



**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 für verschiedene öffentli-  
che Einrichtungen in Göllheim



# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis .....	II
1 Einleitung.....	1
2 Ist Analyse.....	1
3 Beschreibung der Untersuchungsszenarien.....	2
4 Technische Auslegung .....	4
4.1 Heizkessel .....	4
4.2 Bunker .....	5
4.3 Pufferspeicher.....	6
4.4 Heizzentrale.....	6
4.5 Wärmenetz.....	6
5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	8
5.1 Investitionskosten.....	8
5.1.1 Heizkessel.....	8
5.1.2 Bunker.....	8
5.1.3 Pufferspeicher.....	9
5.1.4 Heizzentrale.....	9
5.1.5 Peripherie .....	9
5.1.6 Wärmenetz .....	10
5.1.7 Gesamtinvestitionskosten.....	10
5.2 Laufende Kosten.....	11
5.3 Wärmepreis .....	13
5.4 Betrachtung mit solarthermischer Anlage.....	14
5.4.1 Auslegung der Anlage.....	14
5.4.2 Investitionskosten .....	15
5.4.3 Jahreskosten.....	15
5.4.4 Wärmepreis der solarthermischen Wärme.....	16
5.4.5 Wärmepreis für Wärme aus der Heizanlage.....	17
5.5 Sensitivitätsanalyse.....	18
5.6 Ökologische Betrachtung .....	20
6 Zusammenfassung und Ausblick .....	20
Anhang.....	A
Investitionskosten Heizkessel.....	A
Jahreskosten und Wärmepreise .....	E

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Luftbild der Gebäude .....	2
Abbildung 2: Darstellung der Wärmeleitungswege.....	6
Abbildung 3: Verlauf der Jahreskosten in den nächsten 20 Jahren.....	18
Abbildung 4: Entwicklung der Jahreskosten mit Sanierung .....	19
Abbildung 5: Entwicklung der Jahreskosten mit solarthermischer Anlage .....	19

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Energiebedarfe der Gebäude .....	4
Tabelle 2: Benötigte Heizleistungen der Gebäude .....	4
Tabelle 3: benötigte Leistung der Grundlastkessel .....	5
Tabelle 4: Benötigte Bunkervolumen .....	5
Tabelle 5: Leitungsdimensionen Variante 1 .....	7
Tabelle 6: Leitungsdimensionen Variante 2 .....	7
Tabelle 7: Leitungsdimensionen Variante 3 .....	7
Tabelle 8: Investitionskosten für Heizkessel .....	8
Tabelle 9: Investitionskosten für Brennstoffbunker .....	9
Tabelle 10: Leitungskosten .....	10
Tabelle 11: Hausanschlusskosten .....	10
Tabelle 12: Investitionskosten.....	10
Tabelle 13: Gesamtinvestitionskosten, inkl. Gaskessel für nicht angeschlossene Gebäude .....	11
Tabelle 14: Jährliche Kosten .....	12
Tabelle 15: jährliche Gesamtkosten .....	13
Tabelle 16: Wärmepreise der Varianten .....	13
Tabelle 17: Gesamtwärmepreise .....	14
Tabelle 18: laufende Kosten der Solarthermieanlage .....	15
Tabelle 19: Jahreskosten mit Solarthermie bei 38.969 € Investition .....	16
Tabelle 20: Jahreskosten mit Solarthermie bei 29.284 € Investition .....	16
Tabelle 21: Wärmepreise mit Solarthermie bei 38.969 € Investition.....	17
Tabelle 22: Wärmepreise mit Solarthermie bei 29.284 € Investition.....	17
Tabelle 23: Preissteigerungsraten zur Sensitivitätsanalyse.....	18
Tabelle 24: Ölkessel heilpäd. Kinderzentrum .....	A
Tabelle 25: Ölkessel Regionalschule .....	A
Tabelle 26: Ölkessel Regionalschule nach Sanierung.....	B
Tabelle 27: Hackschnitzleheizung 400 kW .....	C
Tabelle 28: Hackschnitzelheizung 220 kW .....	D
Tabelle 29: Hackschnitzleheizung 300 kW .....	D
Tabelle 30: Jahreskosten Referenzvariante .....	E
Tabelle 31: Jahreskosten Referenzvariante nach Sanierung.....	F

Tabelle 32: Jahreskosten Variante 1: alle Gebäude .....G  
Tabelle 33: Jahreskosten Variante 1: Alle Gebäude; nach Sanierung.....H  
Tabelle 34: Jahreskosten Variante 2: Schule und Kinderzentrum .....I  
Tabelle 35: Jahreskosten Variante 2: Schule und Kinderzentrum; nach Sanierung .....J  
Tabelle 36: Jahreskosten Variante 2: Grundschule ohne Netzanschluss..... K  
Tabelle 37: Jahreskosten Variante 3: Regionalschule und Sporthallen..... L  
Tabelle 38: Jahreskosten Variante 3: Schule und Sporthallen; nach Sanierung ..... M  
Tabelle 39: Jahreskosten Variante 3: Grundschule und Kinderzentrum ohne  
Netzanschluss .....N

## **1 Einleitung**

Das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) wurde von der Verbandsgemeinde Göllheim beauftragt eine Untersuchung durchzuführen, in wie weit eine Umstellung der Heizungen in verschiedenen Gebäuden auf Holzhackschnitzel oder Holzpellets technisch machbar und wirtschaftlich darstellbar ist. Die betroffenen Gebäude sind die Regionalschule Göllheim, die kleine Sporthalle, die Hans-Appel Sporthalle, das heiltherapeutische Kinderzentrum sowie die Grundschule. 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. Hierzu werden anschließend 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 Solarthermieanlagen auf den Dachflächen untersucht. Diese Studie ersetzt nicht die konkrete Planung einer Heizanlage. 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 (Regionalschule Göllheim, kleine Sporthalle, Hans-Appel Sporthalle, heilpädagogisches Kinderzentrum sowie die Grundschule) liegen vergleichsweise nah beieinander (Abbildung 1).

In der Regionalschule ist zur Zeit eine Gasheizung mit einer Leistung von 530 kW installiert. Das Baujahr des Kessels ist 1990. Das heiltherapeutische Kinderzentrum wird ebenfalls mit einem Gaskessel beheizt. Dieser Kessel, mit einer Leistung von 125 kW, stammt aus dem Jahr 1987. 1997 wurde die Heizung in der Grundschule erneuert. Hier sind zwei Kessel mit einer Leistung von jeweils 130 kW installiert. Zur Beheizung der Turnhallen wurden in diesem Jahr neue Heizkessel installiert. Die zwei Kessel haben eine Leistung von 400 kW beziehungsweise 145 kW.

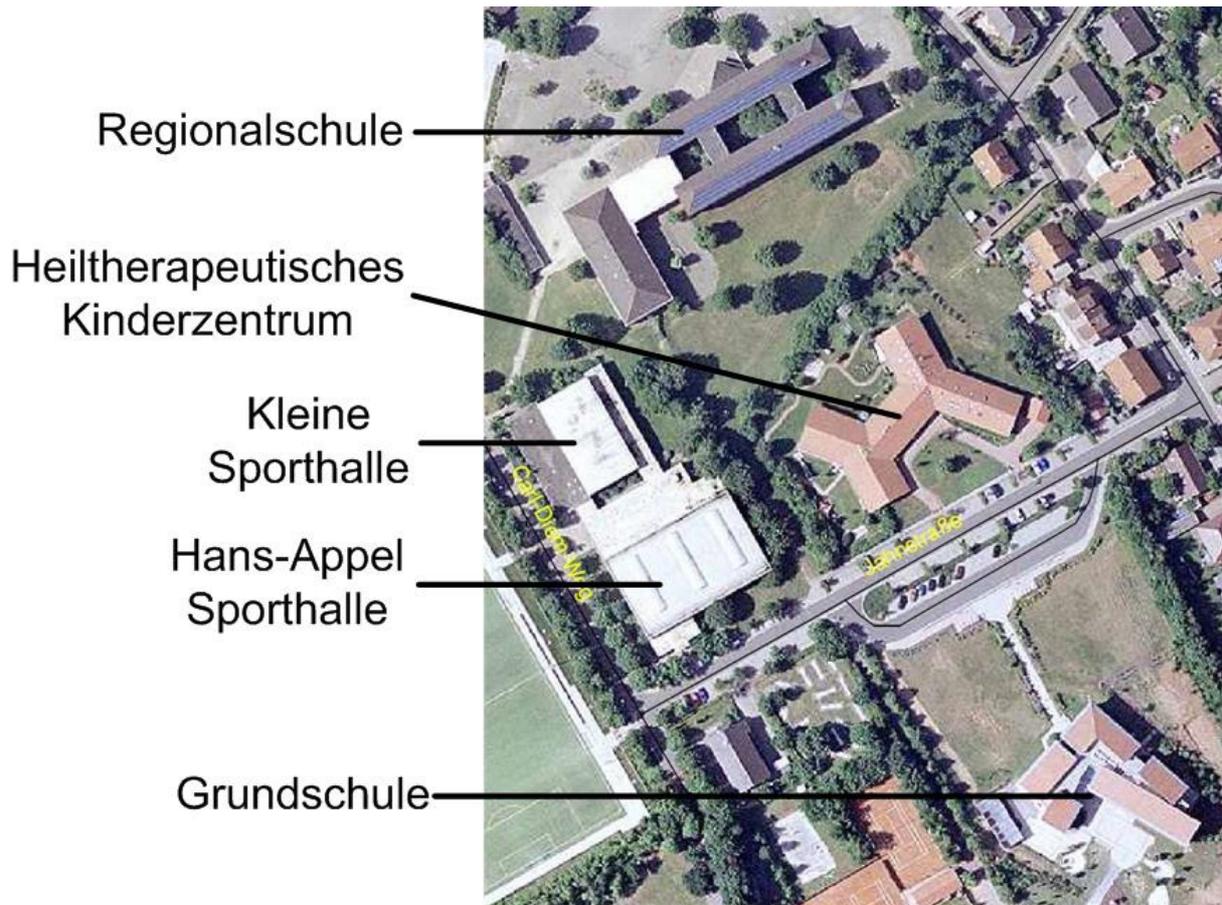


Abbildung 1: Luftbild der Gebäude

### 3 Beschreibung der Untersuchungsszenarien

In einer Untersuchung wurde bereits der Wärmeenergiebedarf der verschiedenen Gebäude ermittelt. Lediglich vom heiltherapeutischen Kinderzentrum und der Grundschule müssen die Werte anhand von Verbrauchswerten ermittelt werden. In der genannten Untersuchung wurden für die Gebäude ebenfalls Werte für eine Gebäudesanierung berechnet. Ausgehend von dieser Untersuchung wurden die Szenarien auf den bestehenden Heizenergiebedarf der Gebäude berechnet und auf den Wärmebedarf bei einer eventuellen Sanierung. Diese Sanierung wurde bereits vom Ingenieurbüro Radenheimer untersucht. Die Energiebedarfe wurden dieser Untersuchung entnommen und hier angenommen.

Da für die Turnhallen eine neue Heizung installiert wurde und die Heizzentrale an den Turnhallen errichtet werden soll, sind diese nicht separat berechnet. Sie sind jedoch in den anderen Varianten im Netzverbund mit eingeplant und die vorhandenen Kessel werden nach Möglichkeit zur Abdeckung der Spitzenlasten verwendet.

Es wurden folgende Nahwärmeverbünde betrachtet:

- Versorgung aller Gebäude über die Heizzentrale,
- Versorgung der Regionalschule, der Sporthallen sowie des heiltherapeutischen Kinderzentrums über die Heizzentrale und
- Versorgung der Regionalschule und der Sporthallen über die Heizzentrale.

Diese drei Varianten wurden jeweils auf den Wärmeenergiebedarf wie er besteht sowie für denjenigen nach einer Sanierung betrachtet. Weiterhin wurde jede Variante zusätzlich einmal mit einer Solarthermieanlage berechnet. Zusammengefasst wurden folgende Varianten berechnet:

- **Variante 1:** Versorgung aller Gebäude über eine Heizzentrale
  - a) Im Bestand mit Holzkessel
    - Mit und ohne Solarthermieanlage
  - b) Nach Sanierung mit Holzkessel
    - Mit und ohne Solarthermieanlage
- **Variante 2:** Versorgung der Regionalschule, der Sporthallen und des heiltherapeutischen Kinderzentrums
  - a) Im Bestand mit Holzkessel
    - Mit und ohne Solarthermieanlage
  - b) Nach Sanierung mit Holzkessel
    - Mit und ohne Solarthermieanlage
- **Variante 3:** Versorgung der Regionalschule und der Sporthallen
  - Im Bestand mit Holzkessel
    - Mit und ohne Solarthermieanlage
  - Nach Sanierung mit Holzkessel
    - Mit und ohne Solarthermieanlage

Diese Varianten wurden wirtschaftlich mit der bestehenden Heizanlage in der Grundschule und der Sanierung der Anlagen in der Regionalschule und dem Kinderzentrum verglichen.

## 4 Technische Auslegung

### 4.1 Heizkessel

Der Energiebedarf der Gebäude ist vom Ingenieurbüro Radenheimer (Dipl. Ing. Radenheimer Architekturbüro GmbH) berechnet worden (Nachweis nach der Energieeinsparverordnung ENEV). Aus den Berechnungen ergaben sich folgende Werte:

Endenergiebedarf				
Grundschule „Am Königspfad“	Bestand			
	Gas	Strom		
	39.122 kWh	726 kWh		
Regionalschule Göllheim	Bestand		Nach Sanierung	
	Gas	Strom	Gas	Strom
	491.803 kWh	2.472 kWh	301.953 kWh	2.472 kWh
Kleine Sporthalle	Bestand		Sanierung	
	Gas	Strom	Gas	Strom
	179.979 kWh	2.360 kWh	35.401 kWh	2.360 kWh
Hans Appel Sport-halle	Bestand		Nach Sanierung	
	Gas	Strom	Gas	Strom
	333.540 kWh	1.195 kWh	205.992 kWh	5.867 kWh
Kinderzentrum	Bestand			
	Öl			
	200.000 kWh			

**Tabelle 1: Energiebedarfe der Gebäude**

Für das Kinderzentrum wurde kein Nachweis nach der EneV erstellt. Der Endenergiebedarf ergibt sich hier zu 200.000 kWh/a. Dieser Wert wurde aus Rechnungen ermittelt.

Diese Verbrauchswerte wurden mit Kennzahlen für Vollbenutzungsstunden der verschiedenen Gebäudetypen berechnet und daraus ergaben sich folgende benötigte Heizleistungen für die Gebäude:

Benötigte Heizleistungen der Gebäude		
	Im Bestand	Nach Sanierung
Regionalschule	409 kW	252 kW
Grundschule	33 kW	33 kW
Kinderzentrum	86 kW	86 kW
Hans Appel Halle	256 kW	162 kW
Kleine Sporthalle	139 kW	29 kW
<b>Gesamt</b>	<b>924 kW</b>	<b>563 kW</b>

**Tabelle 2: Benötigte Heizleistungen der Gebäude**

Es wird in allen Varianten davon ausgegangen, dass die bereits neu installierten Kessel zur Versorgung der Sporthallen als Spitzenlastkessel genutzt werden. Die benötigten Grundlastkessel, die zusätzlich installiert werden müssen ergeben sich wie folgt:

<b>Benötigte Leistung der Grundlastkessel</b>			
	Beschreibung	Bestand	Nach Sanierung
Variante 1	Versorgung aller Gebäude	440 kW	220 kW
Variante 2	Versorgung der Regionalschule, der Sporthallen sowie des Kinderzentrums	400 kW	220 kW
Variante 3	Versorgung der Regionalschule und der Sporthallen	300 kW	220 kW

**Tabelle 3: benötigte Leistung der Grundlastkessel**

Der zusätzliche Energieertrag der Solarthermieanlagen hat keine Auswirkungen auf die 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.

## 4.2 Bunker

Der Brennstoffbunker wird in den verschiedenen Varianten so ausgelegt, dass er bei Vollast den Brennstoffbedarf der Heizung über einen Zeitraum von 7 Tagen abdecken kann. Dafür sind folgende Volumina erforderlich:

<b>Benötigte Bunkervolumen</b>			
	Beschreibung	Bestand	Nach Sanierung
Variante 1	Versorgung aller Gebäude	70 m <sup>3</sup>	40 m <sup>3</sup>
Variante 2	Versorgung der Regionalschule, der Sporthallen sowie des Kinderzentrums	70 m <sup>3</sup>	40 m <sup>3</sup>
Variante 3	Versorgung der Regionalschule und der Sporthallen	50 m <sup>3</sup>	40 m <sup>3</sup>

**Tabelle 4: Benötigte Bunkervolumen**

Der Bunker wird außerhalb der Halle errichtet und es wird ein Befahrbarer Deckel installiert.

### 4.3 Pufferspeicher

Gewählt wurde in jeder Variante eine Pufferspeichergröße von 15.900 Litern. Diese gewährt den Volllastbetrieb des Holzkessels für mindestens eine halbe Stunde. Bei einer Reduzierung des Wärmebedarfes auf eine geringe Leistung, 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 zwischen den Turnhallen errichtet wird. Bei diesem Standort ist die Nutzung der vorhandenen Kessel als Spitzenlastkessel möglich. Der exakte Standort wäre aufgrund der vorhandenen Öltanks und Rettungswege zu prüfen. Hier wird eine Leichtbauhalle angenommen, die eine Fläche von 5 \* 10 m<sup>2</sup> hat und 4 Meter hoch ist.

### 4.5 Wärmenetz

Das Wärmenetz wird beginnend von der Heizzentrale zu den vorhandenen Heizräumen hin verlegt.

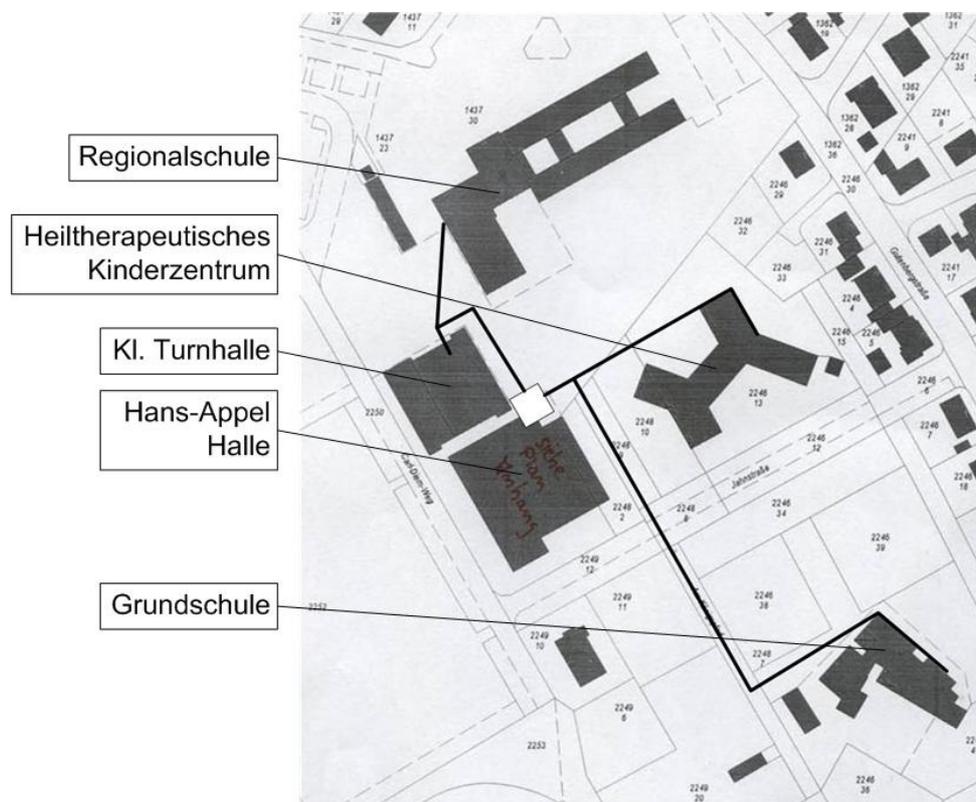


Abbildung 2: Darstellung der Wärmeleitungswege

Die benötigten Leitungsdimensionen ergeben sich aus den Anschlusswerten für die Gebäude. In den Varianten, die nicht alle Gebäude berücksichtigen, sind die betroffenen Leitungen aus der Betrachtung herausgenommen sowie die gemeinsamen Leitungen entsprechend schwächer dimensioniert, da eine geringere Wärmemenge transportiert wird.

Die benötigten Leitungen sind in Tabelle 5, Tabelle 6 und Tabelle 7 dargestellt.

<b>Variante 1: alle Gebäude</b>			
<b>Bestand</b>		<b>Nach Sanierung</b>	
Leitungsdimension (Flexibles Stahl-mediumrohr)	benötigte Länge [m]	Leitungsdimension (Flexibles Stahl-mediumrohr)	benötigte Länge [m]
DN 100	120	DN 80	120
DN 80	15	DN 65	15
DN 65	30	DN 50	110
DN 50	110	DN 32	225
DN 32	215		

**Tabelle 5: Leitungsdimensionen Variante 1**

<b>Variante 2: Schule, Kinderzentrum und Sporthallen</b>			
<b>Bestand</b>		<b>Nach Sanierung</b>	
Leitungsdimension (Flexibles Stahl-mediumrohr)	benötigte Länge [m]	Leitungsdimension (Flexibles Stahl-mediumrohr)	benötigte Länge [m]
DN 100	120	DN 80	120
DN 80	15	DN 65	15
DN 65	10	DN 50	110
DN 50	110	DN 32	10

**Tabelle 6: Leitungsdimensionen Variante 2**

<b>Variante 3: Schule und Sporthallen</b>			
<b>Bestand</b>		<b>Nach Sanierung</b>	
Leitungsdimension (Flexibles Stahl-mediumrohr)	benötigte Länge [m]	Leitungsdimension (Flexibles Stahl-mediumrohr)	benötigte Länge [m]
DN 100	120	DN 80	120
DN 80	15	DN 65	15
DN 65	10	DN 32	10

**Tabelle 7: Leitungsdimensionen Variante 3**

## 5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Um die verschiedenen Varianten vergleichbar zu machen wurden für sie die jeweiligen Wärmepreise, also die Preise für jeweils eine kWh 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 zwanzig Jahre beinhaltet.

### 5.1 Investitionskosten

#### 5.1.1 Heizkessel

Die Kosten für die Holzhackschnitzelkessel beruhen auf Angaben der Firma KÖB & Schäfer. Die Kosten, die sich für die verschiedenen Varianten ergeben sind in Tabelle 8 dargestellt.

Kosten für Heizkessel			
	Beschreibung	Bestand	nach Sanierung
Variante 1	Alle Gebäude	115.253 €	52.062 €
Variante 2	Schule, Kinderzentrum und Sporthallen	115.253 €	52.062 €
Variante 3	Schule und Sporthallen	75.425 €	52.062 €

**Tabelle 8: Investitionskosten für Heizkessel**

#### 5.1.2 Bunker

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 und liegen je nach Größe zwischen 5.000 € und 11.000 € (siehe Kostenaufstellung im Anhang). Die Investitionskosten für den Bunkeraushub ergeben sich wie folgt.

Kosten für Bunker			
	Beschreibung	Bestand	Nach Sanierung
Variante 1	Alle Gebäude	15.024 €	10.917 €
Variante 2	Schule, Kinderzentrum und Sporthallen	15.024 €	10.917 €
Variante 3	Schule und Sporthallen	12.662 €	10.917 €

**Tabelle 9: Investitionskosten für Brennstoffbunker**

### 5.1.3 Pufferspeicher

Der Pufferspeicher wurde, wie in Kapitel 4.3 beschrieben, für alle Varianten mit der gleichen Größe angegeben. Die Kosten für den Pufferspeicher sind also in allen Varianten gleich. Sie betragen 14.385 €.

### 5.1.4 Heizzentrale

Es wird angenommen, dass für den zusätzlichen Kessel ein Gebäude errichtet werden muss. Diese Halle wird in allen Varianten als gleich angenommen. Die Kosten für diese Halle betragen 18.840 €.

### 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 34.300 € inklusive Montage angesetzt.

## 5.1.6 Wärmenetz

Die Kosten für die Leitungsverlegung ergeben sich wie folgt:

Leitungskosten			
	Beschreibung	Bestand	nach Sanierung
Variante 1	Alle Gebäude	131.225 €	124.990 €
Variante 2	Schule, Kinderzentrum und Sporthallen	74.680 €	68.445 €
Variante 3	Schule und Sporthallen	49.710 €	43.475 €

**Tabelle 10: Leitungskosten**

An den Gebäuden sind noch Hausanschlüsse für die Wärmeleitung notwendig. Die Kosten für die Anschlüsse mit Hausübergabestationen sind in Tabelle 11 dargestellt.

Hausanschlusskosten			
	Beschreibung	Bestand	nach Sanierung
Variante 1	Alle Gebäude	39.912 €	27.183 €
Variante 2	Schule, Kinderzentrum und Sporthallen	37.570 €	24.841 €
Variante 3	Schule und Sporthallen	32.516 €	19.787 €

**Tabelle 11: Hausanschlusskosten**

## 5.1.7 Gesamtinvestitionskosten

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

Investitionskosten			
	Beschreibung	Bestand	nach Sanierung
Variante 1	Alle Gebäude	352.639 €	266.377 €
Variante 2	Schule, Kinderzentrum und Sporthallen	293.752 €	207.490 €
Variante 3	Schule und Sporthallen	221.538 €	177.466 €

**Tabelle 12: Investitionskosten**

Auf Basis der Investitionskosten lassen sich die Varianten nicht miteinander vergleichen. Die Kosten erhöhen sich hier mit der Anzahl der anzuschließenden Gebäude. Variante 1, welche den Anschluss aller Gebäude beinhaltet, ist die kostenintensivste Variante.

Aufgrund des Alters der Anlagen stehen in der Regionalschule sowie in der Kindertagesstätte in den nächsten Jahren Heizungserneuerungen an. Um die Varianten vergleichbar zu machen wurde im folgenden davon ausgegangen, dass diese Heizkessel durch neue Gaskessel ausgetauscht werden, sollte kein Anschluss an das Wärmenetz erfolgen. Die Investitionskosten für die Gaskessel summiert mit den Investitionskosten für die Wärmenetze der übrigen Gebäude (Tabelle 13) ergeben folgende Gesamtinvestitionskosten:

Gesamtinvestitionskosten aller Gebäude			
	Beschreibung	Bestand	nach Sanierung
Referenz	neue Gaskessel für Kinderzentrum und Regionalschule	47.778 €	31.363 €
Variante 1	Alle Gebäude	398.783 €	305.846 €
Variante 2	Schule Kinderzentrum und Sporthallen	343.864 €	250.927 €
Variante 3	Schule und Sporthallen	265.650 €	217.900 €

**Tabelle 13: Gesamtinvestitionskosten, inkl. Gaskessel für nicht angeschlossene Gebäude**

## 5.2 Laufende Kosten

Die folgenden Kostenaufstellungen beinhalten nicht die Kosten für die solarthermische Anlagen. Diese werden separat in Kapitel 5.4 behandelt.

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 selber einzuholen, da diese sich stetig ändern.

Im einzelnen beinhalten die laufenden Kosten:

- Investitionskosten nach der Annuitätenmethode
- Brennstoffkosten
  - Kosten für Gas → 0,05 €/kWh

- Kosten für Biomasse → 0,03 €/kWh
- Betriebskosten
  - Betriebsstromkosten
    - Holzkessel → 1,25 €/MWh
    - Gaskessel → 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
  - Kalkulatorischer Zuschlag → 3,00 % bezogen auf die jährlichen Kosten

Die jährlichen Kosten für die verschiedenen Varianten ergeben sich, wie in Tabelle 14 dargestellt. Zusätzlich wird der Bestand als Referenzvariante betrachtet. Diese beinhaltet die Kosten für alle Gebäude, inklusive einer Heizungserneuerung.

Jährliche Kosten			
	Beschreibung	Bestand	nach Sanierung
Referenz	neue Gaskessel für Kinderzentrum und Regionalschule	77.055 €	50.547 €
Variante 1	Alle Gebäude	88.270 €	60.557 €
Variante 2	Schule Kinderzentrum und Sporthallen	80.522 €	52.809 €
Variante 3	Schule und Sporthallen	64.599 €	41.894 €

**Tabelle 14: Jährliche Kosten**

Diese Kosten sind untereinander nicht vergleichbar, da sie sich nur auf die an die Nahwärmeleitung beziehen und somit die anderen Objekte nicht mit einbeziehen. Daher wurden die laufenden Kosten für die bestehende Heizanlage in den Gebäuden „Grundschule“ und „Kinderzentrum“ ebenfalls bestimmt, so dass in jeder Variante ein Gesamtpreis für alle Gebäude benennbar ist, unabhängig davon, ob alle Gebäude an das Wärmenetz angeschlossen werden oder nicht. Daraus ergeben sich dann Gesamtjahreskosten für alle Gebäude (Tabelle 15).

jährliche Gesamtkosten			
	Beschreibung	Bestand	nach Sanierung
Referenzvariante	Alle Gebäude	77.055 €	50.547 €
Variante 1	Alle Gebäude	88.270 €	60.557 €
Variante 2	Schule Kinderzentrum und Sporthallen	85.636 €	57.923 €
Variante 3	Schule und Sporthallen	82.729 €	60.023 €

**Tabelle 15: jährliche Gesamtkosten**

Beim Vergleich der gesamten Jahreskosten wird deutlich, dass der Anschluss aller Gebäude an das Wärmenetz nicht zum optimalen Ergebnis führt. Zur Zeit werden die geringsten Jahreskosten noch mit der Heizung, wie sie besteht erzielt. Die geringsten Kosten einer Nahwärmeverbindung werden erzielt, wenn nur die Schule und die Sporthallen zusammen versorgt werden, während das Kinderzentrum und die Grundschule weiter mit der jeweils vorhandenen Anlage beheizt werden. In allen Varianten werden jährlich etwa 30.000 € durch eine Sanierung, wie von Dipl. Ing. Radenheimer Architektur GmbH beschrieben, eingespart.

### 5.3 Wärmepreis

Der Wärmepreis ist der Preis, der für eine Kilowattstunde genutzte Wärme entsteht. Er ist das Verhältnis aus den berechneten Jahreskosten zum Nutzenergiebedarf. Zunächst wurde der Wärmepreis, analog zu den Berechnungen der Jahreskosten (Kapitel 5.2) für die betrachteten Gebäude der einzelnen Varianten und anschließend für alle Gebäude gemeinsam berechnet. Die Wärmepreise der Varianten sind:

Wärmepreise			
	Beschreibung	Bestand	nach Sanierung
Referenzvariante	Alle Gebäude wie vorhanden	0,0684 €	0,0707 €
Variante 1	Alle Gebäude	0,0784 €	0,0848 €
Variante 2	Schule Kinderzentrum und Sporthallen	0,0739 €	0,0778 €
Variante 3	Schule und Sporthallen	0,0710 €	0,0840 €

**Tabelle 16: Wärmepreise der Varianten**

Analog zum vorigen Kapitel „Laufende Kosten“ wurde zusätzlich eine Betrachtung angestellt, wie sich der Wärmepreis für alle Gebäude entwickelt, unabhängig davon, ob sie an das Netz angeschlossen werden oder nicht. Es entsteht also wieder ein Mischpreis aus dem Wärmepreis der in den Varianten enthaltenen Gebäuden und aus den Wärmepreisen der anderen Gebäude. Diese Gesamtwärmepreise, die sich ergeben, wenn man in jede Variante alle Gebäude einbezieht, sind folgende:

Gesamtwärmepreise			
	Beschreibung	Bestand	nach Sanierung
Referenzvariante	Alle Gebäude wie vorhanden	0,0684 €	0,0707 €
Variante 1	Alle Gebäude	0,0784 €	0,0848 €
Variante 2	Schule Kinderzentrum und Sporthallen	0,0761 €	0,0811 €
Variante 3	Schule und Sporthallen	0,0735 €	0,0840 €

**Tabelle 17: Gesamtwärmepreise**

Die Referenzvariante führt sowohl vor, als auch nach der Sanierung zu geringeren Kosten, als eine zentrale Wärmeversorgung auf Holzbasis. In dieser Studie nicht betrachtet wurden die Kosten für die Sanierungsmaßnahmen der Gebäude. Diese sind also auch im Wärmepreis „nach Sanierung“ nicht enthalten. Der niedrigste Wärmepreis mit einer Holzheizung ist mit einer Verbindung lediglich der Regionalschule an die Heizung an den Sporthallen zu erreichen. Nach einer Sanierung ist der Wärmepreis geringer, wenn zusätzlich das Kinderzentrum an die Heizzentrale angeschlossen wird.

## 5.4 Betrachtung mit solarthermischer Anlage

Bereits in der Studie des Ingenieurbüros Radenheimer wurde die Nutzung solarthermischer Anlagen zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung der Turnhallen betrachtet. Basierend auf diesen Daten wurde diese Berechnung in die obigen Varianten mit einbezogen. Aus den Daten wurde die Amortisationszeit der Anlage berechnet. Weiterhin wird der Wärmepreis für die Wärme aus den solarthermischen Anlagen berechnet und zuletzt wird auch der Wärmepreis für die Wärme aus den Heizanlagen korrigiert, da sich dieser aufgrund der geringeren Wärmeabnahme schlechter darstellt.

### 5.4.1 Auslegung der Anlage

Die solarthermische Anlage wird angenommen, wie vom Ingenieurbüro Radenheimer bereits betrachtet. Sie beinhaltet zwei Anlagen, wovon jeweils eine auf den beiden Turnhallen angebracht werden soll. Beide Anlagen werden im Folgenden als eine Anlage betrachtet.

Die Anlage auf der Hans-Appel-Halle ist 37 m<sup>2</sup> groß und die andere 18,5 m<sup>2</sup>. Der Energieertrag beider Anlagen zusammen beträgt etwa 23 MWh jährlich, wodurch 3.717 m<sup>3</sup> Erdgas eingespart werden können.

## 5.4.2 Investitionskosten

Die tatsächlichen Investitionskosten der Anlagen belaufen sich nach Angaben des Ingenieurbüros Radenheimer auf 38.969 €. Die spezifischen Investitionskosten sind hier 1.045 €/m<sup>2</sup>.

Im allgemeinen können die Kosten für eine solche Anlage auch geringer sein. Daher wird im folgenden parallel eine Berechnung mit spezifischen Investitionskosten von 850 €/m<sup>2</sup> durchgeführt. Die tatsächlichen Investitionskosten belaufen sich in diesem Fall auf 29.284 €.

In beiden Fällen ist eine Förderung durch die Bafa in Höhe von 70 €/m<sup>2</sup> mit in die Kosten eingerechnet sowie die Kosten für einen Speicher aus den Kosten für die Solarthermieanlage abgezogen, da dieser bereits in den Kosten für die Heizung mit einbezogen ist.

## 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 18 dargestellt.

laufende Kosten		
Investitionskosten	38.969 €	29.284 €
Kapitalkosten nach Annuitätenmethode	2.867 €	2.155 €
Einsparung Brennstoff	-1.167 €	-1.167 €
Strombedarf (5% der erzeugten Energie)	1.167 kWh	1.167 kWh
Stromkosten (0,18 €/kWh)	210 €	210 €
Wartungs- und sonstige Kosten (2,5% der Investitionskosten)	1.463 €	1.190 €
<b>Jahreskosten</b>	<b>4.540 €</b>	<b>3.555 €</b>

Tabelle 18: laufende Kosten der Solarthermieanlage

Durch den Betrieb der solarthermischen Anlage ändern sich die jährlichen Kosten im gesamten Netz- bzw. Heizbetrieb. Sie ergeben sich nun wie folgt:

Jahreskosten mit Solarthermie bei 38.969 € Investitionskosten					
	Beschreibung	Nahwärmeverbund		Gesamtwärmepreis	
		Bestand	nach Sanierung	Bestand	nach Sanierung
Referenzvariante	Alle Gebäude wie vorhanden	78.722 €	52.215 €	78.722 €	52.215 €
Variante 1	Alle Gebäude	90.364 €	62.651 €	90.364 €	62.651 €
Variante 2	Schule Kinderzentrum und Sporthallen	82.616 €	54.903 €	87.770 €	60.057 €
Variante 3	Schule und Sporthallen	66.693 €	43.988 €	84.823 €	62.118 €

**Tabelle 19: Jahreskosten mit Solarthermie bei 38.969 € Investition**

Die in Tabelle 19 dargestellten Werte beziehen sich auf die Variante mit einer Investitionssumme von 38.969 €. Die Ergebnisse der parallel berechneten optimalen Variante sind in Tabelle 20 dargestellt.

Jahreskosten mit Solarthermie bei 29.284 € Investitionskosten					
	Beschreibung	Nahwärmeverbund		Gesamtwärmepreis	
		Bestand	nach Sanierung	Bestand	nach Sanierung
Referenzvariante	Alle Gebäude wie vorhanden	77.953 €	51.445 €	77.953 €	51.445 €
Variante 1	Alle Gebäude	89.595 €	61.882 €	89.595 €	61.882 €
Variante 2	Schule Kinderzentrum und Sporthallen	81.847 €	54.133 €	87.001 €	59.288 €
Variante 3	Schule und Sporthallen	65.923 €	43.218 €	84.053 €	61.348 €

**Tabelle 20: Jahreskosten mit Solarthermie bei 29.284 € Investition**

#### 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 den solarthermischen Anlagen ergibt sich für die erste Variante (38.989 €) ein Wärmepreis von 0,1945 Cent/kWh und für die zweite Variante ein Preis von 0,1523 Cent/kWh.

### 5.4.5 Wärmepreis für Wärme aus der Heizanlage

Durch die Wärmeproduktion der solarthermischen Anlage verändert sich auch der Wärmepreis der mit den Heizanlagen produzierten Wärme, da der Bedarf sich verringert.

Wärmepreise mit Solarthermie bei 38.969 € Investitionskosten					
	Beschreibung	Nahwärmeverbund		Gesamtwärmepreis	
		Bestand	nach Sanierung	Bestand	nach Sanierung
Referenzvariante	Alle Gebäude wie vorhanden	0,0699 €	0,0731 €	0,0699 €	0,0731 €
Variante 1	Alle Gebäude	0,0802 €	0,0877 €	0,0802 €	0,0877 €
Variante 2	Schule Kinderzentrum und Sporthallen	0,0758 €	0,0809 €	0,0779 €	0,0841 €
Variante 3	Schule und Sporthallen	0,0733 €	0,0882 €	0,0753 €	0,0869 €

**Tabelle 21: Wärmepreise mit Solarthermie bei 38.969 € Investition**

Die in Tabelle 21 dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die Variante mit 38.969 € Investitionskosten. Die Ergebnisse der kostengünstigeren Variante sind in Tabelle 22 dargestellt.

Wärmepreise mit Solarthermie bei 29.284 € Investitionskosten					
	Beschreibung	Nahwärmeverbund		Gesamtwärmepreis	
		Bestand	nach Sanierung	Bestand	nach Sanierung
Referenzvariante	Alle Gebäude wie vorhanden	0,0692 €	0,0720 €	0,0692 €	0,0720 €
Variante 1	Alle Gebäude	0,0796 €	0,0866 €	0,0796 €	0,0866 €
Variante 2	Schule Kinderzentrum und Sporthallen	0,0751 €	0,0798 €	0,0773 €	0,0830 €
Variante 3	Schule und Sporthallen	0,0724 €	0,0867 €	0,0746 €	0,0859 €

**Tabelle 22: Wärmepreise mit Solarthermie bei 29.284 € Investition**

Die gesamten Wärmepreise mit solarthermischen Anlagen variieren nur sehr gering mit den Investitionskosten der Anlagen. Die geringsten Kosten pro Kilowattstunde genutzter Wärme entstehen zur Zeit in der Referenzvariante. Bei einer Nahwärmelösung mit einer Holzhackschnitzelheizung ist die Verbindung lediglich der Schule mit den Sporthallen die kostengünstigste.

## 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:	5,00% pro Jahr
Inflation:	2,00% pro Jahr
Gas:	7,40% pro Jahr

Tabelle 23: Preissteigerungsraten zur Sensitivitätsanalyse

Die Preissteigerungsraten sind dem Energiebericht Rheinland Pfalz entnommen. Sie sind aus der Preisentwicklung der letzten zehn Jahre berechnet. Diese Werte sind also Durchschnittswerte, die sich zukünftig durchaus anders darstellen können.

Aus diesen Werten wird jedoch deutlich, dass die Varianten mit der größten Abhängigkeit von Gas als Brennstoff die größte Kostensteigerung zu erwarten haben. Der mit diesen Werten zu erwartende Verlauf stellt sich wie folgt dar:

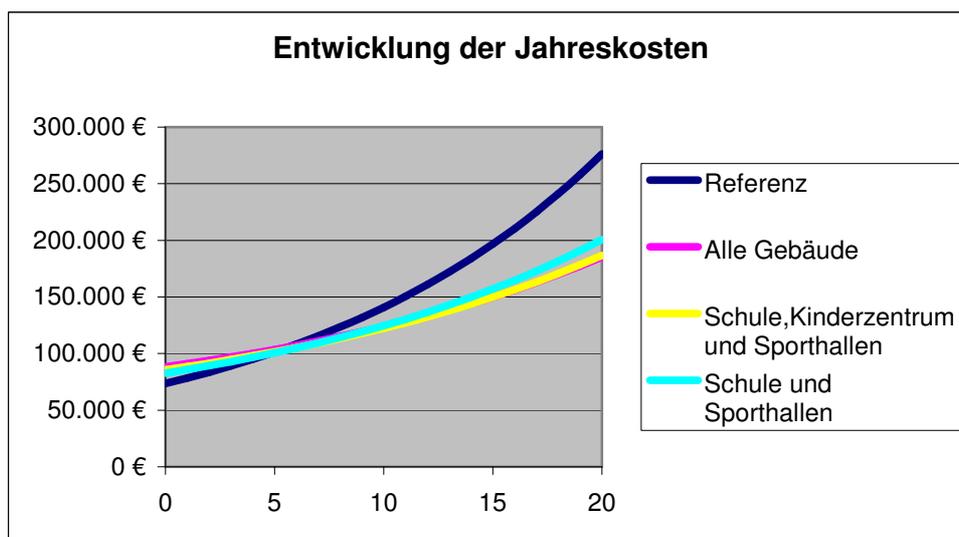


Abbildung 3: Verlauf der Jahreskosten in den nächsten 20 Jahren

Die hier hinterlegten Jahreskosten sind die, ohne Sanierung der Gebäude. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Jahreskosten mit der vorhandenen Gasheizung den deutlichsten Anstieg erfährt. Auch mit einer Sanierung steigen die Jahreskosten im Bestand am stärksten (Abbildung 4).

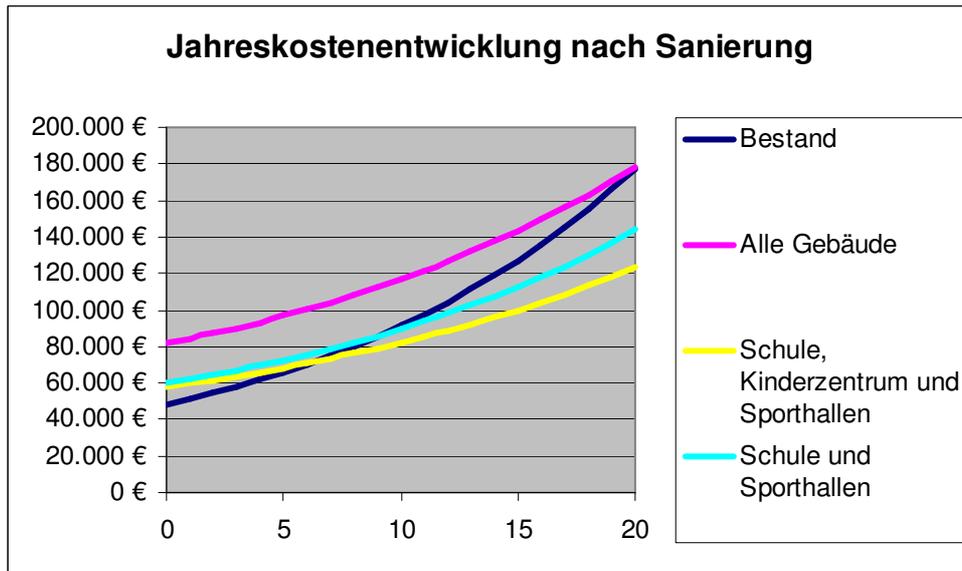


Abbildung 4: Entwicklung der Jahreskosten mit Sanierung

Lediglich der Anschluss aller Gebäude an eine Nahwärmeversorgung ist mit den angenommenen Preisanstiegen über den gesamten Zeitraum teurer. Bereits in etwa sieben Jahren sind hier jedoch die beiden kleineren Varianten ebenfalls günstiger als die bestehende Anlage.

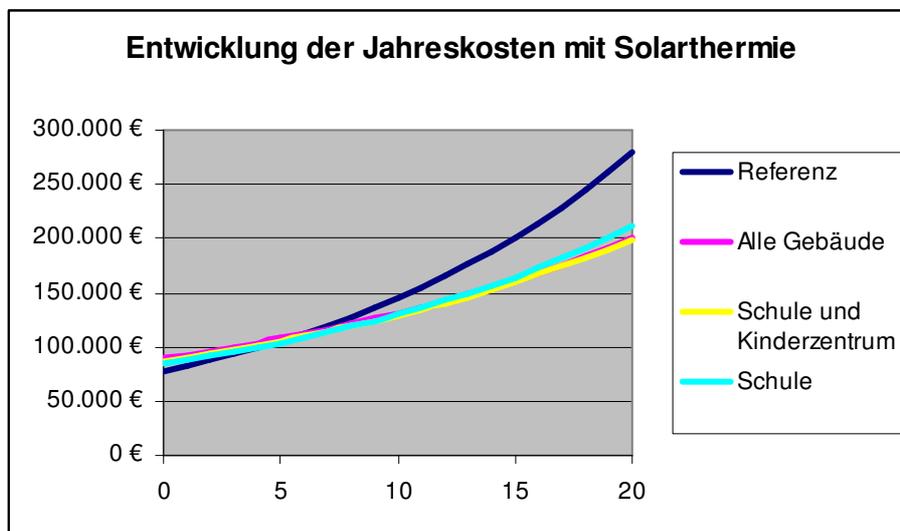


Abbildung 5: Entwicklung der Jahreskosten mit solarthermischer Anlage

Abbildung 5 zeigt die Entwicklung der Jahreskosten mit einer solarthermischen Anlage, ohne eine Sanierung. Es wird deutlich, dass sich die Kurven gleich verhalten, wie in den Varianten ohne eine solarthermische Anlage, also dass die Referenzvariante in etwa fünf Jahren unter den hier gegebenen Voraussetzungen die ungünstigste Variante sein wird.

## 5.6 Ökologische Betrachtung

Mit der Einsparung fossiler Brennstoffe ist immer auch eine Reduktion des Ausstoßes von CO<sub>2</sub> verbunden. In dieser Untersuchung wird der Gasverbrauch der vorhandenen Heizanlage für die Sporthallen sowie der Verbrauch von Heizöl der anderen Heizungen verringert. Bei der Erzeugung einer Megawattstunde Wärme aus Erdgas werden etwa 200 kg CO<sub>2</sub> freigesetzt. Die Wärmeversorgung der Objekte in Göllheim führt zu einer Einsparung der fossilen Brennstoffe um bis zu 1.000 MWh jährlich. Das entspricht einer Menge von 200 t CO<sub>2</sub>-Emissionen, die im Jahr vermieden werden können. Betrachtet man zusätzlich die Sanierungsmaßnahmen so sind 1.100 MWh, also 220 t CO<sub>2</sub> einzusparen.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Umstellung der Heizanlage auf eine Holzhackschnitzelheizung scheint zum jetzigen Zeitpunkt wirtschaftlich nicht sinnvoll. Hinterlegt ist hier jedoch ein Holzpreis von 25 €/SRM. Diesen Preis gilt es zu prüfen. Unter Umständen ist es möglich einen geringeren Holzpreis zu erzielen, wodurch sich die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sehr stark zugunsten der Holzheizung verschiebt.

Die jährlichen Kosten, die hier berechnet wurden, liegen jedoch nicht wesentlich über den jetzigen Kosten. 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 Erdgases, dann sind die Nahwärmevarianten auch innerhalb kurzer Zeit günstiger als die bestehende Anlage.

Mit der Nutzung regenerativer Energieträger ist immer eine Steigerung des regionalen Mehrwertes verbunden. Zunächst können bei den notwendigen Bauarbeiten ortsansässige Firmen beauftragt werden. Weiterhin wird der Brennstoff ebenfalls aus der Region genutzt. Beides führt dazu, dass Geld, welches bei der Nutzung fossiler Brennstoffe größtenteils in 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 macht völlig unabhängig von Brennstofflieferanten, da hier ein unendliches Gut genutzt wird, welches kostenlos zur Verfügung steht. Auch hier ist es aus regionalwirtschaftlichen Gründen sinnvoll, Anlagenerrichter aus der Region zu wählen, um den Geldfluss ebenfalls in dieser Region zu halten.

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

## Anhang

### Investitionskosten Heizkessel

Ölkessel heilpäd. Kinderzentrum		
Menge	Artikel	Preis
1	Kessel	4.165 €
1	Abgassperrklappe	358 €
1	Kombi Abgasüberwachung	133 €
1	Sicherheitsabsperrventil	154 €
1	Gasart Umstellteil	47 €
1	Montage (Annahme)	5.000 €
<b>Gesamtkosten</b>		<b>9.857 €</b>

Tabelle 24: Ölkessel heilpäd. Kinderzentrum

Ölkessel Regionalschule			
Menge	Artikel	Preis / Einheit	Preis
2	Kessel	11.820 €	23.640 €
1	Ringdrosselklappe	474 €	474 €
1	Abgassperrklappe	381 €	381 €
4	Sicherheitsabsperrventil	154 €	614 €
1	Sicherheits-Armaturengruppe	1.035 €	1.035 €
1	Maximal-Druckbegrenzer	212 €	212 €
2	Zusatz-Regelgerät für 2-Kessel-Anlage	114 €	228 €
1	MPA Handterminal	103 €	103 €
2	Gasart Umstellteil	119 €	238 €
2	Flanschensatz	24 €	48 €
1	Abgasverbindungsstück	948 €	948 €
1	Montage (Annahme)	10.000 €	10.000 €
<b>Gesamtkosten</b>			<b>37.921 €</b>

Tabelle 25: Ölkessel Regionalschule

<b>Ölkessel Regionalschule nach Sanierung</b>			
Menge	Artikel	Preis / Einheit	Preis
1	Kessel mit Gas Gebläsebrenner	13.095 €	13.095 €
1	Kessel-Sicherheits-Armaturengruppe	958 €	958 €
1	Maximal-Druckbegrenzer	212 €	212 €
1	Minimal-Druckbegrenzer	150 €	150 €
1	Ringdrosselklappe mit Stellmotor	587 €	587 €
1	Dichtheitskontrollgerät	623 €	623 €
1	Abgasschalldämpfer	502 €	502 €
1	Abgasrohr-Abdichtungsmanschette	54 €	54 €
1	Brenner Schalldämpfhaube	1.880 €	1.880 €
1	Körperschalldämpfender Kesselunterbau	326 €	326 €
4	Brennerplattenbohrung	109 €	436 €
4	Presswerkzeug (geliehen; Gebühr pro Woche)	57 €	228 €
1	Reinigungsgeräte-Set	75 €	75 €
1	Regelgerät		2.381 €
<b>Summe</b>			<b>21.507 €</b>

**Tabelle 26: Ölkessel Regionalschule nach Sanierung**

<b>Hackschnitzelfeuerungsanlage mit 400 kW</b>		
hydraulischer Deckel, nicht befahrbar 5,5 x 2,4 m	9.640 €	9.640 €
Erweiterung Schubbodenhydraulik für Deckel	975 €	975 €
Schubstangen 2,0 m breit, Preis pro m	605 €	9.680 €
Unterkonstruktion für Schubboden	130 €	2.600 €
Hydraulikzylinder für Schubstangen	2.510 €	5.020 €
Schweißgrund für Zylinder	380 €	760 €
Hydraulikaggregat	2.320 €	2.320 €
Querförderschnecke, Grundpreis	2.000 €	2.000 €
Querförderschnecke pro m	365 €	1.825 €
Förderschnecke Grundpreis	2.230 €	2.230 €
Förderschnecke D = 190 mm, Preis pro m	360 €	1.800 €
Brandschutzschieber	1.125 €	1.125 €
Pyrot 400, 400 kW Nennleistung bei Brennstoff W 20	39.013 €	39.013 €
patentierter Rotationsfeuerung		
incl. Einschubeinheit, automatischer Zündung		
Vorschubrost mit Entaschung in Aschelade		
Abgasrezirkulation, Abgasventilator drehzahl geregelt		
thermische Ablaufsicherung 100 °C	106 €	106 €
Entaschung in 240-l Außenbehälter	5.501 €	5.501 €
zusätzlicher 240-l Behälter	401 €	401 €
pneumatische Wärmetauscherreinigung incl. Kompressor	5.928 €	5.928 €
Rauchrohr Bogen verstellbar 0 - 90 °	127 €	254 €
Rauchrohr gerade 1,0 m	75 €	150 €
Installation wasserseitig mit Rücklaufanhebung und	4.246 €	4.246 €
Sicherheitsgruppe		
Steuerung mit Lambdaregelung und modulierender	5.275 €	5.275 €
Leistungsregelung von 25 - 100% Kesselleistung		
incl. Ansteuerung Rücklaufanhebung		
Steuermodul Speichermanagement 3 Fühler	130 €	130 €
Betriebsmeldung	75 €	75 €
externe Anforderung	135 €	135 €
Montage mit 2 Köb Monteuren	9.000 €	9.000 €
Inbetriebnahme	1.200 €	1.200 €
Nachkontrolle	600 €	600 €
<b>Summe zzgl. MwSt.</b>		<b>115.253 €</b>

**Tabelle 27: Hackschnitzleheizung 400 kW**

<b>Hackschnitzelfeuerungsanlage mit 220 kW</b>		
Silodeckel, manuell zu öffnen, 2,90 x 1,30	3.040 €	3.040 €
Federkernaustragung 4,5 m Durchmesser	6.395 €	6.395 €
Absperrschieber	1.125 €	1.125 €
Pyrot 220, 220 kW Nennleistung	26.889 €	26.889 €
Rotationsfeuerung		
incl. Einschubeinheit, automatischer Zündung		
Vorschubrost mit Entaschung in Aschelade		
Abgasrezirkulation, Abgasventilator		
thermische Ablaufsicherung 100 °C	106 €	106 €
Installation hydraulisch mit Rücklaufanhebung und	3.055 €	3.055 €
Sicherheitsgruppe		
Steuerung mit Lambda- und mod. Leistungsregelung	5.110 €	5.110 €
incl. Ansteuerung Rücklaufanhebung		
Flansche NW 50 statt 1 1/2"	75 €	300 €
Fracht	1.242 €	1.242 €
Montage mit 2 Köb Monteuren	3.500 €	3.500 €
Inbetriebnahme	800 €	800 €
Nachkontrolle	500 €	500 €
<b>Summe zzgl. MwSt.</b>		<b>52.062 €</b>

**Tabelle 28: Hackschnitzelheizung 220 kW**

<b>Hackschnitzelfeuerungsanlage mit 300 kW</b>		
Silodeckel, hydraulisch angetrieben, 4,0 x 2,4 m	9.640 €	9.640 €
Hydraulikantrieb für Deckel	1.560 €	1.560 €
Gelenkarmaustragung D = 5,5 m	8.320 €	8.320 €
Verlängerung Förderschnecke	325 €	325 €
Absperrschieber	1.125 €	1.125 €
Pyrot 300, 300 kW Nennleistung	30.338 €	30.338 €
Rotationsfeuerung		
incl. Einschubeinheit, automatischer Zündung		
Vorschubrost mit Entaschung in Aschelade		
Abgasrezirkulation, Abgasventilator		
thermische Ablaufsicherung	106 €	106 €
Entaschung in außenstehenden 240 l Behälter	5.501 €	5.501 €
zusätzliche Aschetonne 240 l	401 €	401 €
pneum. Wärmetauscherreinigung incl. Kompressor	5.177 €	5.177 €
Steuerung mit Lambda- und mod. Leistungsregelung	5.110 €	5.110 €
incl. Ansteuerung Rücklaufanhebung		
Flansche NW 80 statt 1 1/2"	195 €	780 €
Fracht	1.242 €	1.242 €
Montage mit 2 Köb Monteuren	4.500 €	4.500 €
Inbetriebnahme	800 €	800 €
Nachkontrolle	500 €	500 €
<b>Summe zzgl. MwSt.</b>		<b>75.425 €</b>

**Tabelle 29: Hackschnitzelheizung 300 kW**

## Jahreskosten und Wärmepreise

Referenzmodell Variante I (alle Gebäude)			
Bestand			
Investitionskosten als Jahreskosten nach der Annuitätenmethode			
Investitionskosten	47.778 €		
realer Zinssatz	4,00%		
Betrachtungsdauer	20 Jahre		
Annuitätenfaktor	0,0736		
			<b>3.516 €</b>
Brennstoffkosten			
Endenergiebedarf	1.243.884 kWh		
Nutzenergiebedarf	1.126.080 kWh		
Brennstoffbedarf Gas	1.243.884 kWh		
Kosten Gas	0,0500 €/kWh		
Gesamtkosten Gas			62.194 €
Gesamtkosten Heizöl			
<b>Brennstoffkosten gesamt</b>			<b>62.194 €</b>
Betriebskosten			
Betriebsstromkosten Holz- kessel	1,25 €/MWh		
Ascheentsorgung	0,35 €/MWh		
Betriebsstromkosten Gas- kessel	0,75 €/MWh		933 €
Stromkosten Netzpumpen	0,58 €/MWh		721 €
Kaminfeger			250 €
<b>Betriebskosten gesamt</b>			<b>1.904 €</b>
Wartungskosten			
Wartung und Instandhaltung Holz- und Hilfskessel	2,50%	bezogen auf die Investitionskosten der Kessel	1.000 €
Wartung und Instandhaltung des Wärmenetzes	0,88%	bezogen auf die Investitionskosten des Wärmenetzes	937 €
Wartung und Instandhaltung der Hausanschlüsse	1,30%	bezogen auf die Investitionskosten der Hausanschlüsse	296 €
<b>Wartungskosten gesamt</b>			<b>2.233 €</b>
sonstige Kosten			
Versicherung	0,70%	bezogen auf die Gesamtinvestition	1.500 €
<b>sonstige Kosten gesamt</b>			<b>1.500 €</b>
<b>Zwischensumme</b>			<b>71.347 €</b>
Verwaltungskosten	5,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	3.567 €
kalkulatorischer Zuschlag	3,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	2.140 €
<b>Gesamtsumme netto</b>			<b>77.055 €</b>
<b>Mehrwertsteuer</b>			<b>12.329 €</b>
<b>Gesamtsumme brutto</b>			<b>89.384 €</b>
<b>Wärmepreis netto</b>			<b>0,0684 €</b>
<b>Wärmepreis brutto</b>			<b>0,0794 €</b>

Tabelle 30: Jahreskosten Referenzvariante

Referenzmodell Variante I (alle Gebäude)			
Nach Sanierungsmaßnahmen			
Investitionskosten als Jahreskosten nach der Annuitätenmethode			
Investitionskosten	31.363 €		
realer Zinssatz	4,00%		
Betrachtungsdauer	20 Jahre		
Annuitätenfaktor	0,0736		
			<b>2.308 €</b>
Betriebskosten			
Endenergiebedarf	789.254 kWh		
Nutzenergiebedarf	714.507 kWh		
Brennstoffbedarf Gas	789.254 kWh		
Kosten Gas	0,0500 €/kWh		
Gesamtkosten Gas			39.463 €
<b>Brennstoffkosten gesamt</b>			<b>39.463 €</b>
Betriebskosten			
Betriebsstromkosten Holz- kessel	1,25 €/MWh		
Ascheentsorgung	0,35 €/MWh		
Betriebsstromkosten Gas- kessel	0,75 €/MWh		592 €
Stromkosten Netzpumpen	0,58 €/MWh		458 €
Kaminfeger			250 €
<b>Betriebskosten gesamt</b>			<b>1.300 €</b>
Wartungskosten			
Wartung und Instandhaltung Holz- und Hilfskessel	2,50%	bezogen auf die Investitionskosten der Kessel	1.000 €
Wartung und Instandhaltung des Wärmenetzes	0,88%	bezogen auf die Investitionskosten des Wärmenetzes	937 €
Wartung und Instandhaltung der Hausanschlüsse	1,30%	bezogen auf die Investitionskosten der Hausanschlüsse	296 €
<b>Wartungskosten gesamt</b>			<b>2.233 €</b>
sonstige Kosten			
Versicherung	0,70%	bezogen auf die Gesamtinvestition	1.500 €
<b>sonstige Kosten gesamt</b>			<b>1.500 €</b>
<b>Zwischensumme</b>			<b>46.803 €</b>
Verwaltungskosten	5,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	2.340 €
kalkulatorischer Zuschlag	3,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	1.404 €
<b>Gesamtsumme netto</b>			<b>50.547 €</b>
<b>Mehrwertsteuer</b>			<b>8.088 €</b>
<b>Gesamtsumme brutto</b>			<b>58.635 €</b>
<b>Wärmepreis netto</b>			<b>0,0707 €</b>
<b>Wärmepreis brutto</b>			<b>0,0821 €</b>

Tabelle 31: Jahreskosten Referenzvariante nach Sanierung

Alle Gebäude			
Bestand			
Investitionskosten als Jahreskosten nach der Annuitätenmethode			
Investitionskosten	398.783 €		
realer Zinssatz	4,00%		
Betrachtungsdauer	20 Jahre		
Annuitätenfaktor	0,0736		
			<b>29.343 €</b>
Brennstoffkosten			
Endenergiebedarf	1.243.884 kWh		
Nutzenergiebedarf	1.126.080 kWh		
Brennstoffbedarf Biomasse	995.107 kWh		
Brennstoffbedarf Gas	248.777 kWh		
Kosten Biomasse	0,0300 €/kWh		
Kosten Gas	0,0500 €/kWh		
Gesamtkosten Biomasse			29.853 €
Gesamtkosten Gas			12.439 €
<b>Brennstoffkosten gesamt</b>			<b>42.292 €</b>
Betriebskosten			
Betriebsstromkosten Holzessel	1,25 €/MWh		1.244 €
Ascheentsorgung	0,35 €/MWh		348 €
Betriebsstromkosten Gaskessel	0,75 €/MWh		187 €
Stromkosten Netzpumpen	0,58 €/MWh		721 €
Kaminfeger			250 €
<b>Betriebskosten gesamt</b>			<b>2.750 €</b>
Wartungskosten			
Wartung und Instandhaltung Holz- und Hilfskessel	2,50%	bezogen auf die Investitionskosten der Kessel	2.881 €
Wartung und Instandhaltung des Wärmenetzes	0,88%	bezogen auf die Investitionskosten des Wärmenetzes	1.155 €
Wartung und Instandhaltung der Hausanschlüsse	1,30%	bezogen auf die Investitionskosten der Hausanschlüsse	519 €
<b>Wartungskosten gesamt</b>			<b>4.555 €</b>
sonstige Kosten			
Versicherung	0,70%	bezogen auf die Gesamtinvestition	2.791 €
<b>sonstige Kosten gesamt</b>			<b>2.791 €</b>
<b>Zwischensumme</b>			<b>81.732 €</b>
Verwaltungskosten	5,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	4.087 €
kalkulatorischer Zuschlag	3,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	2.452 €
<b>Gesamtsumme netto</b>			<b>88.270 €</b>
<b>Mehrwertsteuer</b>			<b>14.123 €</b>
<b>Gesamtsumme brutto</b>			<b>102.394 €</b>
<b>Wärmepreis netto</b>			<b>0,0784 €</b>
<b>Wärmepreis brutto</b>			<b>0,0909 €</b>

Tabelle 32: Jahreskosten Variante 1: alle Gebäude

Alle Gebäude			
Nach Sanierungsmaßnahmen			
Investitionskosten als Jahreskosten nach der Annuitätenmethode			
	305.846 €		
realer Zinssatz	4,00%		
Betrachtungsdauer	20 Jahre		
Annuitätenfaktor	0,0736		
			<b>22.505 €</b>
Betriebskosten			
Endenergiebedarf	789.254 kWh		
Nutzenergiebedarf	714.507 kWh		
Brennstoffbedarf Biomasse	631.403 kWh		
Brennstoffbedarf Gas	157.851 kWh		
Kosten Biomasse	0,0300 €/kWh		
Kosten Gas	0,0500 €/kWh		
Gesamtkosten Biomasse			18.942 €
Gesamtkosten Gas			7.893 €
<b>Brennstoffkosten gesamt</b>			<b>26.835 €</b>
Betriebskosten			
Betriebsstromkosten Holzessel	1,25 €/MWh		789 €
Ascheentsorgung	0,35 €/MWh		221 €
Betriebsstromkosten Gaskessel	0,75 €/MWh		118 €
Stromkosten Netzpumpen	0,58 €/MWh		458 €
Kaminfeger			250 €
<b>Betriebskosten gesamt</b>			<b>1.836 €</b>
Wartungskosten			
Wartung und Instandhaltung Holz- und Hilfskessel	2,50%	bezogen auf die Investitionskosten der Kessel	1.302 €
Wartung und Instandhaltung des Wärmenetzes	0,88%	bezogen auf die Investitionskosten des Wärmenetzes	1.100 €
Wartung und Instandhaltung der Hausanschlüsse	1,30%	bezogen auf die Investitionskosten der Hausanschlüsse	353 €
<b>Wartungskosten gesamt</b>			<b>2.755 €</b>
sonstige Kosten			
Versicherung	0,70%	bezogen auf die Gesamtinvestition	2.141 €
<b>sonstige Kosten gesamt</b>			<b>2.141 €</b>
<b>Zwischensumme</b>			<b>56.071 €</b>
Verwaltungskosten	5,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	2.804 €
kalkulatorischer Zuschlag	3,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	1.682 €
<b>Gesamtsumme netto</b>			<b>60.557 €</b>
<b>Mehrwertsteuer</b>			<b>9.689 €</b>
<b>Gesamtsumme brutto</b>			<b>70.246 €</b>
<b>Wärmepreis netto</b>			<b>0,0848 €</b>
<b>Wärmepreis brutto</b>			<b>0,0983 €</b>

Tabelle 33: Jahreskosten Variante 1: Alle Gebäude; nach Sanierung

Schule und Kinderzentrum			
Bestand			
Investitionskosten als Jahreskosten nach der Annuitätenmethode			
Investitionskosten	334.007 €		
realer Zinssatz	4,00%		
Betrachtungsdauer	20 Jahre		
Annuitätenfaktor	0,0736		
			<b>24.577 €</b>
Betriebskosten			
Endenergiebedarf	1.204.267 kWh		
Nutzenergiebedarf	1.090.216 kWh		
Brennstoffbedarf Bio- masse	963.414 kWh		
Brennstoffbedarf Gas	240.853 kWh		
Kosten Biomasse	0,0300 €/kWh		
Kosten Gas	0,0500 €/kWh		
Gesamtkosten Biomasse			28.902 €
Gesamtkosten Gas			12.043 €
<b>Brennstoffkosten gesamt</b>			<b>40.945 €</b>
Betriebskosten			
Betriebsstromkosten			
Holzessel	1,25 €/MWh		1.204 €
Ascheentsorgung	0,35 €/MWh		337 €
Betriebsstromkosten Gas	0,75 €/MWh		181 €
Stromkosten Netzpumpen	0,58 €/MWh		698 €
Kaminfeger			250 €
<b>Betriebskosten gesamt</b>			<b>2.671 €</b>
Wartungskosten			
Wartung und Instandhaltung Holz- und Hilfskessel	2,50%	bezogen auf die Investitionskosten der Kessel	2.881 €
Wartung und Instandhaltung des Wärmenetzes	0,88%	bezogen auf die Investitionskosten des Wärmenetzes	657 €
Wartung und Instandhaltung der Hausanschlüsse	1,30%	bezogen auf die Investitionskosten der Hausanschlüsse	488 €
<b>Wartungskosten gesamt</b>			<b>4.027 €</b>
sonstige Kosten			
Versicherung	0,70%	bezogen auf die Gesamtinvestition	2.338 €
<b>sonstige Kosten gesamt</b>			<b>2.338 €</b>
<b>Zwischensumme</b>			<b>74.557 €</b>
Verwaltungskosten	5,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	3.728 €
kalkulatorischer Zuschlag	3,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	2.237 €
<b>Gesamtsumme netto</b>			<b>80.522 €</b>
<b>Mehrwertsteuer</b>			<b>12.884 €</b>
<b>Gesamtsumme brutto</b>			<b>93.406 €</b>
<b>Wärmepreis netto</b>			<b>0,0739 €</b>
<b>Wärmepreis brutto</b>			<b>0,0857 €</b>

Tabelle 34: Jahreskosten Variante 2: Schule und Kinderzentrum

Schule und Kinderzentrum			
Nach Sanierungsmaßnahmen			
Investitionskosten als Jahreskosten nach der Annuitätenmethode			
Investitionskosten	241.070 €		
realer Zinssatz	4,00%		
Betrachtungsdauer	20 Jahre		
Annuitätenfaktor	0,0736		
			<b>17.738 €</b>
Betriebskosten			
Endenergiebedarf	749.638 kWh		
Nutzenergiebedarf	678.643 kWh		
Brennstoffbedarf Bio- masse	599.710 kWh		
Brennstoffbedarf Gas	149.928 kWh		
Kosten Biomasse	0,0300 €/kWh		
Kosten Gas	0,0500 €/kWh		
Gesamtkosten Biomasse			17.991 €
Gesamtkosten Gas			7.496 €
<b>Brennstoffkosten gesamt</b>			<b>25.488 €</b>
Betriebskosten			
Betriebsstromkosten Holz- kessel	1,25 €/MWh		750 €
Ascheentsorgung	0,35 €/MWh		210 €
Betriebsstromkosten Gas	0,75 €/MWh		112 €
Stromkosten Netz- pumpen	0,58 €/MWh		435 €
Kaminfeger			250 €
<b>Betriebskosten gesamt</b>			<b>1.757 €</b>
Wartungskosten			
Wartung und Instandhaltung Holz- und Hilfskessel	2,50%	bezogen auf die Investitionskosten der Kessel	1.302 €
Wartung und Instandhaltung des Wärmenetzes	0,88%	bezogen auf die Investitionskosten des Wärmenetzes	602 €
Wartung und Instandhaltung der Hausanschlüsse	1,30%	bezogen auf die Investitionskosten der Hausanschlüsse	323 €
<b>Wartungskosten gesamt</b>			<b>2.227 €</b>
sonstige Kosten			
Versicherung	0,70%	bezogen auf die Gesamtinvestition	1.687 €
<b>sonstige Kosten gesamt</b>			<b>1.687 €</b>
<b>Zwischensumme</b>			<b>48.897 €</b>
Verwaltungskosten	5,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	2.445 €
kalkulatorischer Zuschlag	3,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	1.467 €
<b>Gesamtsumme netto</b>			<b>52.809 €</b>
<b>Mehrwertsteuer</b>			<b>8.449 €</b>
<b>Gesamtsumme brutto</b>			<b>61.258 €</b>
<b>Wärmepreis netto</b>			<b>0,0778 €</b>
<b>Wärmepreis brutto</b>			<b>0,0903 €</b>

Tabelle 35: Jahreskosten Variante 2: Schule und Kinderzentrum; nach Sanierung

<b>Wirtschaftlichkeit Grundschule ohne Netz</b>			
<b>Bestand</b>			
<b>Investitionskosten als Jahreskosten nach der Annuitätenmethode</b>			
Investitionskosten			
realer Zinssatz	4,00%		
Betrachtungsdauer	20	Jahre	
Annuitätenfaktor	0,0736		
			<b>0 €</b>
<b>Brennstoffkosten</b>			
Endenergiebedarf	39.123	kWh	
Nutzenergiebedarf	35.211	kWh	
Brennstoffbedarf Gas	39.123	kWh	
Kosten Gas	0,0500	€/kWh	
Gesamtkosten Gas			1.956 €
Gesamtkosten Heizöl			
<b>Brennstoffkosten gesamt</b>			<b>1.956 €</b>
<b>Betriebskosten</b>			
Betriebsstromkosten Holzkessel	1,25	€/MWh	
Ascheentsorgung	0,35	€/MWh	
Betriebsstromkosten Gaskessel	0,75	€/MWh	29 €
Stromkosten Netzpumpen	0,58	€/MWh	
Kaminfeger			250 €
<b>Betriebskosten gesamt</b>			<b>279 €</b>
<b>Wartungskosten</b>			
Wartung und Instandhaltung Holz- und Hilfskessel			1.000 €
Wartung und Instandhaltung des Wärmenetzes			
Wartung und Instandhaltung der Hausanschlüsse			
<b>Wartungskosten gesamt</b>			<b>1.000 €</b>
<b>sonstige Kosten</b>			
Versicherung	0,70%	bezogen auf die Gesamtinvestition	1.500 €
<b>sonstige Kosten gesamt</b>			<b>1.500 €</b>
<b>Zwischensumme</b>			<b>4.735 €</b>
Verwaltungskosten	5,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	237 €
kalkulatorischer Zuschlag	3,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	142 €
<b>Gesamtsumme netto</b>			<b>5.114 €</b>
<b>Mehrwertsteuer</b>			<b>818 €</b>
<b>Gesamtsumme brutto</b>			<b>5.933 €</b>
<b>Wärmepreis netto</b>			<b>0,1452 €</b>
<b>Wärmepreis brutto</b>			<b>0,1685 €</b>

Tabelle 36: Jahreskosten Variante 2: Grundschule ohne Netzanschluss

Schule			
Bestand			
Investitionskosten als Jahreskosten nach der Annuitätenmethode			
Investitionskosten	255.794 €		
realer Zinssatz	4,00%		
Betrachtungsdauer	20 Jahre		
Annuitätenfaktor	0,0736		
			<b>18.822 €</b>
Betriebskosten			
Endenergiebedarf	1.005.437 kWh		
Nutzenergiebedarf	910.216 kWh		
Brennstoffbedarf Bio- masse	804.349 kWh		
Brennstoffbedarf Gas	201.087 kWh		
Kosten Biomasse	0,0300 €/kWh		
Kosten Gas	0,0500 €/kWh		
Gesamtkosten Biomasse			24.130 €
Gesamtkosten Gas			10.054 €
<b>Brennstoffkosten gesamt</b>			<b>34.185 €</b>
Betriebskosten			
Betriebsstromkosten Holzkessel	1,25 €/MWh		1.005 €
Ascheentsorgung	0,35 €/MWh		282 €
Betriebsstromkosten Gas	0,75 €/MWh		151 €
Stromkosten Netzpumpen	0,58 €/MWh		583 €
Kaminfeger			250 €
<b>Betriebskosten gesamt</b>			<b>2.271 €</b>
Wartungskosten			
Wartung und Instandhaltung Holz- und Hilfskessel	2,50%	bezogen auf die Investitionskosten der Kessel	1.886 €
Wartung und Instandhaltung des Wärmenetzes	0,88%	bezogen auf die Investitionskosten des Wärmenetzes	437 €
Wartung und Instandhaltung der Hausanschlüsse	1,30%	bezogen auf die Investitionskosten der Hausanschlüsse	423 €
<b>Wartungskosten gesamt</b>			<b>2.746 €</b>
sonstige Kosten			
Versicherung	0,70%	bezogen auf die Gesamtinvestition	1.791 €
<b>sonstige Kosten gesamt</b>			<b>1.791 €</b>
<b>Zwischensumme</b>			<b>59.814 €</b>
Verwaltungskosten	5,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	2.991 €
kalkulatorischer Zuschlag	3,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	1.794 €
<b>Gesamtsumme netto</b>			<b>64.599 €</b>
<b>Mehrwertsteuer</b>			<b>10.336 €</b>
<b>Gesamtsumme brutto</b>			<b>74.935 €</b>
<b>Wärmepreis netto</b>			<b>0,0710 €</b>
<b>Wärmepreis brutto</b>			<b>0,0823 €</b>

Tabelle 37: Jahreskosten Variante 3: Regionalschule und Sporthallen

Schule			
Nach Sanierungsmaßnahmen			
Investitionskosten als Jahreskosten nach der Annuitätenmethode			
Investitionskosten	208.044 €		
realer Zinssatz	4,00%		
Betrachtungsdauer	20 Jahre		
Annuitätenfaktor	0,0736		
			<b>15.308 €</b>
Betriebskosten			
Endenergiebedarf	550.807 kWh		
Nutzenergiebedarf	498.643 kWh		
Brennstoffbedarf Biomasse	440.646 kWh		
Brennstoffbedarf Gas	110.161 kWh		
Kosten Biomasse	0,0300 €/kWh		
Kosten Gas	0,0500 €/kWh		
Gesamtkosten Biomasse			13.219 €
Gesamtkosten Gas			5.508 €
<b>Brennstoffkosten gesamt</b>			<b>18.727 €</b>
Betriebskosten			
Betriebsstromkosten Holzessel	1,25 €/MWh		551 €
Ascheentsorgung	0,35 €/MWh		154 €
Betriebsstromkosten Gas	0,75 €/MWh		83 €
Stromkosten Netzpumpen	0,58 €/MWh		319 €
Kaminfeger			250 €
<b>Betriebskosten gesamt</b>			<b>1.357 €</b>
Wartungskosten			
Wartung und Instandhaltung Holz- und Hilfskessel	2,50%	bezogen auf die Investitionskosten der Kessel	1.302 €
Wartung und Instandhaltung des Wärmenetzes	0,88%	bezogen auf die Investitionskosten des Wärmenetzes	383 €
Wartung und Instandhaltung der Hausanschlüsse	1,30%	bezogen auf die Investitionskosten der Hausanschlüsse	257 €
<b>Wartungskosten gesamt</b>			<b>1.941 €</b>
sonstige Kosten			
Versicherung	0,70%	bezogen auf die Gesamtinvestition	1.456 €
<b>sonstige Kosten gesamt</b>			<b>1.456 €</b>
<b>Zwischensumme</b>			<b>38.790 €</b>
Verwaltungskosten	5,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	1.940 €
kalkulatorischer Zuschlag	3,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	1.164 €
<b>Gesamtsumme netto</b>			<b>41.894 €</b>
<b>Mehrwertsteuer</b>			<b>6.703 €</b>
<b>Gesamtsumme brutto</b>			<b>48.597 €</b>
<b>Wärmepreis netto</b>			<b>0,0840 €</b>
<b>Wärmepreis brutto</b>			<b>0,0975 €</b>

Tabelle 38: Jahreskosten Variante 3: Schule und Sporthallen; nach Sanierung

<b>Wirtschaftlichkeit Grundschule und Kinderzentrum ohne Netz</b>			
<b>Bestand</b>			
<b>Investitionskosten als Jahreskosten nach der Annuitätenmethode</b>			
Investitionskosten	9.857 €		
realer Zinssatz	4,00%		
Betrachtungsdauer	20 Jahre		
Annuitätenfaktor	0,0736		
			<b>725 €</b>
<b>Brennstoffkosten</b>			
Endenergiebedarf	239.850 kWh		
Nutzenergiebedarf	215.865 kWh		
Brennstoffbedarf Gas	239.850 kWh		
Kosten Gas	0,0500 €/kWh		
Gesamtkosten Gas			11.992 €
Gesamtkosten Heizöl			
<b>Brennstoffkosten gesamt</b>			<b>11.992 €</b>
<b>Betriebskosten</b>			
Betriebsstromkosten Holzessel	1,25 €/MWh		
Ascheentsorgung	0,35 €/MWh		
Betriebsstromkosten Gaskessel	0,75 €/MWh		180 €
Stromkosten Netzpumpen	0,58 €/MWh		139 €
Kaminfeger			250 €
<b>Betriebskosten gesamt</b>			<b>569 €</b>
<b>Wartungskosten</b>			
Wartung und Instandhaltung Holz- und Hilfskessel			1.500 €
Wartung und Instandhaltung des Wärmenetzes			
Wartung und Instandhaltung der Hausanschlüsse			
<b>Wartungskosten gesamt</b>			<b>1.500 €</b>
<b>sonstige Kosten</b>			
Versicherung	0,70%	bezogen auf die Gesamtinvestition	2.000 €
<b>sonstige Kosten gesamt</b>			<b>2.000 €</b>
<b>Zwischensumme</b>			<b>16.787 €</b>
Verwaltungskosten	5,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	839 €
kalkulatorischer Zuschlag	3,00%	bezogen auf die jährlichen Kosten	504 €
<b>Gesamtsumme netto</b>			<b>18.130 €</b>
<b>Mehrwertsteuer</b>			<b>2.901 €</b>
<b>Gesamtsumme brutto</b>			<b>21.030 €</b>
<b>Wärmepreis netto</b>			<b>0,0840 €</b>
<b>Wärmepreis brutto</b>			<b>0,0974 €</b>

Tabelle 39: Jahreskosten Variante 3: Grundschule und Kinderzentrum ohne Netzanschluss