



# Amt am Peenestrom

## Integriertes Wärmenutzungskonzept

### Lassan

für das

### Amt „Am Peenestrom“ Stadt Wolgast

Burgstraße 6  
17438 Wolgast

durch die Arbeitsgemeinschaft

### Ingenieurbüro für Gebäudetechnik Dipl.-Ing. Christian Dinse

Möskenweg 10a  
17454 Zinnowitz

### IPP ESN Power Engineering GmbH

Rendsburger Landstraße 196 - 198  
24113 Kiel

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>GRUNDLAGEN .....</b>	<b>4</b>
2.1	WÄRMEBEDARF.....	4
2.2	STRUKTUR DES HEIZWÄRMEBEDARFES .....	5
2.3	DERZEITIGE CO <sub>2</sub> -EMISSIONEN .....	5
<b>3</b>	<b>TECHNISCHES KONZEPT .....</b>	<b>6</b>
3.1	VERSORGUNGSVARIANTEN .....	6
3.1.1	VARIANTE BHKW .....	6
3.1.2	VARIANTE HOLZFEUERUNG .....	7
3.2	AUSLEGUNG UND BILANZEN .....	8
<b>4</b>	<b>WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNGEN .....</b>	<b>9</b>
4.1	INVESTITIONSSCHÄTZUNG .....	10
4.1.1	<i>Variante BHKW</i> .....	10
4.1.2	<i>Variante Holzpellets</i> .....	11
4.1.3	<i>Variante Holzhackschnitzel</i> .....	12
4.2	ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE ANSÄTZE.....	13
4.3	JÄHRLICHE BETRIEBSKOSTEN.....	14
4.4	ANLEGBARE KOSTEN .....	15
4.5	VERGLEICH DER VARIANTEN .....	16
<b>5</b>	<b>SENSITIVITÄTSANALYSEN.....</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND WEITERE VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>20</b>

## 1 Einleitung und Aufgabenstellung

Lissan ist eine Stadt in Mecklenburg-Vorpommern, sie liegt im Landkreis Ostvorpommern und gehört dem Amt Am Peenestrom an. In der Stadt Lissan wird bereits seit vielen Jahren ein kleines Fernwärmenetz betrieben. Im folgenden Konzept soll untersucht werden welche technischen Varianten aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht zur Erneuerung dieser Anlage möglich sind. Auf Basis einer groben Analyse sind die Wärmebedarfe und die erforderlichen Investitionen und die zu erwartende Wärmegestehungskosten aufzuzeigen.

Abbildung 1-1: Betrachtete Liegenschaften



## 2 Grundlagen

### 2.1 Wärmebedarf

Als Basis für die nachfolgenden Betrachtungen werden die Bestandsauswertungen in Form von DIN 18599 Berechnungen zu Grunde gelegt.

**Tabelle 2.1-1: Berechnete Wärmebedarfe**

<b>Nutzwärmebedarf:</b> Summe der Einzelanlagen ohne Gleichzeitigkeit	<b>JVBS</b> [h/a]	<b>Wärmebedarf</b>	
		Arbeit [MWh/a]	Leistung [kW]
ehem. Grundschule	1.400	226	160
Haus 2	1.400	125	90
Kindergarten Lassan	1.400	187	130
Realschule	1.400	223	160
Turnhalle	1.200	220	180
<b>SUMME</b>		<b>981</b>	<b>720</b>

Zusätzlich hierzu wird der ungefähre Netzverlust des zu errichtenden Nahwärmenetzes benötigt. Bei einer geschätzten Netzlänge von 200m und Netzverlusten von ca. 20W/m ergeben sich Netzverluste in Höhe von ca. 40 MWh/Jahr.

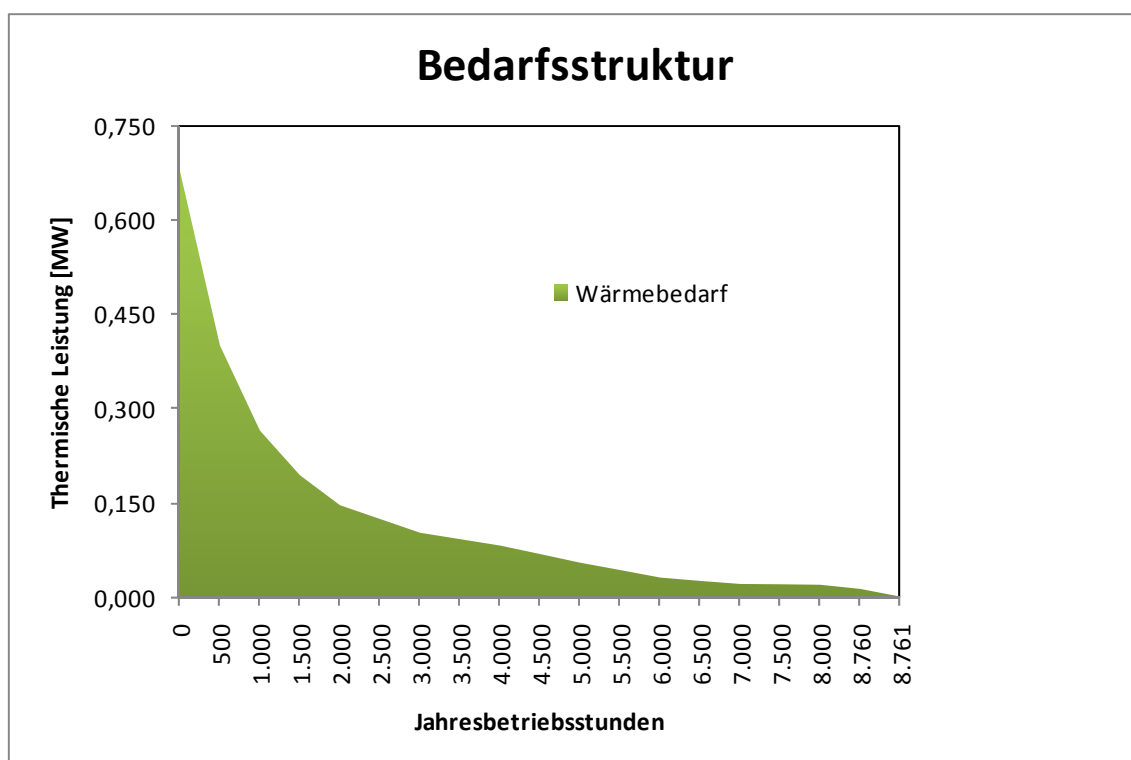
**Tabelle 2.1-2: Netzwärmebedarf**

<b>Netzwärmebedarf</b> mit Gleichzeitigkeit und Netzverlusten		<b>Einheit</b>
<b>FW-Trassenlänge ca.</b>	<b>200</b>	m
Netzverluste (Ansatz)	20	W/m
JVBS Netz	8760	Stunden / Jahr
<b>==&gt; Netzverluste ca.</b>	<b>40</b>	MWh/Jahr
<b>Netzwärmebedarf</b>	<b>1.021</b>	MWh <sub>Netz</sub> / Jahr
JVBS	<b>1.500</b>	Stunden / Jahr
<b>Netzwärmeleistung</b>	<b>680</b>	kW

## 2.2 Struktur des Heizwärmebedarfes

Für alle zentralen Betrachtungen wie z.B. Blockheizkraftwerke, Holzfeuerungen etc., ist die Struktur des Wärmebedarfes ein wichtiges Kriterium. Mit einer so genannten geordneten Jahresdauerlinie wird aufgezeigt wie sich der stündliche Wärmeleistungsbedarf eines Gebietes/Liegenschaft darstellt. Werden alle 8.760 Stundenleistungsbedarfe eines Jahres nach ihrer Größe sortiert so ergeben sich die nachfolgende Grafik.

Abbildung 2.2-1: Struktur des Wärmebedarfes



## 2.3 Derzeitige CO<sub>2</sub>-Emissionen

Nachfolgend sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgeführt, welche sich auf Basis der derzeitigen dezentralen Wärmeversorgung mit Erdgas- bzw. Heizkesseln ergeben.

Tabelle 2.3-1: CO<sub>2</sub>-Emissionen

Derzeitige CO <sub>2</sub> -Emissionen	Wärmebedarf Arbeit [MWh/a]	Brennstoffbedarf [MWh <sub>HU</sub> /a]	Primärenergieträger	Emissionsfaktor g CO <sub>2</sub> /kWh	CO <sub>2</sub> -Emissionen t CO <sub>2</sub> /a
ehem. Grundschule	226	251	Nahwärme, Heizwerk fossil	406	102
Haus 2	125	139	Nahwärme, Heizwerk fossil	406	56
Kindergarten Lassan	187	208	Heizöl EL	311	65
Realschule	223	248	Erdgas E	247	61
Turnhalle	220	244	Nahwärme, Heizwerk fossil	406	99
<b>SUMME</b>	<b>981</b>	<b>1.090</b>			<b>383</b>

### 3 Technisches Konzept

#### 3.1 Versorgungsvarianten

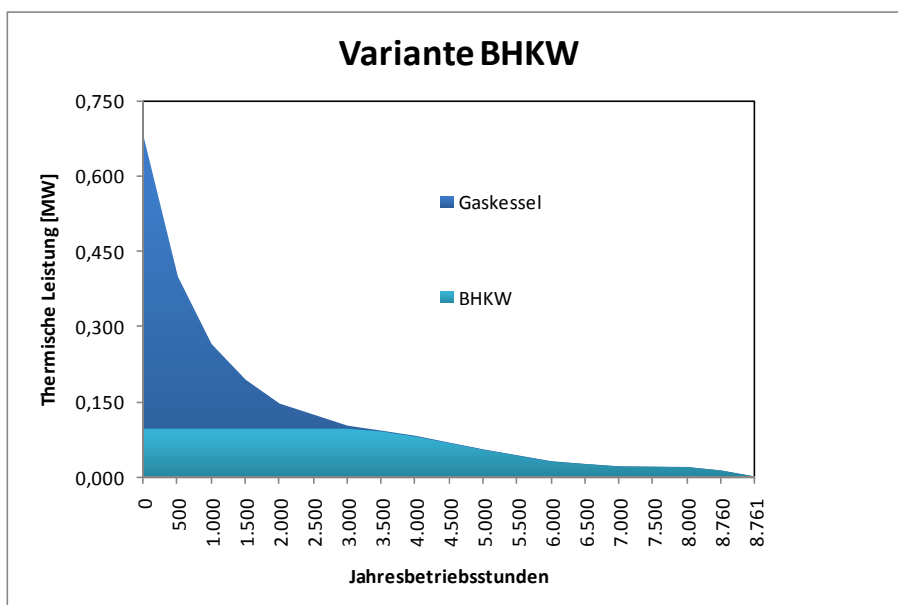
Es werden vier Varianten betrachtet:

- 1) Versorgung durch ein Erdgas-BHKW und einem Gaskessel zur Spitzenlastabdeckung
- 2) Versorgung durch ein Bioerdgas-BHKW und einem Gaskessel zur Spitzenlastabdeckung
- 3) Versorgung durch einen Holzpelletkessel und einem Gaskessel zur Spitzenlastabdeckung
- 4) Versorgung durch einen Holzhackschnittelkessel und einem Gaskessel zur Spitzenlastabdeckung

##### 3.1.1 Variante BHKW

In dieser Modellrechnung wird eine modulare Wärmeversorgung durch ein BHKW-Modul in Verbindung mit einem Spitzenlastgaskessel vorgesehen. Es kann in diesem Gebiet ein BHKW mit einer thermischen Leistung von ca. 100kW installiert werden.

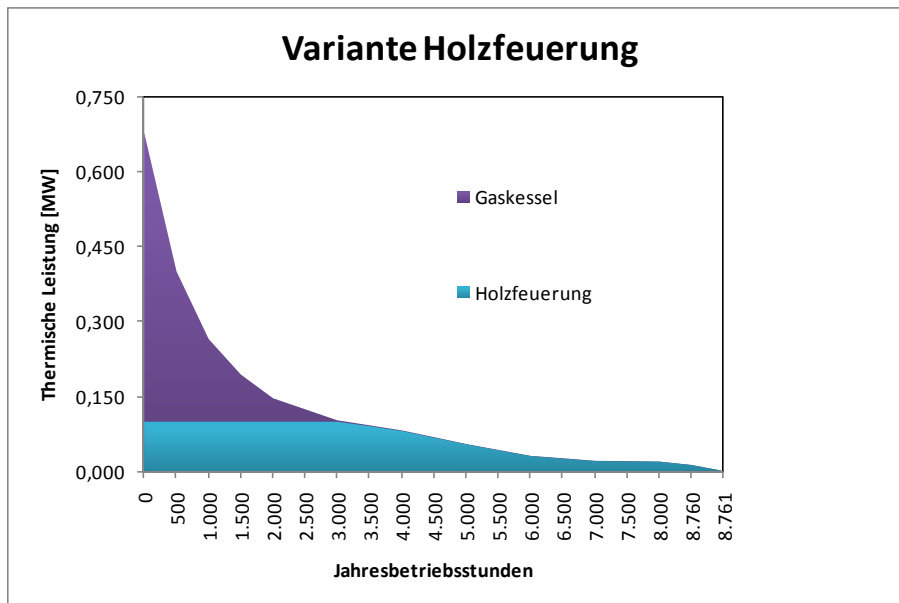
Abbildung 3.1-1: Struktur des Wärmebedarfes mit BHKW



### 3.1.2 Variante Holzfeuerung

In der Versorgungsvariante mit einer Holzfeuerung (Pellet oder Hackschnitzel) ist ein Biomassekessel mit einer thermischen Leistung von 100 kW im Einsatz.

Abbildung 3.1-2: Struktur des Wärmebedarfes mit Holzfeuerungsanlage



### 3.2 Auslegung und Bilanzen

Auf Basis der zuvor aufgezeigten Bedarfsstrukturen und der ermittelten Bedarfe erfolgte die Bilanzierung (Brennstoffbedarf, Wärme- und Stromerzeugung) für jede ausgewählte Versorgungstechnik. Um eine hohe Vollbenutzungstundenzahl der einzelnen Anlagen zu erreichen wurden die technischen Anlagen mit Hilfe der Jahresdauerlinie für eine Grundlastdeckung ausgelegt. Die Abdeckung zu Spitzenlastzeiten wird in allen Varianten durch zusätzliche Gaskessel bewerkstelligt.

**Tabelle 3.2-1: Auslegung und Energiebilanzen**

		Variante 1:	Variante 2:	Variante 3:	Variante 4:	Einheit
<b>Auslegungsdaten</b>		Erdgas-BHKW	Bioerdgas-BHKW	Holzpellets	Holz hackschnitzel	
Gesamter Nutzwärmebedarf	ca.	981	981	981	981	MWh <sub>Nutz</sub> /a
Netzverluste	ca.	40	40	40	40	MWh/a
gesamter Netzwärmebedarf	ca.	1.021	1.021	1.021	1.021	MWh <sub>Netz</sub> /a
Spitzenleistung gesamt	ca.	680	680	680	680	kW
<b><u>BHKW:</u></b>						
Thermische Leistung	ca.	100	100	-	-	kW <sub>th</sub>
Elektrische Leistung	ca.	50	50	-	-	kW <sub>el</sub>
Brennstoffleistung bezogen auf H <sub>u</sub>	ca.	150	150	-	-	kW <sub>Hu</sub>
Jahresvollbenutzungstunden	ca.	5.660	5.660	-	-	h/a
Erzeugte thermische Arbeit	ca.	566	566	-	-	MWh <sub>th</sub> /a
Erzeugte elektrische Arbeit	ca.	283	283	-	-	MWh <sub>el</sub> /a
Gesamter Brennstoffeinsatz bez. auf H <sub>u</sub>	ca.	849	849	-	-	MWh <sub>Hu</sub> /a
<b><u>Holzfeuerungsanlage:</u></b>						
Thermische Leistung	ca.	-	-	100	100	kW <sub>th</sub>
Brennstoffleistung bezogen auf H <sub>u</sub>	ca.	-	-	111	111	kW <sub>Hu</sub>
Jahresvollbenutzungstunden	ca.	-	-	5.580	5.580	h/a
Erzeugte thermische Arbeit	ca.	-	-	558	558	MWh <sub>th</sub> /a
Gesamter Brennstoffeinsatz bez. auf H <sub>u</sub>	ca.	-	-	619	619	MWh <sub>Hu</sub> /a
<b><u>Erdgas-Spitzenlastkessel</u></b>						
Thermische Leistung	ca.	700	700	700	700	kW <sub>th</sub>
Erzeugte thermische Arbeit	ca.	455	455	463	463	MWh <sub>th</sub> /a
Eta Kesselanlage	ca.	90%	90%	90%	90%	
Gesamter Brennstoffeinsatz bez. auf H <sub>u</sub>	ca.	506	506	514	514	MWh <sub>Hu</sub> /a



## 4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

In diesem Abschnitt soll untersucht und dargestellt werden, welche Investitionen zur Einbindung und zum Betrieb dieser Anlagen erforderlich sind, und mit welchen Kosten gerechnet werden muss.

Alle Betrachtungen werden auf Basis einer Vollkostenbetrachtung, das heißt unter Berücksichtigung aller Kosten wie z.B für

- Kapital,
- Wartung, Reparatur, Instandsetzung,
- Betriebsmittel,
- Primärenergie (Erdgas),
- Stromgutschrift,
- Wärmegutschrift,
- Personal,
- Steuern, Versicherung, etc.

durchgeführt.

## 4.1 Investitionsschätzung

In den nachfolgenden Tabellen werden die in Ansatz gebrachten Investitionen aufgezeigt. Als erste Abschätzung wurden bei der IPP ESN vorliegende Erfahrungswerte, spezifische Ansätze, Listenpreise und im Haus der IPP ESN vorliegende Richtpreisangebote von Hersteller verwendet.

### 4.1.1 Variante BHKW

		Variante BHKW
<b>Investitionen</b>		
Unvorhergesehenes	10%	
Planung, Gutachten etc.	10%	
<b>Investitionen BHKW</b>		
BHKW-Modul	ca.	80.000 €
Wärmespeicher-Größe (ca. 1Std Laufzeit)	ca.	5 m <sup>3</sup>
Wärmespeicher Kosten	ca.	5.000 €
Elektrische Anbindung, Trafo, etc.	ca.	10.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	9.500 €
Zwischensumme	ca.	104.500 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	10.500 €
<b>Gesamte Investitionen BHKW</b>	<b>ca.</b>	<b>115.000 €</b>
<b>Investitionen Kesselanlagen und Peripherie</b>		
Benötigte Kesselleistung	ca.	700 kW
Investition Kessel	ca.	105.000 €
Schornsteinanlage, inkl. Anbindung, Fundament etc.	ca.	25.000 €
Zwischensumme	ca.	130.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	13.000 €
Zwischensumme	ca.	143.000 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	14.300 €
<b>Gesamte Investitionen Kessel</b>	<b>ca.</b>	<b>157.300 €</b>
<b>Investition Fernwärmetrassen</b>		
FW-Länge	ca.	200 m
Investitionen Trasse	ca.	80.000 €
Investition FW-Übergabestationen	ca.	25.000 €
Trassenförderung KWKG/KfW	80 €/m	16.000 €
Zwischensumme	ca.	89.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	8.900 €
Zwischensumme	ca.	97.900 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	9.800 €
<b>Gesamte Investitionen Trasse</b>	<b>ca.</b>	<b>107.700 €</b>
<b>Gesamte Investitionen</b>	<b>ca.</b>	<b>380.000 €</b>

#### 4.1.2 Variante Holzpellets

		Variante Pellets
<b>Investitionen</b>		
Unvorhergesehenes	10%	
Planung, Gutachten etc.	10%	
<b>Investitionen Pelletkessel</b>		
Invest Pelletkessel	ca.	50.000 €
Wärmespeicher-Größe	ca.	5 m <sup>3</sup>
Wärmespeicher kosten	ca.	5.000 €
Benötigter Pelletbunker (2x füllen/Monat )		10 m <sup>3</sup>
Kosten Pelletbunker	ca.	8.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	6.300 €
Zwischensumme	ca.	69.300 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	6.930 €
<b>Gesamte Investitionen Pelletkessel</b>	<b>ca.</b>	<b>76.230 €</b>
<b>Investitionen Kesselanlagen und Peripherie</b>		
Benötigte Kesselleistung	ca.	700 kW
Investition Kessel	ca.	105.000 €
Schornsteinanlage, inkl. Anbindung, Fundament etc.		25.000 €
Zwischensumme	ca.	130.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	13.000 €
Zwischensumme	ca.	143.000 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	14.300 €
<b>Gesamte Investitionen Kessel</b>	<b>ca.</b>	<b>157.300 €</b>
<b>Investition Fernwärmetrassen</b>		
FW-Länge	ca.	200 m
Investitionen Trasse	ca.	80.000 €
Investition FW-Übergabestationen	ca.	25.000 €
Trassenförderung KWKG/KfW	80 €/m	16.000 €
Zwischensumme	ca.	89.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	8.900 €
Zwischensumme	ca.	97.900 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	9.800 €
<b>Gesamte Investitionen Trasse</b>	<b>ca.</b>	<b>107.700 €</b>
<b>Gesamte Investitionen</b>	<b>ca.</b>	<b>341.000 €</b>

#### 4.1.3 Variante Holzhackschnitzel

		Variante Hackschnitzel
<b>Investitionen</b>		
Unvorhergesehenes	10%	
Planung, Gutachten etc.	10%	
<b>Investitionen Hackschnitzelkessel</b>		
Hackschnitzelkessel	ca.	65.000 €
Wärmespeicher-Größe	ca.	5 m <sup>3</sup>
Wärmespeicher kosten	ca.	5.000 €
Benötigter Hackschnitzelbunker (2x füllen/Monat )		30 m <sup>3</sup>
Kosten Hackschnitzelbunker	ca.	15.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	8.500 €
Zwischensumme	ca.	93.500 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	9.350 €
<b>Gesamte Investitionen Hackschnitzelkessel</b>	<b>ca.</b>	<b>102.850 €</b>
<b>Investitionen Kesselanlagen und Peripherie</b>		
Benötigte Kesselleistung	ca.	700 kW
Investition Kessel	ca.	105.000 €
Schornsteinanlage, inkl. Anbindung, Fundament etc.		25.000 €
Zwischensumme	ca.	130.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	13.000 €
Zwischensumme	ca.	143.000 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	14.300 €
<b>Gesamte Investitionen Kessel</b>	<b>ca.</b>	<b>157.300 €</b>
<b>Investition Fernwärmetrassen</b>		
FW-Länge	ca.	200 m
Investitionen Trasse	ca.	80.000 €
Investition FW-Übergabestationen		25.000 €
Trassenförderung KWKG/KfW	80 €/m	16.000 €
Zwischensumme	ca.	89.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	8.900 €
Zwischensumme	ca.	97.900 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	9.800 €
<b>Gesamte Investitionen Trasse</b>	<b>ca.</b>	<b>107.700 €</b>
<b>Gesamte Investitionen</b>	<b>ca.</b>	<b>368.000 €</b>

## 4.2 Energiewirtschaftliche Ansätze

Zur Durchführung der energiewirtschaftlichen Betrachtungen sind eine Vielzahl von Eingabewerten erforderlich. Die in Ansatz gebrachten Werte zeigen die folgenden Tabellen.

Investitionen						
Fernwärmetrasse					400 € / m	
Hausanschlussstationen (Durchschnitt)					5.000 € / Station	
Kapitalgebundene Kosten						
Zinssatz			ca.	5		%/Jahr
<u>Kapitaldienstfaktoren (Annuitätische Betrachtung):</u>						
Betrachtungszeitraum:						
BHKW	15	Jahre	==>	9,63%		/ Jahr
Pellet- / Hackschnitzelanlagen	20	Jahre	==>	8,02%		/ Jahr
Erdgas-Kesselanlagen	20	Jahre	==>	8,02%		/ Jahr
Fernwärmenetz	30	Jahre	==>	6,51%		/ Jahr
Wartung/Reparatur/Versicherung/Betrieb						
BHKW (Vollwartung)			ca.	3,2		Ct/kWh <sub>el</sub>
Kesselanlagen			ca.	3,5%		je Jahr v.d. Inv.
Wärmenetz			ca.	0,5%		je Jahr v.d. Inv.
Steuern/Versicherung			ca.	1,0%		je Jahr v.d. Inv.
Personalkosten (Ansatz)						
Durschnittl. Stundensatz	40	€/Stunde				
<u>Personalaufwand</u>						
BHKW	1	Stunde pro Woche		2.080		€/ Jahr
Pelletkessel	3	Stunden pro Woche		6.240		€/ Jahr
Hackschnitzelkessel	5	Stunden pro Woche		10.400		€/ Jahr
Energie- und Hilfsstoffkosten						
<u>Brennstoffpreise:</u>						
<u>Biberdgas</u>						
Arbeitspreis inkl. aller Nebenkosten				8,50		Ct/kWh <sub>Ho</sub>
bei 1,10 Ho/Hu			==>	9,35		Ct/kWh <sub>Hu</sub>
<u>Erdgas</u>						
Arbeitspreis inkl. aller Nebenkosten				3,70		Ct/kWh <sub>Ho</sub>
bei 1,10 Ho/Hu			==>	4,07		Ct/kWh <sub>Hu</sub>
<u>Holzpellets</u>						
Heizwert	5,0	kWh / kg		228		€/ Tonne
Volumen pro Tonne	1,53	Sm <sup>3</sup> / t	==>	4,56		Ct / kWh
	0,31	Sm <sup>3</sup> / MWh				
<u>Holz hackschnitzel</u>						
Heizwert	3,39	kWh / kg				
Volumen pro Tonne	4,00	Sm <sup>3</sup> / t		88		€/ Tonne
	1,18	Sm <sup>3</sup> / MWh	==>	2,60		Ct / kWh
Stromgutschrift						
<u>Einspeisevergütung gemäß KWKG:</u>						
Elektrische Leistung	KWK-Bonus	Vergütung EVU	vermiedene Netznutzung	vermiedener Strombezug		
bis : 50 kW <sub>el</sub>	5,11	4,10	0,68	19,80		Ct/kWh <sub>el</sub>
bis : 2.000 kW <sub>el</sub>	2,10	4,10	0,68	19,80		Ct/kWh <sub>el</sub>
<u>Einspeisevergütung gemäß EEG bei Inbetriebnahme 2011:</u>						
Elektrische Leistung	Basis-Vergütung	KWK Bonus	NawaRo-Bonus	Gülle-Bonus	Summe	
bis : 150 kW <sub>el</sub>	11,44	2,94	6,86	3,92	25,16	Ct/kWh <sub>el</sub>
bis : 500 kW <sub>el</sub>	9,00	2,94	6,86	0,98	19,78	Ct/kWh <sub>el</sub>
Sonstiges						
Erdgassteuerrückerstattung (BHKW-Betrieb)				0,55		Ct/kWh <sub>Ho</sub>
Erdgassteuerrückerstattung (Kesselanlage)				0,22		Ct/kWh <sub>Ho</sub>
Emissionsfaktor Holz hackschnitzel				0		g CO <sub>2</sub> /kWh <sub>Hu</sub>
Emissionsfaktor Biberdgas				0		g CO <sub>2</sub> /kWh <sub>Hu</sub>
Emissionsfaktor bezogen auf Stromeinspeisung BHKW				590		g CO <sub>2</sub> /kWh <sub>Hu</sub>
Emissionsfaktor Erdgas				247		g CO <sub>2</sub> /kWh <sub>Hu</sub>
Emissionsfaktor Heizöl				311		g CO <sub>2</sub> /kWh <sub>Hu</sub>
Alle Preise und Ansätze sind ohne MwSt						

### 4.3 Jährliche Betriebskosten

Nachfolgend werden die jährlichen Kosten bestimmt und dargestellt.

Tabelle 4.3-1: Jährliche Betriebskosten

Grundlagen:		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Einheit
		Erdgas-BHKW	Bioerdgas-BHKW	Holzpellets	Holz hackschnitzel	
Nutzwärmebedarf	ca.	981	981	981	981	MWh <sub>th</sub> /a
Netzwärmebedarf	ca.	1.021	1.021	1.021	1.021	MWh <sub>th Netz</sub> /a
Netzleistung	ca.	680	680	680	680	kW
<b>Wärmeerzeugung:</b>						
BHKW	ca.	566	566	-	-	MWh <sub>th</sub> /a
Holzfeuerung	ca.	-	-	558	558	MWh <sub>th</sub> /a
<b>Stromerzeugung:</b>						
Stromerzeugung im BHKW	ca.	283	283	-	-	MWh <sub>el</sub> /a
<b>Brennstoffbedarf:</b>						
Brennstoffeinsatz BHKW	ca.	849	849	-	-	MWh <sub>Hu</sub> /a
Brennstoffeinsatz Holzfeuerung	ca.	-	-	619	619	MWh <sub>Hu</sub> /a
Brennstoffeinsatz Spitzenlastkessel	ca.	506	506	514	514	MWh <sub>Hu</sub> /a
<b>Investitionen</b>		<b>380.000</b>	<b>380.000</b>	<b>341.200</b>	<b>367.900</b>	<b>€</b>
BHKW inkl. Peripherie	ca.	115.000	115.000	-	-	€
Holzfeuerungsanlage inkl. Peripherie	ca.	-	-	76.230	102.850	€
Spitzenlastkessel	ca.	157.300	157.300	157.300	157.300	€
Fernwärmenetz	ca.	107.700	107.700	107.700	107.700	€
<b>Jahreskosten:</b>		<b>106.800</b>	<b>151.700</b>	<b>93.240</b>	<b>88.600</b>	<b>€/a</b>
Kapitalkosten (gesamt)	ca.	30.700	30.700	25.700	27.900	€/a
Wartung, Reparatur, Instandsetzung (gesamt)	ca.	15.100	15.100	8.700	9.600	€/a
Steuern/Versicherung	ca.	3.800	3.800	3.400	3.700	€/a
Personalkosten	ca.	2.100	2.100	6.240	10.400	€/a
Brennstoffkosten (gesamt)	ca.	55.100	100.000	49.200	37.000	€/a
BHKW	ca.	34.554	79.382	-	-	€/a
Holzfeuerungsanlage	ca.	-	-	28.244	16.088	€/a
Spitzenlastkessel	ca.	20.576	20.576	20.938	20.938	€/a
<b>Gutschriften:</b>		<b>34.360</b>	<b>72.420</b>	<b>1.240</b>	<b>1.240</b>	<b>€/a</b>
Stromgutschrift gemäß EEG	ca.	-	71.200	-	-	€/a
Stromgutschrift gemäß KWKG-Gesetz	ca.	28.000	-	-	-	€/a
Energiesteuerrückerstattung BHKW-Betrieb	ca.	5.140	-	-	-	€/a
Energiesteuerrückerstattung Erdgaskessel	ca.	1220	1220	1240	1240	€/a
<b>Summe Wärmegestehungskosten (netto)</b>		<b>72.440</b>	<b>79.280</b>	<b>92.000</b>	<b>87.360</b>	<b>€/a</b>
<b>Wärmegestehungskosten spezifisch (netto)</b>		<b>73,80</b>	<b>80,80</b>	<b>93,80</b>	<b>89,10</b>	<b>€/MWh<sub>th</sub></b>

Alle Investitionen und Preise sind ohne Mehrwertsteuer

#### 4.4 Anlegbare Kosten

Als Referenzvariante werden die **derzeitigen Vollkosten** für eine dezentrale Wärmeversorgung mittels Heizöl- bzw. Erdgaskessel betrachtet. Beim Vergleich der spezifischen Wärmegestehungskosten und der CO<sub>2</sub>-Emissionen der verschiedenen Varianten kann die Referenzvariante als Basiswert herangezogen werden (sog. anlegbare Kosten). Die gewählten Ansätze und die resultierenden Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

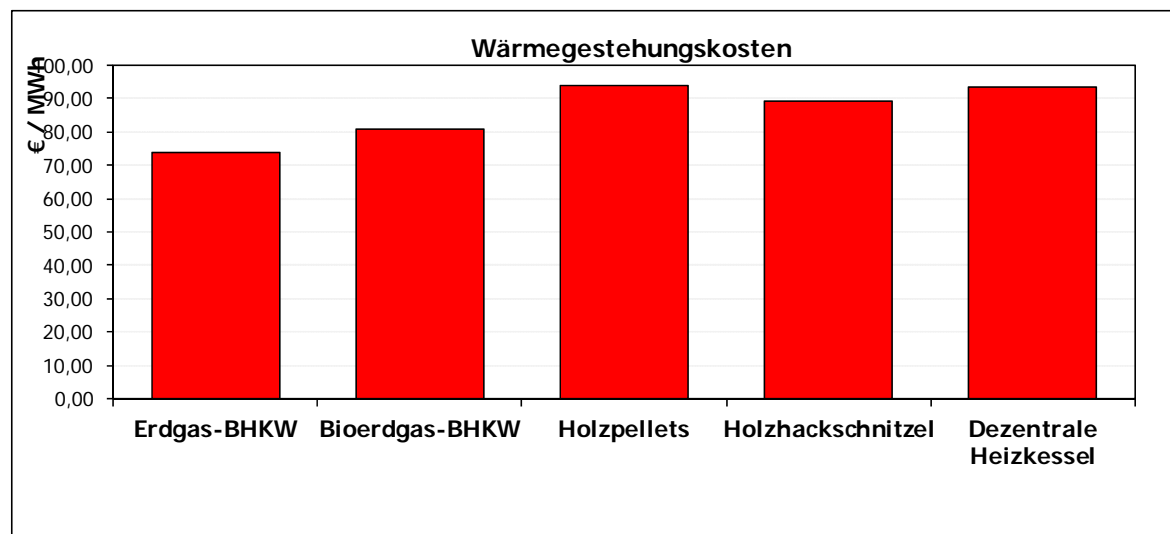
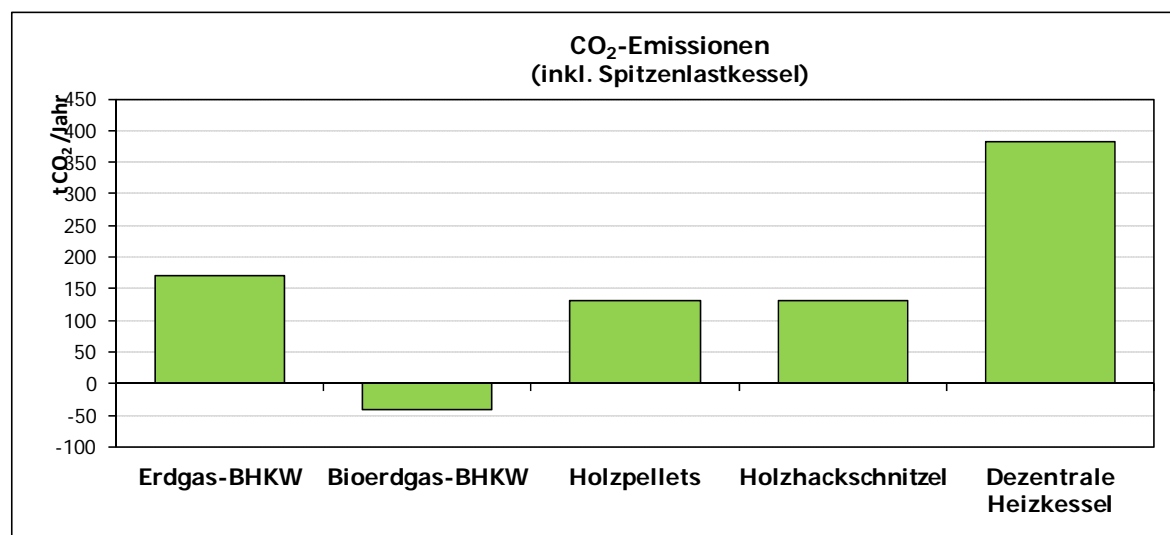
**Tabelle 4.4-1: Anlegbare Kosten**

<b>Ansätze</b>		
	<b>Heizkessel</b>	<b>Dimension</b>
<b>Wärmeerzeuger / Bilanzen</b>		
Nutzwärmebedarf Leistung	160	kW
Jahresvollbenutzungsstunden	1.400	Stunden / Jahr
Nutzwärmebedarf Arbeit	223	MWh/a
Jahresnutzungsgrad Erzeuger	90%	/ Jahr
Feuerungstechnischer Wirkungsgrad	94%	/ Jahr
Umrechnung Ho/Hu	1,10	MWh <sub>Ho</sub> /MWh <sub>Hu</sub>
Brennstoffbedarf Arbeit	273	MWh <sub>Ho</sub> /a
<b>Betriebswirtschaftliche Ansätze</b>		
<b>Investitionen</b>		
Wärmeerzeuger	30.000	€
Schornsteinanlage	15.000	€
Sonstiges (Planung, Unvorhergesehenes etc.)	9.000	€
<b>Brennstoffpreis</b>		
Erdgas (Arbeitspreis inkl. Nebenkosten)	4,7	Ct/kWh <sub>Ho</sub>
<i>bei 1,10 Ho/Hu =&gt;</i>	5,2	Ct/kWh <sub>Hu</sub>
<b>Wärmegestehungskosten dezentrale Heizkessel</b>		
	<b>Heizkessel</b>	<b>Dimension</b>
<b>Vollkostenvergleich</b>		
<b>Gesamte Investitionen</b> (Incl. Sonstiges, Nebenkosten etc.)	<b>54.000</b>	€
<b>Jährliche Ausgaben</b>		
<b>Kapitalkosten</b> (Annuitätisch)	<b>4.300</b>	€ / Jahr
<b>Brennstoffkosten</b>		
Arbeit	<b>14.090</b>	€ / Jahr
<b>Wartung / Reparatur / Instandsetzung</b>	<b>1.900</b>	€ / Jahr
<b>Steuern/Versicherung</b>	<b>540</b>	€ / Jahr
<b>Jährliche Wärmekosten</b>	<b>20.830</b>	€ / Jahr
<b>Spezifische Wärmekosten</b> ca.	<b>93,41</b>	€ /MWh

### 4.5 Vergleich der Varianten

Die nachfolgenden Tabellen zeigen den Vergleich der betrachteten Wärmeversorgungsvarianten in Bezug auf Wärmegestehungskosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen.

	Variante 1 Erdgas-BHKW	Variante 2 Bioerdgas-BHKW	Variante 3 Holzpellets	Variante 4 Holzhackschnitzel	Anlegbare Kosten Dezentrale Heizkessel	Dimension
spezifische Wärmegestehungskosten	73,80	80,80	93,80	89,10	93,40	€ / MWh
CO <sub>2</sub> -Emissionen (inkl. Spitzenlastkessel)	170	-42	130	130	383	t CO <sub>2</sub> /a
eingesparte CO <sub>2</sub> -Emissionen	213	425	253	253	-	t CO <sub>2</sub> /a
Kosten je eingesparte Tonne CO <sub>2</sub>	339	186	363	345	-	€ / t CO <sub>2</sub> a





## 5 Sensitivitätsanalysen

Zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit sind Ansätze für Investitionen und Bezugskosten für Brennstoffe gewählt bzw. in Ansatz gebracht worden.

Damit die Auswirkungen (Chancen/Risiken) wesentlicher Veränderungen dieser Ansätze abgeschätzt werden können, wurde eine Sensitivitätsanalyse dieser Parameter durchgeführt. Variiert wurde der Basiswert (100 %) im Bereich von +/- 50 % in 10 % Schritten.

Die Kurven stellen die Variation/Auswirkung einer Veränderung der Ansätze dar.

Je steiler eine Linie verläuft, desto größer ist auch die Auswirkung einer Veränderung (Variation).

Beispiel:

- 1 Die in Ansatz gebrachten Brennstoffkosten (Basis 60 €/MWh) steigen um 30% gegenüber dem Basiswert. In diesem Fall legt man eine senkrechte Linie bei 130% an und geht diese bis zum Schnittpunkt mit der geneigten Linie entlang.
- 2 Im Schnittpunkt der 130%-Linie mit der geneigten Linie der betrachteten Variante legt man eine waagerechte Linie an. Geht man diese waagerechte Linie entlang zur y-Achse des Diagramms, kann man dort die „neuen“ Wärmegestehungskosten ablesen. Die Wärmegestehungskosten würden in diesem Beispiel auf 80 €/MWh steigen.

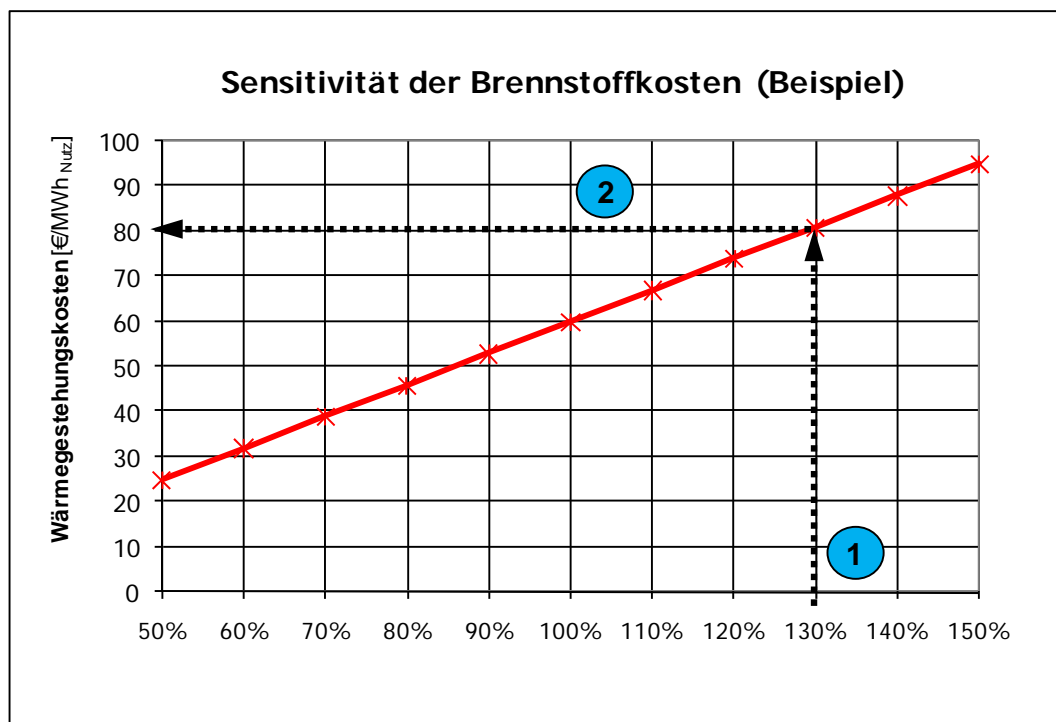
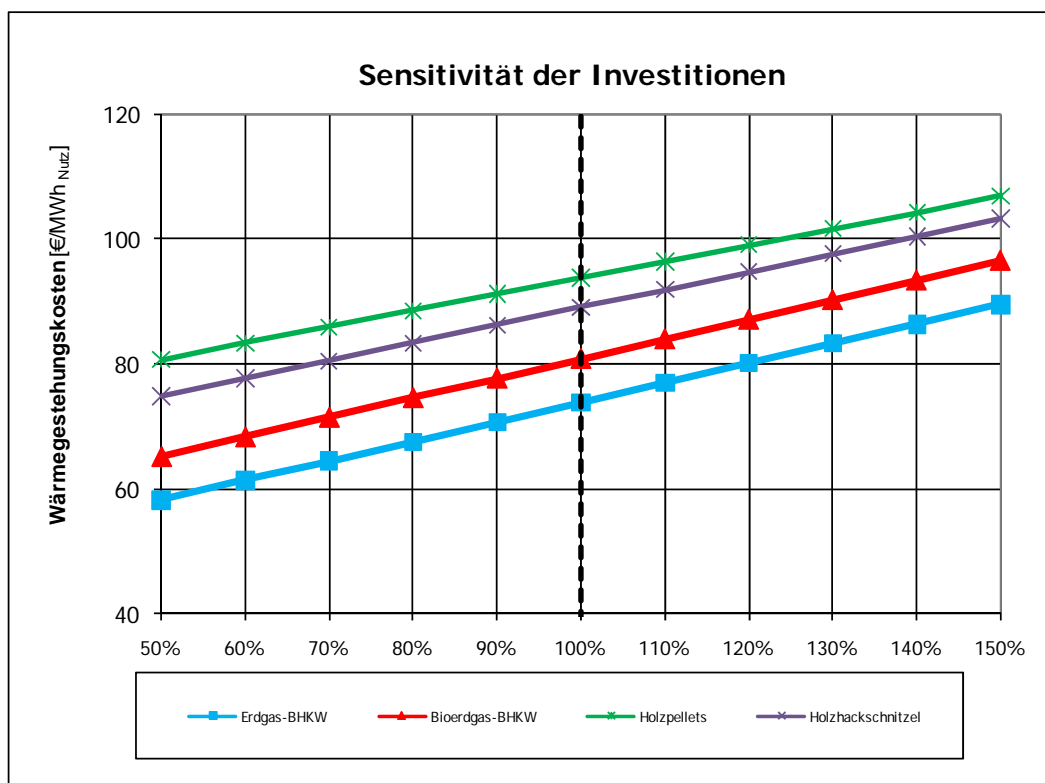
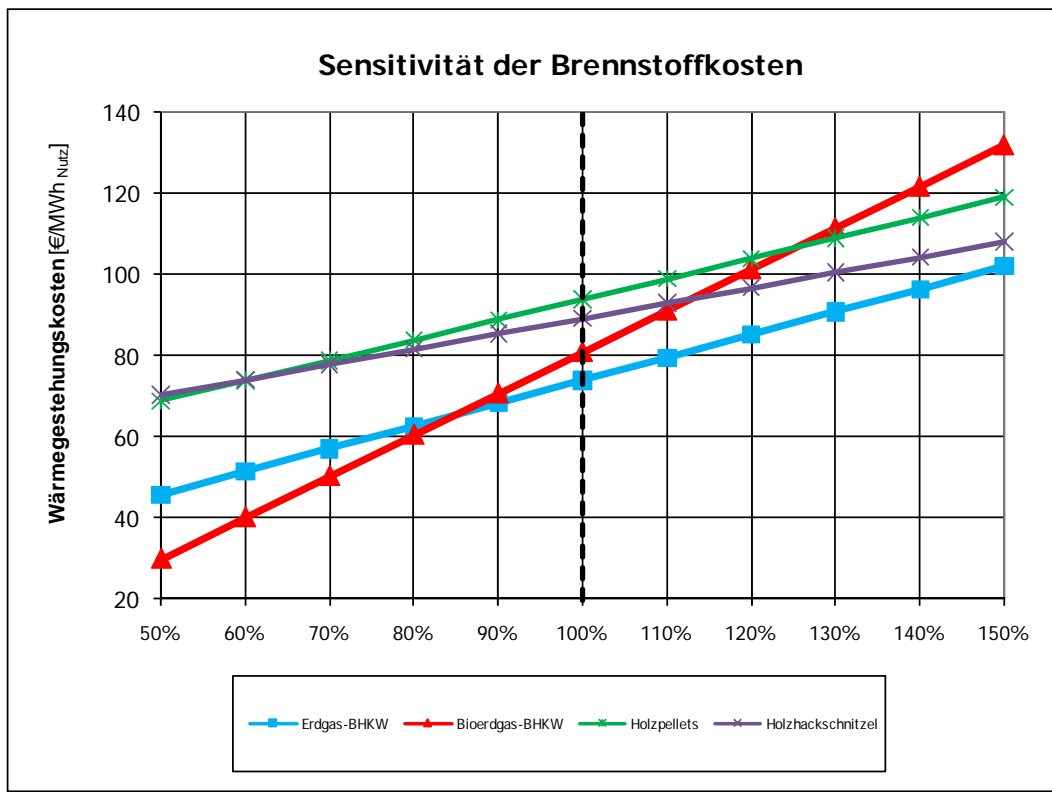


Abbildung 5-1: Sensitivität der Investitionen



In Abbildung 5-1 ist die Änderung der Wärmegestehungskosten in Abhängigkeit der Investitionen dargestellt. Eine Änderung der Investitionen wirkt sich relativ gering auf die Wärmegestehungskosten aus, eine Änderung von 30% der nötigen Investitionen bewegt die Wärmegestehungskosten nur um ca. 10% in dieselbe Richtung.

Abbildung 5-2: Sensitivität der Brennstoffkosten



In Abbildung 5-2 ist die Änderung der Wärmegestehungskosten in Abhängigkeit der Brennstoffkosten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Wärmegestehungskosten der Variante „Bioerdgas-BHKW“ bei steigenden Brennstoffkosten steiler ansteigen als bei der Variante „Erdgas-BHKW“, d.h. auf Grund des hohen Anteils der Brennstoffkosten für Bioerdgas an den gesamten Jahreskosten dieser Variante haben die Bezugskonditionen für Bioerdgas relativ starken Einfluss auf die Höhe der Wärmegestehungskosten. Bei einer Preissteigerung der Brennstoffkosten von mehr als 20% liegen die Wärmegestehungskosten der Variante „Bioerdgas-BHKW“ dann über den Wärmegestehungskosten der Variante „Erdgas-BHKW“. Allerdings würde ein günstiges Angebot für Bioerdgas auch die Wärmegestehungskosten entsprechend reduzieren können.

Bei einem Bezug von Holz hackschnitzeln oder Holzpellets aus eigenen Ressourcen ist davon auszugehen dass die Brennstoffkosten niedriger sind als die hier angenommenen Bezugskonditionen. Für diesen Fall können die sich ergebenden Wärmegestehungskosten ebenfalls in Abbildung 5-2 abgelesen werden. Können die Brennstoffkosten durch eigene Produktion von Holz hackschnitzeln bzw. Holzpellets z.B. um 30% reduziert werden, so würden sich Wärmegestehungskosten von unter 80 €/MWh ergeben.

## 6 Zusammenfassung und weitere Vorgehensweise

Im vorliegenden integrierten Wärmenutzungskonzept für fünf Liegenschaften in Lissan wurde untersucht, ob erneuerbare Energien und/oder Kraft-Wärme-Kopplung bei einer zentralen Wärmeversorgung dieser Gebäude aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht Vorteile gegenüber der derzeitigen Wärmeversorgung bietet.

Hierzu wurden folgende Varianten betrachtet:

- Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW)
  - mit Erdgas
  - mit Bioerdgas
- Regenerative Energieträger
  - Holzpellets
  - Holzhackschnitzel

Die durchgeführten Berechnungen zeigen, dass der Einsatz eines mit Erdgas betriebenen BHKW mit ca. 50 kW elektrischer Leistung technisch und wirtschaftlich möglich ist. Mit den in Ansatz gebrachten Kosten und Investitionen sind Wärmegestehungskosten in einer Größenordnung von ca. 73-74 €/MWh zu erwarten. Die damit verbundene Emissionsreduzierung gegenüber der derzeitigen Wärmeversorgung beträgt rund 213 t CO<sub>2</sub> pro Jahr.

Des Weiteren hat sich gezeigt, dass mit einem Bioerdgas-BHKW eine nahezu CO<sub>2</sub>-neutrale Wärmeversorgung möglich ist, jedoch liegen bei dieser Variante die Wärmegestehungskosten mit ca. 80 € rund 10% über den Wärmegestehungskosten der Erdgas-BHKW Variante. Durch den CO<sub>2</sub>-neutralen Brennstoff Bioerdgas und der durch die Stromeinspeisung des BHKWs vermiedenen Emissionen in konventionellen Kraftwerken ergeben sich in der CO<sub>2</sub>-Bilanz dieser Variante „negative“ CO<sub>2</sub>-Emissionen, d.h. dass mehr CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden als erzeugt werden. Durch diesen Effekt könnte ein Teil der durch den Stromverbrauch des Gebietes entstehenden Emissionen in der gesamten CO<sub>2</sub>-Bilanz neutralisiert werden. Entscheidend für einen wirtschaftlichen Betrieb sind hierbei die Verfügbarkeit und der Preis des Bioerdgases. Derzeit werden jedoch überwiegend nur kurzfristige Lieferverträge angeboten, was dementsprechende Risiken hinsichtlich der Bezugskonditionen beinhaltet.

Die Varianten mit einer Holzfeuerung liegen mit Wärmegestehungskosten in Höhe von ca. 90-94€/MWh in etwa auf dem Niveau der anlegbaren Kosten. Dem gegenüber steht jedoch eine mögliche Reduzierung der derzeitigen CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 130 t CO<sub>2</sub> pro Jahr.

Im nächsten Schritt sind die gewählten Ansätze abzustimmen. Stimmen die Beteiligten den Ansätzen zu, so muss in einer vertiefenden Planungsstufe die technische Umsetzung und die Höhe der erforderlichen Investitionen verifiziert werden.

Als weitere Vorgehensweise wird empfohlen

- die Realisierung einer zentralen Wärmeversorgung weiter zu verfolgen,
- die gewählten Ansätze mit allen Beteiligten abzustimmen,
- eine Entscheidung zu treffen, ob eine Umsetzung in Eigenregie (z.B. Genossenschaft) oder durch einen externen Dienstleister (Contracting) erfolgen soll.