



**Umwelt-Campus
Birkenfeld**

IfaS Institut
für
angewandtes
Stoffstrommanagement

Projektleitung:

Prof. Dr. Peter Heck

Erstellt von:

Dipl. Wirt.-Ing. (FH) Antti Olbrisch

Forschungsbericht:

Machbarkeitsstudie für eine Nahwärmeversorgung
mit Holzhackschnitzeln oder Holzpellets für ver-
schiedene öffentliche Einrichtungen in Üxheim



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Tabellenverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis	IV
1 Einleitung.....	1
2 Ist-Analyse.....	1
3 Beschreibung der Untersuchungsszenarien.....	2
4 Technische Auslegung	3
4.1 Heizkessel	3
4.2 Bunker	4
4.3 Pufferspeicher.....	4
4.4 Heizzentrale.....	5
4.5 Wärmenetz.....	5
5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	6
5.1 Investitionskosten	7
5.1.1 Heizkessel.....	7
5.1.2 Bunker/Pelletsilo	7
5.1.3 Pufferspeicher	8
5.1.4 Heizzentrale.....	8
5.1.5 Peripherie	8
5.1.6 Wärmenetz	8
5.1.7 Gesamtinvestitionskosten.....	9
5.2 Laufende Kosten.....	10
5.3 Wärmepreis	11
5.4 Betrachtung mit solarthermischer Anlage.....	11
5.4.1 Auslegung der Anlage.....	12
5.4.2 Investitionskosten	12
5.4.3 Jahreskosten.....	12
5.4.4 Wärmepreis der solarthermischen Wärme.....	13

5.5	Sensitivitätsanalyse	13
5.6	Einsatz von Photovoltaik.....	14
5.6.1	Grundschule Üxheim.....	14
5.6.2	Grundschule Hillesheim.....	16
5.7	Ökologische Betrachtung	16
6	Zusammenfassung und Ausblick	17
	Anhang	A
	Investitionskosten Heizkessel	A
	Jahreskosten und Wärmepreise	E

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Endenergiebedarf der einzelnen Gebäude	3
Tabelle 2: Benötigte Heizleistung der einzelnen Gebäude.....	3
Tabelle 3: Kesselleistung der Varianten.....	4
Tabelle 4: Übersicht Kessel	4
Tabelle 5: Leitungsdimensionen	6
Tabelle 6: Übersicht Investition Heizkessel.....	7
Tabelle 7: Leitungskosten	9
Tabelle 8: Hausanschlusskosten	9
Tabelle 9: Investitionskosten.....	9
Tabelle 10: Jährliche Kosten	11
Tabelle 11: Wärmepreise	11
Tabelle 12: Laufende Kosten der Solarthermieanlage.....	12
Tabelle 13: Preissteigerungsraten zur Sensitivitätsanalyse.....	13
Tabelle 14: Wirtschaftlicher Vergleich der Angebote für PV-Anlagen für die Grundschule Üxheim.....	15
Tabelle 15: Wirtschaftlicher Vergleich der Angebote für PV-Anlagen für die Grundschule Hillesheim	16
Tabelle 16: Ölkessel Heizzentrale	A
Tabelle 17: Holzkessel Heizzentrale	B
Tabelle 18: Ölkessel Kindergarten (Referenz).....	C
Tabelle 19: Ölkessel Turnhalle mit Bürgersaal (Referenz).....	D
Tabelle 20: Ölkessel Grundschule (Referenz)	D
Tabelle 21: Jahreskosten HHS-Variante	E
Tabelle 22: Jahreskosten Pellet-Variante.....	F
Tabelle 23: Jahreskosten Referenz-Variante	G

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Luftbild der Gebäude	2
Abbildung 2: Lageplan mit Leitungen und möglichen Standorten der Heizzentrale	5
Abbildung 3: Verlauf der jährlichen Kosten.....	14

1 Einleitung

Das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) wurde von der Verbandsgemeinde Hillesheim beauftragt eine Untersuchung durchzuführen, in wie weit eine Umstellung der Heizungen, in verschiedenen Gebäuden der Gemeinde Üxheim, auf Holzhackschnitzel oder Holzpellets technisch machbar und wirtschaftlich darstellbar ist. Die betroffenen Gebäude sind die Grundschule Üxheim, die Turnhalle mit Bürgersaal sowie der Kindergarten. Die Errichtung eines Nahwärmenetzes und somit die Prüfung einer zentralen Versorgung dieser Gebäude ist das Ziel dieser Untersuchung.

Zu diesem Zweck werden die Anlagen unter den gegebenen örtlichen Bedingungen technisch ausgelegt. Anschließend werden die anfallenden Investitionskosten ermittelt. Aus den Investitionskosten sowie den Verbrauchs- und Betriebskosten dieser Anlage wird schließlich ein Wärmepreis ermittelt, um die verschiedenen Anlagenvarianten und den Bestand zu vergleichen. Weiterhin wird die Errichtung von Photovoltaik-, beziehungsweise Solarthermieranlagen auf den Dachflächen untersucht.

Diese Studie ersetzt nicht die konkrete Planung der Anlagen. Sie soll dazu dienen vorab Entscheidungen bezüglich der Wahl des Energieträgers sowie der Errichtung eines Nahwärmenetzes zu vereinfachen.

2 Ist-Analyse

Die hier zu betrachtenden Gebäude (Grundschule Üxheim, Turnhalle mit Bürgersaal sowie Kindergarten) liegen in unmittelbarer Nachbarschaft zueinander (siehe Abbildung 1). In der Grundschule ist zurzeit eine Ölheizung mit einer Leistung von 165 kW installiert. Das Baujahr des Kessels ist 1990. Die Turnhalle mit Bürgersaal sowie der Kindergarten werden ebenfalls durch Ölheizungen mit Wärme versorgt. Die dafür benötigten Kessel befinden sich im Heizungsraum des Kindergartens. Die Wärme für die Turnhalle mit Bürgersaal wird über eine Nahwärmeleitung transportiert. Der dafür installierte Kessel hat eine Größe von 215 kW und stammt, wie auch die dafür installierte Nahwärmeleitung, aus dem Jahr 1978. Zur Beheizung des Kindergartens wurde 1998 ein 34 kW Kessel installiert.

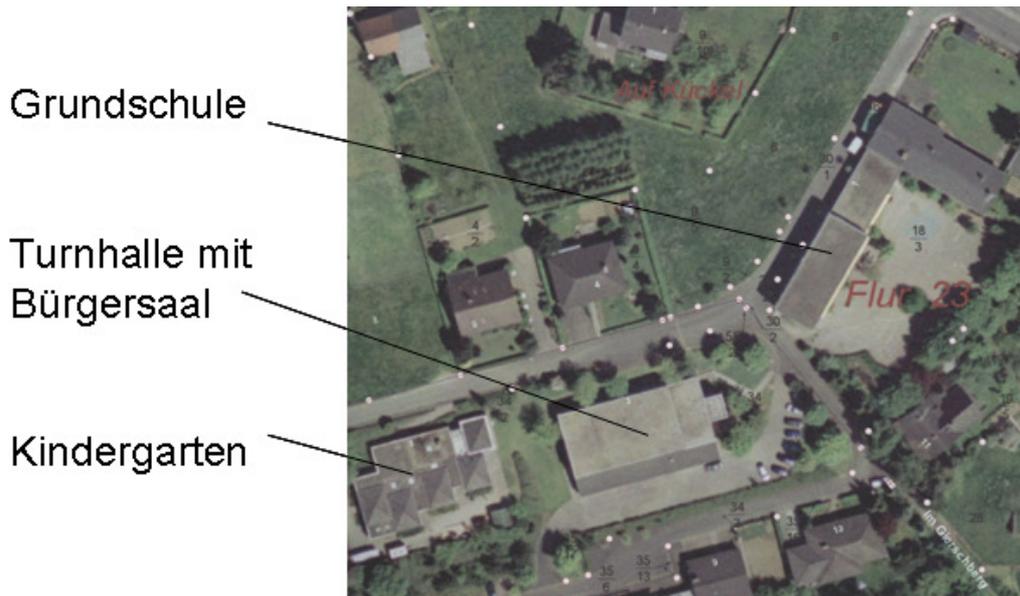


Abbildung 1: Luftbild der Gebäude

3 Beschreibung der Untersuchungsszenarien

Der Wärmeenergiebedarf der verschiedenen Gebäude wurde anhand des durchschnittlichen Heizölverbrauchs der Jahre 2001 bis 2005 ermittelt.

In dieser Untersuchung gehen wir davon aus, dass die installierten Heizkessel sowie die Nahwärmeleitung aufgrund des Alters von 10-30 Jahre nicht weiter genutzt werden. Eine differenzierte Betrachtung, bei der eine Sanierung der Gebäude und somit eine Verringerung des Endenergiebedarfs Berücksichtigung findet wird nicht durchgeführt. Bei den unterschiedlichen Szenarien spielt lediglich die Wahl des Energieträgers zur Deckung der Grund- und Spitzenlast eine Rolle. Des Weiteren hat die Wahl des Standortes für die Heizzentrale Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit.

Es wurden folgende Varianten betrachtet:

- Variante 1: Versorgung der Grundlast mit Holzhackschnitzeln und der Spitzenlast mit Öl
- Variante 2: Versorgung der Grundlast mit Holzpellets und der Spitzenlast mit Öl

Diese Varianten wurden wirtschaftlich mit der Sanierung der bestehenden Heizanlage mit Öl als Brennstoff verglichen.

4 Technische Auslegung

4.1 Heizkessel

Der ermittelte Endenergiebedarf beträgt hier 436.828 kWh/a (Tabelle 1).

Endenergiebedarf	
Grundschule	66.154 kWh
Kindergarten	270.704 kWh
Turnhalle mit Bürgersaal	99.968 kWh
Gesamt	436.826 kWh

Tabelle 1: Endenergiebedarf der einzelnen Gebäude

Aus den Verbrauchswerten wurden mit Hilfe der Vollbenutzungsstunden der verschiedenen Gebäudetypen folgende benötigte Heizleistungen für die Gebäude berechnet:

Benötigte Heizleistung der Gebäude	
Grundschule	193 kW
Kindergarten	41 kW
Turnhalle mit Bürgersaal	83 kW
Gesamt	317 kW

Tabelle 2: Benötigte Heizleistung der einzelnen Gebäude

Es wird in allen Varianten davon ausgegangen, dass die bereits installierten Ölkessel aufgrund ihres Alters nicht zur Versorgung der Spitzenlast genutzt werden können und dass sie wie auch die Grundlastkessel neu installiert werden (siehe Tabelle 2). Für die Auslegung der Grund- und Spitzenlast werden Kennwerte angenommen. Die benötigte Gesamtheizleistung wird zu 40% durch den Grundlastkessel und zu 60% durch den Spitzenlastkessel gedeckt. Der Grundlastkessel stellt ca. 80% der benötigten Energiemenge bereit.

Benötigte Leistung der Kessel			
	Grundlast	Spitzenlast	Summe
Variante 1 (HHS)	127 kW	190 kW	317 kW
Variante 2 (Pellets)	127 kW	190 kW	317 kW
Referenz	siehe Benötigte Heizleistung		

Tabelle 3: Kesselleistung der Varianten

Der zusätzliche Energieertrag der Solarthermieanlagen hat nur geringe Auswirkungen auf die benötigten Kesselleistungen im Winter. Es wird daher von den gleichen Kesselgrößen wie in den anderen Varianten ausgegangen. Somit ergeben sich die benötigten Leistungen ebenfalls wie in Tabelle 2 und Tabelle 3. Tabelle 4 zeigt die unterschiedlichen Kessel die für die Varianten vorgesehen sind.

Übersicht Kessel					
	Objekt	benötigte Leistung	Gewählter Kessel	gewählte Leistung	
Variante 1	Heizzentrale (Öl)	191 kW	Logano GE315	170	kW
	Heizzentrale (Holz)	127 kW	Köb	150	kW
Variante 2	Heizzentrale	191 kW	Logano GE315	170	kW
	Heizzentrale (Holz)	127 kW	Köb	150	kW
Referenz	Kindergarten	41 kW	Logano G215	45	kW
	Grundschule	193 kW	Logano GE315	200	kW
	Turnhalle mit Bürgerhaus	83 kW	Logano G215	85	kW

Tabelle 4: Übersicht Kessel

4.2 Bunker

Der Holzhackschnitzelbunker und das Pelletsilo werden so ausgelegt, dass Sie bei Vollast den Brennstoffbedarf der Heizung über einen Zeitraum von 14 (HHS) bis 43 (Pellets) Tagen abdecken können. Das nötige Volumen beträgt 53 m³ für die HHS und 48 m³ für die Pellets.

4.3 Pufferspeicher

Gewählt wurde in jeder Variante eine Pufferspeichergöße von 6.400 Litern. Diese gewährt den Vollastbetrieb des Holzkessels für mindestens eine halbe Stunde. Bei

einer Reduzierung des Wärmebedarfes auf eine geringe Abnahme, ist eine Beheizung über mehrere Stunden aus dem Pufferspeicher möglich.

4.4 Heizzentrale

In dieser Studie wird davon ausgegangen, dass die neuen Heizkessel in einer Heizzentrale errichtet werden. Die Standorte A und B sind in Abbildung 2 zu sehen. Es wird eine Leichtbauhalle angenommen, die eine Fläche von $7 * 12 \text{ m}^2$ hat und 5 Meter hoch ist. Bei der Berechnung für Standort A sind Kosten für die Abtragung von Erdreich einzubeziehen.

4.5 Wärmenetz

Das Wärmenetz wird beginnend von der Heizzentrale zu den vorhandenen Heizräumen hin verlegt. Da zwei Standorte möglich sind, sind die standortspezifischen Leitungen rot markiert (siehe Abbildung 2).

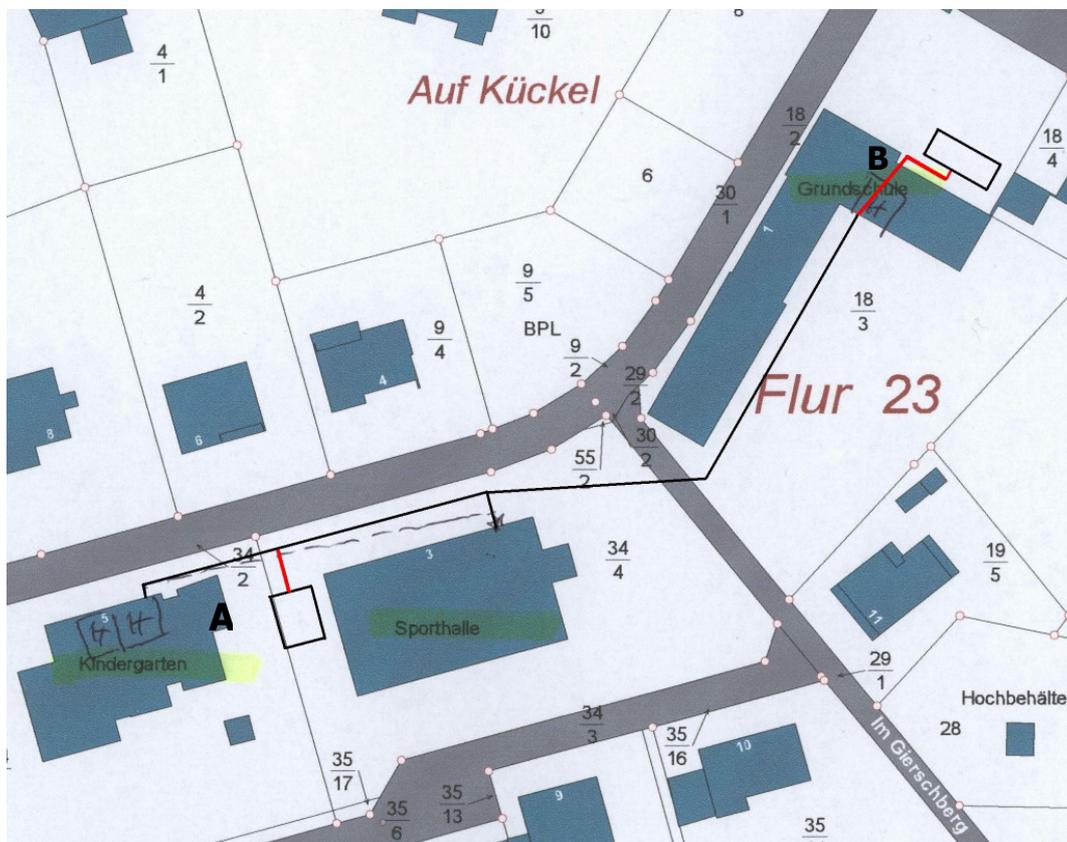


Abbildung 2: Lageplan mit Leitungen und möglichen Standorten der Heizzentrale

Die benötigten Leitungsdimensionen ergeben sich aus den Anschlusswerten für die Gebäude. Aufgrund der unterschiedlichen Standorte der Heizzentrale ist die Dimensionierung der Leitungen an den jeweiligen Standort anzupassen. Außerdem muss die bestehende Leitung für die Referenzvariante aufgrund ihres Alters ausgetauscht werden. Die benötigten Leitungen sind in Tabelle 5 dargestellt.

Standort A	
Leitungsdimension	Länge [m]
DN 50	50
DN 40	84
DN 32	7
DN 25	22
Standort B	
Leitungsdimension	Länge [m]
DN 50	15
DN 40	91
DN 32	7
DN 25	60
Referenz	
Leitungsdimension	Länge [m]
DN 32	67

Tabelle 5: Leitungsdimensionen

5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Um die verschiedenen Varianten vergleichbar zu machen wurden für die Jahreskosten und daraus die jeweiligen Wärmepreise, also die Preise für jeweils eine Kilowattstunde Wärme berechnet. Der Wärmepreis berechnet sich über alle Kosten, die bei einer Laufzeit von 20 Jahren entstehen. Mit Hilfe der Annuitätenmethode werden die Investitionskosten auf eben diese Laufzeit umgelegt. Weitere Kosten sind die laufenden Kosten, wie Betriebs-, Wartungs- und Brennstoffkosten.

Weiterhin wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, welche prognostizierte Brennstoffpreise für die nächsten 20 Jahre beinhaltet.

5.1 Investitionskosten

5.1.1 Heizkessel

Die Kosten für die Holzessel beruhen auf Angaben der Firma UWE Energie in Morbach. Aufgrund der Größe des Kessels kann man davon ausgehen, dass der Kessel mit HHS sowie mit Pellets befeuert werden kann. Die Investitionskosten der Holzessel schließen eine Förderung der KfW von 24 Euro je kW installierter (bzw. erweiterter) Nennwärmeleistung ein. Der Förderbetrag ist dem KfW-Programm Erneuerbare Energien entnommen. Die Kosten für die verschiedenen Varianten und Kessel ergeben sich wie folgt:

Übersicht Kesselinvestition		
	Objekt	Kosten
Variante 1	Holzessel (HZ)	41.098,75 €
	Ölkessel (HZ)	16.226,72 €
	Gesamt	57.325,47 €
Variante 2	Holzessel (HZ)	41.098,75 €
	Ölkessel (HZ)	16.226,72 €
	Gesamt	57.325,47 €
Referenz	Ölkessel (Kindergarten)	11.697,90 €
	Ölkessel (Grundschule)	16.882,72 €
	Ölkessel (Turnhalle m. B.)	13.507,90 €
	Gesamt	42.088,52 €

Tabelle 6: Übersicht Investition Heizkessel

5.1.2 Bunker/Pelletsilo

Die Kosten für den Brennstoffbunker beinhalten die Kosten für den Aushub sowie die Betonierung eines Erdbunkers. Kosten für einen Bunkerdeckel sind im Preis für den Heizkessel enthalten. Die Kosten betragen 10.609 € für den HHS-Bunker und 8.452 € für den Pelletbunker.

5.1.3 Pufferspeicher

Der Pufferspeicher wurde, wie in Kapitel 4.3 beschrieben, für beide Varianten mit der gleichen Größe angegeben. Die Kosten betragen 7.921,83 €.

5.1.4 Heizzentrale

Es wird angenommen, dass für die beiden Kessel eine Halle errichtet werden muss. Der Standort der Halle und der damit zusammenhängende Bunker muss eine unkomplizierte und direkte Befüllung gewährleisten. Diese Halle wird in beiden Varianten als gleich angenommen. Die Kosten für diese Halle betragen 16.120 €.

5.1.5 Peripherie

Zum Betrieb des Nahwärmenetzes sind zusätzliche Einrichtungen in der Heizzentrale notwendig. Diese sind unter anderem Pumpen, Druckhalteanlage, Ausdehnungsgefäß, Rohre und weitere Kleinteile. Als Kosten für diese Einrichtungen werden 20.961,33 € inklusive Montage angesetzt.

5.1.6 Wärmenetz

Bei der Ermittlung der Kosten für die Nahwärmeleitung (siehe Tabelle 7) wurde außer dem Nahwärmenetz ebenso die bereits bestehende, jedoch veraltete, Leitung neu geplant. Des Weiteren werden Kosten für die Verlegung der Leitung durch die Grundschule, im Falle von Standort B, entstehen. Falls dieser aufgrund der Gesamtkostensituation günstiger ist gilt es dies zu bedenken. Des Weiteren fließt in diesem Fall eine Förderung der KfW, für die Kombination eines Wärmenetzes mit regenerativen Energien, mit 100 € je Trassenmeter ein. Der Förderbetrag ist dem KfW-Programm Erneuerbare Energien entnommen.

Leitungskosten	
Objekt	Kosten
Standort A	28.552,00 €
Standort B	28.429,00 €
Referenz	15.008,00 €

Tabelle 7: Leitungskosten

An den Gebäuden sind noch Hausanschlüsse für die Wärmeleitung notwendig. Die Kosten für die Anschlüsse mit Hausübergabestationen sind in Tabelle 8 dargestellt.

Hausanschlusskosten		
Gebäude	Leistung	Kosten
Kindergarten	41	2.342 €
Turnhalle mit Bürgersaal	83	4.222 €
Grundschule	193	8.221 €
	Gesamt	14.785 €
Referenz	83	4.222 €

Tabelle 8: Hausanschlusskosten

5.1.7 Gesamtinvestitionskosten

Aus den in den vorigen Kapiteln genannten Kosten ergeben sich die Gesamtinvestitionskosten für die verschiedenen Varianten.

Investitionskosten	
Variante 1	176.910 €
Variante 2	174.319 €
Referenz	67.450 €

Tabelle 9: Investitionskosten

Wie in Tabelle 9 zu sehen sind die Investitionskosten in den Varianten 1 und 2 wesentlich höher als in der Referenzvariante.

5.2 Laufende Kosten

Die laufenden Kosten werden hier unterteilt in Brennstoff-, Betriebs-, Wartungs- und sonstige Kosten. Weiterhin werden Verwaltungskosten angesetzt und ein kalkulatorischer Zuschlag für unvorhergesehenes mit einbezogen. Die Investitionskosten werden, zur weiteren Betrachtung, mit Hilfe der Annuitätenmethode, als laufende Kosten auf 20 Jahre Laufzeit umgelegt. Das beinhaltet auch eine Verzinsung der Investitionskosten, da angenommen wird, dass diese zu 100% aus Fremdkapital bezogen werden. Weiterhin wird angenommen, dass Förderprogramme der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) in Anspruch genommen werden. Es wird ein Zinssatz von 4% in der Berechnung der Annuität festgelegt. Die aktuellen Konditionen der Förderprogramme sind zum entsprechenden Zeitpunkt von der KfW einzuholen, da diese sich stetig ändern.

Im Einzelnen beinhalten die laufenden Kosten:

- Investitionskosten nach der Annuitätenmethode
- Brennstoffkosten
 - Kosten für Öl 0,0564 €/kWh
 - Kosten für HHS 0,0313 €/kWh
 - Kosten für Pellets 0,0408 €/kWh
- Betriebskosten
 - Betriebsstromkosten
 - Holzkessel 1,25 €/MWh
 - Ölkessel 0,75 €/MWh
 - Netzpumpen 0,58 €/MWh
 - Ascheentsorgung 0,35 €/MWh
 - Kaminfeger 250 € pauschal
- Wartungskosten
 - Holz- und Hilfskessel 2,50 % bezogen auf die Investitionskosten der Kessel
 - Wärmenetz 0,88 % bezogen auf die Investitionskosten des Wärmenetzes

- Hausanschlüsse 1,30 % bezogen auf die Investitionskosten
- Sonstige Kosten
 - Versicherung 0,70 % bezogen auf die Gesamtinvestition
 - Verwaltungskosten 5,00 % bezogen auf die jährlichen Kosten
 - Kalk. Zuschlag 3,00 % bezogen auf die jährlichen Kosten

Die jährlichen Kosten für die verschiedenen Varianten ergeben sich, wie in Tabelle 10 dargestellt.

Jährliche Kosten	
	Kosten
Variante 1	39.520,83 €
Variante 2	42.614,81 €
Referenz	37.185,44 €

Tabelle 10: Jährliche Kosten

5.3 Wärmepreis

Der Wärmepreis ist das Verhältnis aus den berechneten Jahreskosten zum Nutzenergiebedarf. Die Wärmepreise der Varianten sind:

Wärmepreis	
	Preis je kWh
Variante 1	0,0924 €
Variante 2	0,1009 €
Referenz	0,0888 €

Tabelle 11: Wärmepreise

5.4 Betrachtung mit solarthermischer Anlage

An dieser Stelle soll die Errichtung einer solarthermischen Anlage in die Studie einfließen. Die aus dieser Anlage gewonnene Wärme substituiert einen Teil des Bedarfs sonstiger Brennstoffe. Es wird der Wärmepreis für die Wärme aus den solarthermi-

schen Anlagen berechnet und zuletzt wird auch der Wärmepreis für die Wärme aus den Heizanlagen korrigiert.

5.4.1 Auslegung der Anlage

Die Auslegung und die Ermittlung der Anlagendaten wurde mit Hilfe der Software T*Sol Pro 4.3 vorgenommen. Betrachtet wurde die Installation einer Anlage auf dem Hauptdach der Turnhallenhalle. Die Anlage auf dem Objekt wurde auf 100 m² dimensioniert. Der Energieertrag der Anlage beträgt etwa 32 MWh jährlich, wodurch 3.188 l Heizöl eingespart werden können.

5.4.2 Investitionskosten

Die Investitionskosten der Anlage belaufen sich auf 56.000 €. Die spezifischen Investitionskosten werden mit 800 €/m² angenommen. Ein Tilgungszuschuss durch die KfW in Höhe von 30% der Investitionskosten ist eingerechnet. Der Zuschuss ist dem KfW-Programm Erneuerbare Energien entnommen.

5.4.3 Jahreskosten

Die Jahreskosten für die Solarthermieanlage errechnen sich aus den Investitionskosten der Anlage sowie den aus dem Betrieb der Anlage entstehenden laufenden Kosten. Abziehen hiervon sind die Kosten für den eingesparten Brennstoff. Die Jahreskosten sind in Tabelle 12 dargestellt.

Jahreskosten	
Investitionskosten	56.000,00 €
Kapitalkosten nach Annuitätenmethode	4.120,58 €
Einsparung Brennstoff	1.115,80 €
Strombedarf (5% der erzeugten Energie)	1.590 kWh
Stromkosten (0,18 €/kWh)	286,20 €
Wartungs- und sonstige Kosten (1,5% des Invests)	400,00 €
Jahreskosten	3.690,98 €

Tabelle 12: Laufende Kosten der Solarthermieanlage

5.4.4 Wärmepreis der solarthermischen Wärme

Analog zu den Berechnungen für die Heizwärme aus Heizkesseln ergibt sich der Wärmepreis aus den Jahreskosten dividiert durch die genutzte Wärmemenge. Für die Wärme aus der solarthermischen Anlage ergibt sich ohne die Einsparung eines Brennstoffs ein Wärmepreis von 0,1418 €/kWh. Bezieht man die Brennstoffeinsparung in die Jahreskosten mit ein, so kann durch die Substitution von Holzpellets ein Wärmepreis von 0,1010 €/kWh erreicht werden.

5.5 Sensitivitätsanalyse

In der Sensitivitätsanalyse wurden die Jahreskosten für die nächsten 20 Jahre mit unterschiedlichen Energiepreissteigerungen berechnet. Die Preisänderungen lauten wie folgt:

Preissteigerungsraten		
Holz hackschnitzel	5,00%	pro Jahr
Pellets	5,00%	pro Jahr
Inflation:	2,00%	pro Jahr
Öl	9,00%	pro Jahr

Tabelle 13: Preissteigerungsraten zur Sensitivitätsanalyse

Die Preissteigerungsraten für Heizöl und die Inflation sind dem Energiebericht Rheinland Pfalz entnommen. Sie sind aus der Preisentwicklung der letzten zehn Jahre berechnet. Diese Werte sind Durchschnittswerte, die sich zukünftig durchaus anders darstellen können. Die Preissteigerungsrate von 5 % für Holz als Brennstoff ist eine Annahme aus verschiedenen Quellen und Erfahrungswerten. Unter den getroffenen Annahmen haben die Varianten mit Heizöl als Brennstoff die größte Kostensteigerung zu erwarten. Der mit diesen Werten zu erwartende Verlauf stellt sich wie folgt dar:

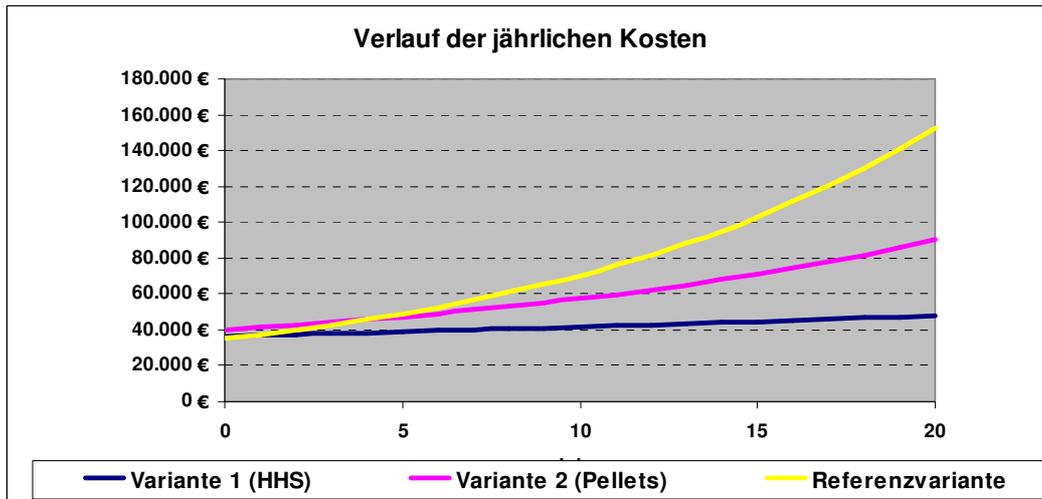


Abbildung 3: Verlauf der jährlichen Kosten

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Jahreskosten mit der Ölheizung den deutlichsten Anstieg erfahren.

5.6 Einsatz von Photovoltaik

5.6.1 Grundschule Üxheim

Während der Bearbeitung dieses Projektes wurde bereits eine Photovoltaikanlage auf der Grundschule in Üxheim ausgeschrieben. In Absprache mit der Verbandsgemeinde Hillesheim wurden die vorhandenen Angebote vom IfaS wirtschaftlich betrachtet und miteinander verglichen. Hierbei wurden bei allen Angeboten die gleichen Rahmendaten angenommen.

Der spezifische Jahresertrag wurde in allen Varianten mit 826 kWh/kWp¹ angenommen. In Tabelle 14 sind die Ergebnisse des wirtschaftlichen Vergleichs der Anlagen dargestellt.

¹ Angabe der Anbieter

Firma	Investitionskosten	spez. Investitionskosten [1/kWp]	Leistung [kWp]	Produzierte Energie [kWh/a]	kumulierter Gewinn	interne Rendite
Ecostream	83.564 €	4.299 €	19,44	16.057	13.082 €	13,1%
Nelles	86.700 €	4.488 €	19,32	15.958	6.846 €	7,4%
Schmitz	73.619 €	4.260 €	17,28	14.273	12.852 €	14,4%
Schmitz Dünnschicht	39.166 €	4.184 €	9,36	7.731	7.495 €	15,4%

Tabelle 14: Wirtschaftlicher Vergleich der Angebote für PV-Anlagen für die Grundschule Üxheim²

Die geringsten Investitionskosten sind für die Anlage mit Dünnschichtmodulen der Firma Schmitz zu entrichten. Auch die spezifischen Investitionskosten sind hier mit 4.184 € die geringsten. Allerdings lässt sich auf die gleiche Fläche wie in den anderen Angeboten, nur eine deutlich geringere Leistung installieren. Daher ist auch der kumulierte Gewinn, trotz der höchsten internen Rendite von 15,4 % deutlich geringer als bei den Anlagen der Firma Schmitz und Ecostream. Bei den Berechnungen ist eine Finanzierung mit einem Zinssatz von 4 % angenommen. Als Eigenkapitalanteil wurden 2,5 % der Investitionskosten als Liquiditätsreserve eingesetzt.

Durch die Produktion von 100 kWh Strom, werden im Gegensatz zu herkömmlich produzierten Strom aus Kohle oder Erdöl etwa 63 kg CO₂ eingespart. Durch den prognostizierten Ertrag an der Anlage der Firma Ecostream werden somit mehr als 10 Tonnen CO₂-Emissionen jährlich vermieden. Im Gegensatz dazu reduziert die Anlage mit Dünnschichtmodulen die CO₂-Emissionen lediglich um 4,9 Tonnen im Jahr. Aus ökologischer Sicht ist eine Anlage mit einer größeren Leistung vorzuziehen. Aus wirtschaftlicher Sicht kann die Anlage der Firma Ecostream bzw. Schmitz ebenfalls empfohlen werden. Die interne Rendite ist zwar geringer, als bei der Anlage mit Dünnschichtmodulen, absolut gesehen wird aber deutlich mehr Gewinn erwirtschaftet.

² Alle Preise netto

5.6.2 Grundschule Hillesheim

Die Grunddaten werden analog zu denen der Grundschule Üxheim angenommen. Der spezifische Jahresertrag beträgt hier jedoch 861 kWh/kWp³. Die Ergebnisse des Vergleichs der Angebote stellen sich wie folgt dar:

Firma	Investitionskosten	spezifische Investitionskosten [1/kWp]	Leistung [kWp]	produzierte Energie [kWh/a]	kumulierter Gewinn	Interne Rendite
Ecostream	143.764 €	4.294 €	33,48	28.826	31.631 €	18,98%
Schmitz	150.744 €	4.494 €	33,54	28.878	20.953 €	12,14%
Schmitz Dünnschicht	69.185 €	4.271 €	16,2	13.948	17.352 €	20,80%

Tabelle 15: Wirtschaftlicher Vergleich der Angebote für PV-Anlagen für die Grundschule Hillesheim

Wie bei den Angeboten für Üxheim ist auch hier die Anlage mit Dünnschichtmodulen die günstigste, betrachtet man die Investitionskosten. Hier wird aber wiederum die geringste Strommenge produziert und somit auch der geringste Gewinn erzielt. Auch die interne Rendite liegt hier nur knapp über der, der Anlage von Ecostream. Die CO₂-Emissionen, welche durch den Betrieb der Anlage eingespart werden betragen bei der Anlage mit Dünnschichtmodulen etwa 8,9 t und bei der Anlage der Firma Ecostream etwa 19 t. Auch hier ist aufgrund der deutlich größeren CO₂ Einsparung bei geringfügig ungünstigerer interner Rendite die Anlage der Firma Ecostream zu empfehlen.

5.7 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 Objekte in Üxheim führt zu einer Einsparung der fossilen Brennstoffe um bis zu 350 MWh jährlich. Das entspricht einer Menge von 70 t CO₂-Emissionen, die im Jahr vermieden werden

³ Angabe der Anbieter

können. Allein durch die Installation einer Solarthermieanlage können nochmals 32 MWh und somit 6,4 t CO₂-Emissionen jährlich eingespart werden.

Durch den Einsatz von Photovoltaikanlagen können zusätzlich bis zu 29 t CO₂ eingespart werden.

6 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Machbarkeitsstudie wurde die Möglichkeit einer zentralen Wärmeversorgung der Grundschule, der Turnhalle mit Bürgersaal sowie des Kindergartens auf Biomassebasis mit der dezentralen Beheizung durch Heizöl verglichen. Die Heizzentrale wird sich in einer Leichtbauhalle in unmittelbarer Nähe zu den Objekten befinden. Von dort aus werden Wärmeleitungen zu den anderen Objekten verlegt. Es wurde eine alternative Beheizung mit Holzhackschnitzeln oder Pellets betrachtet und diese mit der Sanierung der bestehenden Anlagen als Referenzvarianten verglichen. Die Investitionskosten der Holz-Varianten (HHS ~177.000 €; Pellets ~174.000 €) unterscheiden sich nur geringfügig. Die Investitionskosten der Referenzvariante betragen etwa 67.400 €.

Weiterhin wurde geprüft, ob die Kopplung mit einer Solarthermieanlage oder die Installation einer Photovoltaikanlage wirtschaftlich sinnvoll ist.

Zurzeit liegen die Jahreskosten der Ölheizung noch unter denen der Nahwärmelösung. Dennoch ist nach unseren Berechnungen bereits nach spätestens 5 Jahren jede der Holzvarianten günstiger als die Ölvariante. Weiterhin können von uns angenommene Werte, Holz- oder Ölpreis, durchaus variieren.

Die Sensitivitätsanalyse hat gezeigt, dass die Kosten im Wesentlichen von den Brennstoffkosten abhängen. Steigen die Kosten des regenerativen Energieträgers also nicht so stark wie die des Heizöls, dann sind beide Nahwärmevarianten auch innerhalb kurzer Zeit günstiger als die bestehende Anlage. Mit der Nutzung regenerativer Energieträger ist immer eine Steigerung des regionalen Mehrwertes verbunden.

Bei den notwendigen Bauarbeiten sollen ortsansässige Firmen beauftragt und Brennstoffe aus der Region genutzt werden. Beides führt dazu, dass Geld, welches bei der Nutzung fossiler Brennstoffe größtenteils in Erdöl bzw. Erdgas exportierende Länder

gelangt, in der Region bleibt. Dieses erhöht somit die Kaufkraft in der Region und stärkt dadurch die Wirtschaft. Ebenfalls werden Arbeitsplätze gesichert, die zur Bereitstellung des Brennstoffes notwendig werden.

Die Nutzung solarthermischer Anlagen stellt völlig unabhängig von Brennstofflieferanten Wärme bereit, da hier ein unendliches Gut genutzt wird welches kostenlos zur Verfügung steht. Auch hier ist es aus regionalwirtschaftlichen Gründen sinnvoll, Anlagenbauer aus der Region zu wählen, um den Geldfluss ebenfalls in dieser Region zu halten.

Langfristig gesehen lohnt sich die Nutzung regenerativer Energieträger. Aus den bereits genannten Gründen birgt sie zunächst, gegenüber der Nutzung fossiler Energieträger, ein wirtschaftliches Potential für die Region. Weiterhin nimmt die Gemeinde eine Vorreiter- und Vorbildfunktion ein. Bei jährlichen Kosten, die zurzeit nur knapp über denen liegen, die durch die Weiternutzung der vorhandenen Heizung stehen, sollten diese Faktoren beachtet werden.

Anhang

Investitionskosten Heizkessel

Spitzenlastversorgung Variante 1+2		
Menge	Artikel	Preis
1	Heizkessel	7.065,00 €
1	Kessel-Sicherheits-Armaturengruppe	733,00 €
1	Maximal-Druckbegrenzer	212,16 €
1	Minimal-Druckbegrenzer	149,76 €
1	Abgasschlldämpfer	290,00 €
1	Abgasrohr-Abdichtungsmanschette	36,00 €
1	Brenner Schalldämpfhaube	1.265,00 €
1	Körperschalldämpfender Kesselunterbau	238,00 €
1	Brennerplattenbohrung	97,00 €
1	Presswerkzeug (geliehen; Gebühr pro Woche)	57,00 €
1	Reinigungsgeräte-Set	83,80 €
1	Montage (Abnahme)	5.000,00 €
1	Demontage bestehende Anlage	1.000,00 €
Gesamtkosten		16.226,72 €

Tabelle 16: Ölkessel Heizzentrale

Pelletheisanlage 150 kW	Menge	Einheit	Preis
Gelenkarmaustragung D = 5,5 m			6.395,00 €
Absperrschieber			1.125,00 €
Kessel 150 kW Nennleistung, Rotationsfeuerung	1	Stück	20.166,75 €
Einschubeinheit, autom. Zündung, Abgasventilator			
Vorschubrost (Entaschung in Aschelade), Abgasrezirk.			
thermische Ablaufsicherung	1	Stück	106,00 €
Entaschung in außenstehenden 240 l Behälter	1	Stück	5.501,00 €
zusätzliche Aschetonne 240 l	1	Stück	401,00 €
pneum. Wärmetauscherreinigung incl. Kompressor	12	Stück	5.177,00 €
Steuerung mit Lambda- und mod. Leistungsregelung	1	Stück	5.110,00 €
incl. Ansteuerung Rücklaufanhebung			
Steuermodul Speichermanagement 3 Fühler			500,00 €
Flansche NW 50 statt 1 1/2"			75,00 €
Fracht			1.242,00 €
Montage mit 2 Köb Monteuren			3.000,00 €
Inbetriebnahme			800,00 €
Nachkontrolle			500,00 €
Summe			50.098,75 €
KfW Förderung als Teilschulderlass			3.600,00 €
Gesamt			46.498,75 €
Abgasanlage 400 mm			
Sockelelement	1	Stück	372,00 €
Bodenplatte mit Kondensatablauf	1	Stück	115,00 €
Prüföffnung	1	Stück	281,00 €
Feuerungsanschluss	1	Stück	407,00 €
Längenelement 1080 mm	15	m	1.575,00 €
Längenelement 540 mm	5	m	295,00 €
Regenhaube	1	Stück	276,40 €
Wandkonsole	5	Stück	139,00 €
Wandkonsolenverlängerung	5	Stück	81,00 €
Bogen 45°	4	Stück	380,40 €
Blitzschutzklemme	1	Stück	23,50 €
Rußtopf	1	Stück	90,20 €
Stemmarbeiten Kernbohrungen	1	Stück	500,00 €
Montage	1	Stück	1.500,00 €
		Summe	6.035,50 €
Nebenarbeiten	Menge	Einheit	
Demontage der Altanlage	1	Stück	1.000,00 €
Schrägbodenerstellung, Schneckeneinbau			1.000,00 €
		Summe	2.000,00 €
Peripherie	Anzahl	Einheit	
Pumpen	2	Stück	1.384,00 €
Absperrschieber	4	Stück	500,00 €
Verrohrung in der Heizzentrale	20	m	1.600,00 €
Montage, hydraulische Einbindung	5	Tage/2Mann	2.800,00 €
Kleinteile	1	Stück	1.000,00 €
		Summe	7.284,00 €
Gesamtsumme Sanierungskosten			61.818,25 €
Planungskosten		10%	6.181,83 €
Gesamtkosten			68.000,08 €

Tabelle 17: Holzkessel Heizzentrale

Referenzvariante Kindergarten		
Menge	Artikel	Preis
1	Heizkessel Logano G215 incl. Logomatic 2107	3.795,00 €
1	Mischermodul	218,00 €
1	Ansteuerung	165,00 €
1	Kommunikationsmodul	115,00 €
1	Fernbedienung	91,00 €
1	Separater Raumtemperaturfühler	17,50 €
1	FG Abgastemperaturfühler	97,00 €
1	Betriebsstundenzähler	29,00 €
1	Tauchhülse	9,70 €
1	Service-Tool	159,00 €
Zwischensumme		4.696,20 €
Regelgerät Logomatic 4211		
Menge	Artikel	Preis
1	EIB-Modul	380,00 €
1	Sammelstörmeldung	151,00 €
1	Zusatzmodul	73,00 €
1	Speicheranschluss Set	23,00 €
1	Brennerkabel	20,00 €
1	Raum Montageset	100,00 €
1	Service-Set	39,00 €
1	Fernbedienung	91,00 €
1	Abgastemperaturfühler	115,00 €
1	Tauchhülse	9,70 €
1	Montage (Abnahme)	5.000,00 €
1	Demontage bestehende Anlage	1.000,00 €
Zwischensumme		7.001,70 €
Gesamtkosten		11.697,90 €

Tabelle 18: Ölkessel Kindergarten (Referenz)

Referenzvariante Turnhalle mit Bürgersaal		
Menge	Artikel	Preis
1	Heizkessel Logano G215 incl. Logomatic 2107	5.605,00 €
1	Mischermodul	218,00 €
1	Ansteuerung	165,00 €
1	Kommunikationsmodul	115,00 €
1	Fernbedienung	91,00 €
1	Separater Raumtemperaturfühler	17,50 €
1	FG Abgastemperaturfühler	97,00 €
1	Betriebsstundenzähler	29,00 €
1	Tauchhülse	9,70 €
1	Service-Tool	159,00 €
Zwischensumme		6.506,20 €
Regelgerät Logomatic 4211		
Menge	Artikel	Preis
1	EIB-Modul	380,00 €
1	Sammelstörmeldung	151,00 €
1	Zusatzmodul	73,00 €
1	Speicheranschluss Set	23,00 €
1	Brennerkabel	20,00 €
1	Raum Montageset	100,00 €
1	Service-Set	39,00 €
1	Fernbedienung	91,00 €
1	Abgastemperaturfühler	115,00 €
1	Tauchhülse	9,70 €
1	Montage (Abnahme)	5.000,00 €
1	Demontage bestehende Anlage	1.000,00 €
Zwischensumme		7.001,70 €

Tabelle 19: Ölkessel Turnhalle mit Bürgersaal (Referenz)

Referenzvariante Grundschule		
Menge	Artikel	Preis
1	Heizkessel	7.695,00 €
1	Kessel-Sicherheits-Armaturengruppe	733,00 €
1	Maximal-Druckbegrenzer	212,16 €
1	Minimal-Druckbegrenzer	149,76 €
1	Abgasschlldämpfer	290,00 €
1	Abgasrohr-Abdichtungsmanschette	36,00 €
1	Brenner Schalldämpfhaube	1.265,00 €
1	Körperschalldämpfender Kesselunterbau	264,00 €
1	Brennerplattenbohrung	97,00 €
1	Presswerkzeug (geliehen; Gebühr pro Woche)	57,00 €
1	Reinigungsgeräte-Set	83,80 €
1	Montage (Abnahme)	5.000,00 €
1	Demontage bestehende Anlage	1.000,00 €
Gesamtkosten		16.882,72 €

Tabelle 20: Ölkessel Grundschule (Referenz)

Jahreskosten und Wärmepreise

Variante 1 (HHS)			
Investitionskosten als Jahreskosten nach der Annuitätenmethode			
Investitionskosten	176.910 €		
realer Zinssatz	4,00%		
Betrachtungsdauer	20 Jahre		
Annuitätenfaktor	0,0736		
			13.017 €
Brennstoffkosten			
Endenergiebedarf	436.828 kWh		
Nutzenergiebedarf	395.458 kWh		
Brennstoffbedarf HHS	349.463 kWh		
Brennstoffbedarf Öl	87.366 kWh		
Kosten HHS	0,0313 €/kWh		
Kosten Öl	0,0569 €/kWh		
Gesamtkosten HHS			10.921 €
Gesamtkosten Öl			4.971 €
Brennstoffkosten gesamt			15.892 €
Betriebskosten			
Betriebsstromkosten Holzkessel	1,25 €/MWh		437 €
Ascheentsorgung	0,35 €/MWh		122 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €/MWh		66 €
Stromkosten Netzpumpen	0,58 €/MWh		253 €
Kaminfeger			250 €
Betriebskosten gesamt			1.128 €
Wartungskosten			
Wartung und Instandhaltung Holz- und Hilfskessel	2,50%	bezogen auf die Investitionskosten der Kessel	2.106 €
Wartung und Instandhaltung des Wärmenetzes	0,88%	bezogen auf die Investitionskosten des Wärmenetzes	251 €
Wartung und Instandhaltung der Hausanschlüsse	1,30%	bezogen auf die Investitionskosten der Hausanschlüsse	192 €
Wartungskosten gesamt			2.549 €
sonstige Kosten			
Versicherung	0,70%	bezogen auf die Gesamtinvestition	
sonstige Kosten gesamt			1.238 €
Zwischensumme			33.825 €
Verwaltungskosten	5,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	1.691 €
kalkulatorischer Zuschlag	3,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	1.015 €
Gesamtsumme netto			36.531 €
Mehrwertsteuer			6.941 €
Gesamtsumme brutto			43.471 €
Wärmepreis netto			0,0924 €
Wärmepreis brutto			0,1099 €

Tabelle 21: Jahreskosten HHS-Variante

Variante 2 (Pellets)			
Investitionskosten als Jahreskosten nach der Annuitätenmethode			
Investitionskosten	174.319 €		
realer Zinssatz	4,00%		
Betrachtungsdauer	20	Jahre	
Annuitätenfaktor	0,0736		
			12.827 €
Brennstoffkosten			
Endenergiebedarf	436.828	kWh	
Nutzenergiebedarf	395.458	kWh	
Brennstoffbedarf Pellets	349.463	kWh	
Brennstoffbedarf Öl	87.366	kWh	
Kosten Pellets	0,0408	€/kWh	
Kosten Öl	0,0569	€/kWh	
Gesamtkosten Pellets			14.264 €
Gesamtkosten Öl			4.971 €
Brennstoffkosten gesamt			19.235 €
Betriebskosten			
Betriebsstromkosten Holzkessel	1,25	€/MWh	437 €
Ascheentsorgung	0,35	€/MWh	122 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75	€/MWh	66 €
Stromkosten Netzpumpen	0,58	€/MWh	253 €
Kaminfeger			250 €
Betriebskosten gesamt			1.128 €
Wartungskosten			
Wartung und Instandhaltung Holz- und Hilfskessel	2,50%	bezogen auf die Investitionskosten der Kessel	2.106 €
Wartung und Instandhaltung des Wärmenetzes	0,88%	bezogen auf die Investitionskosten des Wärmenetzes	251 €
Wartung und Instandhaltung der Hausanschlüsse	1,30%	bezogen auf die Investitionskosten der Hausanschlüsse	192 €
Wartungskosten gesamt			2.549 €
sonstige Kosten			
Versicherung	0,70%	bezogen auf die Gesamtinvestition	
sonstige Kosten gesamt			1.220 €
Zwischensumme			36.959 €
Verwaltungskosten	5,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	1.848 €
kalkulatorischer Zuschlag	3,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	1.109 €
Gesamtsumme netto			39.916 €
Mehrwertsteuer			7.584 €
Gesamtsumme brutto			47.500 €
Wärmepreis netto			0,1009 €
Wärmepreis brutto			0,1201 €

Tabelle 22: Jahreskosten Pellet-Variante

Referenzvariante			
Investitionskosten als Jahreskosten nach der Annuitätenmethode			
Investitionskosten	67.450 €		
realer Zinssatz	4,00%		
Betrachtungsdauer	20	Jahre	
Annuitätenfaktor	0,0736		
			4.963 €
Brennstoffkosten			
Endenergiebedarf	439.398	kWh	
Nutzenergiebedarf	395.458	kWh	
Brennstoffbedarf Öl	439.398	kWh	
Kosten Öl	0,0569	€/kWh	
Gesamtkosten Heizöl			25.002 €
Brennstoffkosten gesamt			25.002 €
Betriebskosten			
Betriebsstromkosten Holzkessel	1,25	€/MWh	
Ascheentsorgung	0,35	€/MWh	
Betriebsstromkosten Gaskessel	0,75	€/MWh	330 €
Stromkosten Netzpumpen	0,58	€/MWh	255 €
Kaminfeger			250 €
Betriebskosten gesamt			834 €
Wartungskosten			
Wartung und Instandhaltung Ölkessel	2,50%	bezogen auf die Investitionskosten der Kessel	1.052 €
Wartung und Instandhaltung des Wärmenetzes	0,88%	bezogen auf die Investitionskosten des Wärmenetzes	132 €
Wartung und Instandhaltung der Hausanschlüsse	1,30%	bezogen auf die Investitionskosten der Hausanschlüsse	55 €
Wartungskosten gesamt			1.239 €
sonstige Kosten			
Versicherung	0,70%	bezogen auf die Gesamtinvestition	
sonstige Kosten gesamt			472 €
Zwischensumme			32.511 €
Verwaltungskosten	5,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	1.626 €
kalkulatorischer Zuschlag	3,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	975 €
Gesamtsumme netto			35.111 €
Mehrwertsteuer			6.671 €
Gesamtsumme brutto			41.783 €
Wärmepreis netto			0,0888 €
Wärmepreis brutto			0,1057 €

Tabelle 23: Jahreskosten Referenz-Variante