



Forschungsbericht: Machbarkeitsstudie Nahwärme Trippstadt

Projektleitung:
Prof. Dr. Peter Heck

Erstellt von:
Dipl. Wirt.-Ing. Daniel Strauß
Dipl. Wirt.-Ing. Roland Cornelius

In Zusammenarbeit mit:
Dipl.-Ing. Jackeline Martinez
Tim Küting (Praktikant)



Mit freundlicher Unterstützung durch das Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz.

Verantwortlich im Sinne des Pressegesetzes 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 beispielsweise die Urdaten von Vor-Ort-Erhebungen, gegebenenfalls verwendete Algorithmen und Hintergrundinformationen nicht prüfen.

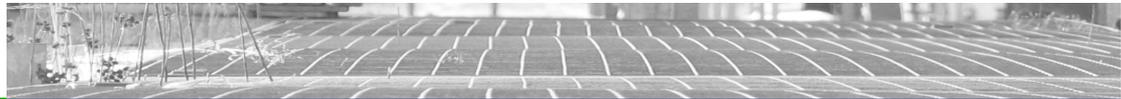


Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
1. Einleitung.....	1
2. Ist-Situation.....	2
2.1. Gebäude und Anlagentechnik.....	2
2.2. Analyse Energieverbrauch	4
3. Nahwärme	5
3.1. Variante I	5
3.1.1. Trassenführung	5
3.1.2. Kostenermittlung	8
3.2. Variante II	8
3.2.1. Trassenführung	8
3.2.2. Kostenermittlung	11
3.3. Vergleich der Nahwärmevarianten	11
4. Varianten der Wärmeversorgung.....	12
4.1. Referenzvariante	12
4.2. Variante 1	14
4.2.1. Wärmeversorgungskonzept	14
4.2.2. Immissionsschutz	15
4.2.3. Investitionskosten Feuerungsanlagen	16
4.2.4. Wirtschaftlichkeitsberechnung	17
4.3. Variante 2	20

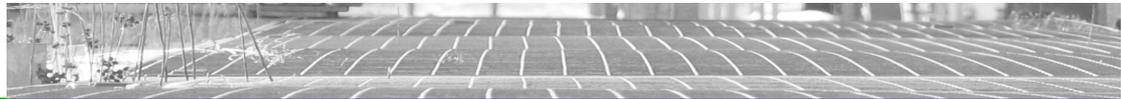


4.3.1.	Wärmeversorgungskonzept	20
4.3.2.	Immissionsschutz	20
4.3.3.	Investitionskosten Feuerungsanlagen	20
4.3.4.	Wirtschaftlichkeitsberechnung	20
4.4.	Variante 3	22
4.4.1.	Wärmeversorgungskonzept	22
4.4.2.	Immissionsschutz	23
4.4.3.	Investitionskosten Feuerungsanlagen	23
4.4.4.	Wirtschaftlichkeitsberechnung	24
4.5.	Variante BHKW	26
4.5.1.	Pflanzenöl-BHKW	27
4.5.2.	Erdgas-BHKW	29
4.6.	ORC-Modul für Variante 1 oder 2	30
4.6.1.	Technische Auslegung	30
4.6.2.	Wirtschaftlichkeitsabschätzung	34
4.7.	Überblick	37
4.7.1.	Zusammenfassung der Ergebnisse	37
4.8.	Emissionsbetrachtung	41
5.	Zusammenfassung und Handlungsempfehlung	43



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Jahresverteilung Endenergieverbrauch	4
Abbildung 3-1: Trassenführung Variante I.....	6
Abbildung 3-2: Trassenführung Variante II.....	9
Abbildung 4-1: Skizze Heizzentrale	15
Abbildung 4-2: Einsatzbereich der Staubauscheidungsverfahren	16
Abbildung 4-3: Deckungsanteil BHKW am Wärmebedarf.....	27
Abbildung 4-4: Fließbild der Heizungsanlage.....	31
Abbildung 4-5: Jahreslastgang von Netz, Holzkessel und ORC.....	33
Abbildung 4-6: Vergleich der Wärmepreise (brutto) der Varianten.....	39
Abbildung 4-7: Sensitivitätsanalyse	40
Abbildung 4-8: CO ₂ -Emissionen der Referenzvariante	41
Abbildung 4-9: CO ₂ -Emissionen der Varianten im Vergleich	42
Abbildung 5-1: Preisentwicklung von Energieträgern 2005 - 2008.....	43
Abbildung 5-2: Vergleich der Wärmepreise bei Inbetriebnahme 2010	46
Abbildung 5-3: Vergleich der objektbezogenen Wärmepreise bei Inbetriebnahme 2010	46



Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Auflistung der Objekte	2
Tabelle 2-2: Grunddaten Feuerungsanlage.....	3
Tabelle 3-1: Auflistung Objekte Nahwärme	7
Tabelle 3-2: Ergebnisse Trassenführung Variante I.....	7
Tabelle 3-3: Kosten Nahwärmenetz und Hausübergabestationen nach Variante I.....	8
Tabelle 3-4: Auflistung Objekte Nahwärme	10
Tabelle 3-5: Ergebnisse Trassenführung Variante II.....	10
Tabelle 3-6: Kosten Nahwärmenetz und Hausübergabestationen nach Variante II.....	11
Tabelle 3-7: Vergleich der Nahwärmevarianten	11
Tabelle 4-1: Ergebnisse der Berechnung des Wärmepreises der Referenzvariante.	13
Tabelle 4-2: Investitionskosten Wärmeerzeuger	17
Tabelle 4-3: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 1 - Teil A	18
Tabelle 4-4: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 1 - Teil 2.....	19
Tabelle 4-5: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 2 - Teil A	21
Tabelle 4-6: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 2 – Teil B.....	22
Tabelle 4-7: Investitionskosten Wärmeerzeuger	24
Tabelle 4-8: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 3 - Teil A	25
Tabelle 4-9: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 3 - Teil B	26
Tabelle 4-10: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante Pflanzenöl-BHKW.....	28

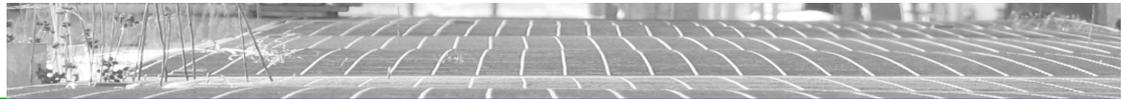
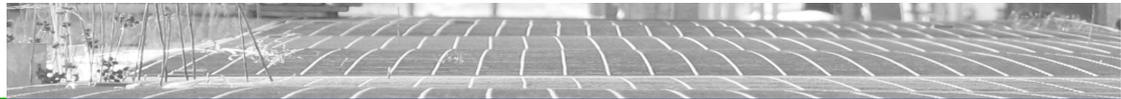


Tabelle 4-11: Wirtschaftlichkeitsberechnung ORC - Teil A.....	34
Tabelle 4-12: Wirtschaftlichkeitsberechnung ORC - Teil B.....	35
Tabelle 4-13: Vergleich der Ergebnisse der Varianten.....	37
Tabelle 4-14: Vergleich der Ergebnisse der Varianten im Bezug auf die Referenzvariante ..	38



1. Einleitung

Die Ortsgemeinde Trippstadt mit ca. 3.100 Einwohnern liegt inmitten des Pfälzerwaldes. Die Ortsgemeinde gehört zur Verbandsgemeinde Kaiserslautern-Süd.

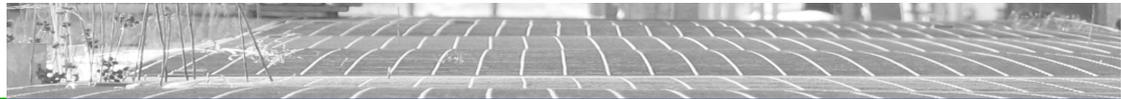
Die Verbandsgemeinde Kaiserslautern-Süd und die Ortsgemeinde Trippstadt wandten sich an das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS), um eine Machbarkeitsstudie für die Wärmeversorgung öffentlicher Gebäude auf Basis der Nutzung erneuerbarer Energie anzufertigen. In der Gemeinde Trippstadt soll die Wirtschaftlichkeit und technische Durchführbarkeit für die Errichtung eines Nahwärmenetzes geprüft werden. Die Nutzung von Biomasse soll den herkömmlichen Heizmethoden mit Öl und Gas gegenübergestellt werden. Darüber hinaus wird der alternative Einsatz eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) auf Basis der Nutzung von Pflanzenöl und Erdgas untersucht.

Das Interesse an einer Nahwärmeversorgung wurde von den folgenden 4 Akteuren bekundet: Verbandsgemeinde Kaiserslautern-Süd, Ortsgemeinde Trippstadt, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft und Landesbetrieb LBB. Darüber hinaus wurden die katholische und evangelische Kirche sowie das Schwesternwohnheim in Trippstadt angefragt, ob deren jeweilige Gebäude an das geplante Nahwärmenetz angeschlossen werden sollten. Derzeit sind die Gebäude mit dezentralen Feuerungsanlagen auf Basis von Gas und Öl versorgt.

Aufgrund der Ergebnisse der geführten Gespräche mit den Akteuren wurde der Schwerpunkt dieser Machbarkeitstudie auf die thermische Nutzung von Holzhackschnitzel gelegt. Dementsprechend wurden drei Varianten für die Biomassenutzung berechnet.

Wichtiger Hinweis:

Diese Machbarkeitsstudie und deren Inhalte stellen keine fachtechnische Planung dar.



2. Ist-Situation

In diesem Kapitel werden die Gebäude und insbesondere die bestehenden Feuerungsanlagen in Ihrem momentanen Zustand betrachtet und bewertet. Darüber hinaus wird auf Basis der vorhandenen Daten der Jahresverlauf des Endenergieverbrauches dargestellt.

Als Datengrundlage für die Betrachtung dienen Informationen, die von den jeweiligen Eigentümern der Gebäude und Anlagen schriftlich oder mündlich weitergegeben wurden.

2.1. Gebäude und Anlagentechnik

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie werden die in Tabelle 2-1 aufgelisteten Gebäude betrachtet.

Tabelle 2-1: Auflistung der Objekte

Nahwärme Trippstadt	
Nr.	Objekt
1	Schwimmbad
2	Sporthalle
3	Grundschule
4	Gemeindekindergarten
5	Tourist-Info
6	ev. Kirche & Gemeindesaal
7	evangelisches Pfarrhaus
8	Katholisches Pfarrhaus
9	Katholischer Kindergarten
10	Jugend- und Freizeitheim
11	Katholische Kirche
12	Hausmeistergebäude - Forst
13	Verwaltungsgebäude - Forst
14	Schloss - Forst
15	Laborgebäude - Forst
16	Schwesternwohnheim Anbau
17	Schwesternwohnheim Altbau

Die ersten drei Gebäude sind im Eigentum der Verbandsgemeinde Kaiserslautern-Süd und die Gebäude 4,5,9 und 10 befinden sich im Besitz der Ortsgemeinde Trippstadt. Die Gebäude 6 und 7 sind im Eigentum der evangelischen Kirche, die Gebäude 12 bis 15 sind Eigentum des Forstes bzw. des Landesbetriebs LBB. Die letzten zwei Objekte befinden sich in einer weiteren Trägerschaft.



Die betrachteten Gebäude werden zurzeit mit konventionellen Heizungsanlagen auf Basis fossiler Energieträger versorgt. Eine Ausnahme bildet das Schloss (Gebäude 14), dort befindet sich neben einer Niedertemperatur Gasheizung ein Erdgas-BHKW (5,5 kW_{el}). Das mittlere Baujahr der gesamten Feuerungsanlagen¹ beträgt 1987, das entspricht in 2008 einem mittleren Alter der Feuerungsanlage von 21 Jahren. Dies verdeutlicht, dass viele Anlagen aufgrund des Baujahres nicht mehr dem Stand der Technik genügen.

Die folgende Tabelle 2-2 zeigt die vorhandenen Feuerungsanlagen in den jeweiligen Gebäuden.

Tabelle 2-2: Grunddaten Feuerungsanlage

No.	Gebäude	Daten der Heizungsanlage				Energieträger	
		Gesamte Leistung Kessel (KW)	Baujahr Kessel	Brennerleistung (KW)	Baujahr Brenner	Brennstoff	Endenergiebedarf (kWh/a)
1	Schwimmbad	1.073	ca. 1993			Erdgas	448.685
2	Sporthalle	510	2000			Erdgas	216.374
3	Grundschule	151	1993	50-250	1993	Erdgas	213.323
4	Gemeindekindergarten	36	1990			Erdgas	88.449
5	Tourist-Info	18				Erdgas	25.121
6	Evangelische Kirche und Gemeinde Haus	125	1986		1987	Heizöl	60.000
7	Evangelisches Pfarrhaus	50	1979		1996	Heizöl	40.000
8	Katholisches Pfarrhaus	34	1981			Heizöl	42.000
9	Katholischer Kindergarten	60	1982			Strom	67.628
10	Jugend- und Freizeitheim	44	2004	44		Heizöl	23.333
11	Katholische Kirche	46				Strom	18.475
12	Hausmeistergebäude - Forst	27	1986			Erdgas	15.942
13	Verwaltungsgebäude - Forst	34	1985			Erdgas	57.090
14	Schloss - Forst	183	1985			Erdgas	263.341
15	Laborgebäude - Forst	90	1997			Erdgas	115.426
16	Schwesterwohnheim Anbau	120	1992			Erdgas	267.603
17	Schwesterwohnheim Altbau	64	1985			Heizöl	58.076
Insgesamt:		2.664 kW					1.962.790

Die Tabelle zeigt neben dem Baujahr der Feuerungsanlagen auch technische Daten, wie die Leistung und den Brennstoffbedarf (Endenergiebedarf) sowie den eingesetzten Brennstoff.

¹ Ausgenommen BHKW im Schloss, Feuerungsanlage Tourist-Info (keine Angaben vorhanden), katholische Kirche (Elektroheizung dezentral, ca. 1980)



2.2. Analyse Energieverbrauch

Die Tabelle 2-2 in Kapitel 2.1 zeigt den Endenergiebedarf für jedes Objekt pro Jahr. In Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen und der unterschiedlichen Nutzung der Gebäude ergibt sich eine Jahresverteilung der benötigten Endenergie. Diese Jahresverteilung wurde auf Basis von Monatswerten aus den vorhandenen Erdgasabrechnungen der letzten drei Jahre (06/05/04) errechnet. Die Jahresverteilung der Gebäude wurde auch auf die Gebäude mit Heizölfeuerungsanlagen angelegt, um somit eine realitätsnahe Gesamtjahresverteilung zu erhalten. Das Schwimmbad wurde separat betrachtet. Die Abbildung 2-1 zeigt die Jahresverteilung des Endenergieverbrauches.

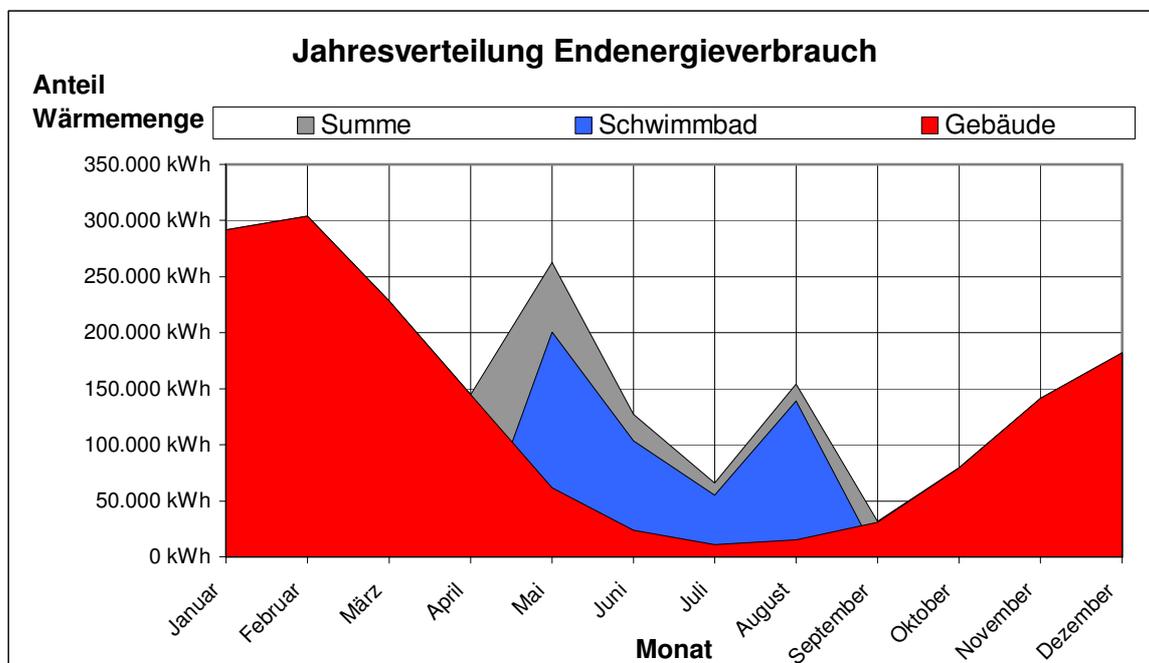
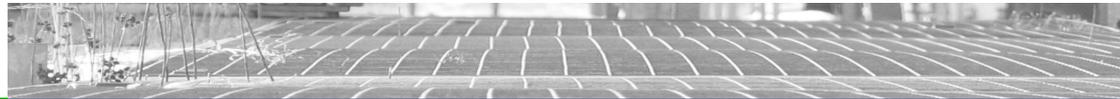


Abbildung 2-1: Jahresverteilung Endenergieverbrauch

Aus der Abbildung wird deutlich, dass der Jahresverlauf des Endenergieverbrauches der Gebäude (rote Fläche) entsprechend den Witterungsverhältnissen in den kälteren Monaten am höchsten ist. Der Endenergieverbrauch des Schwimmbades (blaue Fläche) ist entsprechend der Öffnungszeiten des Schwimmbades in den Sommermonaten am höchsten. Zu beachten ist jedoch, dass auf dem Dach der Schwimmbadgebäude Absorbermatten zur direkten Schwimmbeckenwassererwärmung installiert sind. Die in der Farbe „Grau“ eingefärbte Fläche im Hintergrund zeigt den kumulierten Energieverbrauch.



Wie aus der Abbildung ersichtlich ist über das Jahr verteilt, aufgrund des Nutzerverhaltens des Schwimmbades, fast in jedem Monat ein hoher Energieverbrauch gegeben. Dieser Jahresverlauf bildet daher eine gute Voraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb einer zentralen Wärmeversorgung der gesamten betrachteten Gebäude. Die Jahresverteilung bildet die Grundlage für die Berechnungen des Nahwärmenetzes.

3. Nahwärme

Im Rahmen dieser Ausarbeitung wurden zwei unterschiedliche Trassenführungen der Nahwärmeleitungen betrachtet. Die Variante I stellt dabei die Variante mit der geringsten Leitungslänge dar. In Variante II wurden Optionen für den Anschluss weiterer Objekte berücksichtigt. Beide Variante wurden unter Beachtung der Eigentumsverhältnisse der Grundstücke, soweit diese bekannt sind, berechnet.

3.1. Variante I

Die Verlegung der Nahwärmeleitungen in dieser Variante wurde hinsichtlich der geringsten Trassenlänge optimiert. Die Beschreibung der Trassenführung sowie die Ergebnisse der Kostenermittlung der Verlegung inklusive der Hausübergabestationen ist Inhalt dieses Kapitels. Die detaillierten Berechnungen für die Nahwärmeleitungen sind im Anhang des Berichtes enthalten.

3.1.1. Trassenführung

Die folgende Abbildung zeigt die Trassenführung nach Variante I.



Abbildung 3-1: Trassenführung Variante I



Tabelle 3-1: Auflistung Objekte Nahwärme

Objekte Nahwärme			
Nr.	Objekt	Nr.	Objekt
1	Schwimmbad	10	Jugend- und Freizeitheim
2	Sporthalle	11	Katholische Kirche
3	Grundschule	12	Hausmeistergebäude - Forst
4	Gemeindekindergarten	13	Verwaltungsgebäude - Forst
5	Tourist-Info	14	Schloss - Forst
6	ev. Kirche & Gemeindesaal	15	Laborgebäude - Forst
7	evangelisches Pfarrhaus	16	Schwesternwohnheim Anbau
8	Katholisches Pfarrhaus	17	Schwesternwohnheim Altbau
9	Katholischer Kindergarten		

Die Nahwärmeleitung lässt sich in zwei Hauptstränge unterteilen. Der erste Hauptstrang führt von der Heizzentrale (HZ) zum Schwimmbad. Der zweite Hauptstrang verbindet die übrigen Gebäude von der Heizzentrale bis zum Schwesternwohnheim. Das Gebäude Nr. 5 (Tourist-Info) wurde aufgrund des geringen Wärmebedarfes im Verhältnis zur notwendigen Trassenlänge in dieser Variante aus wirtschaftlichen Gründen nicht betrachtet. Die Trassenverlegung durch die Steigstraße (ab Gebäude 4 bis Gebäude 10) ermöglicht den Anschluss weiterer privat genutzter Gebäude. Ebenfalls könnten private Gebäude in der Hauptstraße nahe Schwesternwohnheim (Gebäude 16+17) angeschlossen werden. Der Anschluss von privaten Gebäuden wurde nicht betrachtet. Die Nahwärmetrasse zur Anbindung des Schlosses, des Laborgebäudes und des Schwesternwohnheimes erfolgt durch den Keller des Schlossgebäudes.

Die folgende Tabelle 3-2 zeigt die technischen Ergebnisse der Trassenführung nach Variante I.

Tabelle 3-2: Ergebnisse Trassenführung Variante I

Ergebnisse Trassenführung Variante I	
Rohrnetzkenzahl [kWh/m*a]	1.713
übertragene Wärmemenge[kWh/a]	2.100.784
Gesamtlänge des Rohrnetzes [m]	1.226

Die Gesamtlänge des Nahwärmenetzes beträgt 1.226 m. Die Rohrnetzkenzahl von 1,713 MWh/(m*a) zeigt, dass ein hoher Energietransport pro Trassenmeter zu erwarten ist. Damit ist die Mindestanforderung des KfW-Programms Erneuerbare Energien von 0,5 MWh/(m*a) erfüllt.



3.1.2. Kostenermittlung

Die Kosten des Nahwärmenetzes sowie der Hausübergabestationen können der folgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 3-3: Kosten Nahwärmenetz und Hausübergabestationen nach Variante I

Kosten Rohrnetz und Hausübergabestationen	
Gesamtkosten für für das Rohrnetz	449.035 €
Kosten für die Hausübergabestationen	172.500 €
Summe	621.535 €

Die Nettogesamtkosten des Nahwärmenetzes und der Hausübergabestationen inklusive Baunebenkosten betragen 621.535 €. Die Investitionskosten für das Nahwärmenetz und die Hausübergabestationen sind förderfähig. Die Höhe der jeweiligen finanziellen Förderung wird in de Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen in den „Varianten der Wärmeversorgung“ betrachtet.

Durch den Trassenverlauf entlang der Steiggasse können eventuell Erschließungskosten mit anstehenden Sanierungsarbeiten der Straße verrechnet werden.

3.2. Variante II

Die Trassenführung der Nahwärmeleitungen in Variante II wurde unter Berücksichtigung der Anschlussmöglichkeiten privater Gebäude sowie der Möglichkeit der Erweiterung des Versorgungsbereiches ausgewählt. Der konkrete Anschluss von privaten Gebäuden und Erweiterungskapazitäten (Rohrdimensionierung) wurden nicht berücksichtigt.

3.2.1. Trassenführung

Die folgende Abbildung zeigt die Trassenführung nach Variante II.



Abbildung 3-2: Trassenführung Variante II



Tabelle 3-4: Auflistung Objekte Nahwärme

Objekte Nahwärme			
Nr.	Objekt	Nr.	Objekt
1	Schwimmbad	10	Jugend- und Freizeithaus
2	Sporthalle	11	Katholische Kirche
3	Grundschule	12	Hausmeistergebäude - Forst
4	Gemeindekindergarten	13	Verwaltungsgebäude - Forst
5	Tourist-Info	14	Schloss - Forst
6	ev. Kirche & Gemeindesaal	15	Laborgebäude - Forst
7	evangelisches Pfarrhaus	16	Schwesternwohnheim Anbau
8	Katholisches Pfarrhaus	17	Schwesternwohnheim Altbau
9	Katholischer Kindergarten		

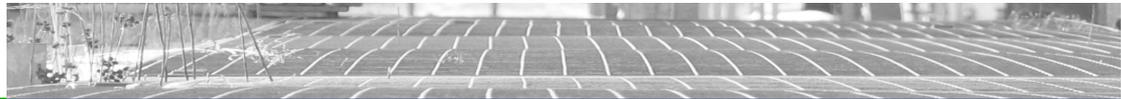
Entsprechend der Variante I verteilt sich das Nahwärmenetz in dieser Variante auch in zwei Hauptstränge. Der erste Hauptstrang führt von der Heizzentrale zum Schwimmbad. Der zweite Strang versorgt alle weiteren Gebäude inklusive dem Gebäude 5 (Tourist-Info). Aufgrund der Trassenführung in der Hauptstraße (ab Gebäude 4 bis Gebäude 17) könnten private Gebäude im Bereich der Trasse an das Nahwärmenetz angeschlossen werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit das Nahwärmenetz in nord-östlicher Richtung der Hauptstraße zu erweitern um weitere private Gebäude zu erschließen, bis hin zur Gesamtwärmeversorgung der Gemeinde. Der Anschluss privater Gebäude sowie die Erweiterung des Nahwärmenetzes wurden in dieser Variante nicht betrachtet.

Die folgende Tabelle 3-5 zeigt die technischen Ergebnisse der Trassenführung nach Variante II.

Tabelle 3-5: Ergebnisse Trassenführung Variante II

Ergebnisse Trassenführung Variante II	
Rohrnetz Kennzahl [kWh/m*a]	1.526
übertragene Wärmemenge [kWh/a]	2.127.228
Gesamtlänge des Rohrnetzes [m]	1.394

Die Gesamtlänge des Nahwärmenetzes beträgt 1.394 m und ist somit um 168 m länger als in Variante I. Die Rohrnetz Kennzahl von 1,526 MWh / (m*a) zeigt, dass ein mittlerer bis hoher Energietransport pro Trassenmeter vorhanden ist. Auch hier sind die Anforderungen des KfW-Programms für Erneuerbare Energien erfüllt.



3.2.2. Kostenermittlung

Die Kosten des Nahwärmenetzes sowie der Hausübergabestationen können der folgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 3-6: Kosten Nahwärmenetz und Hausübergabestationen nach Variante II

Kosten Rohrnetz und Hausübergabestationen - Variante II	
Gesamtkosten für für das Rohrnetz	509.822 €
Kosten für die Hausübergabestationen	180.000 €
Summe	689.822 €

Die Nettogesamtkosten des Nahwärmenetzes und der Hausübergabestationen inklusive Baunebenkosten betragen 689.822 €. Die Investitionskosten für das Nahwärmenetz und die Hausübergabestationen sind förderfähig. Die Höhe der jeweiligen finanziellen Förderung wird in den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen in den „Varianten der Wärmeversorgung“ betrachtet.

3.3. Vergleich der Nahwärmevarianten

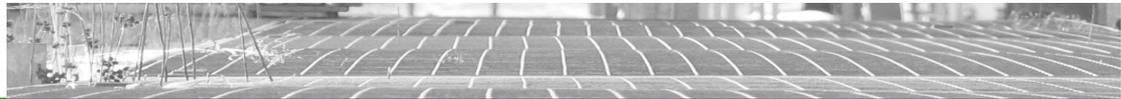
Die Tabelle 3-7 zeigt den Vergleich der Nahwärmevarianten.

Tabelle 3-7: Vergleich der Nahwärmevarianten

Vergleich der Nahwärmevarianten			
Ergebnisse Trassenführung	Variante I	Variante II	Differenz (VII-VI)
Rohrnetzkenzahl [kWh/m*a]	1.735	1.526	-208
übertragene Wärmemenge[kWh/a]	2.100.784	2.127.228	26.444
Gesamtlänge des Rohrnetzes [m]	1.226	1.394	167
Kosten Rohrnetz und Hausübergabestationen	Variante I	Variante II	Differenz (VII-VI)
Gesamtkosten für für das Rohrnetz	449.035 €	509.822 €	60.786 €
Kosten für die Hausübergabestationen	172.500 €	180.000 €	7.500 €
Summe	621.535 €	689.822 €	68.286 €

Bedingt durch die längere Nahwärmeleitung in Variante II und den Anschluss der Tourist-Info (Gebäude 5) ergeben sich höhere Kosten für das Rohrnetz und die Hausübergabestationen.

Daraus ergibt sich für die Variante I eine bessere Rohrnetzkenzahl und Wirtschaftlichkeit. Der Trassenverlauf ermöglicht eine zusätzliche Anschlussmöglichkeit von Bewohnern der Steiggasse. Gegebenenfalls ergeben sich hier Synergieeffekte aufgrund der anstehenden Straßensanierung.



Der schlechteren Rohrnetzkenzahl und den höheren Kosten der Variante II stehen Anschlussmöglichkeiten von Objekten in der Hauptstraße gegenüber. Synergieeffekte mit Sanierungsmaßnahmen sind hier nicht anzusehen.

4. Varianten der Wärmeversorgung

Dieses Kapitel bildet den Schwerpunkt der Machbarkeitsstudie. Inhalt dieses Kapitel ist die Erläuterung der betrachteten Varianten und die Darstellung der Berechnungsergebnisse.

Die Ergebnisse der unterschiedlichen Varianten werden in dem Unterkapitel „Überblick“ miteinander verglichen und diskutiert.

4.1. Referenzvariante

Die Referenzvariante dient der Beurteilung der Ergebnisse der anderen Varianten. In der Referenzvariante wird davon ausgegangen, dass alle vorhandenen Feuerungsanlagen gegen neue, modernere (Brennwerttechnik) und in der Leistungsdimensionierung angepasste Anlagen ausgetauscht werden. Der Brennstoff der Feuerungsanlage im Ist-Zustand wird für die Referenzvariante beibehalten. Zwei Ausnahmen sind jedoch zu beachten, der katholische Kindergarten wird derzeit über Elektrozentralheizung geheizt und als Austauschvariante wird die Installation einer zentralen Erdgasfeuerungsanlage (Anlage) betrachtet, welche geringere Verbrauchskosten (Brennstoffkosten) verursacht. Darüber hinaus wird für die katholische Kirche ebenfalls im Rahmen dieser Betrachtung eine zentrale Gasbrennwertfeuerungsanlage als Ersatz für die dezentrale Elektroheizung angenommen, da diese in den Nahwärmevarianten auch als Anschlussobjekt betrachtet wird.

Die Jahreskosten ergeben sich aus den kapitalgebundenen Kosten, den betriebsgebundenen Kosten und den verbrauchsgebundenen Kosten. Die Berechnungsgrundlagen sind in Form von Tabellen im Anhang zu finden. Für die Berechnung der Kapitalkosten wurde von einer Nutzungsdauer von 20 Jahre und einem Zinssatz von 5 % ausgegangen. Dies entspricht den Grundlagen aller weiteren Varianten. Die Berechnung wurde auf Basis der Annuitätenmethode durchgeführt.



Tabelle 4-1: Ergebnisse der Berechnung des Wärmepreises der Referenzvariante.

Grundlagen		Kostenermittlung							
		Kapitalkosten		lfd. Kosten		Jahreskosten		Wärmekosten	
		Investitions-kosten	Kapitalkosten 20 Jahre Zins 5%	Betriebs-kosten	Verbrauchs-kosten	netto	brutto (19% MwSt)	netto [€/kWh]	brutto [€/kWh]
Nr.	Objekt								
1	Schwimmbad	53.920 €	4.327 €/a	1.851 €/a	22.235 €/a	28.413 €/a	33.811 €/a	0,0704	0,0837
2	Sporthalle	20.992 €	1.684 €/a	2.196 €/a	12.201 €/a	16.081 €/a	19.137 €/a	0,0826	0,0983
3	Grundschule	18.682 €	1.499 €/a	2.127 €/a	12.029 €/a	15.656 €/a	18.630 €/a	0,0815	0,0970
4	Gemeindekindergarten	13.395 €	1.075 €/a	776 €/a	4.988 €/a	6.838 €/a	8.138 €/a	0,0859	0,1022
5	Tourist-Info	12.325 €	989 €/a	513 €/a	1.417 €/a	2.918 €/a	3.473 €/a	0,1291	0,1536
6	ev. Kirche & Gemeindesaal	18.682 €	1.499 €/a	415 €/a	4.750 €/a	6.664 €/a	7.930 €/a	0,1234	0,1468
7	evangelisches Pfarrhaus	12.300 €	987 €/a	294 €/a	3.166 €/a	4.447 €/a	5.292 €/a	0,1235	0,1470
8	Katholisches Pfarrhaus	12.300 €	987 €/a	294 €/a	3.325 €/a	4.605 €/a	5.481 €/a	0,1218	0,1450
9	Katholischer Kindergarten	12.300 €	987 €/a	414 €/a	4.242 €/a	5.643 €/a	6.715 €/a	0,0927	0,1103
10	Jugend- und Freizeitheim	12.325 €	989 €/a	294 €/a	1.847 €/a	3.130 €/a	3.725 €/a	0,1491	0,1774
11	Katholische Kirche	12.695 €	1.019 €/a	730 €/a	1.081 €/a	2.830 €/a	3.367 €/a	0,1702	0,2025
12	Hausmeistergebäude - Forst	9.100 €	730 €/a	353 €/a	1.000 €/a	2.083 €/a	2.479 €/a	0,1452	0,1728
13	Verwaltungsgebäude - Forst	12.695 €	1.019 €/a	575 €/a	3.341 €/a	4.935 €/a	5.873 €/a	0,0960	0,1143
14	Schloss - Forst	20.992 €	1.684 €/a	1.963 €/a	15.412 €/a	19.059 €/a	22.680 €/a	0,0804	0,0957
15	Laborgebäude - Forst	14.260 €	1.144 €/a	773 €/a	6.755 €/a	8.673 €/a	10.321 €/a	0,0835	0,0993
16	Schwesternwohnheim Anbau	18.682 €	1.499 €/a	1.811 €/a	15.661 €/a	18.972 €/a	22.576 €/a	0,0788	0,0937
17	Schwesternwohnheim Altbau	12.695 €	1.019 €/a	301 €/a	4.597 €/a	5.917 €/a	7.042 €/a	0,1132	0,1347
	Summe	288.340 €	23.137 €/a	15.679 €/a	118.048 €/a	156.864 €/a	186.668 €/a	0,0862	0,1026

Die Investitionskosten für den Austausch aller Feuerungsanlagen belaufen sich auf 288.340 €. Die Höhe der Investitionskosten ist im Wesentlichen abhängig von der benötigten Leistung der Feuerungsanlage. Daraus ergeben sich kapitalgebundene Kosten in Höhe von 23.137 €/a. Die jährlichen Betriebskosten sind in der Summe mit 15.679 €/a errechnet, darin sind auch die Kosten für die Erdgaszählermiete enthalten. Bedingt durch den aktuell hohen Heizölpreis und die Erdgaspreise ergeben sich verbrauchsgebundene Kosten in Höhe von 118.048 €/a. In der Summe betragen die jährlichen Kosten 156.864 €/a netto und die Jahresbruttokosten belaufen sich auf 186.668 €/a. Daraus ergibt sich ein Nettowärmepreis von 8,62 Cent/kWh und eine Bruttowärmepreis von 10,26 Cent/kWh.



4.2. Variante 1

Die Variante 1 beinhaltet die Verlegung der Nahwärmeleitungen nach Variante I². Die Gebäude werden von der Heizzentrale aus mit Wärme versorgt. Diese Variante betrachtet die Versorgung auf Basis der Nutzung von 100% Holzhackschnitzel (HHS) als Brennstoff.

4.2.1. Wärmeversorgungskonzept

In dieser Variante werden dazu zwei Holzhackschnitzelfeuerungsanlagen in der Heizzentrale platziert. Die beiden Kessel mit Vorschubrostfeuerung teilen sich die Leistung zu ca. 60 % (800 kW) und ca. 40 % (500kW) auf. Zu beachten gilt, dass diese beiden Anlagen gemeinsam die 1 MW Leistungsgrenze überschreiten und somit genehmigungsbedürftig, im vereinfachten Verfahren, sind. Eine Öffentlichkeitsbeteiligung ist nicht notwendig.

Der Brennstoff für die Feuerungsanlagen wird aus einem 225 m³ (Gesamtvolumen) großen unterirdischen Bunker mit einem Fassungsvermögen von ca. 160 m³ HHS zu den Kesselanlagen befördert. Die Austragungstechnik der HHS erfolgt mit Schubstangen und anschließend über Kratzkettenförderer. Aufgrund der gewählten Fördertechnik wird der Einsatz von unterschiedlichen Qualitäten, im Bezug auf die Größe, der Holzhackschnitzel ermöglicht. In der zu errichtenden Heizzentrale oder auch Kesselhaus genannt, befindet sich neben den Kesselanlagen und der Brennstofffördertechnik auch ein 24.000 l Pufferspeicher, der die Anfahryklen der Feuerungsanlagen verringern soll. Das Kesselhaus besteht aus einer Stahlhalle mit einer Breite von 7,5 m und einer Länge von 15 m. Des Weiteren sind in der Heizzentrale auch Einrichtungen zur Luftreinhaltung installiert, welche teilweise einen nicht unerheblichen Flächenbedarf in Anspruch nehmen.

Abbildung 4-1 zeigt eine Skizze der Heizzentrale und des Brennstoffbunkers, wobei der Bunker 4 m unterhalb der Erdoberfläche liegt.

² Zu beachten gilt, dass die Nahwärmevarianten mit römischen Zahlen versehen sind und die Varianten der Wärmebereitstellung/-versorgung mit arabischen Zahlen.

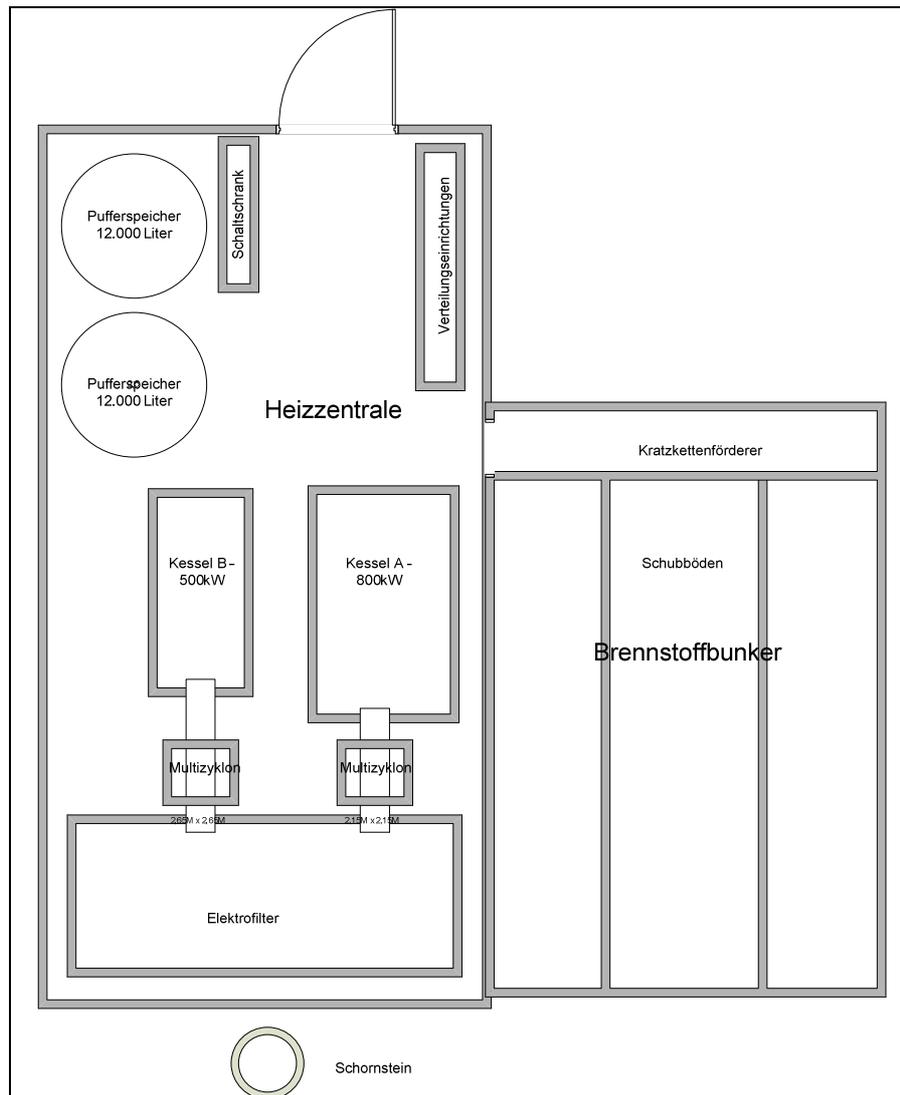
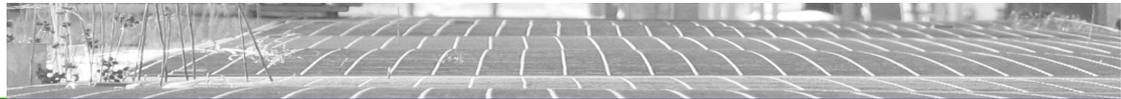


Abbildung 4-1: Skizze Heizzentrale

4.2.2. Immissionsschutz

Im Bereich des Immissionsschutzes wurden für beide Anlagen zwei Techniken eingesetzt, um eine möglichst effiziente Rauchgasentstaubung zu erzielen. Jeder Kessel verfügt über einen Multizyklon. Darüber hinaus werden beide Rauchgasströme nach dem Multizyklon über den Elektrofilter geleitet. Die folgende Abbildung zeigt die Einsatzbereiche der beiden Staubabscheideverfahren.

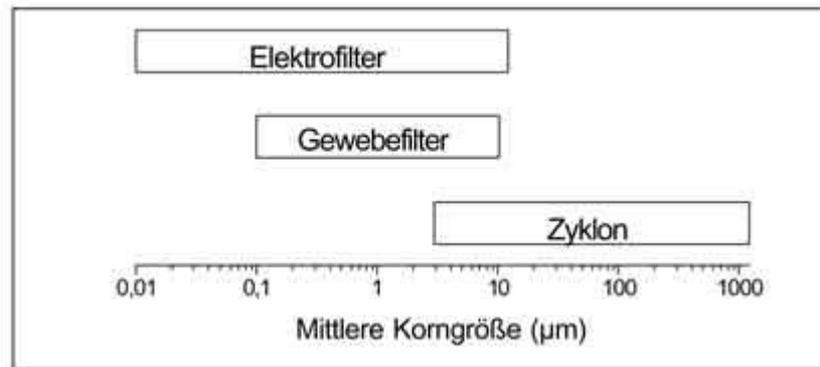
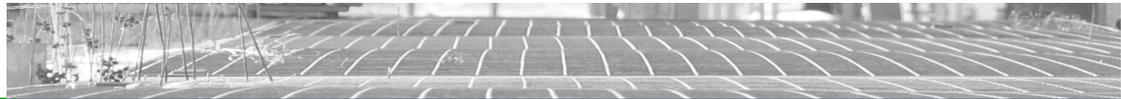


Abbildung 4-2: Einsatzbereich der Staubabscheidungsverfahren³

Die Abbildung veranschaulicht, dass durch den kombinierten Einsatz von Multizyklon und Elektrofilter ein breiter Bereich bezogen auf die Staubkörnung gefiltert werden kann.

Elektrofilter haben einen hohen Abscheidegrad und es können Reingaskonzentrationen zwischen 10 und 20 mg/Nm³ erreicht werden⁴. Gesetzlich liegt der Grenzwert der TA-Luft⁵ für die betrachtete Anlagengröße und der Nutzung von naturbelassenem Holz als Brennstoff bei 100 mg/Nm³. Dies verdeutlicht, dass die Anforderungen an die Menge der Staubemissionen mit dieser Technik deutlich unterschritten werden können. Zur Verringerung der Staubemissionen über das gesamte Spektrum der Partikelgrößen erfordert einen verstärkten Einsatz von hochwertigen Entstaubungstechniken. Insbesondere bei Biomasseanlagen von über einem MW sind zur Einhaltung der Grenzwerte zusätzliche Filtersysteme ergänzend zum Multizyklon erforderlich.

Durch den Einsatz dieser Filtertechniken können auch bei kleineren Anlagen problemlos die Anforderungen eines Luftkurortes eingehalten werden.

4.2.3. Investitionskosten Feuerungsanlagen

Die Tabelle 4-2 zeigt die Aufschlüsselung der Investitionskosten nach Variante 1.

³ K. RAAB, V. SIEGLE & H. SPLIETHOFF; Techniken der Energiebereitstellung – Möglichkeiten der Emissionsminderung in Leitfaden Bioenergie, Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen; Gülzow, 2005, Seite 155

⁴ K. RAAB, B. JAHRAUS & P. HEINRICH; Rechtliche Rahmenbedingungen, in Leitfaden Bioenergie, Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen; Gülzow, 2005, Seite 188

⁵ TA-Luft – Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft; Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz; Vom 24. Juli 2002; BGBl. I S.1950; Nr.: 5.4.1.2.1

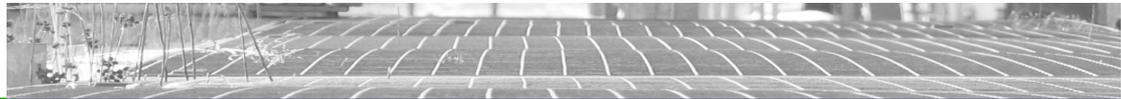


Tabelle 4-2: Investitionskosten Wärmeerzeuger

Investitionskosten Wärmeerzeuger inklusive Peripherie			
Feuerungsanlagen	Menge	Einheit	Preis (netto)
Dreizugkesselanlage mit Vor und Rückschubrost 800 kW			102.000,00 €
Dreizugkesselanlage mit Vor und Rückschubrost 500 kW			68.000,00 €
Entaschung			45.000,00 €
Elektrofilter			89.000,00 €
Bunkeraustragung Schubboden			44.331,00 €
Transportanlage Kratzkettenförderer			50.825,00 €
Steuerung			38.520,00 €
Transport/Montage/Inbetriebnahme/Einweisung			49.000,00 €
Summe			486.676,00 €

Peripherie	Menge	Einheit	Preis (netto)
Pufferspeicher 24.000 Liter	2	Stück	14.240,00 €
Isolierung	2	Stück	7.180,00 €
Pumpen	5	Stück	3.460,00 €
Absperrschieber	20	Stück	10.000,00 €
Verrohrung in der Heizzentrale	50	m	4.000,00 €
Montage, hydraulische Einbindung	20	Tage/2Mann	11.200,00 €
Schornstein (inklusive Montage)			11.779,00 €
Kleinteile			5.000,00 €
AusdehnungsgefäÙe/Druckhalteanlage/Zubehöer			6.000,00 €
Elektroanschluss			14.616,00 €
Wasseranschluss			11.470,00 €
Abwasseranschluss			24.350,00 €
Summe			123.295,00 €

Gesamtsumme Sanierungskosten			609.971,00 €
-------------------------------------	--	--	---------------------

Die aufgeführten Investitionskosten für die Kesselanlagen beinhalten bereits die Kosten für den jeweiligen Multizyklon. Bedingt durch die Höhendifferenz zwischen Brennstoffbunker und Heizzentrale bzw. Oberkante Kessel muss der Brennstoff eine lange Förderstrecke auf dem Kratzkettenförderer zurücklegen. Dies führt zu hohen Kosten des Brennstofftransportes. Des Weiteren entstehen hohe Kosten für den Elektrofilter. Die Kosten für die Peripherie, exklusive der Kosten für die Pufferspeicher, sind Schätzkosten.

4.2.4. Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung basiert auf der Annuitätenmethode. Als Randbedingung wurde von einem Zinssatz von 5% bei einer Laufzeit von 20 Jahren ausgegangen.

Tabelle 4-3 und Tabelle 4-4 zeigen die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Variante 1.

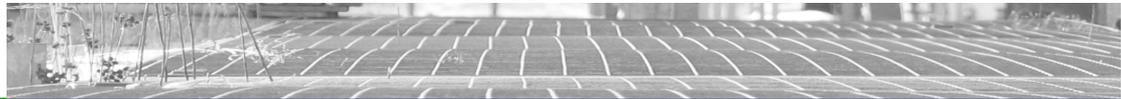


Tabelle 4-3: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 1 - Teil A

Variante 1 - Holzhackschnitzel 60/40		
Randbedingungen		
realer Zinssatz		5,00%
Betrachtungsdauer		20 Jahre
Annuitätenfaktor		0,0802
Investitionskosten		
Position		
1 Feuerungsanlagen		609.971 €
2 Kesselhaus		33.551 €
3 Brennstoffbunker		42.788 €
Nahwärmeleitungen Variante 1 inklusive		
4 Planungskosten		449.035 €
5 Hausübergabestationen		172.500 €
Zwischensumme I Investitionskosten		1.307.845 €
Planungskosten (Pos.: 1,2,3,5)	12,00%	103.057 €
Zwischensumme II Investitionskosten		1.410.902 €
Förderung - Kessel		-26.000 €
Förderung - Nahwärme		-98.080 €
Förderung - Hausübergabestationen		-28.800 €
Gesamtinvestitionskosten		1.258.022 €
Kapitalgebundene Kosten		100.947 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten		
Endenergie		2.334.205 kWh/a
Nutzenergie		1.818.780 kWh/a
spez. Brennstoffkosten HHS		0,0245 €/kWh
Verbrauchsgebundene Kosten		57.221 €/a

Die Investitionskosten für die Feuerungsanlagen und die Nahwärmeleitungen sowie die Hausübergabestationen wurden bereits erläutert. In Tabelle 4-3 sind darüber hinaus die Investitionskosten für den Brennstoffbunker und das Kesselhaus angegeben. Die eingerechneten Förderungen stammen aus dem Marktanzreizprogramm des Bundesumweltministeriums (BMU). Die Förderungen können im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien in Form von Tilgungszuschüssen in Anspruch genommen werden. Der Förderantrag ist vor Vorhabensbeginn bei der KfW-Bankengruppe zu stellen.

Aus den errechneten Gesamtinvestitionskosten von 1.258.022 € ergeben sich jährlich kapitalgebundene Kosten in Höhe von 100.947 €.



Der Endenergiebedarf von 2.334.205 kWh/a⁶ wird zur Berechnung der verbrauchsgebundenen Kosten angesetzt. Die Kosten für die Holzhackschnitzel wurden in Rücksprache mit Herrn Metz (Landesforsten) ermittelt⁷. Dem Produkt der beiden Faktoren, Endenergiebedarf und spez. Brennstoffkosten entsprechen die verbrauchsgebundenen Kosten in Höhe von 57.221 €/a.

Tabelle 4-4: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 1 - Teil 2

Betriebsgebundenen Kosten		
Betriebsstromkosten Holzkessel	1,25 €/MWh	2.918 €/a
Ascheentsorgung	0,35 €/MWh	817 €/a
Stromkosten Netzpumpen	0,58 €/MWh	1.354 €/a
TÜV-Meßgebühr		3.000 €/a
Wartung Feuerungsanlagen	2,50%	15.249 €/a
Wartung Nahwärme	0,88%	3.952 €/a
Wartung Hausübergabestationen	1,30%	2.243 €/a
Personalkosten (35 €/h)	400 h	14.000 €/a
Betriebsgebunden Kosten		43.532 €/a
sonstige Kosten		
Versicherung (%-Invest)	0,70%	9.155 €/a
Verwaltungskosten (%jährl.Kost)	5%	10.085 €/a
kalkulatorischer Zuschlag (%jährl.Kost)	3%	6.051 €/a
sonstige Kosten		25.291 €/a
Ergebnisse		
Jährliche Nettogesamtkosten		226.991 €/a
Mehrwertsteuer	19%	32.256 €/a
Mehrwertsteuer (HHS)	7%	4.005 €/a
Jährliche Bruttogesamtkosten		263.253 €/a
Wärmepreis netto		0,1248 €/kWh
Wärmepreis brutto		0,1447 €/kWh

Die betriebsgebundenen Kosten enthalten Betriebsstromkosten, Kosten der Ascheentsorgung sowie Wartungskosten für Feuerungsanlagen und das Nahwärmenetz. Daneben sind hier auch die Kosten für die Immissionsschutzmessung durch den TÜV⁸ und Personalkosten in Höhe von 14.000 €/a eingerechnet.

⁶ Die Berechnungen für den Endenergiebedarf befinden sich im Anhang. Die Leistung der Hausübergabestationen wurde entsprechend der Vollbenutzungsstunden an die jeweiligen Gebäude angepasst. Darüber hinaus wurden sämtliche Energieverluste berücksichtigt.

⁷ Die Umrechnung erfolgt auf Basis der folgenden Annahmen: Nadelholz, Wassergehalt 40 %.

⁸ Die Durchführung der Messung wird bedingt durch die Gesamtleistung der Feuerungsanlagen durch den TÜV durchgeführt und nicht durch den Schornsteinfeger. Dadurch entstehen höhere jährliche Kosten.



Die sonstigen Kosten ergeben sich aus den Kosten für die Versicherung, dem Verwaltungsaufwand und dem kalkulatorischen Zuschlag.

Die jährlichen Nettogesamtkosten für die Variante 1 belaufen sich auf 226.991 €, daraus ergibt sich ein Wärmepreis (brutto) von 14,47 Cent/kWh.

4.3. Variante 2

Bei der Variante 2 entspricht die Auslegung der Heizzentrale der Variante 1. Es erfolgt jedoch der Anschluss der Gebäude durch das Nahwärmenetz entsprechend Variante II⁹.

4.3.1. Wärmeversorgungskonzept

Das Wärmeversorgungskonzept entspricht aufgrund der identischen Auslegung der Heizzentrale dem der Variante 1. Die Ausführungen in Kapitel 4.2.1 sind für die Variante 2 entsprechend anzuwenden.

4.3.2. Immissionsschutz

Für den Immissionsschutz gelten dieselben Ausführungen wie für Variante 1 (siehe Kapitel 4.2.2).

4.3.3. Investitionskosten Feuerungsanlagen

Aufgrund der identischen Auslegung der Heizzentrale aus Variante 1 entsprechen auch die Investitionskosten für die Feuerungsanlagen der Variante 1 (siehe Kapitel 4.3.3).

4.3.4. Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung unterscheidet sich gegenüber der Variante 1 aufgrund der geänderten Nahwärmevariante in den Investitionskosten für Nahwärmeleitungen und Hausübergabestationen sowie in den auf die Trasse angepassten höheren Zuschüssen. Des Weiteren ist aufgrund des Anschlusses des Gebäudes Tourist-Info ein höherer Endenergiebedarf gegeben.

⁹ Zu beachten gilt, dass die Nahwärmevarianten mit römischen Zahlen versehen sind und die Varianten der Wärmebereitstellung/-versorgung mit arabischen Zahlen.



Tabelle 4-5: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 2 - Teil A

Variante 2 - Holzhackschnitzel 60/40		
Randbedingungen		
realer Zinssatz		5,00%
Betrachtungsdauer		20 Jahre
Annuitätenfaktor		0,0802
Investitionskosten		
Position		
1 Feuerungsanlagen		609.971 €
2 Kesselhaus		33.551 €
3 Brennstoffbunker		42.788 €
Nahwärmeleitungen Variante II inklusive		
4 Planungskosten		509.822 €
5 Hausübergabestationen		172.500 €
Zwischensumme I Investitionskosten		1.368.632 €
Planungskosten (Pos.: 1,2,3,5)	12,00%	103.057 €
Zwischensumme II Investitionskosten		1.471.689 €
Förderung - Kessel		-26.000 €
Förderung - Nahwärme		-111.520 €
Förderung - Hausübergabestationen		-30.600 €
Gesamtinvestitionskosten		1.303.569 €
Kapitalgebundene Kosten		104.602 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten		
Endenergie		2.363.586 kWh/a
Nutzenergie		1.818.780 kWh/a
spez. Brennstoffkosten HHS		0,0245 €/kWh
Verbrauchsgebundene Kosten		57.942 €/a



Tabelle 4-6: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 2 – Teil B

Betriebsgebundenen Kosten		
Betriebsstromkosten Holzkessel	1,25 €/MWh	2.954 €/a
Ascheentsorgung	0,35 €/MWh	827 €/a
Stromkosten Netzpumpen	0,58 €/MWh	1.371 €/a
TUV-Meßgebühr		3.000 €/a
Wartung Feuerungsanlagen	2,50%	15.249 €/a
Wartung Nahwärme	0,88%	4.486 €/a
Wartung Hausübergabestationen	1,30%	2.243 €/a
Personalkosten	400 h	14.000 €/a
Betriebsgebundenen Kosten		44.131 €/a
sonstige Kosten		
Versicherung	0,70%	9.580 €/a
Verwaltungskosten (%jährl.Kost)	5%	10.334 €/a
kalkulatorischer Zuschlag (%jährl.Kost)	3%	6.200 €/a
sonstige Kosten		26.114 €/a
Ergebnisse		
Jährliche Nettogesamtkosten		232.789 €/a
Mehrwertsteuer	19%	33.221 €/a
Mehrwertsteuer (HHS)	7%	4.056 €/a
Jährliche Bruttogesamtkosten		270.065 €/a
Wärmepreis netto		0,1280 €/kWh
Wärmepreis brutto		0,1485 €/kWh

Bedingt durch die höheren Investitionskosten und somit auch die höheren kapitalgebundenen Kosten steigen die jährlichen Nettogesamtkosten auf 232.789 €/a und der brutto Wärmepreis steigt in dieser Variante auf 14,85 Cent/kWh.

Gegebenenfalls können durch Anschlüsse privater Gebäude an das Nahwärmenetz die höheren Investitionskosten durch eine Verteilung ausgeglichen werden.

4.4. Variante 3

In der Variante 3 erfolgt die Abdeckung der Grundlast auf Basis des regenerativen Brennstoffes Holzhackschnitzel. Die Abdeckung der Spitzenlast wird mit dem Brennstoff Erdgas sichergestellt. Die Verlegung der Nahwärmeleitung wird entsprechend der Nahwärmevariante I betrachtet.

4.4.1. Wärmeversorgungskonzept

In dieser Variante wird der bestehende Erdgaskessel in der Karlstalhalle mit dem Baujahr 2000 und einer Leistung von 500 kW als Spitzenlastkessel in das System mit eingebunden. Aufgrund der Konstellation der unterschiedlichen Brennstoffe wird nur ein Biomassekessel



unter 1 MW Feuerungsleistung eingebaut. Damit ist für Variante 3 kein Genehmigungsverfahren notwendig. Die Verteilung der zu „produzierenden“ Wärmemenge der beiden Kessel wurde so aufgeteilt, dass die Biomassefeuerungsanlage 80% und der Erdgasspitzenlastkessel 20% übernimmt. Dadurch wird trotz des Einsatzes fossiler Energieträger der größte Anteil an Nutzenergie aus regenerativen Brennstoffen bereitgestellt. Der Erdgaskessel soll in dem bestehenden Heizungsraum installiert bleiben. Im Rahmen dieser Variante kann ein kleinerer Brennstoffbunker mit ca. 144 m³ Lagervolumen und einer HHS-Bevorratungsmenge von ca. 100 m³ eingesetzt werden. Das Kesselhaus hat jedoch aufgrund der Option für die Installation eines weiteren Kessels die gleiche Größe wie in den Varianten 1 und 2. In Variante 3 wird die gleiche Größe an Pufferspeicher verwendet. Aufgrund der Kesselkonstellation erreicht die spez. Puffervolumen die 30 Liter/kW für die Biomassefeuerungsanlage und ist somit förderfähig.

4.4.2. Immissionsschutz

Im Bereich Immissionsschutz werden für die Rauchgasentstaubung der Biomassefeuerungsanlage die gleichen Verfahren wie in Variante 1 beschrieben verwendet. Die Auslegung der Staubminderungsverfahren wurde entsprechend der Kesselleistung der Holzhackschnitzelfeuerungsanlage angepasst. Die Beschreibung der Techniken befindet sich in Kapitel 4.2.2.

4.4.3. Investitionskosten Feuerungsanlagen

Die Investitionskosten für das Wärmeversorgungssystem nach Variante 3 (siehe Tabelle 4-7) unterscheidet sich im Wesentlichen von den Varianten 1 und 2 durch die geringeren Investitionskosten des kleineren Biomassekessels sowie durch die technische Einbindung des bereits vorhandenen Erdgaskessels als Spitzenlastfeuerung.



Tabelle 4-7: Investitionskosten Wärmerezeuger

Investitionskosten Wärmerezeuger inklusive Peripherie			
Feurungsanlagen	Menge	Einheit	Preis
Dreizugkesselanlage mit Vor und Rückschubrost 800 kW			102.000,00 €
Einbindung Spitzenlastkessel Karlshalle			10.000,00 €
Entaschung			33.750,00 €
Elektrofilter			66.750,00 €
Bunkeraustragung Schubboden			33.248,25 €
Transportanlage Kratzkettenförderer			38.118,75 €
Steuerung			28.890,00 €
Transport/Montage/Inbetriebnahme/Einweisung			36.750,00 €
Summe			349.507,00 €
Peripherie	Anzahl	Einheit	
Pufferspeicher 24.000 liter	2	Stück	14.240,00 €
Isolierung	2	Stück	7.180,00 €
Pumpen	5	Stück	3.460,00 €
Absperrschieber	20	Stück	10.000,00 €
Verrohrung in der Heizzentrale	50	m	4.000,00 €
Montage, hydraulische Einbindung	15	Tage/2Mann	8.400,00 €
Schornstein (inklusive Montage)			11.779,00 €
Kleinteile			5.000,00 €
AusdehnungsgefäÙe/Druckhalteanlage/Zubehör			6.000,00 €
Elektroanschluss			14.616,00 €
Wasseranschluss			11.470,00 €
Abwasseranschluss			24.350,00 €
Summe			120.495,00 €
Gesamtsumme Sanierungskosten			470.002,00 €

Die Gesamtinvestitionskosten für die Wärmerezeuger und die benötigte Peripherie belaufen sich auf 470.002 €. Die Kosten für die Peripherie, exklusive der Kosten für die Pufferspeicher, sind Schätzkosten.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird nach Rücksprache mit der Verbandsgemeinde auch die Ersatzinvestition für den bestehenden Erdgaskessel zusätzlich zu den Investitionskosten aufgenommen, auch wenn diese nicht sofort fällig ist.

4.4.4. Wirtschaftlichkeitsberechnung

Bedingt durch die geringeren Investitionskosten in die Wärmerezeuger und der zusätzlichen Brennstoffkosten für das Erdgas unterscheiden sich alle Kostenpositionen der in Tabelle 4-8 dargestellten Wirtschaftlichkeitsberechnung.

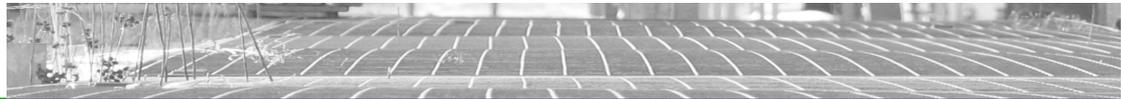


Tabelle 4-8: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 3 - Teil A

Variante 3 - Holzhackschnitzel/Erdgas		
Randbedingungen		
realer Zinssatz		5,00%
Betrachtungsdauer		20 Jahre
Annuitätenfaktor		0,0802
Investitionskosten		
Position		
1	Feuerungsanlagen Biomasse	470.002 €
2	Feuerungsanlage 500 kW Erdgas	40.000 €
3	Kesselhaus	31.929 €
4	Brennstoffbunker	34.922 €
5	Nahwärmeleitungen Variante I inklusive Planungskosten	449.035 €
6	Hausübergabestationen	172.500 €
Zwischensumme I Investitionskosten		1.198.387 €
	Planungskosten (Pos.: 1,2,3,5)	12,00% 89.922 €
Zwischensumme II Investitionskosten		1.288.310 €
	Förderung - Kessel	-16.000 €
	Förderung - Pufferspeicher	-8.000 €
	Förderung - Nahwärme	-98.080 €
	Förderung - Hausübergabestationen	-28.800 €
Gesamtinvestitionskosten		1.137.430 €
Kapitalgebundene Kosten		91.270 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten		
	Endenergie Biomasse HHS	1.867.364 kWh/a
	Endenergie Erdgasfeuerung	466.841 kWh/a
	Summe Endenergie	2.334.205 kWh/a
	Nutzenergie	1.818.780 kWh/a
	spez. Brennstoffkosten HHS	0,0245 €/kWh
	spez. Brennstoffkosten Erdgas	0,0595 €/kWh
	Kosten Holzhackschnitzel	45.777 €/a
	Kosten Erdgas	27.787 €/a
	Summe Brennstoffkosten	73.565 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten		73.565 €/a

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Variante 3 zeigt die geringeren Investitionskosten für die Wärmeerzeuger und den Brennstoffbunker und enthält die Ersatzinvestition für die Erdgasfeuerungsanlage in der Karlstalhalle. Die geringeren Investitionskosten und die zusätzliche finanzielle Förderung für den Pufferspeicher wirken sich positiv auf die Gesamtinvestitionskosten und somit auch auf die Kapitalkosten aus. Bedingt durch den höheren Erdgaspreis liegen die Verbrauchskosten oberhalb der Verbrauchskosten der Variante 1 und 2.



Tabelle 4-9: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 3 - Teil B

Betriebsgebundenen Kosten		
Betriebsstromkosten Erdgaskessel	0,75 €/MWh	350 €/a
Betriebsstromkosten Holzkessel	1,25 €/MWh	2.334 €/a
Ascheentsorgung	0,35 €/MWh	654 €/a
Stromkosten Netzpumpen	0,58 €/MWh	1.083 €/a
Meßgebühr Schornsteinfeger		250 €/a
Wartung Feuerungsanlagen	1,68%	7.896 €/a
Wartung Nahwärme	0,88%	3.952 €/a
Wartung Hausübergabestationen	1,30%	2.243 €/a
Personalkosten	250 h	8.750 €/a
Betriebsgebundenen Kosten		27.161 €/a
sonstige Kosten		
Versicherung	0,70%	8.389 €/a
Verwaltungskosten (%jährl.Kost)	5%	9.600 €/a
kalkulatorischer Zuschlag (%jährl.Kost)	3%	5.760 €/a
sonstige Kosten		23.748 €/a
Ergebnisse		
Jährliche Nettogesamtkosten		215.744 €/a
Mehrwertsteuer	19%	32.294 €/a
Mehrwertsteuer (HHS)	7%	3.204 €/a
Jährliche Bruttogesamtkosten		251.242 €/a
Wärmepreis netto		0,1186 €/kWh
Wärmepreis brutto		0,1381 €/kWh

Die geringeren Kosten für die Wartung und den Personalaufwand sowie der Mess- und Kehrgebühr der Schornsteinfeger sind in dieser Variante im Vergleich zu den Varianten 1 und 2 am geringsten.

Im Ergebnis sind jährliche Nettokosten in Höhe von 215.744 € zu erwarten. Der Bruttowärmepreis liegt bei 13,81 Cent/kWh. Durch die Einsparung der Investitionskosten für einen neuen Gaskessel, da bestehende Kessel genutzt werden sowie bei Verzicht des Elektrofilters kann der Bruttowärmepreis auf 13,01 Cent/kWh gesenkt werden.

4.5. Variante BHKW

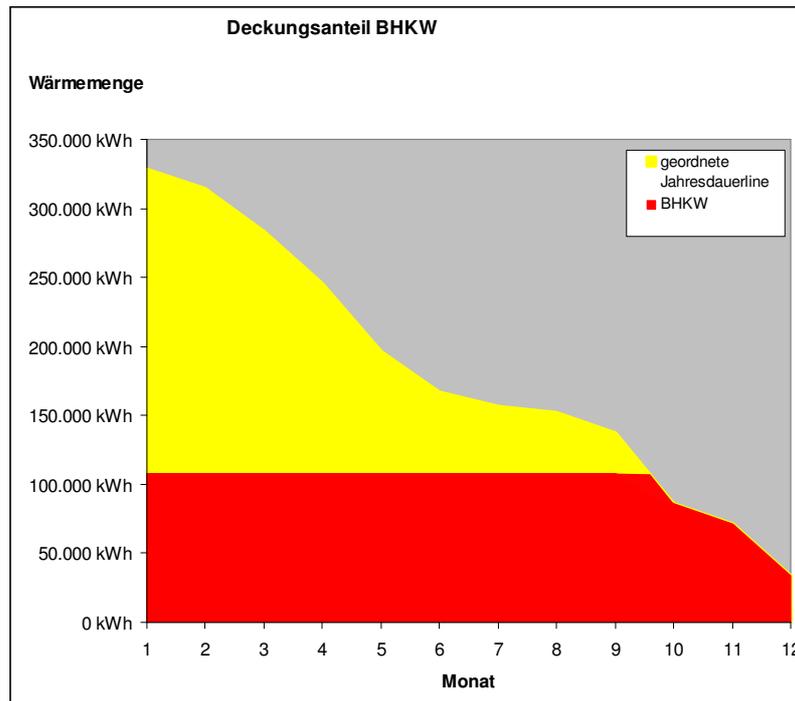
Alternativ zur Wärmeversorgung mit holzartiger Biomasse wird auch die Deckung der Grundlast durch die Kraft-Wärme-Kopplung betrachtet. Hierbei wird zum Einen ein BHKW auf Basis von Pflanzenöl und zum Anderen ein BHKW auf Erdgasbasis untersucht.

Auf Basis der Verbrauchswerte der untersuchten Gebäude ergibt sich die in Abbildung 4-3 dargestellt geordnete Jahresdauerlinie. Ein potentiell BHKW mit einer Betriebszeit von 20 Stunden pro Tag hätte dem entsprechend eine thermische Leistung von rund 180 kW_{th}. Auf



das Jahr bezogen ergibt sich eine Laufzeit für das BHKW von 6.550 Stunden. Der Deckungsanteil am Wärmebedarf, der an das Nahwärmenetz angeschlossenen Gebäude würde 1.050.000 kWh_{th} bzw. 45% betragen. Die elektrische Leistung eines so dimensionierten BHKW entspricht ca. 150 kW_{el}. Dies entspräche einer Jahresstromproduktion von 982.500 kWh_{el}.

Abbildung 4-3: Deckungsanteil BHKW am Wärmebedarf



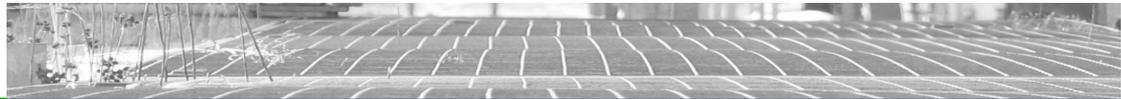
4.5.1. Pflanzenöl-BHKW

Hier wird ein BHKW betrachtet, das mit Pflanzenöl betrieben wird und den NAWARO-Bonus sowie den KWK-Bonus nach EEG erhält. Es wurde mit einem Rapsölpreis von 0,90 €/l (netto) kalkuliert. Nach Angaben der Ölmühle Zweibrücken ist mittelfristig mit einem Preis von 1,30 €/l zu rechnen. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Tabelle 4-10 wird lediglich das BHKW ohne zusätzliche Spitzenlastfeuerung betrachtet. Die Betrachtung zeigt, dass sich für die vom BHKW zur Verfügung gestellte Wärme ein Bruttowärmepreis von 13,64 Cent/kWh_{th} erzielen lässt. Dieser Preis liegt deutlich über den Wärmegestehungskosten der Erdgasreferenzvariante und kann somit unter derzeitigen Rahmenbedingungen nicht zur Kostensenkung beitragen. Zu den hier ermittelten Kosten kommen im Falle einer Einbindung in das Nahwärmenetz die Netzkosten hinzu, die zu einem weiteren Anstieg der ohnehin unwirtschaftlichen Wärmegestehungskosten führen.



Tabelle 4-10: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante Pflanzenöl-BHKW

Pflanzenöl - BHKW			
Randbedingungen			
	realer Zinssatz		5,00%
	Betrachtungsdauer		20 Jahre
	Annuitätenfaktor		0,0802
Investitionskosten			
Position			
1	BHKW + Anschlusszubehör		200.000 €
2	Pflanzenöltank		15.000 €
Zwischensumme I Investitionskosten			215.000 €
	Planungskosten	12,00%	25.800 €
Zwischensumme II Investitionskosten			240.800 €
	Förderung - Kessel		0 €
	Förderung - Pufferspeicher		0 €
	Förderung - Nahwärme		0 €
	Förderung - Hausübergabestationen		0 €
Gesamtinvestitionskosten			240.800 €
Kapitalgebundene Kosten			19.322 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten			
	Endenergie Pflanzenöl	0,90 €/l	2.573.168 kWh/a
	eingespeister Strom		982.500 kWh/a
	bereitgestellte Wärme		1.179.000 kWh/a
	spez. Brennstoffkosten Pflanzenöl		0,1000 €/kWh
	Kosten Pflanzenöl		257.317 €/a
	Summe Brennstoffkosten		257.317 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten			257.317 €/a
Betriebsgebundenen Kosten			
	Wartung BHKW	26,00 €/MWh	25.545 €/a
	Personalkosten	0 h	0 €/a
Betriebsgebundenen Kosten			25.545 €/a
sonstige Kosten			
	Versicherung	0,70%	1.505 €/a
	Verwaltungskosten (%jährl.Kost)	5%	15.109 €/a
	kalkulatorischer Zuschlag (%jährl.Kost)	3%	9.066 €/a
sonstige Kosten			25.680 €/a
Erlöse - Einspeisevergütung Strom			
	Einspeisevergütung EEG	0,1083 €/kWh	106.405 €
	NAWARO-Bonus	0,0600 €/kWh	58.950 €
	KWK-Bonus	0,0200 €/kWh	19.650 €
Einspeisevergütung Strom			-185.005 €/a
Ergebnisse			
Jährliche Nettogesamtkosten			142.859 €/a
	Mehrwertsteuer	19%	0 €/a
	Mehrwertsteuer (HHS)	7%	18.012 €/a
Jährliche Bruttogesamtkosten			160.871 €/a
Jährliche Einspeisevergütungen Strom			
Wärmepreis netto			0,1212 €/kWh
Wärmepreis brutto			0,1364 €/kWh



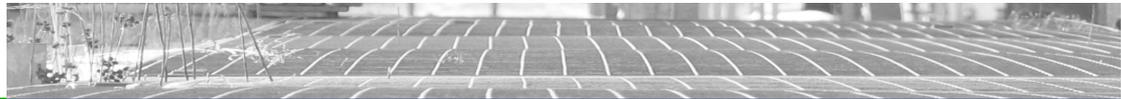
Aufgrund der zur Zeit herrschenden Kostenstruktur stellt in diesem Fall ein Pflanzenöl-BHKW keine wirtschaftliche Alternative zur vorher betrachteten Heizzentrale auf Basis holzartiger Biomasse dar. Zudem hat das hier betrachtete BHKW nur einen Deckungsanteil am Wärmebedarf von 45% gegenüber einem Deckungsanteil bei holzartiger Biomasse von 80-100%.

4.5.2. Erdgas-BHKW

Hier wird ein BHKW betrachtet, das mit Erdgas betrieben wird und nach dem KWK-Gesetz vergütet wird. Die Vergütung nach dem KWK-Gesetz setzt sich aus drei Segmenten zusammen:

- ungesicherte Einspeisevergütung nach EEX-Börse (3-6 Cent/kWh),
- vermiedene Netznutzung (0,5 Cent/kWh)
- und dem KWK-Bonus (bis zu 6 Jahren oder 30.000 Betriebsstunden) (5,11 Cent/kWh für den Leistungsanteil bis 50 kW_{el} und 2,10 Cent/kWh für den Leistungsbereich über 50 kW_{el} bis 2 MW_{el} ergibt für eine Leistung von 150 kW_{el} einen Mischpreis von 3,10 Cent/kWh

Den zu erzielenden Einspeisevergütungen in Höhe von rund 6,5 bis 9,0 Cent/kWh stehen Bezugskosten von 4-7 Cent/kWh Erdgas gegenüber. Zudem reduziert sich diese Einspeisevergütung nach 6 Jahren oder 30.000 Betriebsstunden um den KWK-Zuschlag. Mit der geringen Differenz müssten die zusätzlichen Investitionskosten und höheren Wartungskosten für das BHKW abgedeckt werden. Hier besteht das Risiko aufgrund der stark schwankenden Erdgaspreise und Einspeisevergütungen ein 3Auf Basis dieser groben Betrachtung sind auch hier keine kostensenkenden Effekte zu erkennen.



4.6. ORC-Modul für Variante 1 oder 2

Die beiden bisher betrachteten Ansatzpunkte der Kraft-Wärme-Kopplung über ein BHKW ergaben keine wirtschaftlichen Effekte für ein potentielles Nahwärmenetz. Bei einer Umsetzung eines Nahwärmenetzes mit einer Heizzentrale auf Basis holzartiger Biomasse stellt jedoch die Kopplung der Biomassekessel mit der ORC-Technik einen potentiellen Ansatz zur Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung dar.

4.6.1. Technische Auslegung

Für die Varianten 1, 2 und 3 wurde geprüft, ob durch eine nachgeschaltete Stromproduktion mittels ORC-Anlage zusätzliche Einnahmen erzielt werden können. Es ist allerdings nur eine grobe, qualitative Aussage möglich, da die technische Detailplanung von einem Fachunternehmen vorgenommen werden muss. Nach Gesprächen mit einem Mitarbeiter der Klima Becker GmbH ist eine Stromproduktion mittels ORC technisch machbar, die Anlagentechnik muss jedoch individuell auf diese Anwendung ausgelegt werden. Ein mögliches Konzept sieht vor, mit der Wärme der Heizungsanlage das ORC-Modul zu versorgen und die Abwärme wiederum zur Versorgung des Nahwärmenetzes zu nutzen. Falls das Temperaturniveau nach dem ORC-Prozess nicht hoch genug ist, kann es über eine Direktleitung aus dem Vorlauf der Heizungsanlage angehoben werden. Nach groben Berechnungen ist ein ORC-Modul nur dann wirtschaftlich sinnvoll, wenn die gesamte Leistung von $1,3 \text{ MW}_{\text{th}}$ genutzt werden kann. Das heißt, würde man in Variante 3 nur den $800 \text{ kW}_{\text{th}}$ Holzkessel als Wärmequelle zur Stromproduktion nutzen, würde die ORC-Anlage nicht genügend Jahresbetriebsstunden für einen wirtschaftlichen Betrieb aufweisen. Außerdem sollte nur Energie aus Holz genutzt werden, da für die Stromproduktion aus Erdgas keine Vergütungen nach EEG gezahlt werden. Nach diesen ersten Überlegungen eignen sich für eine Nachverstromung insbesondere die Varianten 1 und 2 mit $1,3 \text{ MW}_{\text{th}}$ Biomassefeuerung für eine ORC-Nutzung.

Ein Fließbild der integrierten ORC-Anlage zeigt Abbildung 4-4.

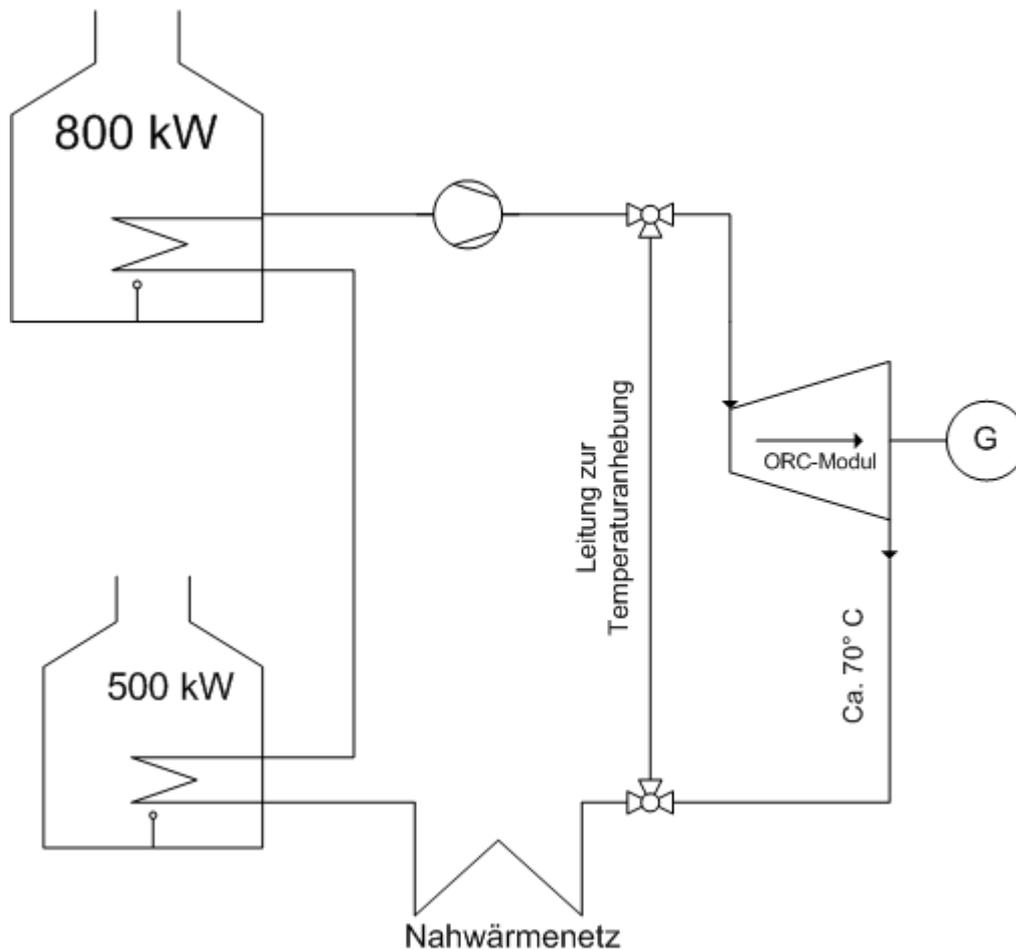
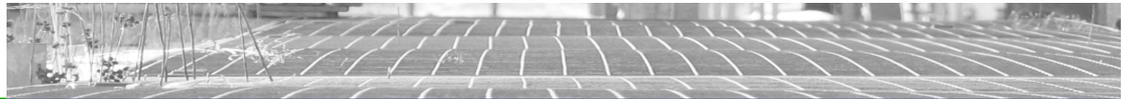


Abbildung 4-4: Fließbild der Heizungsanlage

Die Abbildung zeigt, wie das ORC-Modul anlagentechnisch integriert werden könnte. Berechnungen haben gezeigt, dass ein wärmegeführter Betrieb der ORC-Anlage sinnvoller ist, als ein stromgeführter, d. h. es wird nur Strom produziert, wenn auch Wärme gebraucht wird. Bei einem stromgeführten Betrieb sind bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 15-20% die Stromerträge zu gering, um die erhöhten Brennstoffkosten zu decken. Eine Direktleitung von den Kesseln ins Nahwärmenetz dient dazu, bei Spitzenlastnachfrage das ORC-Modul abschalten zu können oder je nach Bedarf heißes Wasser direkt von den Kesseln zur Temperaturerhebung beizumischen.

In der späteren Fachplanung wäre zu prüfen, ob nur die Kesselleistung als Wärmequelle genutzt wird oder auch die Abgaswärme genutzt werden kann. Mit der Abgaswärme stünden weitaus höhere Temperaturen für den ORC-Prozess zur Verfügung, was sich positiv auf den elektrischen Wirkungsgrad auswirkt. Zudem könnte das ORC-Modul dann eventuell auch nur



über die Abgaswärme betrieben werden, wenn die gesamte Kesselleistung vom Nahwärme-netz abgefragt wird. Dadurch würde sich die Betriebsstundenzahl erhöhen.

Für die technische Auslegung der ORC-Anlage wurden folgende Annahmen getroffen:¹⁰

- Wirkungsgrad el. 17%
- Wirkungsgrad th. 73%
- Bauteilverluste 10%
- max. Eingangsleistung ORC 1.300 kW_{th}
- Temperaturniveau nach ORC 70°C
- wärmegeführter Betrieb

Aus diesen Annahmen lässt sich annäherungsweise eine zu produzierende Strommenge errechnen. Beim wärmegeführten Betrieb müssen die Kessel 27% mehr Leistung bringen, um das ORC-Modul zu betreiben und trotzdem den Wärmebedarf des Netzes zu decken. Dies wiederum bedeutet, dass bei einer Spitzenlastabfrage des Netzes die Kessel nicht ausreichen, um das ORC-Modul zusätzlich zu versorgen und dass es erst ab einer Leistung 27% unter der Spitzenlast angefahren werden kann.

Abbildung 4-5 zeigt die geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs und die darauf abgestimmte Stromproduktion mittels ORC.

¹⁰ Konservative Annahmen nach Informationen von Herrn Levien der Klima Becker GmbH.

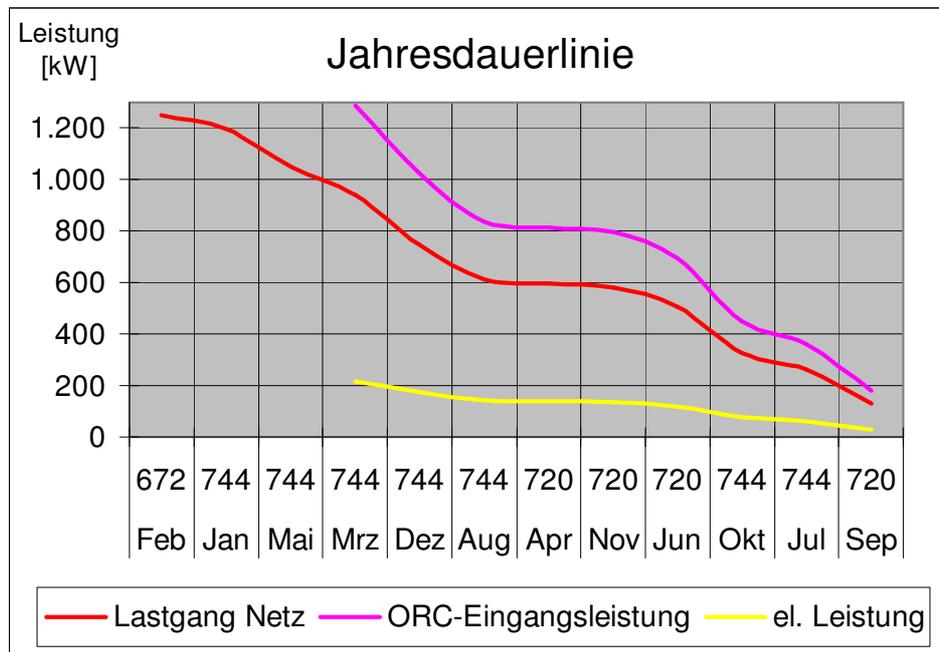
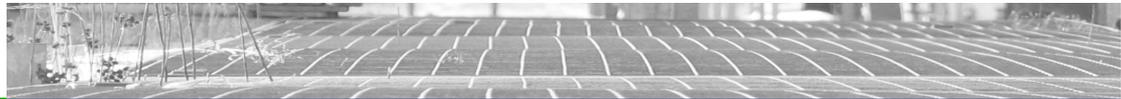


Abbildung 4-5: Jahreslastgang von Netz, Holzkessel und ORC

Die Jahresdauerlinie zeigt in rot den Wärmebedarf des Netzes geordnet nach Jahresstunden und absteigender Leistung. Die violette Linie zeigt die erhöhte Wärmeleistung der Kessel zum Betrieb der ORC-Anlage. Sie gibt damit auch die Betriebsstunden der ORC-Anlage wieder und liegt 27% über der abgefragten Wärmeleistung des Netzes. Die gelbe Linie zeigt die elektrische Leistung des ORC-Moduls. Bei 17% Wirkungsgrad produziert es maximal 220 kW_{el}. Nach diesem Konzept werden mit der ORC-Anlage bei 6.600 Betriebsstunden pro Jahr 804.736 kWh_{el} Strom produziert und nach EEG vergütet.

Allerdings ist an dieser Stelle deutlich hervorzuheben, dass das Datenmaterial, auf dessen Basis die Stromproduktion errechnet wurde, weitestgehend auf Annahmen beruht. Es liegen keine Tageslastgänge vor, mit deren Hilfe eine detaillierte Jahresdauerlinie gebildet werden könnte. Die Jahresdauerlinie beruht ausschließlich auf Trends der monatlichen Brennstoffverbräuche. Deren Verteilung wurde auf den kalkulierten Leistungsbedarf übertragen und absteigend geordnet.



4.6.2. Wirtschaftlichkeitsabschätzung

Eine belastbare Wirtschaftlichkeitsabschätzung ist für die Einbindung einer ORC-Anlage zu in diesem Planungsstadium ausdrücklich nicht möglich, da zu viele Unsicherheitsfaktoren bestehen und die Anlage individuell ausgelegt werden muss. Eine schlüsselfertige Standardanlage kann der Markt mit großer Wahrscheinlichkeit nicht liefern. Dennoch wird auf Basis von Schätzkosten für das ORC-Modul, Zusatzkosten für den Betrieb und Erlösen aus der Stromproduktion eine qualitative Abschätzung erstellt, ob eine ORC-Anlage die Wirtschaftlichkeit der Varianten 1 und 2 verbessern kann. Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsabschätzung ist ein Jahresüberschuss, der die Kosten und Erlöse berücksichtigt, welche mit der Anschaffung und dem Betrieb einer ORC-Anlage verbunden sind.

Für die Investitionskosten werden Annahmen getroffen, welche bei einer eventuellen Beauftragung eines Herstellers zu verifizieren sind. Tabelle 4-11 zeigt die geschätzten Investitionskosten für die ORC-Anlage und die daraus resultierenden Kapitalkosten.

Tabelle 4-11: Wirtschaftlichkeitsberechnung ORC - Teil A

ORC-Modul für Variante 1			
Investitionskosten			
Bezeichnung	Bemerkung		Betrag [€]
ORC-Modul (220 kW _{el})			500.000
größere Heizzentrale			10.000
Einbindung in Heizzentrale			10.000
Anschluss an Stromnetz			10.000
Genehmigung			1.000
Planung, Montage, Inbetriebnahme	bezogen auf die Investitionskosten	20%	106.200
Investitionskosten			637.200
Kapitalkosten			
Bezeichnung	Einheit		Betrag [€/a]
Investitionskosten	€	637.200	
realer Zinssatz		5%	
Betrachtungsdauer	a	15	
Annuitätenfaktor		0,0963	
Kapitalkosten			61.389

Die Investitionskosten wurden auf 500.000 € geschätzt. Als Anhaltspunkt wurden Preise des Herstellers LTi-Adaturb GmbH herangezogen, welcher ein Modul mit 60 kW_{el} für 270.000 € anbietet. Hinzu kommen Zusatzkosten, welche den zusätzlichen Platzbedarf für das ORC-Modul berücksichtigen, die hydraulische Einbindung in die Heizzentrale und die Einrichtung



der Stromeinspeisung. Es wurden relativ hohe Planungskosten angesetzt, da ein Hersteller das ORC-Modul wahrscheinlich individuell auslegen muss. Dennoch können diese Kosten auch höher ausfallen, falls ein längerer Probetrieb notwendig wird.

Die periodischen Kosten und Erlöse aus dem Betrieb der ORC-Anlage zeigt Tabelle 4-12.

Tabelle 4-12: Wirtschaftlichkeitsberechnung ORC - Teil B

Verbrauchskosten			
Bezeichnung	kWh/a	€/kWh	Betrag [€/a]
zus. Bedarf an HHS	519.978	0,0245	12.747
Verbrauchskosten			12.747
Betriebskosten			
Bezeichnung	Bemerkung		Betrag [€/a]
Wartung und Instandhaltung	bezogen auf die Investitionskosten	4%	20.000
Betriebskosten			20.000
sonstige Kosten			
Bezeichnung	Bemerkung		Betrag [€/a]
Versicherung	bezogen auf die Investitionskosten	2%	10.000
kalkulatorischer Zuschlag	bezogen auf die jährlichen Kosten	3%	2.442
Summe sonstiger Kosten			12.442
Jahreskosten			106.578
Erlöse aus Stromerzeugung			
Bezeichnung	Einheit		Betrag [€/a]
Stromertrag	kWh/a	804.736	
Grundvergütung	€/kWh	0,1167	93.913
NawaRo-Bonus	€/kWh	0,0600	48.284
KWK-Bonus	€/kWh	0,0300	24.142
Technologiebonus	€/kWh	0,0200	16.095
Summe	€/kWh	0,2267	182.434
Jahreserlöse			182.434
Jahresüberschuss			75.856

Für den Betrieb der ORC-Anlage ergeben sich zusätzliche Verbrauchskosten in Höhe des zusätzlichen Bedarfs an HHS gegenüber den ursprünglichen Varianten. Der Verbrauch wurde für die Monate, in welchen das ORC-Modul voraussichtlich betrieben wird um 27% angehoben, um den zusätzlichen Leistungsbedarf zu decken. Außerdem wurden weitere 10% für eine eventuell notwendige Temperaturerhebung kalkuliert. Dies allerdings nur für die Wintermonate, da davon auszugehen ist, dass für die Beheizung des Schwimmbads das Temperaturniveau von 70 °C nach dem ORC-Prozess ausreichend ist.



Die Kosten für Instandhaltung und Versicherung stammen von Veröffentlichungen des Herstellers LTi-Adaturb GmbH.

Die Erlöse aus der Stromeinspeisung ins öffentliche Netz richten sich nach den Maßgaben des EEG. Die Grundvergütung beträgt für Anlagen bis 150 kW_{el} 11,67 Cent/kWh_{el} Strom.¹¹ Dabei richtet sich die Leistung nicht nach der elektrischen Wirkleistung, sondern nach der durchschnittlichen jährlichen Einspeiseleistung, welche hier 92 kW_{el}¹² beträgt. Der NawaRo-Bonus für HHS aus Waldrestholz, Rinde und Holz aus Kurzumtriebsplantagen beträgt nach EEG 6 ct/kWh.¹³ Der KWK-Bonus beträgt nach neuem EEG ab dem Jahr 2009 3 Cent/kWh_{el}. Er wird für die gesamte Stromproduktion gewährt, da das ORC-Modul wärmegeführt betrieben wird.¹⁴ Außerdem wird für die ORC-Technik der Technologiebonus von 2 Cent/kWh_{el} gewährt.¹⁵ Insgesamt sind Erlöse aus der abgeschätzten Stromeinspeisung von rund 182.000 €/a zu erwarten. Nach Abzug der jährlichen Kosten von 106.600 € ergibt sich ein kalkulierter Jahresüberschuss in Höhe von ca. 75.800 €.

Nach dieser groben Vorbetrachtung mit den genannten Unsicherheiten könnte die Wirtschaftlichkeit der Varianten 1 und 2 durch die zusätzlichen Einnahmen aus der ORC-Technik verbessert werden. Ein Jahresüberschuss aus dem ORC-Prozess von rund 75.800 € ergibt bei einem prognostiziertem Nutzenergiebedarf von rund 1.800.000 kWh_{th} eine kalkulatorische Reduktion des Wärmepreises von knapp 5 Cent/kWh_{th}.

Allerdings muss die Anlage höchstwahrscheinlich von einem Hersteller spezifisch auf das Nahwärmenetz ausgelegt und in die Heizzentrale integriert werden. Nach einem Telefonat mit der Klima Becker GmbH besteht Interesse an einer Beauftragung. Im Falle einer Umsetzung der Variante 1 oder 2 sollte daher frühzeitig eine integrierte Gesamtplanung durchgeführt werden. Die Klima Becker GmbH kann eine genauere Planung durchführen, in der die Stromerträge belastbarer als in dieser Studie simuliert werden. Bei einer Umsetzung sind umfangreiche Garantieleistungen sowie ein Vollwartungsvertrag anzustreben.

¹¹ vgl. § 27 Abs. 1 Nr. 1 EEG

¹² Jahresstromproduktion [kWh/a] / volle Zeitstunden des Kalenderjahres [h/a] = Relevante Anlagenleistung [kW]
804.736 kWh/a / 8760 h/a = 92 kW

¹³ vgl. Anlage 2 Positivliste Nr. III EEG

¹⁴ vgl. § 27 Abs. 4 Nr. 3 und Anlage 3 EEG

¹⁵ vgl. § 27 Abs. 4 Nr. 1 und Anlage 1 EEG



4.7. Überblick

Dieses Kapitel zeigt eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Berechnungen und dient dem Überblick sowie der Ergebnisdiskussion.

4.7.1. Zusammenfassung der Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Varianten 1-3 und der Referenzvariante gegenüber gestellt und diskutiert. Die BHKWs finden aufgrund der in Kapitel 4.5 dargestellten Aspekte hier keine weitere Beachtung.

Die Ergebnisse der Varianten 1-3 und der Referenzvariante werden in Tabelle 4-13 dargestellt.

Tabelle 4-13: Vergleich der Ergebnisse der Varianten

Vergleich der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen				
Variante	Referenz-variante	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Investitionskosten inklusive Planungskosten ohne Förderungen	288.340 €	1.410.902 €	1.471.689 €	1.288.310 €
Förderungen	0 €	-152.880 €	-168.120 €	-150.880 €
Investitionskosten	288.340 €	1.258.022 €	1.303.569 €	1.137.430 €
kapitalgebundene Kosten	23.137 €/a	100.947 €/a	104.602 €/a	91.270 €/a
verbrauchsgebundene Kosten	118.048 €/a	57.221 €/a	57.942 €/a	73.565 €/a
betriebsgebundene Kosten	15.679 €/a	43.532 €/a	44.131 €/a	27.161 €/a
sonstige Kosten	0 €/a	25.291 €/a	26.114 €/a	23.748 €/a
Summe Jahreskosten (netto)	156.864 €/a	226.991 €/a	232.789 €/a	215.744 €/a
Summe Jahreskosten (brutto)	186.668 €/a	263.253 €/a	270.065 €/a	251.242 €/a
Wärmepreis (netto)	0,0862 €/kWh	0,1248 €/kWh	0,1280 €/kWh	0,1186 €/kWh
Wärmepreis (brutto)	0,1026 €/kWh	0,1447 €/kWh	0,1485 €/kWh	0,1381 €/kWh

Auf den ersten Blick ist die Referenzvariante am günstigsten, gefolgt von der Variante 3, bei der ein neuer Erdgaskessel als Spitzenlastkessel verwendet wird. Diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gibt jedoch nur eine Momentaufnahme wieder. Vor allem die stark steigenden Erdgaspreise können schnell zu einem veränderten Bild führen.

In der Tabelle 4-14 werden die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten im Bezug auf die Referenzvariante dargestellt.



Tabelle 4-14: Vergleich der Ergebnisse der Varianten im Bezug auf die Referenzvariante

Vergleich der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen										
Variante	Referenz-variante	Variante 1	Differenz (Ref.-V1)		Variante 2	Differenz (Ref.-V2)		Variante 3	Differenz (Ref.-V3)	
Investitionskosten inklusive Planungskosten ohne Förderungen	288.340 €	1.410.902 €	-1.122.562 €	389%	1.471.689 €	-1.183.349 €	410%	1.288.310 €	-999.970 €	347%
Förderungen	0 €	-152.880 €	152.880 €	---	-168.120 €	168.120 €	---	-150.880 €	150.880 €	---
Investitionskosten	288.340 €	1.258.022 €	-969.682 €	336%	1.303.569 €	-1.015.229 €	352%	1.137.430 €	-849.090 €	294%
kapitalgebundene Kosten	23.137 €/a	100.947 €/a	-77.810 €/a	336%	104.602 €/a	-81.465 €/a	352%	91.270 €/a	-68.133 €/a	294%
verbrauchsgebundene Kosten	118.048 €/a	57.221 €/a	60.827 €/a	-52%	57.942 €/a	60.106 €/a	-51%	73.565 €/a	44.484 €/a	-38%
betriebsgebundene Kosten	15.679 €/a	43.532 €/a	-27.853 €/a	178%	44.131 €/a	-28.452 €/a	181%	27.161 €/a	-11.482 €/a	73%
sonstige Kosten	0 €/a	25.291 €/a	-25.291 €/a	---	26.114 €/a	-26.114 €/a	---	23.748 €/a	-23.748 €/a	---
Summe Jahreskosten (netto)	156.864 €/a	226.991 €/a	-70.127 €/a	45%	232.789 €/a	-75.925 €/a	48%	215.744 €/a	-58.880 €/a	38%
Summe Jahreskosten (brutto)	186.668 €/a	263.253 €/a	-76.585 €/a	41%	270.065 €/a	-83.397 €/a	45%	251.242 €/a	-64.574 €/a	35%
Wärmepreis (netto)	0,0862 €/kWh	0,1248 €/kWh	-0,0386 €/kWh	45%	0,1280 €/kWh	-0,0417 €/kWh	48%	0,1186 €/kWh	-0,0324 €/kWh	38%
Wärmepreis (brutto)	0,1026 €/kWh	0,1447 €/kWh	-0,0421 €/kWh	41%	0,1485 €/kWh	-0,0459 €/kWh	45%	0,1381 €/kWh	-0,0355 €/kWh	35%

Die Tabelle 4-14 verdeutlicht die Auswirkungen der wesentlich höheren Investitionskosten in die Anlagentechnik und in das Nahwärmenetz der Varianten 1 bis 3 im Vergleich zur Referenzvariante. Trotz der Inanspruchnahme der finanziellen Förderungen liegen die Investitionskosten der drei Varianten (1 bis 3) mind. um das Dreifache über dem der Referenzvariante.

Die verbrauchsgebundenen Kosten der Varianten mit den Biomassefeuerungsanlagen liegen entsprechend der Brennstoffkosten unterhalb der Kosten der Referenzvariante.

Die betriebsgebundenen Kosten für die Biomassefeuerungsanlagen sind entsprechend der aufwendigeren Anlagentechnik und Brennstoffzuführung höher. Des Weiteren sind auch Personalkosten für die Anlage mit eingeplant, welche auch einen Mehrwert in Form von Beschäftigung innerhalb der Region bedeuten und somit nicht nur monetär zu bewerten sind.

Die jährlichen Gesamtkosten sind entsprechend der Summe der Kostenpositionen für die Biomassevarianten höher als die jährlichen Gesamtkosten der Referenzvariante, wobei zu beachten ist, dass für die Holzhackschnitzel ein ermäßigter Mehrwertsteuersatz von 7% angesetzt wurde. Der unterschiedliche Wärmepreis ist in Abbildung 4-6 nochmals dargestellt und wird anhand der Graphik diskutiert.

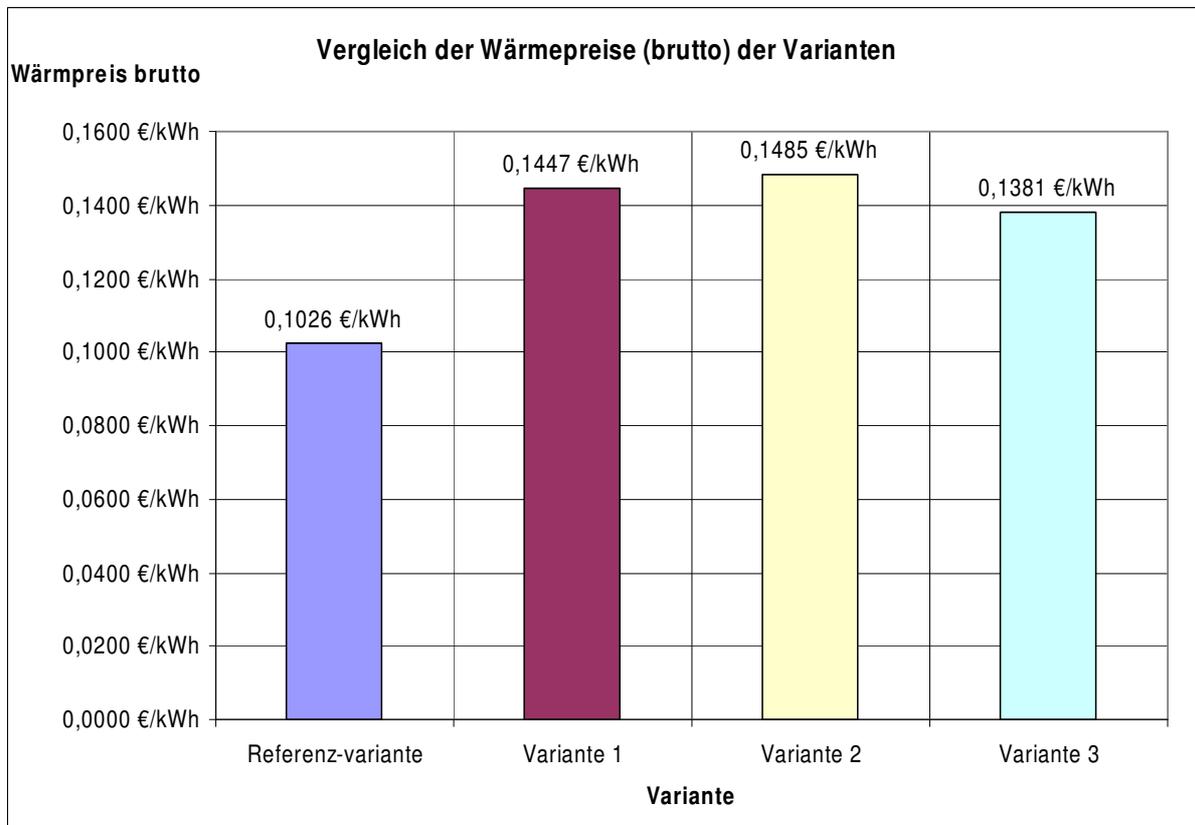


Abbildung 4-6: Vergleich der Wärmepreise (brutto) der Varianten

Abbildung 4-6 zeigt die Bruttowärmepreise der verschiedenen Varianten. Auf der Abbildung ist zu erkennen, dass der Wärmepreis der Referenzvariante deutlich unterhalb der Wärmepreise der anderen Varianten liegt. Des Weiteren wird ersichtlich, dass die beiden reinen Biomassevarianten (Variante 1 und 2) ähnliche Wärmepreise besitzen. Die Wärmepreise durch die Kopplung der Biomassekessel mit einem ORC-Modul sind unter Berücksichtigung eines gewissen Risikos aufgrund der innovativen Technik noch zu senken. Die Betrachtung in Kapitel 4.6.2 zeigt pro kWh Wärmebedarf ein Einsparpotenzial von rund 5 Cent/kWh_{th} auf, welches aber durch ingenieurmäßige Planungen verifiziert werden muss. Die Variante 3 mit der Erdgasspitzenlastfeuerungsanlage ist aufgrund geringerer Investitions- und Betriebskosten zunächst günstiger als die reinen Biomassevarianten. Über die Laufzeit wirkt sich die Preissteigerung des erheblich reduzierten Gasbedarfs im Vergleich zur reinen Biomasseversorgung negativ aus. Werden kein neuer Erdgaskessel und kein Elektrofilter für den Biomassekessel berechnet, sinkt der Wärmepreis für Variante 3 auf 13,01 Cent/kWh.



Die in Abbildung 4-7 dargestellte Sensitivitätsanalyse zeigt ein mögliches Zukunftsszenario.

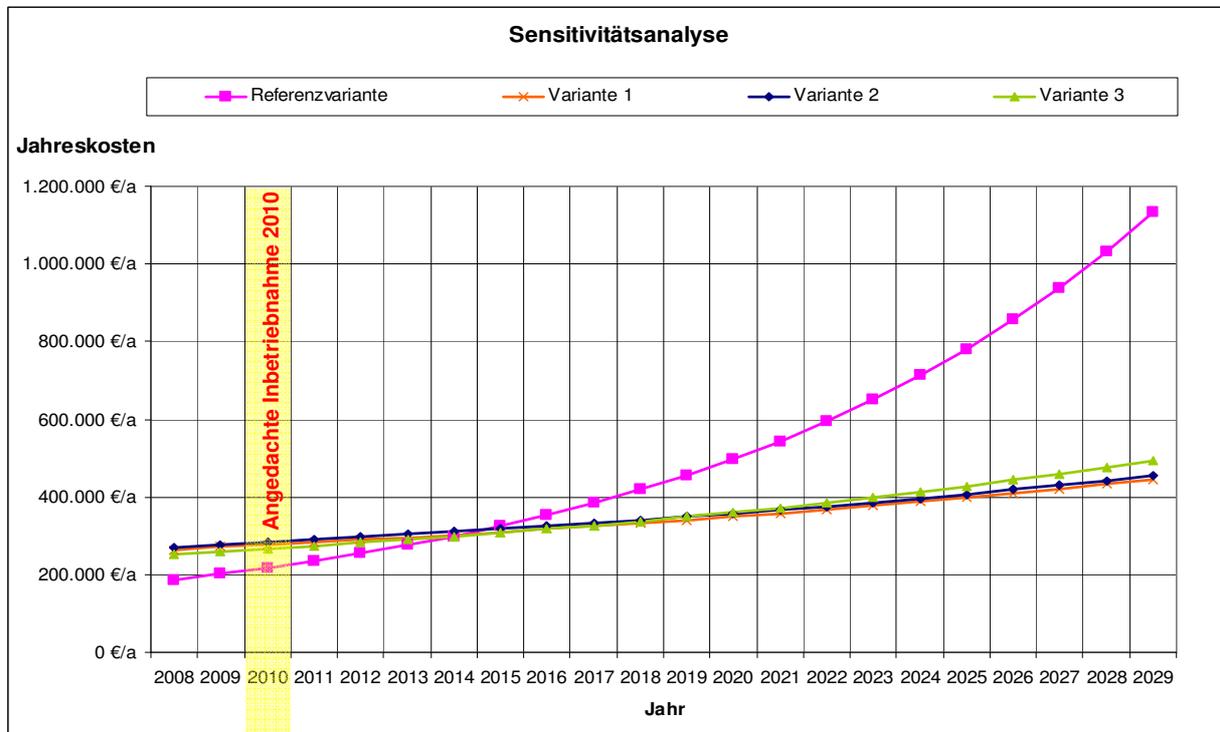


Abbildung 4-7: Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse zeigt, bei den angenommenen Randbedingungen¹⁶, dass der Schnittpunkt der Kurven in etwa im Jahr 2014 erreicht werden kann. Dieses bedeutet, dass der Wärmepreis für die Varianten 1-3, unter Beachtung der Randbedingungen, ab diesem Zeitraum die gleiche Höhe wie die Referenzvariante erreicht hat und längerfristig günstiger als die Referenzvariante sein kann.

Bei Inbetriebnahme im Jahr 2010 ergibt sich demnach bei der prognostizierten Preisentwicklung nach 4 Jahren ein gleichwertiger Wärmepreis und somit ein wirtschaftlicher Betrieb der Nahwärmeversorgung.

¹⁶ Für Erdgas wurde eine Preissteigerung von 9,3%/a und für Heizöl eine Preissteigerung von 13,3%/a errechnet. Als Datengrundlage der Berechnungen der Preissteigerungen dienen Angaben über Preise (Daten zur Energiepreisentwicklung; - Lange Reihen von Januar 2000 bis Februar 2008 -) des Statistisches Bundesamt in Wiesbaden 2008. Die Inflation wurde mit 3% berücksichtigt. Die Holzhackschnitzelpreissteigerung wurde mit 5%/a angenommen, dieser Wert beruht auf internen Berechnungen des IfaS.



Eine weitere Berechnung zeigt, dass die Varianten 1 bis 3, bei unveränderten Rahmenbedingungen, ab einem Erdgaspreis von ca. 10 Cent/kWh in etwa den gleichen Wärmepreis wie die Referenzvariante aufweisen.

4.8. Emissionsbetrachtung

In Abhängigkeit der ausgewählten Brennstoffe entstehen Emissionen. Die Referenzvariante emittiert aufgrund der Nutzung fossiler Energieträger in hohem Maße CO₂. Die Abbildung 4-7 zeigt die Menge der jährlichen CO₂-Emissionen getrennt nach Gebäuden.

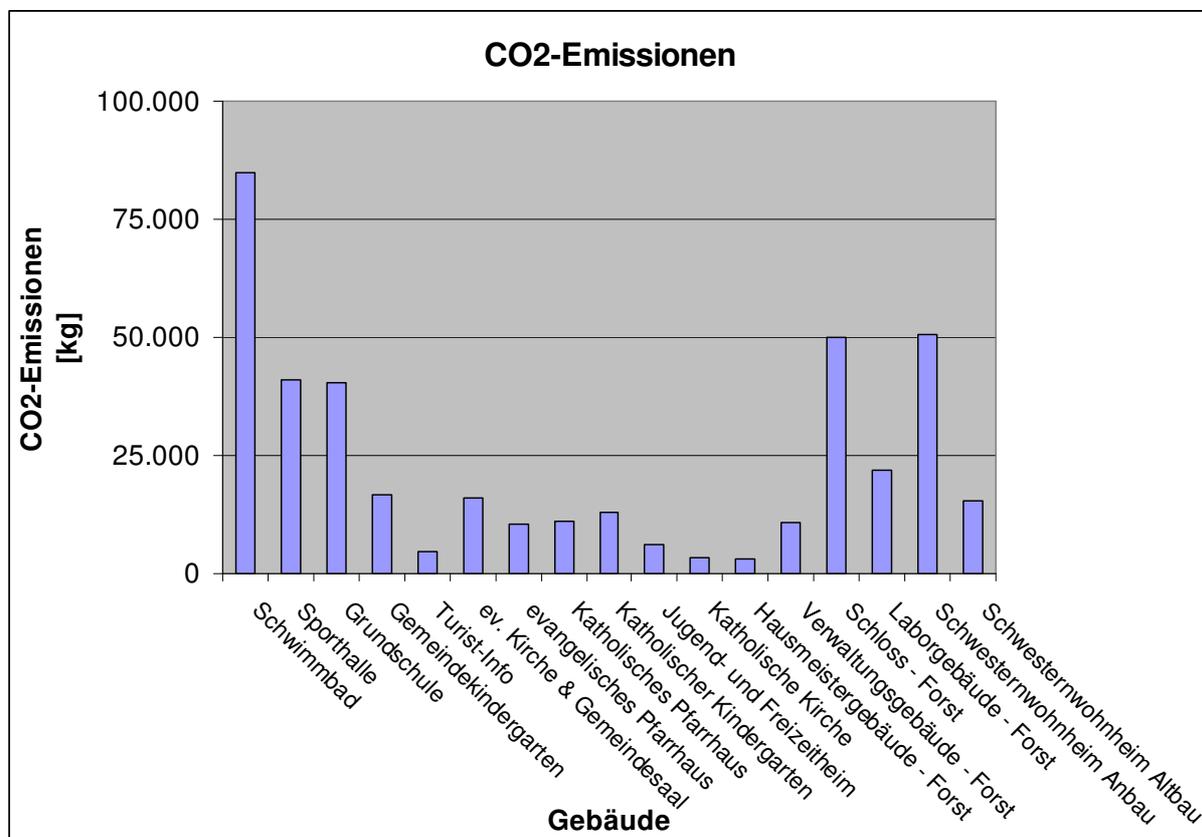


Abbildung 4-8: CO₂-Emissionen der Referenzvariante

Die Höhe der Emissionen ist abhängig von der benötigten Endenergie und dem Brennstoff.

Die folgende Abbildung zeigt die CO₂-Emissionen der Varianten, welche durch die Verbrennung der Brennstoffe in dem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren freigesetzt werden. Der Brennstoff Holz wurde als CO₂-Neutraler Brennstoff für die Verbrennung bewertet.

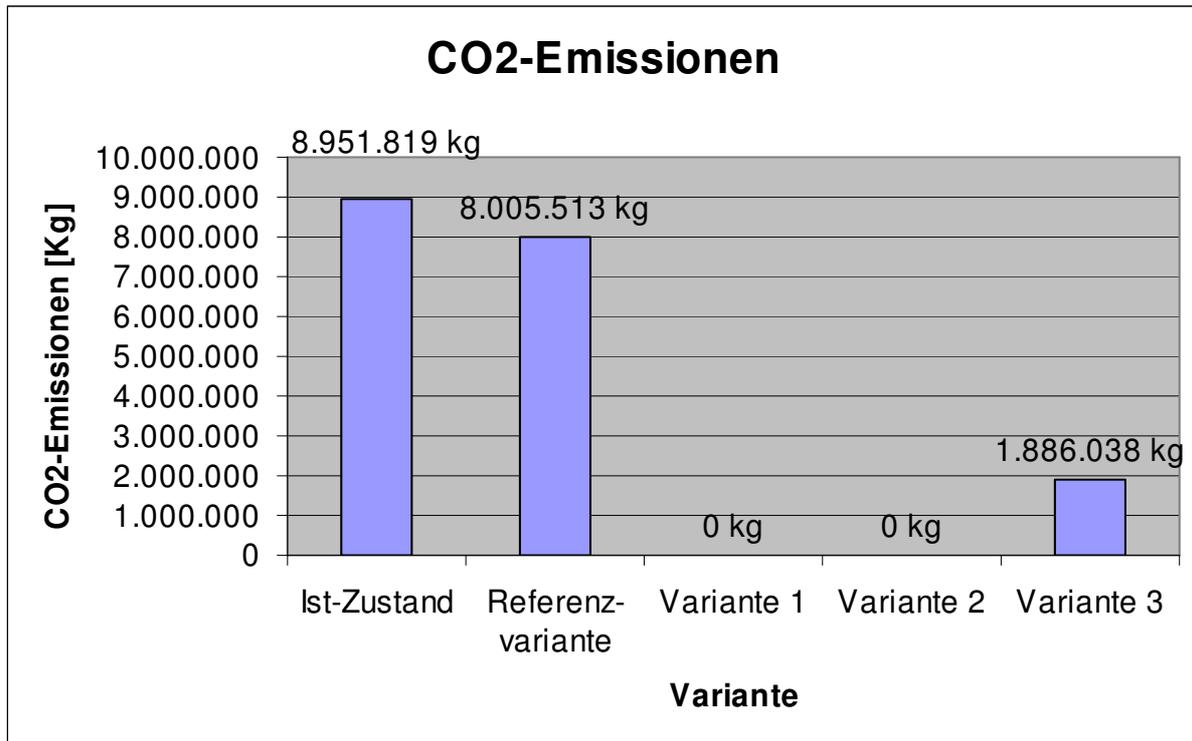
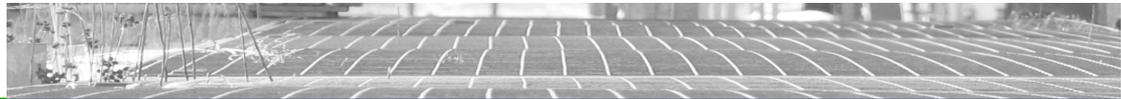


Abbildung 4-9: CO₂-Emissionen der Varianten im Vergleich

Die Abbildung 4-9 verdeutlicht den hohen Ausstoß an CO₂-Emissionen der Referenzvariante im Vergleich zu der Variante 3 mit der Erdgasspitzenlastfeuerung. Die reinen Biomassevarianten (Variante 1 und 2) zeigen keine CO₂-Emissionen bedingt durch die „CO₂-Neutral“ thermische Verwertung des nachwachsenden Brennstoffes Holz.

Bei einer Kombination der Wärmeerzeugung mit einem ORC-Modul wird zusätzlich CO₂ eingespart. Der aus erneuerbaren Energien in Kraft-Wärme-Kopplung hergestellte Strom verdrängt aus dem Strommix nicht regenerativen Strom. Somit kann hierfür zur CO₂ Einsparung bei der Wärmeversorgung zusätzlich eine Reduktion für den produzierten Strom in Höhe der CO₂-Emissionen des Strommixes erfolgen.



5. Zusammenfassung und Handlungsempfehlung

Die Betrachtung zeigt, dass bei einer rein monetären Bewertung die Nahwärmeversorgung auf Basis von Biomasse derzeit nicht die wirtschaftlichste Alternative darstellt. Jedoch ist bei anstehenden Heizungssanierungen nicht nur die aktuelle Situation ausschlaggebend sondern für eine Laufzeit von 15 bis 20 Jahre ist auch eine Risikobetrachtung notwendig. Insbesondere das Preisrisiko war in den letzten beiden Jahren bei fossilen Brennstoffen deutlich erkennbar. Daher sollte bei einer Neuinvestition in die Wärmeversorgung der langfristige Aspekt eine besondere Beachtung finden. Abbildung 5-1 zeigt, dass in der Vergangenheit die fossilen Energieträger erheblichen Schwankungen und Preiseigerungen aufweisen. Die holzartige Biomasse, insbesondere Holzhackschnitzel ist zwar auch einer gewissen Preissteigerung unterworfen, dennoch zeigt sie einen stabilen Preisverlauf auf, der für eine langfristige Investition eine solide und planbare Kalkulationsgrundlage bietet.

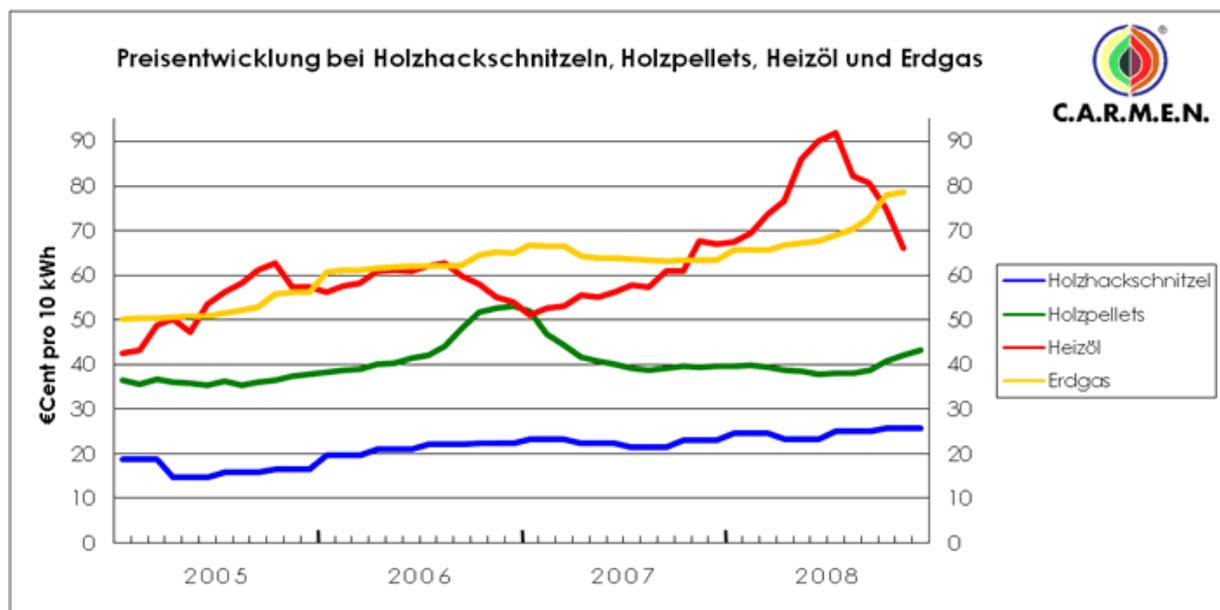
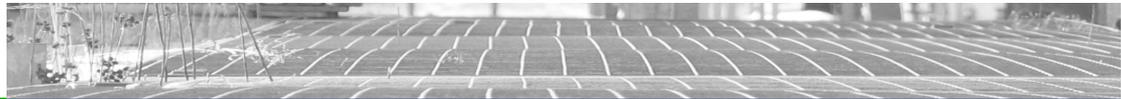


Abbildung 5-1: Preisentwicklung von Energieträgern 2005 - 2008¹⁷

Zudem gewinnen bei der Energieversorgung ökologische Aspekte immer mehr an Bedeutung. Wie die Sensitivitätsanalyse in Abbildung 2-1 und die Emissionsbetrachtung in Kapitel 4.8 zeigen, verbindet eine Nahwärmeversorgung auf Basis holzartiger Biomasse über die

¹⁷ <http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/hackschnipreisverg.html>

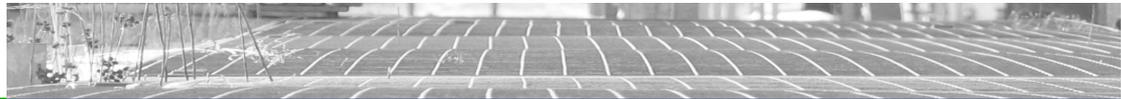


Laufzeit gesehen beide Elemente und stellt auf Dauer die wirtschaftlichere und ökologischere Variante dar.

Für die Umsetzung einer Nahwärmeversorgung bieten sich folgende zwei Ansätze.

Zum einen ist eine Umsetzung durch die beteiligten Akteure, insbesondere Landesforsten, LBB, Ortsgemeinde Trippstadt sowie Verbandsgemeinde Kaiserslautern-Süd denkbar. Bei dieser Umsetzungsvariante werden die Investition und der Betrieb durch einen Akteur oder durch eine gemeinsame Betreibergesellschaft getätigt. Dies ermöglicht für die beteiligten Akteure eine direkte Einflussnahme, im Gegenzug übernehmen sie aber auch sämtliche Risiken. Bei einer Umsetzung in Eigenregie bietet sich eine monovalente Nahwärmeversorgung auf Basis holzartiger Biomasse an, da die beteiligten Akteure einen engen Bezug zur Wärmeversorgung aufzeigen und die Heizzentrale in ihrem direkten und räumlich sehr nahen Einflussbereich liegt. Hierzu müsste in einem nächsten Schritt die Bereitschaft der Akteure zu einer solchen Betreibergesellschaft erörtert werden und eine detaillierte Planung durch einen Fachplaner in Auftrag gegeben werden. Da nach einer ersten Betrachtung die Kombination der Variante 1 oder 2 mit einer ORC-Anlage zur Stromerzeugung eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit erwarten lässt, sollte diese in die Detailplanung integriert werden. Dazu sollte auch ein Anlagenhersteller mit einbezogen werden, da das ORC-Modul mit großer Wahrscheinlichkeit als Einzelstück gefertigt und individuell integriert werden muss.

Eine andere Möglichkeit bietet das Contractingmodell. Hierbei baut und betreibt ein externer Investor die Nahwärmeversorgung. Im Rahmen eines Ausschreibungsverfahrens können interessierte Contractinggeber ein Konzept entwickeln und ein Angebot für einen Wärmepreis abgeben. Dies ermöglicht den Wärmeabnehmern aufgrund des Wettbewerbs den Anbieter und das Konzept mit dem günstigsten Wärmepreis zu ermitteln. In der Ausschreibung können verschiedene Vorgaben, z. B. über die Versorgung mit regionalem Brennstoff gemacht werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit innovative Komponenten, wie z. B. die ORC-Technik zu integrieren. Bei dem Betrieb durch einen Contractor wird sehr wahrscheinlich kein monovalenter Betrieb realisiert werden, da Contractinggeber aus Gründen der Betriebssicherheit in der Regel einen Kessel mit fossilen Brennstoffen als Redundanz für den Biomassekessel und als Spitzenlast einsetzen. Daher bevorzugt ein Contractinggeber in der Regel die Variante 3. Hierzu ist als nächster Schritt eine Ausschreibung der Wärmeversorgung vorzubereiten und zu veröffentlichen. Jedoch sollte sich vorbehalten werden bei einem zu hohen Wärmepreis keinen Auftrag erteilen zu müssen.



Eine Umsetzung in Form des Contractings beinhaltet den Bau und den Betrieb der Wärmeversorgung. Die Investition wird überwiegend durch den Contractinggeber geleistet. Gegebenenfalls ist von den Wärmeabnehmern ein Baukostenzuschuss zu zahlen. Zudem beinhalten die Angebote unterschiedliche Konzepte zum Bau und dem Betrieb der Anlage. Aus den Angeboten kann das wirtschaftlichste Gesamtkonzept gewählt werden.

Bei einer Umsetzung einer bivalenten Anlage (Variante 3) mit der Einbindung des bestehenden Erdgaskessels ist gegebenenfalls bei einer zukünftigen energetischen Sanierung der Gebäude der Biomassekessel ausreichend, wodurch zum einen die Investitionskosten des zweiten Kessels gespart werden und zum anderen hohe Gaspreise vermieden werden können.

Bei Inbetriebnahme im Jahr 2010 ist ein wirtschaftlicher Betrieb bei Erhöhung der Erdgaspreise um 66% und bei einer Erhöhung der Heizölpreise um 20% ab Inbetriebnahme möglich (siehe Abbildung 5-2). Ein Blick auf die einzelnen Wärmepreise der jeweiligen Objekte zeigt, dass bei Erhöhung der Erdgaspreise um 66% und bei einer Erhöhung der Heizölpreise um 20% alle Objekte mit Ausnahme des Schwimmbades durchgehend über dem ermittelten Wärmepreis einer Nahwärmeversorgung liegen.

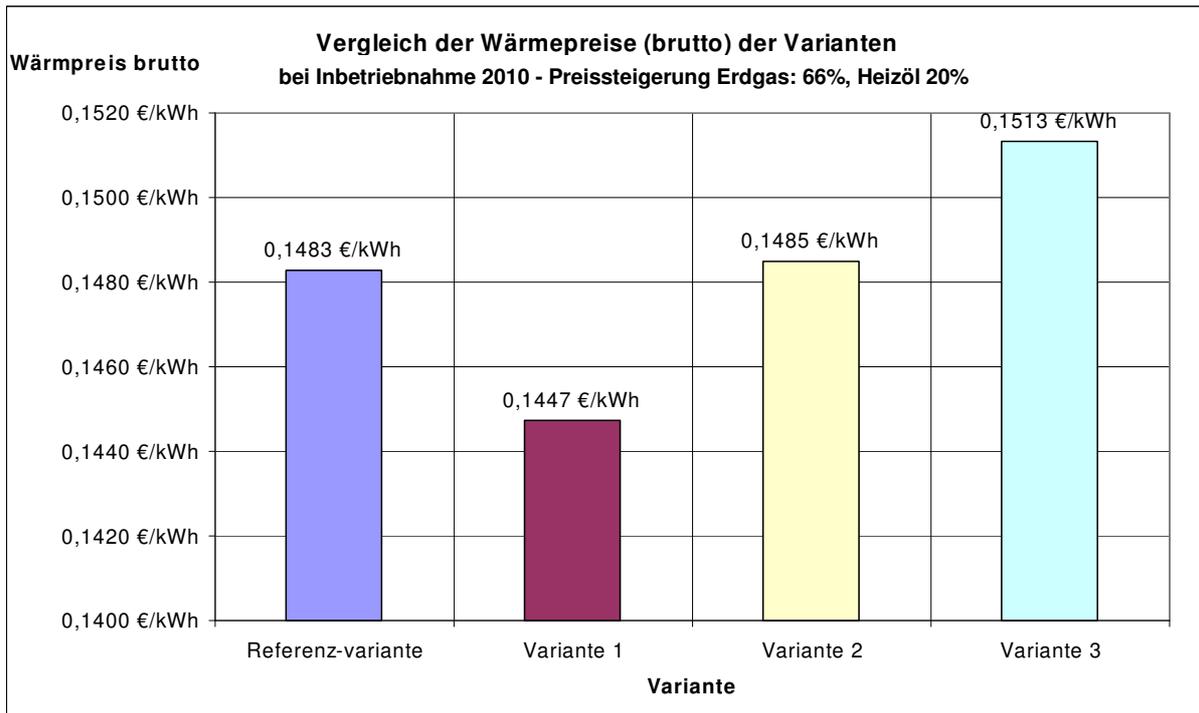
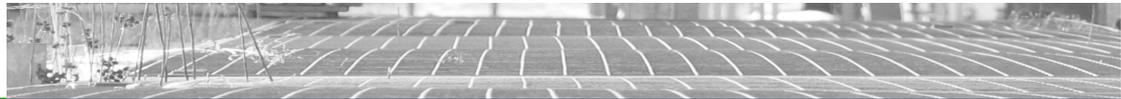


Abbildung 5-2: Vergleich der Wärmepreise bei Inbetriebnahme 2010

Grundlagen		Kostenermittlung							
		Kapitalkosten		lfd. Kosten		Jahreskosten		Wärmekosten	
Nr.	Objekt	Investitions-kosten	Kapitalkosten 20 Jahre Zins 5%	Betriebs-kosten	Verbrauchs-kosten	netto	brutto (19% MwSt)	netto [€/kWh]	brutto [€/kWh]
1	Schwimmbad	53.920 €	4.327 €/a	1.851 €/a	36.910 €/a	43.088 €/a	51.275 €/a	0,1067	0,1270
2	Sporthalle	20.992 €	1.684 €/a	2.196 €/a	20.254 €/a	24.134 €/a	28.720 €/a	0,1239	0,1475
3	Grundschule	18.682 €	1.499 €/a	2.127 €/a	19.968 €/a	23.595 €/a	28.078 €/a	0,1229	0,1462
4	Gemeindekindergarten	13.395 €	1.075 €/a	776 €/a	8.279 €/a	10.130 €/a	12.055 €/a	0,1273	0,1514
5	Turist-Info	12.325 €	989 €/a	513 €/a	2.351 €/a	3.853 €/a	4.585 €/a	0,1704	0,2028
6	ev. Kirche & Gemeindsaal	18.682 €	1.499 €/a	415 €/a	5.700 €/a	7.614 €/a	9.060 €/a	0,1410	0,1678
7	evangelisches Pfarrhaus	12.300 €	987 €/a	294 €/a	3.800 €/a	5.080 €/a	6.046 €/a	0,1411	0,1679
8	Katholisches Pfarrhaus	12.300 €	987 €/a	294 €/a	3.990 €/a	5.270 €/a	6.272 €/a	0,1394	0,1659
9	Katholischer Kindergarten	12.300 €	987 €/a	414 €/a	7.042 €/a	8.442 €/a	10.046 €/a	0,1387	0,1651
10	Jugend- und Freizeitheim	12.325 €	989 €/a	294 €/a	2.217 €/a	3.500 €/a	4.165 €/a	0,1667	0,1983
11	Katholische Kirche	12.695 €	1.019 €/a	730 €/a	1.795 €/a	3.543 €/a	4.216 €/a	0,2131	0,2536
12	Hausmeistergebäude - Forst	9.100 €	730 €/a	353 €/a	1.660 €/a	2.743 €/a	3.264 €/a	0,1912	0,2275
13	Verwaltungsgebäude - Forst	12.695 €	1.019 €/a	575 €/a	5.546 €/a	7.140 €/a	8.497 €/a	0,1390	0,1654
14	Schloss - Forst	20.992 €	1.684 €/a	1.963 €/a	25.584 €/a	29.231 €/a	34.785 €/a	0,1233	0,1468
15	Laborgebäude - Forst	14.260 €	1.144 €/a	773 €/a	11.214 €/a	13.131 €/a	15.626 €/a	0,1264	0,1504
16	Schwesterwohnheim Anbau	18.682 €	1.499 €/a	1.811 €/a	25.998 €/a	29.308 €/a	34.877 €/a	0,1217	0,1448
17	Schwesterwohnheim Altbau	12.695 €	1.019 €/a	301 €/a	5.517 €/a	6.837 €/a	8.136 €/a	0,1308	0,1557
	Summe	288.340 €	23.137 €/a	15.679 €/a	187.825 €/a	226.640 €/a	269.702 €/a	0,1246	0,1483

Abbildung 5-3: Vergleich der objektbezogenen Wärmepreise bei Inbetriebnahme 2010

Die Betrachtung dieser Studie zeigt, dass eine Nahwärmeversorgung auf Basis holzartiger Biomasse mittelfristig eine wirtschaftliche und ökologische Alternative zur Wärmeversorgung der öffentlichen und sozialen Einrichtungen in der Gemeinde Trippstadt darstellt.



Grundsätzlich hängt die Wirtschaftlichkeit der Nahwärmeversorgung von der Entwicklung der Brennstoffpreise ab. Durch Einspar- und Effizienzpotenziale aufgrund einer gemeinsamen Verlegung der Nahwärmetrasse mit der Straßensanierung und der zusätzlichen Anbindung von privaten Hausalten entlang der Trasse ergeben sich zusätzliche Optimierungspotenziale. Diese Potenziale können dazu beitragen, den Wärmepreis für eine Nahwärmeversorgung auf Holzbasis weiter zu reduzieren.

Die Variante 1 mit HHS-Heizanlage kombiniert mit einem ORC-Modul liegt, unter den getroffenen Annahmen zum Stromertrag und den kalkulierten Kosten für das ORC-Modul, selbst unter den derzeitigen Randbedingungen wirtschaftlich im Bereich der Referenzvariante. Können die getroffenen Annahmen durch eine Fachplanung verifiziert werden, bietet Variante 1 in Kombination mit einer Stromerzeugung durch ORC die ökonomisch und ökologisch sinnvollste Alternative.



Anhang

A Nahwärme

Variante I – Dimensionierung und Kostenermittlung

Hauptleitung als Kunststoffverbundmantelrohr KMR

Netzteilabschnitt	Strang	Angeschl. Gebäude	Haus/anschluss	Länge [m]	Oberflächenwiederherstellung	Leistung [kW]	DN	Preis [€/m]	Betrag [€]
1	1	1	875 kW	100,00	Ja	875	100	458,37	45.837,32
2	2	2	195 kW	219,30	Ja	1.366	100	458,37	100.521,24
3	2	3	192 kW	63,00	Ja	1.171	100	458,37	28.877,51
4	2	4	52 kW	19,70	Ja	979	100	458,37	9.029,95
5	2	6	156 kW	32,30	Ja	927	100	458,37	14.805,45
6	2	7	38 kW	12,70	Ja	771	100	458,37	5.821,34
7	2	10	27 kW	95,30	Ja	734	80	401,01	38.215,89
8	2	9	40 kW	27,60	Nein	706	80	295,27	8.149,48
9	2	11	48 kW	60,70	Nein	667	80	295,27	17.922,95
10	2	8	40 kW	0,00	Ja	667	80	401,01	-
11	2	12	12 kW	49,20	Ja	579	80	401,01	19.729,51
12	2	13	47 kW	0,00	Ja	579	80	401,01	-
13	2	14	216 kW	69,00	Ja	520	80	401,01	27.669,43
14	2	15	95 kW	66,00	Ja	303	65	372,32	24.573,30
15	2	16	156 kW	80,00	Ja	209	50	346,45	27.716,11
16	2	17	52 kW	0,00	Ja	52	32	330,33	-
17					Ja			0,00	-
18					Ja			0,00	-
19					Ja			0,00	-
20					Ja			0,00	-
21					Ja			0,00	-
22					Ja			0,00	-
23					Ja			0,00	-
24					Ja			0,00	-
25					Ja			0,00	-
Summe				894,80					368.869,48

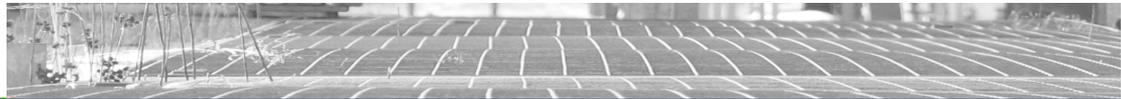


Neben-/Anschlussleitung als flexibles Kunststoffmediumrohr PMR

Netzteilabschnitt	Länge [m]	Oberflächenwiederherstellung	Leistung [kW]	DN	Preis [€/m]	Betrag [€]
1		Ja	875	110	541,06	-
2	25,00	Ja	195	63	300,68	7.517,03
3	12,50	Ja	192	63	300,68	3.758,51
4	20,00	Ja	52	40	246,34	4.926,81
5	26,00	Ja	156	63	300,68	7.817,71
6	5,00	Ja	38	32	217,66	1.088,28
7	15,00	Nein	27	32	145,67	2.185,01
8	5,00	Nein	40	32	145,67	728,34
9	18,00	Nein	88	50	200,22	3.603,99
10	40,00	Ja	40	32	217,66	8.706,28
11	35,00	Ja	59	40	246,34	8.621,91
12	35,00	Ja	47	40	246,34	8.621,91
13	5,00	Ja	216	63	300,68	1.503,41
14	3,00	Ja	95	50	276,71	830,13
15	40,00	Nein	156	63	216,96	8.678,42
16	47,00	Ja	52	40	246,34	11.578,00
17		Ja			0,00	-
18		Ja			0,00	-
19		Ja			0,00	-
20		Ja			0,00	-
21		Ja			0,00	-
22		Ja			0,00	-
23		Ja			0,00	-
24		Ja			0,00	-
25		Ja			0,00	-
Summe	331,50					80.165,75

Hausübergabestationen

Angeschl. Gebäude	Haus/anschluss	Leistung Übergabe/station	Kosten netto
1	875 kW	900 kW	22.500 €
2	195 kW	200 kW	14.000 €
3	192 kW	200 kW	14.000 €
4	52 kW	60 kW	8.100 €
6	156 kW	170 kW	15.300 €
7	38 kW	40 kW	8.000 €
10	27 kW	30 kW	7.500 €
9	40 kW	40 kW	8.000 €
11	48 kW	50 kW	7.500 €
8	40 kW	40 kW	8.000 €
12	12 kW	15 kW	4.800 €
13	47 kW	50 kW	7.500 €
14	216 kW	220 kW	15.400 €
15	95 kW	100 kW	10.000 €
16	156 kW	160 kW	14.400 €
17	52 kW	50 kW	7.500 €
		2.325 kW	172.500 €



Variante II – Dimensionierung und Kostenermittlung

Hauptleitung als Kunststoffverbundmantelrohr KMR

Netzteilabschnitt	Strang	Angeschl. Gebäude	Hausanschlüsse	Länge der Hauptleitung [m]	Oberflächenwiederherstellung	Leistung [kW]	DN	Preis [€/m]	Betrag [€]
1	1	1	875 kW	100,00	Ja	875	100	458,37	45.837,32
2	2	2	195 kW	219,19	Ja	1.276	100	458,37	100.470,82
3	2	3	192 kW	63,02	Ja	1.082	100	458,37	28.886,68
4	2	4	52 kW	74,04	Ja	890	100	458,37	33.935,66
5	2	6	156 kW	29,45	Ja	838	100	458,37	13.499,09
6	2	7	38 kW	0,00	Ja	682	80	401,01	-
7	2	5	24 kW	38,70	Ja	644	80	401,01	15.518,94
8	2		0 kW	138,65	Ja	620	80	401,01	55.599,51
9	3	11	48 kW	65,42	Ja	155	50	346,45	22.664,85
10	4	13	47 kW	12,78	Ja	580	80	401,01	5.124,86
11	4	12	12 kW	13,69	Ja	525	80	401,01	5.489,78
12	4	14	216 kW	36,01	Ja	512	80	401,01	14.440,23
13	4	15	95 kW	71,29	Ja	296	65	372,32	26.542,89
14	4	16	156 kW	52,00	Ja	201	50	346,45	18.015,47
15	4	17	45 kW	34,41	Ja	45	32	330,33	11.366,81
16					Ja			0,00	-
17					Ja			0,00	-
18					Ja			0,00	-
19					Ja			0,00	-
20					Ja			0,00	-
21					Ja			0,00	-
22					Ja			0,00	-
23					Ja			0,00	-
24					Ja			0,00	-
25					Ja			0,00	-
Summe				948,65					397.392,90

Neben-/Anschlussleitung als flexibles Kunststoffmediumrohr PMR

Netzteilabschnitt	Länge [m]	Oberflächenwiederherstellung	Leistung [kW]	DN	Preis [€/m]	Betrag [€]
1		Ja	875	110	541,06	-
2	25,00	Ja	195	63	300,68	7.517,03
3	11,00	Ja	192	63	300,68	3.307,49
4	9,00	Ja	52	40	246,34	2.217,06
5	28,00	Ja	156	63	300,68	8.419,07
6	30,00	Ja	38	32	217,66	6.529,71
7	12,00	Nein	24	32	145,67	1.748,00
8	15,00	Nein	88	50	200,22	3.003,33
9	4,00	Nein	48	40	172,10	688,40
10	40,00	Ja	40	32	217,66	8.706,28
11	61,00	Ja	67	40	246,34	15.026,77
12	4,00	Ja	40	32	217,66	870,63
13	39,00	Ja	27	32	217,66	8.488,62
14	32,00	Ja	47	40	246,34	7.882,89
15	7,00	Nein	12	28	138,07	966,52
16	37,00	Ja	216	63	300,68	11.125,20
17	37,00	Ja	95	50	276,71	10.238,31
18	44,00	Ja	156	63	300,68	13.229,96
19	10,00	Ja	45	40	246,34	2.463,40
20		Ja			0,00	-
21		Ja			0,00	-
22		Ja			0,00	-
23		Ja			0,00	-
24		Ja			0,00	-
25		Ja			0,00	-
Summe	445,00					112.428,68



Gebäude	Hausanschluss	Übergabestation Leistung	Kosten netto
Schwimmbad	875 kW	900	22.500 €
Sporthalle	195 kW	200	14.000 €
Grundschule	192 kW	200	14.000 €
Gemeindekindergarten	52 kW	60	8.100 €
Tourist-Info	24 kW	30	7.500 €
ev. Kirche & Gemeindesaal	156 kW	170	15.300 €
evangelisches Pfarrhaus	38 kW	40	8.000 €
Katholisches Pfarrhaus	40 kW	40	8.000 €
Katholischer Kindergarten	40 kW	40	8.000 €
Jugend- und Freizeitheim	27 kW	30	7.500 €
Katholische Kirche	48 kW	50	7.500 €
Hausmeistergebäude - Forst	12 kW	15	4.800 €
Verwaltungsgebäude - Forst	47 kW	50	7.500 €
Schloss - Forst	216 kW	220	15.400 €
Laborgebäude - Forst	95 kW	100	10.000 €
Schwesterwohnheim Anbau	156 kW	160	14.400 €
Schwesterwohnheim Altbau	52 kW	50	7.500 €
Summe			180.000 €

B Varianten Wärmeversorgung

Endenergiebedarf

Objekt									
Nr.	Objekt	Endenergiebedarf (Ist)	Leistung - IST	Vollbenutzungsstunden (Ist)	Vollbenutzungsstunden (neu)	η - Heizung (Ist)	Nutzenergiebedarf (theor. - Ist)	Verluste HÜ [%]	Nutzenergiebedarf + Verlust HÜ [kWh]
1	Schwimmbad	448.685 kWh/a	1.073 kW	418 h	600 h	90%	403.817 kWh/a	5%	425.070 kWh/a
2	Sporthalle	216.374 kWh/a	510 kW	424 h	1.300 h	90%	194.737 kWh/a	5%	204.986 kWh/a
3	Grundschule	213.323 kWh/a	151 kW	1.413 h	1.300 h	90%	191.991 kWh/a	5%	202.095 kWh/a
4	Gemeindekindergarten	88.449 kWh/a	36 kW	2.443 h	2.000 h	90%	79.604 kWh/a	5%	83.794 kWh/a
5	Tourist-Info	25.121 kWh/a	18 kW	1.425 h	1.200 h	90%	22.609 kWh/a	5%	23.799 kWh/a
6	ev. Kirche & Gemeindesaal	60.000 kWh/a	125 kW	480 h	450 h	90%	54.000 kWh/a	5%	56.842 kWh/a
7	evangelisches Pfarrhaus	40.000 kWh/a	50 kW	800 h	1.235 h	90%	36.000 kWh/a	5%	37.895 kWh/a
8	Katholisches Pfarrhaus	42.000 kWh/a	34 kW	1.235 h	1.235 h	90%	37.800 kWh/a	5%	39.789 kWh/a
9	Katholischer Kindergarten	67.628 kWh/a	60 kW	1.127 h	2.000 h	90%	60.865 kWh/a	5%	64.069 kWh/a
10	Jugend- und Freizeitheim	23.333 kWh/a	44 kW	530 h	1.000 h	90%	21.000 kWh/a	5%	22.105 kWh/a
11	Katholische Kirche	18.475 kWh/a	46 kW	402 h	450 h	90%	16.627 kWh/a	5%	17.502 kWh/a
12	Hausmeistergebäude - Forst	15.942 kWh/a	27 kW	590 h	1.500 h	90%	14.348 kWh/a	5%	15.103 kWh/a
13	Verwaltungsgebäude - Forst	57.090 kWh/a	34 kW	1.679 h	1.425 h	90%	51.381 kWh/a	5%	54.085 kWh/a
14	Schloss - Forst	263.341 kWh/a	183 kW	1.443 h	1.425 h	90%	237.007 kWh/a	5%	249.481 kWh/a
15	Laborgebäude - Forst	115.426 kWh/a	90 kW	1.283 h	1.425 h	90%	103.883 kWh/a	5%	109.351 kWh/a
16	Schwesterwohnheim Anbau	267.603 kWh/a	120 kW	2.230 h	2.000 h	90%	240.843 kWh/a	5%	253.519 kWh/a
17	Schwesterwohnheim Altbau	58.076 kWh/a	64 kW	907 h	1.300 h	90%	52.268 kWh/a	5%	55.019 kWh/a
Gesamt		2.020.866 kWh/a	2.664 kW			90%	1.818.760 kWh/a	5%	1.914.505 kWh/a
Objekt									
Nr.	Objekt	benötigte Hausanschlussleistung [kW]	Verluste Netz [%]	Nutzenergiebedarf + Verluste HÜ u. Netz [kWh]	Verluste Kessel neu [%]	Endenergiebedarf neu [kWh]	Hausanschlussleistung	Gleichzeitigkeitsfaktor	benötigte Kesselleistung
1	Schwimmbad	708 kW	10%	472.300	10%	524.778	875 kW	1,00	875 kW
2	Sporthalle	158 kW	10%	227.762	10%	253.069	195 kW	0,90	175 kW
3	Grundschule	155 kW	10%	224.551	10%	249.501	192 kW	0,90	173 kW
4	Gemeindekindergarten	42 kW	10%	93.104	10%	103.449	52 kW	0,90	47 kW
5	Tourist-Info	20 kW	10%	26.443	10%	29.381	24 kW	0,90	22 kW
6	ev. Kirche & Gemeindesaal	126 kW	10%	63.158	10%	70.175	156 kW	0,90	140 kW
7	evangelisches Pfarrhaus	31 kW	10%	42.105	10%	46.784	38 kW	0,90	34 kW
8	Katholisches Pfarrhaus	32 kW	10%	44.211	10%	49.123	40 kW	0,90	36 kW
9	Katholischer Kindergarten	32 kW	10%	71.188	10%	79.097	40 kW	0,90	36 kW
10	Jugend- und Freizeitheim	22 kW	10%	24.561	10%	27.290	27 kW	0,90	25 kW
11	Katholische Kirche	39 kW	10%	19.447	10%	21.608	48 kW	0,90	43 kW
12	Hausmeistergebäude - Forst	10 kW	10%	16.781	10%	18.646	12 kW	0,90	11 kW
13	Verwaltungsgebäude - Forst	38 kW	10%	60.095	10%	66.772	47 kW	0,90	42 kW
14	Schloss - Forst	175 kW	10%	277.201	10%	308.001	216 kW	0,90	195 kW
15	Laborgebäude - Forst	77 kW	10%	121.501	10%	135.001	95 kW	0,90	85 kW
16	Schwesterwohnheim Anbau	127 kW	10%	281.687	10%	312.986	156 kW	0,90	141 kW
17	Schwesterwohnheim Altbau	42 kW	10%	61.133	10%	67.925	52 kW	0,90	47 kW
Gesamt		1.834 kW	10%	2.127.228	10%	2.363.586	2.265 kW		1.251 kW



Referenzvariante

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Berechnungsgrundlagen für die Ermittlung des Wärmepreises für die Referenzvariante.

Grundlagen						
Nr.	Objekt	Nutzenergiebedarf (theor. - Ist)	η - Heizung (Ist)	Endenergiebedarf	benötigte Kesselleistung	Brennstoff
1	Schwimmbad	403.817 kWh/a	95%	425.070 kWh/a	708 kW	Erdgas
2	Sporthalle	194.737 kWh/a	95%	204.986 kWh/a	158 kW	Erdgas
3	Grundschule	191.991 kWh/a	95%	202.095 kWh/a	155 kW	Erdgas
4	Gemeindekindergarten	79.604 kWh/a	95%	83.794 kWh/a	42 kW	Erdgas
5	Tourist-Info	22.609 kWh/a	95%	23.799 kWh/a	20 kW	Erdgas
6	ev. Kirche & Gemeindesaal	54.000 kWh/a	95%	56.842 kWh/a	126 kW	Heizöl
7	evangelisches Pfarrhaus	36.000 kWh/a	95%	37.895 kWh/a	31 kW	Heizöl
8	Katholisches Pfarrhaus	37.800 kWh/a	95%	39.789 kWh/a	32 kW	Heizöl
9	Katholischer Kindergarten	60.865 kWh/a	95%	64.069 kWh/a	32 kW	Strom*
10	Jugend- und Freizeitheim	21.000 kWh/a	95%	22.105 kWh/a	22 kW	Heizöl
11	Katholische Kirche	16.627 kWh/a	95%	17.502 kWh/a	39 kW	Strom*
12	Hausmeistergebäude - Forst	14.348 kWh/a	95%	15.103 kWh/a	10 kW	Erdgas
13	Verwaltungsgebäude - Forst	51.381 kWh/a	95%	54.085 kWh/a	38 kW	Erdgas
14	Schloss - Forst	237.007 kWh/a	95%	249.481 kWh/a	175 kW	Erdgas
15	Laborgebäude - Forst	103.883 kWh/a	95%	109.351 kWh/a	77 kW	Erdgas
16	Schwesternwohnheim Anbau	240.843 kWh/a	95%	253.519 kWh/a	127 kW	Erdgas
17	Schwesternwohnheim Altbau	52.268 kWh/a	95%	55.019 kWh/a	42 kW	Heizöl
Summe		1.818.780 kWh/a		1.914.505 kWh/a	1.834 kW	

Tabelle-Anhang 1: Grundlagendaten Referenzvariante



Grundlagen		Investitionskosten				Kapitalkosten	
Nr.	Objekt	Brennwertkessel	Zubehör	Montage	Abgasanlage (7m)	Investitionskosten	Kapitalkosten 20 Jahre Zins 5%
1	Schwimmbad	42.200 €	4.220 €	4.000 €	3.500 €	53.920 €	4.327 €/a
2	Sporthalle	14.720 €	1.472 €	2.000 €	2.800 €	20.992 €	1.684 €/a
3	Grundschule	12.620 €	1.262 €	2.000 €	2.800 €	18.682 €	1.499 €/a
4	Gemeindekindergarten	7.595 €	1.000 €	2.000 €	2.800 €	13.395 €	1.075 €/a
5	Tourist-Info	7.225 €	1.000 €	2.000 €	2.100 €	12.325 €	989 €/a
6	ev. Kirche & Gemeindesaal	12.620 €	1.262 €	2.000 €	2.800 €	18.682 €	1.499 €/a
7	evangelisches Pfarrhaus	7.200 €	1.000 €	2.000 €	2.100 €	12.300 €	987 €/a
8	Katholisches Pfarrhaus	7.200 €	1.000 €	2.000 €	2.100 €	12.300 €	987 €/a
9	Katholischer Kindergarten	7.200 €	1.000 €	2.000 €	2.100 €	12.300 €	987 €/a
10	Jugend- und Freizeitheim	7.225 €	1.000 €	2.000 €	2.100 €	12.325 €	989 €/a
11	Katholische Kirche	7.595 €	1.000 €	2.000 €	2.100 €	12.695 €	1.019 €/a
12	Hausmeistergebäude - Forst	4.000 €	1.000 €	2.000 €	2.100 €	9.100 €	730 €/a
13	Verwaltungsgebäude - Forst	7.595 €	1.000 €	2.000 €	2.100 €	12.695 €	1.019 €/a
14	Schloss - Forst	14.720 €	1.472 €	2.000 €	2.800 €	20.992 €	1.684 €/a
15	Laborgebäude - Forst	8.460 €	1.000 €	2.000 €	2.800 €	14.260 €	1.144 €/a
16	Schwesternwohnheim Anbau	12.620 €	1.262 €	2.000 €	2.800 €	18.682 €	1.499 €/a
17	Schwesternwohnheim Altbau	7.595 €	1.000 €	2.000 €	2.100 €	12.695 €	1.019 €/a
	Summe					288.340 €	23.137 €/a

Tabelle-Anhang 2: Grundlagendaten Referenzvariante – Kapitalkosten

Grundlagen		Betriebskosten				
Nr.	Objekt	Instandhaltung (1,1% Invest)	Vollwartung (0,8 % Invest)	Schornstein feger	Grundpreis Erdgas	Betriebskosten
1	Schwimmbad	593 €/a	431 €/a	90 €/a	737 €/a	1.851 €/a
2	Sporthalle	231 €/a	168 €/a	60 €/a	1.737 €/a	2.196 €/a
3	Grundschule	206 €/a	149 €/a	60 €/a	1.712 €/a	2.127 €/a
4	Gemeindekindergarten	147 €/a	107 €/a	60 €/a	461 €/a	776 €/a
5	Tourist-Info	136 €/a	99 €/a	60 €/a	218 €/a	513 €/a
6	ev. Kirche & Gemeindesaal	206 €/a	149 €/a	60 €/a		415 €/a
7	evangelisches Pfarrhaus	135 €/a	98 €/a	60 €/a		294 €/a
8	Katholisches Pfarrhaus	135 €/a	98 €/a	60 €/a		294 €/a
9	Katholischer Kindergarten	135 €/a	98 €/a	60 €/a	120 €/a	414 €/a
10	Jugend- und Freizeitheim	136 €/a	99 €/a	60 €/a		294 €/a
11	Katholische Kirche	140 €/a	102 €/a	60 €/a	428 €/a	730 €/a
12	Hausmeistergebäude - Forst	100 €/a	73 €/a	60 €/a	120 €/a	353 €/a
13	Verwaltungsgebäude - Forst	140 €/a	102 €/a	60 €/a	274 €/a	575 €/a
14	Schloss - Forst	231 €/a	168 €/a	60 €/a	1.504 €/a	1.963 €/a
15	Laborgebäude - Forst	157 €/a	114 €/a	60 €/a	442 €/a	773 €/a
16	Schwesternwohnheim Anbau	206 €/a	149 €/a	60 €/a	1.396 €/a	1.811 €/a
17	Schwesternwohnheim Altbau	140 €/a	102 €/a	60 €/a		301 €/a
	Summe	3.172 €/a	2.307 €/a	1.050 €/a	9.150 €/a	15.679 €/a

Tabelle-Anhang 3: Grundlagendaten Referenzvariante - Betriebskosten



Grundlagen		Ifd. Kosten			
Nr.	Objekt	Heizöl 0,08356 €/kWh	spez. Erdgaspreis	Kosten Erdgas	Verbrauchs- kosten
1	Schwimmbad		0,0523 €/kWh	22.235 €/a	22.235 €/a
2	Sporthalle		0,0595 €/kWh	12.201 €/a	12.201 €/a
3	Grundschule		0,0595 €/kWh	12.029 €/a	12.029 €/a
4	Gemeindekindergarten		0,0595 €/kWh	4.988 €/a	4.988 €/a
5	Tourist-Info		0,0595 €/kWh	1.417 €/a	1.417 €/a
6	ev. Kirche & Gemeindesaal	4.750 €/a			4.750 €/a
7	evangelisches Pfarrhaus	3.166 €/a			3.166 €/a
8	Katholisches Pfarrhaus	3.325 €/a			3.325 €/a
9	Katholischer Kindergarten		0,0662 €/kWh	4.242 €/a	4.242 €/a
10	Jugend- und Freizeitheim	1.847 €/a			1.847 €/a
11	Katholische Kirche		0,0618 €/kWh	1.081 €/a	1.081 €/a
12	Hausmeistergebäude - Forst		0,0662 €/kWh	1.000 €/a	1.000 €/a
13	Verwaltungsgebäude - Forst		0,0618 €/kWh	3.341 €/a	3.341 €/a
14	Schloss - Forst		0,0618 €/kWh	15.412 €/a	15.412 €/a
15	Laborgebäude - Forst		0,0618 €/kWh	6.755 €/a	6.755 €/a
16	Schwesternwohnheim Anbau		0,0618 €/kWh	15.661 €/a	15.661 €/a
17	Schwesternwohnheim Altbau	4.597 €/a			4.597 €/a
	Summe	17.686 €/a		100.363 €/a	118.048 €/a

Tabelle-Anhang 4: Grundlagendaten Referenzvariante - Verbrauchskosten

Grundlagen		Jahreskosten		Wärmekosten	
Nr.	Objekt	netto	brutto (19% MwSt)	netto [€/kWh]	brutto [€/kWh]
1	Schwimmbad	28.413 €/a	33.811 €/a	0,0704	0,0837
2	Sporthalle	16.081 €/a	19.137 €/a	0,0826	0,0983
3	Grundschule	15.656 €/a	18.630 €/a	0,0815	0,0970
4	Gemeindekindergarten	6.838 €/a	8.138 €/a	0,0859	0,1022
5	Tourist-Info	2.918 €/a	3.473 €/a	0,1291	0,1536
6	ev. Kirche & Gemeindesaal	6.664 €/a	7.930 €/a	0,1234	0,1468
7	evangelisches Pfarrhaus	4.447 €/a	5.292 €/a	0,1235	0,1470
8	Katholisches Pfarrhaus	4.605 €/a	5.481 €/a	0,1218	0,1450
9	Katholischer Kindergarten	5.643 €/a	6.715 €/a	0,0927	0,1103
10	Jugend- und Freizeitheim	3.130 €/a	3.725 €/a	0,1491	0,1774
11	Katholische Kirche	2.830 €/a	3.367 €/a	0,1702	0,2025
12	Hausmeistergebäude - Forst	2.083 €/a	2.479 €/a	0,1452	0,1728
13	Verwaltungsgebäude - Forst	4.935 €/a	5.873 €/a	0,0960	0,1143
14	Schloss - Forst	19.059 €/a	22.680 €/a	0,0804	0,0957
15	Laborgebäude - Forst	8.673 €/a	10.321 €/a	0,0835	0,0993
16	Schwesternwohnheim Anbau	18.972 €/a	22.576 €/a	0,0788	0,0937
17	Schwesternwohnheim Altbau	5.917 €/a	7.042 €/a	0,1132	0,1347
	Summe	156.864 €/a	186.668 €/a	0,0862	0,1026

Tabelle-Anhang 5: Grundlagendaten Referenzvariante - Wärmekosten

