

Umwelt Campus Birkenfeld
Postfach 1380
55761 Birkenfeld

Machbarkeitsuntersuchung und Wirtschaftlich- keitsbetrachtung für eine Nahwärmeversorgung auf Basis von Holzhackschnitzeln in der „Asbacherhütte“

Erstellt von:

Dipl. Betriebswirt (FH) Thomas Anton

In Zusammenarbeit mit:

Philipp Senner

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

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Tabellenverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IV
1 Einleitung.....	1
2 Ausgangsbasis	1
2.1 Ist Analyse Gebäudebestand	1
2.2 Ist Analyse Wärme- und Energiebedarf	9
2.2.1 Heizenergiebedarf der Gebäude	9
2.2.2 Energiebedarf zur Warmwassererzeugung.....	10
2.2.3 Warmwassererzeugungs- und Heizenergiebedarf „Waldhaus“	10
2.2.4 Energiebedarf Dampferzeugung für Kochkessel	11
3 Betrachtung möglicher Alternativen	11
3.1 Anbindung des „Waldhaus“	11
3.2 Kochbetrieb	12
3.2.1 Kosten für Erneuerung der Dampfkesselanlage	12
3.2.2 Kosten Alternative: Elektro-Kochkessel	13
3.2.3 Wirtschaftlichkeitsvergleich nach der Annuitätenmethode	14
4 Energiekonzept	16
4.1 Exkurs Holzhackschnitzel-Feuerung.....	16
4.2 Versorgungsvarianten.....	18
4.3 Kosten der Referenzanlagen (Heizöl)	18
4.4 Kosten der Biomasse-Heisanlagen (HHS, Heizöl)	20
5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	26
5.1 Grundlagen zur Wärmekostenermittlung	26
5.2 Ermittlung des Wärmepreises	27
5.2.1 Wirtschaftlichkeit Referenzvariante a	28
5.2.2 Wirtschaftlichkeit Referenzvariante b	29
5.2.3 Wirtschaftlichkeit Variante 1	30
5.2.4 Wirtschaftlichkeit Variante 2	31
6 Solarthermie und Photovoltaik	32

7 Zusammenfassung und Sensitivitätsanalyse.....	32
7.1 Wärmeversorgung	32
7.1.2 Sensitivitätsanalyse	33
7.2 Kochbetrieb	34
7.3 Anbindung des „Waldhaus“	34
8 Fazit.....	35
9 Ökologische Betrachtung.....	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ermittelter Heizenergiebedarf mit „Grüne Aue“ (ohne das „Waldhaus“)	9
Tabelle 2: Ermittelter Heizenergiebedarf ohne „Grüne Aue“ (ohne das „Waldhaus“)	9
Tabelle 3: Ermittelter Heizenergiebedarf mit „Grüne Aue“ (ohne das „Waldhaus“)	10
Tabelle 4: Ermittelter Heizenergiebedarf ohne „Grüne Aue“ (ohne das „Waldhaus“)	10
Tabelle 5: Ermittelter Gesamtenergiebedarf für das „Waldhaus“	10
Tabelle 6: Ermittelter Energiebedarf für die Dampferzeugung	11
Tabelle 7: Kosten Anbindung „Waldhaus“	11
Tabelle 8: Investition Dampfkesselanlage	13
Tabelle 9: Investition Elektro-Kochkessel	14
Tabelle 10: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Dampfkessel	15
Tabelle 11: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Elektro-Kochkessel	16
Tabelle 12: Investitionskosten Referenzvariante a	19
Tabelle 13: Investitionskosten Referenzvariante b	20
Tabelle 14: Investitionskosten Variante 1	24
Tabelle 15: Investitionskosten Variante 2	26
Tabelle 16: Ermittlung jährlich anfallender Kosten und Wärmepreis für Referenzvariante a	28
Tabelle 17: Ermittlung jährlich anfallender Kosten und Wärmepreis für Referenzvariante b	29
Tabelle 18: Ermittlung jährlich anfallender Kosten und Wärmepreis für Variante 1	30
Tabelle 19: Ermittlung jährlich anfallender Kosten und Wärmepreis für Variante 2	31
Tabelle 20: Übersicht Investitionskosten	32
Tabelle 21: Übersicht Wärmepreise	32
Tabelle 22: Dynamische Wärmepreisentwicklung Vollversorgung	33
Tabelle 23: Dynamische Wärmepreisentwicklung Teilversorgung	33
Tabelle 24: Gesamtkosten nach 20 Jahren	34
Tabelle 25: Kostenübersicht Kochbetrieb	34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: „Grüne Aue“ (Wohnheim und Heizzentrale)	2
Abbildung 2: Vorhandener 370 kW Kessel	3
Abbildung 3: Vorhandener 460 kW Kessel und Dampferzeuger	3
Abbildung 4: Küche	4
Abbildung 5: Abbildung 3: Kirche (Mensa)	4
Abbildung 6: Küchenhaus (Wohnheim)	5
Abbildung 7: „Eben-Ezer“ (Wohnheim)	5
Abbildung 8: „Haus Salem“ (Wohnheim)	6
Abbildung 9: Werkstatt (Heizöllager).....	6
Abbildung 10: „Waldhaus“ (Mitarbeiterhaus)	7
Abbildung 11: Lageplan	9
Abbildung 12: Bsp. Holzhackschnitzelheizanlage.....	17
Abbildung 13: Bsp. Containerheizzentrale mit HHS-Lager	21
Abbildung 14: Lageplan mit neuer Heizzentrale	22

1 Einleitung

In der Heilpädagogischen Einrichtung der Bad Kreuznacher Diakonie „Asbacher Hütte“, beschloss die Geschäftsleitung die technische und wirtschaftliche Machbarkeit einer Wärmeversorgung aus regenerativen Energieträgern prüfen zu lassen. Im einzelnen sind diese Energieträger Holzpellets und Holzhackschnitzel sowie Solarthermie. Der Anschluss von 8 Gebäuden wird untersucht. Weiterhin wird geprüft, in wie weit die Nutzung des bereits vorhandenen Nahwärmenetzes möglich ist oder ob die Errichtung eines neuen Nahwärmenetzes technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist. Im Weiteren werden die Dächer der Einrichtung auf die Tauglichkeit für den Einsatz von Photovoltaikanlagen geprüft.

Auf dem Gelände „Asbacher Hütte“ ist evtl. der Abriss des Gebäudes „Grüne Aue“ und der darin befindlichen Heizanlage geplant. Somit fällt einer der größten Verbraucher der Einrichtung weg. Eine Neustrukturierung der Heizanlage, die auch aufgrund ihres Alters (25 Jahre) sanierungsbedürftig ist, wird für die gesamten Einrichtungen notwendig.

Diese Wirtschaftlichkeitsstudie dient als technische und ökonomische Machbarkeitsuntersuchung und muss bei einer geplanten Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen durch ein Fachplanungsbüro konkretisiert werden. Die IfaS – Machbarkeitsstudie liefert jedoch bereits im Vorfeld einer Durchführungsentscheidung konkrete Hinweise auf technische und ökonomische Aspekte des Projektes.

2 Ausgangsbasis

2.1 Ist Analyse Gebäudebestand

Innerhalb der Untersuchung wurden insgesamt 8 Gebäude betrachtet, die alle bis auf eines über ein Nahwärmenetz mit Wärme versorgt werden. Die Gebäude gehören zur Einrichtung und es handelt sich hierbei um 4 Wohnheime, eine Kirche, die auch als Mensa genutzt wird, die Küche, das Gebäude der Haustechnik und ein Mitarbeiterhaus, welches nicht an das bestehende Nahwärmenetz angeschlossen ist. Auch

berücksichtigt wurde, dass das Gebäude „Grüne Aue“, ein Wohnheim in dem auch die Heizzentrale untergebracht ist, evtl. abgerissen werden soll.

Für alle Gebäude am Standort wurde mit Planungshilfen aus der Fachliteratur der jeweilige theoretische Wärmeverbrauch ermittelt.

Die „Grüne Aue“ ist das größte Gebäude mit dem höchsten Wärmebedarf am Standort. Der theoretisch ermittelte Wärmebedarf liegt bei ca. 336.000 kWh/a.



Abbildung 1: „Grüne Aue“ (Wohnheim und Heizzentrale)

Das vorhandene Heizsystem besteht aus einem 370 kW und einem 460 kW Ölkessel zur Heizungs- und Brauchwassererwärmung. Das Warmwasser wird über einen relativ neuen Wärmetauscher mit Warmwassernetz abgegeben.

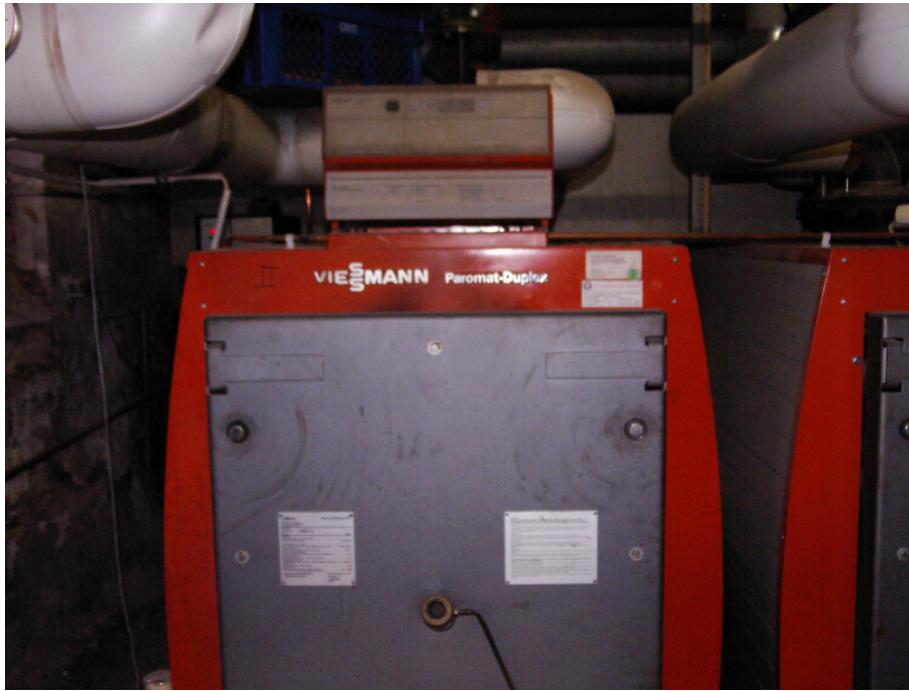


Abbildung 2: Vorhandener 370 kW Kessel

Zusätzlich ist ein 100 kW Dampfkessel am Standort installiert, welcher den Dampf für den Kochbetrieb erzeugt. Hier wird in Punkt 3.2 untersucht ob es kostengünstigere Alternativen gibt.



Abbildung 3: Vorhandener 460 kW Kessel und Dampferzeuger

Der theoretisch ermittelte Wärmebedarf der Küche liegt bei ca. 35.000 kWh/a.



Abbildung 4: Küche

Die Kirche, die auch als Mensa genutzt wird, hat einen theoretischen Energieverbrauch von ca. 48.000 kWh/a.



Abbildung 5: Kirche (Mensa)

Der theoretische ermittelte Energieverbrauch für das „Küchenhaus“ liegt bei ca. 52.000 kWh/a.



Abbildung 6: Küchenhaus (Wohnheim)

Der theoretische ermittelte Energieverbrauch für das Haus „Eben-Ezer“ liegt bei ca. 195.000 kWh/a.



Abbildung 7: „Eben-Ezer“ (Wohnheim)

Der theoretische ermittelte Energieverbrauch für das „Haus Salem“ liegt bei ca. 195.000 kWh/a.



Abbildung 8: „Haus Salem“ (Wohnheim)

Der theoretische ermittelte Energieverbrauch für das Werkstattgebäude, wo auch Aufenthaltsraum und Verwaltung der Haustechnik untergebracht sind, liegt bei ca. 20.000 kWh/a.



Abbildung 9: Werkstatt (Heizöllager)

Die an das Nahwärmenetz angeschlossenen Gebäude sind durch Unterstationen an die Heizzentrale angeschlossen.

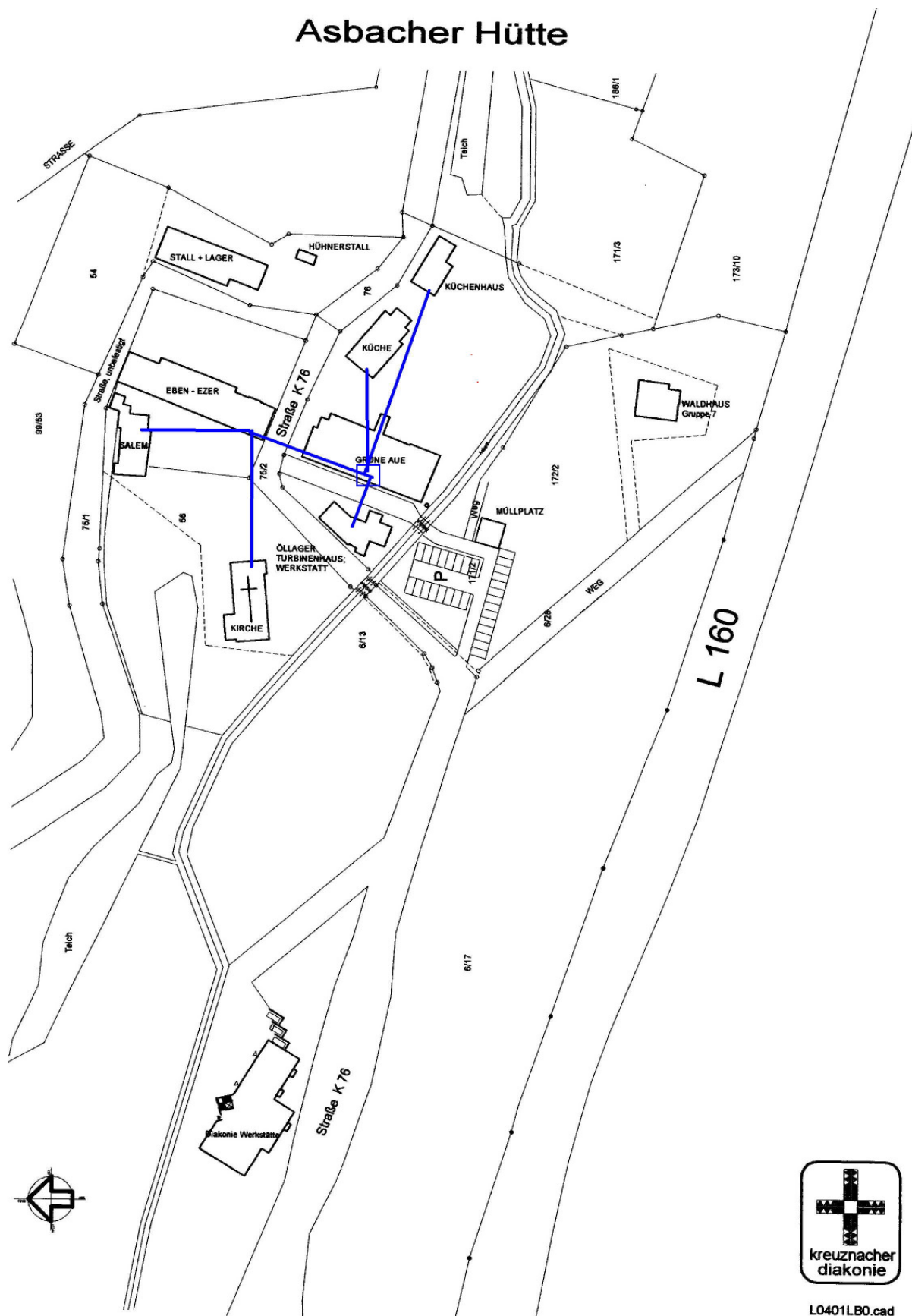
Das Netz für die Küche liegt in einem Schacht. Für das Küchenhaus, die Werkstatt und „Eben Ezer“ liegt der Vor- und Rücklauf in einem Rohr. Für die Kirche und das Haus Salem ist das Netz im Erdreich verlegt.

Das Waldhaus ist nicht an die Heizzentrale angeschlossen. Hier ist ein 21 kW Ölkessel installiert. Der theoretisch ermittelte Wärmebedarf ist hier ca. 72.000 kWh/a.



Abbildung 10: „Waldhaus“ (Mitarbeiterhaus)

Die Lage der Gebäude und des bestehenden Nahwärmenetz ist auf dem Lageplan (siehe Abbildung 9) zu sehen.



2.2 Ist Analyse Wärme- und Energiebedarf

Bei der Ermittlung des gesamten Wärme- und Energiebedarfs sind folgende Prämissen zu beachten:

- Der Heizenergiebedarf der Gebäude muss einmal mit und einmal ohne das Gebäude „Grüne Aue“ ermittelt werden
- Das gleiche gilt bei der Ermittlung des Warmwasserbedarfs
- Es muss geprüft werden, ob es wirtschaftlicher ist, wenn das „Waldhaus“ mit an die Heizzentrale angebunden wird oder wenn es weiter dezentral versorgt wird
- Es muss geprüft werden, ob der Kochbetrieb in der Küche weiter mit Dampf erfolgen soll oder ob es eine wirtschaftlichere Alternative gibt

2.2.1 Heizenergiebedarf der Gebäude

a)

Ermittelter Energiebedarf zur Raumheizung:		
Nutzenergiebedarf:		767.000 kWh/a
Verluste Netz:	10%	76.700 kWh/a
Verluste Unterstation:	5%	38.350 kWh/a
Summe der vom Kessel erzeugten Wärme:		882.050 kWh/a
Verluste Kessel:	20%	176.410 kWh/a
Endenergieverbrauch:		1.058.460 kWh/a

Tabelle 1: Ermittelter Heizenergiebedarf mit „Grüne Aue“ (ohne das „Waldhaus“)

b)

Ermittelter Energiebedarf zur Raumheizung:		
Nutzenergiebedarf:		431.000 kWh/a
Verluste Netz:	10%	43.100 kWh/a
Verluste Unterstation:	5%	21550
Summe der vom Kessel erzeugten Wärme:		495.650 kWh/a
Verluste Kessel:	20%	99.130 kWh/a
Endenergieverbrauch:		594.780 kWh/a

Tabelle 2: Ermittelter Heizenergiebedarf ohne „Grüne Aue“ (ohne das „Waldhaus“)

2.2.2 Energiebedarf zur Warmwassererzeugung

a)

Ermittelter Energiebedarf zur Warmwasserversorgung:		
Nutzenergiebedarf:		85.987 kWh/a
Verluste Netz:	10%	8.599 kWh/a
Verluste Unterstation:	5%	4.299 kWh/a
Summe der vom Kessel erzeugten Wärme:		98.885 kWh/a
Verluste Kessel:	20%	19.777 kWh/a
Endenergieverbrauch:		118.661 kWh/a

Tabelle 3: Ermittelter Heizenergiebedarf mit „Grüne Aue“ (ohne das „Waldhaus“)

b)

Ermittelter Energiebedarf zur Warmwasserversorgung:		
Nutzenergiebedarf:		46.732 kWh/a
Verluste Netz:	10%	4.673 kWh/a
Verluste Unterstation:	5%	2.337 kWh/a
Summe der vom Kessel erzeugten Wärme:		53.742 kWh/a
Verluste Kessel:	20%	10.748 kWh/a
Endenergieverbrauch:		64.490 kWh/a

Tabelle 4: Ermittelter Heizenergiebedarf ohne „Grüne Aue“ (ohne das „Waldhaus“)

2.2.3 Warmwassererzeugungs- und Heizenergiebedarf „Waldhaus“

Ermittelter Gesamtenergiebedarf:		
Ermittelter Nutzenergiebedarf:		72.000 kWh/a
Verluste Kessel:	20%	14.400 kWh/a
Endenergieverbrauch:		86.400 kWh/a

Tabelle 5: Ermittelter Gesamtenergiebedarf für das „Waldhaus“

2.2.4 Energiebedarf Dampferzeugung für Kochkessel

Ermittelter Energiebedarf zur Dampferzeugung:		
Nutzenergiebedarf:		211.604 kWh/a
Verluste Netz:	10%	21.160 kWh/a
Verluste Dampfstation	5%	10.580 kWh/a
Summe der vom Kessel erzeugten Wärme:		243.345 kWh/a
Verluste Kessel:	25%	60.836 kWh/a
Endenergieverbrauch:		304.181 kWh/a

Tabelle 6: Ermittelter Energiebedarf für die Dampferzeugung

3 Betrachtung möglicher Alternativen

Bevor mögliche Versorgungsvarianten für das Nahwärmenetz aufgestellt werden, wird geprüft, ob es möglicherweise wirtschaftlichere Alternativen gibt. Dies gilt sowohl für die Anbindung des „Waldhaus“ an das Nahwärmenetz, als auch für den mit Dampf betriebenen Kochbetrieb in der Küche.

3.1 Anbindung des „Waldhaus“

Bei der Entscheidung ob das „Waldhaus“ an das Nahwärmenetz angeschlossen werden soll, müssen die Kosten für das Rohrnetz mit denen einer eigenständigen Energieversorgung verglichen werden.

Die Kosten für das Nahwärmenetz wurden auf Grundlage des Leitfadens Nahwärme ermittelt. Es handelt sich hierbei um Stahlmediumrohre, genauer Kunststoffmantelrohre (KMR).

Anschluss des "Waldhaus"				
Kosten der benötigten KMR				
DN	Kosten [€/m]		Länge [m]	Kosten [€]
25	220 €	(ohne Oberflächenwiederherstellung)	180	39.600 €
25	299 €	(mit Oberflächenwiederherstellung)	30	8.970 €
				48.570 €

Tabelle 7: Kosten Anbindung „Waldhaus“

Bereits an dieser Stelle kann man sagen, da noch mindestens 5000,- € weitere Kosten für den Anschluss und die Hausübergabestation hinzukämen, dass diese Investition die Kosten einer Alternativinvestition übersteigen würde.

Zur Zeit ist ein 21 kW Ölkessel mit autarkem Öllager im „Waldhaus“ eingebaut. Die Anlage wurde erst im Jahr 2005 installiert. Bei einer technischen Betriebsdauer von 20 Jahren, ist ein Austausch der Anlage bis zum Jahr 2025 nicht zwingend erforderlich.

Aus rein ökonomischer Betrachtungsweise ist also davon abzuraten, das „Waldhaus“ an den Nahwärmeverbund anzuschließen.

3.2 Kochbetrieb

Der Kochbetrieb in der Küche wird mit Dampfkochkesseln betrieben. Der dafür benötigte Dampf wird mit einem 100 kW Dampferzeuger produziert, welcher sich im Kesselhaus in der „Grünen Aue“ befindet. Es werden zur Zeit täglich etwa 250 Essen zubereitet¹. Hierfür werden täglich max. 280 kg/h Dampf benötigt. Da die Erzeugung von Dampf energetisch sehr aufwendig und nach Einschätzung des Gastronomiefachhandels in einer Küche mit dieser Kapazität nicht sinnvoll ist, wird geprüft, ob der Kochbetrieb in der Küche weiter wie bisher mit Dampf erfolgen soll oder ob es kostengünstigere Alternativen gibt.

3.2.1 Kosten für Erneuerung der Dampfkesselanlage

Der Dampfkessel, der zur Zeit am Standort ist, wurde im Jahr 1990 erneuert. Ein großer Teil der Technik ist noch aus dem Anschaffungsjahr 1967. Die technische Nutzungsdauer des Dampfkessel beträgt ca. 20 Jahren. Weitere Komponenten der Technik (siehe Tabelle 8) sollten ebenfalls erneuert werden.

Die Preise für den Dampfkessel und die Technik wurden bei der Firma Certuss angefragt. Hierbei handelt es sich um qualitativ hochwertige Komponenten bei denen marktübliche Investitionskosten zum Ansatz gebracht werden können.

¹ Der Kostenvergleich wird an dieser Stelle nur für diese Menge durchgeführt, weil noch nicht sicher ist, für wie viele Personen in Zukunft gekocht wird.

Investitionskosten Dampfkessel (79 kW)				
Artikel	Menge	Einheit	Ezl-Betrag [€]	Ges-Betrag [€]
Certuss Dampfautomat "Junior 300" Öl	1	Stck	7.950,00	7.950,00
Vordruckpumpe Junior	1	Stck	380,00	380,00
Steuereinheit für Vordruckpumpe	1	Stck	180,00	180,00
Dampftrockner 1" PM 25	1	Stck	580,00	580,00
Lieferung, Montage, Aufstellung	20%			1.818,00
Gesamtkosten Dampfkessel (79) kW				10.908,00

Weitere Kosten Dampfkesselanlage				
Artikel	Menge	Einheit	Preis/Einheit	Betrag [€]
Speisewasserbehälter Junior Edelstahl	1	Stck	2.300,00	2.300,00
Zubehör für indirekte Aufheizung	1	Stck	670,00	670,00
Niveauregelung elektronisch	1	Stck	480,00	480,00
Enthärtungsanlage CEH 12	1	Stck	1.590,00	1.590,00
Feinfilter	1	Stck	130,00	130,00
Wasseruhr	1	Stck	130,00	130,00
Rohrtrenner	1	Stck	570,00	570,00
Mischkühler Junior 50 ltr	1	Stck	560,00	560,00
Temperaturregler u. Wassermagnetventil	1	Stck	1.000,00	1.000,00
Montage	20%			1.486,00
Gesamtkosten Weitere Kosten				8.916,00

Gesamtkosten Dampfbetrieb		19.824,00
----------------------------------	--	------------------

Tabelle 8: Investition Dampfkesselanlage

3.2.2 Kosten Alternative: Elektro-Kochkessel

Die üblichen alternativen Techniken hierzu sind Gas- oder elektrisch betriebene Kochkessel. Bei beiden Möglichkeiten ist keine Dampfleitung mehr erforderlich. Da am Standort zur Zeit keine Ferngasleitungen oder Gastanks installiert sind, werden als Alternativinvestition elektrisch betriebene Kochkessel betrachtet.

An dieser Stelle sind die Kosten aufgeführt, die bei der Anschaffung der Elektro-Kochkessel anfallen (siehe Tabelle 9).

Die Preise für den Elektro-Kochkessel wurden bei der Firma Gastroschotte angefragt. Hierbei handelt es sich um qualitativ hochwertige Kessel bei denen marktübliche Investitionskosten zum Ansatz gebracht werden können.

Investitionskosten Elektro - Kochkessel				
Artikel	Menge	Ezl-Betrag [€]		Ges-Betrag [€]
Thermik 850-KIE-100 (16 kW)	2	5.059,89		10.119,78
Thermik 850-KIE-50 (9 kW)	2	4.269,87		8.539,74
Montage, Aufstellung	20%			3.731,90
Gesamtkosten Elektrokessel				22.391,42
Weitere Kosten Elektro – Kochkessel				
Artikel	Menge	Einheit	Preis/Einheit	Betrag [€]
Einrichtung neuer Elektroanschlüsse	1		Pauschal	2.500,00
Gesamtkosten Weitere Kosten				2.500,00
Gesamtkosten Elektro - Kochkesselbe- trieb				24.891,42

Tabelle 9: Investition Elektro-Kochkessel

3.2.3 Wirtschaftlichkeitsvergleich nach der Annuitätenmethode

Die Annuitätenmethode ist ein Verfahren der klassischen, dynamischen Investitionsrechnung. Der Kapitalwert einer Investition wird auf die Nutzungsdauer verteilt, so dass die Zahlungsfolge aus Einzahlungen und Auszahlungen in die so genannte Annuität umgewandelt wird. Die Annuitätenmethode erlaubt die Beurteilung von Erweiterungs- und Ersatzinvestitionen.

Für die Heizöl und die Strompreise wurden die aktuellen Marktpreise (Stand: März 2007) angenommen.

Da bei beiden Energieträgern von einem jährlichen Preisanstieg von 9% ausgegangen wird, wird auf eine Sensitivitätsanalyse² verzichtet.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach der Annuitätenmethode				Heizöl-Dampfkessel
Kapitalgebundene Kosten pro Jahr				
Ausgangsdaten	Zeichen	Einheit		
Realer Zinssatz	i_1		6,50%	
Betrachtungsdauer	t		20	
Annuitätenfaktor	$i \cdot \frac{(1+i)^t}{((1+i)^t - 1)}$		0,091	
Investition			19.824,00 €	

² Sensitivitätsanalyse = Untersuchung der Kostenentwicklung über die gesamte Betriebsdauer einer Anlage

Kapitalgebundene Kosten pro Jahr				1.799,15 €
Verbrauchskosten Dampfkessel				
Endenergiebedarf		kWh/a	248.946	
Nutzenergiebedarf		kWh/a	211.604	
Brennstoffbedarf fossil		kWh/a	248.946	
Spez. Brennstoffkosten fossil		€/kWh	0,047	
Kosten Öl		€/a		11.700,47 €
Summe Verbrauchskosten		€/a		11.700,47 €
Betriebskosten				
Instandhaltung und Wartung	2,50%			270,28 €
Kaminfeger		€		45,00 €
Betriebsstromkosten Ölkessel		€/MWh	0,75	186,71 €
Summe Betriebskosten		€/a		501,98 €
sonstige Kosten				
Versicherung	bezogen auf die Gesamtinvestition	0,70%		138,77 €
Summe sonstige Kosten		€/a		138,77 €
Jahreskosten gesamt		€/a		14.140,37 €
Umsatzsteuer		19,00%		2.686,67 €
Jahreskosten inkl Ust				16.827,05 €

Tabelle 10: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Dampfkessel

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach der Annuitätenmethode				Elektro-Kochkessel
Kapitalgebundene Kosten pro Jahr				
Ausgangsdaten	Zeichen	Einheit		
Realer Zinssatz	i_1		6,50%	
Betrachtungsdauer	t		20	
Annuitätenfaktor	$i \cdot \frac{(1+i)^t}{((1+i)^t - 1)}$		0,091	
Investition			24.891,42 €	
Kapitalgebundene Kosten pro Jahr				2.259,06 €
Verbrauchskosten Elektro-Kochkessel				
Endenergiebedarf		kWh/a	54.750	
Nutzenergiebedarf		kWh/a	52.013	
Strombedarf		kWh/a	54.750	
Spez. Brennstoffkosten elek. Strom		€/kWh	0,15	
Kosten Strom		€/a		8.103,00 €
Summe Verbrauchskosten		€/a		8.103,00 €
Betriebskosten				
Instandhaltung und Wartung	1,50%			162,17 €
Summe Betriebskosten		€/a		162,17 €
sonstige Kosten				

Versicherung	bezogen auf die Gesamtinvestition	0,70%		174,24 €
Summe sonstige Kosten		€/a		174,24 €
Jahreskosten gesamt		€/a		10.698,46 €
Umsatzsteuer		19,00%		2.032,71 €
Jahreskosten inkl Ust				12.731,17 €

Tabelle 11: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Elektro-Kochkessel

Wenn man die beiden Investitionsalternativen betrachtet wird deutlich, dass der Kochbetrieb mit Elektroheizkesseln die wirtschaftlichere Alternative ist.

4 Energiekonzept

4.1 Exkurs Holzhackschnitzel-Feuerung

Holzhackschnitzel (HHS) sind etwa 3-10 cm² große Holzstücke, die mit speziellen Hackmaschinen aus Waldrestholz (Schwachholz aus Schlagabraum, Durchforstung) oder Grünschnitt hergestellt werden. Durch die Schüttfähigkeit der HHS ist der Transport, die Lagerung und die Beschickung der Feuerungsanlage unproblematisch. Eine automatische Beschickung sowie eine automatische Entschung und Regelung gewährleisten daher einen kontinuierlichen Betrieb der HHS-Anlage ohne großen Bedienungsaufwand.

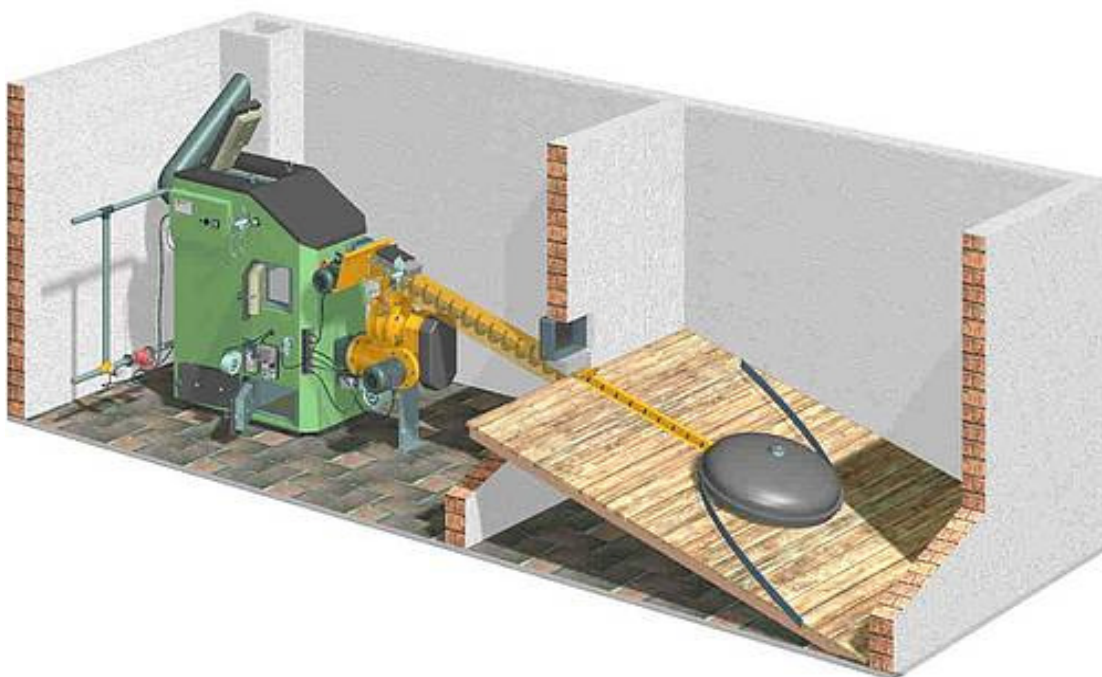


Abbildung 12: Bsp. Holzhackschnitzelheizanlage³

Die Anforderung an die Lagerung sowie die Größe des HHS-Lagers und die Wahl des Austragungssystems werden primär durch die Brennstofffeuchte, die zu lagernde Menge und sekundär durch die zur Verfügung stehende Fläche und die örtlichen Gegebenheiten bestimmt. Das Lager kann als Silo, als Bunker, als eigenes Gebäude und auch als Container ausgeführt werden.

Aus dem Lager werden kontinuierlich die Hackschnitzel zum Ofen transportiert. Hierzu werden Schubböden, Teleskopfräsen oder Austragschnecken, die eine automatische Entleerung des Lagers ermöglichen, eingesetzt.

Nach der Lageraustragung übernehmen Beschickungssysteme die Aufgabe, das Brennmaterial zur Feuerung zu befördern. Die letzte Förderschnecke vor der Brennkammer wird auch Dosierschnecke genannt, weil über diese Schnecke die Leistung der Heizung geregelt werden kann. Grundsätzlich sollte das Hackschnitzellager möglichst nah am Ofen angeordnet sein, um die Transportschnecken kurz zu halten und so das Risiko zu verringern, dass der Brennstoff sich verklemmt.

Der mit der Dosierschnecke in die Brennkammer gebrachte Brennstoff wird in die Brennstoffmulde geschoben und dort unter Zufuhr von Luft verbrannt. Die Restverbrennung der Rauchgase erfolgt unter Sekundärluftzugabe in der Brennkammer über der Mulde. Die heißen Brenngase übertragen dann über Wärmetauscher ihre Energie auf das Heizmedium Wasser.

Zu einer modernen Holzfeuerungsanlage gehört auch ein Regelungskonzept. Man unterscheidet die Leistungsregelung, die auf die Anpassung der Wärmeproduktion an den geforderten Wärmebedarf zielt und die Verbrennungsregelung, die durch Minimierung der Emissionen von unverbrannten Gasen eine Wirkungsgraderhöhung der Feuerungsanlagen ermöglicht.

Die Staubabscheidung erfolgt je nach Leistungsgröße des Kessels mit einem oder mehreren Zyklonen. Zur Rauchgasreinigung bei Anlagen mit einer Kesselleistung ab

³ <http://www.hdg-bavaria.com/?id=18>

ca. 500 kW_{th} werden zusätzlich Gewebe-, Elektrofilter oder eine Rauchgaskondensation eingesetzt.

Da Holzkessel teurer sind als vergleichbare Gas/Ölkessel, werden sie üblicherweise nur für den Grund- und Mittelastbedarf ausgelegt. Dies hat jährlich hohe Vollbenutzungsstunden des Holzkessels zur Folge, so dass die Investitionssumme auf mehr Betriebsstunden verteilt wird.

4.2 Versorgungsvarianten

Im nachfolgenden Kapitel werden verschiedene Varianten der Wärmeversorgung für die „Asbacher Hütte“ vorgestellt. Da die Entscheidung, ob die „Grüne Aue“ abgerissen wird oder nicht, noch nicht feststeht, liegen wie in Kapitel 2.2 bereits beschrieben, zwei unterschiedliche Möglichkeiten des Energiebedarfs vor. Bei den Referenzvarianten a und b wird die Versorgung mit Heizöl betrachtet. Im Vergleich dazu wird in den Varianten 1 und 2 die Versorgung mit einem Holzhackschnitzelkessel für die Grundlastversorgung und einem Ölkessel für die Spitzenlastabdeckung.

Referenzvariante a: **Vollversorgung Nahwärmeverbund (Heizöl)**

Referenzvariante b: **Teilversorgung Nahwärmeverbund (Heizöl)**

Variante 1: **Vollversorgung Nahwärmeverbund (HHS, Heizöl)**

Variante 2: **Teilversorgung Nahwärmeverbund (HHS, Heizöl)**

4.3 Kosten der Referenzanlagen (Heizöl)

Im Folgenden sind Kosten aufgeführt, die beim Austausch der vorhandenen Technik durch die Installation neuer Ölkessel anfallen.

Bei den beiden Referenzvarianten, sowohl bei der Vollversorgung als auch bei der Teilversorgung, wird davon ausgegangen, dass die Heizzentrale am bisherigen Standort im Kellergeschoss der „Grünen Aue“ bleibt. Im Falle eines Abriss des Gebäudes bleibt das Kesselhaus am derzeitigen Standpunkt bestehen. Die vorhandene Technik wird ausgetauscht. Das Öllager, welches 1991 erneuert wurde, wird weiterhin benutzt. Auch das bestehende Nahwärmenetz wird weiter wie bisher genutzt.

Die Preise für Kessel, Regelsystem und Abgasanlage sowie die meisten anderen Teile wurden aus dem aktuellen Katalog der Firma Buderus entnommen. Es handelt sich um qualitativ hochwertige Produkte bei denen marktübliche Investitionskosten zum Ansatz gebracht werden können.

Tabelle 12 zeigt die Investitionskosten für die Vollversorgung mit zwei 400 kW Heizkesseln, das Regelsystem, Außendeckungsgefäß, Kamine, Pumpen, Mischer, Verrohrung und sonstige kleinere Anlagenteile.

Referenzvariante a, Vollversorgung				
Investitionskosten Ölkessel 2x400 kW				
Artikel	Menge	Ezl-Betrag [€]		Ges-Betrag [€]
Buderus Kessel mit Weishauptbrenner	2	14.805,00		29.610,00
Regelsystem	2	1.470,00		2.940,00
Lieferung, Montage, Aufstellung	10%			3.255,00
Gesamtkosten Ölkessel 2x400 kW				35.805,00
Weitere Kosten Heizungsanlage				
Artikel	Menge	Einheit	Preis/Einheit	Betrag [€]
Ausdehnungsgefäß	1	Stck	1.500,00	1.500,00
Kamine Ölkessel	2	Stck	3.500,00	7.000,00
Verrohrung in der Heizzentrale	10	M	100,00	1.000,00
Pumpen	2	Stck	1.000,00	2.000,00
Ventile	4	Stck	300,00	1.200,00
Sicherheitsarmaturen			250,00	250,00
Mischer	6	Stck	800,00	4.800,00
Dämmung Rohrleitungen		Pauschal	800,00	800,00
Montage	1		2.500,00	2.500,00
Gesamtkosten Weitere Kosten				21.050,00
Planung/Baunebenkosten	15%			8.528,25
Gesamtinvestitionskosten				65.383,25
Ust				12.422,82
Invest inkl Ust				77.806,07

Tabelle 12: Investitionskosten Referenzvariante a

Tabelle 13 zeigt die Investitionskosten für die Teilversorgung mit zwei 240 kW Heizkesseln.

Referenzvariante b, Teilversorgung				
Investitionskosten Ölkessel 2x240 kW				
Artikel	Menge	Ezl-Betrag [€]		Ges-Betrag [€]
Buderus Kessel mit Weishauptbrenner	2	10.285,00		20.570,00
Regelsystem	2	1.470,00		2.940,00
Lieferung, Montage, Aufstellung	10%			2.351,00
Gesamtkosten Ölkessel 2x240 kW				25.861,00
Weitere Kosten Heizungsanlage				
Artikel	Menge	Einheit	Preis/Einheit	Betrag [€]
Ausdehnungsgefäß	1	Stck	1.500,00	1.500,00
Kamine Ölkessel	2	Stck	3.000,00	6.000,00
Verrohrung in der Heizzentrale	10	M	100,00	1.000,00
Pumpen	2	Stck	1.000,00	2.000,00
Ventile	4	Stck	300,00	1.200,00
Sicherheitsarmaturen			250,00	250,00
Mischer	4	Stck	800,00	3.200,00
Dämmung Rohrleitungen		Pauschal	800,00	800,00
Montage	1		2.500,00	2.500,00
Gesamtkosten Weitere Kosten				18.450,00
Planung/Baunebenkosten	15%	6.646,65		
Gesamtinvestitionskosten				50.957,65
Ust				9.681,95
Invest inkl Ust				60.639,60

Tabelle 13: Investitionskosten Referenzvariante b

4.4 Kosten der Biomasse-Heizanlagen (HHS, Heizöl)

Bei den Varianten 1 und 2, bei denen Holzhackschnitzel als primärer Brennstoff eingesetzt wird, muss sowohl bei der Vollversorgung als auch bei der Teilversorgung ein entsprechender Lagerraum geschaffen werden. Meistens werden hier für Erdbunker gebaut. Im hier zur Rede stehenden Fall, in einem durch die Asbach überschwemmungsgefährdeten Gebiet mit hohem Grundwasserspiegel, ist von einem Erdbunker als HHS-Lager abzuraten. Hier empfiehlt sich eine Containerlösung. Dass heißt, für die Heizzentrale werden drei Container aufgestellt, welche durch eine Förderschnecke (Kratzkettenförderer) miteinander verbunden sind. Im ersten sind die beiden Kessel und die dazugehörige Technik. Die anderen beiden Container sind austauschbare Brennstoffvorratslager. Ist einer der Beiden leer, wird er gegen einen vollen ausgetauscht. Von hier aus wird der Brennstoff über eine Dosierschnecke bis zum Kessel transportiert.

In der folgenden Abbildung ist eine ähnliche Anlage zu sehen. Bei der Asbacherhütte wird die Heizzentrale, anders als im hier abgebildeten Beispiel, wie bereits erwähnt in einem dritten Container untergebracht sein.



Abbildung 13: Bsp. Containerheizzentrale mit HHS-Lager

Auf der folgenden Abbildung ist der vorgesehene Standpunkt (rot eingezeichnet) der Heizzentrale zu sehen.

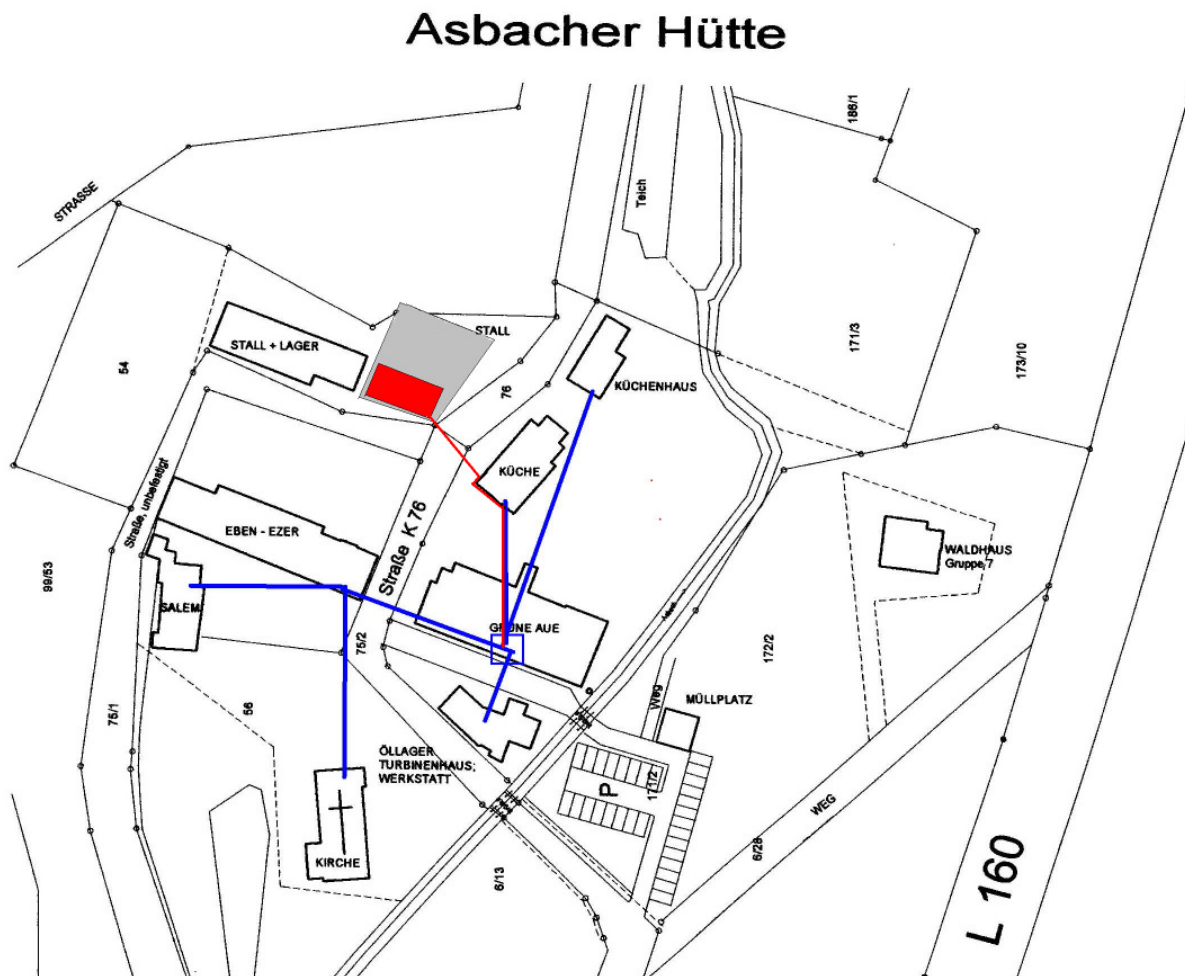


Abbildung 14: Lageplan mit neuer Heizzentrale

Im Folgenden sind die Investitionskosten aufgeführt, die bei der Umstellung auf die Wärmeversorgung durch einen Holzhackschnitzelkessel für die Grundlast und einen Heizölkessel für die Spitzenlast anfallen.

Die neue Heizzentrale soll mit dem alten Nahwärmenetz verbunden werden, da dieses noch weiter genutzt werden kann. Aus diesem Grund werden etwa 55 m neue Nahwärmeleitung benötigt. Die Kostenzusammensetzung für die Nahwärmeleitung wurde auf Grundlage des Leitfadens Nahwärme ermittelt und ist im Anhang aufgeführt.

Für die Heizanlage im Container wurde ein Angebot der Firma Werner Klein Ing.-grad. Energie- und Umwelttechnik eingeholt. Dieses beinhaltet die Kesselanlage des Herstellers WVT mit Entstauber und Regelung, die Fördereinheiten für die HHS, die Brennstoff-Vorratsbehälter, die Kaminanlage für den Biomassekessel und weitere technische Komponenten.

Die Preise für Spitzenlastkessel, Regelsystem und Abgasanlage sowie andere Teile wurden auch hier aus dem aktuellen Katalog der Firma Buderus entnommen.

Tabelle 15 zeigt die Kosten für die Vollversorgung mit einem 291 kW HHS-Heizkessel für die Grundlastversorgung und einem 510 kW Ölkessel zur Abdeckung der Spitzenlast.

Investitionskosten Variante 1				
Investitionskosten Biomasseheizanlage 291 kW Grundlast				
Artikel	Menge	Einheit	Preis [€]	Betrag [€]
Kesselanlage, Hrst: WVT. Typ SR-EB 5	1	Stück	55.402,00	55.402,00
Kratzkettenförderer	1	Stück	13.270,00	13.270,00
Brennstoff-Vorratsbehälter	2	Stück	43.665,00	43.665,00
Schaltschrank "Fördereinheiten"	1	Stück	4.800,00	4.800,00
Mobiler Heizcontainer	1	Stück	16.065,00	16.065,00
Montage und Inbetriebnahme	10%	%	13.320,20	13.320,20
Gesamtkosten Biomasseheizanlage 291 kW Grundlast				146.522,20
Investitionskosten Abgasanlage 350 mm				
Artikel	Menge	Einheit	Preis/Einheit	Betrag [€]
Kaminanlage	1	Stück	5.650,00	5.650,00
Gesamtkosten Abgasanlage				5.650,00
Investitionskosten Ölkessel 510 kW Spitzenlast				
Artikel				Betrag [€]
Buderus Kessel mit Weishauptbrenner				18.175,00
Regelsystem				1.470,00
Montage	10%			1.964,50
Gesamtkosten Ölkessel 510 kW Spitzenlast				21.609,50
Weitere Kosten Heizungsanlage im Container				
Artikel	Menge	Einheit	Preis/Einheit	Betrag [€]
Verteilung	1	Stck	1.700,00	1.700,00
Duckhalteanlage	1	Stck	2.500,00	2.500,00
Kamine Ölkessel	1	Stck	2.000,00	2.000,00
Verrohrung in der Heizzentrale	10	m	100,00	1.000,00
Pumpen	3	Stck	500,00	1.500,00
Ventile	6	Stck	300,00	1.800,00
Sicherheitsarmaturen	1		2.500,00	2.500,00
Dreiwegeventile	2	Stck	1.000,00	2.000,00
Mischer	1	Stck	600,00	600,00
Gesamtkosten Weitere Kosten				15.600,00

Montage		10%		1.560,00
Gesamtkosten Weitere Kosten				17.160,00
Weitere Kosten Anschluss an Netzbestand				
Pufferspeicher (2080 l)	1	Stck	3.150,00	3.150,00
Verrohrung in der Heizzentrale	10	m	100,00	1.000,00
Pumpen	2	Stck	1.000,00	2.000,00
Ventile	4	Stck	300,00	1.200,00
Mischer	6	Stck	800,00	4.800,00
Dämmung Rohrleitungen		Pauschal	800,00	800,00
Montage	1		1.000,00	1.000,00
				13.950,00
Baukosten Heizzentrale u. Brennstofflager				
Artikel	Menge	Einheit	Preis/Einheit	Betrag [€]
Erdauhup Vorplatz (20x15x0,3)	30	m³	25	750
Vorplatz schottern (20*15x0.1)	30	m³	30	900
Kernbohrungen für Rohranschlüsse	4	Stck	33,70	134,80
				1.784,80
Rohrnetzkosten inkl. Oberflächenwiederherstellung und Planung				
Artikel	Menge	Einheit	Preis/Einheit	Betrag [€]
Hauptrohrleitung (KMR) DN 100	10,00	m	416 €	4.160,00
Hauptrohrleitung KMR) DN 100	25,00	m	311 €	7.775,00
Hauptrohrleitung KMR) DN 101	20,00	m	153 €	3.060,00
Heizölpipeline DN 15	60,00	m		4.960,00
Gesamtkosten Rohrnetz mit Planung				19.955,00
Summe				228.281,50
Sonstiges	5%			11.414,08
Planungskosten ohne Netz	15%			31.248,98
Gesamtinvestitionskosten				270.944,55
Ust				51.479,46
Invest inkl Ust				322.424,01

Tabelle 14: Investitionskosten Variante 1

Tabelle 16 zeigt die Kosten für die Teilversorgung mit einem 174 kW HHS-Heizkessel für die Grundlastversorgung und einem 295 kW Ölkessel zur Abdeckung der Spitzenlast.

Investitionskosten Variante 2				
Investitionskosten Biomasseheizanlage 174 kW Grundlast				
Artikel	Menge	Einheit	Preis [€]	Betrag [€]
Kesselanlage, Hrst: WVT. Typ SR-EB 5	1	Stück	46.984,00	46.984,00
Silodeckel, nicht befahrbar	1	Stück	13.270,00	13.270,00
Brennstoff-Vorratsbehälter	2	Stück	43.665,00	43.665,00
Schaltschrank "Fördereinheiten"	1	Stück	4.800,00	4.800,00
Mobiler Heizcontainer	1	Stück	16.065,00	16.065,00
Montage und Inbetriebnahme	10%	%	12.478,40	12.478,40
Gesamtkosten Biomasseheizanlage 174 kW Grundlast				137.262,40
Investitionskosten Abgasanlage 250 mm				
Artikel	Menge	Einheit	Preis/Einheit	Betrag [€]
Kaminanlage	1	Stück	4.550,00	4.550,00
Gesamtkosten Abgasanlage				4.550,00
Investitionskosten Ölkessel 295 kW Spitzenlast				
Artikel				Betrag [€]
Buderus Kessel mit Weishauptbrenner				10.860,00
Regelsystem				1.470,00
Montage	10%			1.233,00
Gesamtkosten Ölkessel 295 kW Spitzenlast				13.563,00
Weitere Kosten Heizungsanlage				
Artikel	Menge	Einheit	Preis/Einheit	Betrag [€]
Verteilung	1	Stck	1.700,00	1.700,00
Duckhalteanlage	1	Stck	2.500,00	2.500,00
Kamin Ölkessel	1	Stck	2.000,00	2.000,00
Verrohrung in der Heizzentrale	10	m	100,00	1.000,00
Pumpen	3	Stck	500,00	1.500,00
Ventile	6	Stck	300,00	1.800,00
Sicherheitsarmaturen	1		2.500,00	2.500,00
Dreiwegeventile	2	Stck	1.000,00	2.000,00
Mischer	1	Stck	600,00	600,00
Gesamtkosten Weitere Kosten				15.600,00
Montage		10%		1.560,00
Gesamtkosten Weitere Kosten				17.160,00
Weitere Kosten Anschluss an Netzbestand				
Pufferspeicher (2080 l)	1	Stck	3.150,00	3.150,00
Verrohrung in der Heizzentrale	10	m	100,00	1.000,00
Pumpen	2	Stck	1.000,00	2.000,00
Ventile	4	Stck	300,00	1.200,00
Mischer	6	Stck	800,00	4.800,00
Dämmung Rohrleitungen		Pauschal	800,00	800,00
Montage	1		1.000,00	1.000,00
				13.950,00
Baukosten Heizzentrale				

Artikel	Menge	Einheit	Preis/Einheit	Betrag [€]
Erdauhup Vorplatz (20x15x0,3)	30	m³	25	750
Vorplatz schottern (20*15x0.1)	30	m³	30	900
Kernbohrungen für Rohranschlüsse	4	Stck	33,70	134,80
Gesamtbaukosten Heizzentrale				1.784,80
Rohrnetzkosten inkl. Oberflächenwiederherstellung und Planung				
Artikel	Menge	Einheit	Betrag [€]	
Hauptrohrleitung (KMR) DN 65	10,00	m	338 €	3.380,00
Hauptrohrleitung KMR) DN 65	25,00	m	245 €	6.125,00
Hauptrohrleitung KMR) DN 101	20,00	m	110 €	2.200,00
Heizölpipeline DN 15	60,00	m		4.960,00
Gessamtkosten Rohrnetz mit Planung				16.665,00
Summe				206.585,20
Sonstiges	5%	10.329,26		
Planungskosten ohne Netz	15%	28.488,03		
Gesamtinvestitionskosten				245.402,49
Ust				46.626,47
Invest inkl Ust				292.028,96

Tabelle 15: Investitionskosten Variante 2

5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

5.1 Grundlagen zur Wärmekostenermittlung

Bei einer Wirtschaftlichkeitsberechnung für Heizungsanlagen geht es um einen Vergleich der Wärmeerzeugungskosten der verschiedenen Varianten. Mittels der Wärmegestehungskosten können unterschiedliche Anlagenkonzepte miteinander verglichen werden. Die Wärmegestehungskosten werden in €/kWh angegeben. Zur Berechnung der Wärmegestehungskosten werden die Heizgesamtkosten pro Jahr ermittelt. Die Heizgesamtkosten setzen sich im Wesentlichen aus drei Komponenten zusammen.

1. Die Kapitalgebundenen Kosten: Die Kosten für die Verzinsung des Kapitals
2. Die Verbrauchsabhängigen Kosten: Die Kosten für Energie, Brennstoffe oder Hilfsenergie
3. Die Betriebskosten: Die Kosten für Wartung und Bedienung oder auch Hilfskosten

Die Ermittlung der Kapitalkosten erfolgt auf der Grundlage der Annuitätenrechnung unter Berücksichtigung eines angenommenen Zinses und der Nutzungsdauer des Investitionsgutes.

Die Bestimmung der Verbrauchskosten erfolgt bei Heizungsanlagen durch die Berechnung der jährlich aufzuwendenden Verbrauchs- und Brennstoffkosten.

Die Betriebsgebundenen Kosten werden häufig auf der Basis von Zuschlägen auf die Investitionskosten oder auf die erbrachte Anlagenleistung ermittelt. Sie weisen in der Regel nur eine sehr geringe Intensität an den Gesamtkosten auf.

Die Heizgesamtkosten ergeben sich aus der Summe der Kapital-, Verbrauchs- und Betriebskosten.⁴

Die Ermittlung der Wärmegestehungskosten erfolgt durch die Berechnung des Verhältnisses der Heizgesamtkosten in €/a zum Gesamt-Jahres-Heizenergiebedarf in kWh/a.

$$W_k = \frac{\text{Heizgesamtkosten}}{\text{Heizenergiebedarf}}$$

5.2 Ermittlung des Wärmepreis

Im Folgenden ist für alle Varianten die Ermittlung der Wärmegestehungskosten dargestellt. Mit Hilfe der Annuitätenmethode wird eine Kapitalkostenermittlung durchgeführt und durch die Berücksichtigung der Verbrauchs- und Betriebskosten kann für jede der vier aufgestellten Varianten ein spezifischer Wärmepreis in €/kW berechnet werden.

Es wird ein realer Zinssatz von 6,5 % für die Referenzvarianten und 4,5 % für die Biomasse Varianten unterstellt. Die rechnerische Nutzungsdauer beträgt 20 Jahre. (In der Realität liegt die Nutzungsdauer für das Rohrnetz, welches in den Investitionskosten der Biomassevarianten enthalten ist, meist höher als 40 Jahre.)

⁴ vgl. Wolf, D., in: Taschenbuch für Heizung, Klima und Technik, 2000, S. 1021.

5.2.1 Wirtschaftlichkeit Referenzvariante a

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach der Annuitätenmethode		Ölkessel	2	x	400	kW
Kapitalgebundene Kosten pro Jahr						
Ausgangsdaten	Zeichen	Einheit				
Realer Zinssatz	i_1			6,50%		
Betrachtungsdauer	T			20		
Annuitätenfaktor	$i \cdot \frac{(1+i)^T}{(1+i)^T - 1}$			0,091		
Investition				65.383,25 €		
Kapitalgebundene Kosten pro Jahr						5.933,95 €
Verbrauchskosten Dampfkessel						
Endenergiebedarf		kWh/a		1.177.121		
Nutzenergiebedarf		kWh/a		941.697		
Brennstoffbedarf fossil		kWh/a		1.177.121		
Spez. Brennstoffkosten fossil		€/kWh		0,047		
Kosten Öl		€/a				55.324,71 €
Summe Verbrauchskosten		€/a				55.324,71 €
Betriebskosten						
Instandhaltung und Wartung	2,50%					895,13 €
Kaminfeger		€				80,00 €
Betriebsstromkosten Ölkessel		€/MWh		0,75		882,84 €
Summe Betriebskosten		€/a				1.857,97 €
sonstige Kosten						
Versicherung	bezogen auf die Gesamtinvestition	0,70%				250,64 €
Summe sonstige Kosten		€/a				250,64 €
Jahreskosten gesamt		€/a				63.367,25 €
Umsatzsteuer		19,00%				10.912,33 €
Jahreskosten inkl Ust						74.279,58 €
Wärmepreis netto						0,0673
Wärmepreis brutto						0,0789

Tabelle 16: Ermittlung jährlich anfallender Kosten und Wärmepreis für Referenzvariante a

5.2.2 Wirtschaftlichkeit Referenzvariante b

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach der Annuitätenmethode		Ölkessel	2	x	240	kW
Kapitalgebundene Kosten pro Jahr						
Ausgangsdaten	Zeichen	Einheit				
Realer Zinssatz	i_1			6,50%		
Betrachtungsdauer	t			20		
Annuitätenfaktor	$i \cdot \frac{(1+i)^t}{((1+i)^t - 1)}$			0,091		
Investition				50.957,65 €		
Kapitalgebundene Kosten pro Jahr						4.624,73 €
Verbrauchskosten						
Endenergiebedarf		kWh/a		659.270		
Nutzenergiebedarf		kWh/a		527.416		
Brennstoffbedarf fossil		kWh/a		659.270		
Spez. Brennstoffkosten fossil		€/kWh		0,047		
Kosten Öl		€/a				30.985,68 €
Summe Verbrauchskosten		€/a				30.985,68 €
Betriebskosten						
Instandhaltung und Wartung	2,50%					646,53 €
Kaminfeger		€				80,00 €
Betriebsstromkosten Ölkessel		€/MWh		0,75		494,45 €
Summe Betriebskosten		€/a				1.220,98 €
sonstige Kosten						
Versicherung	bezogen auf die Gesamtinvestition	0,70%				181,03 €
Summe sonstige Kosten		€/a				181,03 €
Jahreskosten gesamt		€/a				37.012,42 €
Umsatzsteuer		19,00%				6.153,66 €
Jahreskosten inkl Ust						43.166,08 €
Wärmepreis netto						0,0702
Wärmepreis brutto						0,0818

Tabelle 17: Ermittlung jährlich anfallender Kosten und Wärmepreis für Referenzvariante b

5.2.3 Wirtschaftlichkeit Variante 1

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach der Annuitätenmethode					291	kW	HHS,	510	kW	Öl
Kapitalgebundene Kosten pro Jahr										
Ausgangsdaten	Zeichen	Einheit								
Realer Zinssatz	i_1			4,50%						
Betrachtungsdauer	t			20						
Annuitätenfaktor	$i \cdot \frac{(1+i)^t}{(1+i)^t - 1}$			0,077						
Investition				326.010,08 €						
Kapitalgebundene Kosten pro Jahr									25.062,40 €	
Verbrauchskosten										
Endenergiebedarf		kWh/a		1.177.121						
Nutzenergiebedarf		kWh/a		941.697						
Brennstoffbedarf HHS		kWh/a		941.697						
Spez. Brennstoffkosten HHS		€/kWh		0,0225						
HHS		€/a		21.188,19 €						
Brennstoffbedarf fossil		kWh/a		235.424						
Spez. Brennstoffkosten fossil		€/kWh		0,0474						
Kosten Öl		€/a		11.159,11 €					32.347,30 €	
Summe Verbrauchskosten		€/a							32.347,30 €	
Betriebskosten										
Instandhaltung und Wartung	2,50%								4.203,29 €	
Kaminfeger (HHS)		€							290,00 €	
Kaminfeger (Öl)		€							80,00 €	
Betriebsstromkosten HHS-Kessel		€/MWh	1,25						1.177,12 €	
Betriebsstromkosten Ölkessel		€/MWh	0,75						176,57 €	
Summe Betriebskosten		€/a							5.926,98 €	
sonstige Kosten										
Versicherung	bezogen auf die Gesamtinvestition	0,70%							1.176,92 €	
Summe sonstige Kosten		€/a							1.176,92 €	
Jahreskosten gesamt		€/a							64.513,60 €	
Umsatzsteuer		7,00%							1.483,17 €	
Umsatzsteuer		19,00%							3.469,97 €	
Jahreskosten inkl Ust									69.466,74 €	
Wärmepreis netto									0,0685	
Wärmepreis brutto									0,0738	

Tabelle 18: Ermittlung jährlich anfallender Kosten und Wärmepreis für Variante 1

5.2.4 Wirtschaftlichkeit Variante 2

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung 174 kW HHS, 295 kW Öl nach der Annuitätenmethode				
Kapitalgebundene Kosten pro Jahr				
Ausgangsdaten	Zeichen	Einheit		
Realer Zinssatz	i_1		4,50%	
Betrachtungsdauer	t		20	
Annuitätenfaktor	$i \cdot \frac{(1+i)^t}{((1+i)^t - 1)}$		0,077	
Investition			294.984,03 €	
Kapitalgebundene Kosten pro Jahr				22.677,23 €
Verbrauchskosten				
Endenergiebedarf		kWh/a	659.270	
Nutzenergiebedarf		kWh/a	527.416	
Brennstoffbedarf HHS		kWh/a	527.416	
Spez. Brennstoffkosten HHS		€/kWh	0,0225	
HHS		€/a	11.866,86 €	
Brennstoffbedarf fossil		kWh/a	131.854	
Spez. Brennstoffkosten fossil		€/kWh	0,0474	
Kosten Öl		€/a	6.249,88 €	18.116,74 €
Summe Verbrauchskosten		€/a		18.116,74 €
Betriebskosten				
Instandhaltung und Wartung	2,50%			3.770,64 €
Kaminfeger (HHS)		€		290,00 €
Kaminfeger (Öl)		€		80,00 €
Betriebsstromkosten HHS-Kessel		€/MWh	1,25	659,27 €
Betriebsstromkosten Ölkessel		€/MWh	0,75	98,89 €
Summe Betriebskosten		€/a		4.898,80 €
sonstige Kosten				
Versicherung	bezogen auf die Gesamtinvestition	0,70%		1.055,78 €
Summe sonstige Kosten		€/a		1.055,78 €
Jahreskosten gesamt		€/a		46.748,54 €
Umsatzsteuer		7,00%		830,68 €
Umsatzsteuer		19,00%		2.318,85 €
Jahreskosten inkl Ust				49.898,07 €
Wärmepreis netto				0,0886
Wärmepreis brutto				0,0946

Tabelle 19: Ermittlung jährlich anfallender Kosten und Wärmepreis für Variante 2

6 Solarthermie und Photovoltaik

Aufgrund der hohen Verschattung der Dachflächen durch Bäume und Hügel sind die Dachflächen für die Errichtung von Solaranlagen nicht geeignet. Weder Solarthermie zur Unterstützung der Heizanlage noch Photovoltaikanlagen zur Stromgewinnung werden am Standort wirtschaftlich zu betreiben sein.

7 Zusammenfassung und Sensitivitätsanalyse

7.1 Wärmeversorgung

Tabelle 21 zeigt den Vergleich der Investitionskosten. Hier wird deutlich, dass die Varianten mit den Biomassekesseln einen wesentlich höheren Kapitalbedarf erfordern.

Investition brutto:		
	Referenzvarianten	Varianten (HHS)
Vollversorgung	77.806,07 €	322.424,01 €
Teilversorgung	60.639,60 €	292.028,96 €

Tabelle 20: Übersicht Investitionskosten

Tabelle 22 zeigt den Vergleich der Wärmepreise der verschiedenen Varianten.

Wärmepreise brutto:		
	Referenzvarianten	Varianten (HHS)
Vollversorgung	0,081 €/kWh	0,073 €/kWh
Teilversorgung	0,084 €/kWh	0,094 €/kWh

Tabelle 21: Übersicht Wärmepreise

Die spezifischen Wärmepreise je kWh liegen bei der Vollversorgung mit Heizölkesseln bei 0,081 € und HHS + Heizöl bei 0,073 € pro Kilowattstunde. Bei der Teilversorgung sind es mit Heizölkesseln 0,084 € und HHS + Heizöl 0,094 € pro Kilowattstunde.

7.1.2 Sensitivitätsanalyse

Betrachtet man nun die zukünftige Entwicklung der Wärmepreise über 20 Jahre unter der Annahme von Preissteigerungen für Heizöl von 9 % und HHS von 5 % jährlich⁵, kommt man zu folgenden Ergebnissen:

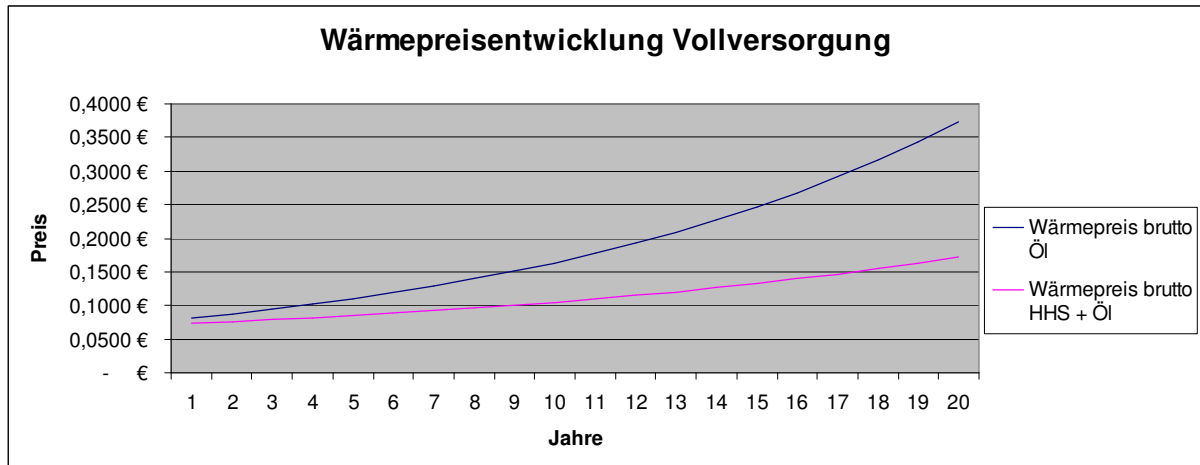


Tabelle 22: Dynamische Wärmepreisentwicklung Vollversorgung

Bei der Vollversorgung ist der Wärmepreis für die Biomassevariante von Anfang an günstiger und steigt über die Jahre auch weniger rapide an als der für die Heizölvariante.

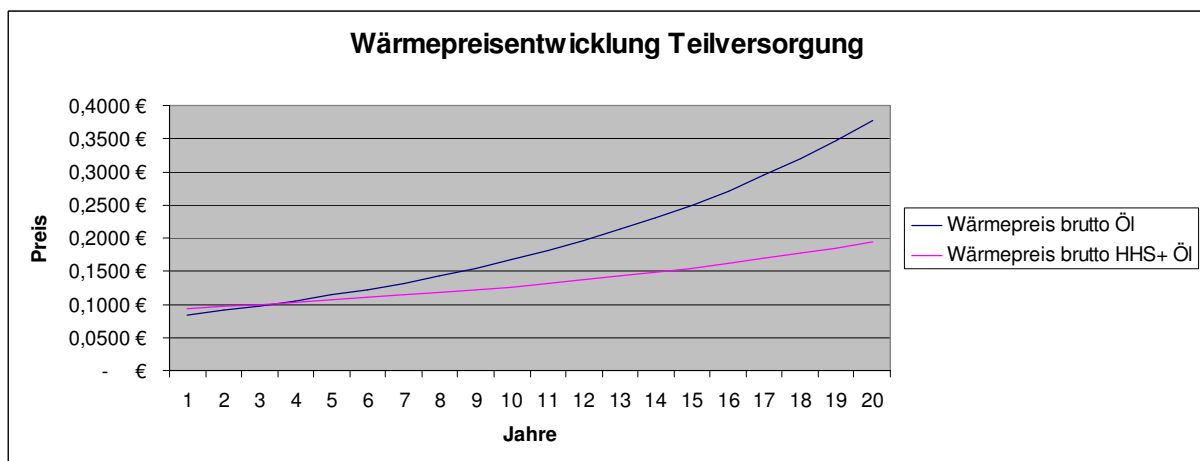


Tabelle 23: Dynamische Wärmepreisentwicklung Teilversorgung

Bei der Teilversorgung ist der Wärmepreis für die Biomassevariante zunächst höher als der der Heizölvariante. Aufgrund der stärker angenommenen Preissteigerung für

⁵ Für beide Energieträger ist das die durchschnittliche prozentuale Preisentwicklung der letzten 5 Jahre.

fossile Brennstoffe wird der Wärmepreis aber bereits nach vier Jahren für die Holzhackschnitzel-Variante günstiger sein

Addiert man die jährlich anfallenden Kosten über die gesamte Betrachtungsdauer von 20 Jahren zusammen, kommt man zu folgenden Gesamtkosten:

Gesamtkosten nach 20 Jahren brutto:		
	Referenzvarianten	Varianten (HHS)
Vollversorgung	3.598.070 €	2.125.511 €
Teilversorgung	2.052.371 €	1.417.354 €

Tabelle 24: Gesamtkosten nach 20 Jahren

7.2 Kochbetrieb

In Tabelle 25 sind in der ersten Zeile die Investitionskosten für den Austausch der bestehenden Dampftechnik und der Umstellung auf Elektro-Kochkessel aufgeführt. In der zweiten Zeile sind die jährlich anfallenden Kosten nach der Annuitätenmethode dargestellt.

Kochbetrieb:		
	Dampf	Elektro
Investition	19.824,00 €	24.891,42 €
Kosten pro Jahr	16.827,05 €	12.731,17 €

Tabelle 25: Kostenübersicht Kochbetrieb

Die Investitionskosten für eine Erneuerung der Dampfkesselanlage sind zwar günstiger, aber die jährlich anfallenden Kosten und auch die Wartungs- und Personalintensität sprechen für eine Umstellung auf Elektro-Kochkessel.

7.3 Anbindung des „Waldhaus“

Da für eine Anbindung des „Waldhaus“ an den Nahwärmeverbund ca. 50.000,- € Kosten entstehen würden und aktuell kein Sanierungsbedarf besteht (entsteht erst in ca. 15 Jahren), ist dies aus ökonomischer Sicht nicht empfehlenswert.

8 Fazit

- Die Beibehaltung der vorhandenen Energieversorgung wirkt sich nur für das „Waldhaus“ positiv aus, insgesamt sind die Auswirkungen negativ
- Das „Waldhaus“ sollte zu diesem Zeitpunkt noch nicht an das Nahwärmenetz angeschlossen werden, bei Erneuerung des Heizkessels ist es sinnvoll diese Option noch einmal zu betrachten
- Der Kochbetrieb in der Küche sollte vom Dampfbetrieb auf Betrieb mit Strom umgestellt werden
- Sowohl bei der Voll- als auch bei der Teilversorgung sollte die Wärmeerzeugung von Heizöl auf Biomasse umgestellt werden, obwohl die Anfangsinvestitionen zunächst höher sind
- Weder Solarthermie zur Unterstützung der Heizanlage noch Photovoltaikanlagen zur Stromgewinnung werden am Standort wirtschaftlich zu betreiben sein

9 Ökologische Betrachtung

Mit der Einsparung fossiler Brennstoffe ist immer auch eine Reduktion des Ausstoßes von CO₂ verbunden. Bei der Erzeugung einer Megawattstunde Wärme aus Heizöl werden etwa 200 kg CO₂ freigesetzt. Die Wärmeversorgung der Asbacherhütte führt zu einer Einsparung der fossilen Brennstoffe um bis zu 850 MWh jährlich. Das entspricht einer Menge von 170 t CO₂-Emissionen, die im Jahr vermieden werden können.

