

Amt am Peenestrom



Integriertes Wärmenutzungskonzept



**Wolgast
Schule und Jugendhaus am Paschenberg**

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

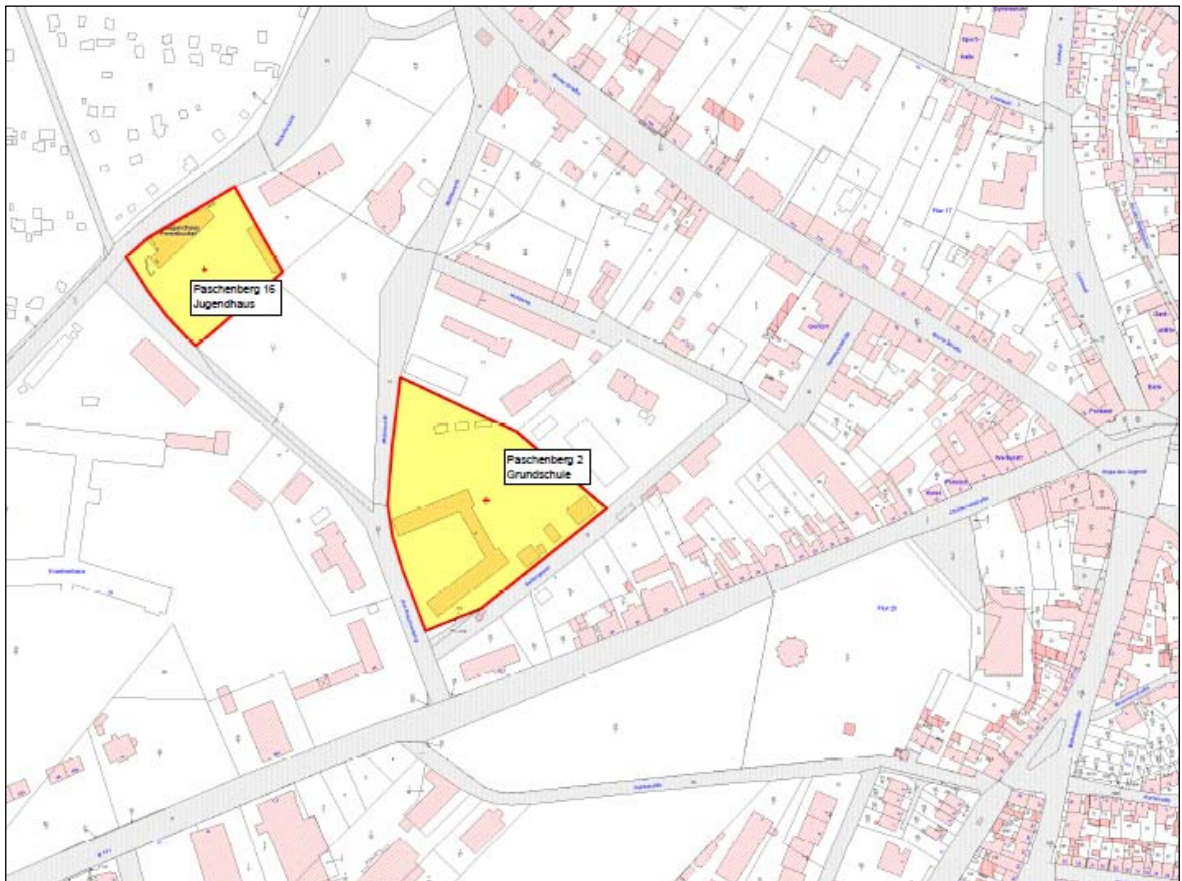
INHALTSVERZEICHNIS

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

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die Grundschule Paschenberg sowie das Jugendhaus wurden als ein Wärmeschwerpunkt unter den öffentlichen Liegenschaften in Wolgast identifiziert. Auf Grund der geringen Entfernung der Gebäude zueinander (ca. 300m) könnte eine zentrale Wärmeversorgung wirtschaftliche und ökologische Vorteile gegenüber den derzeitigen dezentralen Wärmeversorgungsanlagen bieten. Im folgenden Konzept wurde untersucht, ob erneuerbare Energien und/oder Kraft-Wärme-Kopplung bei einer zentralen Wärmeversorgung dieser Gebäude aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht möglich sind.

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

Nutzwärmebedarf: Summe der Einzelanlagen ohne Gleichzeitigkeit	JVBS [h/a]	Wärmebedarf	
		Arbeit [MWh/a]	Leistung [kW]
Grundschule Paschenberg	1.400	309	220
Jugendhaus Paschenberg	1.200	88	70

Zusätzlich hierzu wird der ungefähre Netzverlust des zu errichtenden Nahwärmenetzes benötigt. Bei einer geschätzten Netzlänge von 300m und Netzverlusten von ca. 20W/m ergeben sich Netzverluste in Höhe von ca. 50 MWh/Jahr.

Tabelle 2.1-2: Netzwärmebedarf

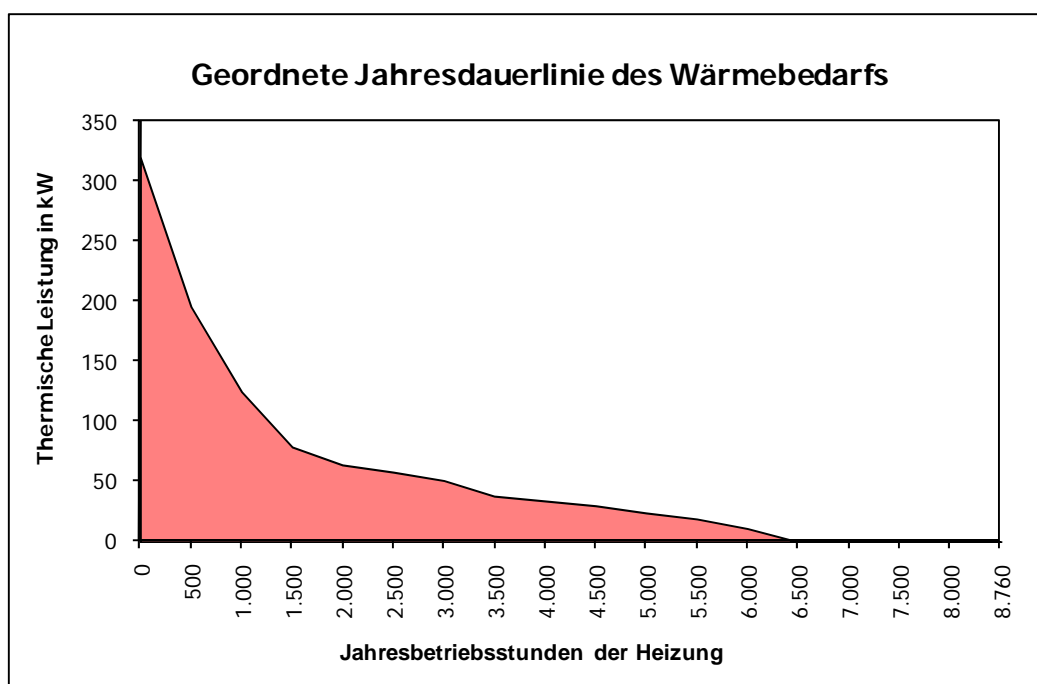
Netzwärmebedarf mit Gleichzeitigkeit und Netzverlusten		Einheit
FW-Trassenlänge ca.	300	m
Netzverluste (Ansatz)	20	W/m
JVBS Netz	8760	Stunden / Jahr
==> Netzverluste ca.	50	MWh/Jahr
Netzwärmebedarf	447	MWh _{Netz} / Jahr
JVBS	1.400	Stunden / Jahr
Netzwärmeleistung	320	kW

JVBS = Jahresvollbenutzungsstunden

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 CO₂-Emissionen

Nachfolgend sind die CO₂-Emissionen aufgeführt, welche sich auf Basis der derzeitigen dezentralen Wärmeversorgung mit Erdgas- bzw. Heizölkesseln ergeben.

Tabelle 2.3-1: CO₂-Emissionen

Derzeitige CO ₂ -Emissionen	Wärmebedarf Arbeit [MWh/a]	Brennstoffbedarf [MWh _{HU} /a]	Primärenergieträger	Emissionsfaktor g CO ₂ /kWh	CO ₂ -Emissionen t CO ₂ /a
Grundschule Paschenberg	309	343	Heizöl EL	311	107
Jugendhaus Paschenberg	88	98	Erdgas E	247	24
SUMME	397	441			131

3 Technisches Konzept

3.1 Versorgungsvarianten

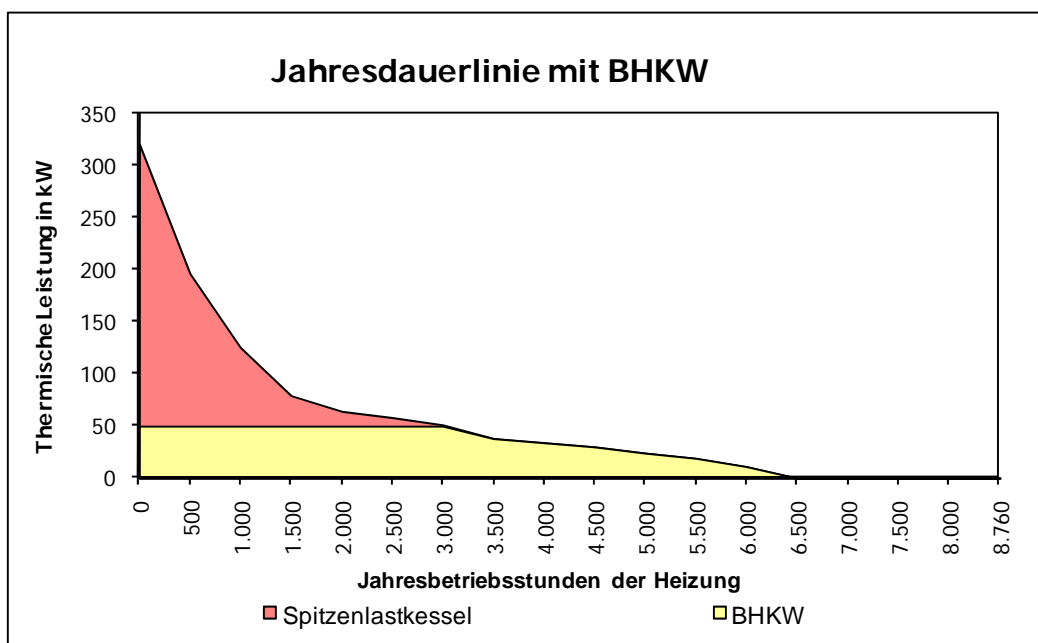
Es werden vier Varianten betrachtet:

- 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. 50kW installiert werden.

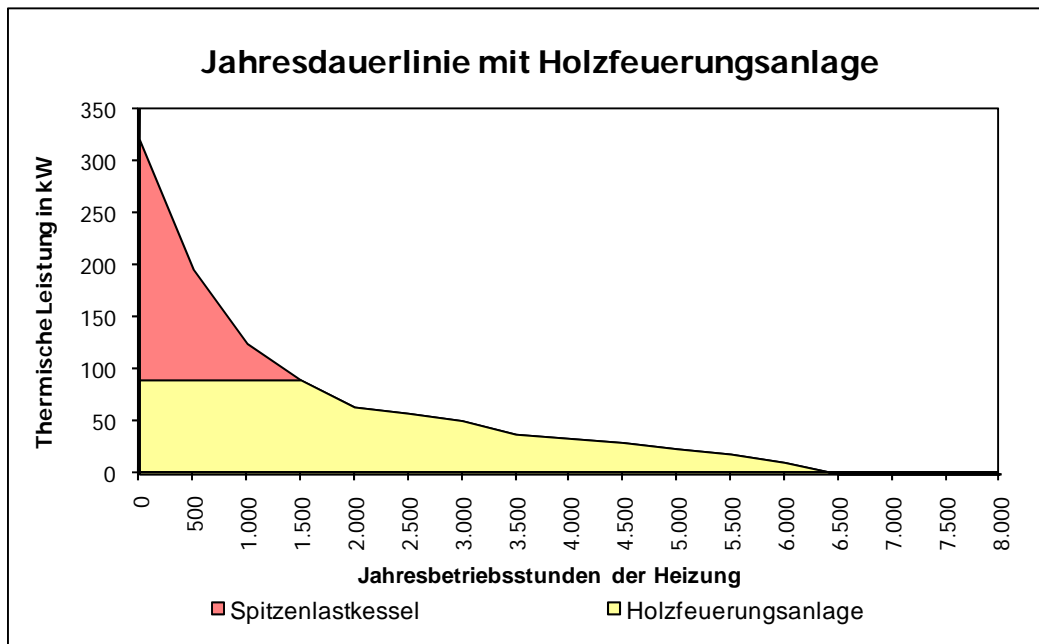
Abbildung 3.1-1: Struktur des Wärmebedarfes mit BHKW



3.1.2 Variante Holzfeuerung

In der Versorgungsvariante mit einer Holzfeuerung (Pellet oder Hackschnitzel) ist ein Biomassekessel mit einer thermischen Leistung von 90 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
Auslegungsdaten		Erdgas-BHKW	Bioerdgas-BHKW	Holzpellets	Holz hackschnitzel	
Gesamter Nutzwärmebedarf	ca.	397	397	397	397	MWh _{Nutz} / a
Netzverluste	ca.	50	50	50	50	MWh/Jahr
gesamter Nutzwärmebedarf	ca.	447	447	447	447	MWh _{Netz} / a
Spitzenleistung gesamt	ca.	320	320	320	320	kW
<u>BHKW:</u>						
Thermische Leistung	ca.	50	50	-	-	kW _{th}
Elektrische Leistung	ca.	20	20	-	-	kW _{el}
Brennstoffleistung bezogen auf H _u	ca.	75	75	-	-	kW _{Hu}
Jahresvollbenutzungstunden	ca.	4.820	4.820	-	-	h/a
Erzeugte thermische Arbeit	ca.	241	241	-	-	MWh _{th} /a
Erzeugte elektrische Arbeit	ca.	96	96	-	-	MWh _{el} /a
Gesamter Brennstoffeinsatz bez. auf H _u	ca.	362	362	-	-	MWh _{Hu} /a
<u>Holzfeuerungsanlage:</u>						
Thermische Leistung	ca.	-	-	90	90	kW _{th}
Brennstoffleistung bezogen auf H _u	ca.	-	-	100	100	kW _{Hu}
Jahresvollbenutzungstunden	ca.	-	-	3.540	3.540	h/a
Erzeugte thermische Arbeit	ca.	-	-	319	319	MWh _{th} /a
Gesamter Brennstoffeinsatz bez. auf H _u	ca.	-	-	354	354	MWh _{Hu} /a
<u>Erdgas-Spitzenlastkessel</u>						
Thermische Leistung	ca.	320	320	320	320	kW _{th}
Erzeugte thermische Arbeit	ca.	206	206	128	128	MWh _{th} /a
Eta Kesselanlage	ca.	90%	90%	90%	90%	
Gesamter Brennstoffeinsatz bez. auf H _u	ca.	229	229	143	143	MWh _{Hu} /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
Investitionen		
Unvorhergesehenes	10%	
Planung, Gutachten etc.	10%	
Investitionen BHKW		
BHKW-Modul	ca.	45.000 €
Wärmespeicher-Größe (ca. 1Std Laufzeit)	ca.	2 m ³
Wärmespeicher Kosten	ca.	2.000 €
Elektrische Anbindung, Trafo, etc.	ca.	10.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	5.700 €
Zwischensumme	ca.	62.700 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	6.300 €
Gesamte Investitionen BHKW	ca.	69.000 €
Investitionen Kesselanlagen und Peripherie		
Benötigte Kesselleistung	ca.	320 kW
Investition Kessel	ca.	45.000 €
Schornsteinanlage, inkl. Anbindung, Fundament etc.	ca.	20.000 €
Zwischensumme	ca.	65.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	6.500 €
Zwischensumme	ca.	71.500 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	7.200 €
Gesamte Investitionen Kessel	ca.	78.700 €
Investition Fernwärmetrassen		
FW-Länge	ca.	300 m
Investitionen Trasse	ca.	120.000 €
Investition FW-Übergabestationen	ca.	10.000 €
Trassenförderung KWKG/KfW	80 €/m	24.000 €
Zwischensumme	ca.	106.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	10.600 €
Zwischensumme	ca.	116.600 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	11.700 €
Gesamte Investitionen Trasse	ca.	128.300 €
Gesamte Investitionen	ca.	276.000 €

4.1.2 Variante Holzpellets

		Variante Pellets
Investitionen		
Unvorhergesehenes	10%	
Planung, Gutachten etc.	10%	
Investitionen Pelletkessel		
Invest Pelletkessel	ca.	50.000 €
Wärmespeicher-Größe	ca.	5 m ³
Wärmespeicher kosten	ca.	5.000 €
Benötigter Pelletbunker (2x füllen/Monat)		10 m ³
Kosten Pelletbunker	ca.	8.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	6.300 €
Zwischensumme	ca.	69.300 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	6.930 €
Gesamte Investitionen Pelletkessel	ca.	76.230 €
Investitionen Kesselanlagen und Peripherie		
Benötigte Kesselleistung	ca.	320 kW
Investition Kessel	ca.	45.000 €
Schornsteinanlage, inkl. Anbindung, Fundament etc.		20.000 €
Zwischensumme	ca.	65.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	6.500 €
Zwischensumme	ca.	71.500 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	7.150 €
Gesamte Investitionen Kessel	ca.	78.650 €
Investition Fernwärmetrassen		
FW-Länge	ca.	300 m
Investitionen Trasse	ca.	120.000 €
Investition FW-Übergabestationen	ca.	10.000 €
Trassenförderung KWKG/KfW	80 €/m	24.000 €
Zwischensumme	ca.	106.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	10.600 €
Zwischensumme	ca.	116.600 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	11.700 €
Gesamte Investitionen Trasse	ca.	128.300 €
Gesamte Investitionen	ca.	283.000 €

4.1.3 Variante Holzhackschnitzel

		Variante Hackschnitzel
Investitionen		
Unvorhergesehenes	10%	
Planung, Gutachten etc.	10%	
Investitionen Hackschnitzelkessel		
Hackschnitzelkessel	ca.	65.000 €
Wärmespeicher-Größe	ca.	5 m ³
Wärmespeicher kosten	ca.	5.000 €
Benötigter Hackschnitzelbunker (2x füllen/Monat)		30 m ³
Kosten Hackschnitzelbunker	ca.	15.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	8.500 €
Zwischensumme	ca.	93.500 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	9.350 €
Gesamte Investitionen Hackschnitzelkessel	ca.	102.850 €
Investitionen Kesselanlagen und Peripherie		
Benötigte Kesselleistung	ca.	320 kW
Investition Kessel	ca.	45.000 €
Schornsteinanlage, inkl. Anbindung, Fundament etc.		20.000 €
Zwischensumme	ca.	65.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	6.500 €
Zwischensumme	ca.	71.500 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	7.150 €
Gesamte Investitionen Kessel	ca.	78.650 €
Investition Fernwärmetrassen		
FW-Länge	ca.	300 m
Investitionen Trasse	ca.	120.000 €
Investition FW-Übergabestationen		10.000 €
Trassenförderung KWKG/KfW	80 €/m	24.000 €
Zwischensumme	ca.	106.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	10.600 €
Zwischensumme	ca.	116.600 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	11.700 €
Gesamte Investitionen Trasse	ca.	128.300 €
Gesamte Investitionen	ca.	310.000 €

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		
Hausanschlusstationen (Durchschnitt)				5.000 € / Station		
Kapitalgebundene Kosten						
Zinssatz			ca.	5		%/Jahr
Kapitaldienstfaktoren (Annuitätische Betrachtung):						
	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 _{el}
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		
Personalaufwand						
BHKW		1 Stunde pro Woche			2.080	€/ Jahr
Pelletkessel		3 Stunden pro Woche			6.240	€/ Jahr
Hackschnitzekessel		5 Stunden pro Woche			10.400	€/ Jahr
Energie- und Hilfsstoffkosten						
Brennstoffpreise:						
Bioerdgas						
Arbeitspreis inkl. aller Nebenkosten					8,50	Ct/kWh _{Ho}
bei 1,10 Ho/Hu			==>		9,35	Ct/kWh _{Hu}
Erdgas						
Arbeitspreis inkl. aller Nebenkosten					3,70	Ct/kWh _{Ho}
bei 1,10 Ho/Hu			==>		4,07	Ct/kWh _{Hu}
Holzpellets						
Heizwert	5,0 kWh / kg				228	€/ Tonne
Volumen pro Tonne	1,53 Sm ³ / t		==>		4,56	Ct / kWh
	0,31 Sm ³ / MWh					
Holz hackschnitzel						
Heizwert	3,39 kWh / kg				88	€/ Tonne
Volumen pro Tonne	4,00 Sm ³ / t				2,60	Ct / kWh
	1,18 Sm ³ / MWh		==>			
Stromgutschrift						
Einspeisevergütung gemäß KWKG:						
Elektrische Leistung	KWK-Bonus	Vergütung EVU	vermiedene Netznutzung	vermiedener Strombezug		
bis : 50 kW _{el}	5,11	4,10	0,68	19,80		Ct/kWh _{el}
bis : 2.000 kW _{el}	2,10	4,10	0,68	19,80		Ct/kWh _{el}
Strombedarfsdeckung durch BHKW:				ca.	50%	
--> eingespeister Anteil des BHKW-Strom				ca.	50%	
Einspeisevergütung gemäß EEG bei Inbetriebnahme 2011:						
Elektrische Leistung	Basis-Vergütung	KWK Bonus	NawaRo-Bonus	Gülle-Bonus	Summe	
bis : 150 kW _{el}	11,44	2,94	6,86	3,92	25,16	Ct/kWh _{el}
bis : 500 kW _{el}	9,00	2,94	6,86	0,98	19,78	Ct/kWh _{el}
Sonstiges						
Erdgassteuerrückerstattung (BHKW-Betrieb)				0,55		Ct/kWh _{Ho}
Erdgassteuerrückerstattung (Kesselanlage)				0,22		Ct/kWh _{Ho}
Emissionsfaktor Holz hackschnitzel				0		g CO ₂ /kWh _{Hu}
Emissionsfaktor Bioerdgas				0		g CO ₂ /kWh _{Hu}
Emissionsfaktor bezogen auf Stromeinspeisung BHKW				590		g CO ₂ /kWh _{Hu}
Emissionsfaktor Erdgas				247		g CO ₂ /kWh _{Hu}
Emissionsfaktor Heizöl				311		g CO ₂ /kWh _{Hu}
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.	397	397	397	397	MWh _{th} /a
Netzwärmebedarf	ca.	447	447	447	447	MWh _{th Netz} /a
Netzleistung	ca.	320	320	320	320	kW
Wärmeerzeugung:						
BHKW	ca.	241	241	-	-	MWh _{th} /a
Holzfeuerung	ca.	-	-	319	319	MWh _{th} /a
Stromerzeugung:						
Stromerzeugung im BHKW	ca.	96	96	-	-	MWh _{el} /a
Brennstoffbedarf:						
Brennstoffeinsatz BHKW	ca.	362	362	-	-	MWh _{H₂} /a
Brennstoffeinsatz Holzfeuerung	ca.	-	-	354	354	MWh _{H₂} /a
Brennstoffeinsatz Spitzenlastkessel	ca.	229	229	143	143	MWh _{H₂} /a
Investitionen		276.000	276.000	283.200	309.800	€
BHKW inkl. Peripherie	ca.	69.000	69.000	-	-	€
Holzfeuerungsanlage inkl. Peripherie	ca.	-	-	76.230	102.850	€
Spitzenlastkessel	ca.	78.700	78.700	78.650	78.650	€
Fernwärmenetz	ca.	128.300	128.300	128.300	128.300	€
Jahreskosten:		56.700	75.800	57.840	58.400	€/a
Kapitalkosten (gesamt)		21.300	21.300	20.800	22.900	€/a
Wartung, Reparatur, Instandsetzung (gesamt)		6.500	6.500	6.100	7.000	€/a
Steuern/Versicherung		2.800	2.800	2.800	3.100	€/a
Personalkosten		2.100	2.100	6.240	10.400	€/a
Brennstoffkosten (gesamt)		24.000	43.100	21.900	15.000	€/a
BHKW	ca.	14.713	33.800	-	-	€/a
Holzfeuerungsanlage	ca.	-	-	16.142	9.195	€/a
Spitzenlastkessel	ca.	9.316	9.316	5.807	5.807	€/a
Gutschriften:		19.540	24.850	350	350	€/a
Stromgutschrift gemäß EEG		ca. -	ca. 24.300	-	-	€/a
Stromgutschrift gemäß KWK-Gesetz		ca. 4.800	-	-	-	€/a
Selbstgenutzter Strom (vermeidene Kosten + KWK-Bonus)		ca. 12.000	-	-	-	€/a
Energiesteuerrückerstattung BHKW-Betrieb		ca. 2.190	-	-	-	€/a
Energiesteuerrückerstattung Erdgaskessel		ca. 550	ca. 550	ca. 350	ca. 350	€/a
Summe Wärmegestehungskosten (netto)		ca. 37.160	50.950	57.490	58.050	€/a
Wärmegestehungskosten spezifisch (netto)		ca. 93,60	128,30	144,80	146,20	€/MWh_{th}

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 CO₂-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.

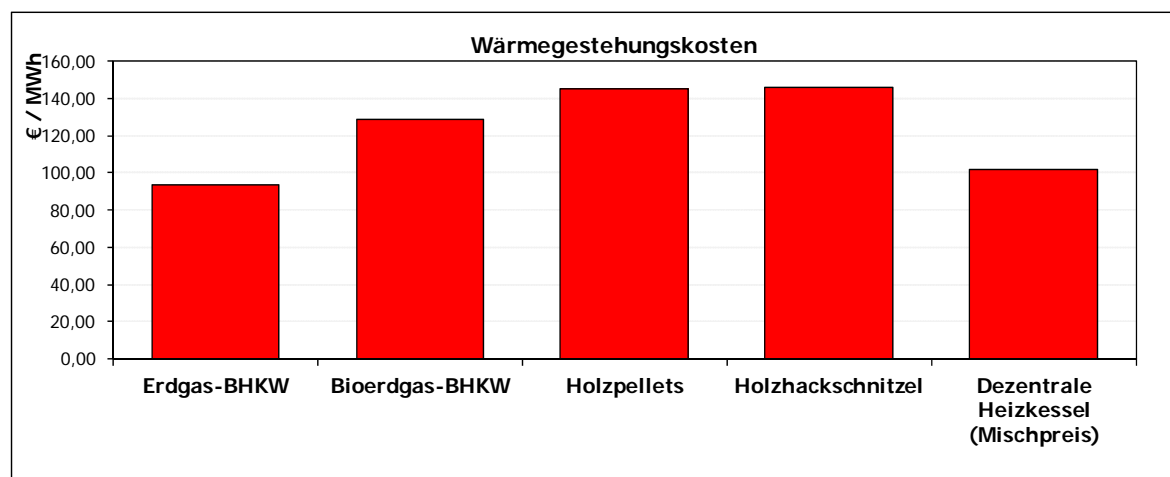
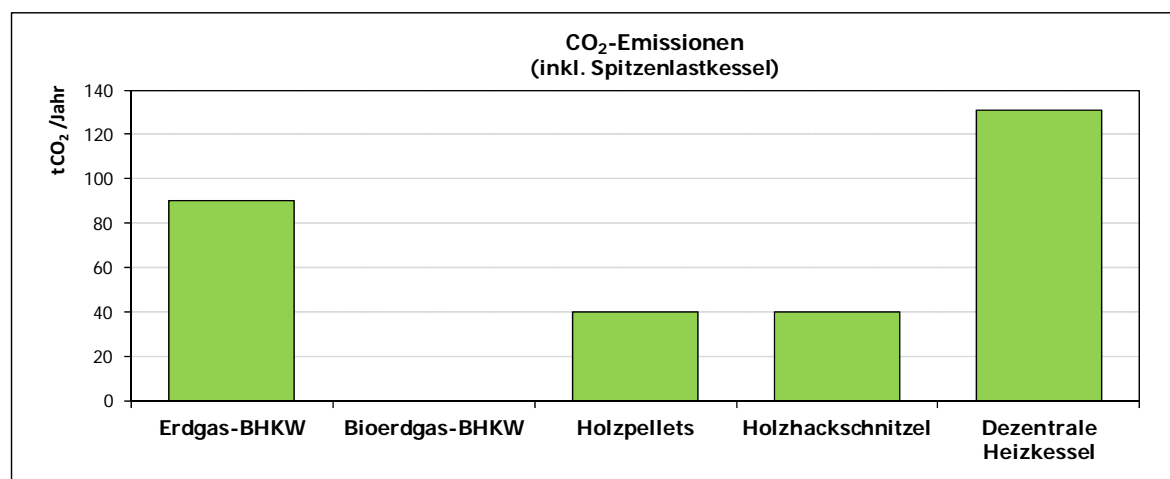
Tabelle 4.4-1: Anlegbare Kosten

Ansätze			
	Heizkessel Erdgas	Heizkessel Öl	Dimension
Wärmeerzeuger / Bilanzen			
Nutzwärmebedarf Arbeit	88	309	MWh/a
Jahresnutzungsgrad Erzeuger	90%	90%	
Leistungsbedarf	70	220	kW
Umrechnung Ho/Hu	1,10	-	
Brennstoffbedarf Arbeit	108	-	MWh _{Ho} /a
Betriebswirtschaftliche Ansätze			
Investitionen			
Wärmeerzeuger (inkl. Schornsteinanlage, Montage etc.)	27.000	65.000	€
Sonstiges (Planung, Unvorhergesehenes etc.)	6.000	13.000	€
Brennstoffpreis			
Erdgas (Arbeitspreis inkl. Nebenkosten)	4,7	-	Ct/kWh _{Ho}
<i>bei 1,10 Ho/Hu =></i>	5,2	-	Ct/kWh _{Hu}
Heizöl	-	0,68	€/Liter
<i>bei 10 kWh/Liter =></i>	-	6,8	Ct/kWh _{Hu}
Wärmegestehungskosten dezentrale Heizkessel			
	Heizkessel Erdgas	Heizkessel Öl	Dimension
Vollkostenvergleich			
Gesamte Investitionen (Incl. Sonstiges, Nebenkosten etc.)	33.000	78.000	€
Jährliche Ausgaben			
Kapitalkosten (Annuitätisch)	2.600	6.300	€ /a
Brennstoffkosten			
Arbeit	5.580	21.010	€ /a
Wartung / Reparatur / Instandsetzung	1.200	2.700	€ /a
Steuern/Versicherung	330	780	€ /a
Jährliche Wärmekosten	9.710	30.790	€/a
Spezifische Wärmekosten ca.	110,34	99,64	€ /MWh

4.5 Vergleich der Varianten

Die nachfolgenden Tabellen zeigen den Vergleich der betrachteten Wärmeversorgungsvarianten in Bezug auf Wärmegestehungskosten und CO₂-Emissionen.

	Variante 1 Erdgas-BHKW	Variante 2 Bioerdgas-BHKW	Variante 3 Holzpellets	Variante 4 Holzhackschnitzel	Anlegbare Kosten Dezentrale Heizkessel (Mischpreis)	Dimension
spezifische Wärmegestehungskosten	93,60	128,30	144,80	146,20	102,02	€ / MWh
CO ₂ -Emissionen (inkl. Spitzenlastkessel)	90	0	40	40	131	t CO ₂ /a
eingesparte CO ₂ -Emissionen	41	131	91	91	-	t CO ₂ /a
Kosten je eingesparte Tonne CO ₂	908	389	632	638	-	€ / t CO ₂ 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.

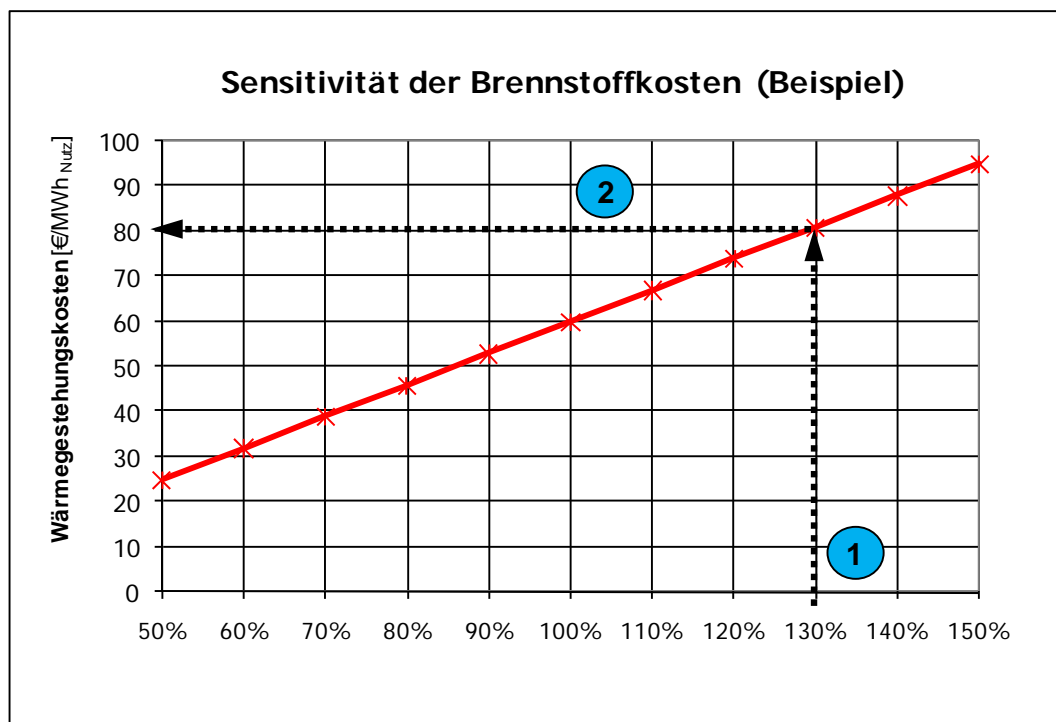
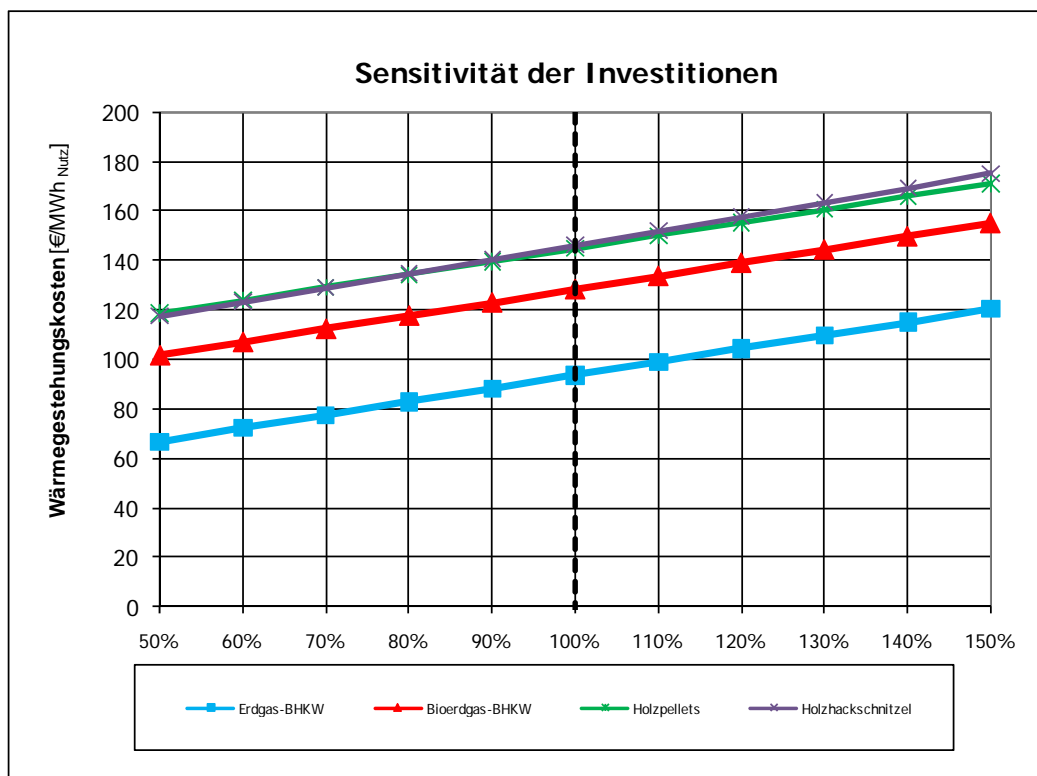
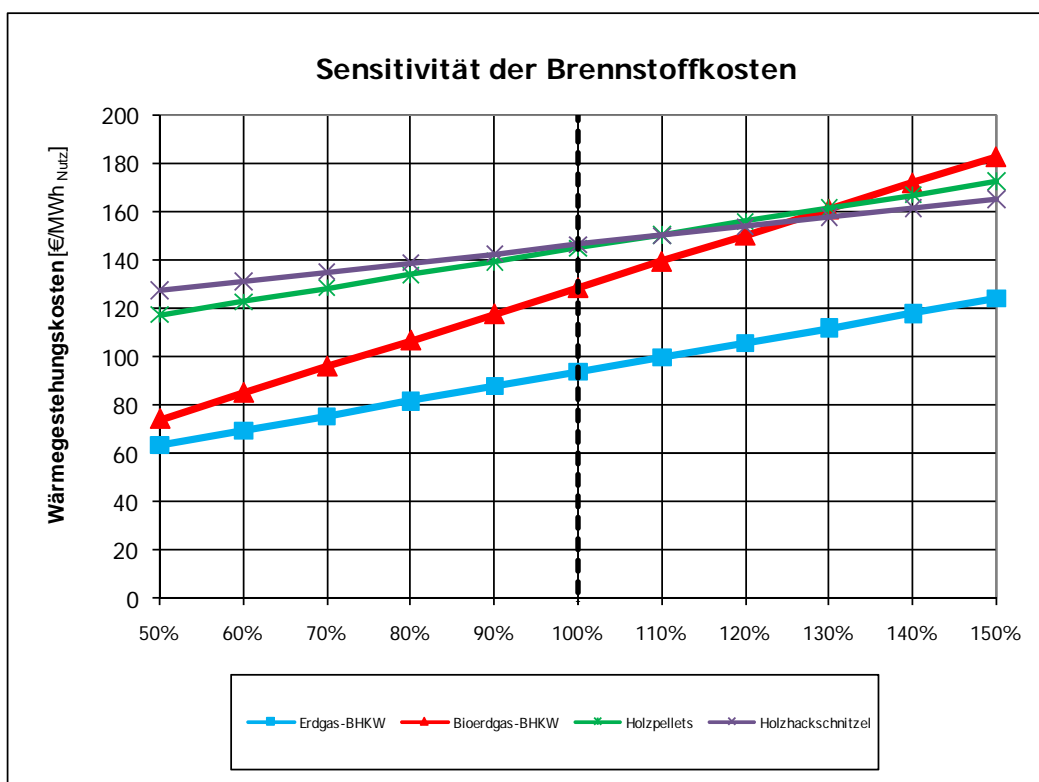


Abbildung 5-1: Sensitivität der Investitionen



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. Ein günstiges Angebot für Bioerdgas würde 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 in einer Größenordnung von ca. 90 €/MWh ergeben.

6 Zusammenfassung und weitere Vorgehensweise

Im vorliegenden integrierten Wärmenutzungskonzept für die Schule und das Jugendhaus Paschenberg in Wolgast 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. 20 kW elektrische Leistung technisch und wirtschaftlich möglich ist. Mit den in Ansatz gebrachten Kosten und Investitionen sind Wärmegestehungskosten in einer Größenordnung von ca. 94-95 €/MWh zu erwarten. Die jährlichen Wärmekosten könnten somit um ca. 3.000 € reduziert werden. Die damit verbundene Emissionsreduzierung gegenüber der derzeitigen Wärmeversorgung beträgt rund 41 t CO₂ pro Jahr.

Des Weiteren hat sich gezeigt, dass mit einem Bioerdgas-BHKW eine nahezu CO₂-neutrale Wärmeversorgung möglich ist, jedoch liegen bei dieser Variante die Wärmegestehungskosten mit ca. 128 €/MWh rund 10 € über den anlegbaren Kosten.

Die Varianten mit einer Holzfeuerung sind aus wirtschaftlicher Sicht nicht empfehlenswert, da die Wärmegestehungskosten hier mit ca. 145 bis 146 €/MWh deutlich über den anlegbaren Kosten von 102 €/MWh liegen. Dem gegenüber steht jedoch eine mögliche Reduzierung der derzeitigen CO₂-Emissionen um ca. 91 t CO₂ pro Jahr.

Zusammenfassend wird empfohlen mit allen Akteuren (Schulträger, potentielle Contractinggeber, etc.) die Realisierung einer mit Erdgas betriebenen BHKW-Anlage weiter zu verfolgen.

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