbenutzungsstunden		1.500	h/a
Theoretische Leistung		5.166	kW
Verlust Netz	10%	517	kW
Nennwärmeleistung Netzkessel		5.683	kW
Gleichzeitigkeitsfaktor		0,90	
Installierte Wärmeleistung Heizzentrale		5.114	kW

Tab. 7: Bestimmung der installierten Wärmeleistung der Heizzentrale (Variante 1)

Daraus lässt sich wiederum mit einem angestrebten Verhältnis von Grundlast- zu Spitzenlastwärmeversorger (40% : 60%) die Heizleistung der einzelnen Wärmeherzeugungsanlagen der Heizzentrale bestimmen.

Gewählte Energieversorgung	Leistung (kW)	Leistungsanteil	Vollbenutzstunden (h/a)
Grundlast	2.300	45%	3.424
Spitzenlast	2.800	55%	703
Gesamt	5.100	100%	4.128

Tab. 8: Heizleistung Grund- und Spitzenlastversorgung Variante 1

Aus den oben erwähnten Grundlagen ergibt sich eine Kesselgesamtleistung von ca. 5.100 kW. Diese verteilt sich im Optimalfall zu 45% auf den Grund- und zu 55% auf die Spitzenlastversorger (Heizanlage). Daraus ergibt sich für die Grundlastversorgung eine Leistung von 2.300 kW und für die Spitzenlastversorgung eine Leistung von 2.800 kW.

Es ist vorgesehen, dass die Grund- und Spitzenlastkessel in einem eigens erbauten, massiven Gebäude untergebracht werden. Ebenfalls soll die Halle noch den Pufferspeicher, den Ausgleichsbehälter, die Pumpen für das Nahwärmenetz und den Schaltschrank für die elektronische Steuerung aufnehmen.

Auf dem Gelände ist zudem eine befahrbare Waage für die Anlieferung der Brennstoffe vorgesehen. Der Vorplatz der Heizzentrale wird geschottert, um auch bei schlechten Wetterbedingungen eine problemlose Anlieferung zu gewährleisten.



Abb. 4: Beispielhafte Heizzentrale in Wörth (1.500 kW)

3.1.4 Brennstofflager

Das Brennstofflager soll in unmittelbarer Nähe der Heizzentrale errichtet werden. Es muss den Brennstoffbedarf für den Grundlast- sowie für den SpitzenlastwärmeverSORGER bereitstellen können.

Brennstoffbedarfsermittlung Variante 1			
Endenergiebedarf (Brennstoff)		9.845.169	kWh/a
Brennstoffbedarf Biomasse	80%	7.876.135	kWh/a
Brennstoffbedarf Heizöl	20%	1.969.034	kWh/a
Hackschnitzzellagerbedarf		10.502	Sm ³ /a
Bedarf Heizöl		196.903	l/a

Tab. 9: Brennstoffjahresbedarf Grund- und Spitzenlastversorgung Variante 1

- Holzhackschnitzelbunker

Der Brennstoffbunker für die Holzhackschnitzel soll außerhalb der Heizzentrale, jedoch möglichst nahe an dem Holzhackschnitzel-Grundlastkessel, als Erdbunker ausgeführt werden. Der Brennstoffbunker ist mit Schubböden im Bunker und mit einer Kratzkettenaustragung vom Bunker zum Grundlastkessel ausgestattet. Bei einer installierten Leistung des Holzhackschnitzel-

Grundlastkessels von 2.300 kW und einer Vollastlaufzeit von 24 Stunden werden ca. 73 Schüttraummeter Holzhackschnitzel am Tag benötigt.⁶ Der geplante Erdbunker soll ein Volumen von ca. **370 m³** fassen. Damit ist eine Brennstoffversorgung von ca. 5 Tagen im Vollastbetrieb gewährleistet (Standard-Auslegung). Da die Holzhackschnitzel größtenteils aus umliegenden Wäldern der Gemeinde beschafft werden sollen und um die Lärmbelästigung für die Anwohner durch anliefernde Lastkraftwagen und Traktoren möglichst gering zu halten, sollte der Bunker mindestens in dieser Größe realisiert werden.



Abb. 5: Deckel der Brennstoffbunker (Heizzentrale in Wörth)

- Heizöltank

Der Öltank wird unterirdisch seitlich neben der Heizzentrale in ein Sandbett eingelagert. Die jährlich zur Spitzenlastabdeckung benötigte Menge beträgt 197.000 Liter. Um beim Ankauf von Heizöl flexibel zu sein und um auf Preisschwankungen besser reagieren zu können sollte der Erdtank eine Größe von min. 100 m³ aufweisen. Somit reicht eine Füllung nahezu ein halbes Jahr. Besser wäre eine Mehrmodullösung mit einer Größe von **200 m³** um Preisschwankungen noch besser ausgleichen zu können.

⁶ <http://www.biomasse-rlp.de/hib/> vom 03.11.2005

3.2 Variante 2

Diese Variante der Netzauslegung soll nur 9 Gebäude versorgen. Dabei wurden nur Gebäude betrachtet, die dicht beieinander liegen, einen großen Wärmeverbrauch sowie Anschlusswert haben und in Bezug auf Trassenlängen gut zu erschließen sind. Um die Trassenlängen zu verkürzen und die Heizanlage der Dualen Oberschule (DOS) mit zu integrieren wurde diese Variante als 2 Netzvariante ausgeführt, d.h. es gibt *zwei* unabhängige Wärmenetze mit *zwei* Heizzentralen.

Aus Gründen mangelnder Wärmeabnahme und relativ lange Wegstrecke der Wärmetrasse wurden teilweise Gebäude vom Anschluss an das Wärmenetz ausgeschlossen (Kinderhaus).

3.2.1 Gebäude und Anschlussleistung

Daraus ergibt sich für eine Nahwärmeversorgung der 9 in nachfolgender Tabelle aufgeführten Gebäude der durchschnittlichem Wärmeverbrauch, die aktuell installierter Leistung sowie die optimierter Anschlussleistung wie folgt:

Gebäude	Wärmeverbrauch Durchschnitt (kWh/a)	Ist - Kesselleistung (kW)	gewählte Anschlussleistung (kW)
Duale Oberschule, Jugendzentrum und Rundsporthalle über Nahwärmenetz	1.488.817	600	1000
	114.772	400	
Kinderhort	32.550	18	20
Schwimmbad (BHKW)	1.358.469	250	700
	1.441.363	400	
		400	
Mehrfamilienwohnhaus, Gerberweg 42	123.247	105	85
Mehrfamilienwohnhaus, Lohmühlstr.	123.247	120	85
Total 2a	3.291.446	2.293	1.890
DRK Krankenhaus (DRK)	2.571.436	1860	1300
Verwaltung Krankenhaus	150.000	100	80
Personalwohnheim Krankenhauses	1.395.286	930	800
Neubau Kurzzeitpflegeheim (DRK)	200.000	100	100
Total 2b	4.316.722	2.990	2.280
Gesamt	7.608.168	5.283	4.170

Tab. 10: Wärmeverbrauch und Anschlussleistung (Variante 2a und 2b)

Dabei ist der Bereich für das erste Wärmenetz (2a, DOS und Schwimmbad) hellgrün und der Bereich für das zweite Wärmenetz (2b, Krankenhaus) rot hervorgehoben.

Aus der optimierten Anschlussleistung und dem durchschnittlichen jährlichen Wärmeverbrauch der Gebäude lässt sich unter Berücksichtigung der aktuellen sowie der zukünftigen Kesselwirkungsgrade und der Trassenwärmeverluste der Endenergiebedarf für die beiden Wärmenetze ermitteln.

Brennstoffbedarfsermittlung Variante 2a			
Ist - Endenergieverbrauch		3.291.446	kWh/a
Ist Kesselverlust	15%	493.717	kWh/a
Ist - Nutzenergieverbrauch [kWh/a]		2.799.532	kWh/a
Verlust Hausübergabestationen	5%	139.977	kWh/a
Netzverlust	10%	293.951	kWh/a
Kesselverlust neu	10%	323.346	kWh/a
Endenergiebedarf (Brennstoff)		3.556.806	kWh/a

Tab. 11: Bestimmung des Endenergiebedarfes (Variante 2a)

Brennstoffbedarfsermittlung Variante 2b			
Ist - Endenergieverbrauch		4.316.722	kWh/a
Ist Kesselverlust	15%	647.508	kWh/a
Ist - Nutzenergieverbrauch [kWh/a]		3.743.500	kWh/a
Verlust Hausübergabestationen	5%	187.175	kWh/a
Netzverlust	10%	393.067	kWh/a
Kesselverlust neu	10%	432.374	kWh/a
Endenergiebedarf (Brennstoff)		4.756.116	kWh/a

Tab. 12: Bestimmung des Endenergiebedarfes (Variante 2b)

3.2.2 Trassenführung und Dimensionierung der Rohrleitungen

Bei der Trassenführung wurde auf möglichst kurze Trassen Wert gelegt, welche zusätzlich möglichst viel unbefestigte Fläche durchlaufen. Damit sollen die Investitionskosten so gering wie möglich gehalten werden.

Wie in Tab. 10 schon aufgeführt beinhalten die beiden Wärmenetze folgende Gebäude im Einzelnen:

- Wärmenetz 2a:
 - Duale Oberschule (DOS)
 - Kinderhort
 - Kleines Mehrfamilienwohnhaus (KMH), Gerberweg 42
 - Kleines Mehrfamilienwohnhaus (KMH), Lohmühlstr. 6
 - Spaß- und Freizeitbad „Löwenbad“

- Wärmenetz 2b
 - DRK Krankenhaus
 - Verwaltungsgebäude des Krankenhauses
 - Personalwohnheim des DRK Krankenhauses
 - Neubau Kurzzeitpflegeheim

In Abb. 6 sind die Trassen der Nahwärmenetze eingezeichnet. Dabei liegt folgende farbliche Kennzeichnung zu Grunde:

- **Rot:** Haupt- und Hausanschlussstrassen KRANKENHAUS (Netz 2b)
- **Grün:** Haupt- und Hausanschlussstrassen DOS-SCHWIMMBAD (Netz 2a)

Weiterhin wurden alle wichtigen Daten der Haupt- und Versorgungsstrassen schwarz und die der entsprechenden Hausanschlüsse grau hinterlegt.

Die voraussichtlichen Standorte der Heizzentralen sind rot dargestellt.

Die farbigen Punkte mit den Buchstabekennzeichnungen A und D stellen dabei Rohrdurchmesserhänderungen der Haupttrassen dar.

Ein möglicher Trassenverlauf ist in nachfolgender Darstellung aufgezeigt.

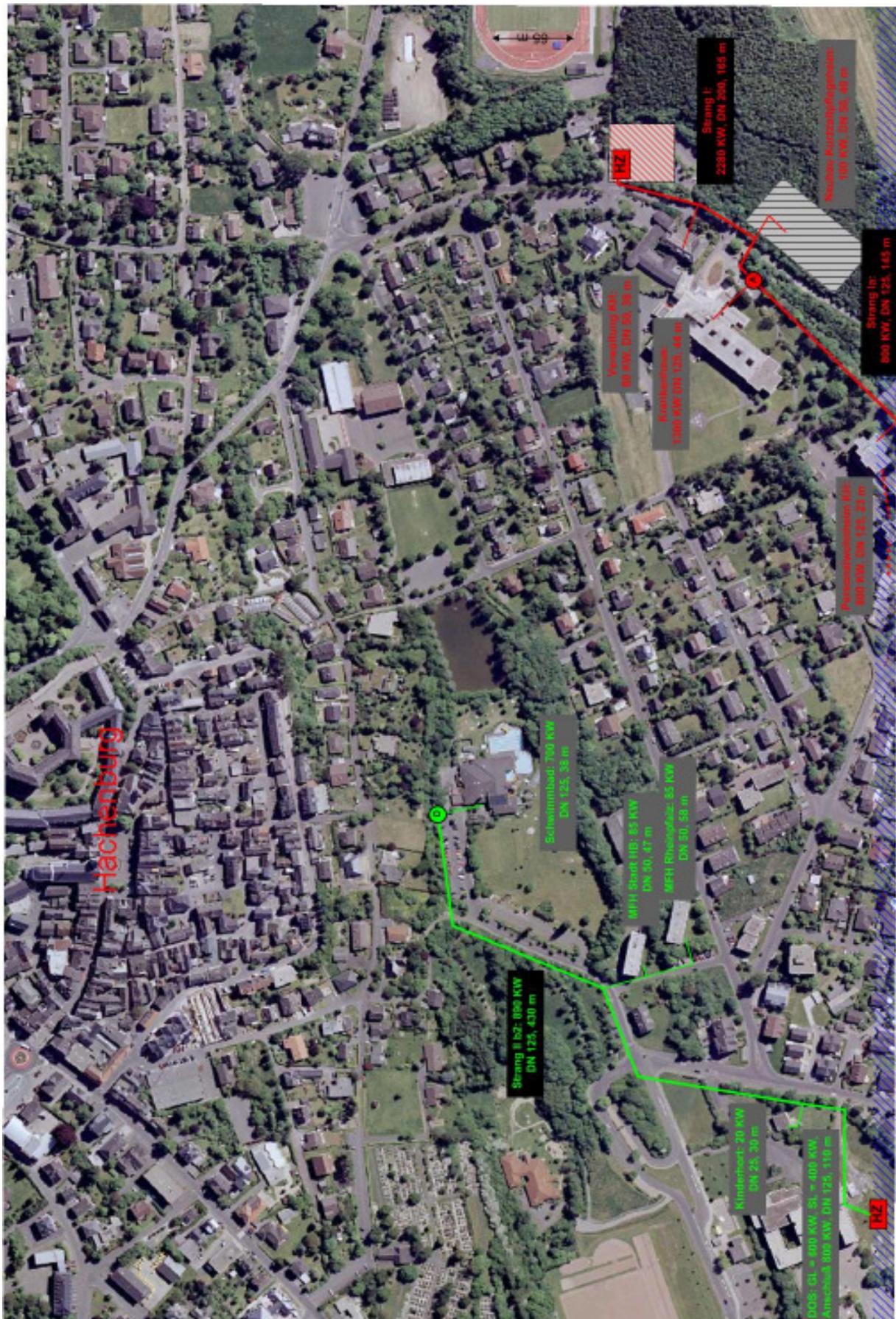


Abb. 6: Möglicher Trassenverlauf Nahwärmevarianten 2a (grün) und 2b (rot)

Die Rohrleitungen des Nahwärmenetzes müssen die gesamte benötigte Wärmemenge an die jeweiligen Verbraucher verteilen können. Dabei wurden Rohrleitungsdimensionen zwischen DN 25 oder DN 50 für den Anschluss von Wohngebäuden und Rohrleitungsdimensionen von bis zu DN 200 für die Haupttrassen (Transporttrassen) gewählt. Die einzelnen Rohrleitungsdimensionen sind auch Abb. 6 zu entnehmen.

Um die betrachteten Häuser an die beiden Nahwärmenetze anzubinden, wurden überschlägig zehn Meter Rohrlänge pro Haus angenommen. Als Rohrleitungen werden flexible Kunststoffmediumrohre (PEX) verbaut. Für die Haupttrassen wurde hingegen Stahlmediumrohre (KMR) vorgeschlagen. Aus den Berechnungen ergaben sich folgende Gesamtleitungslängen:

Netz	Trassenlänge (m)
DOS-Schwimmbad (Netz 2a)	745
Krankenhaus (Netz 2b)	455
Gesamt	1.200

Tab. 13: Trassenlängen der Netzvariante 2

Die gesamte Leitungslänge in dieser Variante beträgt 1.200 Meter. Die Länge beinhaltet alle Leitungen von der Heizzentrale bis hin zu den Hausanschlüssen an die jeweiligen Gebäude.

3.2.3 Heizzentrale Variante 2a

Aus der optimierten Anschlussleistung und dem durchschnittlichen jährlichen Wärmeverbrauch lässt sich unter Berücksichtigung der aktuellen sowie der zukünftigen Kesselwirkungsgrade, den Trassenwärmeverlusten und des Gleichzeitigkeitsfaktors eine Heizleistung für die Heizzentrale ermitteln.

Kesselauslegung			
Ist - Nutzenergieverbrauch		2.799.532	kWh/a
Volbenutzungsstunden		1.500	h/a
Theoretische Leistung		1.866	kW
Verlust Netz	10%	187	kW
Nennwärmeleistung Netzkessel		2.053	kW
Gleichzeitigkeitsfaktor		0,90	
Installierte Wärmeleistung Heizzentrale		1.848	kW

Tab. 14: Bestimmung der installierten Wärmeleistung der Heizzentrale (Variante 2a)

Daraus lässt sich wiederum mit einem angestrebten Verhältnis von Grundlast- zu Spitzenlastwärmeversorger (40% : 60%) die Heizleistung der einzelnen Wärmeherzeugungsanlagen der Heizzentrale bestimmen.

Gewählte Energieversorgung	Leistung (kW)	Leistungsanteil	Vollbenutzungsstunden (h/a)
Grundlast	800	44%	3.557
Spitzenlast	1.000	56%	711
Gesamt	1.800	100%	4.268

Tab. 15: Heizleistung Grund- und Spitzenlastversorgung Variante 2a

Aus den oben erwähnten Grundlagen ergibt sich eine Kesselgesamtleistung von ca. 1.800 kW. Diese verteilt sich im Optimalfall zu ca. 45% auf den Grund- und zu ca. 55% auf die Spitzenlastversorger (Heizanlage). Daraus ergibt sich für die Grundlastversorgung eine Leistung von 800 kW und für die Spitzenlastversorgung eine Leistung von 1.000 kW.

In einer weiterführenden Studie sollte geprüft werden in wie weit sich die bestehende Heizanlage der Dualen-Oberschule (DOS) in das Nahwärmekonzept einbinden lässt. In der DOS ist derzeit ein 600 kW Mowera Holzhackschnitzelkessel als Grundlastwärmeversorger (derzeit nur mit Holzpellets in Betrieb) in Kombination mit einem 400 kW Buderus Gaskessel als Spitzenlastwärmeversorger installiert.

Bei der aktuellen Planung ist die Integration der derzeitigen Heizzentrale nicht berücksichtigt. Legt man aber die in Tab. 15 ermittelten Werte für die Heizkessel zugrunde und vergleicht diese mit den Werten der bereits installierten Heizzentrale der DOS so wird klar das man unter günstigen Gegebenheiten nur noch 200 kW als Grundlastversorgung und etwa 600 kW als Spitzenlastversorgung zusätzlich installieren müsste. Dies könnte in einer kleinen externen Heizzentrale in der Nähe der DOS geschehen die als Containerbauweise ausgeführt werden könnte (siehe Abb. 7).



Abb. 7: Beispielhafte Heizzentrale in Containerausführung (rechts mit 120 m³ Brennstoffcontainer)⁷

3.2.4 Brennstofflager Variante 2a

Für die Brennstofflager der beiden Brennstoffe Holzhackschnitzel und Heizöl ist in der derzeitigen Kalkulation eine Lagerung direkt neben dem Heizanlagencontainer vorgesehen.

Brennstoffbedarfsermittlung Variante 2a			
Endenergiebedarf (Brennstoff)		3.556.806	kWh/a
Brennstoffbedarf Biomasse	80%	2.845.445	kWh/a
Brennstoffbedarf Heizöl	20%	711.361	kWh/a
Hackschnitzzellagerbedarf		3.794	Sm ³ /a
Bedarf Heizöl		71.136	l/a

Tab. 16: Brennstoffjahresbedarf Grund- und Spitzenlastversorgung Variante 2a

⁷ <http://www.energieagentur-lsa.de/downloads/Walbeck.pdf>, Schmid Holzfeuerungen

- **Holzhackschnitzelcontainer**
Der Hackschnitzelcontainer sollte Brennstoff für etwa 5 Tage bereitstellen können. Dafür müsste er etwa eine Größe von **130 m³** haben (siehe Abb. 7). Würden die Heizanlagen der DOS und die zusätzlich zu errichtende Heizanlage in Containerbauweise kombiniert werden und so nur ca. eine Leistung von 200 kW bereit gestellt werden so würde ein Hackschnitzelcontainer von ca. 30 sm für 5 Tage ausreichend sein.
- **Heizölerdtank**
Der Öltank könnte als freistehender oberirdischer Tank seitlich neben der Heizzentrale in ein Sandbett eingelagert werden. Die jährlich zur Spitzenlastabdeckung benötigte Menge beträgt ca. 70.000 Liter. Um beim Ankauf von Heizöl flexibel zu sein und um auf Preisschwankungen besser reagieren zu können werden Heizöltanks normalerweise auf eine Lagerkapazität von einem Jahr ausgelegt (**70 m³**). Dies könnte beispielsweise mit einer Mehrmodullösung verwirklicht werden.

3.2.5 Heizzentrale Variante 2b

Auch für die Variante 2b lässt sich aus der optimierten Anschlussleistung und dem durchschnittlichen jährlichen Wärmeverbrauch unter Berücksichtigung der aktuellen sowie der zukünftigen Kesselwirkungsgrade, den Trassenwärmeverluste und des Gleichzeitigkeitsfaktors eine Heizleistung für die Heizzentrale ermitteln.

Kesselauslegung			
Ist - Nutzenergieverbrauch		3.743.500 kWh/a	
Volbenutzungsstunden		1.600 h/a	
Theoretische Leistung		2.340 kW	
Verlust Netz	10%	234 kW	
Nennwärmeleistung Netzkessel		2.574 kW	
Gleichzeitigkeitsfaktor		0,90	
Installierte Wärmeleistung Heizzentrale		2.316 kW	

Tab. 17: Bestimmung der installierten Wärmeleistung der Heizzentrale (Variante 2b)

Daraus lässt sich wiederum mit einem angestrebten Verhältnis von Grundlast- zu Spitzenlastwärmeversorger (40% : 60%) die Heizleistung der einzelnen Wärmeerezeugungsanlagen der Heizzentrale bestimmen.

Gewählte Energieversorgung	Leistung (kW)	Leistungsanteil	Vollbenutzstunden (h/a)
Grundlast	900	41%	4.228
Spitzenlast	1.300	59%	732
Gesamt	2.200	100%	4.959

Tab. 18: Heizleistung Grund- und Spitzenlastversorgung Variante 2b

Aus den oben erwähnten Grundlagen ergibt sich eine Kesselgesamtleistung von ca. 2.200 kW. Diese Verteilt sich im Optimalfall zu 45% auf den Grund- und zu 55% auf die Spitzenlastversorger (Heizanlage). Daraus ergibt sich für die Grundlastversorgung eine Leistung von 900 kW und für die Spitzenlastversorgung eine Leistung von 1.100 kW.

Es ist vorgesehen, dass die Grund- und Spitzenlastkessel in einer abgeschlossenen Leichtbauhalle untergebracht werden. Ebenfalls soll die Halle noch den Pufferspeicher, den Ausgleichsbehälter, die Pumpen für das Nahwärmenetz und den Schaltschrank für die elektronische Steuerung aufnehmen.

3.2.6 Brennstofflager Variante 2b

Für die Brennstofflager der beiden Brennstoffe Holzhackschnitzel und Heizöl ist in der derzeitigen Kalkulation eine Lagerung direkt an dem Heizanlagencontainer vorgesehen.

Brennstoffbedarfsermittlung Variante 2b			
Endenergiebedarf (Brennstoff)		4.756.116	kWh/a
Brennstoffbedarf Biomasse	80%	3.804.893	kWh/a
Brennstoffbedarf Heizöl	20%	951.223	kWh/a
Hackschnitzellagerbedarf		5.073	Sm ³ /a
Bedarf Heizöl		95.122	l/a

Tab. 19: Bestimmung der installierten Wärmeleistung der Heizzentrale (Variante 2b)

- **Holzhackschnitzelbunker**

Der Brennstoffbunker für die Holzhackschnitzel soll außerhalb der Heizzentrale, jedoch möglichst nahe an dem Holzhackschnitzel-Grundlastkessel, als Erdbunker ausgeführt werden. Der Brennstoffbunker ist mit Schubböden im Bunker und mit einer Kratzkettenaustragung vom Bunker zum Grundlastkessel ausgestattet. Bei einer installierten Leistung von 900 kW des Holzhackschnitzel-Grundlastkessels und einer Vollastlaufzeit von 24 Stunden werden ca. 29 Schüttraummeter Holzhackschnitzel am Tag benötigt.⁸ Der geplante Erdbunker fasst ein Volumen von **145 m³**. Damit ist eine Brennstoffversorgung von ca. 5 Tagen gewährleistet (Standard-Auslegung).

- **Heizölerdtank**

Der Öltank wird unterirdisch seitlich neben der Heizzentrale in ein Sandbett eingelagert. Die jährlich zur Spitzenlastabdeckung benötigte Menge beträgt 95.000 Liter. Um beim Ankauf von Heizöl flexibel zu sein und um auf Preisschwankungen besser reagieren zu können sollte der Erdtank eine Größe von ca. **100 m³** aufweisen.

⁸ <http://www.biomasse-rlp.de/hib/> vom 03.11.2005

Variante 3

Bei dieser Netzvariante sollen nur 12 Gebäude, hauptsächlich Schulen in der Südstadt an das Nahwärmenetz angeschlossen werden. Durch die Trassenführung mit einer verkürzten Haupttrasse (siehe Abb. 8) im Bereich der Stadt und dem Verzicht auf den Anschluss der DOS wird eine erhebliche Reduzierung der Trassenlänge und damit der Investitionskosten erreicht. Das kleine Wärmesystem in der DOS mit den angeschlossenen Gebäuden Jugendzentrum und Rundsporthalle bleibt als eigenständiges System erhalten.

3.2.7 Gebäude und Anschlussleistung

Daraus ergibt sich für eine Nahwärmeversorgung von 12, in nachfolgender Tabelle aufgeführten Gebäude der durchschnittliche Wärmeverbrauch, die aktuell installierte Leistung sowie die optimierter Anschlussleistung wie folgt:

Gebäude	Wärmeverbrauch Durchschnitt (kWh/a)	Ist - Kesselleistung (kW)	gewählte Anschlussleistung (kW)
Schwimmbad (BHKW)	1.358.469	250	700
	1.441.363	400	
		400	
Graf-Heinrich-Realschule	353.250	230	235
Sporthallen an der Realschule	104.479	230	200
Burggartenschule (Sonderschule L)	193.933	105	120
Grundschule Hachenburg und Grundschulsporthalle	237.716	130	160
	47.707	95	80
Stadthalle Hachenburg Nebengebäude Stadthalle	96.605	80	80
	83.050	80	80
Total Strang 2	2.558.102	1.750	1.655
DRK Krankenhaus (DRK)	2.571.436	1860	1300
Verwaltung Krankenhaus	150.000	100	80
Personalwohnheim Krankenhauses	1.395.286	930	800
Neubau Kurzzeitpflegeheim (DRK)	200.000	100	100
Total Strang 1	4.316.722	2.990	2.280
Gesamt	6.874.824	4.740	3.935

Tab. 20: Wärmeverbrauch und Anschlussleistung (Variante 3)

Aus der optimierten Anschlussleistung und dem durchschnittlichen jährlichen Wärmeverbrauch der Gebäude lässt sich unter Berücksichtigung der aktuellen sowie der

zukünftigen Kesselwirkungsgrade und der Trassenwärmeverluste der Endenergiebedarf für das Wärmenetz ermitteln.

Brennstoffbedarfsermittlung Variante 3			
Ist - Endenergieverbrauch		7.552.462	kWh/a
Ist - Kesselverlust	15%	1.132.869	kWh/a
Ist - Nutzenergieverbrauch		6.306.793	kWh/a
Verlust Hausübergabestationen	5%	315.340	kWh/a
Netzverlust	10%	662.213	kWh/a
Kesselverlust neu	10%	728.435	kWh/a
Endenergiebedarf (Brennstoff)		8.012.780	kWh/a

Tab. 21: Bestimmung des Endenergiebedarfes (Variante 3)

3.2.8 Trassenführung und Dimensionierung der Rohrleitungen

Bei der Trassenführung wurde auf möglichst kurze Trassen Wert gelegt, welche zusätzlich möglichst viel unbefestigte Fläche durchlaufen. Damit sollen die Investitionskosten so gering wie möglich gehalten werden.

Zur Erhöhung der Versorgungssicherheit der Gebäude und insbesondere des Krankenhauses (DRK Klinikum Westerwald) sollte das Wärmenetz mit 2 Versorgungstrassen ausgeführt werden. Eine Trasse zur Versorgung der Gebäude um das Krankenhaus. Diese Trasse solle im Einzelnen folgende Gebäude versorgen:

- DRK Krankenhaus
- Verwaltungsgebäude des Krankenhauses
- Personalwohnheim des DRK Krankenhauses
- Neubau Kurzzeitpflegeheim

An eine zweite Wärmetrasse sollen die restlichen Gebäude angeschlossen werden:

- Spaß- und Freizeitbad „Löwenbad“
- Graf-Heinrich-Realschule mit Sporthalle
- Burggartenschule

- Grundschule Hachenburg und Grundschulsporthalle
- Stadthalle Hachenburg und Nebengebäude Stadthalle

In Abb. 8 sind die Hauptstränge des Nahwärmenetzes eingezeichnet. Dabei liegt folgende farbliche Kennzeichnung zu Grunde:

- **Rot:** Haupt- und Hausanschlussstrassen KRANKENHAUS (Strang 1)
- **Blau:** Hauptrasse STADTGEBIET (Strang 2)
- **Gelb:** Haupt- und Hausanschlussstrassen STADTGEBIET-Schulen (Strang 2)
- **Grün:** Haupt- und Hausanschlussstrassen STADTGEBIET-Schwimmbad (St. 2)

Weiterhin wurden alle wichtigen Daten der Haupt- und Versorgungstrassen schwarz und die der entsprechenden Hausanschlüsse grau hinterlegt.

Der voraussichtliche Standort der Heizzentrale ist rot dargestellt.

Die farbigen Punkte mit den Buchstabekennzeichnungen A-C stellen dabei Rohrdurchmesseränderungen der Haupttrassen dar.

Ein möglicher Trassenverlauf ist in nachfolgender Darstellung aufgezeigt.

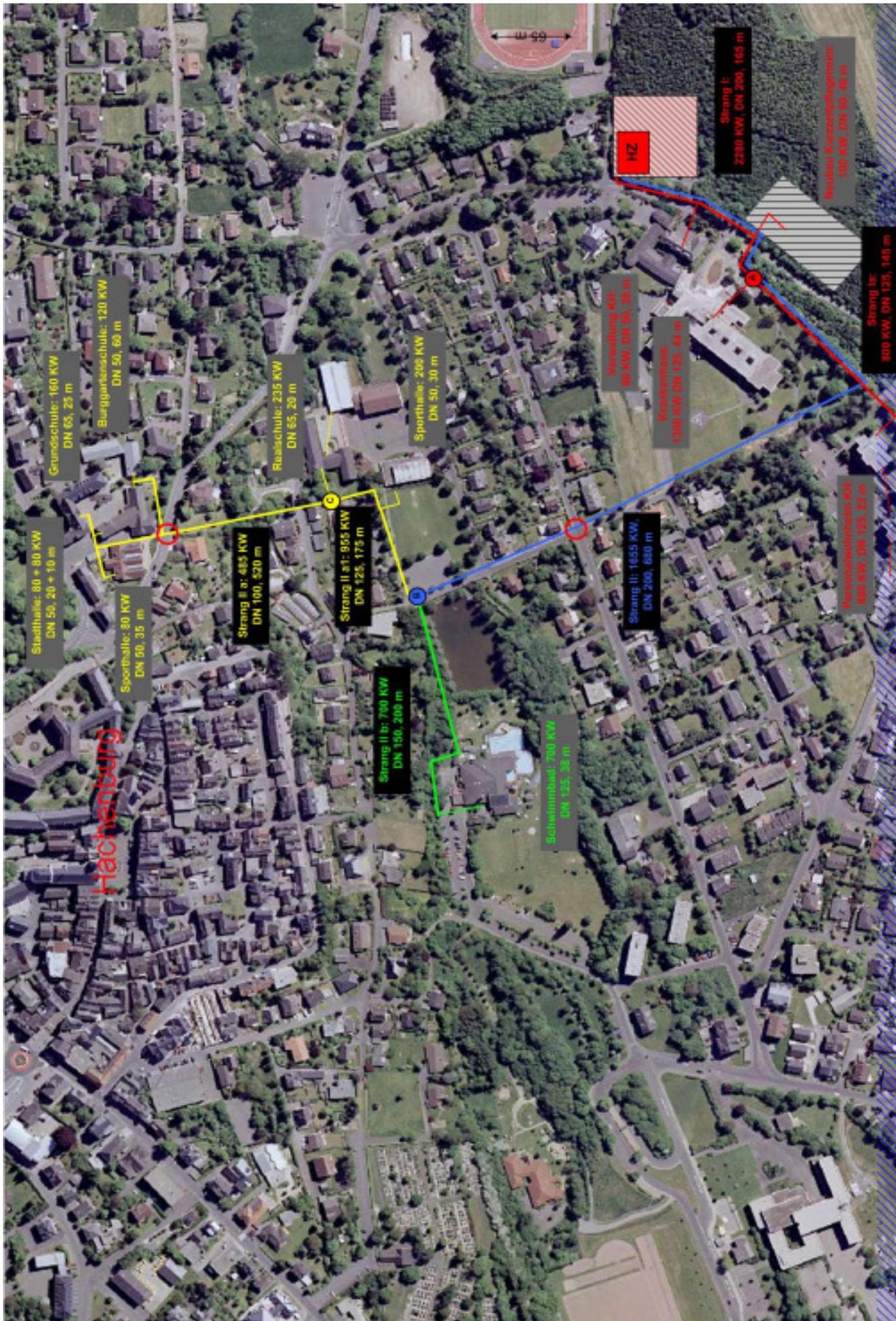


Abb. 8: Möglicher Trassenverlauf Nahwärmevariante 3

Die Rohrleitungen des Nahwärmenetzes müssen die gesamte benötigte Wärmemenge an die jeweiligen Verbraucher verteilen können. Dabei wurden Rohrleitungsdimensionen zwischen DN 25 oder DN 50 für den Anschluss von Wohngebäuden bzw. kleinen Schulgebäuden und Rohrleitungsdimensionen von bis zu DN 200 für die Haupttrassen (Transporttrassen) gewählt. Die einzelnen Rohrleitungsdimensionen sind auch Abb. 3 zu entnehmen.

Um die betrachteten Häuser an die beiden Hauptstränge des Nahwärmenetzes anzubinden, wurden überschlägig zehn Meter Rohrlänge pro Haus angenommen. Als Rohrleitungen werden flexible Kunststoffmediumrohre (PEX) verbaut. Für die Haupttrassen wurde hingegen Stahlmediumrohre (KMR) vorgeschlagen. Aus den Berechnungen ergaben sich folgende Gesamtleitungslängen:

Trasse (Strang)	Trassenlänge (m)
Krankenhaus (Strang 1)	455
Schulen und Schwimmbad (Strang 2)	1.815
Gesamt	2.270

Tab. 22: Trassenlängen der Netzvariante 3

Die gesamte Leitungslänge in dieser Variante beträgt 2.270 Meter. Die Länge beinhaltet alle Leitungen von der Heizzentrale bis hin zu den Hausanschlüssen an die jeweiligen Gebäude.

3.2.9 Heizzentrale

Aus der optimierten Anschlussleistung und dem durchschnittlichen jährlichen Wärmeverbrauch lässt sich unter Berücksichtigung der aktuellen sowie der zukünftigen Kesselwirkungsgrade, den Trassenwärmeverluste und des Gleichzeitigkeitsfaktors eine Heizleistung für die Heizzentrale ermitteln.

Kesselauslegung			
Ist - Nutzenergieverbrauch		6.306.793	kWh/a
Volbenutzungsstunden		1.500	h/a
Theoretische Leistung		4.205	kW
Verlust Netz	10%	420	kW
Nennwärmeleistung Netzessel		4.625	kW
Gleichzeitigkeitsfaktor		0,90	
Installierte Wärmeleistung Heizzentrale		4.162	kW

Tab. 23: Bestimmung der installierten Wärmeleistung der Heizzentrale (Variante 3)

Daraus lässt sich wiederum mit einem angestrebten Verhältnis von Grundlast- zu Spitzenlastwärmeversorger (40% : 60%) die Heizleistung der einzelnen Wärmeherzeugungsanlagen der Heizzentrale bestimmen.

Gewählte Energieversorgung	Leistung (kW)	Leistungsanteil	Vollbenutzstunden (h/a)
Grundlast	1.800	45%	3.561
Spitzenlast	2.200	55%	728
Gesamt	4.000	100%	4.290

Tab. 24: Heizleistung Grund-, Spitzenlast Variante 1

Aus den oben erwähnten Grundlagen ergibt sich eine Kesselgesamtleistung von ca. 4.000 kW. Diese Verteilt sich im Optimalfall zu 45% auf den Grund- und zu 55% auf die Spitzenlastversorger (Heizanlage). Daraus ergibt sich für die Grundlastversorgung eine Leistung von 1.800 kW und für die Spitzenlastversorgung eine Leistung von 2.200 kW.

Es ist vorgesehen, dass die Grund- und Spitzenlastkessel in einem eigens erbauten massiven Gebäude untergebracht werden. Ebenfalls soll die Halle noch den Pufferspeicher, den Ausgleichsbehälter, die Pumpen für das Nahwärmenetz und den Schaltschrank für die elektronische Steuerung aufnehmen.

Auf dem Gelände ist zudem eine befahrbare Waage für die Anlieferung der Brennstoffe vorgesehen. Der Vorplatz der Heizzentrale wird geschottert, um auch bei schlechten Wetterbedingungen eine problemlose Anlieferung zu gewährleisten.

3.2.10 Brennstofflager

Das Brennstofflager soll in unmittelbarer Nähe der Heizzentrale errichtet werden. Es muss den Brennstoffbedarf für den Grundlast- sowie für den SpitzenlastwärmeverSORGER bereitstellen können.

Brennstoffbedarfsermittlung Variante 3			
Endenergiebedarf (Brennstoff)		7.646.881	kWh/a
Brennstoffbedarf Biomasse	80%	6.117.505	kWh/a
Brennstoffbedarf Heizöl	20%	1.529.376	kWh/a
Hackschnitzellagerbedarf		8.157	Sm ³ /a
Bedarf Heizöl		152.938	l/a

Tab. 25: Brennstoffjahresbedarf Grund- und Spitzenlast Variante 3

- **Holz hackschnitzelbunker**

Der Brennstoffbunker für die Holz hackschnitzel soll außerhalb der Heizzentrale, jedoch möglichst nahe an dem Holz hackschnitzel-Grundlastkessel, als Erdbunker ausgeführt werden. Der Brennstoffbunker ist mit Schubböden im Bunker und mit einer Kratzkettenaustragung vom Bunker zum Grundlastkessel ausgestattet. Bei einer installierten Leistung von 1.800 kW des Holz hackschnitzel-Grundlastkessels und einer Vollastlaufzeit von 24 Stunden werden ca. 58 Schüttraummeter Holz hackschnitzel am Tag benötigt.⁹ Der geplante Erdbunker fasst ein Volumen von ca. **290 m³**. Damit ist eine Brennstoffversorgung von ca. 5 Tagen im Vollastbetrieb gewährleistet (Standard-Auslegung).

- **Heizölerdtank**

Der Öltank wird unterirdisch seitlich neben der Heizzentrale in ein Sandbett eingelagert. Die jährlich zur Spitzenlastabdeckung benötigte Menge beträgt 160.000 Liter. Um beim Ankauf von Heizöl flexibel zu sein und um auf Preis-

⁹ <http://www.biomasse-rlp.de/hib/> vom 03.11.2006

schwankungen besser reagieren zu können sollte der Erdtank eine Größe von min. 100 m³ aufweisen. Somit reicht eine Füllung nahezu ein halbes Jahr. Besser wäre eine Mehrmodullösung mit einer Größe von **160 m³** um Preisschwankungen noch besser ausgleichen zu können.

4 Wirtschaftlichkeit

In diesem Kapitel werden die berechneten Wirtschaftlichkeiten der einzelnen Varianten dargestellt. Für die Berechnung einer Wirtschaftlichkeit müssen viele Faktoren berücksichtigt werden. Einige Preise sind starken Marktschwankungen unterworfen (Brennstoffe) andere Preise beziehen sich auf Konkrete Angebote (Heizanlagen).

Alle in diesem Kapitel berechneten Preise und Werte sind zunächst als Nettopreise zu verstehen. Es wurde eine Gesamtwirtschaftlichkeitsbetrachtung angestellt. Zusätzlich können einzelne Faktoren aus Betreiber- und aus Verbrauchersicht unterschiedlich dargestellt werden. Die detaillierten Wirtschaftlichkeiten der einzelnen Varianten befinden sich im Anhang dieses Dokuments.

Um die verschiedenen Varianten vergleichen zu können wurde jeweils der Wärmepreis berechnet. Dieser bezieht sich auf alle Investitionskosten sowie die laufenden Kosten, die durch die Anlagenerrichtung und deren Betrieb entstehen. Der Wärmepreis drückt aus, zu welchem Preis die produzierte Wärme verkauft werden muss, um die betrachteten Kosten zu decken.

Zunächst wurden die Investitionskosten der Anlagen sowie aller dazugehörigen Komponenten ermittelt.

Schließlich sind die laufenden Kosten anhand von Richtwerten ermittelt worden. Die Summe der jährlichen Kosten bezogen auf den jährlichen Nutzenergieverbrauch ergab schließlich den Wärmepreis.

4.1 Übersicht der Investitionskostenabschätzungen der einzelnen Varianten

Nachfolgend sind die Investitionskostenabschätzungen der einzelnen Variante aufgeführt. Die Investitionskostenabschätzungen beruhen auf Berechnungen mit Kennzahlen sowie Erfahrungswerten aus der Praxis für die Grund- und Spitzenlastkessel so-

wie die Heizanlagentechnik und die Wärmenetze. Die Investitionskosten sind hier als Nettokosten aufgeführt.

Detailliertere Angaben finden sich im Anhang.

Variante 1: Holzhackschnitzel		
	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions- kosten
HHS-Anlage 2300 kW	20	681.220,33 €
Ölkessel 2800 kW	20	214.002,16 €
Heizzentrale	20	458.521,63 €
Wärmenetz	35	1.234.641,22 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	93.600,00 €
Planungskosten	20	348.658,09 €
Gesamt		3.030.643,44 €

Tab. 26: Investitionskostenabschätzung Variante 1

Variante 2a: Holzhackschnitzel Netz DOS		
	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions- kosten
HHS-Anlage 800 kW	20	143.673,24 €
Container mit Peripherie	20	48.000,00 €
Ölkessel 1000 kW	20	109.934,06 €
Heizzentrale	20	262.859,99 €
Wärmenetz	35	271.682,00 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	32.000,00 €
Planungskosten	20	112.859,41 €
Gesamt		981.008,70 €

Tab. 27: Investitionskostenabschätzung Variante 2a

Variante 2b: Holzhackschnitzel Netz Krankenhaus		
	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions- kosten
HHS-Anlage 1000 kW	20	230.366,37 €
Ölkessel 1300 kW	20	139.471,84 €
Heizzentrale	20	286.642,69 €
Wärmenetz	35	169.365,00 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	28.200,00 €
Planungskosten	20	111.025,97 €
Gesamt		965.071,87 €

Tab. 28: Investitionskostenabschätzung Variante 2b

Daraus ergeben sich für die Varianten 2a und 2b zusammen Investitionskosten in Höhe von ca. 1.950.000 €.

Variante 3: Holzhackschnitzel		
	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions- kosten
HHS-Anlage 1800 kW	20	592.181,29 €
Ölkessel 2200 kW	20	177.075,08 €
Heizzentrale	20	412.751,62 €
Wärmenetz	35	926.746,36 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	73.100,00 €
Planungskosten	20	283.641,07 €
Gesamt		2.465.495,42 €

Tab. 29: Investitionskostenabschätzung Variante 3

4.2 Jährliche Kosten

Die jährlichen Kosten wurden zunächst als Nettokosten berechnet. Sie wurden aufgeteilt in die Bereiche Kapital-, Verbrauchs-, Betriebs- und sonstige Kosten. Unter die Verbrauchskosten fallen diejenigen Kosten, welche durch den ermittelten Energiebedarf der anzuschließenden Gebäude entstehen. Es wurde davon ausgegangen, dass die Anlagen zur Abdeckung der Grundlast 80% des Endenergiebedarfes beisteuern und die restlichen 20% durch die Ölspitzenlastkessel erzeugt werden.

Die weiteren Kosten, wie unter anderem Betriebsstromkosten, Wartung und Instandhaltung, Verwaltung und Versicherung wurden anhand von Richtwerten ermittelt.¹⁰

4.2.1 Kapitalkosten

Mit Hilfe der Annuitätenmethode wurden die Investitionskosten auf den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren aufgeteilt, so dass sie als jährliche Kosten berücksichtigt werden können. Zwar ist die Nutzungsdauer einiger Komponenten (z.B. Wärmenetz) länger, jedoch ist die gängige maximale Kreditlaufzeit für solche Projekte maximal 20 Jahre. Die Berechnungsformel hierzu lautet:

¹⁰ Richtwerte aus: Holzenergie für Kommunen - Ein Leitfaden für Initiatoren, S. 132 ff.; und aus: Leitfaden Bioenergie - Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen, S. 204 ff.

$$a = i * \frac{(1+i)^t}{((1+i)^t - 1)}$$

mit: i = realer Zinssatz

t = Betrachtungsdauer

Durch diese Berechnung werden die Investitionskosten, mit der Verzinsung durch aufzunehmende Kredite, berücksichtigt. Es wurde mit einem im Kommunalbereich üblichen Zinssatz von 4% kalkuliert.

Das Kreditprogramm „Programm zur Förderung Erneuerbarer Energien“¹¹ der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) ist derzeit noch nicht verlängert worden. Über das Programm wären alle Bestandteile einer Anlage zur Wärmeerzeugung aus Biomasse förderfähig (z. B. Biomassekessel). Als Zinssatz wäre dann ca. 3,7% möglich.

4.2.2 Betriebskosten

Für die Kalkulation der Betriebskosten wurden nachfolgende Werte angesetzt, die sich aus Literaturwerten zusammensetzten.

Betriebskosten: Wartung und Instandhaltung		
Anlage / Bauteil / Einheit	Kosten bezogen auf ...	Einzelwert
Holzessel zur Wärmeerzeugung	Investitionskosten der Holzessel	2,5 - 3,0%
Öl-Spitzenlastessel	Investitionskosten der Öl-Spitzenlastessel	2,0%
Nahwärmenetz	Investitionskosten des Wärmenetzes	1,0%
Hausübergabeanschlüsse	Investitionskosten der Hausanschlüsse	3,0%
Heizungsverteilung	Investitionskosten der Heizungsverteilung	2,0%
Heizzentrale (Gebäude)	Investitionskosten des Heizraumes	1,0%

¹¹ siehe: www.kfw-foerderbank.de

Abgasmessung für Holzhackschnitzel (4 BimSchV, Festhofffeuerung > 1 MW)	Pauschal	3.000,00 €
Kaminfeger für Ölfeuerung (4 BimSchV, Flüssigbrennstoffe < 20 MW)	Pauschal	300,00 €

Tab. 30: Annahme zu den Betriebskosten¹²

4.2.3 Brennstoffkosten

Bei den Brennstoffpreisen liegen nachfolgende Annahmen zugrunde. In diesem Zusammenhang ist anzumerken das die Brennstoffpreise starken Schwankungen unterliegen und so nur als Anhaltswerte dienen können. Die hier angegebenen Preise beziehen sich alle auf Preiserhebungen in der Zeit zwischen November und Dezember 2006.

Holzhackschnitzel: Es wird mit einem Preis von ca. 25 €/ Srm incl. 7% MwSt. gerechnet. Dieser Preis stellt eine realistische Annahme aus der Erfahrung des IfaS dar. Dies entspricht bei einem Heizwert von 0,75 MWh/Srm einem Energiepreis von **33 €/MWh**.

Quelle: IfaS, Dipl.-Forstwirt B. Wern

Heizöl: Für Heizöl in der Region Pfalz wurde für eine Abnahmemenge von min. 3.000 Liter folgender Tagespreis ermittelt: 55 €/100Liter incl. MwSt. Daraus ergibt sich ein Energiepreis von **55 €/MWh**

Quelle: <http://www.tecson.de/pheizoel.htm>

Um die aus den unterschiedlichen Investitions- und Betriebskosten der verschiedenen Wärmenetzvarianten resultierenden Wärmekosten vergleichbar zu machen wurden die Kosten der jeweiligen Wärmenetzvariante auf den einzelnen Hausanschluss berechnet.

Weitere Tabellen zur Darstellung der Investitionskosten befinden sich im Anhang.

¹² Quelle: Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Nahwärme, Ratgeber zur Planung und Errichtung von Nahwärmenetzen, Juni 2006, S. 48

4.3 Förderoptionen

Für die Umsetzung von Projekten mit Einsatz von regenerativen Energien bzw. zur Einsparung von Primärenergie können verschiedene nachfolgende aufgeführte Förderoptionen des Bundes in Betracht kommen:

- KfW-Programm Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien

Leider besteht in diesem Programm seit Januar 2007 ein vorläufiger Antragsstop aufgrund ausgeschöpfter Fördermittel. Es ist aber davon auszugehen, dass das Programm fortgeführt wird.

Gefördert wurden in diesem Programm unter anderem die Errichtung automatisch beschickter Anlagen mit Leistungs- und Feuerungsregelung sowie automatischer Zündung zur Verfeuerung fester Biomasse mit einer Nennwärmeleistung von mehr als 100 kW, sofern bestimmte Emissionswerte eingehalten werden. Weitere Informationen im Internet unter: http://www.kfw-foerderbank.de/DE_Home/Umweltschutz/Erneuerbar17/index.jsp.

- KfW-Umweltprogramm

Das KfW-Umweltprogramm fördert Investitionen in den Umweltschutz unabhängig von der Größe des Unternehmens. Bedingung ist, dass die Investitionen zur Verbesserung der Umweltsituation beitragen (unter anderem werden gefördert: Energieeinsparung und rationelle Energieverwendung sowie Nutzung erneuerbarer Energien).

Weitere Informationen im Internet unter:

http://www.kfw-foerderbank.de/DE_Home/Umweltschutz/KfW-Umwelt44/index.jsp.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Der Bau eines Nahwärmenetzes mit einer holzhackschnitzelbetriebenen Heizzentrale macht zum jetzigen Zeitpunkt ökonomisch aber auch ökologisch Sinn. Die zu erwartende Entwicklung der Rahmenbedingungen sowohl politisch (Handlungsbedarf aufgrund der Klimaerwärmung), als auch marktwirtschaftlich (steigender Ölpreis) begründet wird die ökonomische Situation voraussichtlich noch verbessern.

5.1 Wärmepreis

Um eine Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Varianten zu vereinfachen ist im Allgemeinen der Wärmepreis von entscheidender Bedeutung. Der Wärmepreis gibt Auskunft darüber, zu welchem Preis die produzierte Wärme erzeugt werden kann. Zur Berechnung des Wärmepreises werden die in Kapitel 4.2 berechneten jährlichen Kosten durch den Nutzenergieverbrauch geteilt, so dass der Wärmepreis in €/MWh bzw. €Ct/kWh dargestellt werden kann.

Die detaillierten Berechnungen zu den hier gezeigten Ergebnissen befinden sich im Anhang.

		Wärmepreis netto (€Ct / kWh)	Wärmepreis brutto (€Ct / kWh)
Variante 1	(HHS-Öl)	8,26	9,82
Variante 2a	(HHS-Öl)	8,04	9,56
Variante 2b	(HHS-Öl)	7,16	8,52
Variante 2 Gesamt	(HHS-Öl)	7,54	8,97
Variante 3	(HHS-Öl)	8,44	10,04
Variante 1	(Öl)	9,57	11,38
Variante 2a	(Öl)	9,14	10,86
Variante 2b	(Öl)	8,65	10,29
Variante 2 Gesamt	(Öl)	8,86	10,54
Variante 3	(Öl)	9,57	11,38

Tab. 31: Wärmepreise der verschiedenen Szenarien

Zusammenfassend ergeben sich folgende Punkte:

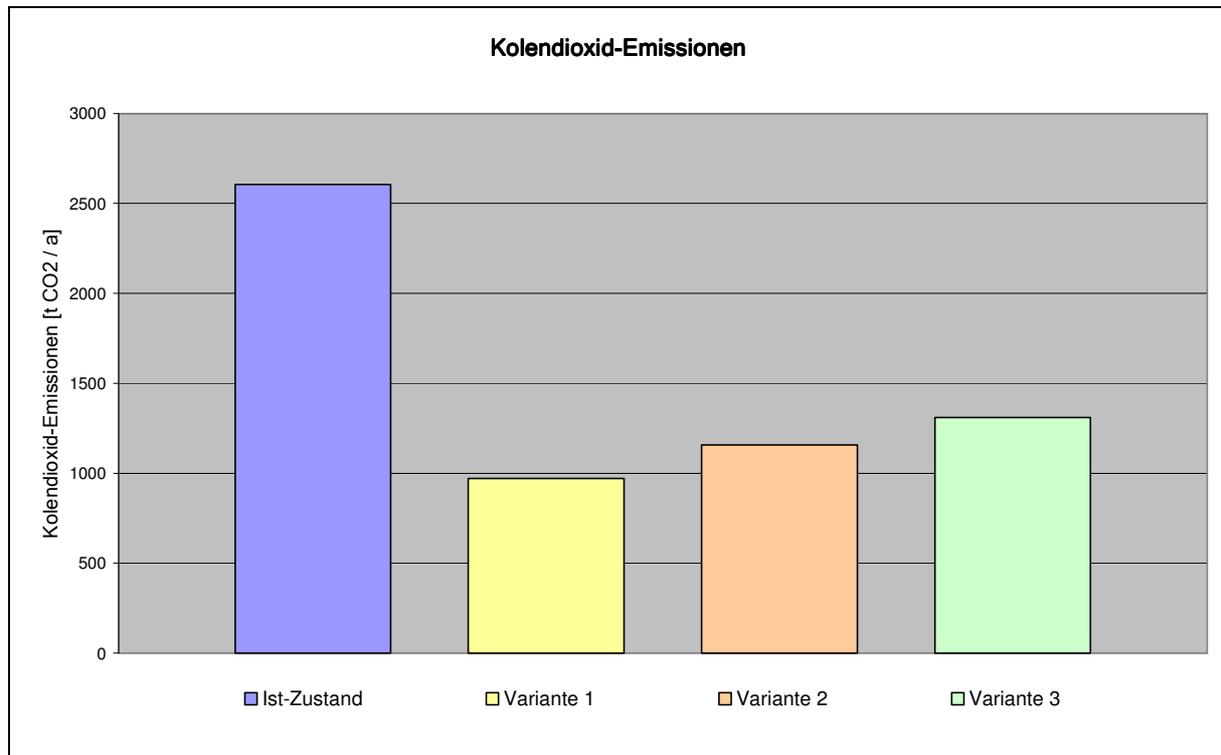
- Die berechneten Wärmegestehungspreise (HHS-Öl) sind mit durchschnittlich ca. 7,1 - 8,4 €Ct/kWh marktfähig (ohne Gewinn, Förderung und Mehrwertsteuer), wenn man als Vergleichswert für den *Wärmelieferpreis* folgende Werte heranzieht:
 - für fossilbefeuerte Nahwärmenetze ca. 8 -10 €Ct/kWh
 - für ölbefeuerte privaten Wohngebäuden mindestens 10 €Ct/kWh
 - mittlere private und öffentliche Wohngebäude mindestens 8 €Ct/kWh
- Es ergibt sich das sich die Varianten mit kombinierter Holzhackschnitzel / Öl-Versorgung günstiger als die reinen Öl-Varianten darstellen. Dabei zeigt sich ein um ca. 1,1 - 1,5 €Ct/kWh günstiger (\varnothing 1,27 €Ct/kWh).
- Speziell die Varianten mit kombinierter Holzhackschnitzel / Öl-Versorgung stellen nach Ansicht des IfaS unter ökonomischen, ökologischen und regionalen Gesichtspunkten die besten Möglichkeiten dar.
- Als günstigste Variante konnte die Variante 2 identifiziert werden. Mit einem durchschnittlichen Wärmepreis von 7,54 €Ct/kWh (netto) ist diese Variante um ca. 0,7 - 0,9 €Ct/kWh als die Varianten 1 und 3.
Laut Aussagen der VG-Hachenburg ist dabei die Variante 2a (8,04 €Ct/kWh) aus planerischer Sicht am schnellsten umsetzbar.
- Bei allen Varianten muss die Integrationsmöglichkeit der bestehenden Heizzentrale DOS in ein erweitertes Nahwärmesystem detailliert geprüfte werden.

5.2 Kohlendioxid-Emissionsbilanz

Die ökologische Bewertung der Varianten erfolgt anhand der Kohlendioxid-Emissionen.

Um die spezifischen CO₂-Emissionen der Varianten sowie dem Ist-Zustand vergleichen zu können wird nach GEMIS bezogen auf den unteren Heizwert des eingesetzten Brennstoffes der jährliche Kohlendioxid-Ausstoß berechnet.

Für Erdgas beträgt die spezifische CO₂-Emission 254,1 g CO₂/kWh_{HU}, und für Heizöl 317,7 g CO₂/kWh_{HU}.



Tab. 32: Kohlendioxid-Emissionen Ist-Zustand und Varianten

Durch die Umsetzung dieses Projektes kann der CO₂-Ausstoß um bis zu 60% bzw. ca. 1.600 t/a (Variante 1) gegenüber dem heutigen Ausstoß reduziert werden.

5.3 Fazit

Mit der Nutzung regenerativer Energieträger ist immer auch eine Steigerung des regionalen Mehrwertes verbunden. Zunächst können bei den notwendigen Bauarbeiten und den späteren Wartungs- und Servicearbeiten ortsansässige Firmen beauftragt werden. Weiterhin wird der Brennstoff ebenfalls in der Region erzeugt. Beides führt dazu, dass Geld, welches bei der Nutzung fossiler Brennstoffe größtenteils in Öl- oder Erdgasexportierende Länder gelangt, in der Region bleibt. Dies erhöht somit die Kaufkraft in der Region und stärkt dadurch die regionale Wirtschaft. Ebenfalls werden Arbeitsplätze gesichert, die zur Bereitstellung des Brennstoffes notwendig sind.

Daher empfiehlt das IfaS möglichst schnell in die Umsetzung zu gehen. In Zusammenarbeit mit der VG-Hachenburg zeichnete sich hier die Variante 2a als die günstigste ab.

Langfristig gesehen lohnt sich aus unserer Sicht die Nutzung regenerativer Energieträger in jedem Fall. Aus den bereits genannten Gründen birgt sie zunächst, gegenüber der Nutzung fossiler Energieträger, ein wirtschaftliches Potential für die Region. Weiterhin nimmt die Gemeinde ein nicht zu unterschätzende Vorreiter- und Vorbildfunktion ein.

6 Literatur

Dötsch, Cristian: *Leitfaden Nahwärmenetz*. UMSICHT-Schriftreihe Band 6 : Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, 1998

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: *Leitfaden Bioenergie, Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen* : Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Gülzow : 2000

Gesellschaft für rationelle Energieverwendung e.V.: *Energieeinsparung im Gebäudebestand - Bauliche und anlagentechnische Lösungen*, Ausgabe I, Heidelberg: Energie-Verlag GmbH, 2002

Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz: *Nahwärme : Ratgeber zur Planung und Errichtung von Nahwärmenetzen*, Wiesbaden: Juni 2006

Holzabsatzfonds (Anstalt des öffentlichen Rechts):
Holzenergie für Kommunen - Ein Leitfaden für Initiatoren
3. überarbeitete Auflage: Bonn, 2003

Kubessa, Michael: *Energiekennwerte - Handbuch für Beratung, Planung, Betrieb*. Zukunftsagentur Brandenburg GmbH, Potsdam (Hrsg.) 1998

Internetquellen

www.biomasse-rlp.de

www.energieagentur-lsa.de

www.kfw-foerderbank.de

www.nahwaerme-forum.de

7 Anhang

I. Investitionskostenschätzung und jährliche Kosten

Variante 1, Gesamtes Netz mit HHS-HW				Holzhackschnitzel									
Variante 1: Holzackschnitzel				Variante 1: Verbrauchskosten				Variante 1: Betriebskosten				Variante 1a: Jahreskosten	
	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr		Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchs-kosten pro Jahr		% des Invest	Betriebskosten pro Jahr		Jahreskosten	640.247,76 €
HHS-Anlage 2300 kW	20	681.220,33 €	50.125,38 €	Brennstoffpreis Holzackschnitzel	33,33 €	7.876	262.537,85 €	HHS-Heizkessel	2,5%	17.030,51 €	spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0826	
Ölkessel 2800 kW	20	214.002,16 €	15.746,65 €	Brennstoffpreis Öl	55,00 €	1.969	108.296,85 €	Spitzenlastkessel	2,0%	4.280,04 €	spez. Jahreskosten (€/kWh)	8,26	
Heizzentrale	20	498.521,63 €	33.739,82 €	Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	9.845	2.362,84 €	Gebäude	1,0%	4.595,22 €			
Wärmenetz	35	1.234.641,22 €	90.847,06 €	Gesamt			373.197,55 €	Wärmenetz	1,0%	12.346,41 €			
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	93.600,00 €	6.887,25 €					Hausanschlüsse	3,0%	2.808,00 €			
Planungskosten	20	348.658,08 €	25.654,87 €					Abgasmessung	pauschal	3.000,00 €			
Gesamt		3.090.643,44 €	223.808,05 €					Gesamt		44.050,18 €			
Variante 2, 2 kleine Netze mit HHS-HW				Holzackschnitzel									
Variante 2a: Holzackschnitzel Netz DOS				Variante 2a: Verbrauchskosten				Variante 2a: Betriebskosten				Variante 2a: Jahreskosten	
	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr		Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchs-kosten pro Jahr		% des Invest	Betriebskosten pro Jahr		Jahreskosten	225.215,52 €
HHS-Anlage 800 kW	20	143.673,24 €	10.571,73 €	Brennstoffpreis Holzackschnitzel	33,33 €	2.845	94.848,16 €	HHS-Heizkessel	2,5%	3.591,83 €	spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0804	
Container mit Peripherie	20	48.000,00 €	3.531,92 €	Brennstoffpreis Öl	55,00 €	711	39.124,85 €	Spitzenlastkessel	2,0%	7.455,88 €	spez. Jahreskosten (€/kWh)	8,84	
Ölkessel 1000 kW	20	109.934,06 €	8.089,14 €	Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	3.557	853,83 €	Gebäude	1,0%	490,00 €			
Heizzentrale	20	262.859,99 €	19.341,70 €	Gesamt			134.806,85 €	Wärmenetz	1,0%	2.716,82 €			
Wärmenetz	35	271.882,00 €	19.990,84 €					Hausanschlüsse	3,0%	960,00 €	Variante 2: Jahreskosten		
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	32.000,00 €	2.364,82 €					Abgasmessung	pauschal	3.000,00 €	Jahreskosten	493.095,39 €	
Planungskosten	20	112.859,41 €	8.304,39 €					Gesamt		18.204,53 €	spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0754	
Gesamt		961.008,70 €	72.184,34 €					Gesamt		16.204,53 €	spez. Jahreskosten (€/kWh)	7,54	
Variante 2b: Holzackschnitzel Netz Krankenhaus				Variante 2b: Verbrauchskosten				Variante 2b: Betriebskosten				Variante 2b: Jahreskosten	
	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr		Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchs-kosten pro Jahr		% des Invest	Betriebskosten pro Jahr		Jahreskosten	267.679,87 €
HHS-Anlage 1000 kW	20	230.366,37 €	16.960,76 €	Brennstoffpreis Holzackschnitzel	33,33 €	3.805	126.829,77 €	HHS-Heizkessel	2,5%	5.134,16 €	spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0716	
Ölkessel 1300 kW	20	139.471,84 €	10.262,58 €	Brennstoffpreis Öl	55,00 €	961	52.317,28 €	Spitzenlastkessel	2,0%	2.789,44 €	spez. Jahreskosten (€/kWh)	7,16	
Heizzentrale	20	286.642,69 €	21.081,67 €	Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	4.795	1.141,47 €	Gebäude	1,0%	3.116,43 €			
Wärmenetz	35	189.365,00 €	12.462,17 €	Gesamt			180.289,52 €	Wärmenetz	1,0%	1.693,65 €			
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	28.200,00 €	2.075,01 €					Hausanschlüsse	3,0%	846,00 €			
Planungskosten	20	111.025,92 €	8.189,49 €					Abgasmessung	pauschal	3.000,00 €			
Gesamt		965.071,82 €	71.811,68 €					Gesamt		16.579,67 €			

Variante 3, kleines Netz mit HHS-HW				Holzhackschnitzel												
Variante 3: Holzackschnitzel				Variante 1: Verbrauchskosten				Variante 1: Betriebskosten				Variante 1a: Jahreskosten				
	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr		Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr		% des Invest	Betriebskosten pro Jahr		Jahreskosten	908.217,25 €	Jahreskosten	908.217,25 €	
HHS-Anlage 1800 kW	20	592.181,29 €	43.573,74 €	Brennstoffpreis Holzackschnitzel	33,33 €	6.118	203.916,83 €	HHS-Heizkessel	2,5%	14.804,53 €	spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0844	spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0844	spez. Jahreskosten (€/kWh)	0,44
Ölkessel 2200 kW	20	177.075,08 €	13.029,49 €	Brennstoffpreis Öl	55,00 €	1.529	84.115,89 €	Spitzenlastkessel	2,0%	3.541,50 €						
Heizzentrale	20	412.751,62 €	30.370,99 €	Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	7.647	1.895,25 €	Gebäude	1,0%	4.127,52 €						
Wärmenetz	35	906.746,36 €	68.191,62 €	Gesamt			289.867,77 €	Wärmenetz	1,0%	9.267,48 €						
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	73.100,00 €	5.378,83 €					Hausanschlüsse	3,0%	2.193,00 €						
Planungskosten	20	283.641,07 €	20.870,81 €					Abgasmessung	pauschal	3.000,00 €						
Gesamt		2.465.495,42 €	181.415,47 €					Gesamt		36.934,01 €						
Variante 1, Gesamtes Netz mit Öl				Variante 1, Gesamtes Netz mit Öl				Variante 1, Gesamtes Netz mit Öl				Variante 1, Gesamtes Netz mit Öl				
Variante 1: Ölheizwerk				Variante 1: Verbrauchskosten				Variante 1: Betriebskosten				Variante 1a: Jahreskosten				
	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr		Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr		% des Invest	Betriebskosten pro Jahr		Jahreskosten	741.689,40 €	Jahreskosten	741.689,40 €	
Ölkessel 5100 kW	20	495.622,97 €	36.488,81 €	Brennstoffpreis Öl	55,00 €	9.845	541.484,31 €	Spitzenlastkessel	2,0%	9.912,46 €	spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0957	spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0957	spez. Jahreskosten (€/kWh)	0,57
Heizzentrale	20	223.886,89 €	16.459,27 €	Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	9.845	2.362,84 €	Gebäude	1,0%	2.236,87 €						
Wärmenetz	35	1.234.641,22 €	90.847,05 €	Gesamt			543.847,15 €	Wärmenetz	1,0%	12.346,41 €						
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	93.800,00 €	6.887,25 €					Hausanschlüsse	3,0%	2.808,00 €						
Planungskosten	20	286.161,64 €	19.586,11 €					Schornsteinfeger	pauschal	300,00 €						
Gesamt		2.313.732,73 €	170.248,50 €					Gesamt		27.803,74 €						
Variante 2, 2 kleine Netze mit Öl				Variante 2, 2 kleine Netze mit Öl				Variante 2, 2 kleine Netze mit Öl				Variante 2, 2 kleine Netze mit Öl				
Variante 2a: Ölkessel				Variante 2a: Verbrauchskosten				Variante 2a: Betriebskosten				Variante 2a: Jahreskosten				
	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr		Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr		% des Invest	Betriebskosten pro Jahr		Jahreskosten	255.907,05 €	Jahreskosten	255.907,05 €	
Ölkessel 1800 kW	20	206.229,12 €	15.174,70 €	Brennstoffpreis Öl	55,00 €	3.557	195.624,32 €	Spitzenlastkessel	2,0%	4.124,58 €	spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,09	spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,09	spez. Jahreskosten (€/kWh)	0,14
Heizzentrale	20	95.868,73 €	7.054,19 €	Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	3.557	863,83 €	Gebäude	1,0%	958,69 €						
Wärmenetz	35	271.862,00 €	19.990,84 €	Gesamt			196.477,95 €	Wärmenetz	1,0%	2.716,82 €						
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	32.000,00 €	2.364,82 €					Hausanschlüsse	3,0%	960,00 €						
Planungskosten	20	78.751,38 €	5.794,66 €					Schornsteinfeger	pauschal	300,00 €						
Gesamt		684.531,23 €	50.369,01 €					Gesamt		9.050,09 €						
Variante 2b: Ölkessel				Variante 2b: Verbrauchskosten				Variante 2b: Betriebskosten				Variante 2b: Jahreskosten				
	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr		Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr		% des Invest	Betriebskosten pro Jahr		Jahreskosten	323.940,45 €	Jahreskosten	323.940,45 €	
Ölkessel 2300 kW	20	285.857,73 €	21.034,65 €	Brennstoffpreis Öl	55,00 €	4.756	261.585,40 €	Spitzenlastkessel	2,0%	5.717,35 €	spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,09	spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,09	spez. Jahreskosten (€/kWh)	0,65
Heizzentrale	20	133.760,32 €	9.842,32 €	Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	4.756	1.141,47 €	Gebäude	1,0%	1.337,60 €						
Wärmenetz	35	189.365,00 €	12.462,17 €	Gesamt			262.727,87 €	Wärmenetz	1,0%	1.893,65 €						
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	26.200,00 €	2.075,01 €					Hausanschlüsse	3,0%	846,00 €						
Planungskosten	20	80.235,10 €	5.903,84 €					Schornsteinfeger	pauschal	300,00 €						
Gesamt		687.428,15 €	51.317,98 €					Gesamt		9.834,61 €						

Variante 3, Kleines Netz mit Öl				Variante 3, Kleines Netz mit Öl				Variante 3: Jahreskosten		
Variante 3: Ölheizwerk				Variante 3: Verbrauchskosten				Variante 3: Betriebskosten		
	Nutzungsdauer in Jahre	Investitionskosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr		Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchs-kosten pro Jahr		Betriebskosten pro Jahr	
Ölkessel 4000 kW	20	403.278,66 €	29.673,95 €	Brennstoffpreis Öl	55,00 €	7.647	420.578,45 €	Spitzenlastkessel	2,0%	8.065,57 €
Heizzentrale	20	182.183,59 €	13.405,39 €	Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	7.647	1.835,25 €	Gebäude	1,0%	1.821,84 €
Wärmenetz	35	505.746,36 €	68.191,62 €	Gesamt			422.413,70 €	Wärmenetz	1,0%	9.267,46 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	73.100,00 €	5.378,83 €					Hausanschlüsse	3,0%	2.193,00 €
Planungskosten	20	206.090,12 €	15.164,87 €					Schornsteinfeger	pauschal	300,00 €
Gesamt		1.791.398,73 €	131.814,25 €					Gesamt		21.647,87 €
								Jahreskosten		575.675,83 €
								spezifische Jahreskosten (€/MWh)		0,0957
								spez. Jahreskosten (€/kWh)		9,57

II. Energiebedarfsabschätzung

Gesamtgebäudebestand:

Gebäude	Wärmeverbrauch Durchschnitt (kWh/a)	Kesselleistung (kW)	Ist- Vollbenutzstunden
Duale Oberschule, Jugendzentrum und Rundsporthalle über Nahwärmenetz	1.488.817	600	2.481
	114.772	400	287
Kinderhort	32.550	18	1.808
Schwimmbad (BHKW)	1.358.469	250	5.434
	1.441.363	400	1.802
		400	
Kinderhaus	135.310	55	2.460
Mehrfamilienwohnhaus, Gerberweg 42	123.247	105	1.174
Mehrfamilienwohnhaus, Lohmühlstr. 6	123.247	120	1.027
Graf-Heinrich-Realschule	353.250	230	1.536
Sporthallen an der Realschule	104.479	230	454
Burrgartenschule (Sonderschule L)	193.933	105	1.847
Grundschule Hachenburg und Grundschulsporthalle	237.716	130	1.829
	47.707	95	502
Stadthalle Hachenburg Nebengebäude Stadthalle	96.605	80	1.208
	83.050	80	1.038
DRK Krankenhaus (DRK)	2.571.436	1860	1.382
Verwaltung Krankenhaus	150.000	100	
Personalwohnheim Krankenhauses	1.395.286	930	1.500
Neubau Kurzzeitpflegeheim (DRK)	200.000	100	2.000
Gesamt	10.251.236	6.288	1.654

Variante 1:

Gebäude	Wärmeverbrauch Durchschnitt (kWh/a)	Ist - Kesselleistung (kW)	gewählte Anschluss- leistung (kW)
Duale Oberschule, Jugendzentrum und Rundsporthalle	1.488.817	600	1000
	114.772	400	
Kinderhort	32.550	18	20
Schwimmbad (BHKW) (Heisanlage)	1.358.469	250	700
	1.441.363	400	
		400	
Kinderhaus	135.310	55	70
Mehrfamilienwohnhaus, Gerberweg 42	123.247	105	85
Mehrfamilienwohnhaus, Lohmühlstr. 6	123.247	120	85
Graf-Heinrich-Realschule	353.250	230	235
Sporthallen an der Realschule	104.479	230	200
Burggartenschule (Sonderschule L)	193.933	105	120
Grundschule Hachenburg und Grundschulsporthalle	237.716	130	160
	47.707	95	80
Stadthalle Hachenburg	96.605	80	80
Nebengebäude Stadthalle	83.050	80	80
Total Strang 2	4.576.045	3.048	2.915
DRK Krankenhaus (DRK)	2.571.436	1860	1300
Verwaltung Krankenhaus	150.000	100	80
Personalwohnheim Krankenhauses	1.395.286	930	800
Neubau Kurzzeitpflegeheim (DRK)	200.000	100	100
Total Strang 1	4.316.722	2.990	2.280
Gesamt	8.892.767	6.038	5.195

Variante 2:

Gebäude	Wärmeverbrauch Durchschnitt (kWh/a)	Ist - Kesselleistung (kW)	gewählte Anschluss- leistung (kW)
Duale Oberschule, Jugendzentrum und Rundsporthalle über Nahwärmenetz	1.488.817	600	1000
	114.772	400	
Kinderhort	32.550	18	20
Schwimmbad (BHKW)	1.358.469	250	700
	1.441.363	400	
		400	
Mehrfamilienwohnhaus, Gerberweg 42	123.247	105	85
Mehrfamilienwohnhaus, Lohmühlstr.	123.247	120	85
Total 2a	3.291.446	2.293	1.890
DRK Krankenhaus (DRK)	2.571.436	1860	1300
Verwaltung Krankenhaus	150.000	100	80
Personalwohnheim Krankenhauses	1.395.286	930	800
Neubau Kurzzeitpflegeheim (DRK)	200.000	100	100
Total 2b	4.316.722	2.990	2.280
Gesamt	7.608.168	5.283	4.170

Variante 3:

Gebäude	Wärmeverbrauch Durchschnitt (kWh/a)	Ist - Kesselleistung (kW)	gewählte Anschluss- leistung (kW)
Schwimmbad (BHKW)	1.358.469	250	700
	1.441.363	400	
		400	
Graf-Heinrich-Realschule	353.250	230	235
Sporthallen an der Realschule	104.479	230	200
Burggartenschule (Sonderschule L)	193.933	105	120
Grundschule Hachenburg und Grundschulsporthalle	237.716	130	160
	47.707	95	80
Stadthalle Hachenburg Nebengebäude	96.605	80	80
Stadthalle	83.050	80	80
Total Strang 2	2.558.102	1.750	1.655
DRK Krankenhaus (DRK)	2.571.436	1860	1300
Verwaltung Krankenhaus	150.000	100	80
Personalwohnheim Krankenhauses	1.395.286	930	800
Neubau Kurzzeitpflegeheim (DRK)	200.000	100	100
Total Strang 1	4.316.722	2.990	2.280
Gesamt	6.874.824	4.740	3.935

III. Auslegung Heizzentrale

Brennstoffbedarfsermittlung Variante 1			
Ist - Endenergieverbrauch		8.892.767	kWh/a
Ist - Kesselverlust	15%	1.333.915	kWh/a
Ist - Nutzenergieverbrauch		7.749.051	kWh/a
Verlust Hausübergabestationen	5%	387.453	kWh/a
Netzverlust	10%	813.650	kWh/a
Kesselverlust neu	10%	895.015	kWh/a
Endenergiebedarf (Brennstoff)		9.845.169	kWh/a
Brennstoffbedarf Biomasse	80%	7.876.135	kWh/a
Brennstoffbedarf Heizöl	20%	1.969.034	kWh/a
Hackschnitzzellagerbedarf		10.502	Sm ³ /a
Bedarf Heizöl		196.903	l/a
Kesselauslegung			
Ist - Nutzenergieverbrauch		7.749.051	kWh/a
Volbenutzungsstunden		1.500	h/a
Theoretische Leistung		5.166	kW
Verlust Netz	10%	517	kW
Nennw ärmeleistung Netzkessel		5.683	kW
Gleichzeitigkeitsfaktor		0,90	
Installierte Wärmeleistung Heizzentrale		5.114	kW

Gewählte Energieversorgung	Leistung (kW)	Leistungsanteil	Vollbenutzstunden (h/a)
Grundlast	2.300	45%	3.424
Spitzenlast	2.800	55%	703
Gesamt	5.100	100%	4.128

Brennstoffbedarfsermittlung Variante 2a			
Ist - Endenergieverbrauch		3.291.446	kWh/a
Ist Kesselverlust	15%	493.717	kWh/a
Ist - Nutzenergieverbrauch [kWh/a]		2.799.532	kWh/a
Verlust Hausübergabestationen	5%	139.977	kWh/a
Netzverlust	10%	293.951	kWh/a
Kesselverlust neu	10%	323.346	kWh/a
Endenergiebedarf (Brennstoff)		3.556.806	kWh/a
Brennstoffbedarf Biomasse	80%	2.845.445	kWh/a
Brennstoffbedarf Heizöl	20%	711.361	kWh/a
Hackschnitzzellagerbedarf		3.794	Sm ³ /a
Bedarf Heizöl		71.136	l/a
Kesselauslegung			
Ist - Nutzenergieverbrauch		2.799.532	kWh/a
Volbenutzungsstunden		1.500	h/a
Theoretische Leistung		1.866	kW
Verlust Netz	10%	187	kW
Nennw ärmeleistung Netzkessel		2.053	kW
Gleichzeitigkeitsfaktor		0,90	
Installierte Wärmeleistung Heizzentrale		1.848	kW

Gewählte Energieversorgung	Leistung (kW)	Leistungsanteil	Vollbenutzungsstunden (h/a)
Grundlast	800	44%	3.557
Spitzenlast	1.000	56%	711
Gesamt	1.800	100%	4.268

Brennstoffbedarfsermittlung Variante 2b			
Ist - Endenergieverbrauch		4.316.722	kWh/a
Ist Kesselverlust	15%	647.508	kWh/a
Ist - Nutzenergieverbrauch [kWh/a]		3.743.500	kWh/a
Verlust Hausübergabestationen	5%	187.175	kWh/a
Netzverlust	10%	393.067	kWh/a
Kesselverlust neu	10%	432.374	kWh/a
Endenergiebedarf (Brennstoff)		4.756.116	kWh/a
Brennstoffbedarf Biomasse	80%	3.804.893	kWh/a
Brennstoffbedarf Heizöl	20%	951.223	kWh/a
Hackschnitzzellagerbedarf		5.073	Sm ³ /a
Bedarf Heizöl		95.122	l/a
Kesselauslegung			
Ist - Nutzenergieverbrauch		3.743.500	kWh/a
Volbenutzungsstunden		1.600	h/a
Theoretische Leistung		2.340	kW
Verlust Netz	10%	234	kW
Nennw ärmeleistung Netzkessel		2.574	kW
Gleichzeitigkeitsfaktor		0,90	
Installierte Wärmeleistung Heizzentrale		2.316	kW

Gewählte Energieversorgung	Leistung (kW)	Leistungsanteil	Vollbenutzungsstunden (h/a)
Grundlast	1.000	43%	3.805
Spitzenlast	1.300	57%	732
Gesamt	2.300	100%	4.537

Brennstoffbedarfsermittlung Variante 3			
Ist - Endenergieverbrauch		6.874.824	kWh/a
Ist - Kesselverlust	15%	1.031.224	kWh/a
Ist - Nutzenergieverbrauch		6.018.796	kWh/a
Verlust Hausübergabestationen	5%	300.940	kWh/a
Netzverlust	10%	631.974	kWh/a
Kesselverlust neu	10%	695.171	kWh/a
Endenergiebedarf (Brennstoff)		7.646.881	kWh/a
Brennstoffbedarf Biomasse	80%	6.117.505	kWh/a
Brennstoffbedarf Heizöl	20%	1.529.376	kWh/a
Hackschnitzzellagerbedarf		8.157	Sm ³ /a
Bedarf Heizöl		152.938	l/a
Kesselauslegung			
Ist - Nutzenergieverbrauch		6.018.796	kWh/a
Volbenutzungsstunden		1.500	h/a
Theoretische Leistung		4.013	kW
Verlust Netz	10%	401	kW
Nennw ärmeleistung Netzkessel		4.414	kW
Gleichzeitigkeitsfaktor		0,90	
Installierte Wärmeleistung Heizzentrale		3.972	kW

Gewählte Energieversorgung	Leistung (kW)	Leistungsanteil	Vollbenutzstunden (h/a)
Grundlast	1.800	45%	3.399
Spitzenlast	2.200	55%	695
Gesamt	4.000	100%	4.094

IV. Netzkosten

Variante 1:

Stahlmediumrohr (z.B. KMR)					
DN	dT = 20 K [kW]	benötigte Länge gesamt [m]	davon mit Oberflächen- wiederherstellung [m]	Preis	
25	20	30,0	10	7.317 €	
32	45			0 €	
40	66	170,0	120	47.013 €	
50	120	340,0	220	96.471 €	
65	240	45,0	30	13.843 €	
80	370			0 €	
100	740	520,0	230	186.289 €	
125	1290	970,0	450	391.762 €	
150	2130	200,0	50	83.826 €	
200		845,0	250	408.120 €	
		3.120,0		1.234.641 €	
	Hausanschlußleitung und Wanddurchbruch pro Gebäude (€)	1.800,00 €	17	30.600,00 €	
	Hausübergabestation ane > 150 kW (€)	2.000,00 €	11	22.000,00 €	
	Hausübergabestation ane < 150 kW (€)	3.500,00 €	6	21.000,00 €	
	Anzahl Rohrdurchführung und Anschluss Heizzentrale	20.000,00 €	1	20.000,00 €	
				93.600,00 €	
			Gesamt	1.328.241 €	
	Rohrnetzkenzahl	2,48	MWh/m Trasse		

Variante 2:

Stahlmediumrohr (z.B. KMR)					
DN	dT = 20 K [kW]	benötigte Länge gesamt [m]	davon mit Oberflächen- wiederherstellung [m]	Preis	
25	20	30,0	10	7.317 €	
32	45			0 €	
40	66			0 €	
50	120	183,0	50	45.873 €	
65	240			0 €	
80	370			0 €	
100	740			0 €	
125	1290	820,0	200	310.518 €	
150	2130			0 €	
200		165,0	30	77.340 €	
		1.198,0		441.047 €	
	Hausanschlußleitung und Wanddurchbruch pro Gebäude (€)	1.800,00 €	9	16.200,00 €	
	Hausübergabestation > 150 kW (€)	2.000,00 €	5	10.000,00 €	
	Hausübergabestation < 150 kW (€)	3.500,00 €	4	14.000,00 €	
	Anzahl Rohrdurchführung und Anschluss Heizzentrale	20.000,00 €	1	20.000,00 €	
				60.200,00 €	
			Gesamt	501.247 €	
	Rohrnetzkenzahl 2a	3,76	MWh/m Trasse		
	Rohrnetzkenzahl 2b	8,23	MWh/m Trasse		

Variante 3:

Stahlmediumrohr (z.B. KMR)				
DN	dT = 20 K [kW]	benötigte Länge gesamt [m]	davon mit Oberflächen- wiederherstellung [m]	Preis
25	20			0 €
32	45			0 €
40	66			0 €
50	120	230,0	100	60.941 €
65	240	45,0	30	13.843 €
80	370			0 €
100	740	520,0	230	186.289 €
125	1290	430,0	200	173.727 €
150	2130	200,0	50	83.826 €
200		845,0	250	408.120 €
		2.270,0		926.746 €
	Hausanschlußleitung und Wanddurchbruch pro Gebäude (€)	1.800,00 €	12	21.600,00 €
	Hausübergabestation ane > 150 kW (€)	2.000,00 €	7	14.000,00 €
	Hausübergabestation ane < 150 kW (€)	3.500,00 €	5	17.500,00 €
	Anzahl Rohrdurchführung und Anschluss Heizzentrale	20.000,00 €	1	20.000,00 €
				73.100,00 €
			Gesamt	999.846 €
	Rohrnetzkenzahl	2,65	MWh/m Trasse	

Die Preise sind entnommen aus dem Leitfaden Nahwärme des Fraunhofer Instituts und stellen sich im Einzelnen wie folgt dar:

DN	Tiefbau	Material	Verlegung	Isolierung	Summe Verlegung	Baunebenkosten	Gesamt		Gesamt mit Oberfläche
							ohne Oberfläche	Oberflächen- wiederherstellung	
15	38,35 €	22,50 €	3,07 €	4,60 €	68,51 €	44,99 €	113,51 €	62,89 €	176,40 €
20	38,35 €	25,56 €	3,07 €	5,11 €	72,09 €	44,99 €	117,09 €	62,89 €	179,97 €
25	38,35 €	31,70 €	3,07 €	5,11 €	78,23 €	44,99 €	123,22 €	62,89 €	186,11 €
32	38,35 €	37,84 €	4,09 €	5,62 €	85,90 €	46,53 €	132,42 €	65,45 €	197,87 €
40	40,90 €	56,75 €	4,09 €	6,65 €	108,39 €	48,06 €	156,46 €	67,49 €	223,95 €
50	40,90 €	75,16 €	5,62 €	7,67 €	129,36 €	52,66 €	182,02 €	69,54 €	251,56 €
65	43,46 €	118,62 €	8,18 €	8,18 €	178,44 €	67,49 €	245,93 €	97,15 €	343,08 €
80	43,46 €	154,92 €	10,74 €	9,20 €	218,32 €	82,32 €	300,64 €	124,76 €	425,39 €