

## **Energiestudie Wärmeezeugung Feuerwehrhaus Rheine-Mesum**

**Objekt:** **Neubau Feuerwehrhaus Rheine-Mesum**  
Don-Bosco-Straße  
48432 Rheine-Mesum

**Auftraggeber:** **Stadt Rheine**  
Klosterstraße 14  
48431 Rheine

**Auftragnehmer:** **kplan AG**  
Bahnhofstraße 13  
93326 Abensberg  
Tel. 09443 921-0 \* Fax: -180

**Bearbeiter:** Dipl.-Ing. Bernhard Bürger  
Dipl.-Phys.Ing. Alexander Reh

**aufgestellt:** Wenden, den 05.03.2009 ar  
**überarbeitet:** Wenden, den 09./11.03.2009 ar

## 1. Allgemeines

Die **kplan** AG wurde von der Stadt Rheine beauftragt, unterschiedliche Varianten der Wärmeerzeugung für den Neubau des Feuerwehrhauses in Rheine-Mesum wirtschaftlich zu untersuchen. Es wurden vier Varianten zur Wärmeerzeugung untersucht.

## 2. Nutzwärmebedarf

Für die Berechnung des Nutzwärmebedarfes wurden die geplante Gebäudehülle und Anlagentechnik sowie die durch die Feuerwehr genannten bzw. üblichen Nutzungsrandbedingungen einer freiwilligen Feuerwache zu Grunde gelegt. Die Berechnung des Nutzwärmebedarfes wurde mit dem Programm „IBP:18599“ durchgeführt, welches auf der Norm DIN V 18599 basiert.

Der Nutzwärmebedarf des FWH Rheine-Mesum stellt sich gemäß den Berechnungsergebnissen wie folgt dar:

Heizung	107.740	kWh / a
Trinkwarmwasser	1.230	kWh / a
Raumluftechnik	1.910	kWh / a
<b>Gesamt - Nutzwärmebedarf</b>	<b>110.880</b>	<b>kWh / a</b>

Bezogen auf die Gebäudedaten ergeben sich für den Nutzwärmebedarf folgende energetische Kennwerte:

Nettogeschossfläche	1.020 m <sup>2</sup>	109	kWh / m <sup>2</sup> a
Bruttogeschossfläche	1.140 m <sup>2</sup>	97	kWh / m <sup>2</sup> a
Hüllfläche	2.480 m <sup>2</sup>	45	kWh / m <sup>2</sup> a
Nettrauminhalt	3.910 m <sup>3</sup>	28	kWh / m <sup>3</sup> a
Bruttorauminhalt	4.700 m <sup>3</sup>	24	kWh / m <sup>3</sup> a

### 3.1 Wärmeerzeugung

Auf Grundlage des Nutzwärmebedarfs wurden die Betriebsdaten der Wärmeerzeugung für beide energetische Anforderungen berechnet.

Bei der Nutzung von erneuerbaren Energien ist es grundsätzlich empfehlenswert, neben dem primären Wärmeerzeuger einen konventionellen Heizkessel zur Deckung der Wärme-Spitzenlast vorzusehen (bivalentes Heizsystem). Wird eine Beheizung ausschließlich über einen Pellets-Kessel, eine Wärmepumpe oder ein BHKW realisiert, muss dieser Wärmeerzeuger so groß dimensioniert werden, dass auch bei den niedrigsten Außentemperaturen (Auslegungstemperatur in der Regel -12°C) die benötigte Wärmeleistung zur Verfügung gestellt wird. Dieser Fall tritt jedoch nur an wenigen Tagen im Jahr auf. Bei der Auslegung auf diese Temperatur ergeben sich gegenüber einem konventionellen Heizkessel erhebliche Mehrkosten, da die spezifischen Kosten (in € pro kW) eines Wärmeerzeugers auf Basis erneuerbarer Energien bei gleicher Leistung aufgrund der aufwendigeren Technik sehr viel höher sind.

Es ist also sinnvoll, den Pellets-Kessel, die Wärmepumpe oder das BHKW nur auf die Wärme-Grundlast auszulegen. Damit werden einerseits unnötig hohe Kosten vermeiden, andererseits wird weiterhin der größte Teil der jährlichen Wärmearbeit über erneuerbare Energien abgedeckt. Bei einer vernünftigen Dimensionierung und der hydraulischen Einbindung über einen Pufferspeicher wird zudem die Laufzeit dieser Wärmeerzeuger deutlich erhöht und die Wirtschaftlichkeit der gesamten Anlage wesentlich verbessert. Die Laufzeit sollte mindestens 5.000 Stunden pro Jahr betragen.

Die Stadt Rheine ist Mitglied des Klima-Bündnisses zum Erhalt des globalen Klimas. Daher wurde auf Wunsch des Bauherrn zusätzlich eine monovalente Wärmeerzeugung über Holzpellets simuliert.

Folgende Varianten wurden für die Wärmeversorgung untersucht:

- Variante I  
Holzpellets – Kesselanlage mit 12 kW zur Grundlastabdeckung mit 20 m<sup>3</sup> Pelletsbunker, hydraulisch eingebunden über einen Pufferspeicher mit 1.000 Liter, bivalent in Verbindung mit einem Gas – Brennwertkessel mit 48 kW zur Spitzenlastabdeckung.
- Variante II  
Sole – Erdsonden – Wärmepumpe (S0 / W35) mit 12 kW zur Grundlastabdeckung mit Strom – Mix als Antriebsenergie, hydraulisch eingebunden über einen Pufferspeicher mit 1.000 Liter, bivalent in Verbindung mit einem Gas – Brennwertkessel mit 48 kW zur Spitzenlastabdeckung.
- Variante III  
Gas – BHKW mit 6 kWel / 12 kWth zur Grundlastabdeckung, hydraulisch eingebunden über einen Pufferspeicher mit 1.000 Liter, bivalent in Verbindung mit einem Gas – Brennwertkessel mit 48 kW zur Spitzenlastabdeckung. Mit vollständiger Rückspeisung des BHKW Stromes in das öffentliche Netz auf Grundlage der KWK – Zulage oder Eigennutzung bei Bedarf.
- Variante IV  
Gas – Brennwertkessel mit 60 kW zur Gesamtlastabdeckung.
- Variante V  
Holzpellets – Kesselanlage mit 60 kW zur Gesamtlastabdeckung mit 30 m<sup>3</sup> Pelletsbunker, hydraulisch eingebunden über einen Pufferspeicher mit 2.500 Liter zur Vermeidung einer unregelmäßigen Betriebsweise.

Gemäß dem „Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz“ (EEWärmeG) vom 01.01.2009 ist eine konventionelle Wärmeerzeugung ausschließlich über einen Kessel mit fossilem Brennstoff nur dann erlaubt, wenn die Neubau-Anforderungen der aktuell gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) um mindestens 15 % unterschritten werden. Durch die vorgegebene energetische Qualität der Gebäudehülle entsprechend den Mindestanforderungen der EnEV 2007 werden die entsprechenden Werte eingehalten (siehe auch beiliegender Energieausweis), so dass die Variante IV hier zulässig ist.

Für alle Varianten wurden die Kapitalkosten, die Betriebskosten und die Kosten für Instandhaltung und Wartung summiert und als Vollkostenrelation gegenübergestellt. Die Kapitalkosten werden dabei als Rückzahlung mit Zinsen bei vollständiger Tilgung der Investitionen ermittelt.

Um die jährliche Rückzahlungsrate der Investitionen zu ermitteln, wurde ein Zinssatz von 3,5 % als zinsvergünstigtes Darlehen der KfW-Bank für erneuerbare Energien zu Grunde gelegt. Die Laufzeit des Kredites (siehe Blatt 12) errechnet sich aus drei verschiedenen Anteilen:

Für alle wartungsintensiven Anlagenkomponenten wie beispielsweise die Wärmeerzeuger, die Pumpen oder die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik wurde eine Anlagennutzungszeit von 15 Jahren angesetzt. Die Nutzungsdauer derjenigen Komponenten, die in der Regel keinerlei Wartung bedürfen, wurde mit 30 Jahren angenommen. Dazu zählen zum Beispiel die Erdbohrung der Wärmepumpe oder der Pellets-Bunker. Ebenfalls 30 Jahre wurden für die Planungskosten veranschlagt. Aus diesen drei Kostengruppen wurde die Kreditlaufzeit in Abhängigkeit vom jeweiligen Anteil an den Gesamtinvestitionskosten berechnet.

Es wurden folgende Berechnungen durchgeführt:

- |  |             |      |
|--|-------------|------|
| • Simulation Betriebsdaten der Wärmeerzeugung      | Seite 8     | / 16 |
| • Jahresdauerlinie Wärmeleistung                   | Seite 9     | / 16 |
| • Herstellungs-, Planungs- und Investitionskosten  | Seite 10-11 | / 16 |
| • Grundpreis der Wärmeerzeugung                    | Seite 12    | / 16 |
| • Arbeitspreis der Wärmeerzeugung                  | Seite 13    | / 16 |
| • Gesamtpreis der Wärmeerzeugung                   | Seite 14    | / 16 |
| • Diagramm der Vollkosten für Wärmeerzeugung       | Seite 15    | / 16 |
| • Diagramm Relation der CO <sub>2</sub> Emissionen | Seite 16    | / 16 |

### 3.2 Solaranlage

Da es sich bei dem untersuchten Gebäude um eine freiwillige Feuerwache handelt, liegt ein sehr diskontinuierlicher Warmwasserbedarf vor. Im Gegensatz zu einer hauptamtlichen Feuerwache ist davon auszugehen, dass die Duschen nur an wenigen Tagen im Jahr genutzt werden. So duschen beispielsweise nach einem Einsatz viele Personen, bevor die Anlagen für mehrere Wochen wieder nur vereinzelt genutzt werden. Aus diesem Grund ist ein wirtschaftlicher Betrieb nicht anzunehmen, so dass die Warmwasserbereitung über eine Solaranlage in dieser Studie nicht weiter untersucht wurde.

#### 4. Zusammenfassung und Schlussbemerkungen

Die einzelnen Varianten sind hinsichtlich der Ökologie und Ökonomie sehr unterschiedlich zu bewerten.

Das Blatt 15 stellt die Vollkosten der Varianten als schwarze Balken gegenüber. Die Vollkosten ergeben sich aus der Summe der jährlichen Kreditrückzahlungsrate für die Investitionen sowie den Wartungskosten („Grundpreis“, blauer Balken) und den jährlichen Energiekosten für Gas, Pellets und Strom, ggf. abzüglich des durch das BHKW erzeugten Stroms („Arbeitspreis“, roter Balken). Je niedriger die Vollkosten (also je kürzer der schwarze Balken), desto wirtschaftlicher ist die jeweilige Variante. Es zeigt sich, dass die konventionelle Beheizung über einen Gas-Brennwertkessel mit ca. 7.400 €/a netto die günstigste Variante darstellt. Bei der Wärmeerzeugung über erneuerbare Energien ist die Kombination BHKW/Gas mit ca. 9.100 €/a netto am positivsten zu bewerten. Die Vollkosten für die Beheizung mit Holzpellets/Gas oder Wärmepumpe/Gas liegen ca. 1.600 €/a netto bzw. ca. 2.000 €/a netto darüber. Die weitaus höchsten Vollkosten ergeben sich für eine monovalente Wärmeerzeugung über Holzpellets mit ca. 12.700 €/a netto.

Hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen ergibt sich ein anderes Bild. Wie im Blatt 16 zu sehen ist, weist die vollständige Deckung des Wärmebedarfs über Holzpellets mit ca. 5,7 t/a die mit Abstand geringsten Emissionswerte auf. Bei einer kombinierten Wärmeerzeugung mit Holzpellets/Gas steigt dieser Wert auf ca. 17,3 t/a. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei dem Einsatz eines BHKWs wurde mit ca. 19,4 t/a, bei der Wärmepumpe mit ca. 23,5 t/a berechnet. Die höchsten Emissionswerte besitzt ein einzelner Gas-Brennwertkessel mit ca. 31,3 t/a.

Damit lässt sich aussagen, dass die Variante IV (Beheizung über einen Gas-Brennwertkessel) am wirtschaftlichsten einzustufen ist. Aus rein ökologischer Sicht ist dagegen die Variante V (Wärmeerzeugung ausschließlich über einen Pellets-Kessel) am positivsten zu bewerten. Bei einer Berücksichtigung beider Aspekte ist die Variante III (BHKW mit Gas-Spitzenlastkessel) die sinnvollste Variante, da diese die zweitgeringsten Mehrkosten bei noch moderaten CO<sub>2</sub>-Emissionen aufweist. Zudem sind hier die Kosten für die CO<sub>2</sub>-Einsparung gegenüber dem monovalenten Gaskessel mit ca. 170 €/t am niedrigsten. Bei den beiden Varianten mit Holzpellets liegt dieser Wert bei ca. 250 €/t bzw. ca. 290 €/t, bei der Kombination Wärmepumpe/Gas sogar bei ca. 560 €/t.

Zusammenfassend können wir also die folgenden Empfehlungen aussprechen:

1.  
Aus rein wirtschaftlicher Sicht sollte eine Beheizung ausschließlich über einen konventionellen Gas-Brennwertkessel umgesetzt werden.
2.  
Stehen ausschließlich ökologische Aspekte im Vordergrund, sollte das Feuerwehrhaus mit einem monovalenten Pellets-Kessel beheizt werden.
3.  
Um den besten Kompromiss zwischen Ökologie und Ökonomie zu erreichen, schlagen wir eine Wärmeversorgung über ein BHKW in Verbindung mit einem Gas-Spitzenlastkessel vor.

*Anmerkungen:*

*Für die Projektierung von technischen Anlagen sind umfassende Ermittlungen zur Festlegung der relevanten Parameter und detaillierten Berechnungen für die Auslegung erforderlich, die im Rahmen dieser Energieberatung nicht vollständig erbracht werden können. Die Energieberatung ersetzt keine Planung.*

*Alle Daten und Berechnungen beruhen auf Annahmen wie sie in den Berechnungstabellen dokumentiert sind. Ein Anspruch auf Richtigkeit der Annahmen besteht nicht. Alle Annahmen wurden nach bestem Wissen getroffen.*

*Bei allen Kosten handelt es sich um Schätzungen. Wesentlich für einen Wirtschaftlichkeitsvergleich unterschiedlicher Systeme ist die Relation der Kosten zueinander, die nach bestem Wissen ermittelt wurden. Für alle Systeme gleichermaßen können zusätzliche Kosten entstehen, die im Rahmen dieser Untersuchung nicht vollständig ermittelt werden können.*

*Die Betriebskosten der Systeme basieren auf dem aktuellen Preisniveau der zugehörigen Energieträger und können sich durch unterschiedliche Preisentwicklungen für die Energieträger verschieben.*

Wenden, den 11. März 2009

**kplan AG**

Dipl.-Ing. Bernhard Bürger  
Dipl.-Phys.-Ing. Alexander Reh

Anhang 1: Berechnungen zur Wärmeversorgung

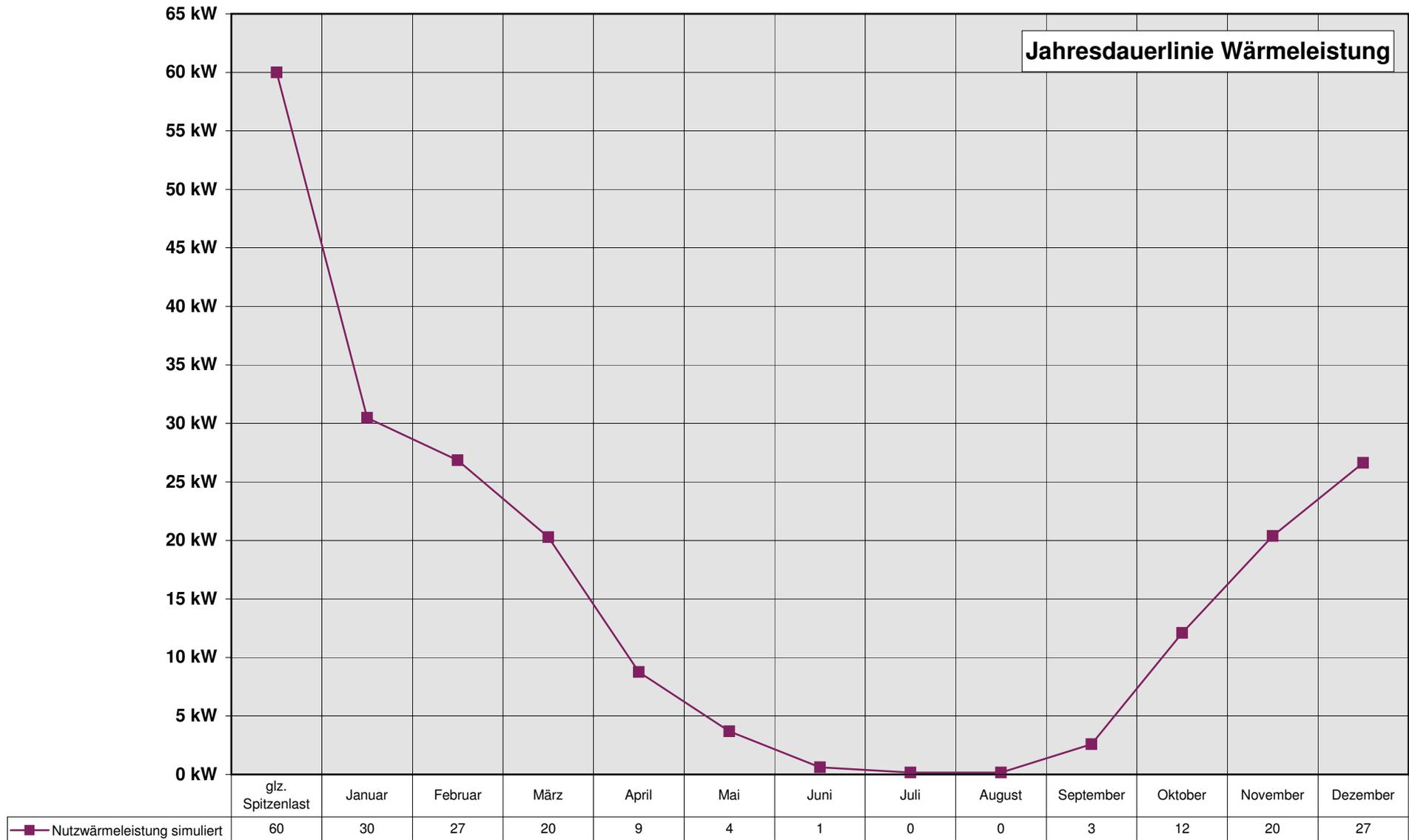
Anhang 2: Energiebedarfsausweis und Eingabeprotokoll „EnEV – 15 %“  
(für Beheizung mit Gas-Brennwertkessel)

## Anhang 1:

# Berechnungen zur Wärmeversorgung

Simulation Betriebsdaten der Wärmeerzeugung

Titel	Position		glz. Spitzenlast	Monate												Summe
				Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	
Nutzung	Tage	d/m		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Nutzwärme	Nutzwärmeleistung simuliert	kW	60	30	27	20	9	4	1	0	0	3	12	20	27	
(EnEV 2007 - 15 %)	Nutzwärmearbeit simuliert	kWh		22.673	18.047	15.091	6.300	2.743	436	124	121	1.866	8.993	14.677	19.813	110.882
<b>Simulation Holzpellets + BW-Kessel (bivalent)</b>																
Grundlast	Nutzwärmeleistung Holzessel	kW	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Pelletskessel	Laufzeit Holzessel (95 % verfügbar)	h		707	638	707	499	217	34	10	10	148	707	684	707	5.067
	Nutzwärmearbeit Holzessel	kWh		8.482	7.661	8.482	5.985	2.606	414	117	115	1.772	8.482	8.208	8.482	60.804
	Pelletsverbrauch Holzessel	kWh		10.471	9.458	10.471	7.389	3.217	511	145	142	2.188	10.471	10.133	10.471	75.067
Spitzenlast	Nutzwärmearbeit BW-Kessel	kWh		14.191	10.386	6.610	315	137	22	6	6	93	512	6.469	11.331	50.078
BW - Kessel	Nutzwärmeleistung BW-Kessel	kW	48	19	15	9	0	0	0	0	0	0	1	9	15	
	Gasverbrauch BW-Kessel	kWh		16.062	11.756	7.481	357	155	25	7	7	106	579	7.322	12.826	56.681
<b>Simulation Sole-Wärmepumpe + BW-Kessel (bivalent)</b>																
Grundlast	Nutzwärmeleistung Wärmepumpe	kW	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
WP (W35/S0)	Laufzeit Wärmepumpe (95 % verfügbar)	h		707	638	707	499	217	34	10	10	148	707	684	707	5.067
	Nutzwärmearbeit Wärmepumpe	kWh		8.482	7.661	8.482	5.985	2.606	414	117	115	1.772	8.482	8.208	8.482	60.804
	Stromverbrauch Wärmepumpe JAZ = 4,2	kWh		2.019	1.824	2.019	1.425	620	99	28	27	422	2.019	1.954	2.019	14.477
Spitzenlast	Nutzwärmearbeit BW-Kessel	kWh		14.191	10.386	6.610	315	137	22	6	6	93	512	6.469	11.331	50.078
BW - Kessel	Nutzwärmeleistung BW-Kessel	kW	48	19	14	9	0	0	0	0	0	0	1	9	16	
	Gasverbrauch BW-Kessel	kWh		16.062	11.756	7.481	357	155	25	7	7	106	579	7.322	12.826	56.681
<b>Simulation BHKW + BW-Kessel (bivalent)</b>																
Grundlast	Nutzwärmeleistung	kW	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
BHKW	Elektrische Leistung	kW	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
	Antriebsleistung	kW	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
	Laufzeit BHKW (95 % verfügbar)	h		707	638	707	499	217	34	10	10	148	707	684	707	5.067
	Stromerzeugung BHKW	kWh		4.241	3.830	4.241	2.992	1.303	207	59	57	886	4.241	4.104	4.241	30.402
	Nutzwärmearbeit BHKW	kWh		8.482	7.661	8.482	5.985	2.606	414	117	115	1.772	8.482	8.208	8.482	60.804
	Gasverbrauch BHKW	kWh		13.981	12.628	13.981	9.865	4.295	682	194	189	2.922	13.981	13.530	13.981	100.227
Spitzenlast	Nutzwärmearbeit BW-Kessel	kWh		14.191	10.386	6.610	315	137	22	6	6	93	512	6.469	11.331	50.078
BW - Kessel	Nutzwärmeleistung BW-Kessel	kW	48	18	15	8	0	0	0	0	0	0	0	8	15	
	Gasverbrauch BW - Kessel	kWh		16.062	11.756	7.481	357	155	25	7	7	106	579	7.322	12.826	56.681
<b>Simulation BW-Kessel (monoalent)</b>																
Gesamtlast	Nutzwärmeleistung BW-Kessel	kW	60	30	27	20	9	4	1	0	0	3	12	20	27	
BW-Kessel	Nutzwärmearbeit BW-Kessel	kWh		22.673	18.047	15.091	6.300	2.743	436	124	121	1.866	8.993	14.677	19.813	110.882
	Gasverbrauch BW-Kessel simuliert	kWh		25.662	20.427	17.081	7.131	3.105	493	140	137	2.112	10.179	16.612	22.426	125.503
<b>Simulation Holzpellets (monoalent)</b>																
Gesamtlast	Nutzwärmeleistung Holzessel	kW	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	
Pelletskessel	Laufzeit Holzessel	h		378	301	252	105	46	7	2	2	31	150	245	330	1.848
	Nutzwärmearbeit Holzessel	kWh		22.673	18.047	15.091	6.300	2.743	436	124	121	1.866	8.993	14.677	19.813	110.882
	Pelletsverbrauch Holzessel	kWh		27.991	22.280	18.631	7.778	3.386	538	153	149	2.303	11.103	18.119	24.460	136.892



## Relation Investitionskosten Wärmeerzeugung

Bezeichnung		Maßnahme	Holzpellets + Brennwertkessel bivalent	Sole/Wasser-WP + Brennwertkessel bivalent	BHKW + Brennwertkessel bivalent	Brennwertkessel monovalent	Holzpellets monovalent
Titel	Nr.:	Position	Kosten netto	Kosten netto	Kosten netto	Kosten netto	Kosten netto
<b>Brennwertkessel / monovalent</b>	1	<b>Mehrkosten</b> bzw. <b>Minderkosten</b> für Gas - BW Kessel, inkl. Brenner, Abgaswärmetauscher, MSR-Technik, Schornsteinanlage, Gasversorgung etc.				4.000 €	-15.000 €
<b>Titelsumme</b>		<b>Brennwertkessel / monovalent</b>	<b>0 €</b>	<b>0 €</b>	<b>0 €</b>	<b>4.000 €</b>	<b>-15.000 €</b>
<b>Pelletsessel / bivalent</b>	1	Pelletsessel 12 bzw. 60 kW, Pelletsförderung, Aschekomprimierung, etc.	9.000 €				28.000 €
	2	Pufferspeicher 1.000 bzw. 2.500 Liter, hydraulische Einbindung, Rohrleitungen, Wärmedämmung, Pumpen, Armaturen, Feldgeräte, etc.	7.000 €				12.000 €
	3	Schornsteinanlage, Abgasleitungen, etc.	5.000 €				7.000 €
	4	Schalt-, Mess-, Steuer- und Regelungsanlagen, Verkabelung, Energieversorgung, etc.	12.000 €				18.000 €
	5	unterirdischer Pellets-Bunker, Nutzvolumen 20 bzw. 30 m³	13.000 €				19.000 €
<b>Titelsumme</b>		<b>Pelletsessel / bivalent</b>	<b>46.000 €</b>				<b>84.000 €</b>
<b>Wärmepumpe / bivalent</b>	1	Wärmepumpe 12 kW (W35/S0), Schaltanlage, Pumpenmodule und Einzelabsicherung, etc.		14.000 €			
	2	Bohrungen, Tiefbau, Erdsonden 60 MWh/a, Soleverteiler, Anbindung, Glykol, etc.		30.000 €			
	3	Pufferspeicher 1.000 Liter, hydraulische Einbindung, Rohrleitungen, Wärmedämmung, Pumpen, Armaturen, Feldgeräte, etc.		7.000 €			
	4	Schalt-, Mess-, Steuer- und Regelungsanlagen, Verkabelung, Energieversorgung, etc.		12.000 €			
	5	Mehrkosten für Niedertemperatursystem Fahrzeughalle / 1. OG		16.000 €			
<b>Titelsumme</b>		<b>Wärmepumpe / bivalent</b>		<b>79.000 €</b>			

## Relation Investitionskosten Wärmeerzeugung

Bezeichnung		Maßnahme	Holzpellets + Brennwertkessel bivalent	Sole/Wasser-WP + Brennwertkessel bivalent	BHKW + Brennwertkessel bivalent	Brennwertkessel monovalent	Holzpellets monovalent
Titel	Nr.:	Position	Kosten netto	Kosten netto	Kosten netto	Kosten netto	Kosten netto
<b>BHKW / bivalent</b>	1	BHKW - Modul 6 <sub>el</sub> / 12 <sub>th</sub> kW, etc.			18.000 €		
	2	Pufferspeicher 1.000 Liter, hydraulische Einbindung, Rohrleitungen, Wärmedämmung, Pumpen, Armaturen, Feldgeräte, etc.			7.000 €		
	3	Schornsteinanlage, Abgasleitungen, Abgaswärmetauscher, etc.			5.000 €		
	4	Gasversorgung, Rohrleitungen, Armaturen, etc.			3.000 €		
	5	Schalt-, Mess-, Steuer- und Regelungsanlagen, Verkabelung, Energieversorgung, etc.			12.000 €		
<b>Titelsumme</b>		<b>BHKW / bivalent</b>			<b>45.000 €</b>		
<b>Gesamtsumme</b>		<b>Summe Herstellkosten</b>	<b>46.000 €</b>	<b>79.000 €</b>	<b>45.000 €</b>	<b>4.000 €</b>	<b>69.000 €</b>
<b>Planungskosten</b>		<b>Planungskosten ca. 15 %</b>	<b>6.900 €</b>	<b>11.850 €</b>	<b>6.750 €</b>	<b>600 €</b>	<b>10.350 €</b>
<b>Förderung</b>		<b>gem. Energieagentur NRW</b>	<b>-1.875 €</b>	<b>-4.725 €</b>	<b>-8.350 €</b>	<b>0 €</b>	<b>-1.875 €</b>
<b>Gesamtsumme</b>		<b>Investitionskosten netto</b>	<b>51.025 €</b>	<b>86.125 €</b>	<b>43.400 €</b>	<b>4.600 €</b>	<b>77.475 €</b>
MWST		19%	9.695 €	16.364 €	8.246 €	874 €	14.720 €
<b>Gesamtsumme</b>		<b>Investitionskosten brutto</b>	<b>60.720 €</b>	<b>102.489 €</b>	<b>51.646 €</b>	<b>5.474 €</b>	<b>92.195 €</b>

## Relation Vollkosten Wärmeerzeugung

Preise Faktoren		Variante	Holzpellets + Brennwertkessel bivalent	Sole/Wasser-WP + Brennwertkessel bivalent	BHKW + Brennwertkessel bivalent	Brennwertkessel monovent	Holzpellets monovent
Titel	Nr.:	Position	Kosten netto	Kosten netto	Kosten netto	Kosten netto	Kosten netto
<b>Grundpreis</b>		Herstellkosten	46.000,00 €	79.000,00 €	45.000,00 €	4.000,00 €	69.000,00 €
		davon Herstellkosten Komponenten ohne Instandhaltung und Wartung	13.000,00 €	46.000,00 €	0,00 €	0,00 €	19.000,00 €
		Investitionskosten	51.025,00 €	86.125,00 €	43.400,00 €	4.600,00 €	77.475,00 €
		Zinssatz	3,50%	3,50%	3,50%	4,50%	3,50%
		Laufzeit / Nutzungsdauer gewichtet - <i>Herstellkosten allgemein: 15 a</i> - <i>ohne Instandhaltung und Wartung: 30 a</i> - <i>Planungskosten: 30 a</i>	20,3 a	24,3 a	14,4 a	17,0 a	20,3 a
	1	<b>konstante Kapitalkosten</b>	<b>3.553,45 € / a</b>	<b>5.327,34 € / a</b>	<b>3.878,51 € / a</b>	<b>393,60 € / a</b>	<b>5.391,69 € / a</b>
	2	<b>Reparaturen, Wartung und Instandhaltung</b>	<b>1.552,37 € / a</b>	<b>946,48 € / a</b>	<b>1.649,75 € / a</b>	<b>393,76 € / a</b>	<b>2.368,92 € / a</b>
<b>Titelsumme</b>	<b>PG<sub>0</sub></b>	<b>Grundpreis</b>	<b>5.105,83 € / a</b>	<b>6.273,81 € / a</b>	<b>5.528,25 € / a</b>	<b>787,36 € / a</b>	<b>7.760,60 € / a</b>

## Relation Vollkosten Wärmeerzeugung

Preise Faktoren		Variante	Holzpellets + Brennwertkessel bivalent	Sole/Wasser-WP + Brennwertkessel bivalent	BHKW + Brennwertkessel bivalent	Brennwertkessel monovent	Holzpellets monovent
Titel	Nr.:	Position	Kosten netto	Kosten netto	Kosten netto	Kosten netto	Kosten netto
Arbeitspreis		Gas BHKW			100,23 MWh / a		
		Gas Kesselanlagen	56,68 MWh / a	56,68 MWh / a	56,68 MWh / a	125,50 MWh / a	
		Summe Gas	56,68 MWh / a	56,68 MWh / a	156,91 MWh / a	125,50 MWh / a	
		spez. Brennstoffkosten (Gas H0)	52,55 € / MWh	52,55 € / MWh	49,04 € / MWh	52,55 € / MWh	
	<b>1</b>	<b>Brennstoffkosten Gas</b>	<b>2.978,60 € / a</b>	<b>2.978,60 € / a</b>	<b>7.694,28 € / a</b>	<b>6.595,21 € / a</b>	<b>0,00 € / a</b>
		Pellets	75,07 MWh / a				136,89 MWh / a
		spez. Kosten Pellets / Holz	35,84 € / MWh				35,84 € / MWh
	<b>2</b>	<b>Brennstoffkosten Holz</b>	<b>2.690,41 € / a</b>	<b>0,00 € / a</b>	<b>0,00 € / a</b>	<b>0,00 € / a</b>	<b>4.906,20 € / a</b>
		Betriebsstrom		14,48 MWh / a			
		spez. Stromkosten		127,93 € / MWh			
<b>3</b>	<b>Stromkosten</b>	<b>0,00 € / a</b>	<b>1.852,00 € / a</b>	<b>0,00 € / a</b>	<b>0,00 € / a</b>	<b>0,00 € / a</b>	
	BHKW Rückspeisestrom in das öffentl. Netz des Stromversorgers / Eigenstromversorgung				30,40 MWh / a		
	spez. Vergütung Rückspeisestrom / Eigenstrom				-136,06 € / MWh		
<b>4</b>	<b>Stromgutschrift</b>	<b>0,00 € / a</b>	<b>0,00 € / a</b>	<b>-4.136,37 € / a</b>	<b>0,00 € / a</b>	<b>0,00 € / a</b>	
<b>Titelsumme</b>		<b>Arbeitspreis</b>	<b>5.669,01 € / a</b>	<b>4.830,60 € / a</b>	<b>3.557,91 € / a</b>	<b>6.595,21 € / a</b>	<b>4.906,20 € / a</b>

## Relation Vollkosten Wärmeerzeugung

Preise Faktoren		Variante	Holzpellets + Brennwertkessel bivalent	Sole/Wasser-WP + Brennwertkessel bivalent	BHKW + Brennwertkessel bivalent	Brennwertkessel monovalent	Holzpellets monovalent
Titel	Nr.:	Position	Kosten netto	Kosten netto	Kosten netto	Kosten netto	Kosten netto
		Gesamtnutzwärme	110,88 MWh / a	110,88 MWh / a	110,88 MWh / a	110,88 MWh / a	110,88 MWh / a
	PA <sub>0</sub>	Arbeitspreis	51,13 € / MWh	43,57 € / MWh	32,09 € / MWh	59,48 € / MWh	44,25 € / MWh
<b>Gesamtsumme</b>		Wärmelieferung netto	10.774,83 € / a	11.104,42 € / a	9.086,17 € / a	7.382,56 € / a	12.666,80 € / a
		19% MWST	2.047,22 € / a	2.109,84 € / a	1.726,37 € / a	1.402,69 € / a	2.406,69 € / a
		Wärmelieferung brutto	12.822,05 € / a	13.214,26 € / a	10.812,54 € / a	8.785,25 € / a	15.073,50 € / a
<b>CO<sub>2</sub>Emissionen</b>		Strom 0,647 t/MWh Pellets 0,042 t/MWh Gas 0,249 t/MWh	17,3 t / a	23,5 t / a	19,4 t / a	31,3 t / a	5,7 t / a
<b>Kosten für CO<sub>2</sub>-Einsparung</b>		bezogen auf Brennwertkessel monovalent	288,68 € / t	570,02 € / t	171,07 € / t		246,59 € / t

