



# Wärmeversorgungskonzept für das Baugebiet Mainz-Finthen

bml-ing.de



**Auftraggeber:**

**BPD Immobilienentwicklung GmbH  
Lyoner Straße 15  
60528 Frankfurt am Main**

**Bearbeiter: Dipl.-Ing. Herbert Bischoff**

**Offenbach, den 25.07.2016**

**überarbeitet am 14.11.2016**

## Kapitel

## Inhaltsverzeichnis



### Inhaltsverzeichnis

Kapitel	Seite
1 Aufgabenstellung .....	3
2 Grundlagen .....	5
3 Wärmebedarf und Wärmeverbrauch .....	6
4 Technische Konzeptionen der Wärmeversorgung .....	8
4.1 Variante A: Brennwerttherme mit Solarthermie.....	9
4.2 Variante B: Wärmepumpe (Luft / Wasser).....	10
4.3 Variante C: Erdgas-BHKW 50 kW <sub>el</sub> .....	11
4.4 Variante D: Biomasse-Heizwerk.....	12
5 Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung .....	13
5.1 Investitionskostenschätzung und kapitalgebundene Kosten.....	14
5.2 Verbrauchs- und betriebsgebundene Kosten .....	15
5.3 Stromvergütung bei Varianten C .....	16
5.4 Wärme(rest)kosten.....	17
6 Primärenergiefaktor.....	18
7 Emissionsberechnung .....	19
8 Akteure, Finanzierung, Förderung.....	20
9 Zusammenfassung und Resümee.....	21
10 Anlagen.....	22



**Aufgabenstellung**

1

Die Stadt Mainz hat im Stadtteil Mainz-Finthen südlich der Flughafenstraße ein Neubaugebiet mit 20 Einfamilien-, 14 Reihen- und 16 Reihenmittelhäusern ausgewiesen. Die bpd Immobilienentwicklung GmbH (bpd) wurde beauftragt, das Baugebiet zu erschließen und zu bebauen. Mit dem Ziel, die Energieverbräuche und CO<sub>2</sub>-Emissionen des Wohneinheiten gering zu halten sowie die jährlichen Kosten für die Nutzer zu reduzieren, war im Auftrag der bpd ein Wärmeversorgungskonzept für das Baugebiet zu erarbeiten.

Um die technisch, wirtschaftlich und ökologisch günstigste Lösung für die Wärmeversorgung des Baugebietes zu finden, wurden vier technische Varianten betrachtet. Danach kann die Entscheidung über die zukünftige Wärmeversorgung getroffen sowie weitere Planungsschritte eingeleitet werden:

**Variante A: Dezentrale Versorgung**

Gasbrennwertkessel mit thermischer Solaranlage (zur Einhaltung des des EEWärmeG) jeweils pro Gebäude.

Brennstoff: Erdgas H

**Variante B: Dezentrale Versorgung**

Heizung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe jeweils pro Gebäude

Energiequelle: elektr. Strom, Umgebungswärme

**Variante C: Zentrale Versorgung**

Nahwärmezentrale im Nordosten des Baugebietes (Annahme): Zentrales BHKW mit Spitzenkessel und technischen Subsystemen, Wärmebereitstellung mittels erdverlegtem Nahwärmenetz sowie indirekter Übergabestation jeweils pro Gebäude

Brennstoff:: Erdgas H

**Variante D: Zentrale Versorgung**

Nahwärmezentrale im Nordosten des Baugebietes (Annahme): Zentrale Holzpellet-Kesselanlage und technischen Subsysteme, Wärmebereitstellung mittels erdverlegten Nahwärmenetz sowie indirekter Übergabestationen jeweils Pro Gebäude

Brennstoff: Holzpellets

Die Investitionskosten der Versorgungsvarianten sind zu schätzen, dabei sind auch die notwendigen Subsysteme, wie Druckhaltung, Wasseraufbereitung, Pumpen und Armaturen, bauliche Maßnahmen etc. technisch und kostenmäßig zu erfassen.



**Aufgabenstellung**

1

Aus den kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten der Energieversorgungsvarianten sowie der Gutschrift aus der Stromerzeugung für die Variante C sind die Wärme(rest)kosten zu ermitteln und diese mit den anderen Varianten zu vergleichen.

Die ökologischen Auswirkungen der Energieversorgungsvarianten B, C und D sind im Vergleich zu der Variante A darzustellen. Hier ist insbesondere die Emission des Treibhausgases CO<sub>2</sub> zu bewerten.

Die Aufgabe besteht in der Erstellung eines solchen Energiekonzeptes, um die technisch und wirtschaftlich günstigste Variante herauszufinden. Das Ergebnis der Untersuchung ist in einem Abschlussbericht darzustellen und in einer Übersicht zusammenzufassen. Diese ist in **Anlage 1** enthalten.

Auftraggeber:                    bpd  
   Immobilienentwicklung GmbH  
   Lyoner Straße 15  
   60528 Frankfurt am Main

Ansprechpartner :            Frau Feodora Wolff  
   Tel.:            0 69 / 50 95 79 10 - 73  
   Fax:            0 69 / 50 95 79 10 - 73  
   E-Mail:        f.wolff@bpd-de.de



Materialien und Daten  
Vor-Ort-Datenaufnahme  
Gesetze, Normen und Richtlinien  
Literatur

Das vorliegende Energieversorgungskonzept wurde auf Basis folgender Grundlagen erstellt:

- unser Angebot vom 26.02.2016 und die Beauftragung der bpd vom 18.04.2016
- alle Daten, Informationen und Aspekte aus der Besprechung bei bpd vom 15.04.2016 sowie aus den per E-Mail übersendeten Unterlagen vom 20. und 22.04.2016 sowie 10.06.2016
- Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 29. Juni 2015 (BGBl. I S. 1010) geändert worden ist
- Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (EEWärmeG) vom 7. August 2008 (BGBl. I S. 1658), das zuletzt durch Artikel 9 des Gesetzes vom 20. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1722, 1732) geändert worden ist
- Gesetz zur Neuregelung des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWKG) vom 21. Dezember 2015
- Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) aus dem Jahre 1986, die zuletzt am 30. Juli 2002 (GMBI S. 511 vom 24. Juli 2002) geändert worden ist
- Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BImSchV vom 26. Januar 2010 (BGBl. I S. 38), die zuletzt am 08. September 2015 (GMBI S. 1474, 1487 vom 31. August 2015) geändert worden ist
- Energieeinsparverordnung (EnEV 2013) vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 24. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1789, 1790) geändert worden ist
- VDI-Richtlinie 2067, Blatt 1: Berechnung der Kosten von Energieversorgungsanlagen - betriebstechnische und wirtschaftliche Grundlagen, September 2012
- Stromnetzentgeltverordnung vom 25. Juli 2005 (BGBl. I S. 2225), zuletzt geändert durch Artikel 312 VO vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474, 1519)
- Globales Emissions-Modell-Integrierter-Systeme (GEMIS), Version 4.94 (Stand 03/2015)
- KWK-Index EEX Leipzig (Stand Q2/2016)
- Erdgasbezug: ENTEGA Energie GmbH: Tarif ENTEGA Erdgas XL (Stand 01.11.2014)  
Strombezug: ENTEGA Energie GmbH: ENTEGA Ökostrom Gewerbe (Stand 01.01.2015)  
Holzpelletbezug: Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V. (DEPV, Stand 03/2016)
- ENTEGA Energie GmbH Website für Fördermittel (Stand 01/2016)
- Förderrichtlinien der Mainzer Stiftung für Klimaschutz und Energieeffizienz für KWK-Anlagen (Stand 01/2016)
- Förderrichtlinien des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausführungkontrolle für elektrische Wärmepumpen mit der Wärmequelle Luft (Stand 01/2016)



Untersuchungsgebiet  
 Wärmebedarf  
 Wärmeverbrauch

**Wärmebedarf und Wärmeverbrauch**

3

Das Untersuchungsgebiet liegt am westlichen Rand des Stadtteils Mainz-Finthen südlich der Flugplatzstraße. Als Nutzung ist ausschließlich Wohnbebauung in Einzel- und Reihenhäusern vorgesehen.

Der Wärmebedarf der zukünftigen Gebäude wird begrenzt durch die Berechnung der Heizlast nach DIN 12831 einschließlich eines Zuschlags für die Warmwasserbereitung, die die maximal benötigte Wärmeleistung für ein Gebäude darstellt. Die Heizlastberechnung erfolgt hier nach dem vereinfachten Hüllflächenverfahren mit den nach EnEV maximal zulässigen Wärmedurchgangswerten (U-Werte). Zukünftig ist aufgrund politischer Vorgaben von weiter sinkenden Wärmeenergiebedarfswerten auszugehen. Die zurzeit gültige EnEV 2014 (Fortschreibung 01.01.2016) nähert sich bereits fast dem Passivhausstandard an.

Die Stadt Mainz sieht in dem Merkblatt „Anforderungen der Stadt Mainz an Energiekonzepten“ die Betrachtung verschiedener Gebäudestandards vor. Hierbei sollen neben EnEV-Standard auch Passiv- und KfW-Effizienzhausstandards berücksichtigt werden. Welche Gebäudestandards zur Anwendung kommen, muss in einem städtebaulichen Vertrag zwischen der Stadt Mainz und dem Investor geregelt werden. Der hier berechnete Wärmeverbrauch reduziert sich um bis zu 40 % bei Planung nach Passivhausstandard.

Bei der Berechnung des Wärmebedarfs der Gebäude sind zwei verschiedene Bedarfswerte zu unterscheiden: aus dem Hüllflächenverfahren lässt sich der gesamte Wärmeverlust, also der Wärmebedarf der Heizung ermitteln. Dieser Wert ist noch um einen sog. Kesselzuschlag zu erhöhen, um den Wärmebedarf der Warmwasserbereitung berücksichtigen zu können. Zu diesen zwei verschiedenen Bedarfswerten gehört je ein Gleichzeitigkeitsfaktor, der der nachstehenden Tabelle zu entnehmen ist. Nach Multiplikation der zusammengehörigen Werte ergeben sich daraus zwei Wärmehöchstlasten, die zusammenaddiert wurden, um die Gesamtwärmehöchstlast bei den Varianten C und D zu bekommen. Bei den Varianten A und B, in denen die Wärmeversorgung nicht zentral ist, wurden die Kesselzuschläge durch verschiedene Gleichzeitigkeitsfaktoren je nach Gebäudetyp ermittelt und nach Multiplikation als Gesamtwärmebedarf zusammenaddiert. Die Details der Berechnung sind aus der **Anlage 2** zu entnehmen.

	Heizwärmebedarf	Wärmebedarf der Warmwasserbereitung
Wärmebedarf	274 kW	173 kW
Gleichzeitigkeitsfaktor	0,8	0,1
Wärmehöchstlast	219 kW	17 kW
Wärmehöchstlast Gesamt bei Var. C und D	237 kW	
Wärmebedarf Gesamt bei Var. A + B	447 kW	



Untersuchungsgebiet  
 Wärmebedarf  
 Wärmeverbrauch

**Wärmebedarf und Wärmeverbrauch**

3

Auch bei der Berechnung des Wärmeverbrauchs ist neben dem Wert für Heizung, der sich aus dem obengenannten Leistungsbedarf unter Berücksichtigung der spezifischen Vollbenutzungsstunden ergibt, der Warmwasserverbrauch einzubeziehen. Nach EnEV 2014, Anlage 1, 2.2, ist für Wohngebäude von einem spezifischen Verbrauch für Warmwasser in Höhe von 12,5 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) auszugehen. Im Fall der zentral versorgten Varianten C und D sind die Wärmeverluste des Nahwärmenetzes zu berücksichtigen. Die Berechnung ist **Anlage 4, Blatt 4** zu entnehmen. Somit ergibt sich der Gesamtwärmeverbrauch zu:

	Wärmeverbrauch	Spez. Wärmeverbrauch
Heizungs-Wärmeverbrauch	411 MWh/a	42,4 kWh/m <sup>2</sup>
Warmwasser-Wärmeverbrauch	122 MWh/a	
Gesamt-Wärmeverbrauch Kunden	533 MWh/a	54,9 kWh/m <sup>2</sup>
Netzwärmeverlust bei Varianten C und D	76 MWh/a	-
Gesamt-Wärmeerzeugung	609 MWh/a	-

## Kapitel

## Technische Konzeptionen der Wärmeversorgung

# 4



Variante A: Brennwerttherme + Solarthermie	4.1
Variante B: Wärmepumpe (Luft / Wasser)	4.2
Variante C: Erdgas-BHKW 50 kWel	4.3
Variante D: Biomasse-Heizwerk	4.4

### Technische Konzeptionen der Wärmeversorgung

#### 4

Die Technischen Konzeptionen der Wärmeversorgung für alle Versorgungsvarianten sind nach den im Kapitel 3 genannten Wärmebedarfswerten ausgelegt, der daraus ermittelten Bedarfsganglinie sowie den benötigten Heizwassertemperaturen. Berücksichtigt werden Brennwertthermen mit thermischen Solaranlagen, Luft-Wasser-Wärmepumpe, Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK) mit Brennstoff Erdgas sowie Holzpelletkessel. Das Konzept mit Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK) ist mit einem Brennwertkessel als Spitzenkessel mit dem Brennstoff Erdgas ergänzt.

In den folgenden Abschnitten sind die Varianten der Wärmeversorgung mit ihren Technischen Konzeptionen im Einzelnen erläutert. Die Leistungswerte der Erzeugungsanlagen und ihrer Komponenten sind für alle Varianten in der Tabelle „Zusammenstellung der Versorgungsvarianten“ in **Anlage 1** vollständig aufgeführt.

Liefer- und Leistungsgrenzen sind

Input :	Brennstoffbereitstellung, Versorgung auf dem Grundstück und Entsorgung der Asche durch Müllabfuhr (Variante D)
Output :	Heizwasser am Ausgang des Wärmetauschers im Gebäude; Stromeinspeisung in das Niederspannungsnetz der ENTEGA GmbH

## Kapitel

## Technische Konzeptionen der Wärmeversorgung

# 4



- Variante A: Brennwerttherme + Solarthermie 4.1
- Variante B: Wärmepumpe (Luft / Wasser) 4.2
- Variante C: Erdgas-BHKW 50 kWel 4.3
- Variante D: Biomasse-Heizwerk 4.4

### Variante A: Brennwerttherme mit Solarthermie

4.1

**Aufbau:** Errichtung von dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen mit Brennwerttherme und Solarthermie zur Versorgung der jeweiligen Gebäude mit Wärme zur Heizung und Warmwasserbereitung.

**Brennstoff:** Kessel – Erdgas H

**Standort:** Dezentral in den Gebäuden

**Komponenten:** Gas-Brennwertkessel in verschiedenen Größen je nach Gebäudebedarf, Thermische Einzelleistungen ca. von 6 bis 12 kW, insgesamt 50 Stück  
Zur Kessel gehörende außenliegende Kaminanlagen, Höhe ca. 9m,  
Herstellen eines neuen Erdgashausanschlusses,  
Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung (nach EEWärmeG 15% der gesamten Wärmeerzeugung), Fläche je nach Gebäudebedarf,  
Rohrleitungen, Armaturen und Wärmedämmung,  
E- und MSR-Technik,  
Anteiliger Raumbedarf für die Heizung.

**Layoutentwurf:** **Anlage 8**, Zeichnungsnummer Var. A

## Kapitel

## Technische Konzeptionen der Wärmeversorgung

# 4



• Variante A: Brennwerttherme + Solarthermie	4.1
• Variante B: Wärmepumpe (Luft / Wasser)	4.2
• Variante C: Erdgas-BHKW 50 kWel	4.3
• Variante D: Biomasse-Heizwerk	4.4

### Variante B: Wärmepumpe (Luft / Wasser)

4.2

**Aufbau:** Errichtung von dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen mit Luft-Wasser-Wärmepumpen zur Versorgung der jeweiligen Gebäude mit Wärme zur Heizung und Warmwasserbereitung.

**Standort:** Dezentral in den Gebäuden

**Komponenten:** Wärmepumpe (Luft / Wasser) Innenaufstellung,  
einzelne thermische Leistungen: ca. von 3 bis 9 kW  
zzgl 3 kW Elektroheizstab  
mittlere Jahresarbeitszahl ca. 3,7  
Pufferspeicher in jedem Gebäude, mit verschiedenen Volumen,  
Rohrleitungen, Armaturen und Wärmedämmung,  
E- und MSR-Technik,  
Anteiliger Raumbedarf für die Heizung.

**Layoutentwurf:** **Anlage 8**, Zeichnungsnummer Var. B

## Kapitel

## Technische Konzeptionen der Wärmeversorgung

# 4



• Variante A: Brennwerttherme + Solarthermie	4.1
Variante B: Wärmepumpe (Luft / Wasser)	4.2
Variante C: Erdgas-BHKW 50 kW <sub>el</sub>	4.3
Variante D: Biomasse-Heizwerk	4.4

### Variante C: Erdgas-BHKW 50 kW<sub>el</sub>

### 4.3

**Aufbau:** Errichtung einer zentralen Wärmeerzeugungsanlage mit motorgetriebenem BHKW und Spitzenkessel mit Nahwärmenetz zur Versorgung der angeschlossenen Gebäude mit Wärme zur Heizung und Warmwasserbereitung. Rückeinspeisung des erzeugten Stroms mit Zuschlag nach KWKG-Gesetz.

**Brennstoff:** BHKW-Modul – Erdgas H  
Spitzenkessel – Erdgas H

**Standort:** Heizzentrale im Nordosten des Versorgungsgebietes

**Komponenten:** Motormodul mit Generator und Schallschutzhaube als Package, Leistung ca. 81 kW<sub>th</sub>, ca. 50 kW<sub>el</sub>,  
Pufferspeicher in der Heizzentrale, Volumen ca. 2,5 m<sup>3</sup> für ca. 1 h Volllast,  
1 Gasbrennwertkessel incl. modulierendem Brenner, Leistung 1 x ca. 170 kW,  
Leistungsauslegung: ca.34% der Wärmehöchstlast als Redundanz,  
Herstellen eines neuen Erdgasanschlusses,  
neue Kaminanlage außerhalb des Gebäudes zweizügig, H = ca. 9 m,  
Druckhaltung, Heizungswasseraufbereitung,  
Rohrleitungen und Armaturen in der Heizzentrale, Wärmedämmung nach EnEV aus Mineralwolle und Blechummantelung,  
Be- und Entlüftung, Elektro- und MSR-Technik,  
Nahwärmenetz KMR-Rohr Dämmserie 3, erdverlegt,  
indirekte Übergabestationen in den Verbrauchergebäuden,  
Warmwasserbereitung kundenseitig

**Darstellung:** Jahresdauerlinie **Anlage 3**, Blatt 1

**Lageplan:** **Anlage 7**, Plannummer WK-03

**Layoutentwurf:** **Anlage 8**, Plannummer H-03

## Kapitel

## Technische Konzeptionen der Wärmeversorgung

# 4



Variante A: Brennwerttherme + Solarthermie	4.1
Variante B: Wärmepumpe (Luft / Wasser)	4.2
Variante C: Erdgas-BHKW 50 kWel	4.3
• Variante D: Biomasse-Heizwerk	4.4

### Variante D: Biomasse-Heizwerk

### 4.4

**Aufbau:** Errichtung einer zentralen Wärmeerzeugungsanlage mit Holzpelletkessel mit Nahwärmenetz zur Versorgung der angeschlossenen Gebäude mit Wärme zur Heizung und Warmwasserbereitung.

**Brennstoff:** Biomassekessel – Holzpellets

**Standort:** Heizzentrale im Nordosten des Versorgungsgebietes

**Komponenten:** 2 Biomassekessel mit einer thermischen Leistung von 108kW und 135 kW, Behälter und Fördersystem zur Austragung und Beschickung der Holzpellets, Befüllrhythmus ca. 3-4 Füllungen pro Jahr  
Pufferspeicher 7,5m<sup>3</sup> in der Heizzentrale,  
neue Kaminanlage außerhalb des Gebäudes zweizügig, H = ca. 9 m,  
Druckhaltung, Wasseraufbereitung (Entsalzung und Dosierung),  
Rohrleitungen und Armaturen in der Heizzentrale, Wärmedämmung nach EnEV aus Mineralwolle und Blechummantelung,  
Be- und Entlüftung, Elektro- und MSR-Technik,  
Nahwärmenetz KMR-Rohr Dämmserie 3, erdverlegt,  
indirekte Übergabestationen in den Verbrauchergebäuden,  
Warmwasserbereitung kundenseitig.

**Darstellung:** Jahresdauerlinie **Anlage 3, Blatt 2**

**Lageplan:** **Anlage 7**, Plannummer WK-03

**Layoutentwurf:** **Anlage 8**, Plannummer H-04

## Kapitel

## Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung

# 5



Investitionskostenschätzung	5.1
Verbrauchs- und Betriebskosten	5.2
Stromvergütung bei Varianten C	5.3
Wärme(rest)kosten	5.4

### Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung

## 5

Die Wirtschaftlichkeit der Varianten der Wärmeversorgung wurde durch eine statische Wirtschaftlichkeitsrechnung (Kostenvergleichsrechnung) in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 für alle technischen Varianten untersucht. Hiernach teilen sich die Kosten der Wärmeerzeugung auf in kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundene Kosten und ergeben die Wärmekosten. Bei den Anlagen mit Stromerzeugung (Variante C) ist für den erzeugten Strom eine Vergütung in entsprechender Höhe abzuziehen. Die resultierenden Kosten sind die Wärme(rest)kosten.

bml-Ing.de

Wesentliche Parameter waren für alle Rechenvorgänge die folgend aufgeführten Grundlagen:

- kalkulatorischer Zinssatz: 5,0 % / a
- Nutzungsdauer: Contracting-Vertragsdauer pauschal 15 a
- Erdgaspreis: ENTEGA Energie GmbH: Tarif ENTEGA Erdgas XL
- Holzpelletpreis: Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V.
- Strombezugspreis: ENTEGA Energie GmbH: ENTEGA Ökostrom Gewerbe
- Einspeisevergütung: für Erdgas-BHKW: nach KWK-Gesetz –  
für 50 kW<sub>el</sub>: 116,45 € / MWh

Aus der Investitionskostenschätzung wurden die kapitalgebundenen Kosten nach der Annuitätenmethode mit einem zins- und Nutzungsdauerabhängigen Annuitätsfaktor ermittelt. Die verbrauchsgebundenen Kosten umfassen in erster Linie Brennstoffkosten. Weiterhin sind alle verbrauchsabhängigen Kosten für Hilfsenergie und Hilfsstoffe berücksichtigt. Zu den betriebsgebundenen Kosten gehören Instandsetzung, Steuern und Versicherungen, Personalkosten und sonstige Kosten wie Wartung, Emissionsüberwachung durch Schornsteinfeger, Wärmeabrechnung etc.

Die vollständige Wirtschaftlichkeitsrechnung ist in **Anlage 4 Blatt 2** enthalten.

Kapitel

Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung

5



- Investitionskostenschätzung 5.1
- Verbrauchs- und Betriebskosten 5.2
- Stromvergütung bei Varianten C 5.3
- Wärme(rest)kosten 5.4

**Investitionskostenschätzung und kapitalgebundene Kosten**

**5.1**

Die überschlägigen Investitionskosten aller Varianten wurden für alle Hauptkomponenten wie z.B. Motor-Modul des BHKW, Brennwertkessel, Wärmepumpe, Holzpelletkessel, Wärmespeicher, Wasseraufbereitung und Druckhaltung durch Einholung aktueller Richtpreise sowie auf Basis vorliegender Angebote geschätzt. Die Investitionskosten der übrigen Komponenten und Systeme wurden aus Herstellerpreislisten sowie von aktuellen vergleichbaren Projekten übernommen.

Der Summe der Einzelpositionen wurde noch ein ca. 5%-iger pauschaler Zuschlag für „Unvorhergesehenes“ sowie Planungskosten nach HOAI hinzuaddiert.

In der **Anlage 4, Blatt 5 bis 8** zur statischen Wirtschaftlichkeitsrechnung sind alle Investitionstitel pro Variante bei der Ermittlung der kapitalgebundenen Kosten aufgeführt.

Im Folgenden die Investitionskostenschätzung und die kapitalgebundenen Kosten für alle Varianten (**Anlage 4, Blatt 2, 11 und 17**):

Kosten	Einheit	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
Investitionskosten (brutto)	€	1.568.253	1.742.993	1.351.109	1.300.854
Kapitalgebundene Kosten (brutto)	€ / a	151.089	167.924	133.563	125.327

Kapitel

Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung

5



Investitionskostenschätzung	5.1
• <b>Verbrauchs- und Betriebskosten</b>	<b>5.2</b>
Stromvergütung bei Varianten C	5.3
Wärme(rest)kosten	5.4

**Verbrauchs- und betriebsgebundene Kosten**

**5.2**

Die verbrauchsgebundenen Kosten umfassen in erster Linie Brennstoffkosten. Weiterhin sind alle verbrauchsabhängigen Kosten für Hilfsenergie und Hilfsstoffe berücksichtigt. Der Brennstoffverbrauch wurde bei den Varianten C und D mithilfe der Jahresdauerlinien bestimmt, die sich aus dem zuvor bestimmten Wärmebedarf der Heizungsanlage und dem ausgewählten BHKW-Modul / Biomassekessel aufstellen lässt. In **Anlage 3, Blatt 1 bis 2** sind die Jahresdauerlinien der KWK-Anlage und des Biomassekessels graphisch dargestellt. Anhand dieser lassen sich der Brennstoffverbrauch und –kosten sowie die Kosten für Hilfsenergie ableiten, die notwendig sind, um Wärme und Strom zu erzeugen. Die gesamten verbrauchsgebundenen Kosten sind der **Anlage 4, Blatt 9 bis 12** zu entnehmen.

Zu den betriebsgebundenen Kosten gehören Wartung und Instandhaltung, Steuern und Versicherungen, Personalkosten und sonstige Kosten wie Schornsteinfeger und Verbrauchsabrechnungen. Diese lassen sie sich aus **Anlage 4, Blatt 13 bis 16** entnehmen.

Die verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten aller Varianten sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Kosten	Einheit	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
Verbrauchsgebundene Kosten (netto)	€ / a	36.763	39.843	59.821	42.891
Betriebsgebundene Kosten (netto)	€ / a	38.421	24.119	41.223	39.263



Investitionskostenschätzung	5.1
Verbrauchs- und Betriebskosten	5.2
• <b>Stromvergütung bei Varianten C</b>	<b>5.3</b>
Wärme(rest)kosten	5.4

**Stromvergütung bei Varianten C**

**5.3**

Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung von KWK-Anlagen ist der Bewertung der Stromerzeugung besonderes Gewicht beizumessen.

Im Fall des Erdgas-BHKW ist das KWK-Gesetz 2016 maßgebend, wobei für KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung von bis zu 100 kW eine Rückspeisung in das vorgelagerte Netz des Netzbetreibers vorgesehen ist. Bei höheren Leistungen ist der erzeugte Strom auf dem Weg der Direktvermarktung an Letztverbraucher zu verwerten. Laut § 8 Absatz 1 des KWK-G 2016 wird für neue KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis zu 50 kW<sub>el</sub> ein Zuschlag für den in das Netz der allgemeinen Versorgung eingespeisten Strom für 60.000 Vollbenutzungsstunden ab Aufnahme des Dauerbetriebs der Anlage gezahlt.

Hinzu kommt der durchschnittliche Grundlast-Strompreis der Strombörse Leipzig (EEX Base Load), der quartalsweise festgestellt wird und starken Schwankungen unterliegt, demzufolge wurde der Durchschnitt der letzten acht Quartale berücksichtigt (30,35 €/MWh).

Abschließend ist noch der Betrag für vermiedene Netznutzung des Vorlieferanten zu berücksichtigen, der mit durchschnittlich 6,10 €/MWh angesetzt wurde. Insgesamt beträgt die Einspeisevergütung somit 116,45 €/MWh.

Die Berechnung der erzeugten Strommenge, die Einspeisevergütung und die resultierende Stromvergütung ist **Anlage 4, Blatt 2, 11 und 17** zu entnehmen. Die errechnete Stromvergütung für Variante C ist in der folgenden Tabelle dargestellt:

Beschreibung	Einheit	Variante C (Erdgas-BHKW)
Erzeugte Strommenge	MWh / a	308
Einspeisevergütung	€ / MWh	116,45
Resultierende Stromvergütung (netto)	€ / a	35.867

Kapitel

**Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung**

**5**



Investitionskostenschätzung	5.1
Verbrauchs- und Betriebskosten	5.2
Stromvergütung bei Varianten C	5.3
• Wärme(rest)kosten	5.4

**Wärme(rest)kosten**

**5.4**

Die Wärme(rest)kosten ergeben sich durch die Addition der kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten abzüglich der Stromgutschrift der jeweiligen Variante. Die Ermittlung der kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten für die Varianten ist in **Anlage 4, Blatt 1 bis 18** tabellarisch detailliert aufgeführt.

bml-Ing.de

Die Ermittlung der Wärme(rest)kosten führt zu folgendem Ergebnis:

Kosten	Einheit	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
Gesamte Jahreskosten	€ / a	202.149	205.075	213.238	187.471
Vergütung aus Stromerzeugung	€ / a	-	-	35.867	-
Wärme(rest)kosten	€ / a	202.149	205.075	177.415	187.471
Gesamt-Wärmeverbrauch Kunden	MWh / a	533	533	533	533
spez. Wärme(rest)kosten (netto)	€ / MWh	379,29	384,78	332,88	351,75
MwSt. 19%	€ / MWh	72,07	73,11	63,25	66,84
spez. Wärme(rest)kosten (brutto)	€ / MWh	451,36	457,89	396,13	418,59

Als Ergebnis ist festzustellen, dass die Variante C die wirtschaftlich günstigste Variante ist. Die Wärme(rest)kosten liegen um ca. 15% unter denen der Variante A. Dieser Unterschied lässt sich aus der Stromerzeugung und der dafür bezogenen Einspeisevergütung bei nahezu gleichen Jahreskosten erklären. Die spezifischen Wärme(rest)kosten der Variante D sind um ca. 5% höher als in Variante C.

Im Falle der Teilung des Baugebietes durch das Grundstück des mittleren Eigentümers („Sperrgrundstück“) ist für die Varianten C und D mit wesentlich höheren spezifischen Kosten zu rechnen, so dass in diesem Fall die Einzelversorgungsvarianten A und B klar im Vorteil wären.



**Primärenergiefaktor**

6

Bei Neubauten wird für den Bauantrag der Wärmeschutznachweis nach EnEV benötigt. Als Kennwert der Effizienz der Wärmeerzeugung dient dazu der Primärenergiefaktor. Der Primärenergiefaktor gibt das Verhältnis der eingesetzten Primärenergie zur abgegebenen Endenergie an. Die Primärenergiefaktoren für alle Varianten der Wärmeversorgung wurden überschlägig nach AGFW-Arbeitsblatt FW 309 berechnet. Basis ist die AGFW 309 Teil 1, Kap. 3.3 Formel 2: Berechnung mit Planungsdaten. Wird hiermit ein Primärenergiefaktor zertifiziert, gilt diese Bescheinigung 7 Jahre. Die Folgebescheinigung ist dann mit Messwerten der letzten 3 Jahre aufzustellen.

In **Anlage 5** wurde der Primärenergiefaktor für alle vier Varianten ermittelt zu:

	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
Abgegebene Endenergie				
Wärme	533 MWh/a	533MWh/a	624 MWh/a	624 MWh/a
Strom	-	-	318 MWh/a	-
Gesamt-Endenergie	533 MWh/a	533 MWh/a	942 MWh/a	624 MWh/a
Primärenergiefaktor	0,99	0,49	0,51	0,25

Damit liegt der Primärenergiefaktor der Variante D (Holzpelletkessel) am niedrigsten mit  $f_{PE} = 0,25$  und bei der Variante A (Brennwerttherme mit Solarthermie) am höchsten mit  $f_{PE} = 0,99$ . Bei der wirtschaftlich günstigsten Variante (Erdgas-BHKW, Variante C) beträgt der PE-Faktor  $f_{PE} = 0,51$ .



**Emissionsberechnung**

7

Die ökologische Bewertung der Energieversorgungsvarianten wurde anhand des Programms „Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS, Version 4.94, 03/2015) vorgenommen. Dieses Programm wird allgemein als Standard für Vergleichsrechnungen von Schadstoffemissionen sowie Energie- und Ressourcenverbrauch energetischer Systeme eingesetzt.

bmi-ing.de

Die Berechnungsergebnisse von GEMIS umfassen Energieverbrauch und Emissionen des eigentlichen Prozesses der Wärmeerzeugung einschließlich des Eigenbedarfs, sowie allen vorgelagerten Prozessketten wie Energiegewinnung, Transport und Verteilung.

Bei der Berechnung wurden Bruttowerte der Wärmeerzeugung der Variante A, B und D, in der kein Strom erzeugt wird, mit der Variante C verglichen. Daher ist die in den obengenannten Varianten die gegenüber Variante C fehlende Strommenge rechnerisch aus dem öffentlichen Netz zu beziehen und mit dazugehörigem Energieverbrauch und Emissionen einzurechnen.

Es wurden in GEMIS der Primärenergieverbrauch an nicht regenerativen Energieträgern sowie die Luftschadstoffemissionen Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickstoffoxid (NO<sub>x</sub>), Staub und die wichtigste Treibhausgasemission, CO<sub>2</sub> als Summenäquivalent berechnet. Die Berechnung ist der **Anlage 6, Blatt 2** zu entnehmen.

		Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
SO <sub>2</sub>	kg/a	91	126	5	178
NO <sub>x</sub>	kg/a	232	225	80	359
Staub	kg/a	14	16	7	55
CO <sub>2</sub>	t/a	261	224	149	177
CO <sub>2</sub> -Äquivalent	t/a	278	236	159	187
Primärenergie	MWh/a	1.130	849	757	675



**Akteure, Finanzierung, Förderung**

**8**

Die Umsetzung des Wärmekonzepts im Fall der zentralen Versorgung (Variante C oder D) kann durch ein Energiedienstleistungsunternehmen (Contractor) erfolgen. Der Contractor ist dann mittels eines Ausschreibungsverfahrens zu finden und zu beauftragen. Auftraggeber ist der Eigentümer der Grundstücke zum Zeitpunkt der Erschließung. Die Vertragsdauer beträgt üblicherweise ca. 15 Jahre. Im Contractingvertrag sind die Modalitäten wie Vertragsverlängerung, Restwert festzulegen.

Die Finanzierung wurde im vorliegenden Konzept mit einem kalkulatorischen Zinssatz von 5%/a berechnet. Da die Kreditzinsen aktuell günstiger liegen, ist für eingesetztes Eigenkapital eine höhere Verzinsung zu erreichen.

Die ENTEGA Energie GmbH fördert Solarthermieanlagen ab 20m<sup>2</sup> mit 100 € je Anlage. Im vorliegenden Fall kommt dies nicht zum tragen, da die Anlagen kleiner sind.

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) fördert hocheffiziente Wärmepumpenanlagen mit 40 € pro kW, mindestens jedoch mit 1.500 € je Anlage für leistungsgeregelte und/oder monovalenten Wärmepumpen, bei allen sonstigen Wärmepumpen beträgt die Mindestförderung 1.300 € je Anlage. Des Weiteren fördert ENTEGA Energie GmbH Wärmepumpen mit 250 € je Anlage.

Variante C wird durch die Mainzer Stiftung für Klimaschutz und Energieeffizienz und nach KWK-G gefördert. Nach KWK-G § 18 haben Betreiber einen Anspruch auf einen Zuschlag für Wärmenetze, wenn die Inbetriebnahme des Wärmenetzes bis zum 31.12.2022 erfolgt, innerhalb von 36 Monaten mindesten 60% Wärme aus KWK-Anlagen geliefert wird sowie die Zulassung gemäß § 20 erteilt wurde. Die Höhe des Zuschlags beträgt nach §19 Absatz 1, mit einem mittleren Nenndurchmesser von 100 mm 100 € je laufenden Meter, höchstens aber 40% der ansatzfähigen Investitionskosten.

Die Mainzer Stiftung für Klimaschutz und Energieeffizienz fördert KWK-Anlagen bis 50 kW elektrischer Leistung mit 5.000 € je Anlage.

Pufferspeicher werden nach § 22 KWK-G gefördert, wenn die Inbetriebnahme des Pufferspeichers bis zum 31.12.2022 erfolgt, die Wärme des Wärmespeichers überwiegend aus KWK-Anlagen erfolgt, die an das Netz der allgemeinen Versorgung angeschlossen sind, sowie die mittleren Wärmeverluste weniger als 15 W / m<sup>2</sup> Behälteroberfläche betragen und eine Zulassung nach § 24 erteilt wurde. Anspruch auf Zahlung haben Wärmespeicher mit einer Kapazität von 1 m<sup>3</sup> Wasseräquivalent oder mindestens 0,3 m<sup>3</sup> je Kilowattstunde installierter elektrischer Leistung der KWK-Anlage. Die Höhe des Zuschlags beträgt nach § 24, 250 € / m<sup>3</sup> Wasseräquivalent des Wärmespeichervolumens.

Im vorliegenden Konzept wurde zunächst keine Förderung berücksichtigt, um keine Variante zu bevorzugen, da auf einzelne Förderungen kein Rechtsanspruch besteht. Die weitest gehende Förderung würde jedoch der Variante C zugute kommen.



**Zusammenfassung und Resümee**

9

In diesem Energieconcept sollen die Möglichkeiten der Wärmeversorgung für das Neubaugebiet südlich der Flugplatzstraße in Mainz-Finthen mit zentraler und dezentraler Wärmeerzeugung durch unterschiedliche Anlagen, teils mit Kraft-Wärme-Kopplung im Vergleich betrachtet und dargestellt werden. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Für die Bearbeitung standen ausreichende Daten und Informationen zur Verfügung. Die Bearbeitungstiefe ist für die vorgenannte Aufgabenstellung ausreichend.
2. Die Erzeugung von Heizwärme für das Gesamtgebiet ist in den benötigten Mengen und Qualitäten mit allen betrachteten Konzeptionen technisch realisierbar. Die Wärme(rest-)kosten differieren um ca. 15%.
3. Die Ermittlung des Wärmebedarfs erfolgte nach EnEV 2014, Stand 2016. Die von der Stadt Mainz geforderte Betrachtung von unterschiedlichen Gebäudestandards ist in einem städtebaulichen Vertrag mit dem Investor zu regeln. Die Reduzierung des Wärmebedarfs auf Passiv- oder KfW-Effizienzhausniveau bewirkt jedoch keine Änderung in der Reihenfolge der Kosten der Varianten.
4. Mit einem BHKW mit 50 kW<sub>el</sub> (Variante C) sind nach statischer Berechnung die niedrigsten Wärmerestkosten zu erzielen. Der Abstand zur Variante A (einzelne Brennwerttherme mit Solarthermie) beträgt ca. 15%.
5. Der niedrigste Primärenergiefaktor kann in der Variante D (Biomethan-BHKW) erreicht werden ( $f_{PE} = 0,25$ ). Bei der wirtschaftlich günstigsten Variante C beträgt der Primärenergiefaktor  $f_{PE} = 0,51$ .

Alle genannten Investitionskosten sind hinsichtlich ihrer Betrachtungsgrenzen und Bearbeitungstiefe identisch und somit direkt vergleichbar. Alle Preisangaben sind aktuell. Eine Optimierung der vorgetragenen Investitionen ist nach genauer Auslegung insbesondere für das Nahwärmenetz möglich.

Alle Varianten ermöglichen eine betriebs- und preissichere Wärmelieferung. Variante C ist für das gesamte Baugebiet die wirtschaftlich günstigste Variante und sollte planerisch weiter verfolgt und technisch ausgearbeitet werden. Ist mit einer Teilung des Gebietes am Sperrgrundstück oder einer längeren Ausbauezeit (über 5 Jahre) zu rechnen, sind die Einzelversorgungen der Varianten A und B vorzuziehen.

Offenbach, den 14. November 2016

  
BML Ingenieurgesellschaft mbH

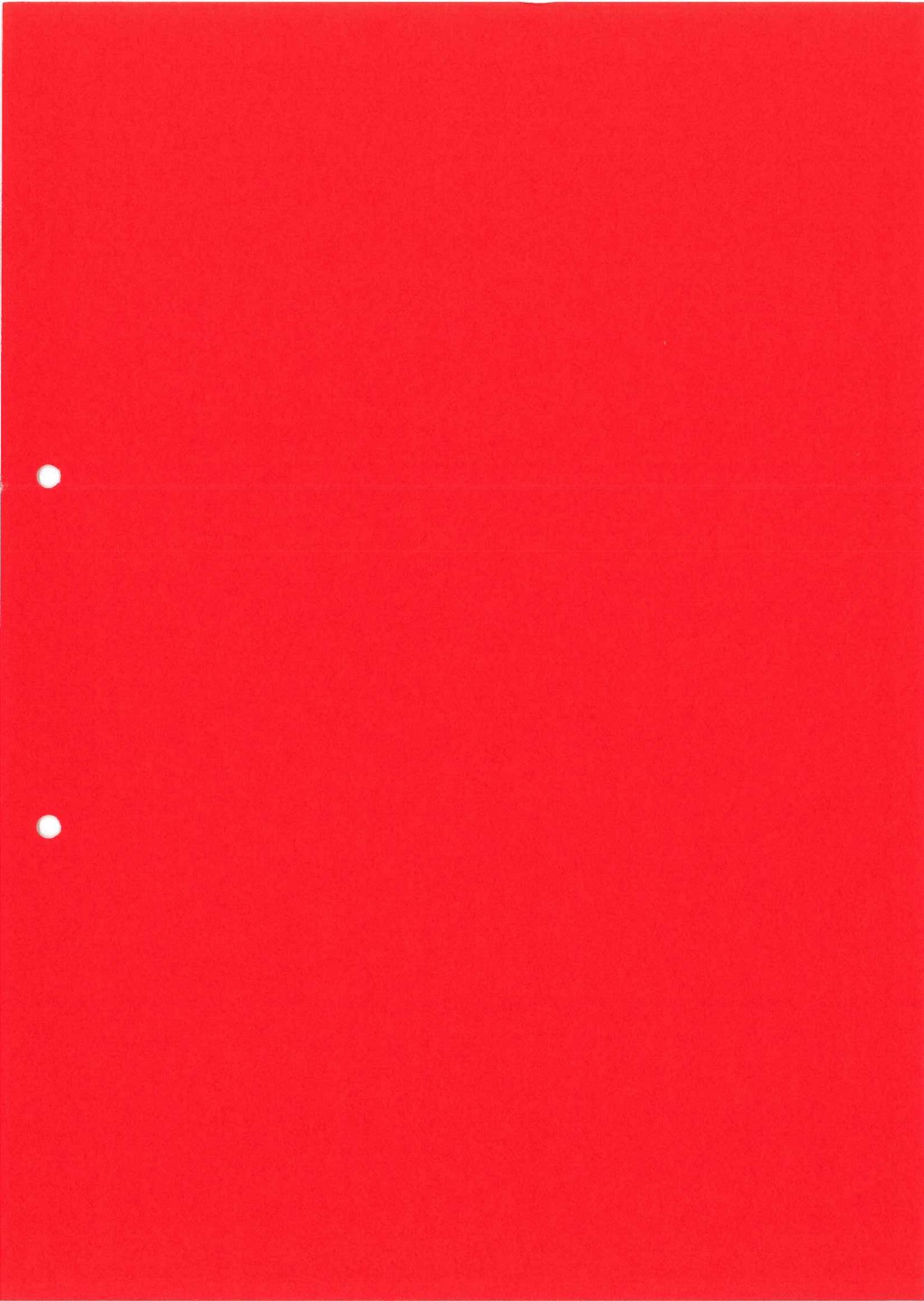


---

**Anlagen**

**10**

- Anlage 1 :           Zusammenstellung der Versorgungsvarianten
- Anlage 2 :           Wärmebedarfsermittlung
- Anlage 3:            Geordnete Jahresdauerlinie der Energieerzeugung  
Blatt 1 und 2
- Anlage 4:            Statische Wirtschaftlichkeitsrechnung gemäß VDI-Richtlinie 2067  
Blatt 1-17
- Anlage 5:            Vorläufiger Primärenergiefaktor
- Anlage 6:            Emissionsberechnung  
Blatt 1 und 2
- Anlage 7:            Trassenplan der Nahwärmeversorgung
- Anlage 8:            Layoutentwurf Variante A und B sowie Heizzentrale Variante C und D



BWL Ingenieurgesellschaft mbH  
 Luisenstraße 51 \* 63067 Offenbach a.M. \* Tel.: 069 / 82 99 375-0 \* Fax: 069 / 82 99 375-29  
 Kunde: BPD Immobilienentwicklung GmbH; Lyoner Straße 15, Frankfurt am Main  
 LP: Wärmekonzept  
 Projekt: Wärmekonzept für das Baugebiet Mainz-Finthen

Datum: 25.07.2016  
 Anlage: 1  
 Blatt: 1

**Zusammenstellung der Versorgungsvarianten:**

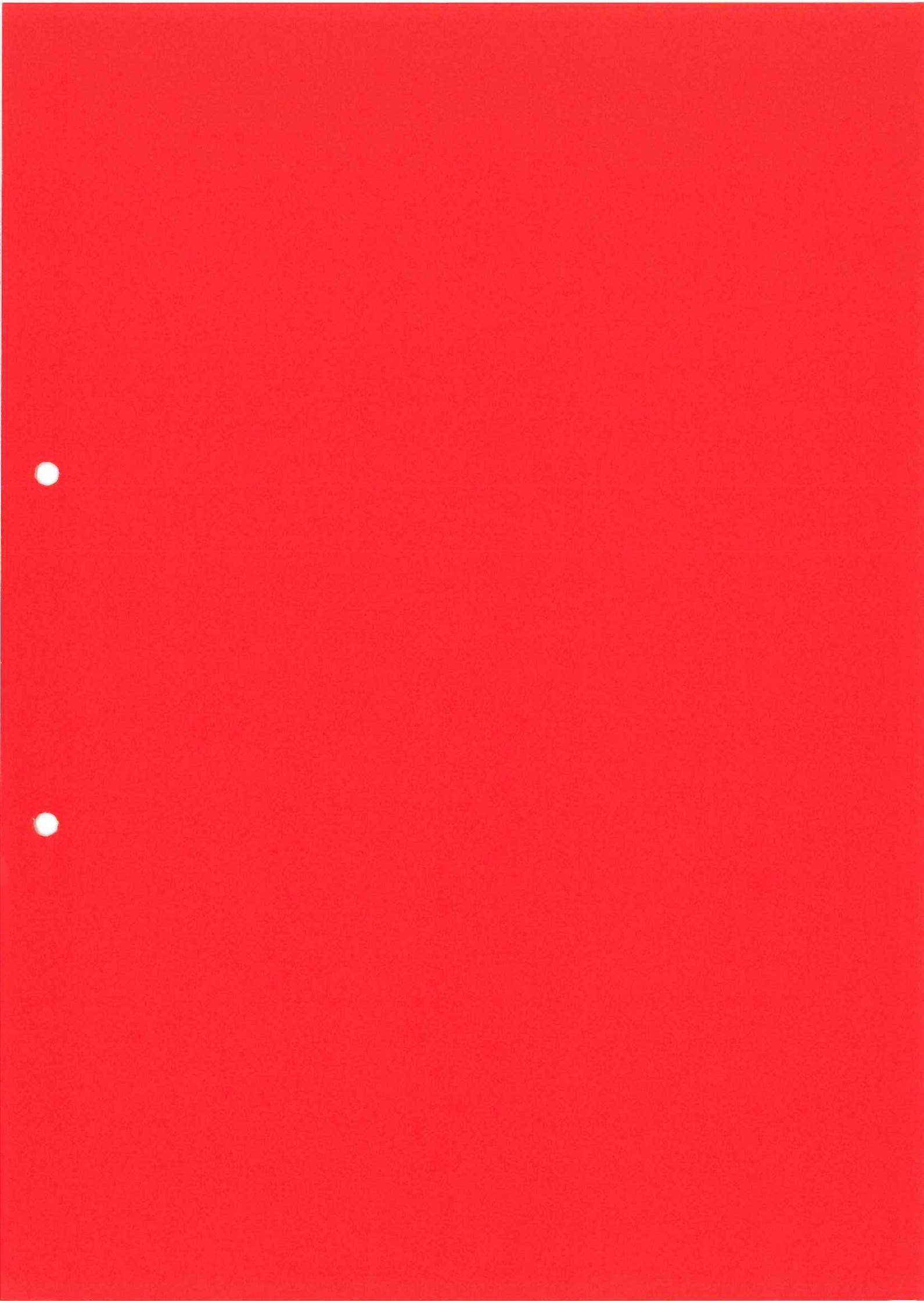
Varianten	Heizung		
	A-B	C - D	
Wärmebedarf	447 kW	447	
Gleichzeitigkeitsfaktor	-	0,53	
Wärmehöchstlast (WHL)	237 kW	237	
Wärmeverbrauch Netto	533 MWh/a	533	
Netzverluste (Wärme ca. 15%)		76	
Wärmeverbrauch Brutto		609	
	Referenz		
<b>Technische Konzeption</b>	Variante A Brennwertkessel mit therm. Solaranlage		
<b>Anlagenbeschreibung</b>	Wärmeversorgung für jedes Gebäude separat durch Brennwertkessel		
	Variante B Wärmepumpen		
	Wärmeversorgung für jedes Gebäude separat durch Wärmepumpen		
	Variante C BHKW (Erdgas)		
	Wärmeversorgung für alle Gebäude zentral durch BHKW und Spitzenkessel		
	Variante D Holzpelletkesselanlage		
	Wärmeversorgung für alle Gebäude zentral durch Holzpelletkesselanlage		
<b>Wärme- und Stromerzeugung</b>			
<b>Wärmeerzeuger (Heizkessel, Wärmepumpen)</b>			
Brennstoff		Brennwertkesselanlage	
Anzahl	Stk.	Erdgas	
Therm. Leistung	kW	50	
Therm. Leistung gesamt	kW	6 - 12	
Wärmeerzeugung	MWh/a	447	
		453	
<b>Fernwärme / BHKW / Holzpelletkesselanlage / Reversible Wärmepumpe</b>			
Brennstoff			
Anzahl			
Therm. Leistung	kW		
Therm. Leistung gesamt	kW		
El. Leistung	kW		
Energieeinsatz bei TA - Luft	h/a		
Volllaststunden a. d. Jahresdauerlinie	h/a		
Wärmeerzeugung	MWh/a		
Anteil am gesamten Wärmeverbrauch	%		
Stromerzeugung	MWh/a		
<b>Solarthermie</b>			
Wärmeerzeugung	MWh/a	80	
Installierte therm. Leistung	kW		
Redundanz bei Ausfall der größten Einheit	%		
<b>Nahwärmenetz (Dämmserie 3)</b>			
Durchmesser	DN		
Länge	Tf. m		

BML Ingenieurgesellschaft mbH  
 Luisenstraße 51 \* 63067 Offenbach a.M. \* Tel.: 069 / 82 99 375-0 \* Fax: 069 / 82 99 375-29  
 Kunde: BPD Immobilienentwicklung GmbH; Lyoner Straße 15, Frankfurt am Main  
 LP: Wärmekonzept  
 Projekt: Wärmekonzept für das Baugebiet Mainz-Finthen

Datum: 25.07.2016  
 Anlage: 1  
 Blatt: 2

**Zusammenstellung der Versorgungsvarianten:**

	Referenz			
	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
<b>Investitionskostenschätzung</b>	<b>Brennwertkessel mit therm. Solaranlage</b>	<b>Wärmepumpe</b>	<b>BHKW (Erdgas)</b>	<b>Holzpelletkesselanlage</b>
Investitionskosten Netto	1.317.860	1.464.700	1.135.385	1.093.154
Mehrwertsteuer 19%	250.000	278.000	216.000	208.000
Investitionskosten Brutto	1.568.000	1.743.000	1.351.000	1.301.000
<b>Energie(rest)kosten Netto</b>				
Kapitalgebundene Kosten	126.966	141.113	112.238	105.317
Verbrauchsgebundene Kosten	36.763	39.843	59.821	42.891
Betriebsgebundene Kosten	38.421	24.119	41.223	39.263
Stromvergütung	0	0	-35.867	0
<b>Energie(rest)kosten Energieverbrauch Netto</b>	202.149	205.075	177.415	187.471
	533	533	533	533
<b>Spez. Energie(rest)kosten in % zu Variante A</b>	379,29	384,78	332,88	351,75
	100	101	88	93
<b>Sensitivitätsanalysen</b>				
<b>Brennstoffkosten</b>				
Ausgangswert	379,29	384,78	332,88	351,75
+50%	413,78	422,16	372,18	391,99
+100%	448,27	459,54	411,48	432,23
<b>Ökologie</b>				
<b>Primärenergieverbrauch</b>				
Verbrauch	1.130	849	757	675
in % zu Variante A	100	75	67	60
Verbrauch ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	2.356	4.295	4.295	732
in % zu Variante A	100	182	182	31
<b>Schadstoffemissionen</b>				
SO2	91	126	5	178
NOx	232	225	80	359
Staub	14	16	7	55
<b>Treibhausgasemissionen</b>				
CO2	261	224	149	177
CO2-Äquivalent	278	236	159	187
in % zu Variante A	100	85	57	67
<b>Primärenergiefaktor nach AGFW-Arbeitsblatt FW 309</b>				
PE-Faktor	0,99	0,49	0,51	0,25



**Energiebedarf und Energieverbrauch nach EnEV 2014 (Werte für Bauvorhaben ab 01.01.2016)**

Bezeichnung:	Einheit	EFH 1	EFH 2	REH 6	RMH 7	RMH 8	EFH 13	EFH 14	REH18	RMH 19	RMH 20	RMH 24	EFH 27	EFH 29	DHH 35	
<b>Eckdaten:</b>																
Bauweise	-	Einfamilienhaus	Einfamilienhaus	Reihenendhaus	Reihenmittelhaus	Reihenmittelhaus	Einfamilienhaus	Einfamilienhaus	Reihenendhaus	Reihenmittelhaus	Reihenmittelhaus	Reihenmittelhaus	Einfamilienhaus	Einfamilienhaus	Doppelhaushälfte	
Anzahl der Gebäude	-	1	4	2	3	2	1	4	8	6	3	2	4	6	4	
Vollgeschosse	-	2,5	2,5	2,9	2,5	2,9	2,0	2,0	2,9	2,9	2,9	2,5	2,5	2,0	2,5	
Geschosshöhe	m	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
Länge	m	13,5	11,5	11,5	9,5	11,5	19,5	12,5	11,5	10,5	11,5	9,5	10,0	12,5	12,0	
Länge bei trapezförmiger Grundfläche	m						16,2	5,5								
Länge Anbau	m						7,6									
Breite	m	9,3	6,5	5,5	7,6	5,5	6,5	6,5	5,5	6,0	5,5	6,5	10,0	7,6	6,0	
Breite bei trapezförmiger Grundfläche	m	8,5			5,1		6,5	5,5								
Breite Anbau	m						6,3									
Höhe	m	7,4	7,4	8,5	7,4	8,5	6,1	6,1	8,5	8,5	8,5	7,4	7,4	6,1	7,4	
<b>Heizlast:</b>																
<b>Transmissionswärmeverlust:</b>																
Brutto-Geschossfläche (BGF) pro Gebäude	m²	305	187	183	181	183	230	223	183	183	183	154	250	190	180	
Freie Gebäudeaußenfläche	m²	577	417	335	215	208	526	527	326	228	237	220	497	434	322	
Wärmedurchgangskoeffizient	W/m²K	0,40	0,40	0,45	0,65	0,65	0,45	0,40	0,45	0,65	0,65	0,65	0,40	0,40	0,45	
Innentemperatur	°C	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Außentemperatur	°C	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	
Temperaturdifferenz zwischen innen und außen	K	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
Transmissionswärmeverlust	kW	7,4	5,3	4,8	4,5	4,3	7,6	6,7	4,7	4,7	4,9	4,6	6,4	5,6	4,6	
<b>Lüftungsverlust:</b>																
Volumen Gebäude	m³	932	555	538	536	538	770	494	538	536	538	458	743	577	535	
Beheiztes Luftvolumen (= auszutauschende Luft)	m³	708	422	409	407	409	585	375	409	407	409	348	564	439	406	
Luftwechsel	1/h	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Volumenstrom Luft	m³/h	354	211	204	204	204	293	188	204	204	204	174	282	219	203	
Wärmekapazität Luft	Wh/(m³K)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	
Temperaturdifferenz	K	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
Lüftungsverlust (bei 90 % Wärmerückgewinnung)	kW	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	
Gesamter Wärmeverlust (Heizlast) pro Gebäude	kW	7,8	5,6	5,0	4,7	4,5	7,9	6,9	4,9	5,0	5,2	4,8	6,7	5,8	4,9	
spez. Wärmeverlust	W/m²	25	30	28	26	25	34	31	27	27	28	31	27	31	27	
Kesselzuschlag für Warmwasserbereitung pro Gebäude	kW	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	4,7	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	4,7	4,7	3,1	
Wärmebedarf pro Gebäude	kW	10,9	8,7	8,1	7,8	7,6	12,6	10,0	8,0	8,1	8,3	7,9	11,4	10,5	8,0	
Wärmebedarf (Heizung) pro Gebäudetyp	kW	7,8	22,3	10,1	14,1	9,1	7,9	27,8	39,4	29,8	15,5	9,5	26,7	34,8	19,4	274
Kesselzuschlag für Warmwasserbereitung pro Gebäudetyp	kW	3,1	12,4	6,2	9,3	6,2	4,7	12,4	24,8	18,6	9,3	6,2	18,8	28,2	12,4	172,6
Wärmebedarf pro Gebäudetyp	kW	10,9	34,7	16,3	23,4	15,3	12,6	40,2	64,2	48,4	24,8	15,7	45,5	63,0	31,8	446,6
<b>Energieverbrauch:</b>																
<b>Heizwärmeverbrauch nach EnEV 2014:</b>																
Gesamter Wärmeverlust	kW	7,8	5,6	5,0	4,7	4,5	7,9	6,9	4,9	5,0	5,2	4,8	6,7	5,8	4,9	
Vollbenutzungsstunden	h/a	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	
Wärmeverbrauch Heizung pro Gebäude	MWh/a	11,6	8,3	7,6	7,0	6,8	11,8	10,4	7,4	7,4	7,7	7,1	10,0	8,7	7,3	
spez. Wärmeverbrauch	kWh/m²a	38,2	44,7	41,3	39,0	37,1	51,5	46,7	40,3	40,8	42,1	46,3	40,0	45,8	40,5	
Warmwasserverbrauch laut EnEV 2014 (2016)	kWh/m²a	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	
Wärmeverbrauch Warmwasser pro Gebäude	MWh/a	3,8	2,3	2,3	2,3	2,3	2,9	2,8	2,3	2,3	2,3	1,9	3,1	2,4	2,3	
Gesamt-Wärmeverbrauch (Heizung + Warmwasser) pro Gebäude	MWh/a	15,5	10,7	9,9	9,3	9,1	14,7	13,2	9,7	9,7	10,0	9,1	13,1	11,1	9,5	
Wärmeverbrauch Heizung pro Gebäudetyp	MWh/a	11,6	33,4	15,1	21,1	13,6	11,8	41,7	59,1	44,7	23,2	14,3	40,0	52,2	29,2	411,0
Wärmeverbrauch Warmwasser pro Gebäudetyp	MWh/a	3,8	9,3	4,6	6,8	4,6	2,9	11,2	18,3	13,7	6,9	3,9	12,5	14,3	9,0	121,7
Gesamt-Energieverbrauch (Heizung + Warmwasser) pro Gebäudetyp	MWh/a	15,5	42,7	19,7	27,9	18,2	14,7	52,8	77,4	58,4	30,1	18,2	52,5	66,4	38,2	532,7
spez. Wärmeverbrauch (Heizung + Warmwasser)	kWh/m²a	50,7	57,2	53,8	51,5	49,6	64,0	59,2	52,8	53,3	54,6	58,8	52,5	58,3	53,0	

BML Ingenieurgesellschaft mbH

Luisenstraße 51 \* 63067 Offenbach a.M. \* Tel.: 069 / 82 99 375-0 \* Fax: 069 / 82 99 375-29

Kunde: BPD Immobilienentwicklung GmbH, Lyoner Straße 15, 60528 Frankfurt am Main

LP: Wärmekonzept

Projekt: Wärmekonzept für das Baugebiet Mainz-

Datum: 25.07.2016

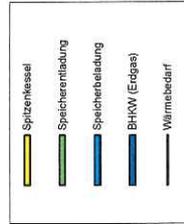
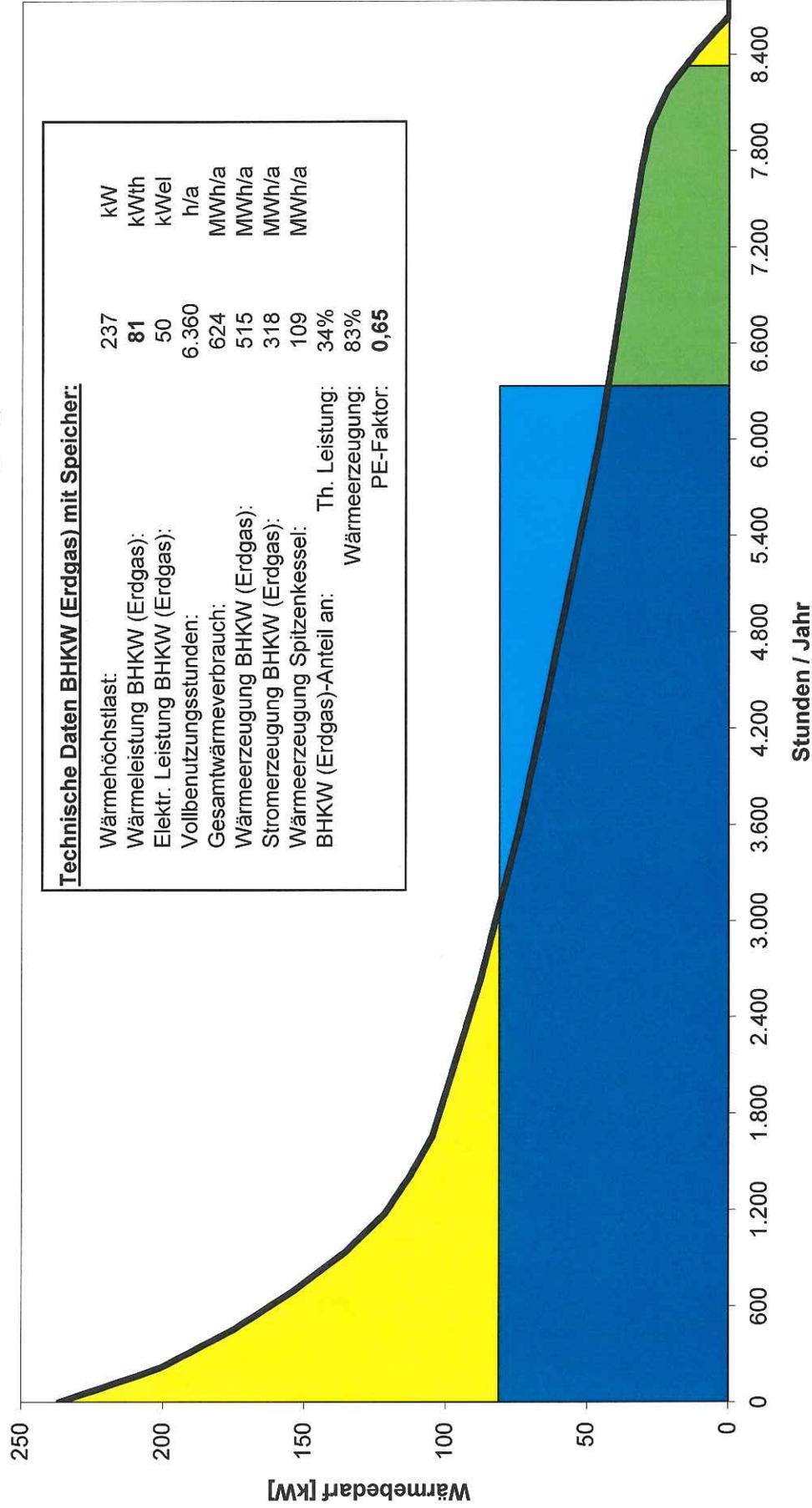
Anlage: 2

Blatt: 2

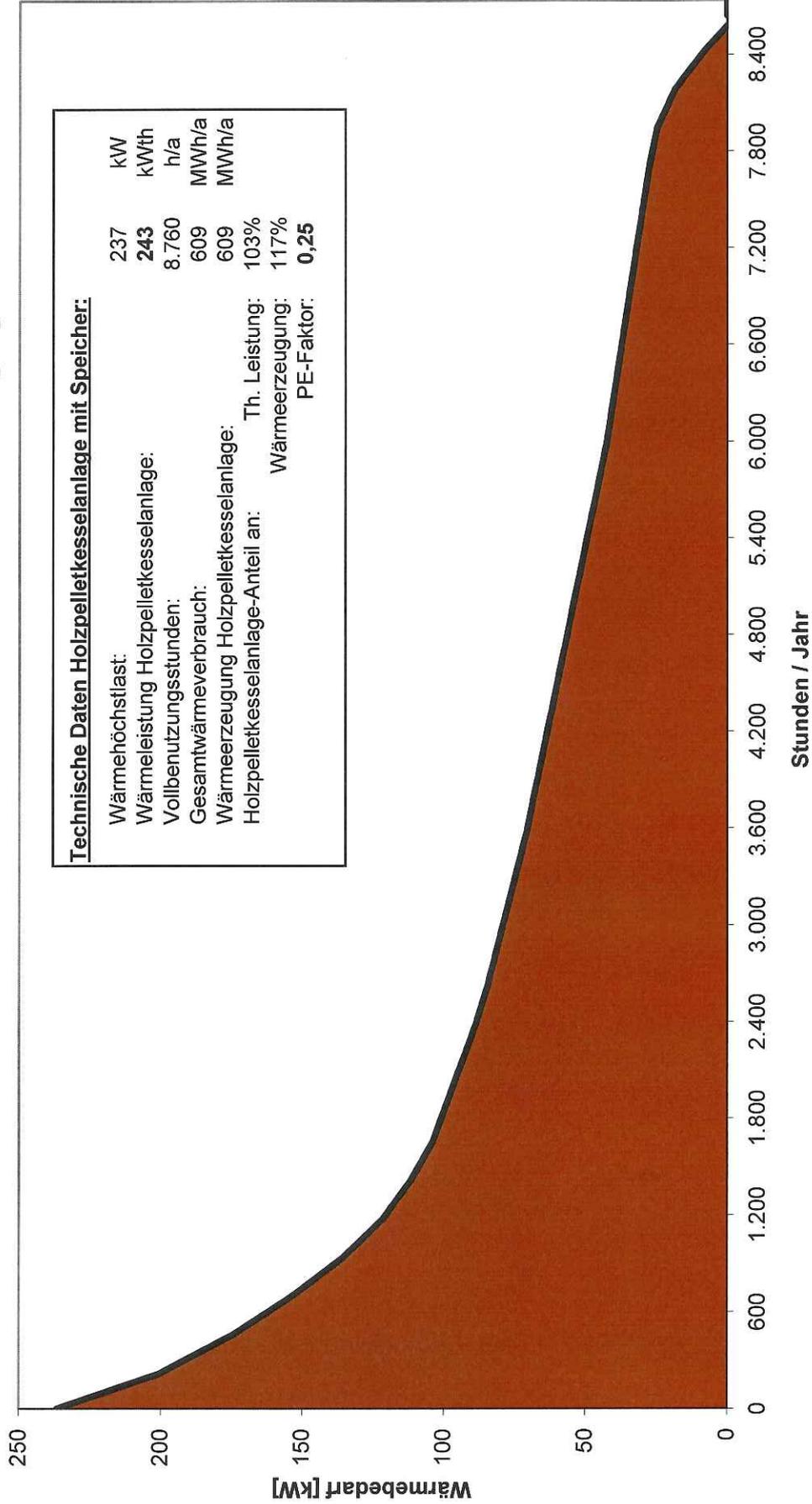
1. Wärmebedarf	Gebäudetypen													
	EFH 1	EFH 2	REH 6	RMH 7	RMH 8	EFH 13	EFH 14	REH18	RMH 19	RMH 20	RMH 24	EFH 27	EFH 29	DHH 35
Gebäudeanzahl je Bauweise	1	4	2	3	2	1	4	8	6	3	2	4	6	4
Wärmebedarf Heizung je Bauweise	8	22	10	14	9	8	28	39	30	15	10	27	35	19
Wärmebedarf Warmwasser je Bauweise	11	35	16	23	15	13	40	64	48	25	16	45	63	32
Wärmebedarf Heizung	274													
Gleichzeitigkeitsfaktor	0,8													
Wärmehöchstlast Heizung	219													
Kesselzuschlag Warmwasser	173													
Gleichzeitigkeitsfaktor	0,1													
Wärmehöchstlast Wasser	17													
Wärmehöchstlast (WHL)	237													
2. Wärmeverbrauch														
Wärmeverbrauch Kunden je Bauweise	15	43	20	28	18	15	53	77	58	30	18	53	66	38
Gesamt-Wärmeverbrauch Kunden	533													
Verteilungsnetzverluste (ca. 15%)	76													
Gesamt-Wärmeerzeugung	609													



### Variante C: BHKW (Erdgas) 81 kW<sub>th</sub> / 50 kW<sub>el</sub> mit Spitzenheizung Geordnete Jahresdauerlinie der Wärmeerzeugung



### Variante D: Holzpelletkesselanlage 1 x 108 kW<sub>th</sub> 1 x 135 kW<sub>th</sub> Geordnete Jahresdauerlinie der Wärmeerzeugung









25.07.2016

**Anlage 4**

Blatt 1

**Wärmeconcept für das Baugebiet Mainz-Finthen**

**Wirtschaftlichkeitsrechnung - Eckdaten -**

Methode Nutzungsdauer (Vertragslaufzeit) Kalkulatorischer Zinssatz	a %/a	Stat. Kostenvergleich	
		15 5,00	
<b>1. Brennstoffpreise (netto)</b>		<b>Brennwertkessel Wärmepumpe Holzpelletkessel</b>	<b>BHKW</b>
<b>Erdgas als Gewerbekunde</b> (Aus Internet: ENTEGA Privatkunden GmbH & Co. KG, Angaben vom 01.11.2014)		Erdgas XL Erdgas	Erdgas XL Erdgas
Tarif	-		
Arbeitspreis Ho	€/ MWh	56,30	-
Arbeitspreis Ho (für BHKW, ohne Erdgassteuer)	€/ MWh	-	50,80
Arbeitspreis Hu	€/ MWh	62,49	-
Arbeitspreis Hu (für BHKW, ohne Erdgassteuer)	€/ MWh	-	56,99
Meß-/Grundpreis (pro Jahr)	€/ a	160,00	160,00
<b>Holzpellets</b> (DEPV 03/2016)			
Preis pro Tonne	€/ to	238,28	-
Arbeitspreis pro MWh	€/ MWh	55,00	-
<b>Ascheentsorgung</b> (Entsorgungsbetrieb der Stadt Mainz, Angaben vom 16.08.2013)			
Aschegehalt	Vol.-%	0,50%	-
Preis pro Tonne	€/ to	209,73	-
Preis pro MWh	€/ MWh	0,24	-

25.07.2016

**Anlage 4**

Blatt 2

**Wärmekonzept für das Baugebiet Mainz-Finthen**

**Wirtschaftlichkeitsrechnung - Eckdaten -**

2. Preise und Vergütungen (netto)		Brennwerttherme Wärmepumpe Holzpelletkessel	BHKW
<p><b>Strombezug als Gewerbekunde</b>                      (Aus Internet: ENTEGA Privatkunden GmbH &amp; Co. KG,                      Angaben vom 01.01.2015)</p> <p>Tarif -</p> <p>Arbeitspreis (einschl. Stromsteuer etc.) € / MWh 229,00</p> <p>Grundpreis (pro Jahr)<sup>1</sup> € / Jahr 112,00</p> <p><sup>1</sup> Enthält Konzessionsabgabe sowie gesetzliche Abgaben und Steuern gemäß EEG, KWKG, StromNEV, Offshore-Haftungsumlage und Stromsteuer</p>		<p>Ökostrom Gewerbe fix 24</p>	<p>Ökostrom Gewerbe fix 24</p>
<p><b>Stromeinspeisung nach KWKG-Gesetz</b>  <b>Erdgasbetriebenes BHKW</b></p> <p>KWK-Index EEX Leipzig (Q2/2016) € / MWh 24,79</p> <p>KWK-Index EEX Leipzig Durchschnitt (letzte 8 Quartale) € / MWh - 30,35</p> <p>Durchschn. Vermiedene Netznutzung € / MWh - 6,10</p> <p>KWK-Zuschlag für ≤ 50 kW € / MWh - 80,00</p> <p> <b>Einspeisevergütung nach KWKG für 50 kW BHKW</b> € / MWh - <b>116,45</b></p>			



**Wirtschaftlichkeitsrechnung - Bedarfsdaten -**

1. Wärmebedarf						
Gebäude-Typ	Anzahl Gebäude	Wärmebedarf Heizung pro Gebäude	WWB pro Gebäude	Wärmebedarf Heizung pro Gebäude-Typ	WWB-Wärmebedarf pro Gebäude-Typ	
	-	kW	kW	kW	kW	
Einfamilienhaus 1	1	7,8	3,1	7,8	3,1	
Einfamilienhaus 2	4	5,6	3,1	22,3	12,4	
Reihenendhaus 6	2	5,1	3,1	10,1	6,2	
Reihenmittelhaus 7	3	4,7	3,1	14,1	9,3	
Reihenmittelhaus 8	2	4,6	3,1	9,1	6,2	
Einfamilienhaus 13	1	7,9	4,7	7,9	4,7	
Einfamilienhaus 14	4	7,0	3,1	27,8	12,4	
Reihenendhaus 18	8	4,9	3,1	39,4	24,8	
Reihenmittelhaus 19	6	5,0	3,1	29,8	18,6	
Reihenmittelhaus 20	3	5,2	3,1	15,5	9,3	
Reihenmittelhaus 24	2	4,8	3,1	9,5	6,2	
Einfamilienhaus 27	4	6,7	4,7	26,7	18,8	
Einfamilienhaus 29	6	5,8	4,7	34,8	28,2	
Doppelhaushälfte 35	4	4,9	3,1	19,4	12,4	
<b>Wärmebedarf Heizung / WWB</b>				<b>50</b>	<b>274</b>	<b>173</b>
Gleichzeitigkeitsfaktoren					0,8	0,1
<b>Wärmehöchstlast Heizung / WWB</b>					<b>219</b>	<b>17</b>
<b>Wärmehöchstlast Gesamt bei Varianten C und D</b>						<b>237</b>
<b>Anschlusswert Gesamt bei Varianten A und B (Berechnung in der Anlage 2)</b>						<b>447</b>

2. Wärmeverbrauch					
Wärmeverbrauch netto	Wärmeverbrauch pro Gebäude Heizung	Spez. WWB-Verbrauch	Wärmeverbrauch pro Gebäude WWB	Wärmeverbrauch pro Gebäude WWB + Heizung	Wärmeverbrauch pro Gebäudetyp WWB + Heizung
	MWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	MWh/a	MWh/a	MWh/a
Einfamilienhaus 1	11,7	12,5	3,8	15,5	16
Einfamilienhaus 2	8,4	12,5	2,3	10,7	43
Reihenendhaus 6	7,6	12,5	2,3	9,9	20
Reihenmittelhaus 7	7,1	12,5	2,3	9,3	28
Reihenmittelhaus 8	6,8	12,5	2,3	9,1	18
Einfamilienhaus 13	11,9	12,5	2,9	14,7	15
Einfamilienhaus 14	10,4	12,5	2,8	13,2	53
Reihenendhaus 18	7,4	12,5	2,3	9,7	77
Reihenmittelhaus 19	7,5	12,5	2,3	9,7	58
Reihenmittelhaus 20	7,8	12,5	2,3	10,0	30
Reihenmittelhaus 24	7,1	12,5	1,9	9,1	18
Einfamilienhaus 27	10,0	12,5	3,1	13,1	53
Einfamilienhaus 29	8,7	12,5	2,4	11,1	66
Doppelhaushälfte 35	7,3	12,5	2,3	9,5	38
<b>Wärmeverbrauch Kunden (Wärmeverbrauch in den Varianten A und B)</b>					<b>533</b>
Verteilungsnetzverluste (ca. 15%)					76
<b>Wärmeerzeugung (Wärmeverbrauch in den Varianten C und D)</b>					<b>609</b>



25.07.2016

**Variante A / Brennwertkessel mit Solaranlage**

**Anlage 4**  
 Blatt 4

**Wirtschaftlichkeitsrechnung - Kapitalgebundene Kosten -**

kalk. Zinssatz in [ %/a ]		5,0	Investitions- summe in [ € ]	Nutzungs- dauer in [ a ]	Annuitäts- faktor in [ ]	Kapitalgeb. Kosten in [ € / a ]
Titel						
1.	Brennwertkessel (BW) als Wandtherme hydraulisch dem Solarpufferspeicher nachgeschaltet, Anschluss an innenliegenden Kamin, Pumpengruppe für zwei Heizkreise (stat. Heizung und Fußbodenheizung) Warmwasserbereitung grundsätzlich über die therm. Solaranlage, bei Fehlleistung Zuspeisung durch den BW-Kessel, Kesselleistung 2,2 - 12,1 kW	50 Stück	255.000	15	0,0963	24.567
2.	Innenliegender Kamin, raumluftunabhängig (LAS System), h = ca. 9m	50 Stück	40.000	15	0,0963	3.854
3.	Therm. Solaranlage (ca. 10,04qm) auf dem Dach zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung incl. Solarladestation und verbindende Rohrleitungen sowie Pufferspeicher mit 750 Liter	50 Stück	356.050	15	0,0963	34.303
4.	Zwei Pumpen- und Mischergruppen (Heizung) mit Verteiler / Sammler, verbindende Rohrleitungen auch zwischen BW-Kessel und Solarpufferspeicher incl. Wärmedämmung	50 Stück	105.250	15	0,0963	10.140
5.	E- und MSR-Technik Anschluss aller elektrischen Verbraucher, Regelung in den Komponenten bereits enthalten	50 Stück	25.000	15	0,0963	2.409
6.	Anteiliger Raumbedarf für die Heizzentrale B x T x H = 2,5*1,8*2,4m	50 Stück	172.800	15	0,0963	16.648
7.	Nebenarbeiten, Inbetriebnahme und Dokumentation		23.400	15	0,0963	2.254
8.	Unvorhergesehenes ca. 3%		29.330	15	0,0963	2.826
9.	Erdgas - Hausanschluss aus Preisblatt der Stadtwerke Mainz (01.01.2016)	50 Stück	110.000	15	0,0963	10.598
10.	TGA - Planungshonorar ca. 18%	1.116.830	201.030	15	0,0963	19.368
<b>11. Kapitalgebundene Kosten netto</b>			1.317.860			126.966
12. Mehrwertsteuer 19%			250.393			24.123
<b>13. Kapitalgebundene Kosten brutto</b>			1.568.253			151.089



25.07.2016

**Variante B / Wärmepumpe**

**Anlage 4**

Blatt 5

**Wirtschaftlichkeitsrechnung - Kapitalgebundene Kosten -**

kalk. Zinssatz in [ %/a ]		5,0	Investitions- summe in [ € ]	Nutzungs- dauer in [ a ]	Annuitäts- faktor in [ ]	Kapitalgeb. Kosten in [ € / a ]
Titel						
1.	Luft / Wasser Wärmepumpe zum Heizen und optionalen Kühlen, max. Vorlauftemperatur 60°C Innenaufstellung in Silent Ausführung Leistungszahl bei Heizbetrieb COP ca. 3,9 Nenn-Wärmeleistung 3,0 - 9,0 kW Speicher-Wassererwärmer 300 Liter mit elektrischem Heizstab ca. 3 kW(el) Heizwasser-Pufferspeicher 200 Liter	50 Stück	809.050	15	0,0963	77.946
2.	Zwei Pumpen- und Mischergruppen (Heizung) mit Verteiler / Sammler, verbindende Rohrleitungen incl. Wärmedämmung	50 Stück	76.000	15	0,0963	7.322
3.	E- und MSR-Technik Anschluss aller elektrischen Verbraucher, Regelung in den Komponenten bereits enthalten	50 Stück	25.000	15	0,0963	2.409
4.	Anteiliger Raumbedarf für die Heizzentrale B x T x H = 3,0*2,0*2,4m	50 Stück	230.400	15	0,0963	22.197
5.	Nebenarbeiten, Inbetriebnahme und Dokumentation		23.400	15	0,0963	2.254
6.	Unvorhergesehenes ca. 3%		34.920	15	0,0963	3.364
7.	Zweiter Wärmepumpenstromzähler, elektrische Leistungsaufnahme ca. 2,4 kW	50 Stück	42.500	15	0,0963	4.095
8.	TGA - Planungshonorar ca. 18%	1.241.270	223.430	15	0,0963	21.526
<b>9. Kapitalgebundene Kosten netto</b>			<b>1.464.700</b>			<b>141.113</b>
10. Mehrwertsteuer 19%			278.293			26.811
<b>11. Kapitalgebundene Kosten brutto</b>			<b>1.742.993</b>			<b>167.924</b>



25.07.2016

**Variante C / BHKW mit Spitzenkessel und Nahwärmenetz**

**Anlage 4**  
 Blatt 6

**Wirtschaftlichkeitsrechnung - Kapitalgebundene Kosten -**

kalk. Zinssatz in [ %/a ]		5,0	Investitions- summe in [ € ]	Nutzungs- dauer in [ a ]	Annuitäts- faktor in [ ]	Kapitalgeb. Kosten in [ € / a ]
Titel						
1.	BHKW, Erdgas H elektrische Leistung: 50 kW Thermische Leistung: 81 kW Brennstoffeinsatz: 145 kW mit Schallschutzkabine, anschlussfertig		86.000	10	0,1295	11.137
2.	Gas - Brennwertkessel mit Brenner, ca. 170 kW und Schalldämmhaube / Matrixbrenner		12.600	15	0,0963	1.214
3.	Freistehender Kamin, DN 80 und DN 200, H = 9m und Schalldämpfer		9.700	15	0,0963	935
4.	Pufferspeicher 2,5 cbm incl. Wärmedämmung		4.500	15	0,0963	434
5.	Pumpen, Rohrleitungen und Armaturen		29.700	15	0,0963	2.861
6.	Pumpengesteuerte Druckhalteanlage mit automatischer Nachspeisung		7.250	15	0,0963	698
7.	Heizungswasseraufbereitung nach VDI 2035		6.500	15	0,0963	626
8.	E- und MSR-Technik		37.900	15	0,0963	3.651
9.	Be- und Entlüftung mit Schalldämmung		4.100	15	0,0963	395
10.	Nahwärmenetz erdverlegt von DN 65 bis DN 20 DN 65 Einzelrohrverlegung (KMR) 60 m DN 50 - DN 20 Doppelrohrsystem (KMR) 890 m		27.000 211.920	15 15	0,0963 0,0963	2.601 20.417
11.	Indirekte Wärmübergabestationen ca. 12 kW	50 Stück	138.235	15	0,0963	13.318
12.	Warmwasserspeicher ca. 150 Liter	50 Stück	55.000	15	0,0963	5.299
13.	Zwei Pumpen- und Mischerguppen (Heizung) mit Verteiler / Sammler, verbindende Rohrleitungen incl. Wärmedämmung	50 Stück	76.000	15	0,0963	7.322
14.	Anteiliger Raumbedarf für die Heizzentrale ca. 164 cbm		73.800	15	0,0963	7.110
15.	Nebenarbeiten, Inbetriebnahme und Dokumentation		35.320	15	0,0963	3.403
16.	Unvorhergesehenes ca. 5%		40.780	15	0,0963	3.929
17.	Erdgasanschluss, ca. DN 80 ND, ca. 80m		52.000	15	0,0963	5.010
18.	Planungskosten für Gebäude, Statik, TGA, Schornsteingutachten, Schallschutz ca. 25%	908.305	227.080	15	0,0963	21.877
<b>19. Kapitalgebundene Kosten netto</b>			1.135.385			112.238
20. Mehrwertsteuer 19%			215.723			21.325
<b>21. Kapitalgebundene Kosten brutto</b>			1.351.109			133.563



25.07.2016

**Variante D / Pelletkesselanlage mit Nahwärmenetz**

**Anlage 4**  
 Blatt 7

**Wirtschaftlichkeitsrechnung - Kapitalgebundene Kosten -**

kalk. Zinssatz in [ %/a ]	5,0	Investitions- summe in [ € ]	Nutzungs- dauer in [ a ]	Annuitäts- faktor in [ ]	Kapitalgeb. Kosten in [ € / a ]
Titel					
1. Pelletkesselanlage 2 x 135 kW mit Rührwerksaustragung und Förderschnecke Regelung, Befüllungs- und Entlüftungsstutzen, Prallmatte etc.		68.429	15	0,0963	6.593
2. Freistehender Kamin, 2 x DN 200, H = 9m und Schalldämpfer		9.600	15	0,0963	925
3. Pufferspeicher 1 x 3,5 cbm 1 x 4 cbm incl. Wärmedämmung		8.000	15	0,0963	771
4. Pumpen, Rohrleitungen und Armaturen		31.500	15	0,0963	3.035
5. Pumpengesteuerte Druckhalteanlage mit automatischer Nachspeisung		7.250	15	0,0963	698
6. Heizungswasseraufbereitung nach VDI 2035		6.500	15	0,0963	626
7. E- und MSR-Technik		32.900	15	0,0963	3.170
8. Be- und Entlüftung mit Schalldämmung		4.100	15	0,0963	395
9. Nahwärmenetz erdverlegt von DN 65 bis DN 20 DN 65 Einzelrohrverlegung (KMR)		27.000	15	0,0963	2.601
DN 50 - DN 20 Doppelrohrsystem (KMR)		211.920	15	0,0963	20.417
10. Indirekte Wärmübergabestationen ca. 12 kW		138.235	15	0,0963	13.318
11. Warmwasserspeicher ca. 150 Liter		55.000	15	0,0963	5.299
12. Zwei Pumpen- und Mischerguppen (Heizung) mit Verteiler / Sammler, verbindende Rohrleitungen incl. Wärmedämmung		76.000	15	0,0963	7.322
13. Anteiliger Raumbedarf für die Heizzentrale ca. 273 cbm		122.630	15	0,0963	11.814
14. Nebenarbeiten, Inbetriebnahme und Dokumentation		33.820	15	0,0963	3.258
15. Unvorhergesehenes ca. 5%		41.640	15	0,0963	4.012
16. Planungskosten für Gebäude, Statik, TGA, Schornsteingutachten, Schallschutz ca. 25%	874.524	218.630	15	0,0963	21.063
<b>17. Kapitalgebundene Kosten netto</b>		<b>1.093.154</b>			<b>105.317</b>
18. Mehrwertsteuer 19%		207.699			20.010
<b>19. Kapitalgebundene Kosten brutto</b>		<b>1.300.854</b>			<b>125.327</b>



15.07.2016

**Variante A / Brennwertkessel mit Solaranlage**

**Anlage 4**  
 Blatt 8

**Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -**

	Einheit	
<b>1. Wärmebedarf und Wärmeverbrauch</b>		
Wärmebedarf (ohne Gf.)	kW	447
Wärmeverbrauch Kunden	MWh / a	533
<b>2. Wärmeerzeugung</b>		
<b>2.1 Brennwertkessel</b>		
Wärmeleistung	kW	447
Wärmeerzeugung	MWh / a	453
<b>2.2 Solaranlage</b>		
Wärmeerzeugung	MWh / a	80
<b>3. Brennstoffkosten</b>		
<b>3.1 Brennwertkessel</b>		
Nutzungsgrad Brennwertkessel	%	94
Brennstoffverbrauch Brennwertkessel	MWh / a	482
Brennstoffpreise		
Arbeitspreis Hu	€ / MWh	62,49
Mess-/Grundpreis alle 50 Gebäude	€ / a	5.500,00
Brennstoffkosten Brennwertkessel	€ / a	35.618
Gesamte Brennstoffkosten	€ / a	35.618
<b>4. Stromkosten</b>		
<b>4.1 Hilfsenergie</b>		
Verteilte Heizwärme	MWh / a	533
davon anteilig Hilfsenergie	%	1,0
in	MWh / a	5
Durchschnittlicher Strompreis	€ / MWh	229,00
Hilfsenergiekosten	€ / a	1.145
Gesamte Stromkosten	€ / a	1.145
<b>5. Verbrauchsgebundene Kosten netto</b>	€ / a	36.763



15.07.2016

**Anlage 4**

Blatt 9

**Variante B / Wärmepumpe**

**Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -**

	Einheit	
<b>1. Wärmebedarf und Wärmeverbrauch</b>		
Gesamtheizlast (ohne Glf.)	kW	447
Wärmeverbrauch Kunden	MWh / a	533
<b>2. Wärmeerzeugung</b>		
<b>2.1 Wärmepumpe</b>		
Wärmehöchstlast (WHL)	kW	447
Wärmeerzeugung	MWh / a	533
Jahresarbeitszahl (JAZ)	-	3,7
elektrischer Stromverbrauch	MWh / a	144
Entzugsarbeit	MWh / a	389
<b>3. Stromkosten</b>		
<b>3.1 Wärmepumpe</b>		
Jahresarbeitszahl (JAZ)	-	3,7
Stromverbrauch	MWh / a	144
Strompreis	€ / MWh	229,00
Mess-/Grundpreis alle 51 Gebäude	€ / a	5.712,00
Stromkosten Wärmepumpe	€ / a	38.698
<b>3.2 Hilfsenergie</b>		
Verteilte Heizwärme	MWh / a	533
davon anteilig Hilfsenergie	%	1,0
in	MWh / a	5
Durchschnittlicher Strompreis	€ / MWh	229,00
Hilfsenergiekosten	€ / a	1.145
Gesamte Stromkosten	€ / a	39.843
<b>4. Verbrauchsgebundene Kosten netto</b>	€ / a	39.843



15.07.2016

**Variante C / BHKW mit Spitzenkessel und Nahwärmenetz**

**Anlage 4**  
 Blatt 10

**Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -**

	Einheit	
<b>1. Wärmebedarf und Wärmeverbrauch</b>		
Wärmehöchstlast	kW	237
Wärmeerzeugung	MWh / a	609
<b>2. Wärmeerzeugung</b>		
<b>2.1 BHKW</b>		
Volllaststunden a.d. Jahresdauerlinie	h / a	6.150
Elektrische Leistung	kW	50
Stromerzeugung	MWh / a	308
Thermische Leistung	kW	81
Wärmeerzeugung	MWh / a	498
Nutzenergie aus BHKW	MWh / a	806
<b>2.2 Brennwertkessel</b>		
Wärmeleistung	kW	156
Wärmeerzeugung	MWh / a	111
<b>3. Brennstoffkosten</b>		
<b>3.1 BHKW</b>		
Brennstoffeinsatz BHKW	kW	145
Brennstoffverbrauch BHKW	MWh / a	892
Nutzungsgrad BHKW	%	90
Brennstoffpreise		
Arbeitspreis Hu	€ / MWh	56,99
Meß-/Grundpreis	€ / a	110,00
Brennstoffkosten BHKW	€ / a	50.934
<b>3.2 Brennwertkessel</b>		
Brennstoffverbrauch Brennwertkessel	MWh / a	118
Nutzungsgrad Brennwertkessel	%	94%
Brennstoffpreise		
Arbeitspreis Hu	€ / MWh	50,80
Meß-/Grundpreis	€ / a	110,00
Brennstoffkosten Brennwertkessel	€ / a	6.099
<b>Gesamte Brennstoffkosten</b>	€ / a	57.032
<b>4. Stromkosten</b>		
<b>4.1 Hilfsenergie</b>		
Verteilte Heizwärme	MWh / a	609
davon anteilig Hilfsenergie	%	2,0
in	MWh / a	12
Durchschnittlicher Strompreis	€ / MWh	229,00
Hilfsenergiekosten	€ / a	2.789
<b>Gesamte Stromkosten</b>	€ / a	2.789
<b>5. Verbrauchsgebundene Kosten netto</b>	€ / a	59.821

15.07.2016

**Anlage 4**

Blatt 11

**Variante D / Pelletkesselanlage mit Nahwärmenetz**

**Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -**

	Einheit	
<b>1. Wärmebedarf und Wärmeverbrauch</b>		
Wärmehöchstlast	kW	237
Wärmeerzeugung	MWh / a	609
<b>2. Wärmeerzeugung</b>		
<b>2.1 Holzpelletkesselanlage</b>		
Thermische Leistung	kW	237
Wärmeerzeugung	MWh / a	609
<b>3. Brennstoffkosten</b>		
<b>3.1 Holzpelletkesselanlage</b>		
Kesselwirkungsgrad		
Volllast	%	89%
Teillast	%	90%
Brennstoffverbrauch Holzpelletkesselanlage	MWh / a	677
Brennstoffpreis Holzpellets	€ / MWh	55,00
Preis für Ascheentsorgung	€ / MWh	0,21
Brennstoffkosten Holzpellets	€ / a	37.395
Gesamte Brennstoffkosten	€ / a	37.395
<b>4. Stromkosten</b>		
<b>4.1 Hilfsenergie</b>		
Verteilte Heizwärme	MWh / a	609
davon anteilig Hilfsenergie	%	4,0
in	MWh / a	24
Durchschnittlicher Strompreis	€ / MWh	229,00
Hilfsenergiekosten	€ / a	5.496
Gesamte Stromkosten	€ / a	5.496
<b>5. Verbrauchsgebundene Kosten netto</b>	€ / a	42.891



25.07.2016

**Variante A / Brennwertkessel mit Solaranlage**

**Anlage 4**  
 Blatt 12

**Wirtschaftlichkeitsrechnung - Betriebsgebundene Kosten -**

	Einheit	
<b>1. Instandsetzung</b>		
Investitionskosten netto ohne Ing.honorar	€	1.116.830
Anteil Instandsetzung	% / a	1,5
Instandsetzungskosten	€ / a	16.752
<b>2. Versicherung und Verwaltung</b>		
Investitionskosten netto ohne Ing.honorar	€	1.116.830
Anteil Versicherung und Verwaltung	% / a	1
Kosten Versicherung und Verwaltung	€ / a	11.168
<b>3. Kapitalgeb. Betriebskosten</b>	€ / a	27.921
<b>4. Wartungskosten</b>		
Kundendienst Brennwertkessel etc. 50 Stück	€ / a	6.500
Schornsteinfegergebühr, Emissionsüberwachung, Abgasverlustkontrolle 50 Stück	€ / a	4.000
Gesamte Wartungskosten	€ / a	10.500
<b>5. Betriebsgebundene Kosten netto</b>	€ / a	38.421



25.07.2016

**Variante B / Wärmepumpe**

**Anlage 4**  
 Blatt 13

**Wirtschaftlichkeitsrechnung - Betriebsgebundene Kosten -**

	Einheit	
<b>1. Instandsetzung</b>		
Investitionskosten netto ohne Ing.honorar	€	1.241.270
Anteil Instandsetzung	% / a	0,5
Instandsetzungskosten	€ / a	6.206
<b>2. Versicherung und Verwaltung</b>		
Investitionskosten netto ohne Ing.honorar	€	1.241.270
Anteil Versicherung und Verwaltung	% / a	1
Kosten Versicherung und Verwaltung	€ / a	12.413
<b>3. Kapitalgeb. Betriebskosten</b>	€ / a	18.619
<b>4. Wartungskosten</b>		
Wartungskosten Wärmepumpen                      50 Stück	€ / a	5.500
Gesamte Wartungs- und Wärmekosten	€ / a	5.500
<b>5. Betriebsgebundene Kosten netto</b>	€ / a	24.119

25.07.2016

**Variante C / BHKW mit Spitzenkessel und Nahwärmenetz**

**Anlage 4**

Blatt 14

**Wirtschaftlichkeitsrechnung - Betriebsgebundene Kosten -**

	Einheit	
<b>1. Instandsetzung</b>		
Investitionskosten netto ohne Ing.honorar	€	908.305
Anteil Instandsetzung	% / a	1,5
Instandsetzungskosten	€ / a	13.625
<b>2. Versicherung und Verwaltung</b>		
Investitionskosten netto ohne Ing.honorar	€	908.305
Anteil Versicherung und Verwaltung	% / a	1
Kosten Versicherung und Verwaltung	€ / a	9.083
<b>3. Kapitalgeb. Betriebskosten</b>	€ / a	22.708
<b>4. Personal</b>		
Betätigungszeitaufwand	h / a	110
spez. Personalkosten	€ / h	35,00
Personalkosten	€ / a	3.850
<b>5. Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten</b>		
Vollwartungskosten BHKW	€ / a	6.765
Kundendienst Brennwertkessel (2 AK, 5 h, 2 Termine, 45 € / h)	€ / a	900
Schornsteinfegergebühr, Emissions- überwachung, Abgasverlustkontrolle	€ / a	500
Wartungskosten Hausübergabestation 50 Stück	€ / a	5.000
Heizkostenabrechnung Wohnhäuser 50 Stück	€ / a	1.500
Gesamte Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten	€ / a	14.665
<b>6. Betriebsgebundene Kosten netto</b>	€ / a	41.223



25.07.2016

**Variante D / Pelletkesselanlage mit Nahwärmenetz**

**Anlage 4**  
 Blatt 15

**Wirtschaftlichkeitsrechnung - Betriebsgebundene Kosten -**

	Einheit	
<b>1. Instandsetzung</b>		
Investitionskosten netto ohne Ing.honorar	€	874.524
Anteil Instandsetzung	% / a	1,5
Instandsetzungskosten	€ / a	13.118
<b>2. Versicherung und Verwaltung</b>		
Investitionskosten netto ohne Ing.honorar	€	874.524
Anteil Versicherung und Verwaltung	% / a	1
Kosten Versicherung und Verwaltung	€ / a	8.745
<b>3. Kapitalgeb. Betriebskosten</b>	€ / a	21.863
<b>4. Personal</b>		
Betätigungszeitaufwand	h / a	220
spez. Personalkosten	€ / h	35,00
Personalkosten	€ / a	7.700
<b>5. Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten</b>		
Vollwartungskosten Holzpelletkesselanlage (2 AK, 10 h, 2 Termine, 45 € / h)	€ / a	1.800
Kundendienst Brennwertkessel (2 AK, 5 h, 2 Termine, 45 € / h)	€ / a	900
Schornsteinfegergebühr, Emissions- überwachung, Abgasverlustkontrolle	€ / a	500
Wartungskosten Hausübergabestation 50 Stück	€ / a	5.000
Heizkostenabrechnung Baufelder 50 Stück	€ / a	1.500
Gesamte Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten	€ / a	9.700
<b>6. Betriebsgebundene Kosten netto</b>	€ / a	39.263



25.07.2016

**Anlage 4**

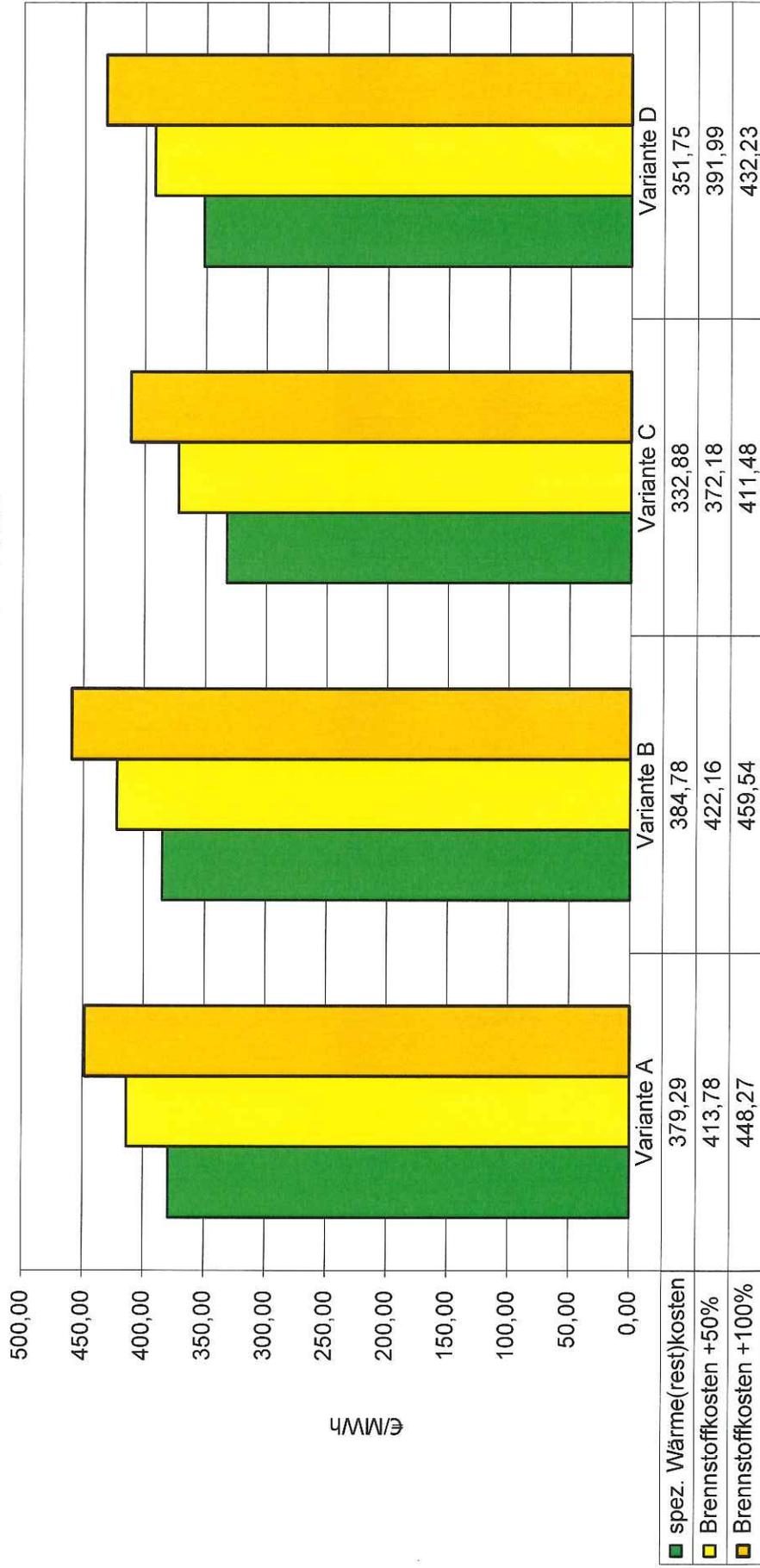
Blatt 16

**BPD Immobilienentwicklung GmbH**

**Wirtschaftlichkeitsrechnung - spezifische Wärme(rest)kosten -**

<b>Variante A / Brennwertkessel mit Solaranlage</b>		Einheit	
1.	Kapitalgebundene Kosten netto	€/a	126.966
2.	Verbrauchsgebundene Kosten netto	€/a	36.763
3.	Betriebsgebundene Kosten netto	€/a	38.421
4.	Gesamte Jahreskosten netto	€/a	202.149
5.	Gesamt-Wärmeverbrauch Kunden	MWh/a	533
<b>6.</b>	<b>spez. Wärmekosten</b>	<b>€/MWh</b>	<b>379,29</b>
<b>Variante B / Wärmepumpe</b>		Einheit	
1.	Kapitalgebundene Kosten netto	€/a	141.113
2.	Verbrauchsgebundene Kosten netto	€/a	39.843
3.	Betriebsgebundene Kosten netto	€/a	24.119
4.	Gesamte Jahreskosten netto	€/a	205.075
5.	Gesamt-Wärmeverbrauch Kunden	MWh/a	533
<b>6.</b>	<b>spez. Wärmekosten</b>	<b>€/MWh</b>	<b>384,78</b>
<b>Variante C / BHKW mit Spitzenkessel und Nahwärmenetz</b>		Einheit	
1.	Kapitalgebundene Kosten netto	€/a	112.238
2.	Verbrauchsgebundene Kosten netto	€/a	59.821
3.	Betriebsgebundene Kosten netto	€/a	41.223
4.	Gesamte Jahreskosten Netto	€/a	213.281
5.	Vergütung aus Stromerzeugung	€/a	35.867
6.	Gesamte Jahresrestkosten netto	€/a	177.415
7.	Gesamt-Wärmeverbrauch Kunden	MWh/a	533
<b>8.</b>	<b>spez. Wärmerestkosten</b>	<b>€/MWh</b>	<b>332,88</b>
<b>Variante D / Pelletkesselanlage mit Nahwärmenetz</b>		Einheit	
1.	Kapitalgebundene Kosten netto	€/a	105.317
2.	Verbrauchsgebundene Kosten netto	€/a	42.891
3.	Betriebsgebundene Kosten netto	€/a	39.263
4.	Gesamte Jahreskosten netto	€/a	187.471
5.	Gesamt-Wärmeverbrauch Kunden	MWh/a	533
<b>6.</b>	<b>spez. Wärmekosten</b>	<b>€/MWh</b>	<b>351,75</b>

### Varianten A - D der Energieversorgung Resultierende Wärme(rest)kosten und Variation der Brennstoffkosten







## Primärenergiefaktor

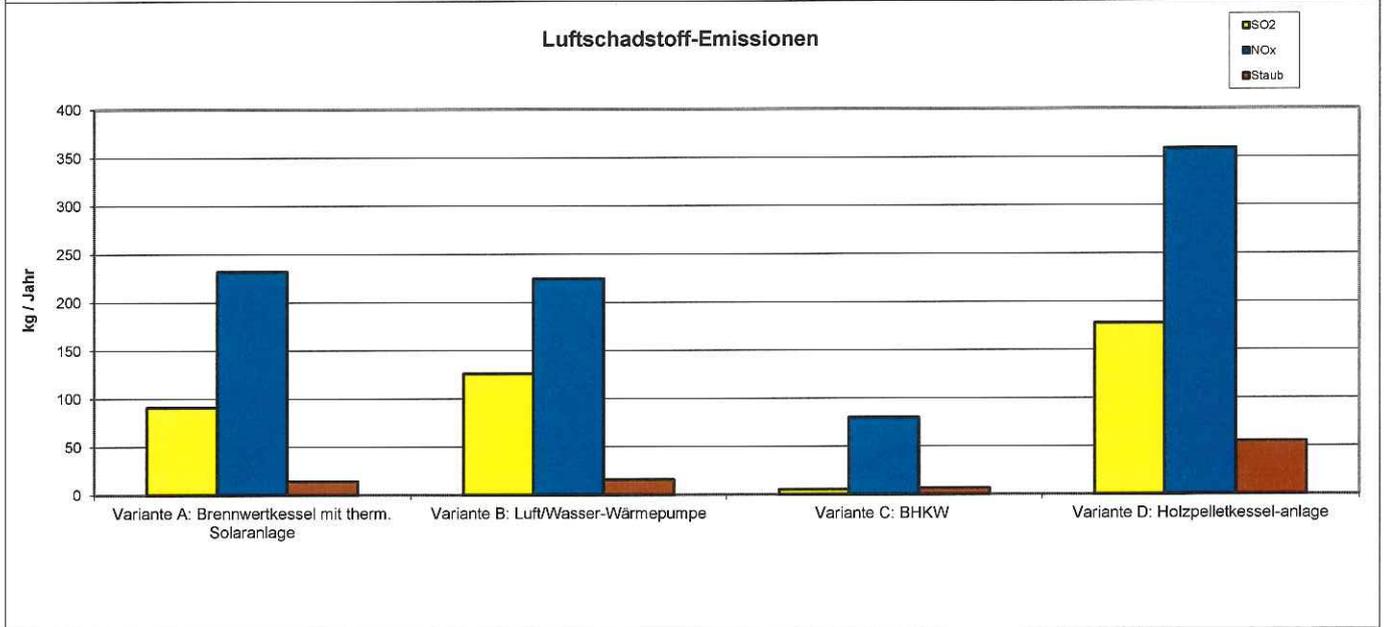
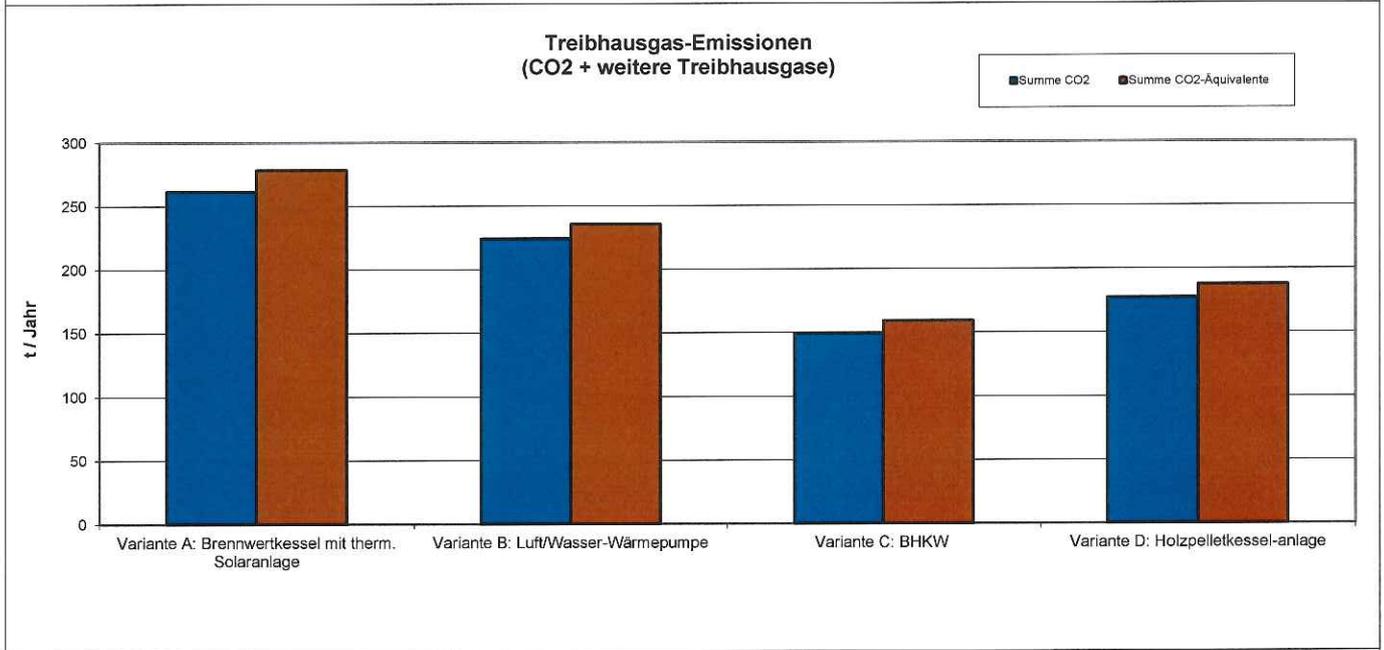
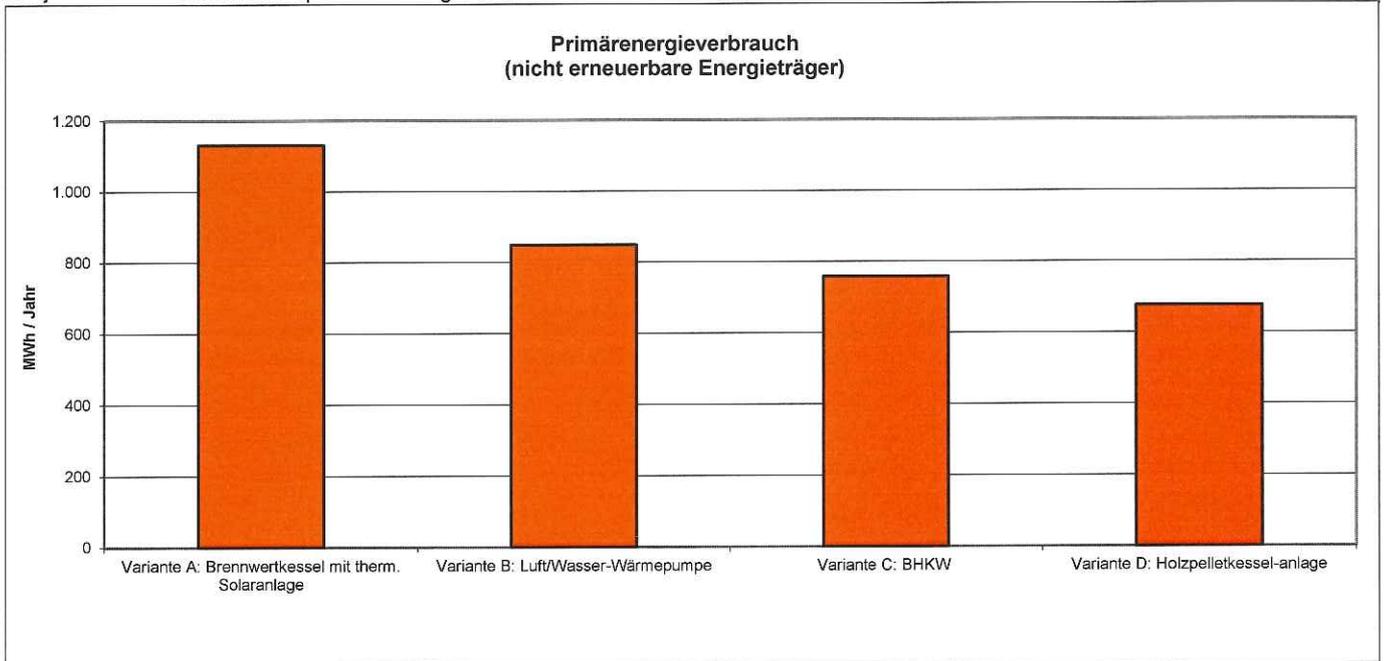
**Anlage 5**

25.07.2016

Vorläufige Berechnung des Primärenergiefaktors BHKW aus Planungsdaten (SOLL)  
 gemäß AGFW-Arbeitsblatt FW 309 Teil 1, Kap. 3.3, Formel 2

Technische Konzeption		Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
<b>Wärmeerzeugung</b>		<b>Solarthermie + Brennwert- therme</b>	<b>Luft-Wasser- Wärme- pumpe</b>	<b>ErdgasBHKW mit Spitzenkessel</b>	<b>Biomassekessel mit Spitzenkessel</b>
<b>Stromerzeugung</b>		-	-	KWK- Stromerzeugung mit BHKW-Modul	-
<b>Wärmebedarf/-verbrauch</b>					
Wärmehöchstlast / / Anschlussleitung	kW	447	447	237	237
Wärmeverbrauch Kunden	MWh/a	533	533	533	533
Wärmeerzeugung	MWh/a	533	533	609	609
<b>Wärmeerzeuger 1</b>		<b>Brennwert- kessel</b>	<b>Luft-Wasser- Wärmepumpe</b>	<b>Erdgas-BHKW (50/81 kW)</b>	<b>Biomassekessel</b>
<b>Brennstoff</b>		Erdgas	Strom	Erdgas	Holzpellets
<b>Gesamt-Therm. Leistung</b>	<b>kW</b>	<b>447</b>	<b>447</b>	<b>81</b>	<b>243</b>
<b>Elektrische Leistung</b>	<b>kW</b>	-	-	<b>50</b>	-
Energieeinsatz bei TA - Luft:	kW	-	-	<b>145</b>	-
Volllaststunden	h/a	-	-	<b>6.336</b>	-
Wärmeerzeugung	MWh/a	453	533	498	609
Stromerzeugung	MWh/a	-	-	308	-
Strom-/Brennstoffverbrauch (Hu)	MWh/a	482	144	892	677
Anteil an Wärmeerzeugung	%	85%	100%	82%	100%
<b>Wärmeerzeuger 2</b>		<b>Solarthermie</b>	-		
<b>Brennstoff</b>		-	-	Erdgas	
Wärmeleistung pro Kessel	kW			170	
<b>Gesamt-Therm. Leistung</b>	<b>kW</b>				
Wärmeerzeugung	MWh/a	80		111	
Brennstoffverbrauch (Hu)	MWh/a			118	
<b>Brennstoff- Primärenergiefaktoren</b>					
Erdgas		1,1	1,1	1,1	1,1
Biomethan		0,5	0,5	0,5	0,5
Strom verdrängt		2,8	2,8	2,8	2,8
Strom Bezug		1,8	1,8	2,4	2,4
Holz		0,2	0,2	0,2	0,2
Solarenergie		0,0	0,0	0,0	0,0
Umgebungswärme		0,0	0,0	0,0	0,0
<b>PE-Faktor Gesamtanlage</b>		<b>0,99</b>	<b>0,49</b>	<b>0,51</b>	<b>0,25</b>

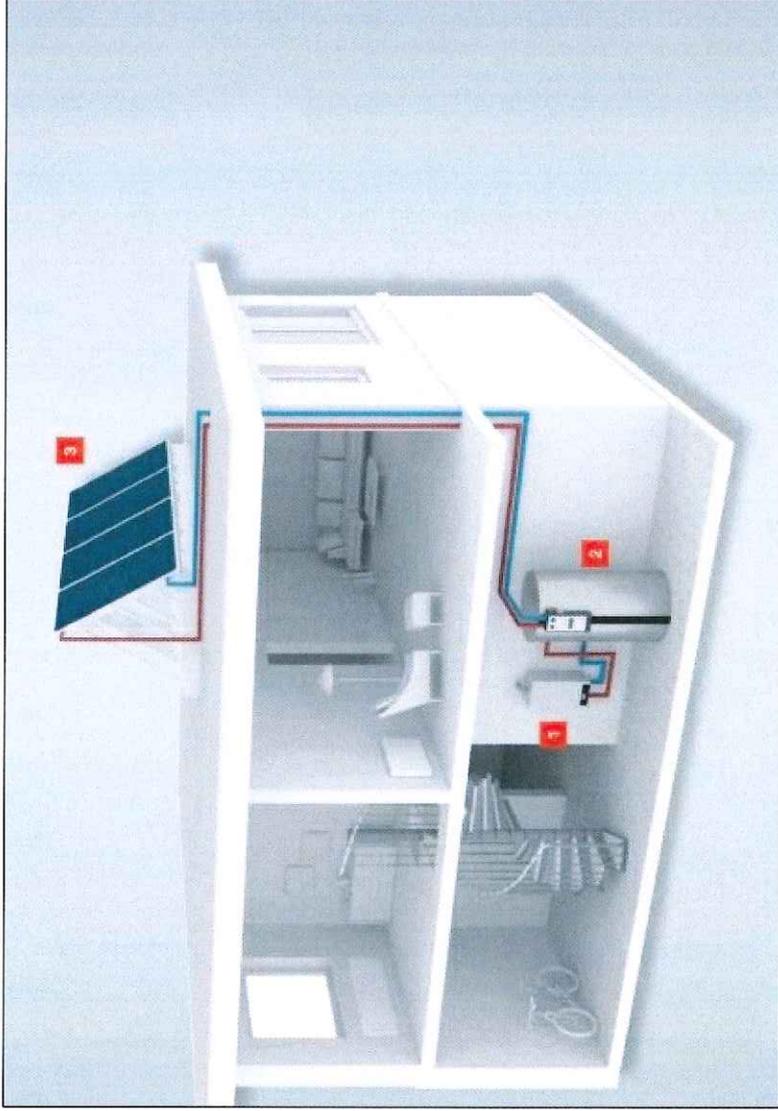




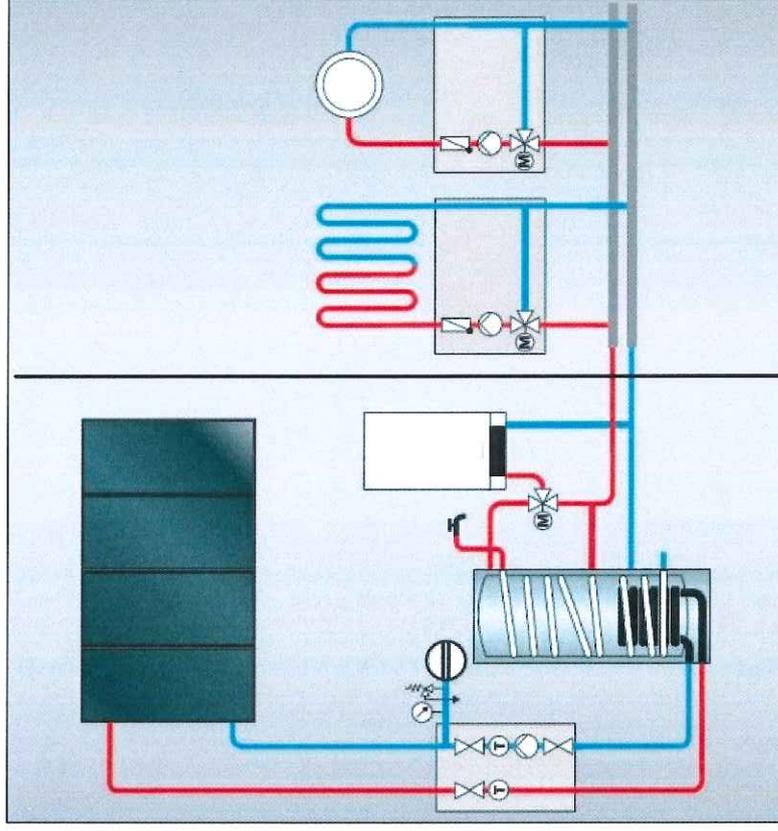
### Resultierende Schadstoffemissionen

	Dim.	Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage	Variante B: Luft/Wasser- Wärmepumpe	Variante C: BHKW	Variante D: Holzpelletkessel-anlage
Summe SO2 anteilig	kg/a	91 100%	126 138%	5 6%	178 195%
Summe NOx anteilig	kg/a	232 100%	225 97%	80 35%	359 155%
Summe Staub anteilig	kg/a	14 100%	16 112%	7 46%	55 388%
Summe CO2 anteilig	t/a	261 100%	224 86%	149 57%	177 68%
Summe CO2-Äquivalente anteilig	t/a	278 100%	236 85%	159 57%	187 67%
Summe Primärenergie anteilig	MWh/a	1.130 100%	849 75%	757 67%	675 60%





1. Gas-Brennwert-Wandgerät
2. Multivalenter Kombispeicher für Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung
3. Flachkollektoren



Solar Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung

Betrachtungsgrenze

## Heizzentrale "Mainz Finthen"

### Variante "A": Gas-Brennwerttherme und therm. Solaranlage

Planungsphase:  
Vorplanung

Maßstab:  
0.M.

Datum:  
25.07.2016

Zeichnungsnr.:  
Var. A

Unterschrift Planer:

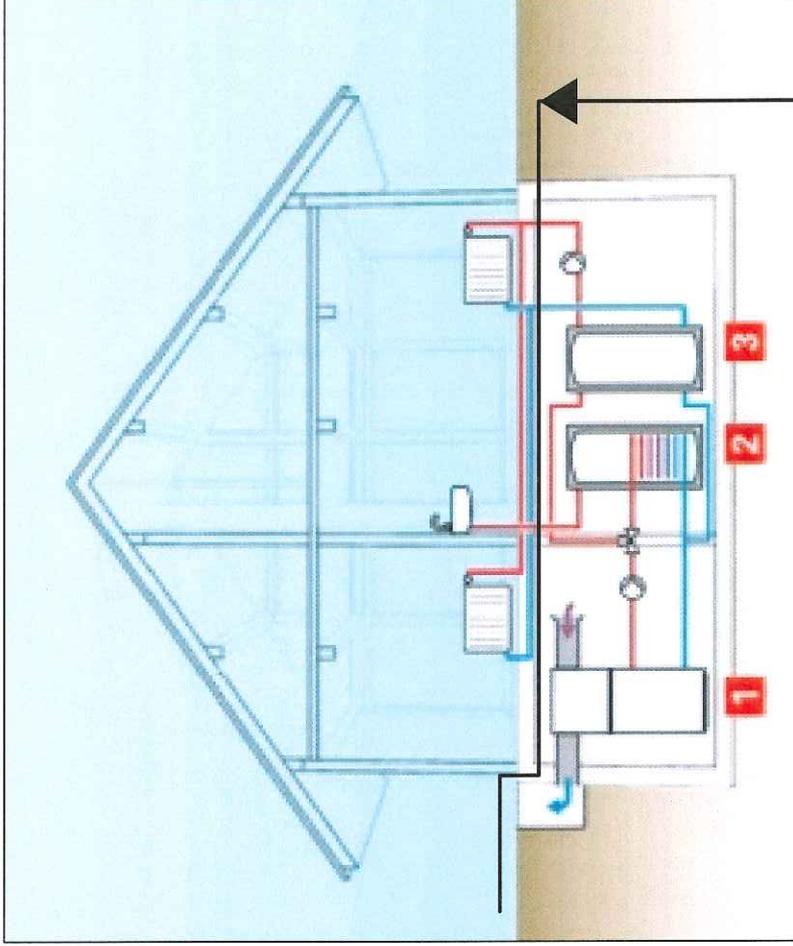


geeignet für die Außenaufstellung

H= 1.870 mm

B= 880 mm

T= 946 mm



Wärme aus der Luft

1. Luft / Wasser Wärmepumpe
2. Speicher - Wassererwärmer
3. Heizwasser - Pufferspeicher

Betrachtungsgrenze



BPD Immobilien GmbH  
Lyoner Straße 15

D - 60528 Frankfurt am Main

## Heizzentrale "Mainz Finthen" Variante "B": Luft / Wasser Wärmepumpe

Planungsphase:  
Vorplanung

Maßstab: Datum:  
o.M. 25.07.2016

Zeichnungsnr.:  
Var. B

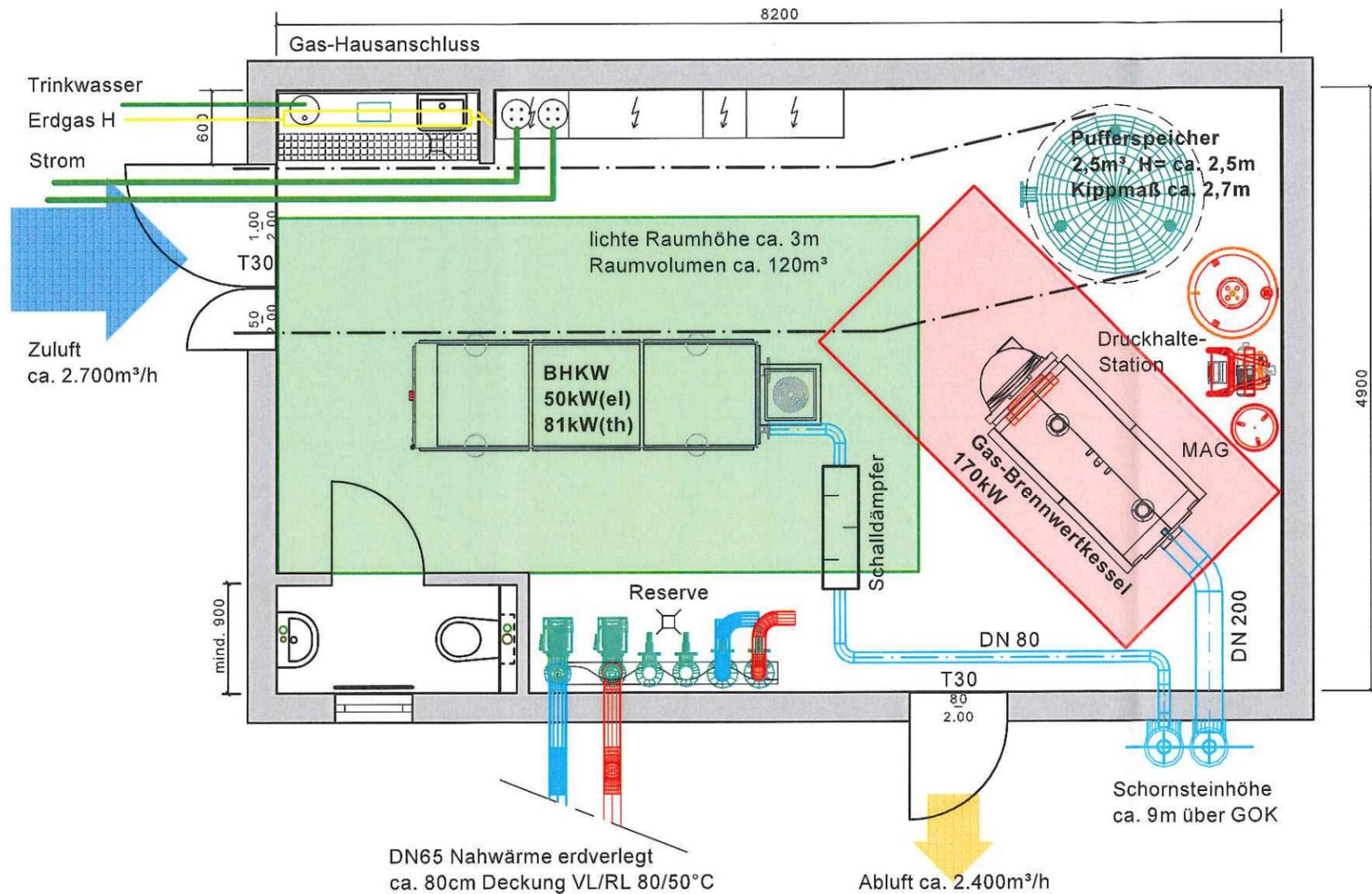
Unterschrift Planer:

Luisenstraße 51  
63067 Offenbach am Main  
Telefon 069.82.99.375-0  
Fax 069.82.99.375-29  
E-Mail info@bml-ing.de  
Url www.bml-ing.de

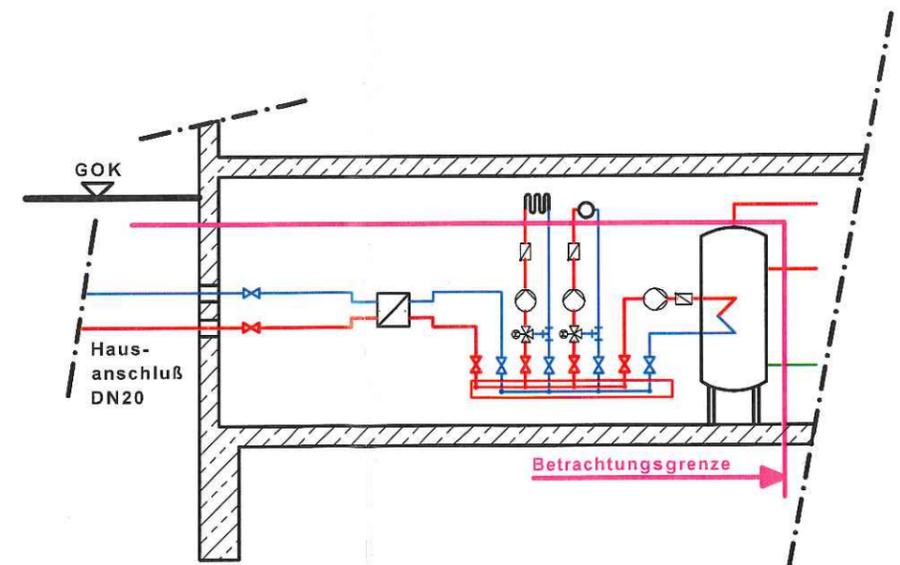


**B M L**  
INGENIEURGESELLSCHAFT MBH  
Energie- und Umwelttechnik  
Technische Gebäudeausrüstung  
Energetische Systemanalyse

WHL = ca.237 kW



Grundriss Heizzentrale 1:50



Schnitt Hausanschluß 1:100





Legende:

- Heizzentrale
- Haupttrasse
- Hausanschluss-Trasse

Wärmehöchstlast ca. 237 kW

Trassenlänge DN 65 ca. 60 Tr.m

Trassenlänge DN 50 - DN 25 ca. 370 Tr.m

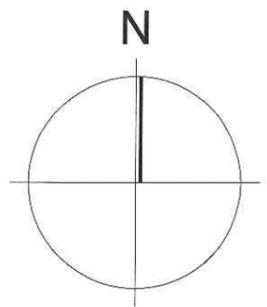
Hausanschlusslänge DN 20 513 Tr.m

Summe ca. 950 Tr.m

Summe HA 50 Stck.

PN 6  
VL / RL = 80° / 50° C

DN 65 Einzelrohr  
≤ DN 50 Doppelrohr



indirekte Übergabestation  
BxHxT 900mm x 820mm x 400mm



Verlegung Doppelrohrsystem

BPD Immobilien GmbH  
Lyoner Straße 15  
D-60528 Frankfurt am Main



Wärmeconcept für das Baugebiet  
"Mainz Finthen"  
Trassenplan Nahwärme Variante C + D

Planungsphase: Vorplanung	Maßstab: 1:1000	Datum: 25.07.2016	Zeichnungsnr.: WK-03	Unterschrift Planer:
------------------------------	--------------------	----------------------	-------------------------	----------------------

Luisenstraße 51  
63067 Offenbach am Main  
Telefon 069.82.99.375-0  
Fax 069.82.99.375-29  
E-Mail info@bml-ing.de  
Url www.bml-ing.de

