

Projekt 2015

Bioenergie Schnellingen

Abschlussbericht



Joachim Prinzbach

16.06.2015

Inhaltsverzeichnis

-	1 Einleitung	3
-	2 Wärmeerzeuger	8
	2.1 Holzvergaser	8
	2.2 Erdgas-BHKW	8
	2.3 Hackschnitzelheizung Firma Gegg	8
	2.4 Gaskessel Firma Mabetec Maler- und Lackiertechnik	8
	2.5 Pufferspeicher	9
	2.6 Abschaltbetrieb Gärtnerei Göppert	9
	2.7 Abschaltbetrieb Mabetec Beschichtungstechnik	9
-	3 Bestandsaufnahme Heizungsanlagen	10
	Wärmeabnahme	101
-	4 Konzeption und Energiebilanz	Fehler! Textmarke nicht definiert.
	Energiebilanz	Fehler! Textmarke nicht definiert.
-	5 Investitionskosten	Fehler! Textmarke nicht definiert.
	5.1 Förderung	Fehler! Textmarke nicht definiert.
	5.2 Zusammenstellung der Investitionskosten	Fehler! Textmarke nicht definiert.
	5.3 Investitionskosten der Referenzanlagen	Fehler! Textmarke nicht definiert.
	5.4 Jahreskosten der Referenzentwicklung	Fehler! Textmarke nicht definiert.
-	6 Wirtschaftlichkeitsberechnung Modelprojekt	Fehler! Textmarke nicht definiert.
	6.1 Kapitalkosten	Fehler! Textmarke nicht definiert.
	6.2 Mittlere Jahreskosten Modelprojekt	Fehler! Textmarke nicht definiert.
	6.3 Jahreskostenvergleich Modelprojekt und Referenzentwicklung	Fehler! Textmarke nicht definiert.
-	7 Umweltbilanz	Fehler! Textmarke nicht definiert.4
	CO ₂ -Emissionsbilanz	Fehler! Textmarke nicht definiert.5
-	8 Betrieb	Fehler! Textmarke nicht definiert.6
	Erste Betriebserfahrungen	Fehler! Textmarke nicht definiert.6
-	Anlage Projekterkenntnisse	Fehler! Textmarke nicht definiert.8

1 Einleitung

Die BioEnergie Schnellingen GmbH plant eine regenerative und umweltschonende Energieversorgung des Teilorts Schnellingen bei Haslach im Kinzigtal.

Die BioEnergie GmbH wurde im Jahr 2012 gegründet, mit den folgenden Beteiligten:

- Fensterbau Gegg
- Stadtwerke Haslach
- Forstwirtschaftliche Vereinigung Schwarzwald eG
- Volksbank Kinzigtal eG
- Fa. Fus & Sohn, Heizung, Lüftung, Sanitär
- Fa. Elektrotechnik Prinzbach Elektrobetrieb Prinzbach
- Mabetec Lackier- und Beschichtungstechnik

Chancen:

- Ökonomische Kraft- Wärme Kopplung
- Hoher Anteil von Gewerbekunden im Wärmenetz (Abnahme von Prozesswärme über das ganze Jahr)
- Stabile, kompetente Gesellschafterstruktur

Risiken:

- Zur festen Einspeisevergütung Strom, variable Preise in den Betriebsstoffen (Pellets, Gas...)
- Einspeisevergütung nach dem „EEG Zeitraum“

Konzeption der Wärmeversorgung

Der Wärmeverbund wird vom Firmengelände der Firma Gegg Fensterbau entlang der Schnellinger Straße aufgebaut und versorgt dann das anliegende Industriegebiet und die anliegenden Wohnhäuser bis zum Gasthaus Blume.

Weiter wurde die Gärtnerei Göppert als Teilwärmeabnehmer an den Wärmeverbund angeschlossen. Die Wärmeleitung zur Gärtnerei Göppert wurde größer dimensioniert, um einen möglichen Netzausbau Richtung Bollenbach zukünftig zu realisieren.

Am Standort der Heizzentrale werden ein Holzvergaser und ein Erdgas-BHKW errichtet. Als weiterer Wärmeversorger wird der bestehende Holzessel des Fensterbaubetriebes mit in das Wärmenetz eingebunden. Als Spitzen- und Reserveessel wird der bestehende Gessel des Mabetec Maler- und Lackiertechnikbetriebes verwendet.

Die Gärtnerei Göppert und der zweite Mabetec Beschichtungsbetrieb werden nur mit Teilwärme versorgt. Steigt die Wärmeleistung des Wärmenetzes über die Heizleistung der Heizzentrale wird zuerst die Gärtnerei und dann der Mabetec-Betrieb vom Netz getrennt.

Im Fokus der Wärmeerzeugung steht die Holzvergasung von Holzpellets und die damit verbundene Strom- und Wärmeerzeugung. Über die eigentliche Innovation des Holzvergasers hinaus wird das Abgas des Holzvergaser-BHKW über eine Abgasturbine verstromt.

Hervorzuheben ist an dem Projekt die Wärmeversorgung von Industriebetrieben sowie die Einbindung der dezentralen Kessel. Über die Einbindung der bestehenden Kessel und die Teilwärmeversorgung der Großabnehmer kann die zentrale Wärmeerzeugung sowie die Wärmeverteilung kostengünstiger aufgebaut werden.

Aktuell noch in der Prüfung und deshalb nicht in der folgenden Berechnung dargestellt, ist die Stromnutzung des Erdgas-BHKW. Der erzeugte Strom aus dem Erdgas-BHKW soll durch die Stadtwerke Haslach in einem Bilanzkreis zur Eigenstromnutzung der Liegenschaften der Stadt und Stadtwerke eingesetzt werden.

Öffentlichkeitswirksame Darstellung

Die Öffentlichkeit wird über das Projekt informiert.

Zum einen wird das Projekt in der regionalen Zeitung beworben. Darüber hinaus werden die Eckpunkte und Beteiligten des Projekts über ein Bauschild an der Baustelle dargestellt.

Zum anderen wird nach Fertigstellung des Projekts an der Heizzentrale auf die Fördergeber und die Projektbeteiligten dauerhaft hingewiesen. Dies geschieht in Form einer Präsentation, die über einen Bildschirm kontinuierlich abgespielt wird.

Weiterhin wurde im Rahmen der Einweihung sehr breit eingeladen und die Veranstaltung quasi als „Tag der offenen Tür“ abgehalten.

Grundsätzlich besteht die Bereitschaft, das Projekt Fachkundigen im Rahmen von Exkursionen zu präsentieren.

Im Folgenden ist der aktuelle Trassenplan des Wärmenetzes dargestellt.



Abb. 1: Trassenverlauf Haslach-Schnelllingen

Das Wärmenetz hat eine Gesamtlänge von rund 1.800 m. Die Dimensionen der Rohrleitung sind im beigefügten Trassenplan dargestellt. Die Wärmeleitung wird von der Heizzentrale in DN 100 Richtung Gasthaus Blume verlegt. Die Dimension reduziert sich je nach Wärmeabnahme bis hinter das Gasthaus auf DN 40.

Folgende Liegenschaften werden angeschlossen:

Industriegebiet

- Gegg Fensterbaubetrieb
- Gärtnerei Göppert
- Mabetec Maler- und Lackiertechnik
- Mabetec Beschichtungstechnik

Schnellinger Straße, Gartenstraße, Silberbergwerk

- 5 Neubauten Schnellinger Straße
- Neubau Bürogebäude Schnellinger Straße
- 12 bestehende Wohngebäude
- Gasthaus Blume
- Voraussichtlich wird 2015 das Gasthaus Blume einen Neubau errichten. Dieser wurde im Rahmen der Planung und der Leitungsdimensionierung mit berücksichtigt.

2 Wärmeerzeuger

2.1 Holzvergaser

Grundlage für die Wärmeversorgung in Haslach-Schnellingen ist eine geplante Holzvergasungsanlage. In der Holzvergasungsanlage werden Holzpellets unter Wärmezufuhr entgast. Das entstandene Holzgas wird in einem Blockheizkraftwerk zu Strom und Wärme umgewandelt. Der erzeugte Strom wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die erzeugte Wärme für das Wärmenetz ausgekoppelt. Der Holzvergaser wird als Grundlastwärmeerzeuger stromgeführt betrieben.

Technische Daten

elektrische Leistung	190 kW	Wirkungsgrad elektrisch	32 %
thermische Leistung	270 kW	Wirkungsgrad thermisch	45 %
Feuerungswärmeleistung	590 kW	Wirkungsgrad gesamt	77 %
Brennstoffverbrauch Pellet	110 kg/h		
Brennstoffverbrauch Zündöl	4 kg/h		

2.2 Erdgas-BHKW

Das Erdgas-BHKW wird als zweiter Grundlastwärmeerzeuger installiert. Das Erdgas-BHKW wird wärmegeführt betrieben.

elektrische Leistung	210 kW	Wirkungsgrad elektrisch	39 %
thermische Leistung	248 kW	Wirkungsgrad thermisch	46 %
Feuerungswärmeleistung	529 kW	Wirkungsgrad gesamt	85 %

2.3 Hackschnitzelheizung Firma Gegg

Zur Mittellastabdeckung wird die 320 kW Hackschnitzelheizung eingebunden. Die Hackschnitzelheizung der Firma Gegg übernimmt momentan die Wärmeversorgung für den Fensterbaubetrieb und die Neubauten in der Schnellinger Straße.

Baujahr	1998
thermische Leistung	320 kW
Wirkungsgrad thermisch	85 % (abgeschätzt)

2.4 Gaskessel Firma Mabetec Maler- und Lackiertechnik

Zur Spitzenlastdeckung und als Reservekessel soll der im Jahr 2010 installierte Gaskessel in der Firma Mabetec Maler- und Lackiertechnik in das Wärmenetz eingebunden werden.

Baujahr	2010 thermische Leistung 895 kW
---------	---------------------------------

2.5 Pufferspeicher

Um Spitzenlasten der Wärmeversorgung und kurzzeitige Ausfälle des BHKW zu überbrücken, wurde ein Pufferspeicher mit einem Volumen von 120 m³ an der Heizzentrale integriert.

Der Pufferspeicher wird zusammen von den BHKW und dem Hackschnitzelkessel beladen.

2.6 Abschaltbetrieb Gärtnerei Göppert

Die Gärtnerei Göppert verfügt über einen 500 kW Pelletkessel. Daher wird die Gärtnerei nur mit Teilwärme versorgt. Bevor der Gaskessel im Nahwärmenetz zugeschaltet wird, wird der bestehende Pelletkessel der Gärtnerei freigegeben.

2.7 Abschaltbetrieb Mabetec Beschichtungstechnik

Der zweite Mabetec-Betrieb wird derzeit über zwei ältere Gaskessel mit jeweils 285 kW versorgt. Wenn die Wärmeversorgung der Heizzentrale nicht ausreicht und die Gärtnerei schon vom Netz genommen wurde, werden die Gaskessel des Mabetec-Betriebes zugeschaltet und der Betrieb versorgt sich selbst.

3 Bestandsaufnahme Heizungsanlagen

Im Folgenden sind die derzeitigen Heizungsanlagen der einzelnen Abnehmer dargestellt.

Wärmeabnahme

	Wärmeabnehmer	Nutzungsart	Heizung	Baujahr
1	Mabetec Beschichtungstechnik	Produktion, Büro	Gaskessel	1991
	Mabetec Maler- und			
2	Lackiertechnik	Produktion, Büro	Gaskessel	2010
3	Fensterbaubetrieb Gegg	Produktion, Büro	Holzessel	1998
4	Gasthaus/Hotel		Gaskessel	1990
5	Neubau Gasthaus/Hotel			
6	Gärtnerei	Produktion/Verkauf	Pellet- u. Gaskessel	2009
7	Einfamilienhaus	Wohnung	Heizölessel	1987
8	Einfamilienhaus	Wohnung	Heizölessel	1967
9	Einfamilienhaus	Wohnung	Heizölessel	1988
10	Einfamilienhaus	Wohnung	Gaskessel	
11	Einfamilienhaus	Wohnung	Gaskessel	1999
12	Einfamilienhaus	Wohnung	Gaskessel	2004
13	Einfamilienhaus	Wohnung	Gaskessel	2000
14	Einfamilienhaus	Wohnung	Heizölessel	2005
15	Einfamilienhaus	Wohnung	Heizölessel	1996
16	Einfamilienhaus	Wohnung	Holzheizung	2009
17	Einfamilienhaus	Wohnung	Heizölessel	1991
18	Einfamilienhaus	Wohnung	Holzessel	1979
19	Einfamilienhaus	Wohnung	Holzessel	1976
20	Einfamilienhaus Neubau	Wohnung	Nahwärmeanschluss	2012
21	Einfamilienhaus Neubau	Wohnung	Nahwärmeanschluss	2012
22	Einfamilienhaus Neubau	Wohnung	Nahwärmeanschluss	2012
23	Einfamilienhaus Neubau	Wohnung	Nahwärmeanschluss	2012
24	Einfamilienhaus Neubau	Wohnung	Nahwärmeanschluss	2012
25	Büro und Wohngebäude Neubau	Wohnung	Nahwärmeanschluss	2012

Wärmeabnehmer		Heizleistung Bestand	Wärmeverbrauch	Anschlussleistung
		kW	[kWh/a]	kW
1	Mabetec Beschichtungstechnik	2 x 285 kW	390.000	450
2	Mabetec Maler- und Lackiertechnik	900 kW	400.000	550
3	Fensterbaubetrieb Gegg	320 kW	200.000	200
4	Gasthaus/Hotel	100 kW	300.000	100
5	Neubau Gasthaus/Hotel		550.000	220
6	Gärtnerei	320/2 x 500 kW	850.000	450
7	Einfamilienhaus	22 - 27	14.400	25
8	Einfamilienhaus	35	16.100	25
9	Einfamilienhaus	27	20.000	25
10	Einfamilienhaus	12	15.000	25
11	Einfamilienhaus	25	15.800	25
12	Einfamilienhaus		15.500	25
13	Einfamilienhaus	19	13.900	25
14	Einfamilienhaus		18.400	25
15	Einfamilienhaus	21 - 51	25.600	25
16	Einfamilienhaus	35	23.800	25
17	Einfamilienhaus	27	23.200	25
18	Einfamilienhaus	20	25.100	25
19	Einfamilienhaus	20	19.800	25
20	Einfamilienhaus Neubau		14.400	15
21	Einfamilienhaus Neubau		14.400	15
22	Einfamilienhaus Neubau		14.400	15
23	Einfamilienhaus Neubau		14.400	15
24	Einfamilienhaus Neubau		14.400	15
25	Büro und Wohngebäude Neubau		60.000	30
Wärmebedarf			3.068.600	
Netzverluste			425.000	
Wärmeverbrauch inkl. Netzverluste			3.493.600	

Durch den aufgeführten Wärmeabsatz der Wärmekunden von rund 3.068.600 kWh/a und einer Netzlänge von rund 1.800 m, ergibt sich eine Wärmedichte von rund 1.700 kWh je Meter Wärmeleitung.

4 Konzeption und Energiebilanz

Energiebilanz

Im Folgenden sind die Energiebilanzen der Wärmeerzeugung und der Wärmeabnehmer dargestellt. Die folgende Jahresdauerlinie zeigt den Wärmebedarf des Wärmeverbundes mit den Deckungsanteilen BHKW, Holzessel und Erdgaskessel an der Wärmeerzeugung.

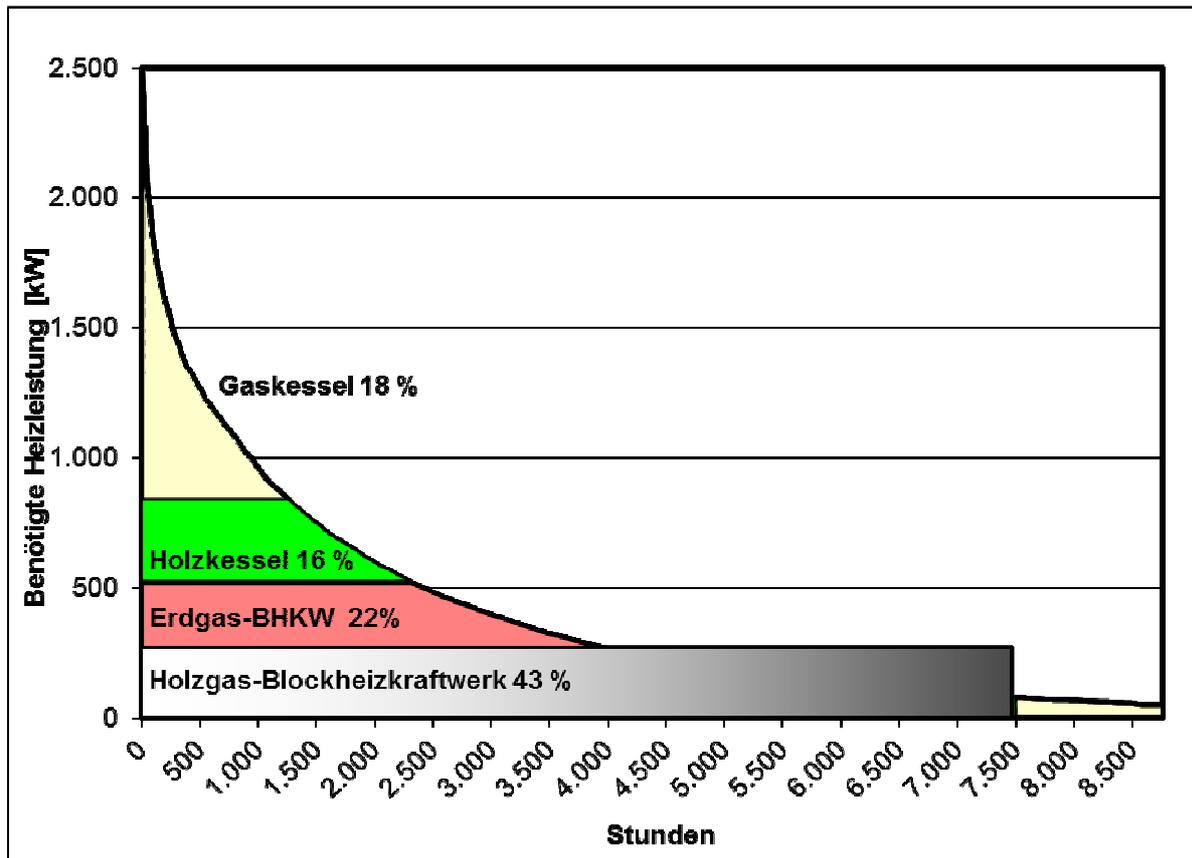


Abb. 2: Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs inkl. Wärmeverluste des mit Nahwärmenetzes Deckungsanteilen der Wärmeerzeuger.

Volllaststunden Holzgas-BHKW (stromgeführte Betriebsweise)	7.800	h/a
Volllaststunden Erdgas-BHKW (wärmegeführte Betriebsweise)	3.200	h/a

Wärmebilanz

Heizlast Wärmenetz	2.400	kW
Abschalbetrieb Göppert	-550	kW
Abschalbetrieb Mabetec	-450	kW
	1.400	kW
Holzvergaser	270	kW
Erdgas-BHKW	245	kW

bestehender Holzkessel		320	kW
bestehender Gaskessel		895	kW
Summe		1.730	kW

Wärmeverbrauch			
Wärmenetz		3.068.600	kWh/a
Netzverluste		425.000	kWh/a
Summe		3.493.600	kWh/a

Wärmeerzeugung Holzvergaser	7.800	h/a	x 270	kW =	2.106.000	kWh/a
Wärmenutzung Holzvergaser	2.106.000	kWh/a	x 71,6%	=	1.508.000	kWh/a

Wärmeerzeugung Erdgas-BHKW	3.200	h/a	x 245	kW =	784.000	kWh/a
Wärmeerzeugung Holzkessel	1.800	h/a	x 320	kW =	576.000	kWh/a
Wärmeerzeugung Gaskessel					625.600	kWh/a

Brennstoffbilanz

Pelletverbrauch	110	kg/h	x 7.800	h	=	858.000	kg/a
						858	t/a

Zündölverbrauch	4	kg/h	x 7.800	h	=	30.000	kg/a
						30	t/a

Erdgasverbrauch BHKW	3.200	h/a	x 529	kW =	1.693.000	kWh/a
Brennwert Erdgaskessel	1.693.000	kWh/a	x 1,1	Hs/Hi =	1.862.300	kWh/a

Holzverbrauch Holzkessel	576.000	kWh/a	: 85	% =	680.000	kWh/a
--------------------------	---------	-------	------	-----	---------	-------

Erdgasverbrauch Gaskessel	625.600	kWh/a	: 90	% =	695.100	kWh/a
Brennwert Erdgaskessel	695.100	kWh/a	x 1,1	Hs/Hi =	765.000	kWh/a

Strombilanz

Stromerzeugung Holzvergaser	7.800	h/a	x 190	kW	1.482.000	kWh/a
-----------------------------	-------	-----	-------	----	-----------	-------

Stromerzeugung Erdgas-BHKW	3.200	h/a	x 210	kW	672.000	kWh/a
----------------------------	-------	-----	-------	----	---------	-------

Strombilanz Heizzentrale

Stromverbrauch Holzvergaser					67.500	kWh/a
-----------------------------	--	--	--	--	--------	-------

Stromverbrauch Wärmenetz					45.000	kWh/a
--------------------------	--	--	--	--	--------	-------

Stromverbrauch					112.500	kWh/a
----------------	--	--	--	--	---------	-------

Eigenstromnutzung Heizzentrale					64.000	kWh/a
--------------------------------	--	--	--	--	--------	-------

Reststrombezug Heizzentrale					48.500	kWh/a
-----------------------------	--	--	--	--	--------	-------

Rücklieferung Erdgas-BHKW					608.000	kWh/a
---------------------------	--	--	--	--	---------	-------

5 Investitionskosten

5.1 Förderung

Für die Gebäude, die außerhalb der Haupttrasse liegen, wurde ein einmaliger Baukostenzuschuss in Höhe von 5.000 € erhoben.

Baukostenzuschuss	15.000 €
KFW (Wärmenetzförderung)	86.000 €
KWKG (Wärmenetzförderung)	180.000 €
Badenova Innovationsfond	200.000 €

5.2 Zusammenstellung der Investitionskosten

Investitionskosten	Wärmeversorgung Haslach-Schnelllingen
Holzvergaser inkl. BHKW und Zubehör	703.000 €
Erdgas-Blockheizkraftwerk	190.000 €
Bauliches Kraftwerk	305.000 €
Wärmenetz/Heiztechnik incl. Pufferspeicher	398.000 €
Wärmenetz Tiefbau	649.000 €
Projektentwicklung/Geschäftsführung...	69.000 €
Zins u. Darlehenskosten	104.000 €
Netto-Investition	2.418.000 €
Baukostenzuschuss	-15.000 €
KFW	-86.000 €
KWKG	-180.000 €
Badenova Innovationsfond	-200.000 €
Netto-Investition abzüglich Förderung	1.937.000 €

5.3 Investitionskosten der Referenzanlagen

Für die Referenzanlagen der Wärmeversorgung in Schnellingen wurde davon ausgegangen, dass die Wärmeabnehmer, die nur teilweise mit Wärme versorgt werden, keine Kessel Erneuerung vornehmen werden.

Folglich bezieht sich die Referenzentwicklung auf das Neubaugebiet, die bestehenden Einfamilien-Wohnhäuser, das Gasthaus Blume und dessen Neubau.

Referenz-Anlage Gasthaus Blume

Kesselerneuerung	23.000 €
Blockheizkraftwerk	100.000 €
Einbindung Blockheizkraftwerk	20.000 €
Wärmeverbund zwischen Neubau und Bestand	15.000 €
Summe	158.000 €

Referenz-Anlage bestehende Wohngebäude

Gas-Brennwerttherme	2.000 €
Solaranlage inkl. Puffer	10.000 €
Einbindung	3.000 €
Summe	15.000 €

Referenz-Anlage Neubau

Gas-Brennwerttherme	1.500 €
Solaranlage inkl. Puffer	7.000 €
Einbindung	3.000 €
Summe	11.500 €

Referenz-Entwicklung

Gasthaus Blume	Kesselerneuerung mit BHKW		158.000 €
Bestand			
Wohnhaus	Kesselerneuerung mit Solar	13 x 15.000 € =	195.000 €
Neubau			
Wohnhaus	Gas-Brennwerttherme + Solar	5 x 11.500 € =	57.500 €
Summe			410.500 €

Investitionskostenvergleich	Referenzanlage	Modelprojekt
Investitionskosten	410.500 €	1.604.000 €
Investition Mehrkosten		1.193.500 €

5.4 Jahreskosten der Referenzentwicklung

Kapitalkosten

Kapitalkosten Referenzanlage	20 Jahre	€	410.500	x	6,72 %	=	27.585,--	€/a
					rund		27.600,--	€/a

Brennstoffkosten

In den Investitionskosten und folglich bei den Brennstoffkosten der Referenzentwicklung wurde davon ausgegangen, dass die Gewerbebetriebe ihre bestehende Kesselanlage beibehalten.

Für das Gasthaus Blume und dessen Neubau wurde als Referenz ein Wärmeverbund mit Erdgas-BHKW dargestellt.

Für die Neubauten und die bestehenden Wohnhäuser wurden als Referenzentwicklung ein Gasbrennwertkessel und eine Solaranlage dargestellt. Für die Brennstoffkostenberechnung wird nur der Deckungsanteil von 85 % durch den Gasbrennwertkessel berücksichtigt.

Referenz-Anlage bestehende Wohngebäude Bestand und Neubau

Wärmeverbrauch								
/Deckungsanteil	378.600	kWh/a	x	85	%	=	321.810	kWh/a
Nutzungsgrad	321.810	kWh/a	:	95	%	=	338.747	kWh/a
Brennstoffverbrauch	338.747	kWh/a	x	1,1	Hs/Hi	=	372.622	kWh/a
Brennstoffkosten	372.622	kWh/a	x	5	ct/kWh	=	18.631	€/a

Referenz-Anlage Gewerbebetrieb Holzkessel

Wärmeverbrauch/Deckungsanteil	200.000	kWh/a	x	100	%	=	200.000	kWh/a
Nutzungsgrad	200.000	kWh/a	:	80	%	=	250.000	kWh/a
Brennstoffkosten	250.000	kWh/a	x	2	ct/kWh	=	5.000	€/a

Referenz-Anlage Gewerbebetrieb Gaskessel

Wärmeverbrauch/Deckungsanteil	790.000	kWh/a	x	100	%	=	790.000	kWh/a
Nutzungsgrad	790.000	kWh/a	:	85	%	=	929.412	kWh/a
Brennstoffverbrauch	929.412	kWh/a	x	1,1	Hs/Hi	=	1.022.353	kWh/a
Brennstoffkosten	1.022.353	kWh/a	x	3,5	ct/kWh	=	35.782	€/a

Referenz-Anlage Gewerbebetrieb Gärtnerei

Wärmeverbrauch Pellet	425.000	kWh/a	x 100 %	=	425.000	kWh/a
Nutzungsgrad	425.000	kWh/a	: 80 %	=	531.250	kWh/a
Brennstoffkosten Pellet	531.250	kWh/a	x 4 ct/kWh	=	21.250	€/a
Wärmeverbrauch Gaskessel	425.000	kWh/a	x 100 %	=	425.000	kWh/a
Nutzungsgrad	425.000	kWh/a	: 85 %	=	500.000	kWh/a
Brennstoffverbrauch	500.000	kWh/a	x 1,1 Hs/Hi	=	550.000	kWh/a
Brennstoffkosten	550.000	kWh/a	x 3,8 ct/kWh	=	20.900	€/a

Referenz-Anlage Gasthaus Blume mit BHKW

Wärmeverbrauch				=	850.000	kWh/a
Deckungsanteil BHKW	850.000	kWh/a	x 75 %	=	637.500	kWh/a
Deckungsanteil Gaskessel				=	212.500	kWh/a
Laufzeiten BHKW					6.375	h/a
Gasverbrauch	6.375	h/a	x 156 kWh	=	994.500	kWh/a
	994.500	kWh	x 1,1 Hs/Hi	=	1.093.950	kWh/a
Wärmeerzeugung Gaskessel				=	212.500	kWh/a
Nutzungsgrad	212.500	kWh/a	x 95 %	=	223.684	kWh/a
Brennstoffverbrauch	223.684	kWh/a	x 1,1 Hs/Hi	=	246.053	kWh/a
Brennstoffkosten	1.340.003	kWh/a	x 3,8 ct/kWh	=	50.920	€/a
Mineralölsteuerrückerstattung	1.093.950	kWh/a	x 0,55 ct/kWh	=	-6.017	€/a
Brennstoffkosten					44.903	€/a

Zusammenstellung Brennstoffkosten Referenzanlage

Referenz-Anlage bestehende Wohngebäude und Neubau	18.631	€/a
Referenz-Anlage Gewerbebetrieb Holzkessel	5.000	€/a
Referenz-Anlage Gewerbebetrieb Gaskessel	35.782	€/a
Referenz-Anlage Gewerbebetrieb Gärtnerei	42.150	€/a
Referenz-Anlage Gasthaus Blume mit BHKW	44.903	€/a

Summe Brennstoffkosten					146.467	€/a
				rund	146.500	€/a

Stromerlöse BHKW Gasthaus Blume

Stromerzeugung	6.375	h/a	x 50	kWh	=	318.750	kWh/a
Eigenstromnutzung	318.750	kWh/a	x 70	%	=	223.125	kWh/a
Rücklieferung						95.625	kWh/a
Stromeinsparung	223.125	kWh/a	x 21	ct/kWh	=	46.856	€/a
Rücklieferung	95.625	kWh/a	x 4	ct/kWh	=	3.825	€/a
KWK-Bonus	318.750	kWh/a	x 5,41	ct/kWh	=	17.244	€/a
Summe						67.926	€/a
					rund	67.900	€/a

Betriebskosten der Referenzanlagen

Betriebskosten BHKW	318.750	h/a	x 2,5	ct/kWh	=	7.969	€/a
Wartung und Betrieb Kessel	400	€	x 19	Anlagen	=	7.600	€/a
Summe Betriebskosten						15.569	€/a
					rd.	15.600	€/a

Jahreskosten	Referenzanlage €/a
Investitionskosten	410.500 €
Kapitalkosten	27.600 €
Brennstoffkosten	146.500 €
Betriebskosten	15.600 €
Stromerlöse	-67.900 €
Jahreskosten	121.800 €

6 Wirtschaftlichkeitsberechnung Modelprojekt

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 durchgeführt.

Die *Jahreskosten* eines Systems setzen sich zusammen aus:

- Kapitalkosten für Zins und Tilgung der Investition (Fördermittel bewirken eine Verringerung der Kapitalkosten)
- Betriebskosten für Wartung, Instandhaltung etc.
- Brennstoffkosten
- Stromkosten und Stromerlöse

Kapitalkosten

Aus dem Zinssatz und der Nutzungszeit errechnet sich der Annuitätsfaktor, mit dem aus den Investitionskosten die jährlich anfallenden Kapitalkosten berechnet werden.

Zinssatz 3 %/a	Nutzungsdauer	Annuitätsfaktor
BHKW	10 Jahre	8,38%
Heizungstechnik	20 Jahre	6,72%
Wärmeleitung	40 Jahre	4,33%
Bauliches	50 Jahre	3,89%

Betriebskosten

Die Wartungs- und Instandhaltungskosten der Varianten sind in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 berücksichtigt.

Die Vollwartungskosten für das Blockheizkraftwerk ergeben sich aus dem Wartungspreis multipliziert mit der Stromerzeugung des BHKW.

Brennstoffkosten

Die Brennstoffkosten setzen sich aus den benötigten Brennstoffmengen und deren spezifischen Kosten zusammen.

Erdgas oder Heizöl, das in Blockheizkraftwerken mit einer elektrischen Leistung kleiner als 2.000 kW eingesetzt wird, ist von der Mineralöl- und Ökosteuern befreit.

Mineralölsteuerrückerstattung für im BHKW eingesetztes Erdgas: 0,55 ct/kWh

Stromkosten

Die Stromkosten ergeben sich aus dem Strombezug und den Strompreisen des Stromlieferanten inkl. der gesetzlichen Umlagen und Steuern. Bei Einsatz eines Erdgas-BHKW reduzieren sich die Strombezugskosten infolge der Eigenstromnutzung für das Erdgas-BHKW.

Stromerlöse

Stromerlöse Holzgas-BHKW

Stromerlöse ergeben sich aus dem in das Netz des Stromversorgers eingespeisten Strom nach dem EEG (Erneuerbaren-Energien-Gesetz).

Stromerlöse Erdgas-BHKW

Stromerlöse ergeben sich aus dem überschüssigen in das Netz des Stromversorgers eingespeisten Strom sowie aus der KWK-Zulage für den gesamten erzeugten Strom.

6.2 Kapitalkosten

Aus dem Zinssatz von 3 % und den Nutzungszeiten nach VDI 2067 errechnet sich der Annuitätenfaktor. Aus dem Produkt von Investition und Annuitätenfaktor ergeben sich die Kapitalkosten (Zins und Tilgung) in Form jährlich gleichbleibender Raten. Die Förderungen des Projektes wurden von den Investitionskosten abgezogen.

Kapitalkosten Holzvergaser	10 Jahre	€ 409.000	x 11,723%	= 47.947,--	€/a
Kapitalkosten Erdgas-BHKW	10 Jahre	€ 216.000	x 11,723%	= 25.322,--	€/a
Kapitalkosten Bauliches	50 Jahre	€ 321.000	x 3,887%	= 12.477,--	€/a
Kapitalkosten Heizungstechnik	20 Jahre	€ 298.000	x 6,722%	= 20.031,--	€/a
Kapitalkosten Wärmenetz	40 Jahre	€ 245.000	x 4,326%	= 10.599,--	€/a
Kapitalkosten Nebenkosten	20 Jahre	€ 115.000	x 6,722%	= 7.730,--	€/a
<hr/>					
Summe Kapitalkosten				124.106,--	€/a
			rund	124.000,--	€/a

6.3 Mittlere Jahreskosten Modelprojekt

Die Jahreskosten stellen sich zusammen aus den Erlösen abzüglich den Aufwendungen. In der folgenden Tabelle sind die Mittelwerte der kommenden 15 Jahre dargestellt, unter einer Betrachtung von einer Preissteigerung von 2 %. Die Kapitalkosten wurden nach VDI 2067 berechnet.

Jahreskosten	Nahwärmeversorgung Holzvergaser und Erdgas- BHKW €/a
Investitionskosten	2.085.000 €
Investitionskosten abzüglich Förderung	1.604.000 €
Erlöse	
Stromerlöse Holzvergaser	320.000 €
Stromerlöse Erdgas-BHKW	67.000 €
Wärmeverkauf	172.000 €
Summe Erlöse	559.000 €
Aufwand	
Kapitalkosten	124.000 €
Wartungs- und Instandhaltungskosten	75.000 €
Betriebskosten	75.000 €
Brennstoffkosten	292.000 €
Summe Aufwand	566.000 €
Ergebnis = Erlöse - Aufwand	- 7.000 €

Der mittlere Wärmepreis aus Arbeitspreis und Grundpreis beläuft sich auf 4,78 ct/kWh. In den Jahreskosten ist der Mittelwert über die Laufzeit mit einer Preissteigerung von 2 % dargestellt.

6.4 Jahreskostenvergleich Modelprojekt und Referenzentwicklung

Größe (alle Angaben netto ohne MwSt.)	Ist-Zustand oder Referenz-Entwicklung	im Modellprojekt geplante Maßnahmen
(1) Investitionen in €	410.500 €	1.604.000 €
Kalkulationszinssatz in %/a	3 %/a	
Lebensdauer der Maßnahme in a	20 Jahre	nach VDI
(2) Annuitätsfaktor (ermittelt aus Zinssatz und Lebensdauer)	6,72%	7,73 %
(A) Kapitalkosten (= 1 x 2) in €/a	27.600 €	124.000 €
(B) Energiebezugskosten in €/a	146.500 €	292.000 €
(C) Sonstige Kosten ¹ in €/a	15.600 €	150.000 €
(D) Stromerlöse in €/a	-72.400 €	-387.000 €
Summe Jahreskosten (= A + B + C) - D in €/a	117.300 €	179.000 €
Mehrkosten durch Maßnahme(n) in €/a		61.700 €

7 Umweltbilanz

CO₂-Emissionsbilanz

Jedem Energiesystem kann ein äquivalenter spezifischer CO₂-Emissionsfaktor zugeordnet werden. Darin sind neben den direkten Emissionen aus der Verbrennung auch die Emissionen vorgelagerter Prozessketten wie Transport etc. berücksichtigt.

Der äquivalente CO₂-Emissionsfaktor berücksichtigt darüber hinaus neben dem reinen CO₂-Ausstoß auch die anderen Luftschadstoffe mit Treibhauspotenzial. Die genutzten äquivalenten CO₂-Emissionsfaktoren sind:

CO ₂ -Emissionsfaktoren	t/MWh oder g/kWh
Erdgas	0,247
Heizöl	0,319
Holzhackschnitzel	0,023
Holzpellet	0,027
naturbelassenes Rapsöl	0,052
Strom	0,606

CO₂-Ausstoß der Referenzanlage

Wärmekunden / Referenzanlagen	Brennstoffverbrauch			CO ₂ -Ausstoß [t/a]
	Brennstoff	[kWh/a]	Faktor	
bestehende Wohngebäude und Neubau	85 % Gas	372.622	0,247	92
Gewerbebetrieb Holzkessel	100 % Holz	250.000	0,023	6
Gewerbebetrieb Gaskessel	100 % Gas	1.022.353	0,247	253
Gewerbebetrieb Gärtnerei	50 % Pellet	531.250	0,027	14
	50 % Gas	550.000	0,247	136
Gasthaus Blume mit BHKW	100 % Gas	1.340.003	0,247	331
				831
BHKW Gasthaus-Blume Stromerzeugung		318.750	0,606	-193
Summe CO ₂ -Ausstoß Referenzanlage				638

CO₂-Ausstoß der Wärmeerzeuger der Heizzentrale

Heizzentrale	Brennstoff	Brennstoff- verbrauch [kWh/a]	Faktor	CO ₂ - Ausstoß [t/a]
CO ₂ -Ausstoß Holzvergaser	Zündölverbrauch	300.000	0,052	15,60
CO ₂ -Ausstoß Holzvergaser	Pelletverbrauch	4.290.000	0,027	115,83
CO ₂ -Ausstoß Erdgas-BHKW	Erdgas	1.693.000	0,247	418,17
CO ₂ -Ausstoß Holzkessel	Holz hackschnitzel	680.000	0,023	15,64
CO ₂ -Ausstoß Erdgas-Kessel	Erdgas	695.000	0,027	18,77
Rest- Strombezug Heizzentrale	Strom	48.500	0,606	29,39
Summe CO ₂ -Ausstoß Heizzentrale				613,40
CO ₂ -Einsparung				
Stromproduktion Holzgas-BHKW	Stromerzeugung	1.482.000	0,606	-898,09
CO ₂ -Einsparung				
Stromproduktion Erdgas-BHKW	Stromerzeugung	608.000	0,606	-368,45
CO₂-Emissionen Modelprojekt				-653,14
CO ₂ -Emissionen Modelprojekt				653,14
vermeidene CO ₂ -Emissionen Referenzanlage				638,32
CO₂-Einsparung				1.291,46

Durch den Betrieb der Heizzentrale und die Wärmeversorgung durch das Nahwärmenetz kann eine CO₂-Einsparung von rund 1.290 t pro Jahr erreicht werden.

Bezogen auf die angesetzte Laufzeit von 15 Jahren ergibt sich eine CO₂-Einsparung von 19.350 t.

8 Betrieb

Erste Betriebserfahrungen

Nachdem sich die ursprüngliche Konzeption von 2012/13 als nicht realisierbar dargestellt hatte, wurde diese bis zum Frühjahr 2014 überarbeitet. Das neue Konzept stellte sich bezüglich Technologie, Energieversorgung, eingesetzte Rohstoffe sowie Grundriss, Hochbau, Gebäudehülle und Ansichten verändert dar.

Der Baubeginn erfolgte im Mai, bei zügigem Baufortschritt wurden bereits Anfang Juli das Erdgas- und das Holzgas- BHKW angeliefert. Ende Juli 2014 liefen beide BHKW's kurzzeitig im Probetrieb und speisten ersten Strom in das Netz der Stadtwerke ein.

Mit weitgehender Fertigstellung des Wärmenetzes Anfang Dezember wurde ab Mitte Dezember 2014 das Erdgas- BHKW im Echtbetrieb gefahren. Nachdem Anfang Januar zwei weitere große Wärmekunden (Industriebetriebe) in das Wärmenetz eingebunden waren, wurde der Holzvergaser und das Holzgas BHKW Mitte Januar 2015 in Betrieb genommen.

Die Prozesse im Holzvergaser liefen schon nach kurzer Zeit stabil. Das mit dem produzierten Holzgas versorgte BHKW lief ohne Probleme an. Der mit dem Lieferant vereinbarte „Performance – Test“ über 700 Betriebsstunden erfüllte alle vorgegebenen Parameter.

Bei dem Betrieb des Holzvergasers ergab sich im weiteren Betrieb die Situation, dass, wahrscheinlich aufgrund der verwendeten Pellets eine starke „Verschlackung“ des Reaktors, also innerhalb der Brennkammer eintrat. Auf der Basis der Angaben des Herstellers und auf Grundlage von Erfahrungswerten von anderen Anlagen wird von einer Laufzeit von ca. 600 Stunden zwischen der Reinigung der Brennkammer mit dem damit verbundenen Neustart des „Vergasungsprozesses“ ausgegangen. Diese Intervalle lagen bei der Anlage in Schnellingen bei maximal 500 Stunden, in einem Fall gerade bei 350 Stunden. Ende Mai kam es aufgrund der starken Schlackebildung und der damit verbundenen sehr hohen Temperatur in der Brennkammer zu einem durchbrennen derselben. Die Brennkammer wurde durch den Hersteller aufgrund des bestehenden Vollwartungsvertrages kostenlos getauscht.

Da diese Situationen mit Ausfallzeiten und erheblichen Kosten verbunden sind, entschlossen wir uns den Pellethersteller/ Lieferanten zu wechseln. Bisher scheint das Problem der „zu frühen Verschlackung der Brennkammer“ nicht mehr in dieser Masse aufzutreten. Um aber engültige Aussagen hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Pelletqualität und „Schlackebildung“ machen zu können, bedarf es einer längeren „Testphase“.

Nach nun über 1.500 Betriebsstunden (Erdgas BHKW) und über 3.000 Betriebsstunden (Holzgas BHKW) sehen wir als Betreiber folgende Grundlagen für den Start, die „Anfangsphase“ aber wahrscheinlich auch für den weiteren Betrieb folgende Grundlagen bzw. Rahmenbedingungen:

- Vollwartungsvertrag mit dem Hersteller
- Steuerung des Vergasungsprozesses durch einen professionellen Dienstleister
- Ansprechperson und Kompetenz vor Ort

In den nächsten Monaten bedarf es der weiteren Optimierung der Prozesse.

Anlage: Projekterkenntnisse

Darstellung drei wesentlicher Erkenntnisse aus dem Projekt.

(Je Punkt maximal 300 Zeichen.)

1.	Burkhardt Aggregate, eine der wenigen Möglichkeiten, Holzvergasung auf gewerblichem/industriellen Niveau zu betreiben
2.	Kraft – Wärme Kopplung als einer der Schlüssel zur Wirtschaftlichkeit
3.	Wärmenetze die nur private Haushalte (Wohnbebauung) versorgen stellen den wirtschaftlichen Betrieb vor erhebliche Herausforderungen