

Energiekonzept

für den

Bebauungsplan H95 "Bahnflächen Mombacher Straße" der Landeshauptstadt Mainz



Auftraggeber:

**aurelis Real Estate GmbH & Co. KG
Region Mitte
Mergenthalerallee 15-21
65760 Eschborn**

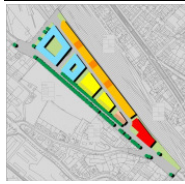
Projekt – Nr.: AUR - 001 / 2013
Projekt – Bez.: Energiekonzept

Bearbeiter: Dipl.-Ing. (FH) Michael Linkersdörfer
Dipl.-Ing. (TH) Rolf Maaß
B. Eng. Alexander Pannenbäcker

Offenbach, den 13.09.2013
(mit Ergänzung vom 09.10.2013)

Kapitel

Inhaltsverzeichnis



Inhaltsverzeichnis

Kapitel	Seite
1 Aufgabenstellung.....	3
2 Grundlagen	6
3 Verbrauchsdaten	8
3.1 Energiebedarf und Energieverbrauch.....	8
3.2 Solare Nutzung.....	10
4 Technische Konzeptionen der Energieversorgung	11
4.1 Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage.....	12
4.2 Variante B: Fernwärme.....	13
4.3 Variante C: BHKW (Erdgas).....	14
4.4 Variante D: BHKW (Biomethan)	15
4.5 Variante E: Holzpelletkesselanlage	16
4.6 Variante F: Reversible Wärmepumpe.....	17
5 Investitionskostenschätzung.....	18
6 Statische Wirtschaftlichkeitsrechnung	20
6.1 Energie(rest)kosten.....	22
7 Sensitivitätsanalyse	23
8 Primärenergieverbrauch und Emissionsbilanz	24
8.1 Primärenergieverbrauch	25
8.2 Primärenergieverbrauch ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	26
8.3 Luftschadstoffe.....	27
8.4 Luftschadstoffe ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	28
8.5 Treibhausgase	29
8.6 Treibhausgase ohne vorgelagerte Prozesse am Standort.....	30
9 Primärenergiefaktoren.....	31
10 Zusammenfassung und Resümee.....	32
11 Anlagen	34



Aufgabenstellung

1

Gegenstand der vorliegenden Bearbeitung ist die Erstellung eines Energieversorgungskonzeptes für den Bebauungsplan H95 "Bahnflächen Mombacher Straße" in Mainz. Das ca. 4,5 ha große Plangebiet wird begrenzt von der Mombacher Straße im Südwesten, der Bahntrasse im Nordosten und der Goethestraße im Nordwesten.

Das Nutzungsspektrum des Bebauungsplanes sieht Folgendes vor:

- Gewerbe-, Büro- und Verwaltungsnutzung
- Lager, Event und Ausstellungsräume
- Studentenwohnheime
- Hotel

Die Kundenstruktur lässt einen relativ geringen Grundabsatz für die Wärme vermuten sowie im Sommer auch die Notwendigkeit einer (partiellen) Kühlung der Räumlichkeiten.

Anhand verschiedener technischer Versorgungskonzepte für die Bereitstellung von Wärme für Heizung und Warmwasser, sowie Raumkälte im Sommer ist eine statische Wirtschaftlichkeitsrechnung mit dem Ergebnis spezifischer Energie(rest)kosten zu erstellen. Die Wirtschaftlichkeitsrechnung enthält neben den Investitionskosten (kapitalgebundene Kosten), auch die verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten. Die möglichen Energieträger sind Erdgas (als konventioneller Brennstoff), Biomethan und Holzpellets, sowie Umweltwärme die über reversible Wärmepumpen verfügbar gemacht wird.

Alle technischen Versorgungskonzepte sind ökologisch durch die Parameter Primärenergieeinsatz und CO₂- Äquivalent zu bewerten. Die sonstigen Schadstoffemissionen sind zu bilanzieren und zu interpretieren.

Alle aktuellen gesetzlichen Vorgaben (z.B. EEWG, KWK, etc.) und Fördermöglichkeiten sind zu beachten bzw. in die Konzeption einzubauen.

Zu untersuchen sind folgende Energieversorgungsvarianten:

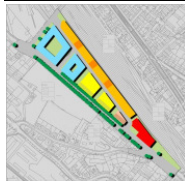
Variante A: Wärmeversorgung (dezentral):
(Referenz) Gasbrennwertkessel mit solarer Brauchwassererwärmung zur Einhaltung des EEWärmeG pro Baufeld.

Kälteversorgung (dezentral):
KKM pro Baufeld.

Brennstoff: Erdgas H

Variante B: Wärmeversorgung (zentral):
Fernwärme der Stadtwerke Mainz.

Kälteversorgung (dezentral):
KKM pro Baufeld.



Aufgabenstellung

1

- Variante C:** Wärmeversorgung (zentral):
Nahwärmezentrale im Baufeld 6 (Annahme): BHKW, Spitzenkessel und techn. Subsysteme, Wärmebereitstellung mittels erdverlegtem Nahwärmenetz sowie indirekter Übergabestationen pro Baufeld.
Kälteversorgung (dezentral):
KKM pro Baufeld.
Brennstoff: Erdgas H
- Variante D:** Wärmeversorgung (zentral):
Nahwärmezentrale im Baufeld 6 (Annahme): BHKW, Spitzenkessel und techn. Subsysteme, Wärmebereitstellung mittels erdverlegtem Nahwärmenetz sowie indirekter Übergabestationen pro Baufeld.
Kälteversorgung (dezentral):
KKM pro Baufeld.
Brennstoff: Biomethan für BHKW und Erdgas H für Spitzenkessel
- Variante E:** Wärmeversorgung (zentral):
Nahwärmezentrale im Baufeld 6 (Annahme): Holzpelletkesselanlage, Spitzenkessel und techn. Subsysteme, Wärmebereitstellung mittels erdverlegtem Nahwärmenetz sowie indirekter Übergabestationen pro Baufeld.
Kälteversorgung (dezentral):
KKM pro Baufeld.
Brennstoff: Holzpellets, Erdgas H
- Variante F:** Wärme- und Kälteversorgung (dezentral):
Reversible Wärmepumpen pro Baufeld.

Bei allen Varianten sind auch die notwendigen Subsysteme wie Brennstoffversorgung und Lagerung, Druckhaltung, Wasseraufbereitung, Pumpen und Armaturen, sowie Gebäude technisch und kostenmäßig zu erfassen.



Aufgabenstellung

1

Das Ergebnis der Untersuchung ist im vorliegenden Abschlussbericht zusammengefasst und in einer Präsentation im Hause des Auftraggebers vorzustellen.

Auftraggeber (AG): **aurelis Real Estate GmbH & Co. KG**
Region Mitte
Mergenthalerallee 15-21
65760 Eschborn

Ansprechpartner: Herr Dr. Elmar Schütz

Telefon: 0 61 96 / 52 32 – 230
Telefax: 0 61 96 / 52 32 – 209
E-Mail: elmar.schuetz@aurelis-real-estate.de

Kapitel

Grundlagen

2



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

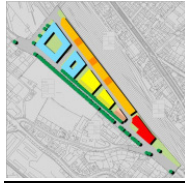
Grundlagen

2

Das vorliegende Energieversorgungskonzept wurde auf Basis verschiedener Grundlagen erstellt. Hierbei handelt es sich um Angaben des Nutzers, Gesetze und Verordnungen, Technische Regelwerke, Literaturangaben, sowie sonstige Daten und Informationen.

Die Grundlagen sind:

- Unser Angebot Nr. AUR - 001 / 2013 vom 30. Juli 2013 und Beauftragung vom 05. August 2013
- alle Daten, Informationen und Aspekte aus den per E-Mail gesandten Unterlagen der aurelis Real Estate vom 29.07.2013, 12.08.2013 und 27.08.2013
- Zwischengespräch mit dem Auftraggeber am 15. August 2013
- Telefonat mit aurelis, Herrn Zehrer am 12.08.2013, 26.08.2013 und 29.08.2013
- Erdgastarife der ENTEGA GmbH & Co. KG, Angaben vom 12. August 2013 veröffentlicht im Internet
- Biomethantarife der agri.capital GmbH; Angaben vom 4. September 2013
- Fernwärmeangebot (inkl. notwendige Investitionskosten) der Heizkraftwerk GmbH Mainz per E-Mail vom 27. August 2013 an die aurelis Real Estate GmbH & Co. KG
- Stromtarife der ENTEGA GmbH & Co. KG; Angaben vom 12. August 2013 veröffentlicht im Internet
- Netznutzungsentgelte für Strom und Gas der Stadt Mainz; Internetangaben vom 12.08.2013
- Stromnetzentgeltverordnung vom 25. Juli 2005 (BGBl. I S. 2225), zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1690)
- Holzpelletpreise vom Deutschen Energieholz- und Pellet-Verband e. V. (DEPV); Angaben von August 2013
- Stromnetzentgelttarife der Stadtwerke Mainz Netze GmbH; Internetangaben vom 14.08.2013
- Abfallgebühren des Entsorgungsbetrieb der Stadt Mainz; Internetangaben vom 16.08.2013
- Beschluss der Stadtverordnetenversammlung vom 06.09.2007, § 2443, „Bausteine für den Klimaschutz, hier: Beteiligungen der Stadt Frankfurt a. M.“ - daraus der Ansatz für CO₂ Umweltfolgekosten mit 50,00 € / t CO₂
- Förderung von Nahwärmenetzen aus KWK - Anlagen durch das Bundesamt für Wirtschaft- und Ausfuhrkontrolle (BAFA), gefördert wird der Aus- und Neubau von Wärmenetzen, in die bei der Inbetriebnahme mind. 50% und im Endausbau mind. 60% Wärme aus KWK-Anlagen eingespeist wird.
- Trinkwasseranalyse der Stadtwerke Mainz Netze GmbH, Wasserwerk Eich vom 12. August 2013, dort Angabe u. a. der Gesamthärte von 19,8° dH

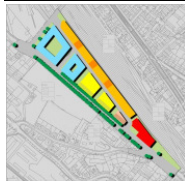


- Materialien und Daten
- Vor-Ort-Datenaufnahme
- Gesetze, Normen und Richtlinien
- Literatur

Grundlagen

2

- Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074), zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes vom 20. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2730, 2743 f.)
- Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (EEWärmeG) vom 7. August 2008 (BGBl. 2008 Teil I S. 1658), zuletzt geändert durch Artikel 2, Absatz 68 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044, 3051)
- Gesetz zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWKG) Inkrafttreten der Änderung vom 19. März 2002 (BGBl. I S. 1092), zuletzt geändert durch Artikel 4 Absatz 77 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154)
- Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 2. Juli 2013 (BGBl. I S. 1943)
- Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. Januar 2010 (BGBl. I S. 38)
- Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 973)
- Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519), zuletzt geändert durch den Artikel 2 des Gesetzes vom 4. Juli 2013 (BGBl. I S. 2197)
- Landesbauordnung Rheinland-Pfalz (LBauO) vom 24. November 1998
- Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme (AVBFernwärmeV) vom 20. Juni 1980 (BGBl. I S. 742), zuletzt geändert durch Artikel 16 des Gesetzes vom 25. Juli 2013 (BGBl. I S. 2722)
- Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 8. September 1964 (GMBI. S. 433), zuletzt geändert am 24. Juli 2002 (GMBI. S. 511)
- VDI-Richtlinie 2067, Blatt 1: Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen
- Betriebstechnische und wirtschaftliche Grundlagen, September 2012
- Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 23.09.2004 (BGBl. I S. 2414), das zuletzt durch Art. 1 des Gesetzes vom 11. Juni 2013 (BGBl. I S. 1548) geändert worden ist
- GEMIS 4.7, Stand 05 / 2012
(Globales Emissionsmodell Integrierter Systeme / Öko-Institut e. V. Freiburg)
- KWK-Index EEX Leipzig (Stand Q2/2013)



- Energiebedarf und Energieverbrauch 3.1
- Solare Nutzung 3.2

Energiebedarf und Energieverbrauch

3.1

Berechnungsgrundlage für die überschlägige Bestimmung des Energiebedarfs der Baufelder waren der Bebauungsplan H95 "Bahnflächen Mombacher Straße", Angaben zu der Brutto-Geschossfläche (realistic case), die Geschossanzahl und die Art der zukünftigen Gebäudenutzung. Da die derzeitige gesetzliche Grundlage für bautechnische Anforderungen, die EnEV 2009, aller Voraussicht nach bald abgelöst wird, wurden die zu erwartenden Werte aus dem Entwurf der EnEV 2013/2014 angesetzt.

Die von allen anderen Varianten abweichende Heizlast der Variante A wird im Kapitel 3.2 weiter erläutert.

Bei den Varianten B, C, D und E werden die Baufelder über ein Nahwärmenetz mit Wärme versorgt. Bei diesen Varianten wird der zu ermittelnde Wärmebedarf mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor (Glf.) versehen. Mit dem Glf. lässt sich die sogenannte Wärmehöchstlast (WHL) bestimmen. Für einen Bebauungsplan in der vorliegenden Form kann ein Glf. von ca. 0,8 angenommen werden.

Die Varianten A und F werden dezentral, ohne ein Nahwärmenetz, mit Wärme versorgt.

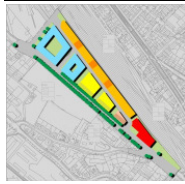
Die Kälteversorgung erfolgt nicht über das Nahwärmenetz, sondern ausschließlich dezentral auf jedem einzelnen Baufeld. Für die Studentenwohnheime (Baufeld 6 und Baufeld 7) wurde keine Kühlung eingeplant. Für die Ermittlung der Kältelast wurde ein Rechenwert von 45 W/m² angenommen.

Zusammengefasst ergeben sich für die Baufelder folgende Werte für den Energiebedarf:

Energiebedarf		Wärme (Heizlast)			Kälte (Kühllast)
		Variante			
		A	B - E	F	A - F
Baufeld 1	kW	117	138	138	289
Baufeld 2	kW	434	510	510	579
Baufeld 3	kW	38	45	45	78
Baufeld 4	kW	70	82	82	149
Baufeld 5	kW	84	99	99	179
Baufeld 6	kW	174	205	205	-
Baufeld 7	kW	365	429	429	-
Gesamt-Heizlast / -Kühllast	kW	1.282	1.508	1.508	1.273
Gleichzeitigkeitsfaktor	-		0,8		
Wärmehöchstlast (WHL)	kW		1.207		

Kapitel

Verbrauchsdaten **3**



- Energiebedarf und Energieverbrauch 3.1
- Solare Nutzung 3.2

Energiebedarf und Energieverbrauch

3.1

Aus dem jeweils errechneten Wärmebedarf wurde mit 1.500 Vollbenutzungsstunden (Erfahrungswert) und einem zusätzlichen Verbrauch für die Warmwasserbereitung (nach EnEV) der Gesamtwärmeverbrauch der Baufelder errechnet. Da für die Varianten B, C, D und E jeweils eine zentrale Wärmeerzeugung geplant ist, müssen hier die Netzverluste bis zu den Verbrauchern berücksichtigt werden. Die Wärmeverbrauchsrechnung und auch die spätere Wirtschaftlichkeitsrechnung basieren auf einem Nahwärmesystem der Dämmserie 3 (doppelt verstärkte Dämmdicke, ca. 30% weniger Wärmeverluste als bei Standarddämmung). Betreiber von Heizzentralen sind in der Regel an möglichst geringen Wärmeverlusten interessiert, da diese gemäß AVBFernwärmeV nicht dem Kunden in Rechnung gestellt werden dürfen. Für den Kältebedarf wurden 600 Vollbenutzungsstunden angenommen.

Zusammengefasst ergeben sich für die Baufelder folgende Werte für den Energieverbrauch:

Energieverbrauch		Wärme			Kälte
		Variante			
Energieverbrauch Netto		A	B - E	F	A - F
Baufeld 1	MWh / a	245	288	288	174
Baufeld 2	MWh / a	671	789	789	347
Baufeld 3	MWh / a	62	73	73	47
Baufeld 4	MWh / a	114	135	135	89
Baufeld 5	MWh / a	131	154	154	107
Baufeld 6	MWh / a	273	321	321	-
Baufeld 7	MWh / a	558	656	656	-
Gesamt-Energieverbrauch Netto	MWh / a	2.054	2.416	2.416	764
Verteilungsnetzverluste (Wärme ca. 5%)	MWh / a		121		
Energieverbrauch Brutto	MWh / a		2.537		

Politisches Ziel der Bundesregierung bis 2050 ist, einen weitestgehend klimaneutralen Gebäudebestand (d.h. incl. Bestandsgebäuden) zu erreichen. Dieses Ziel ist nach heutiger vorsichtiger Einschätzung gültig, unabhängig davon, wer die Regierung stellt.



• Energiebedarf und Energieverbrauch	3.1
• Solare Nutzung	3.2

Solare Nutzung

3.2

Gesetzliche Grundlagen:

Seit dem 01. Januar 2009 ist das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) in Kraft. Damit müssen Neubauten mit Bauantragsstellung ihren Wärme- und Kälteenergiebedarf anteilig aus erneuerbaren Energien decken. Gemäß §5 „Anteil Erneuerbarer Energien“ des EEWärmeG gilt, dass der Wärme- und Kälteenergiebedarf z.B. zu mindestens 15% aus solarer Strahlungsenergie gedeckt werden muss.

Gemäß §7 EEWärmeG könnte diese Forderung aber auch mit einer Ersatzmaßnahme umgangen werden. Bedingung ist hierbei, die Anforderung der EnEV 2013/2014 um mindestens 15% zu unterschreiten.

Thermische Nutzung:

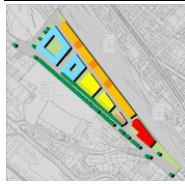
Die Variante A soll mit Solarthermie ausgestattet werden. Um dem EEWärmeG zu entsprechen müssen mindestens 15% des Wärmeenergiebedarfs über den Wärmeertrag der Solarthermiefläche abgedeckt werden. Die Bestimmung der notwendigen Kollektorfläche in Anlage 2, Blatt 2 zeigt, dass die benötigten Flächen an Solarkollektoren die vorhandenen Dachflächen weit übersteigen würden. Besonders bei der Gebäudenutzung als Büro sind die Differenzen groß, da in diesem Fall keine oder nur eine sehr klein Menge für die Warmwasserbereitung benötigt wird. Eine Solarthermieanlage macht bei dieser Gebäudenutzung wenig Sinn. Werden die Gebäude der Baufelder zum Wohnen (z.B. als Studentenheim oder Hotel) genutzt, besteht ein größerer Warmwasserbedarf, so dass die Wärmeenergie der Solarthermieanlage besser ausgenutzt werden kann.

Da die Variante A aufgrund der zu geringen Dachfläche nicht mit Solarthermie umgesetzt werden kann, wurde auf die Ersatzmaßnahme des EEWärmeG zurückgegriffen. Durch bauliche Maßnahmen, wie z.B. stärkere Wärmedämmung der Wände, 3-fach-Verglasung oder eine höhere Wärmerückgewinnung der Lüftung werden die Anforderungen der zukünftigen EnEV 2013/2014 um 15% unterschritten.

Elektrische Nutzung:

Bei allen Varianten, außer Variante F, werden Photovoltaikanlagen eingesetzt. Um auch bei der Kälteversorgung einen Anteil von 15% durch Erneuerbare Energien zu erreichen werden die Photovoltaikflächen in den entsprechenden Größen ausgelegt (siehe Anlage 2, Blatt 2 und 3).

Bei der elektrischen Nutzung der Solarenergie kann die 15%-Grenze gemäß dem EEWärmeG problemlos eingehalten werden.



Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage	4.1
Variante B: Fernwärme	4.2
Variante C: BHKW (Erdgas)	4.3
Variante D: BHKW (Biomethan)	4.4
Variante E: Holzpelletkesselanlage	4.5
Variante F: Reversible Wärmepumpe	4.6

Technische Konzeptionen der Energieversorgung

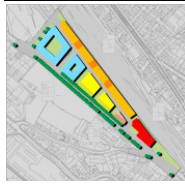
4

Die technischen Konzeptionen der Energieversorgung für die einzelnen Varianten sind ausgelegt nach den in Kapitel 3 genannten Energiebedarfs- bzw. Energieverbrauchszahlen.

Berücksichtigt werden Wärmeerzeugungssysteme mit und ohne konventionelle Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Auch die Wärmeversorgung über eine Fernwärmeleitung wird betrachtet. Als Energieträger werden Erdgas, Biomethan, Holzpellets und Umweltwärme (Luft) verwendet.

Klimakälte wird durch konventionelle Kompressionskältemaschinen oder reversible Wärmepumpen bereitgestellt.

In den folgenden Abschnitten sind die Varianten der Energieversorgung mit ihren technischen Konzeptionen im Einzelnen erläutert und mit ihren Aufstellungsentwürfen in den Zeichnungen AP-001 und AP-002 dargestellt.



• Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage	4.1
Variante B: Fernwärme	4.2
Variante C: BHKW (Erdgas)	4.3
Variante D: BHKW (Biomethan)	4.4
Variante E: Holzpelletkesselanlage	4.5
Variante F: Reversible Wärmepumpe	4.6

Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage

4.1

Aufbau: Dezentrale Wärme- und Kälteversorgung:

Wärmeversorgung:
Brennwertkessel pro Baufeld

Kälteversorgung:
Elektr. Kompressionskältemaschine pro Baufeld
(jedoch nicht Baufelder 6+7)

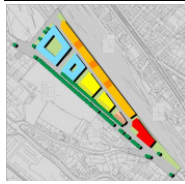
Brennstoff: Erdgas H

Komponenten: Brennwertkesselanlagen (Leistung: 40 – 450 kW th.)
incl. sicherheitstechnische Ausstattung, Anschlussset, Heizkreis und Inbetriebnahme
Kaminanlage im Gebäude (ein- bzw. zweizügig)
Kompressionskälteanlagen (KKM), (Leistung: 75 - 600 kW th.)
inkl. Rückkühler
Gasanschluss
Photovoltaikanlagen zu Unterstützung der Stromversorgung pro Baufeld
incl. Zubehör (Modulflächen ca. 51, 101, 14, 26 und 31 m²)
Rohrleitungen und Armaturen
E- und MSR-Technik (Anlagenschaltschränke für Stromversorgung der Komponenten, Automationssystem zur Steuerung und Überwachung der Gesamtanlage)
Heiz- und Kühlräume für Brennwertkesselanlagen und KKM
h=3 m, ca. 5 x 16 m² (mit KKM) und 2 x 10 m² (ohne KKM)
Zusätzliche Baumaßnahmen wie stärkere Wärmedämmung der Wände,
3-fach-Verglasung mit Kryptonfüllung und Lüftung mit besserer Wärmerückgewinnung für die einzelnen Gebäude

Kapitel

Technische Konzeptionen der Energieversorgung

4



Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage	4.1
• Variante B: Fernwärme	4.2
Variante C: BHKW (Erdgas)	4.3
Variante D: BHKW (Biomethan)	4.4
Variante E: Holzpelletkesselanlage	4.5
Variante F: Reversible Wärmepumpe	4.6

Variante B: Fernwärme

4.2

Aufbau: Zentrale Wärme- und dezentrale Kälteversorgung:

Wärmeversorgung:

Fernwärme zur Versorgung aller Baufelder über eine Nahwärmetrasse

Kälteversorgung:

Elektr. Kompressionskältemaschine pro Baufeld
(jedoch nicht Baufelder 6+7)

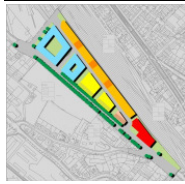
Komponenten:

Anschlussleitung der Stadtwerke Mainz AG von der bestehenden Fernwärmeleitung zum H95-Übergabepunkt an der Goethestraße
Internes Nahwärmenetz (vom H95-Übergabepunkt zum Anschluss an die einzelnen Baufelder), erdverlegt (Dämmserie 3) mit Tiefbau und HA-Leitungen
Nahwärmetrassen- Absperrarmaturen (mit ELE und ELÜ)
Indirekte Übergabestationen ohne Warmwasserbereiter
incl. Druckdifferenzregelung, Wärmezähler und Rohrleitungen im Heizungsraum
Kompressionskälteanlagen (KKM), (Leistung: 75 - 600 kW th.)
incl. Rückkühler
Photovoltaikanlagen zu Unterstützung der Stromversorgung pro Baufeld
incl. Zubehör (Modulflächen ca. 51, 101, 14, 26 und 31 m²)
Heiz- und Kühlräume für Übergabestationen und KKM
h=3, ca. 5 x14 m² (mit KKM) und 2 x 10 m² (ohne KKM)

Kapitel

Technische Konzeptionen der Energieversorgung

4



Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage	4.1
Variante B: Fernwärme	4.2
• Variante C: BHKW (Erdgas)	4.3
Variante D: BHKW (Biomethan)	4.4
Variante E: Holzpelletkesselanlage	4.5
Variante F: Reversible Wärmepumpe	4.6

Variante C: BHKW (Erdgas)

4.3

Aufbau: Zentrale Wärme- und dezentrale Kälteversorgung:

Wärmeversorgung:

BHKW, Spitzenkessel und techn. Subsysteme in einer Nahwärmezentrale, zur Versorgung aller Baufelder über die Nahwärmetrasse

Kälteversorgung:

Elektr. Kompressionskältemaschine pro Baufeld

Brennstoff: Erdgas H

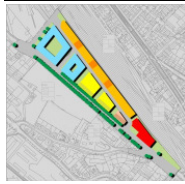
Komponenten:

BHKW (Leistung: 140 kW el. und 207 kW th.)
incl. Leistungs- und Steueranlage, Gasstraße, Abnahmetest, VL-
Temperaturregelung, Schallschutzkabine und Schmieröltank
Zwei NT-Heizkessel (Leistung: 2 x 560 kW th.)
incl. 2-stufigem Brenner, sicherheitstechnische Ausstattung,
Schalldämmhaube und Membranausdehnungsgefäß
Kaminanlage im Gebäude (dreizügig, h=16 m)
Wärmespeicher (5 m³) incl. Isolierung und Ummantelung
Kompressionskälteanlagen (KKM) (Leistung: 75 - 600 kW th.)
incl. Rückkühler
Photovoltaikanlagen zur Unterstützung der Stromversorgung
incl. Zubehör (Modulflächen ca. 51, 101, 14, 26 und 31 m²)
Pumpen, Rohrleitungen und Armaturen
Pumpgesteuerte Druckhalteanlage, mit autom. Nachspeisung
Wasseraufbereitung
E- und MSR-Technik
Rauch- und Wärmeabzugsanlage
Be- und Entlüftungsanlage
Nahwärmenetz, erdverlegt (Dämmserie 3) mit Tiefbau und HA-Leitungen
Nahwärmetrassen- Absperrarmaturen (mit ELE und ELÜ)
Indirekte Übergabestationen ohne Warmwasserbereiter
incl. Druckdifferenzregelung und Wärmezähler
Heiz- und Kühlräume für BHKW, NT-Kessel und KKM
h=3 m, ca. 70 m² für Heizzentrale mit BHKW und NT-Heizkessel, sowie
60 m² für Räume zur Unterbringung KKM
Gasanschluss

Kapitel

Technische Konzeptionen der Energieversorgung

4



Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage	4.1
Variante B: Fernwärme	4.2
Variante C: BHKW (Erdgas)	4.3
• Variante D: BHKW (Biomethan)	4.4
Variante E: Holzpelletkesselanlage	4.5
Variante F: Reversible Wärmepumpe	4.6

Variante D: BHKW (Biomethan)

4.4

Aufbau: Zentrale Wärme- und dezentrale Kälteversorgung:

Wärmeversorgung:

BHKW, Spitzenkessel und techn. Subsysteme in einer Nahwärmezentrale, zur Versorgung aller Baufelder über die Nahwärmetrasse

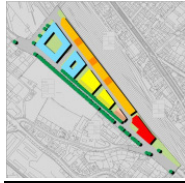
Kälteversorgung:

Elektr. Kompressionskältemaschine pro Baufeld

Brennstoff: Biomethan

Komponenten:

BHKW (Leistung: 140 kW el. und 207 kW th.)
incl. Leistungs- und Steueranlage, Gasstraße, Abnahmetest, VL-
Temperaturregelung, Schallschutzkabine und Schmieröltank
Zwei NT-Heizkessel (Leistung: 2 x 560 kW th.)
incl. 2-stufigem Brenner, sicherheitstechnische Ausstattung ,
Schalldämmhaube und Membranausdehnungsgefäß
Kaminanlage im Gebäude (dreizügig, h=16 m)
Wärmespeicher (5 m³) incl. Isolierung und Ummantelung
Kompressionskälteanlagen (KKM) (Leistung: 75 - 600 kW th.)
inkl. Rückkühler
Photovoltaikanlagen zur Unterstützung der Stromversorgung
incl. Zubehör (Modulflächen ca. 51, 101, 14, 26 und 31 m²)
Pumpen, Rohrleitungen und Armaturen
Pumpgesteuerte Druckhalteanlage mit autom. Nachspeisung
Wasseraufbereitung
E- und MSR-Technik
Rauch- und Wärmeabzugsanlage
Be- und Entlüftungsanlage
Nahwärmenetz, erdverlegt (Dämmserie 3) mit Tiefbau und HA-Leitungen
Nahwärmetrassen- Absperrarmaturen (mit ELE und ELÜ)
Indirekte Übergabestationen ohne Warmwasserbereiter
Incl. Druckdifferenzregelung und Wärmezähler
Heiz- und Kühlräume für BHKW, NT-Kessel und KKM
h=3 m, ca. 70 m² für Heizzentrale mit BHKW und NT-Heizkessel, sowie
60 m² für Räume zur Unterbringung der KKM
Gasanschluss



Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage	4.1
Variante B: Fernwärme	4.2
Variante C: BHKW (Erdgas)	4.3
Variante D: BHKW (Biomethan)	4.4
• Variante E: Holzpelletkesselanlage	4.5
Variante F: Reversible Wärmepumpe	4.6

Variante E: Holzpelletkesselanlage

4.5

Aufbau: Zentrale Wärme- und dezentrale Kälteversorgung:

Wärmeversorgung:

Holzpelletkesselanlage, Spitzenkessel und techn. Subsysteme in einer Nahwärmezentrale, zur Versorgung aller Baufelder über die Nahwärmetrasse

Kälteversorgung:

Elektr. Kompressionskältemaschine pro Baufeld

Brennstoffe: Holzpellets, Erdgas H

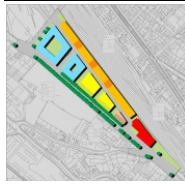
Komponenten:

Holzpelletkesselanlage (Leistung: 540 kW th.)
incl. Steuerung, Aschecontainer, interne Verrohrung, Brennstoffzuführung, Rauchgasrohr, Rauchgaszirkulation, Saugzuggebläse, Brennstoffförder- und Dosiertechnik
NT-Heizkessel (Leistung: 700 kW th.)
incl. Gasanschluss, sicherheitstechnische Ausstattung, Anschlusset für Warmwasserbereiter, ein Heizkreis und Inbetriebnahme
Kaminanlage im Gebäude (zweizügig, ca. 16 m)
Wärmespeicher (5 m³) incl. Isolierung und Ummantelung
Kompressionskälteanlagen (KKM) (Leistung: 75 - 600 kW th.)
incl. Rückkühler
Photovoltaikanlagen zu Unterstützung der Stromversorgung
incl. Zubehör (Modulflächen ca. 51, 101, 14, 26 und 31 m²)
Pumpen, Rohrleitungen und Armaturen
Pumpgesteuerte Druckhalteanlage, mit autom. Nachspeisung
Wasseraufbereitung
E-und MSR-Technik
Rauch- und Wärmeabzugsanlage
Be- und Entlüftungsanlage
Nahwärmenetz, erdverlegt (Dämmserie 3) mit Tiefbau und HA-Leitungen
Nahwärmetrassen- Absperrarmaturen (mit ELE und ELÜ)
Indirekte Übergabestationen ohne Warmwasserbereiter
incl. Druckdifferenzregelung und Wärmezähler
Heiz- und Kühlräume für Holzpelletkesselanlage, NT-Kessel und KKM
h=3 m, ca. 83 m² für Heizzentrale mit BHKW und NT-Heizkessel, sowie 60 m² für Räume zur Unterbringung KKM
Gasanschluss

Kapitel

Technische Konzeptionen der Energieversorgung

4



Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage	4.1
Variante B: Fernwärme	4.2
Variante C: BHKW (Erdgas)	4.3
Variante D: BHKW (Biomethan)	4.4
Variante E: Holzpelletkesselanlage	4.5
• Variante F: Reversible Wärmepumpe	4.6

Variante F: Reversible Wärmepumpe

4.6

Aufbau: Dezentrale Wärme- und Kälteversorgung:

Wärme- und Kälteversorgung:
Wärmepumpe pro Baufeld

Komponenten: Wärmepumpen Außengeräte zum Heizen und Kühlen
incl. Umweltschutzwanne, Montagematerial und Zubehör für Anschluss
Pumpen, Rohrleitungen und Armaturen
incl. Wärmedämmung, Blechummantelung und Wärmezähler
E- und MSR-Technik



Investitionskostenschätzung

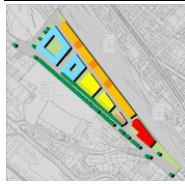
5

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

Die Investitionskosten für die Nahwärmetrassen incl. Absperrarmaturen auf dem H95-Baufeld beinhalten auch den erforderlichen Tiefbau.

Der Summe der Einzelpositionen wurde noch ein ca. 5%-iger pauschaler Zuschlag für „Unvorhergesehenes“, sowie ein prozentualer Anteil (20%) für Planungskosten hinzuaddiert.

In der Anlage 3, Blatt 4 bis 12 zur statischen Wirtschaftlichkeitsrechnung sind alle Investitionstitel pro Variante bei der Ermittlung der kapitalgebundenen Kosten detailliert aufgeführt. Die Zeichnungen AP-001 und AP-002 zeigen konstruktive Details als Aufstellungsplanung und die Zeichnungen EK-001 bis -003 stellen die Übersichten über das Versorgungsgebiet dar.



Investitionskostenschätzung

5

Im Folgenden sind die Investitionskosten für alle Varianten aufgelistet:

Varianten	Investitions- summe € (Netto)	MwSt. 19%	Investitions- summe € (Brutto)
Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage (Referenzvariante)	6.073.000	1.154.000	7.227.000
Variante B: Fernwärme	2.593.000	493.000	3.086.000
Variante C: BHKW (Erdgas)	2.242.000	426.000	2.668.000
Variante D: BHKW (Biomethan)	2.242.000	426.000	2.668.000
Variante E: Holzpelletkesselanlage	2.047.000	389.000	2.436.000
Variante F: Reversible Wärmepumpe	1.589.000	302.000	1.891.000

Die niedrigsten Investitionskosten fallen mit 1.589.000 € bei der Variante F (Reversible Wärmepumpe) an. Die Varianten B, C, D und E liegen mit 2.047.000 bis 2.584.000 € preislich etwas höher. Die mit Abstand höchsten Investitionskosten in Höhe von über 6.000.000 € fallen bei der Referenzvariante A an. Dieses ist zu einem Großteil auf die hohen Investitionskosten für zusätzliche Baumaßnahmen zur Einhaltung der EnEV 2013/2014 (EEWärmeG) zurückzuführen.



Statische Wirtschaftlichkeitsrechnung

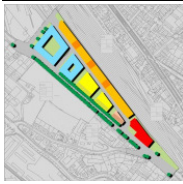
6

Die Wirtschaftlichkeit der Varianten der Energieversorgung wurde durch eine statische Wirtschaftlichkeitsrechnung (Kostenvergleichsrechnung) in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 für alle technischen Varianten untersucht. Hiernach teilen sich die Kosten der Energieerzeugung auf in kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundene Kosten und ergeben die Energiekosten. Bei den Anlagen mit Stromerzeugung ist hiervon eine Gutschrift nach KWK-Gesetz oder bei Einsatz regenerativer Brennstoffe nach EEG-Gesetz in entsprechender Höhe abzuziehen. Die resultierenden Kosten sind die Energierestkosten (Netto, ohne MwSt.).

Wesentliche Parameter waren für alle Rechenvorgänge die folgend aufgeführten Grundlagen:

- kalkulatorischer Zinssatz 5% / a
- Nutzungsdauer für die Varianten A – F mit 15 Jahren für alle Titel, um eine Vergleichbarkeit bei Versorgung durch eine zentrale Energieversorgung herzustellen
- Erdgaspreis der ENTEGA GmbH & Co. KG
- Biomethanpreis der agri.capital GmbH
- Fernwärmepreis der Heizkraftwerk GmbH Mainz
- Holzpelletpreis nach Deutschen Energieholz- und Pellet-Verband e. V. (DEPV)
- Strombezugspreis von der ENTEGA GmbH & Co. KG (Gewerbekunde)
- Stromeinspeisevergütung für BHKW (Erdgas H) nach KWK-Gesetz
- Stromeinspeisevergütung für BHKW (Biomethan) und Photovoltaik nach Erneuerbare Energien-Gesetz (EEG)
- CO₂-Umweltfolgekosten am Beispiel der Stadt Frankfurt am Main in Höhe von 50,- €/t CO₂. Die Menge des emittierten CO₂ aus nicht erneuerbaren Energieträgern wird mit dem Programm GEMIS 4.7 (Stand 05/2012) ermittelt. Ein solcher Kostenansatz muss aus einer rechtlichen Herleitung nicht angesetzt werden, gleichwohl wird dies von einigen Kommunen bei der Erstellung von u. a. Energiekonzeptionen als Bearbeitungsansatz vorgegeben. Für diese Untersuchung haben wir zur Ermittlung der Energierestkosten die Emissionskosten auf 0,- €/a angesetzt.
- Ascheentsorgung gemäß Gebühren des Entsorgungsbetriebes der Stadt Mainz

Die kapitalgebundenen Kosten wurden nach der Annuitätenmethode mit einem zins- und nutzungsdauerabhängigen Annuitätsfaktor berechnet. Die verbrauchsgebundenen Kosten umfassen in erster Linie Brennstoffkosten. Weiterhin sind alle verbrauchsabhängigen Kosten für Hilfsenergie berücksichtigt. Zu den betriebsgebundenen Kosten gehören Wartung und Instandhaltung, Steuern und Versicherungen, Personalkosten und sonstige Kosten wie Emissionsüberwachung durch Schornsteinfeger, Abnahmen und wiederkehrende Prüfungen etc.



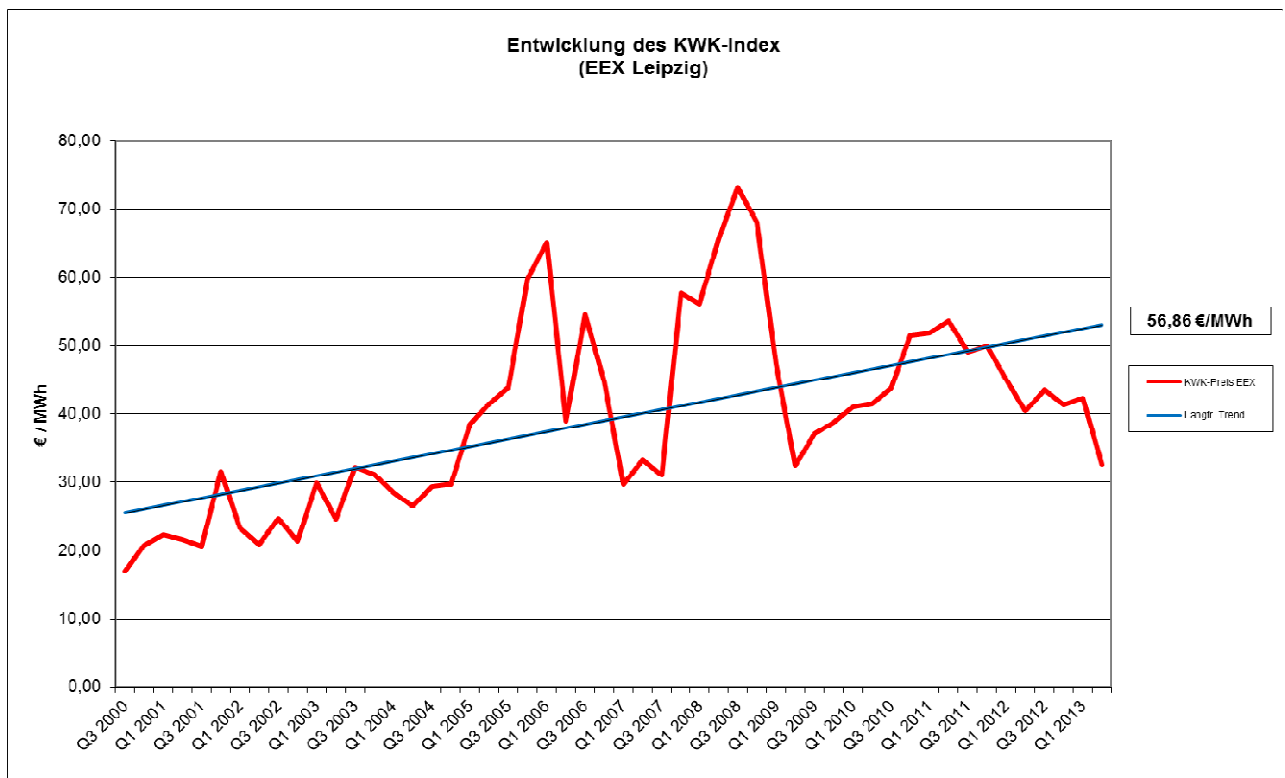
Statische Wirtschaftlichkeitsrechnung

6.1

Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung von KWK-Anlagen ist der Bewertung der Stromerzeugung besonderes Gewicht beizumessen. Nach KWK-Gesetz 2013 ist eine Förderung sowohl für den zurückgespeisten als auch für den selbstverbrauchten Strom vorgesehen. Die Berechnung des Fördersatzes ist im KWK-Gesetz vorgegeben mit

- 54,10 € / MWh für Anlagen bis 50 kW
- 40,00 € / MWh für Anlagen größer 50 kW bis 250 kW

Hinzu kommt der durchschnittliche Grundlast-Strompreis der Strombörse Leipzig (EEX Base load), der quartalsweise festgestellt wird und starken Schwankungen unterliegt. Um hier eine realistische Bewertung sicherzustellen, wird in der Wirtschaftlichkeitsberechnung der aktuelle Mittelwert des langfristigen Trends der Indexentwicklung verwendet:



Abschließend ist noch der Betrag für vermiedene Netznutzung zu berücksichtigen, der mit 19,95 € / MWh angenommen wurde. Somit beträgt die resultierende Stromvergütung für zurückgespeisten Strom in den Varianten C und D (140 kW_{el}) 121,85 € / MWh (alle Werte Netto, ohne MwSt.).

Für selbstgenutzten Strom erhöht sich die Stromvergütung um die genannten Förderbeträge über den Strombezugspreis.



Energie(rest)kosten

6.1

Bei den Varianten A, B, C, D und E mit Stromerzeugung wurde die Stromgutschrift jeweils für Eigenbedarfsdeckung (durch die Photovoltaikanlagen) und Rückspeisung in das Netz des örtlichen Versorgers ENTEGA GmbH & Co. KG mit den gesetzlich festgelegten Sätzen für KWK- bzw. EEG- Stromerzeugung (BHKW und Photovoltaikanlage) eingesetzt.

In der Anlage 3 ist detailliert die Ermittlung der kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten tabellarisch aufgeführt. Daraus können die Energierestkosten, bzw. die spezifischen Energiekosten ermittelt werden.

Es ergibt sich das folgende tabellarisch aufgezeigte Bild:

Varianten	Energie(rest)-kosten Netto [€ / Jahr]	Energie(rest)-kosten spez., Netto [€ / MWh]	[%]
Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage (Referenzvariante)	894.860	317,55	100
Variante B: Fernwärme	482.053	151,59	48
Variante C: BHKW (Erdgas)	474.501	149,21	47
Variante D: BHKW (Biomethan)	468.336	147,28	46
Variante E: Holzpelletkesselanlage	507.952	159,73	50
Variante F: Reversible Wärmepumpe	502.799	158,11	50

Als Ergebnis ist festzustellen, dass die Variante D (BHKW Biomethan) die wirtschaftlich günstigste Variante mit den niedrigsten Energierestkosten ist. Die Varianten C (BHKW Erdgas) und B (Fernwärme) schneiden nur geringfügig schlechter ab. Mit einem gewissen Abstand folgen die Varianten E (Holzpelletkesselanlage) und F (Reversible Wärmepumpe). Die Referenzvariante A (Brennwertkessel mit therm. Solaranlage) liefert die mit Abstand höchsten Energiekosten. Im Vergleich zu den anderen Varianten liegen hier die Energierestkosten fast doppelt so hoch.



Sensitivitätsanalyse

7

Die Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung des Bebauungsplans H95 „Bahnflächen Mombacher Straße“ unterliegt langfristig in hohem Maße folgenden Einflussfaktoren:

- Brennstoffpreisentwicklung:
Die Brennstoffpreise sind in den letzten Jahren stark angestiegen, starke Schwankungen sind kurzfristig nicht auszuschließen. Langfristig ist tendenziell jedoch eher von weiter steigenden Brennstoffpreisen auszugehen. In Sensitivitätsanalysen für um +50% und +100% steigende Brennstoffpreise zeigt sich, dass es sich bei der Variante A weiterhin um die unwirtschaftlichste Variante und bei der Variante B nach wie vor um die wirtschaftlichste Variante handelt. Die Variante C wird bei steigenden Brennstoffpreisen wirtschaftlicher als die Variante D. Die Variante E bleibt bei steigenden Brennstoffkosten hinter der Variante F zurück.
Zu bedenken ist, dass bei steigenden Gaspreisen in der Regel auch die Strompreise mit steigen und sich damit auch der Wert der Stromerzeugung erhöht.

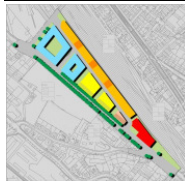
In der Anlage 3, Blatt 28 bis 30 sind die Energie(rest)kosten aller Varianten für die Ausgangslage, sowie für jeweils um 50% und 100% erhöhte Brennstoffpreise dargestellt. Obwohl derzeit keine tatsächlichen Kosten für CO₂-Emissionen bei den hier betrachteten Leistungsklassen anfallen, wurden auch die CO₂-Emissionskosten nach dem Frankfurter Modell aufgezeigt. Es wurden die Emissionskosten für eine Ausgangslage von 50,- € / t (0%), sowie für jeweils um 50% und 100% erhöhte Emissionskosten berechnet.

- Entwicklung der CO₂-Emissionskosten:
Die Kosten der CO₂-Emission berücksichtigen die langfristigen Folgen der Emission von Treibhausgasen auf das Klima der Erde und sind ein Faktor zur wirtschaftlichen Darstellung von umweltbeeinflussenden Auswirkungen der Energieerzeugung. Nach dem Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG) werden zur Zeit Wärmeerzeugungsanlagen > 20 MW mit Zusatzabgaben für den Erwerb von CO₂-Emissionszertifikaten belastet. Zukünftig ist mit einer Senkung der Leistungsgrenze zu rechnen. Die Stadt Frankfurt am Main rechnet für städtische Gebäude mit CO₂-Emissionskosten in Höhe von 50,- € / t. In Sensitivitätsanalysen für diese Kosten, sowie um +50% und +100% steigende CO₂-Emissionskosten zeigte sich ein starker Anstieg der Kosten bei Variante F, so dass diese Variante hinter Variante E zurückbleiben würde.

Kapitel

Primärenergieverbrauch und Emissionsbilanz

8



Primärenergieverbrauch	8.1
Primärenergieverbrauch ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.2
Luftschadstoffe	8.3
Luftschadstoffe ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.4
Treibhausgase	8.5
Treibhausgase ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.6

Primärenergieverbrauch

8.1

Die ökologische Bewertung der Energieversorgungsvarianten wurde anhand des Programms „Globales-Emissions-Modell Integrierter Systeme“ (GEMIS, Version 4.7, 05/2012) vorgenommen. Dieses Programm wird allgemein als Standard für Vergleichsrechnungen von Schadstoffemissionen sowie Energie- und Ressourcenverbrauch energetischer Systeme eingesetzt.

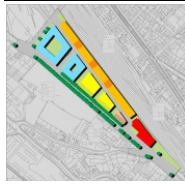
Die Berechnungsergebnisse von GEMIS umfassen Energieverbrauch und Emissionen des eigentlichen Prozesses der Wärmeerzeugung einschließlich des Eigenbedarfs, sowie allen vorgelagerten Prozessketten wie Energiegewinnung, Transport und Verteilung. Bei der lokalen Betrachtung werden nur die Verbräuche beziehungsweise die Emissionen vor Ort berücksichtigt.

Mit GEMIS werden der Primärenergieverbrauch an nicht regenerativen Energieträgern sowie die Luftschadstoffemissionen Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffoxid (NO_x), Staub und die wichtigste Treibhausgasemission CO₂ als Summenäquivalent berechnet.

Kapitel

Primärenergieverbrauch und Emissionsbilanz

8



• Primärenergieverbrauch	8.1
Primärenergieverbrauch ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.2
Luftschadstoffe	8.3
Luftschadstoffe ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.4
Treibhausgase	8.5
Treibhausgase ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.6

Primärenergieverbrauch

8.1

In folgender Tabelle wird der Primärenergieverbrauch aufgezeigt.

Varianten	Primärenergie- verbrauch [MWh / Jahr]	Primärenergie- verbrauch [%]
Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage (Referenzvariante)	12.661	100
Variante B: Fernwärme	5.704	45
Variante C: BHKW (Erdgas)	11.840	94
Variante D: BHKW (Biomethan)	9.558	75
Variante E: Holzpelletkesselanlage	11.281	89
Variante F: Reversible Wärmepumpe	15.473	122

In der oben aufgeführten Tabelle zeigt sich deutlich, dass man über alle Prozessketten hinweg bei Variante F mit dem größten Einsatz von Primärenergie zu rechnen hat. Die Variante B (Fernwärme) erweist sich als am genügsamsten.

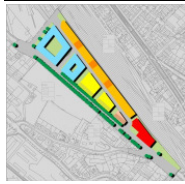
Der Unterschied zwischen der Variante F (Reversible Wärmepumpe) und allen anderen Varianten lässt durch den hohen Strombezug der Wärmepumpen erklären. Im Gegensatz zu den anderen Varianten handelt es sich bei Variante F um einen reinen Verbraucher. Bei den Varianten A, B, C, D und E werden durch Photovoltaik und KWK kleine bzw. größere Mengen an elektrischer Energie selbst erzeugt und in das Stromnetz eingespeist oder selber verbraucht.

Der sehr geringe Primärenergieverbrauch der Fernwärme lässt sich auf das für die Wärmebereitstellung eingesetzte, hocheffiziente GuD-Kraftwerk (Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk), den Einsatz von KWK und den Brennstoff Gas zurückführen.

Kapitel

Primärenergieverbrauch und Emissionsbilanz

8



Primärenergieverbrauch	8.1
• Primärenergieverbrauch ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.2
Luftschadstoffe	8.3
Luftschadstoffe ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.4
Treibhausgase	8.5
Treibhausgase ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.6

Primärenergieverbrauch ohne vorgelagerte Prozesse am Standort 8.2

In folgender Tabelle wird der Primärenergieverbrauch ohne vorgelagerte Prozesse am Standort betrachtet.

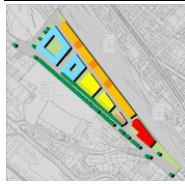
Varianten	Primärenergieverbrauch [MWh / Jahr]	Primärenergieverbrauch [%]
Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage (Referenzvariante)	2.356	100
Variante B: Fernwärme	0	0
Variante C: BHKW (Erdgas)	4.295	182
Variante D: BHKW (Biomethan)	4.295	182
Variante E: Holzpelletkesselanlage	732	31
Variante F: Reversible Wärmepumpe	0	0

Bei Betrachtung des lokalen Primärenergieverbrauches zeigt sich, dass bei den Varianten B (Fernwärme) und F (Reversible Wärmepumpe) keine Primärenergie vor Ort benötigt wird. Die größten Mengen an Primärenergie werden bei den Varianten C (BHKW Erdgas) und D (BHKW Biomethan) eingesetzt.

Kapitel

Primärenergieverbrauch und Emissionsbilanz

8



Primärenergieverbrauch	8.1
Primärenergieverbrauch ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.2
• Luftschadstoffe	8.3
Luftschadstoffe ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.4
Treibhausgase	8.5
Treibhausgase ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.6

Luftschadstoffe

8.3

Die Emission der Luftschadstoffe SO₂, NO_x und Staub sind durch gesetzliche Grenzwerte reglementiert.

In folgender Tabelle werden die Emissionen aufgezeigt.

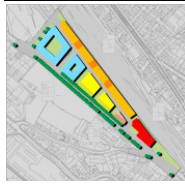
Varianten	SO ₂ [kg / Jahr]	NO _x [kg / Jahr]	Staub [kg / Jahr]
Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage (Referenzvariante)	2.138	2.527	142
Variante B: Fernwärme	121	1.856	51
Variante C: BHKW (Erdgas)	1.579	2.802	128
Variante D: BHKW (Biomethan)	1.780	3.500	128
Variante E: Holzpelletkesselanlage	2.517	3.068	442
Variante F: Reversible Wärmepumpe	3.161	3.240	190

Es zeigt sich, dass die Variante B (Fernwärme) für alle drei ermittelten Luftschadstoffe die niedrigsten Werte aufweist. Bei den Varianten E (Holzpelletkesselanlage) und F (Reversible Wärmepumpe) fallen vergleichsweise hohe Emissionen an.

Kapitel

Primärenergieverbrauch und Emissionsbilanz

8



Primärenergieverbrauch	8.1
Primärenergieverbrauch ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.2
Luftschadstoffe	8.3
• Luftschadstoffe ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.4
Treibhausgase	8.5
Treibhausgase ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.6

Luftschadstoffe ohne vorgelagerte Prozesse am Standort

8.4

In folgender Tabelle werden die Emissionen ohne vorgelagerte Prozesse am Standort ermittelt.

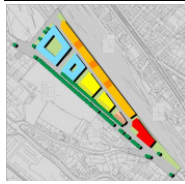
Varianten	SO ₂ [kg / Jahr]	NO _x [kg / Jahr]	Staub [kg / Jahr]
Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage (Referenzvariante)	34	369	16
Variante B: Fernwärme	0	0	0
Variante C: BHKW (Erdgas)	38	1.222	35
Variante D: BHKW (Biomethan)	38	1.222	35
Variante E: Holzpelletkesselanlage	362	859	313
Variante F: Reversible Wärmepumpe	0	0	0

Es zeigt sich, dass bei den Varianten B (Fernwärme) und F (Reversible Wärmepumpe) keine lokalen Luftschadstoffe anfallen. Bei Variante E (Holzpelletkesselanlage) werden die größten Mengen an Schwefeldioxid und Staub ausgestoßen. Die größten Mengen an Stickstoffoxiden fallen bei den Varianten C (BHKW Erdgas) und D (BHKW Biomethan) an.

Kapitel

Primärenergieverbrauch und Emissionsbilanz

8



Primärenergieverbrauch	8.1
Primärenergieverbrauch ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.2
Luftschadstoffe	8.3
Luftschadstoffe ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.4
• Treibhausgase	8.5
Treibhausgase ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.6

Treibhausgase

8.5

Bei den Treibhausgasen wurde die Emission an CO₂ und weiteren Treibhausgasen als Summenäquivalent berücksichtigt, die bei den verschiedenen Varianten freigesetzt werden. Zunächst wurden die Emissionen für alle Varianten ermittelt und dann auf die Variante A (Brennwertkessel mit therm. Solaranlage) als Referenzvariante bezogen.

Folgende Tabelle zeigt welche Emissionen an CO₂ und CO₂-Äquivalent in den einzelnen Versorgungsvarianten entstehen.

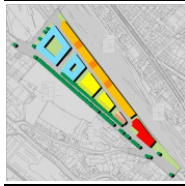
Varianten	CO ₂	[%]	CO ₂ -Äquivalent	[%]
	[t / Jahr]		[t / Jahr]	
Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage (Referenzvariante)	3.354	100	3.742	100
Variante B: Fernwärme	1.163	35	1.262	34
Variante C: BHKW (Erdgas)	2.964	88	3.287	88
Variante D: BHKW (Biomethan)	2.568	77	2.917	78
Variante E: Holzpelletkesselanlage	3.119	93	3.492	93
Variante F: Reversible Wärmepumpe	4.338	129	4.839	129

Der Vergleich zeigt, dass bei den Varianten mit BHKW (C und D) die geringsten Mengen an Treibhausgasen emittiert werden. Nur bei der Variante B (Fernwärme) können die Emissionswerte nochmal deutlich unterschritten werden.

Kapitel

Primärenergieverbrauch und Emissionsbilanz

8



Primärenergieverbrauch	8.1
Primärenergieverbrauch ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.2
Luftschadstoffe	8.3
Luftschadstoffe ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.4
Treibhausgase	8.5
• Treibhausgase ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	8.6

Treibhausgase ohne vorgelagerte Prozesse am Standort

8.6

Folgende Tabelle zeigt welche Emissionen an CO₂ und CO₂-Äquivalent in den einzelnen Versorgungsvarianten ohne vorgelagerte Prozesse am Standort entstehen.

Varianten	CO ₂	[%]	CO ₂ -Äquivalent	[%]
	[t / Jahr]		[t / Jahr]	
Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage (Referenzvariante)	465	100	519	100
Variante B: Fernwärme	0	0	0	0
Variante C: BHKW (Erdgas)	849	182	927	179
Variante D: BHKW (Biomethan)	849	182	927	179
Variante E: Holzpelletkesselanlage	161	35	193	37
Variante F: Reversible Wärmepumpe	0	0	0	0

Da keine Primärenergie vor Ort verbraucht wird entstehen bei den Varianten B (Fernwärme) und F (Reversible Wärmepumpe) keine Emissionen. Bei den Varianten mit BHKW (C und D) werden lokal die größten Mengen an Treibhausgasen emittiert. Bei Variante A (Brennwerttherme mit therm. Solaranlage) fallen die zweithöchsten lokalen Emissionen an.



Primärenergiefaktoren

9

Bei Neubauten wird für den Wärmeschutznachweis nach EnEV als Kennwert der Primärenergiefaktor benötigt. Der Primärenergiefaktor gibt das Verhältnis der eingesetzten Primärenergie zur abgegebenen Endenergie an. Je niedriger der Primärenergiefaktor, umso umweltschonender und effizienter ist der Energieeinsatz und –aufwand von der Quelle bis zum Endverbraucher. Ebenso sind bei niedrigem Primärenergiefaktor gesetzlichen Anforderungen an die Dämmung von Gebäuden niedrig, bzw. bei einem hohen Wert hoch. Die Primärenergiefaktoren für die Wärmeversorgung wurden überschlägig nach AGFW-Arbeitsblatt FW 309 berechnet. Es ergeben sich folgende Werte:

Varianten	Primärenergiefaktor	Primärenergiefaktor [%]
Variante A: Brennwertkessel mit therm. Solaranlage (Referenzvariante)	1,167	100
Variante B: Fernwärme	0,253	22
Variante C: BHKW (Erdgas)	0,568 *	49
Variante D: BHKW (Biomethan)	0,000	0
Variante E: Holzpelletkesselanlage	0,413	35
Variante F: Reversible Wärmepumpe	1,065	91

Die Primärenergiefaktoren der verschiedenen Konzepte liegen zwischen 1,167 und 0,000. Am schlechtesten schneidet die Referenzvariante mit 1,167 ab. Der schlechte Wert ergibt sich, da kein zusätzlicher Strom durch KWK erzeugt wird. Auch wird mit Erdgas ein Brennstoff mit verhältnismäßig hohem PE-Faktor genutzt. Da bei der Variante F (Reversible Wärmepumpe) nur Strom als Brennstoff eingesetzt wird ergibt sich hier ebenfalls ein höherer Wert. Besonders niedrig liegen die PE-Faktoren bei den Varianten D (BHKW (Biomethan)) und B (Fernwärme).

* Durch die nicht vorhersehbare zeitliche Entwicklung des städtebaulichen Areals (Bau der einzelnen Gebäude auf dem Areal wird nur schrittweise und zeitlich versetzt erfolgen) an der Mombacher Straße ist ein etwas höherer Primärenergiefaktor von bis zu 0,7 in der Umsetzungspraxis zu erwarten. Dieses wird auch dadurch begründet, dass die Variante C von einem späteren Betreiber der Heizzentrale modular aufgebaut wird, also dem Wärme- und somit Elektrizitätsbedarf der fertiggestellten Gebäude folgend.



Zusammenfassung und Resümee

10

Für den Bebauungsplan H95 „Bahnflächen Mombacher Straße“ der Landeshauptstadt Mainz sollte ein Versorgungskonzept zur Bereitstellung von Wärme und Kälte erstellt werden. Dafür wurden verschiedene technische Versorgungskonzepte untersucht und eine statische Wirtschaftlichkeitsrechnung durchgeführt. Ergebnis waren u. a. die spezifischen Energie(rest)kosten, der erforderliche Primärenergieeinsatz sowie die CO₂-Äquivalente der berechneten Emissionen. Als Brennstoffe für die Wärmeversorgung wurden Erdgas, Biomethan und Holzpellets verwendet.

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. Für den Bebauungsplan H95 „Bahnflächen Mombacher Straße“ ist die Bereitstellung von Heizwärme und Klimakälte in den benötigten Mengen und Qualitäten mit allen betrachteten Konzeptionen technisch realisierbar. Die Energieerzeugungskosten differieren jedoch stellenweise sehr stark.
3. Bei den Varianten mit dezentraler Wärmeversorgung (Varianten A und F) fallen die spezifischen Energie(rest)kosten eher höher aus als bei den zentral versorgten Varianten. Bei der Variante D (BHKW mit Biomethan) fallen mit 147,63 €/MWh die niedrigsten spez. Energiekosten aller untersuchten Varianten an. Die Varianten C (BHKW mit Erdgas) und B (Fernwärme) liefern mit 149,57 €/MWh und 151,59 €/MWh ebenfalls gute Ergebnisse. Die Varianten D, C und B liegen damit auf fast gleichem Niveau. Es folgen die Varianten F, E und A. Die Variante A setzt sich mit sehr hohen spez. Wärmekosten von 317,55 €/MWh sehr deutlich von den anderen Varianten ab.
Falls die Investkosten für den Bau der Nahwärmetrasse vom bestehenden Nahwärmenetz der Heizkraftwerke Mainz GmbH zum Übergabepunkt an der Goethestraße (Übergabepunkt für die aurelis Baufelder) in Höhe von insgesamt 700.000 € wegfallen würden, könnten die Energierestkosten bei dieser Variante auf ca. 118 €/MWh gesenkt werden. Damit würde Variante B mit einem Abstand von ca. 30 €/MWh deutlich geringere spezifische Energiekosten verursachen als alle anderen Varianten.
4. Beim Primärenergieverbrauch über alle Prozessketten hinweg schneiden die zentralen Versorgungsvarianten ebenfalls gut ab. Der geringste Verbrauch an Primärenergie ist hier bei den Varianten B und D vorhanden, wobei der Primärenergieeinsatz bei Variante B mit Abstand am niedrigsten ist.
5. Die Varianten mit Fernwärme und KWK haben beim Ausstoß von CO₂-Äquivalenten und Luftschadstoffen die niedrigsten Werte. Die Variante B schneidet hier mit deutlichem Abstand am besten ab.



Zusammenfassung und Resümee

10

6. Für die Primärenergiefaktoren ergeben sich die besten Werte bei den Varianten mit KWK und mit Nutzung erneuerbarer Brennstoffe. Besonders gut sind die Ergebnisse der Varianten D (BHKW mit Biomethan) und B (Fernwärme).
7. Bei einer Entscheidung zugunsten der Variante B (Fernwärme) sei bemerkt, dass durch diese Variante keinerlei Luftschadstoffe und CO₂-Äquivalente im Innenstadtbereich (Bahnhofsnahe) emittiert werden. Auch ist dadurch im Vergleich zu den meisten anderen Varianten keine optische Beeinträchtigung durch Abgasfahnen im Winterbetrieb der Heizzentrale zu erwarten. Gleiches gilt jedoch auch für die Variante F (Reversible Wärmepumpe), bei der ebenfalls lokal keine Emissionen ausgestoßen werden.

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 einer genauen Auslegung insbesondere bei den KWK-Varianten möglich.

Aufgrund der in dieser Studie aufgezeigten verschiedenen Argumentationspunkte empfehlen wir, die Variante B (Fernwärme) als auch die Varianten C (BHKW mit Erdgas) und D (BHKW mit Biomethan) als die wirtschaftlichsten Konzepte planerisch weiter zu verfolgen und gegebenenfalls technisch genauer auszuarbeiten.

Offenbach, den 09. Oktober 2013



Ingenieurgesellschaft
Bischoff und Maaß mbH



Anlagen

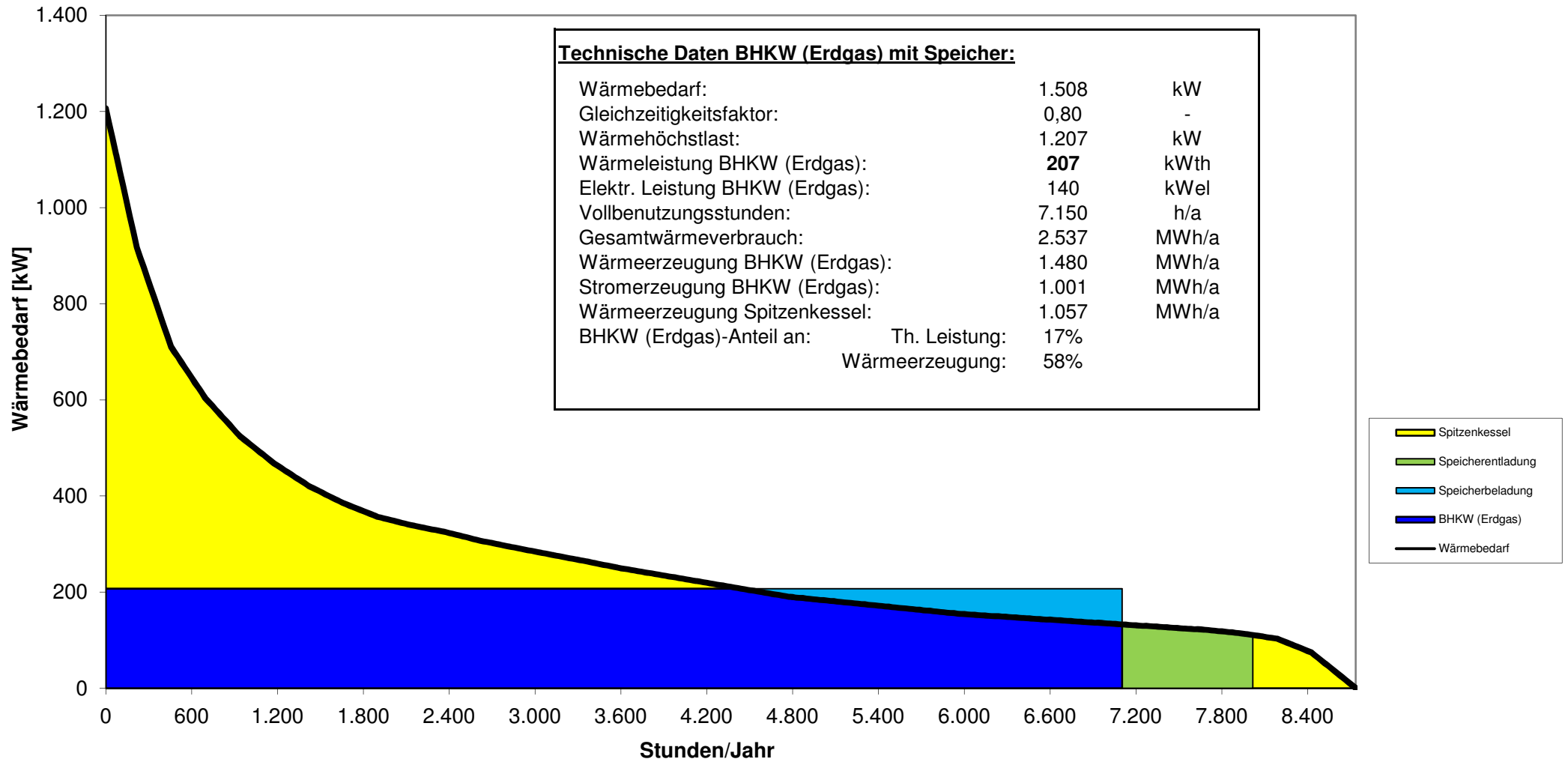
11

- Anlage 1: Geordnete Jahresdauerlinien der Wärmeerzeugung
Blatt 1: Variante C (BHKW Erdgas)
Blatt 2: Variante D (BHKW Biomethan)
Blatt 3: Variante E (Holzpelletkesselanlage)
- Anlage 2: Berechnung Energiebedarf und Energieverbrauch;
Berechnung Solarthermie- und Photovoltaikflächen
- Anlage 3: Wirtschaftlichkeitsrechnung nach VDI 2067
Blatt 1 - 32
- Anlage 4: Schadstoffemissionen
Blatt 1: Primärenergieeinsatz, Treibhausgas-Emissionen, Luftschadstoff-Emissionen
Blatt 2: Primärenergieeinsatz ohne vorgelagerte Prozesse am Standort, Treibhausgas-Emissionen ohne vorgelagerte Prozesse am Standort, Luftschadstoff-Emissionen ohne vorgelagerte Prozesse am Standort
- Anlage 5: Zeichnung EK-001; Übersicht Versorgungsgebiet – Geltungsbereich mit Luftaufnahme
Zeichnung EK-002; Übersicht Versorgungsgebiet – Variante B
Zeichnung EK-003; Übersicht Versorgungsgebiet – Varianten C, D und E
Zeichnung AP-001; Aufstellungsplan Heizzentrale Variante C und D
Zeichnung AP-002; Aufstellungsplan Heizzentrale Variante E
- Anlage 6: Berechnung Primärenergiefaktor gemäß AGFW-Arbeitsblatt FW 309
- Anlage 7: Zusammenstellung der Versorgungsvarianten
Blatt 1 - 2

**Variante C: BHKW (Erdgas) 207 kW_{th}/140 kW_{el} mit Spitzenkessel 2 x 560 kW_{th}
Geordnete Jahresdauerlinie der Wärmeerzeugung**

Technische Daten BHKW (Erdgas) mit Speicher:

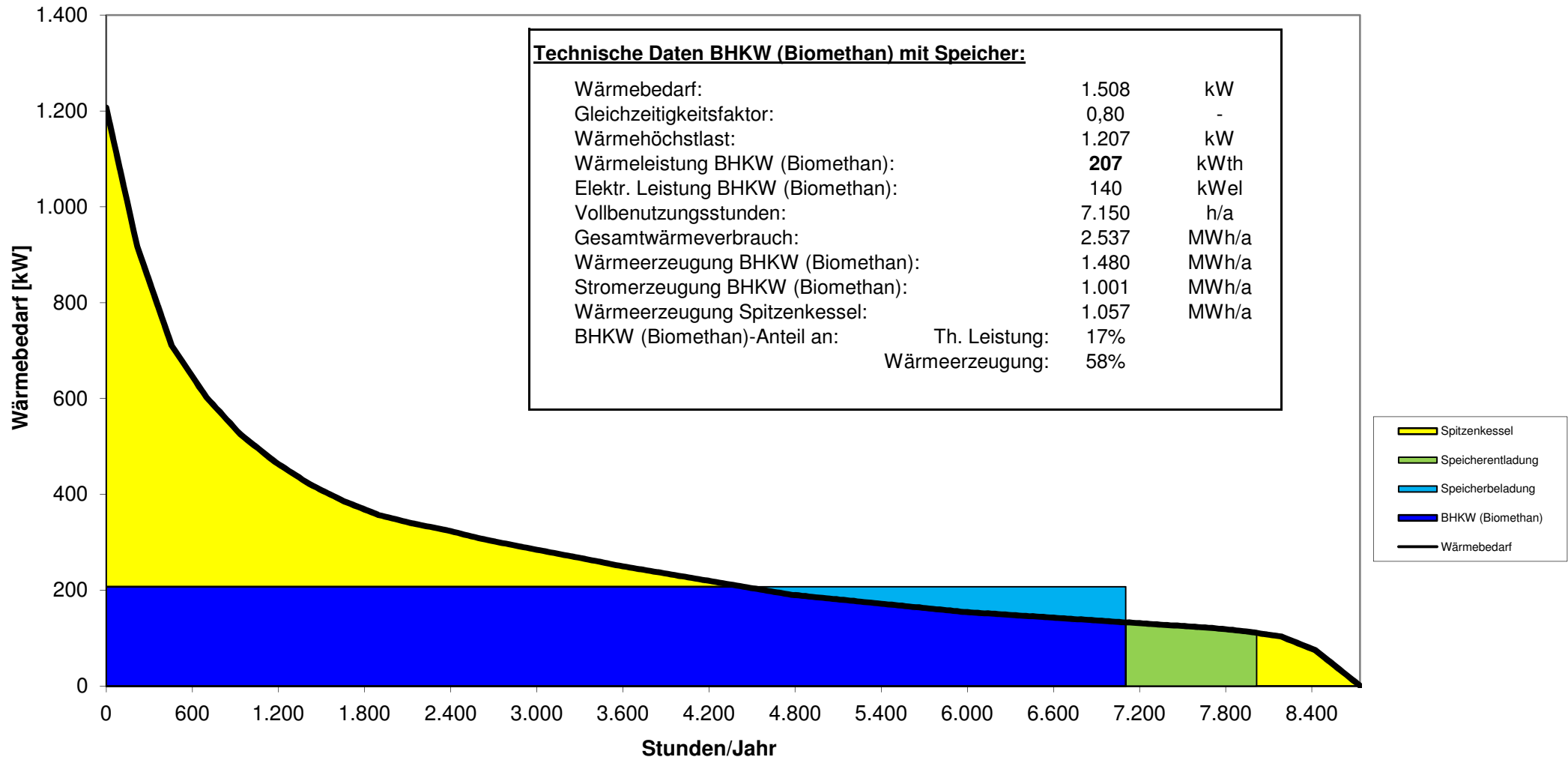
Wärmebedarf:	1.508	kW
Gleichzeitigkeitsfaktor:	0,80	-
Wärme höchstlast:	1.207	kW
Wärmeleistung BHKW (Erdgas):	207	kW _{th}
Elektr. Leistung BHKW (Erdgas):	140	kW _{el}
Vollbenutzungsstunden:	7.150	h/a
Gesamtwärmeverbrauch:	2.537	MWh/a
Wärmeerzeugung BHKW (Erdgas):	1.480	MWh/a
Stromerzeugung BHKW (Erdgas):	1.001	MWh/a
Wärmeerzeugung Spitzenkessel:	1.057	MWh/a
BHKW (Erdgas)-Anteil an:	Th. Leistung: 17%	
	Wärmeerzeugung: 58%	



**Variante D: BHKW (Biomethan) 207 kW_{th}/140 kW_{el} mit Spitzenkessel 2 x 560 kW_{th}
Geordnete Jahresdauerlinie der Wärmeerzeugung**

Technische Daten BHKW (Biomethan) mit Speicher:

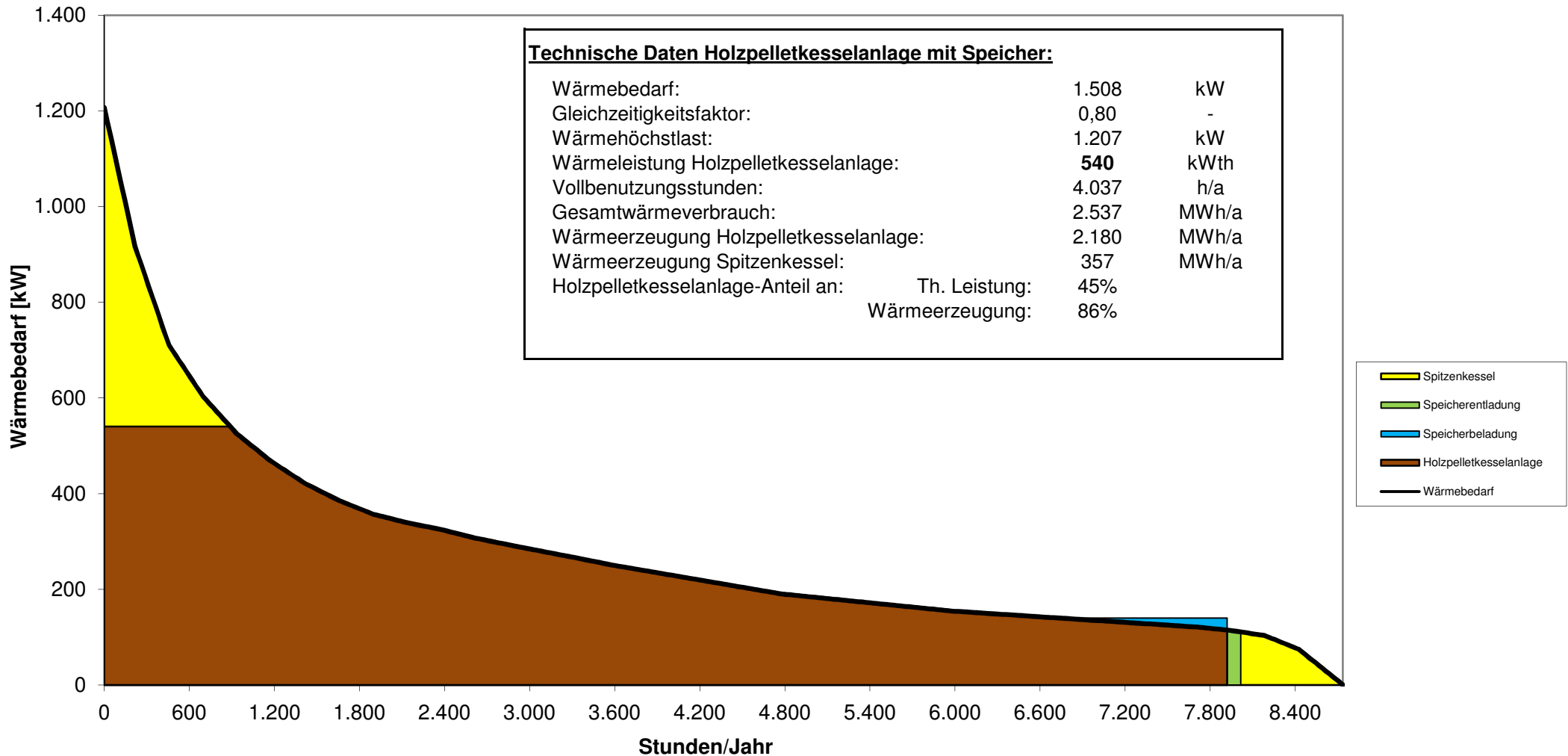
Wärmebedarf:	1.508	kW
Gleichzeitigkeitsfaktor:	0,80	-
Wärmehöchstlast:	1.207	kW
Wärmeleistung BHKW (Biomethan):	207	kW _{th}
Elektr. Leistung BHKW (Biomethan):	140	kW _{el}
Vollbenutzungsstunden:	7.150	h/a
Gesamtwärmeverbrauch:	2.537	MWh/a
Wärmeerzeugung BHKW (Biomethan):	1.480	MWh/a
Stromerzeugung BHKW (Biomethan):	1.001	MWh/a
Wärmeerzeugung Spitzenkessel:	1.057	MWh/a
BHKW (Biomethan)-Anteil an:	Th. Leistung: 17%	
	Wärmeerzeugung: 58%	



Variante E: Holzpelletkesselanlage 540 kW_{th} mit Spitzenkessel 700 kW_{th} Geordnete Jahresdauerlinie der Wärmeerzeugung

Technische Daten Holzpelletkesselanlage mit Speicher:

Wärmebedarf:	1.508	kW
Gleichzeitigkeitsfaktor:	0,80	-
Wärmehöchstlast:	1.207	kW
Wärmeleistung Holzpelletkesselanlage:	540	kW _{th}
Vollbenutzungsstunden:	4.037	h/a
Gesamtwärmeverbrauch:	2.537	MWh/a
Wärmeerzeugung Holzpelletkesselanlage:	2.180	MWh/a
Wärmeerzeugung Spitzenkessel:	357	MWh/a
Holzpelletkesselanlage-Anteil an:	Th. Leistung:	45%
	Wärmeerzeugung:	86%



Berechnung Energiebedarf und Energieverbrauch

Baufeld	BGF	Energiebedarf		Energieverbrauch	
		Wärme	Kälte	Wärme	Kälte
	m²	kW		MWh/a	
1	6.428	138	289	288	174
2	12.868	510	579	789	347
3	1.732	45	78	73	47
4	3.300	82	149	135	89
5	3.970	99	179	154	107
6	12.057	205	-	321	-
7	27.261	429	-	656	-
Gesamt	67.616	1.508	1.273	2.416	764

Berechnung Solarthermie- und Photovoltaikflächen, Variante A

Baufeld	Energieverbrauch pro Baufeld		Vorhandene ca. Dachfläche pro Baufeld	Maximal mögliche Solar- und Photovoltaikflächen pro Baufeld	15% Abdeckung Wärmeverbrauch durch Solarthermiefläche pro Baufeld	Notwendige Brutto-Solarthermiefläche pro Baufeld ¹	Notwendige Antriebsleistung für Abdeckung Kälteverbrauch durch KKM pro Baufeld	Elektrische Antriebsleistung für 15% Abdeckung Kälteverbrauch durch Photovoltaikfläche pro Baufeld	Notwendige Brutto-Photovoltaikfläche pro Baufeld ²	Abgesenkter Wärmebedarf und Wärmeverbrauch durch zusätzliche Baumaßnahmen pro Baufeld ^{3,4}	
	Wärme	Kälte								kW	MWh/a
	MWh/a	MWh/a									
1	288	174	1.262	416	43,2	1.695	35	5,2	51	117	245
2	789	347	11.573	3.819	118,4	15.782	69	10,4	101	434	671
3	73	47	433	143	11,0	1.467	9	1,4	14	38	62
4	135	89	825	272	20,2	2.692	18	2,7	26	69	114
5	154	107	992	328	23,1	3.082	21	3,2	31	84	131
6	321	-	2.411	796	48,1	1.106	-	-	-	175	273
7	656	-	5.452	1.799	98,4	2.263	-	-	-	365	558
Gesamt	2.416	764	22.948	7.573	362	28.087	153	23	223	1.282	2.054

¹ Bei der Nutzung solarthermischer Energie kann die im EEWärmeG geforderte 15%-ige Abdeckung des Wärmeverbrauchs aufgrund der vorhandenen zu geringen Dachfläche nicht erreicht werden. Um die Vorgabe des EEWärmeG trotzdem zu erfüllen wird der Wärmebedarf der Gebäude durch bauliche Maßnahmen (z.B. bessere Wärmedämmung der Außenflächen) um 15% reduziert. Somit wird auf eine Installation von Solarthermieflächen verzichtet.

² Die Installation der Photovoltaikflächen wird in der notwendigen Größe durchgeführt.

³ Zusätzliche Baumaßnahmen können z.B. stärkere Wärmedämmung der Außenflächen, 3-fach-Verglasung mit Kryptonfüllung und eine bessere Wärmerückgewinnung durch Lüftungsanlage sein.

⁴ Der Kühlbedarf (Kühlleistung) und der Kühlverbrauch (Energieverbrauch zum Kühlen) wurden trotz zusätzlicher Baumaßnahmen nicht abgesenkt. Die Kühlleistung, als auch der Kühlverbrauch hängt ab einem gewissen Gebäudestandard (und diesen haben wir in diesem Projekt bei der Variante A - besser als ENEV 2013/14) hauptsächlich von den inneren Lasten wie Menschen und Elektrogeräten, als auch von den verwendeten Fenstern und Türen ab. Somit ist ein Einfluss eines besseren Gebäudestandards vernachlässigbar bzw. fast nicht vorhanden. Es wurde hier auch aus Vereinfachungs- und Verständnisgründen bei allen Energieversorgungsvarianten (Varianten A - F) mit der gleichen Kühllast gerechnet.

Berechnungsgrundlagen Solarthermie:

Mittlere solare Tagessummen in der Region:	2,7	kWh/m²d	Quelle:
Nutzbare th. Sonnenenergie Wohnen [Solargewinn / brutto Kollektorfläche]:	290	kWh/m²a	Firma Wagner & Co Solartechnik
Nutzbare th. Sonnenenergie Büro [Solargewinn / brutto Kollektorfläche]:	50	kWh/m²a	Simulation durch Firma Wagner & Co Solartechnik
Jahresarbeitszahl (JAZ) Kompressionskältemaschine:	5		

Berechnung Photovoltaikflächen, Varianten B - E

Baufeld	Energieverbrauch pro Baufeld	Vorhandene ca. Dachfläche pro Baufeld	Maximale Photovoltaik- fläche pro Baufeld	Elektrische Antriebsleistung für 15% Abdeckung Kälteverbrauch durch Photovoltaikfläche pro Baufeld	Notwendige Brutto- Photovoltaik- fläche pro Baufeld
	Kälte				
	MWh/a				
1	174	1.262	416	5,2	51
2	347	11.573	3.819	10,4	101
3	47	433	143	1,4	14
4	89	825	272	2,7	26
5	107	992	328	3,2	31
6	-	2.411	796	-	-
7	-	5.452	1.799	-	-
Gesamt	764	22.948	7.573	23	223

Berechnungsgrundlagen Photovoltaik:

Jahresarbeitszahl (JAZ) Kompressionskältemaschine: 5

13.09.2013

Baufeld 1 - 7

Anlage 3

Blatt 1

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Eckdaten -

Methode Nutzungsdauer (Vertragslaufzeit) Kalkulatorischer Zinssatz	a %/ a	Stat. Kostenvergleich	
		15 5,00	
1. Brennstoffpreise (Netto)		Brennwertkessel Spitzenkessel Holzpelletkessel Fernwärme	BHKW Photovoltaik
Erdgas als Gewerbekunde (Aus Internet: ENTEGA Privatkunden GmbH & Co. KG, Angaben vom 13.08.2013)		Erdgas XL	Erdgas XL
Tarif	-		
Arbeitspreis Ho	€ / MWh	54,90	-
Arbeitspreis Ho (für BHKW, ohne Erdgassteuer)	€ / MWh	-	49,40
Arbeitspreis Hu	€ / MWh	60,94	54,83
Meß-/Grundpreis (pro Jahr)	€ / a	90,76	90,76
Biomethan als Gewerbekunde (agri.capital GmbH, Angaben vom 04.09.2013)			
Arbeitspreis Ho	€ / MWh	-	75,20
Arbeitspreis Hu	€ / MWh	-	83,47
Netzentgelte	€ / MWh	-	5,81
resultierender Arbeitspreis	€ / MWh	-	89,28
Fernwärme (Heizkraftwerk GmbH Mainz, Angaben per E-Mail vom 27.08.2013)			
Arbeitspreis	€ / MWh	51,00	-
Grundpreis	€ / (kW a)	27,00	-
Holzpellets (DEPV 08/2013)			
Preis pro Tonne	€ / to	269,37	-
Arbeitspreis pro MWh	€ / MWh	55,00	-
Ascheentsorgung (Entsorgungsbetrieb der Stadt Mainz, Angaben vom 16.08.2013)			
Aschegehalt	Vol.-%	0,50%	-
Preis pro Tonne	€ / to	209,73	-
Preis pro MWh	€ / MWh	0,21	-
CO2-Emissionskosten (Stadt Frankfurt 2012)			
Preis pro Tonne	€ / to	50,00	50,00

13.09.2013

Baufeld 1 - 7

Anlage 3

Blatt 2

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Eckdaten -

2. Preise und Vergütungen (Netto)		Brennwerttherme Spitzenkessel Holzpelletkessel Fernwärme	BHKW Photovoltaik
<p>Strombezug als Gewerbekunde (Aus Internet: ENTEGA Privatkunden GmbH & Co. KG, Angaben vom 13.08.2013)</p> <p>Tarif -</p> <p>Arbeitspreis (einschl. Stromsteuer etc.)¹ € / MWh 234,00</p> <p>Grundpreis (pro Jahr)¹ € / Jahr 80,00</p> <p>¹ Enthält Konzessionsabgabe sowie gesetzliche Abgaben und Steuern gemäß EEG, KWKG, StromNEV, Offshore-Haftungsumlage und Stromsteuer</p>		Ökostrom Gewerbe fix 24	Ökostrom Gewerbe fix 24
<p>Stromeinspeisung nach KWKG-Gesetz <u>Erdgasbetriebenes BHKW</u></p> <p>KWK-Index EEX Leipzig (Q2/2013) € / MWh - 32,60</p> <p>Langfristiger Durchschnittstrend (Q2/2013) € / MWh - 56,86</p> <p>Durchschn. Vermiedene Netznutzung € / MWh - 19,95</p> <p>KWK-Zuschlag für ≤ 50 kW € / MWh - 54,10</p> <p>KWK-Zuschlag für > 50 kW und ≤ 250 kW € / MWh - 40,00</p> <p>Einspeisevergütung nach KWKG für 140 kW BHKW € / MWh - 121,85</p>			
<p>Stromeinspeisung nach EEG <u>Biomethanbetriebenes BHKW</u> EEG-Vergütung für erzeugten Strom aus Biomethan² € / MWh - 222,40</p> <p>² Enthält Grundvergütung, voraussichtliche Vergütung nach Einsatzstoffklassen (ESK) und Gasaufbereitungsbonus</p>			
<p><u>Solare Strahlungsenergie</u> EEG-Vergütung für erzeugten Strom aus Photovoltaik € / MWh - 103,29</p> <p>(voraussichtliche Vergütung zum 1.10.2015)</p>			
<p>Stromvergütung bei Eigennutzung Arbeitspreis vermiedener Bezug € / MWh - 234,00</p>			

13.09.2013

Anlage 3

Blatt 3

Baufeld 1 - 7

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Bedarfsdaten -

1. Energiebedarf		Wärme (Heizlast)			Kälte (Kühllast)
		Variante			
		A	B - E	F	A - F
Baufeld 1	kW	117	138	138	289
Baufeld 2	kW	434	510	510	579
Baufeld 3	kW	38	45	45	78
Baufeld 4	kW	70	82	82	149
Baufeld 5	kW	84	99	99	179
Baufeld 6	kW	174	205	205	-
Baufeld 7	kW	365	429	429	-
Gesamt-Heizlast / -Kühllast	kW	1.282	1.508	1.508	1.273
Gleichzeitigkeitsfaktoren	-		0,8		
Wärmehöchstlast (WHL)	kW		1.207		
2. Energieverbrauch		Wärme			Kälte
		Variante			
		A	B - E	F	A - F
Energieverbrauch Netto					
Baufeld 1	MWh / a	245	288	288	174
Baufeld 2	MWh / a	671	789	789	347
Baufeld 3	MWh / a	62	73	73	47
Baufeld 4	MWh / a	114	135	135	89
Baufeld 5	MWh / a	131	154	154	107
Baufeld 6	MWh / a	273	321	321	-
Baufeld 7	MWh / a	558	656	656	-
Gesamt-Energieverbrauch Netto	MWh / a	2.054	2.416	2.416	764
Verteilungsnetzverluste (Wärme ca. 5%)	MWh / a		121		
Energieverbrauch Brutto	MWh / a		2.537		

Variante A / Brennwertkessel mit therm. Solaranlage

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.	Brennwertkesselanlagen incl. Gasregelstrecke, sicherheitstechnischer Ausstattung, Anschlussset, ein Heizkreis, Inbetriebnahme Einkesselanlagen: 40, 2x80, 130 und 170 kW Zweikesselanlagen: 170/225 und 225/225 kW	7 Stück	116.300	15	0,0963	11.205
2.	Kaminanlagen im Gebäude ein- bzw. zweizügig h=10 - 22 m	7 Stück	51.600			
3.	Kompressionskälteanlagen Luftgekühlter Kaltwassersatz (inkl. Rückkühler) (75, 150, 180, 300 und 600 kW)	5 Stück	709.000	15	0,0963	68.307
4.	Gasanschluss Netzkostenbeitrag für vorgelagertes Gasnetz, Hausanschlußkosten	7 Stück	65.900	15	0,0963	6.349
5.	Photovoltaikanlage zur Unterstützung der Stromversorgung pro Baufeld - PV-Module mit Zubehör für alle Baufelder 223 m² (51, 101, 14, 26 und 31 m²) - Dacheinbau	5 Stück	47.300	15	0,0963	4.557
6.	Rohrleitungen und Armaturen incl. Wärmedämmung und Blechummantelung im Heizungsraum	7 Stück	294.000	15	0,0963	28.325
7.	E- und MSR-Technik	7 Stück	22.000	15	0,0963	2.120
8.	Heiz- und Kühlräume h=3,0 m für Unterbringung Brennwertkesselanlagen und KKM	100 m²	114.000	15	0,0963	10.983
9.	Mehrkosten durch zusätzliche Baumaßnahmen zur Einhaltung EEWärmeG - stärkere Wärmedämmung - 3-fach-Verglasung mit Kryptonfüllung - bessere Wärmerückgewinnung durch Lüftungsanlage	5 Stück	3.400.000	15	0,0963	327.564
10.	Unvorhergesehenes in [%] ca.	5%	241.000	15	0,0963	23.218
11.	Planungskosten für TGA, Statik und Schallschutz in [%] ca.	5.061.100 20%	1.012.200	15	0,0963	97.518
12. Kapitalgebundene Kosten			6.073.000			580.144

13.09.2013

Anlage 3
 Blatt 5

Variante B / Fernwärme

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Kapitalgebundene Kosten -

kalk. Zinssatz in [%/a]		Investitions-	Nutzungs-	Annuitäts-	Kapitalgeb.
5,0		summe	dauer	faktor	Kosten
Titel		in	in	in	in
		[€]	[a]	[]	[€ / a]
1.	Anschlussleitung der Heizkraftwerk GmbH Mainz von nächstgelegenen Netzpunkt zum Einspeisepunkt an der Goethestraße *	700.000	15	0,0963	67.440
2.	Nahwärmenetz erdverlegt, Dämmserie 3, verschiedene Durchmesser mit Tiefbau incl. HA - Leitungen aber ohne Oberflächenherstellung	233.200	15	0,0963	22.467
3.	Nahwärmetrassen - Absperrarmaturen mit ELE und ELÜ, 2 Armaturen	4.900	15	0,0963	472
4.	Indirekte Übergabestationen ohne Warmwasserbereiter mit Druckdifferenzregelung und Wärmezähler einschließlich Rohrleitungen im Heizungsraum	7 Stück 57.200	15	0,0963	5.511
5.	Kompressionskälteanlage Luftgekühlter Kaltwassersatz (inkl. Rückkühler) einschließlich Rohrleitungen (75, 150, 180, 300 und 600 kW)	5 Stück 709.000	15	0,0963	68.307
6.	Photovoltaikanlage zur Unterstützung der Stromversorgung pro Baufeld - PV-Module mit Zubehör für alle Baufelder 223 m ² (51, 101, 14, 26 und 31 m ²) - Dacheinbau	5 Stück 47.300	15	0,0963	4.557
7.	Heiz- und Kühlräume h=3,0 m für Unterbringung Übergabestationen und KKM	90 m ² 102.600	15	0,0963	9.885
8.	Nebenarbeiten, Inbetriebnahme und Dokumentation	204.000	15	0,0963	19.654
9.	Unvorhergesehenes in [%] ca. 5%	102.900	15	0,0963	9.914
10.	Planungskosten für TGA, Statik und Schallschutz in [%] ca. 20%	2.161.100 432.200	15	0,0963	41.639
11. Kapitalgebundene Kosten		2.593.000			249.844

* Investitionskostenangabe der Heizkraftwerke GmbH Mainz an die aurelis Real Estate GmbH & Co. KG per E-Mail vom 27.08.2013

13.09.2013

Anlage 3

Blatt 6

Variante C / BHKW (Erdgas)

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Kapitalgebundene Kosten -

kalk. Zinssatz in [%/a]		Investitions-	Nutzungs-	Annuitäts-	Kapitalgeb.
5,0		summe	dauer	faktor	Kosten
Titel		in	in	in	in
		[€]	[a]	[]	[€ / a]
1.	BHKW, Erdgas H Elektr. Leistung: 140 kW Therm. Leistung: 207 kW Energieeinsatz bei TA - Luft: 384 kW incl. Erstbefüllung, Leistungs- und Steueranlage, Gasstraße, Abnahmetest, VL-Temperaturregelung, Schallschutzkabine, Schmieröltank	128.700	15	0,0963	12.399
2.	NT - Heizkessel ca. 560 kW, 2 Stück incl. 2-stufigem Brenner, Brennstoff Erdgas H sicherheitstechnische Ausstattung, Schalldämmhaube, Membranausdehnungsgefäß	41.900	15	0,0963	4.037
3.	Kaminanlage im Gebäude dreizügig h=16 m	24.500	15	0,0963	2.360
4.	Wärmespeicher 5 m³ Aufstellung im Gebäude incl. Isolierung und Ummantelung	3.300	15	0,0963	318
5.	Kompressionskälteanlage Luftgekühlter Kaltwassersatz (inkl. Rückkühler) (75, 150, 180, 300 und 600 kW)	709.000	15	0,0963	68.307
6.	Photovoltaikanlage zur Unterstützung der Stromversorgung pro Baufeld - PV-Module mit Zubehör für alle Baufelder 223 m² (51, 101, 14, 26 und 31 m²) - Dacheinbau	47.300	15	0,0963	4.557
7.	Pumpen, Rohrleitungen und Armaturen incl. Isolierung und Blechummantelung	58.400	15	0,0963	5.626
8.	Pumpengesteuerte Druckhalteanlage, mit autom. Nachspeisung	6.500	15	0,0963	626
9.	Wasseraufbereitung	6.200	15	0,0963	597
10.	E- und MSR-Technik	54.120	15	0,0963	5.214
11.	Rauch- und Wärmeabzugsanlage	2.000	15	0,0963	193
12.	Be- und Entlüftungsanlage	5.600	15	0,0963	540
13.	Nahwärmenetz erdverlegt, Dämmserie 3, verschiedene Durchmesser mit Tiefbau incl. HA - Leitungen aber ohne Oberflächenherstellung	206.900	15	0,0963	19.933
14.	Nahwärmetrassen - Absperrarmaturen mit ELE und ELÜ, 2 Armaturen	4.900	15	0,0963	472

13.09.2013

Anlage 3

Blatt 7

Variante C / BHKW (Erdgas)

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Kapitalgebundene Kosten -

kalk. Zinssatz in [%/a]		Investitions-	Nutzungs-	Annuitäts-	Kapitalgeb.
5,0		summe	dauer	faktor	Kosten
Titel		in	in	in	in
		[€]	[a]	[]	[€ / a]
15.	Indirekte Übergabestationen ohne Warmwasserbereiter mit Druckdifferenzregelung und Wärmezähler	57.200	15	0,0963	5.511
16.	Heiz- und Kühlräume h=3,0 m 130 m ² Heizzentrale für Unterbringung BHKW und NT-Heizkessel (70 m ²) Räume für Unterbringung KKM (60 m ²)	148.200	15	0,0963	14.278
17.	Netzkostenbeitrag Gasanschluss	105.000	15	0,0963	10.116
18.	Nebenarbeiten, Inbetriebnahme und Dokumentation	177.100	15	0,0963	17.062
19.	Unvorhergesehenes in [%] ca. 5%	89.300	15	0,0963	8.603
20.	Planungskosten für TGA, Statik, Schallschutz und Architektur in [%] ca. 20%	375.200	15	0,0963	36.148
21. Kapitalgebundene Kosten		2.251.000			258.427

Variante D / BHKW (Biomethan)

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 Elektr. Leistung: 140 kW Therm. Leistung: 207 kW Energieeinsatz bei TA - Luft: 384 kW incl. Erstbefüllung, Leistungs- und Steueranlage, Gasstraße, Abnahmetest, VL-Temperaturregelung, Schallschutzkabine, Schmieröltank		128.700	15	0,0963	12.399
2.	NT - Heizkessel ca. 560 kW, 2 Stück incl. 2-stufigem Brenner, Brennstoff Erdgas H sicherheitstechnische Ausstattung, Schalldämmhaube, Membranausdehnungsgefäß	1.120 kW	41.900	15	0,0963	4.037
3.	Kaminanlage im Gebäude dreizügig h=16 m		24.500	15	0,0963	2.360
4.	Wärmespeicher 5 m³ Aufstellung im Gebäude incl. Isolierung und Ummantelung		3.300	15	0,0963	318
5.	Kompressionskälteanlage Luftgekühlter Kaltwassersatz (inkl. Rückkühler) (75, 150, 180, 300 und 600 kW)	5 Stück	709.000	15	0,0963	68.307
6.	Photovoltaikanlage zur Unterstützung der Stromversorgung pro Baufeld - PV-Module mit Zubehör für alle Baufelder 223 m² (51, 101, 14, 26 und 31 m²) - Dacheinbau	5 Stück	47.300	15	0,0963	4.557
7.	Pumpen, Rohrleitungen und Armaturen incl. Isolierung und Blechummantelung		58.400	15	0,0963	5.626
8.	Pumpengesteuerte Druckhalteanlage, mit autom. Nachspeisung		6.500	15	0,0963	626
9.	Wasseraufbereitung		6.200	15	0,0963	597
10.	E- und MSR-Technik		54.120	15	0,0963	5.214
11.	Rauch- und Wärmeabzugsanlage		2.000	15	0,0963	193
12.	Be- und Entlüftungsanlage		5.600	15	0,0963	540
13.	Nahwärmenetz erdverlegt, Dämmserie 3, verschiedene Durchmesser mit Tiefbau incl. HA - Leitungen aber ohne Oberflächenherstellung		206.900	15	0,0963	19.933
14.	Nahwärmetrassen - Absperrarmaturen mit ELE und ELÜ, 2 Armaturen		4.900	15	0,0963	472

13.09.2013

Anlage 3

Blatt 9

Variante D / BHKW (Biomethan)

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Kapitalgebundene Kosten -

kalk. Zinssatz in [%/a]		Investitions-	Nutzungs-	Annuitäts-	Kapitalgeb.
		summe	dauer	faktor	Kosten
		in	in	in	in
Titel		[€]	[a]	[]	[€ / a]
15.	Indirekte Übergabestationen ohne Warmwasserbereiter mit Druckdifferenzregelung und Wärmezähler	57.200	15	0,0963	5.511
16.	Heiz- und Kühlräume h=3,0 m Heizzentrale für Unterbringung BHKW und NT-Heizkessel (70 m ²) Räume für Unterbringung KKM (60 m ²)	148.200	15	0,0963	14.278
17.	Netzkostenbeitrag Gasanschluss	105.000	15	0,0963	10.116
18.	Nebenarbeiten, Inbetriebnahme und Dokumentation	177.100	15	0,0963	17.062
19.	Unvorhergesehenes in [%] ca. 5%	89.300	15	0,0963	8.603
20.	Planungskosten für TGA, Statik, Schallschutz und Architektur in [%] ca. 20%	375.200	15	0,0963	36.148
21. Kapitalgebundene Kosten		2.251.000			258.427

Variante E / Holzpelletkesselanlage

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.	Holzpelletkesselanlage incl. Steuerung, Aschecontainer, interne Verrohrung, Brennstoffzuführung, Rauchgasrohr, Rauchgaszirkulation, Saugzuggebläse, Brennstoffförder- und Dosiertechnik	540 kW	99.400	15	0,0963	9.576
2.	NT - Heizkessel ca. 700 kW, 1 Stück als Kelleraufstellung incl. Gasanschluss, sicherheitstechnische Ausstattung, Anschlusset für Warmwasserbereiter, ein Heizkreis, Inbetriebnahme	700 kW	24.300	15	0,0963	2.341
3.	Kaminanlage im Gebäude zweizügig h=16 m		19.700	15	0,0963	1.898
4.	Wärmespeicher 5 m ³ Aufstellung im Gebäude incl. Isolierung und Ummantelung		3.300	15	0,0963	318
5.	Kompressionskälteanlage Luftgekühlter Kaltwassersatz (inkl. Rückkühler) (75, 150, 180, 300 und 600 kW)	5 Stück	709.000	15	0,0963	68.307
6.	Photovoltaikanlage zur Unterstützung der Stromversorgung pro Baufeld - PV-Module mit Zubehör für alle Baufelder 223 m ² (51, 101, 14, 26 und 31 m ²) - Dacheinbau	5 Stück	47.300	15	0,0963	4.557
7.	Pumpen, Rohrleitungen und Armaturen incl. Isolierung und Blechummantelung		55.000	15	0,0963	5.299
8.	Pumpengesteuerte Druckhalteanlage, mit autom. Nachspeisung		6.500	15	0,0963	626
9.	Wasseraufbereitung		6.200	15	0,0963	597
10.	E- und MSR-Technik		35.000	15	0,0963	3.372
11.	Rauch- und Wärmeabzugsanlage		2.000	15	0,0963	193
12.	Be- und Entlüftungsanlage		4.200	15	0,0963	405
13.	Nahwärmenetz erdverlegt, Dämmserie 3, verschiedene Durchmesser mit Tiefbau incl. HA - Leitungen aber ohne Oberflächenherstellung		206.900	15	0,0963	19.933
14.	Nahwärmetrassen - Absperrarmaturen mit ELE und ELÜ, 1 Stück		4.900	15	0,0963	472
15.	Indirekte Übergabestationen ohne Warmwasserbereiter mit Druckdifferenzregelung und Wärmezähler		57.200	15	0,0963	5.511

13.09.2013

Anlage 3

Blatt 11

Variante E / Holzpelletkesselanlage

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Kapitalgebundene Kosten -

kalk. Zinssatz in [%/a]		Investitions-	Nutzungs-	Annuitäts-	Kapitalgeb.
5,0		summe	dauer	faktor	Kosten
Titel		in	in	in	in
		[€]	[a]	[]	[€ / a]
16. Heiz- und Kühlräume	h=3,0 m 143 m ² Heizzentrale für Unterbringung Holzpelletkesselanlage und NT-Heizkessel (83 m ²), Räume für Unterbringung KKM (60 m ²)	163.000	15	0,0963	15.704
17. Netzkostenbeitrag	Gasanschluss	27.000	15	0,0963	2.601
18. Nebenarbeiten, Inbetriebnahme und Dokumentation		161.800	15	0,0963	15.588
19. Unvorhergesehenes	in [%] ca. 5%	81.600	15	0,0963	7.862
20. Planungskosten für TGA, Statik, Schallschutz und Architektur	1.714.300 in [%] ca. 20%	342.900	15	0,0963	33.036
21. Kapitalgebundene Kosten		2.057.000			239.725

13.09.2013

Anlage 3
 Blatt 12

Variante F / Reversible Wärmepumpe

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.	Wärmepumpen Außengeräte zum Heizen und Kühlen einschließlich Umweltschutzwanne, Montagematerial, Zubehör für Anschluss	7 Stück	906.000	15	0,0963	87.286
2.	Pumpen, Rohrleitungen und Armaturen incl. Wärmedämmung, Blechummantelung und Wärmezähler		208.400	15	0,0963	20.078
3.	E- und MSR-Technik		22.000	15	0,0963	2.120
4.	Nebenarbeiten, Inbetriebnahme und Dokumentation		125.000	15	0,0963	12.043
5.	Unvorhergesehenes in [%] ca.	5%	63.100	15	0,0963	6.079
6.	Planungskosten für TGA, Statik und Schallschutz in [%] ca.	1.324.500 20%	264.900	15	0,0963	25.521
7.	Kapitalgebundene Kosten		1.589.000			153.126

13.09.2013

Variante A / Brennwertkessel mit therm. Solaranlage

Anlage 3

Blatt 13

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -

	Einheit	Wärme	Kälte
1. Energiebedarf und Energieverbrauch			
Gesamt-Heizlast / -Kühllast (ohne Glf.)	kW	1.282	1.273
Gesamt-Energieverbrauch	MWh / a	2.054	764
2. Wärme-, Kälte- und Stromerzeugung			
2.1 Brennwertkessel			
Wärmeleistung	kW	1.282	
Wärmeerzeugung	MWh / a	2.054	
2.2 Kompressionskältemaschine (KKM)			
Kälteleistung	kW		1.273
Kälteerzeugung	MWh / a		764
2.3 Photovoltaikanlage			
Stromerzeugung	MWh / a		23
3. Brennstoffkosten			
3.1 Brennwertkessel			
Nutzungsgrad Brennwertkessel	%	98	
Brennstoffverbrauch Brennwertkessel	MWh / a	2.096	
Brennstoffpreise			
Arbeitspreis Hu	€ / MWh	60,94	
Meß-/Grundpreis pro Baufeld	€ / a	90,76	
Meß-/Grundpreis alle 7 Baufelder	€ / a	635,32	
Brennstoffkosten Brennwertkessel	€ / a	128.358	
Gesamte Brennstoffkosten	€ / a	128.358	
4. Stromkosten			
4.1 Kompressionskältemaschine (KKM)			
Jahresarbeitszahl (JAZ)	-		5
Stromverbrauch	MWh / a		153
vermiedener Netzbezug durch Photovoltaik	MWh / a		17
verbleibender Netzbezug	MWh / a		136
Strompreis	€ / MWh		234,00
Stromkosten Kompressionskältemaschine	€ / a		31.719
4.2 Hilfsenergie			
Verteilte Heizwärme und Kälte	MWh / a	2.054	764
davon anteilig Hilfsenergie	%	2,0	1,5
in	MWh / a	41	11
Durchschnittlicher Strompreis	€ / MWh	234,00	234,00
Hilfsenergiekosten	€ / a	9.613	2.682
Gesamte Stromkosten	€ / a	44.013	
5. Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	172.372	

13.09.2013

Variante B / Fernwärme

Anlage 3

Blatt 14

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -

	Einheit	Wärme	Kälte
1. Energiebedarf und Energieverbrauch			
Gesamt-Heizlast / -Kühllast (mit Glf.)	kW	1.207	1.273
Gesamt-Energieverbrauch	MWh / a	2.537	764
2. Wärme-, Kälte- und Stromerzeugung			
2.1 Fernwärme			
Wärmeleistung	kW	1.207	
Wärmeerzeugung	MWh / a	2.537	
2.2 Kompressionskältemaschine (KKM)			
Kälteleistung	kW		1.273
Kälteerzeugung	MWh / a		764
2.3 Photovoltaikanlage			
Stromerzeugung	MWh / a		23
3. Wärmekosten			
3.1 Fernwärme			
Fernwärmebezug	MWh / a	2.537	
Arbeitspreis	€ / MWh	51,00	
Grundpreis	€ / (kW a)	27,00	
resultierender Jahrespreis	€ / a	161.966	
Gesamte Wärmekosten	€ / a	161.966	
4. Stromkosten			
4.1 Kompressionskältemaschine (KKM)			
Jahresarbeitszahl (JAZ)	-		5
Stromverbrauch	MWh / a		153
vermiedener Netzbezug durch Photovoltaik	MWh / a		17
verbleibender Netzbezug	MWh / a		136
Strompreis	€ / MWh		234,00
Stromkosten Kompressionskältemaschine	€ / a		31.719
4.2 Hilfsenergie			
Verteilte Heizwärme und Kälte	MWh / a		764
davon anteilig Hilfsenergie	%		1,5
in	MWh / a		11
Durchschnittlicher Strompreis	€ / MWh		234,00
Hilfsenergiekosten	€ / a		2.682
Gesamte Stromkosten	€ / a	34.400	
5. Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	196.366	

13.09.2013

Variante C / BHKW (Erdgas)

Anlage 3

Blatt 15

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -

	Einheit	Wärme	Kälte
1. Energiebedarf und Energieverbrauch			
Gesamt-Heizlast / -Kühllast (mit Glf.)	kW	1.207	1.273
Gesamt-Energieverbrauch	MWh / a	2.537	764
2. Wärme-, Kälte- und Stromerzeugung			
2.1 BHKW			
Volllaststunden a.d. Jahresdauerlinie	h / a	7.150	
Elektrische Leistung	kW	140	
Stromerzeugung	MWh / a	1.001	
Thermische Leistung	kW	207	
Wärmeerzeugung	MWh / a	1.480	
Nutzenergie aus BHKW	MWh / a	2.481	
2.2 Brennwertkessel			
Wärmeleistung	kW	1.120	
Wärmeerzeugung	MWh / a	1.057	
2.3 Kompressionskältemaschine (KKM)			
Kälteleistung	kW		1.273
Kälteerzeugung	MWh / a		764
2.4 Photovoltaikanlage			
Stromerzeugung	MWh / a		23
3. Brennstoffkosten			
3.1 BHKW			
Brennstoffeinsatz BHKW	kW	384	
Brennstoffverbrauch BHKW	MWh / a	2.746	
Nutzungsgrad BHKW	%	90	
Brennstoffpreise			
Arbeitspreis Hu	€ / MWh	54,83	
Meß-/Grundpreis	€ / a	90,76	
Brennstoffkosten BHKW	€ / a	150.643	
3.2 Brennwertkessel			
Nutzungsgrad Brennwertkessel	%	98	
Brennstoffverbrauch Brennwertkessel	MWh / a	1.078	
Brennstoffpreise			
Arbeitspreis Hu	€ / MWh	60,94	
Meß-/Grundpreis	€ / a	90,76	
Brennstoffkosten Brennwertkessel	€ / a	65.802	
Gesamte Brennstoffkosten	€ / a	216.445	

13.09.2013

Variante C / BHKW (Erdgas)

Anlage 3

Blatt 16

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -

	Einheit	Wärme	Kälte
4. Stromkosten			
4.1 Kompressionskältemaschine (KKM)			
Jahresarbeitszahl (JAZ)	-		5
Stromverbrauch	MWh / a		153
vermiedener Netzbezug durch Photovoltaik	MWh / a		17
verbleibender Netzbezug	MWh / a		136
Strompreis	€ / MWh		234,00
Stromkosten Kompressionskältemaschine	€ / a		31.719
4.2 Hilfsenergie			
Verteilte Heizwärme und Kälte	MWh / a	2.537	764
davon anteilig Hilfsenergie	%	3,0	1,5
in	MWh / a	76	11
Durchschnittlicher Strompreis	€ / MWh	234,00	234,00
Hilfsenergiekosten	€ / a	17.808	2.682
Gesamte Stromkosten	€ / a	52.209	
5. Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	268.654	

13.09.2013

Variante D / BHKW (Biomethan)

Anlage 3

Blatt 17

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -

	Einheit	Wärme	Kälte
1. Energiebedarf und Energieverbrauch			
Gesamt-Heizlast / -Kühllast (mit Glf.)	kW	1.207	1.273
Gesamt-Energieverbrauch	MWh / a	2.537	764
2. Wärme-, Kälte- und Stromerzeugung			
2.1 BHKW			
Volllaststunden a.d. Jahresdauerlinie	h / a	7.150	
Elektrische Leistung	kW	140	
Stromerzeugung	MWh / a	1.001	
Thermische Leistung	kW	207	
Wärmeerzeugung	MWh / a	1.480	
Nutzenergie aus BHKW	MWh / a	2.481	
2.2 Brennwertkessel			
Wärmeleistung	kW	1.120	
Wärmeerzeugung	MWh / a	1.057	
2.3 Kompressionskältemaschine (KKM)			
Kälteleistung	kW		1.273
Kälteerzeugung	MWh / a		764
2.4 Photovoltaikanlage			
Stromerzeugung	MWh / a		23
3. Brennstoffkosten			
3.1 BHKW			
Brennstoffeinsatz BHKW	kW	384	
Brennstoffverbrauch BHKW	MWh / a	2.746	
Nutzungsgrad BHKW	%	90	
Brennstoffpreise			
Arbeitspreis Biomethan	€ / MWh	89,28	
Brennstoffkosten BHKW	€ / a	245.133	
3.2 Brennwertkessel			
Nutzungsgrad Brennwertkessel	%	98	
Brennstoffverbrauch Brennwertkessel	MWh / a	1.078	
Brennstoffpreise			
Arbeitspreis Hu	€ / MWh	60,94	
Meß-/Grundpreis	€ / a	90,76	
Brennstoffkosten Brennwertkessel	€ / a	65.802	
Gesamte Brennstoffkosten	€ / a	310.935	

13.09.2013

Variante D / BHKW (Biomethan)

Anlage 3

Blatt 18

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -

	Einheit	Wärme	Kälte
4. Stromkosten			
4.1 Kompressionskältemaschine (KKM)			
Jahresarbeitszahl (JAZ)	-		5
Stromverbrauch	MWh / a		153
vermiedener Netzbezug durch Photovoltaik	MWh / a		17
verbleibender Netzbezug	MWh / a		136
Strompreis	€ / MWh		234,00
Stromkosten Kompressionskältemaschine	€ / a		31.719
4.2 Hilfsenergie			
Verteilte Heizwärme und Kälte	MWh / a	2.537	764
davon anteilig Hilfsenergie	%	3,0	1,5
in	MWh / a	76	11
Durchschnittlicher Strompreis	€ / MWh	234,00	234,00
Hilfsenergiekosten	€ / a	17.808	2.682
Gesamte Stromkosten	€ / a	52.209	
5. Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	363.144	

13.09.2013

Variante E / Holzpelletkesselanlage

Anlage 3

Blatt 19

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -

	Einheit	Wärme	Kälte
1. Energiebedarf und Energieverbrauch			
Gesamt-Heizlast / -Kühllast (mit Glf.)	kW	1.207	1.273
Gesamt-Energieverbrauch	MWh / a	2.537	764
2. Wärme-, Kälte- und Stromerzeugung			
2.1 Holzpelletkessel			
Volllaststunden a.d. Jahresdauerlinie	h / a	4.037	
Thermische Leistung	kW	140-540	
Wärmeerzeugung	MWh / a	2.180	
2.2 Brennwertkessel			
Wärmeleistung	kW	700	
Wärmeerzeugung	MWh / a	357	
2.3 Kompressionskältemaschine (KKM)			
Kälteleistung	kW		1.273
Kälteerzeugung	MWh / a		764
2.4 Photovoltaikanlage			
Stromerzeugung	MWh / a		23
3. Brennstoffkosten			
3.1 Holzpelletkessel			
Kesselwirkungsgrad			
Volllast	%	90	
Teillast	%	92	
Brennstoffeinsatz Holzpelletkessel	kW	156-600	
Brennstoffverbrauch Holzpelletkessel	MWh / a	2.381	
Brennstoffpreis Holzpellets	€ / MWh	55,00	
Preis für Aschentsorgung	€ / MWh	0,21	
Brennstoffkosten Holzpellets	€ / a	131.472	
3.2 Brennwertkessel			
Nutzungsgrad Brennwertkessel	%	98	
Brennstoffverbrauch Brennwertkessel	MWh / a	364	
Brennstoffpreise			
Arbeitspreis Hu	€ / MWh	60,94	
Meß-/Grundpreis	€ / a	90,76	
Brennstoffkosten Brennwertkessel	€ / a	22.279	
Gesamte Brennstoffkosten	€ / a	153.751	

13.09.2013

Variante E / Holzpelletkesselanlage

Anlage 3

Blatt 20

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -

	Einheit	Wärme	Kälte
4. Stromkosten			
4.1 Kompressionskältemaschine (KKM)			
Jahresarbeitszahl (JAZ)	-		5
Stromverbrauch	MWh / a		153
vermiedener Netzbezug durch Photovoltaik	MWh / a		17
verbleibender Netzbezug	MWh / a		136
Strompreis	€ / MWh		234,00
Stromkosten Kompressionskältemaschine	€ / a		31.719
4.2 Hilfsenergie			
Verteilte Heizwärme und Kälte	MWh / a	2.537	764
davon anteilig Hilfsenergie	%	5,0	1,5
in	MWh / a	127	11
Durchschnittlicher Strompreis	€ / MWh	234,00	234,00
Hilfsenergiekosten	€ / a	29.681	2.682
Gesamte Stromkosten	€ / a	64.081	
5. Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	217.831	

13.09.2013

Variante F / Reversible Wärmepumpe

Anlage 3

Blatt 21

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -

	Einheit	Wärme	Kälte
1. Energiebedarf und Energieverbrauch			
Gesamt-Heizlast / -Kühllast (ohne Glf.)	kW	1.508	1.273
Gesamt-Energieverbrauch	MWh / a	2.416	764
2. Wärme-, Kälte- und Stromerzeugung			
2.1 Wärmepumpe (reversibel)			
Wärmehöchstlast (WHL) / Kältehöchstlast (KHL)	kW	1.508	1.273
Leistungszahl (COP)	-	4,0	3,3
elektrische Leistung	kW	377	386
Entzugsleistung	kW	1.131	888
Wärme- und Kälteerzeugung	MWh / a	2.416	764
Jahresarbeitszahl (JAZ)	-	2,6	2,6
elektrischer Stromverbrauch	MWh / a	947	300
Entzugsarbeit	MWh / a	1.469	464
2.2 Photovoltaikanlage			
Stromerzeugung	MWh / a		0
3. Stromkosten			
3.1 Wärmepumpe (reversibel)			
Jahresarbeitszahl (JAZ)	-	2,6	2,6
Stromverbrauch	MWh / a	947	300
Strompreis	€ / MWh	234,00	234,00
Stromkosten Wärmepumpe (reversibel)	€ / a	221.704	70.108
3.2 Hilfsenergie			
Verteilte Heizwärme und Kälte	MWh / a	2.416	764
davon anteilig Hilfsenergie	%	2,0	1,5
in	MWh / a	48	11
Durchschnittlicher Strompreis	€ / MWh	234,00	234,00
Hilfsenergiekosten	€ / a	11.307	2.682
Gesamte Stromkosten	€ / a	305.800	
4. Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	305.800	

13.09.2013

Variante A / Brennwertkessel mit therm. Solaranlage

Anlage 3

Blatt 22

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Betriebsgebundene Kosten -

	Einheit	
1. Instandsetzung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	5.061.100
Anteil Instandsetzung	% / a	1,5%
Instandsetzungskosten	€ / a	75.917
2. Versicherung und Verwaltung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	5.061.100
Anteil Versicherung und Verwaltung	% / a	1%
Kosten Versicherung und Verwaltung	€ / a	50.611
3. Kapitalgeb. Betriebskosten	€ / a	126.528
4. Personal		
Betätigungszeitaufwand	h / a	350
spez. Personalkosten	€ / h	23,00
Personalkosten	€ / a	8.050
4. Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten		
Kundendienst Brennwertkessel etc. (1 AK, 5 h, 2 Termine, 45 € / h)	7 Stück € / a	3.150
Schornsteinfegergebühr, Emissions- überwachung, Abgasverlustkontrolle	7 Stück € / a	3.500
Kundendienst KKM	5 Stück € / a	1.500
Heizkostenabrechnung Baufelder	7 Stück € / a	210
Gesamte Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten	€ / a	8.360
5. Betriebsgebundene Kosten	€ / a	142.938

13.09.2013

Anlage 3

Blatt 23

Variante B / Fernwärme

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Betriebsgebundene Kosten -

	Einheit	
1. Instandsetzung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	2.161.100
Anteil Instandsetzung	% / a	0,5%
Instandsetzungskosten	€ / a	10.806
2. Versicherung und Verwaltung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	2.161.100
Anteil Versicherung und Verwaltung	% / a	1%
Kosten Versicherung und Verwaltung	€ / a	21.611
3. Kapitalgeb. Betriebskosten	€ / a	32.417
4. Personal		
Betätigungszeitaufwand	h / a	70
spez. Personalkosten	€ / h	23,00
Personalkosten	€ / a	1.610
5. Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten		
Kundendienst KKM 5 Stück	€ / a	1.500
Wartungskosten Hausübergabestation 7 Stück	€ / a	700
Heizkostenabrechnung Baufelder 7 Stück	€ / a	210
Gesamte Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten	€ / a	2.410
6. Betriebsgebundene Kosten	€ / a	36.437

13.09.2013

Anlage 3

Blatt 24

Variante C / BHKW (Erdgas)

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Betriebsgebundene Kosten -

	Einheit	
1. Instandsetzung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	1.876.120
Anteil Instandsetzung	% / a	1,5%
Instandsetzungskosten	€ / a	28.142
2. Versicherung und Verwaltung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	1.876.120
Anteil Versicherung und Verwaltung	% / a	1%
Kosten Versicherung und Verwaltung	€ / a	18.761
3. Kapitalgeb. Betriebskosten	€ / a	46.903
4. Personal		
Betätigungszeitaufwand	h / a	110
spez. Personalkosten	€ / h	23,00
Personalkosten	€ / a	2.530
5. Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten		
Vollwartungskosten BHKW	€ / a	17.875
Kundendienst Brennwertkessel (2 AK, 5 h, 2 Termine, 45 € / h)	€ / a	900
Schornsteinfegergebühr, Emissions- überwachung, Abgasverlustkontrolle	€ / a	500
Kundendienst KKM 5 Stück	€ / a	1.500
Wartungskosten Hausübergabestation 7 Stück	€ / a	700
Heizkostenabrechnung Baufelder 7 Stück	€ / a	210
Gesamte Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten	€ / a	21.685
6. Betriebsgebundene Kosten	€ / a	71.118

13.09.2013

Anlage 3

Blatt 25

Variante D / BHKW (Biomethan)

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Betriebsgebundene Kosten -

	Einheit	
1. Instandsetzung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	1.876.120
Anteil Instandsetzung	% / a	1,5%
Instandsetzungskosten	€ / a	28.142
2. Versicherung und Verwaltung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	1.876.120
Anteil Versicherung und Verwaltung	% / a	1%
Kosten Versicherung und Verwaltung	€ / a	18.761
3. Kapitalgeb. Betriebskosten	€ / a	46.903
4. Personal		
Betätigungszeitaufwand	h / a	110
spez. Personalkosten	€ / h	23,00
Personalkosten	€ / a	2.530
5. Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten		
Vollwartungskosten BHKW	€ / a	17.875
Kundendienst Brennwertkessel (2 AK, 5 h, 2 Termine, 45 € / h)	€ / a	900
Schornsteinfegergebühr, Emissions- überwachung, Abgasverlustkontrolle	€ / a	500
Kundendienst KKM 5 Stück	€ / a	1.500
Wartungskosten Hausübergabestation 7 Stück	€ / a	700
Heizkostenabrechnung Baufelder 7 Stück	€ / a	210
Gesamte Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten	€ / a	21.685
6. Betriebsgebundene Kosten	€ / a	71.118

13.09.2013

Variante E / Holzpelletkesselanlage

Anlage 3

Blatt 26

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Betriebsgebundene Kosten -

	Einheit	
1. Instandsetzung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	1.714.300
Anteil Instandsetzung	% / a	1,5%
Instandsetzungskosten	€ / a	25.715
2. Versicherung und Verwaltung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	1.714.300
Anteil Versicherung und Verwaltung	% / a	1%
Kosten Versicherung und Verwaltung	€ / a	17.143
3. Kapitalgeb. Betriebskosten	€ / a	42.858
4. Personal		
Betätigungszeitaufwand	h / a	160
spez. Personalkosten	€ / h	23,00
Personalkosten	€ / a	3.680
5. Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten		
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
Kundendienst KKM 5 Stück	€ / a	1.500
Wartungskosten Hausübergabestation 7 Stück	€ / a	700
Heizkostenabrechnung Baufelder 7 Stück	€ / a	210
Gesamte Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten	€ / a	5.610
6. Betriebsgebundene Kosten	€ / a	52.148

13.09.2013

Anlage 3

Blatt 27

Variante F / Reversible Wärmepumpe

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Betriebsgebundene Kosten -

	Einheit	
1. Instandsetzung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	1.324.500
Anteil Instandsetzung	% / a	1,5%
Instandsetzungskosten	€ / a	19.868
2. Versicherung und Verwaltung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	1.324.500
Anteil Versicherung und Verwaltung	% / a	1%
Kosten Versicherung und Verwaltung	€ / a	13.245
3. Kapitalgeb. Betriebskosten	€ / a	33.113
4. Personal		
Betätigungszeitaufwand	h / a	350
spez. Personalkosten	€ / h	23,00
Personalkosten	€ / a	8.050
5. Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten		
Kundendienst Wärmepumpe 7 Stück (2 AK, 2 h, 2 Termine, 45 € / h)	€ / a	2.500
Heizkostenabrechnung Baufelder 7 Stück	€ / a	210
Gesamte Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten	€ / a	2.710
6. Betriebsgebundene Kosten	€ / a	43.873

13.09.2013

Anlage 3

Blatt 28

Baufeld 1 - 7

Wirtschaftlichkeitsrechnung - spezifische Energie(rest)kosten -

Variante A / Brennwertkessel mit therm. Solaranlage		Einheit	
1.	Kapitalgebundene Kosten	€ / a	580.144
2.	Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	172.372
3.	Betriebsgebundene Kosten	€ / a	142.938
4.	CO2-Emissionskosten	€ / a	0
5.	Gesamte Jahreskosten	€ / a	895.453
6.	Vergütung aus Stromerzeugung	€ / a	594
7.	Gesamte Jahresrestkosten	€ / a	894.860
8.	Gesamt-Energieverbrauch Netto (Wärme+Kälte)	MWh / a	2.818
9.	spez. Energie(rest)kosten	€ / MWh	317,55
10.	Brennstoffkosten +50%	€ / MWh	348,08
	+100%	€ / MWh	378,67
11.	CO2-Emissionskosten 0%	€ / MWh	377,06
	+50%	€ / MWh	406,82
	+100%	€ / MWh	436,58

Variante B / Fernwärme		Einheit	
1.	Kapitalgebundene Kosten	€ / a	249.844
2.	Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	196.366
3.	Betriebsgebundene Kosten	€ / a	36.437
4.	CO2-Emissionskosten	€ / a	0
5.	Gesamte Jahreskosten	€ / a	482.647
6.	Vergütung aus Stromerzeugung	€ / a	594
7.	Gesamte Jahresrestkosten	€ / a	482.053
8.	Gesamt-Energieverbrauch Netto (Wärme+Kälte)	MWh / a	3.180
9.	spez. Energie(rest)kosten	€ / MWh	151,59
10.	Brennstoffkosten +50%	€ / MWh	182,42
	+100%	€ / MWh	213,25
11.	CO2-Emissionskosten 0%	€ / MWh	169,87
	+50%	€ / MWh	179,01
	+100%	€ / MWh	188,15

13.09.2013

Anlage 3

Blatt 29

Baufeld 1 - 7

Wirtschaftlichkeitsrechnung - spezifische Energie(rest)kosten -

Variante C / BHKW (Erdgas)		Einheit	
1.	Kapitalgebundene Kosten	€ / a	258.427
2.	Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	268.654
3.	Betriebsgebundene Kosten	€ / a	71.118
4.	CO2-Emissionskosten	€ / a	0
5.	Gesamte Jahreskosten	€ / a	598.199
6.	Vergütung aus Stromerzeugung	€ / a	122.561
7.	Gesamte Jahresrestkosten	€ / a	475.638
8.	Gesamt-Energieverbrauch Netto (Wärme+Kälte)	MWh / a	3.180
9.	spez. Energie(rest)kosten	€ / MWh	149,57
10.	Brennstoffkosten +50%	€ / MWh	182,18
	+100%	€ / MWh	214,78
11.	CO2-Emissionskosten 0%	€ / MWh	197,12
	+50%	€ / MWh	219,48
	+100%	€ / MWh	242,79

Variante D / BHKW (Biomethan)		Einheit	
1.	Kapitalgebundene Kosten	€ / a	258.427
2.	Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	363.144
3.	Betriebsgebundene Kosten	€ / a	71.118
4.	CO2-Emissionskosten	€ / a	0
5.	Gesamte Jahreskosten	€ / a	692.689
6.	Vergütung aus Stromerzeugung	€ / a	223.216
7.	Gesamte Jahresrestkosten	€ / a	469.473
8.	Gesamt-Energieverbrauch Netto (Wärme+Kälte)	MWh / a	3.180
9.	spez. Energie(rest)kosten	€ / MWh	147,63
10.	Brennstoffkosten +50%	€ / MWh	187,18
	+100%	€ / MWh	226,73
11.	CO2-Emissionskosten 0%	€ / MWh	188,00
	+50%	€ / MWh	208,19
	+100%	€ / MWh	228,38

13.09.2013

Anlage 3

Blatt 30

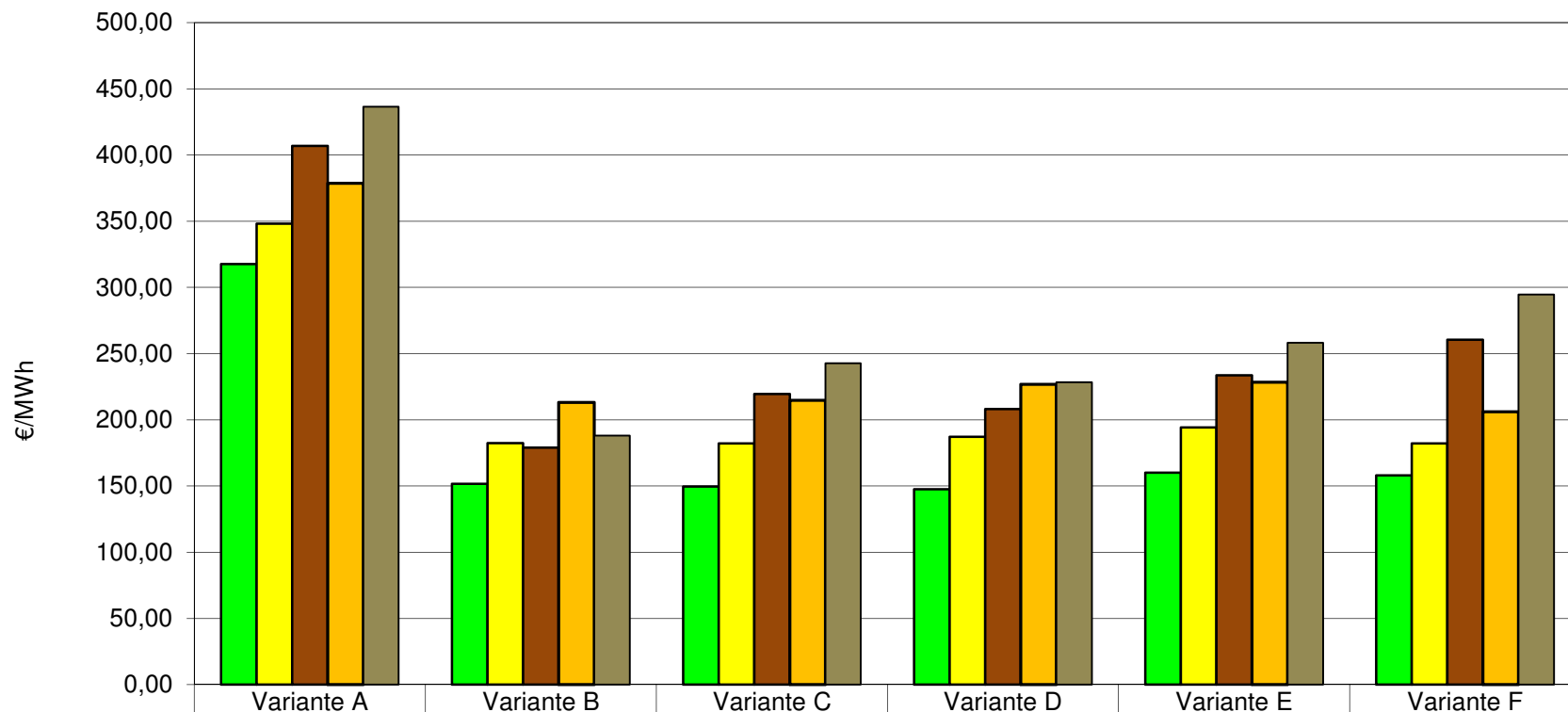
Baufeld 1 - 7

Wirtschaftlichkeitsrechnung - spezifische Energie(rest)kosten -

Variante E / Holzpelletkesselanlage		Einheit	
1.	Kapitalgebundene Kosten	€ / a	239.725
2.	Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	217.831
3.	Betriebsgebundene Kosten	€ / a	52.148
4.	CO2-Emissionskosten	€ / a	0
5.	Gesamte Jahreskosten	€ / a	509.704
6.	Vergütung aus Stromerzeugung	€ / a	594
7.	Gesamte Jahresrestkosten	€ / a	509.110
8.	Gesamt-Energieverbrauch Netto (Wärme+Kälte)	MWh / a	3.180
9.	spez. Energie(rest)kosten	€ / MWh	160,10
10.	Brennstoffkosten +50%	€ / MWh	194,30
	+100%	€ / MWh	228,50
11.	CO2-Emissionskosten 0%	€ / MWh	209,14
	+50%	€ / MWh	233,66
	+100%	€ / MWh	258,18

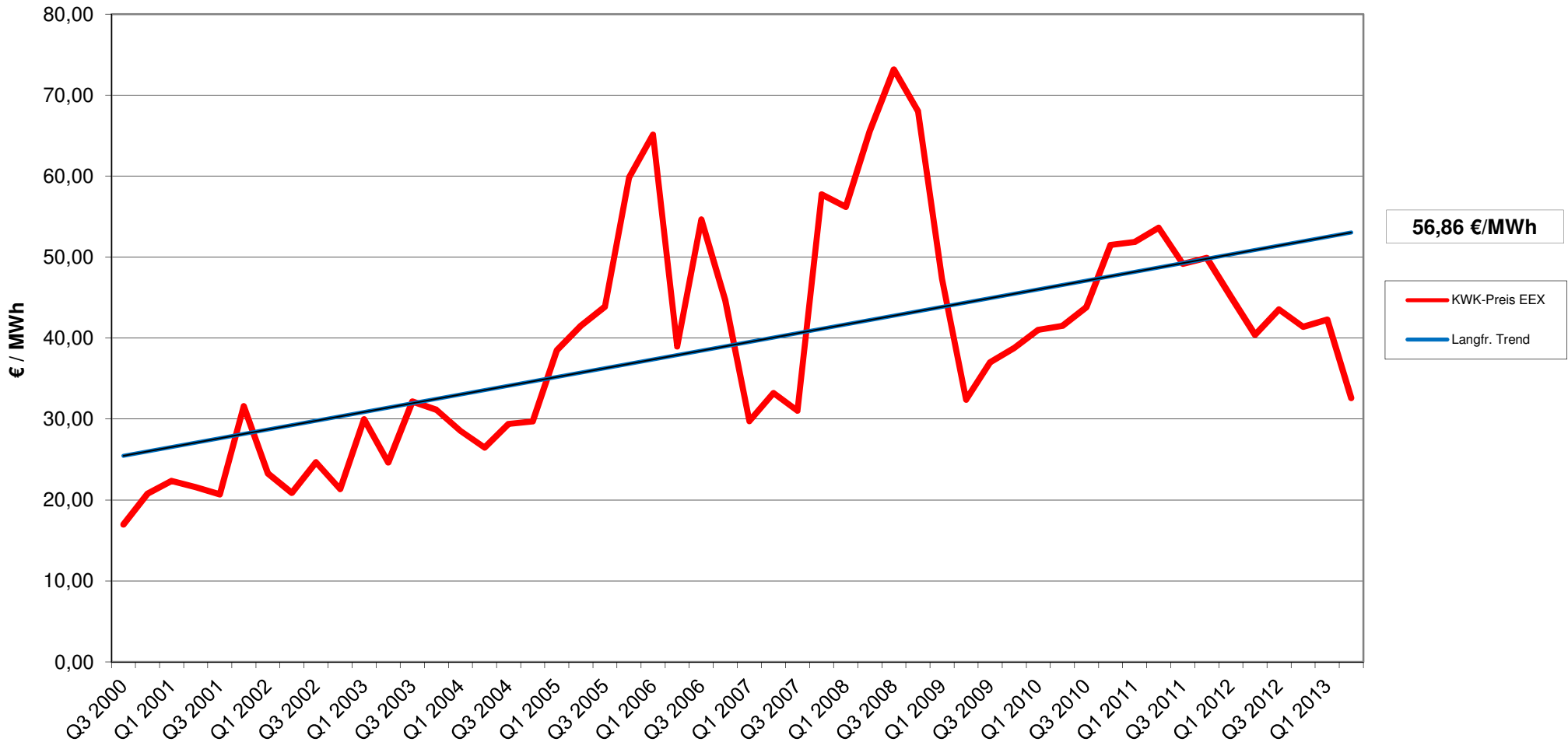
Variante F / Reversible Wärmepumpe		Einheit	
1.	Kapitalgebundene Kosten	€ / a	153.126
2.	Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	305.800
3.	Betriebsgebundene Kosten	€ / a	43.873
4.	CO2-Emissionskosten	€ / a	0
5.	Gesamte Jahreskosten	€ / a	502.799
6.	Vergütung aus Stromerzeugung	€ / a	0
7.	Gesamte Jahresrestkosten	€ / a	502.799
8.	Gesamt-Energieverbrauch Netto (Wärme+Kälte)	MWh / a	3.180
9.	spez. Energie(rest)kosten	€ / MWh	158,11
10.	Brennstoffkosten +50%	€ / MWh	182,15
	+100%	€ / MWh	206,19
11.	CO2-Emissionskosten 0%	€ / MWh	226,32
	+50%	€ / MWh	260,43
	+100%	€ / MWh	294,54

Varianten A - F der Energieversorgung Resultierende Energie(rest)kosten und Variation der Brennstoff- und CO2-Emissionkosten

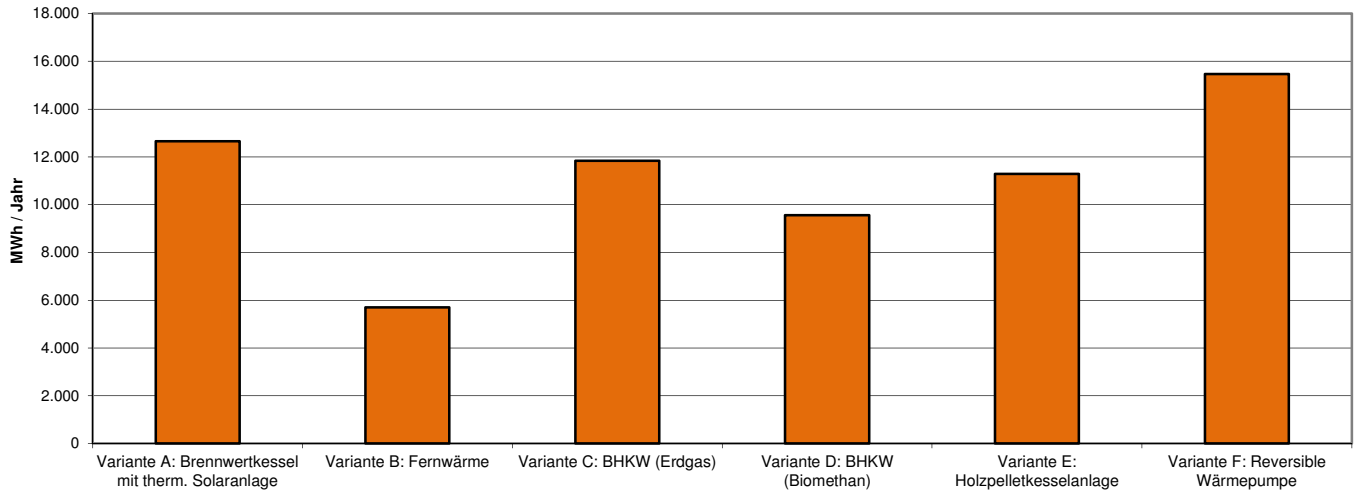


	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D	Variante E	Variante F
■ Spez. Energie(rest)kosten	317,55	151,59	149,57	147,63	160,10	158,11
■ Brennstoffkosten +50%	348,08	182,42	182,18	187,18	194,30	182,15
■ CO2-Emissionskosten +50%	406,82	179,01	219,48	208,19	233,66	260,43
■ Brennstoffkosten +100%	378,67	213,25	214,78	226,73	228,50	206,19
■ CO2-Emissionskosten +100%	436,58	188,15	242,79	228,38	258,18	294,54

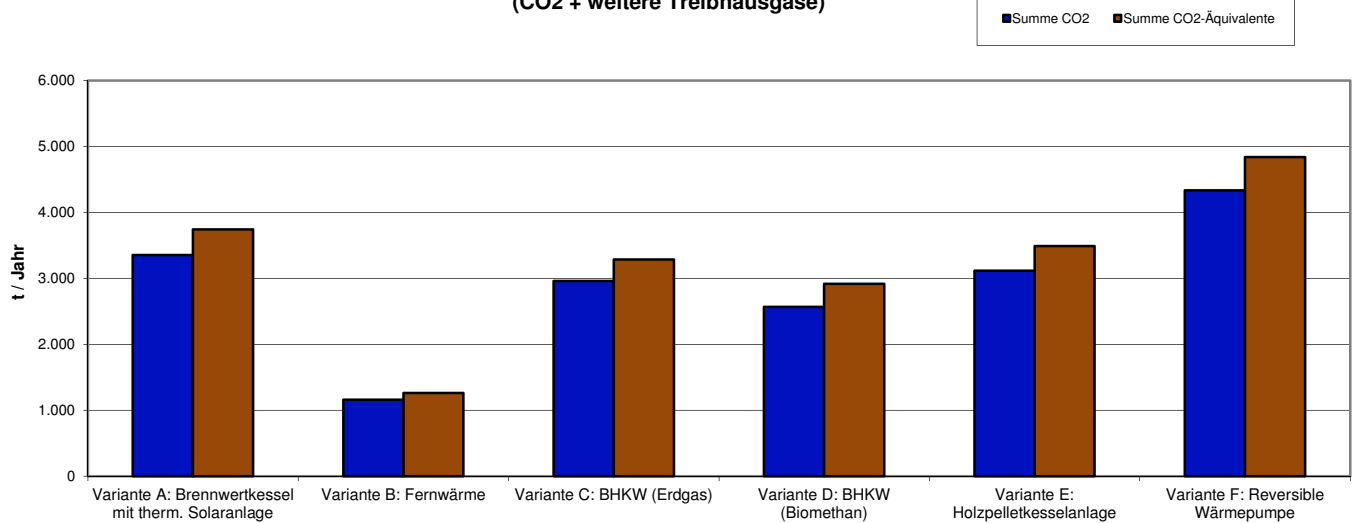
Entwicklung des KWK-Index (EEX Leipzig)



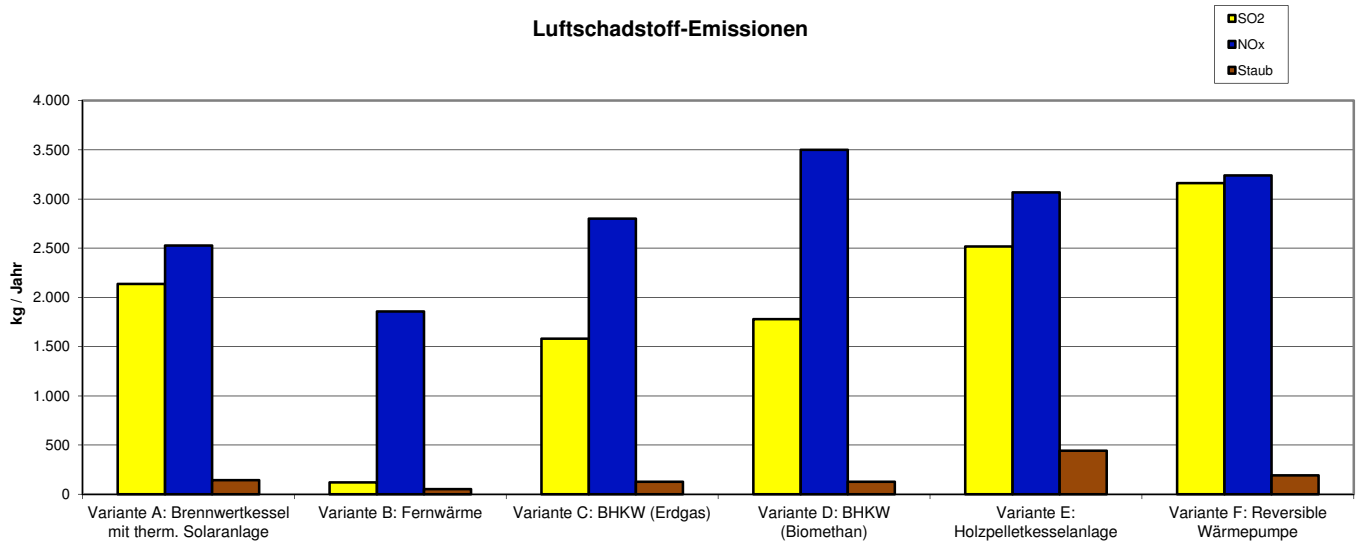
**Primärenergieverbrauch
(nicht erneuerbare Energieträger)**



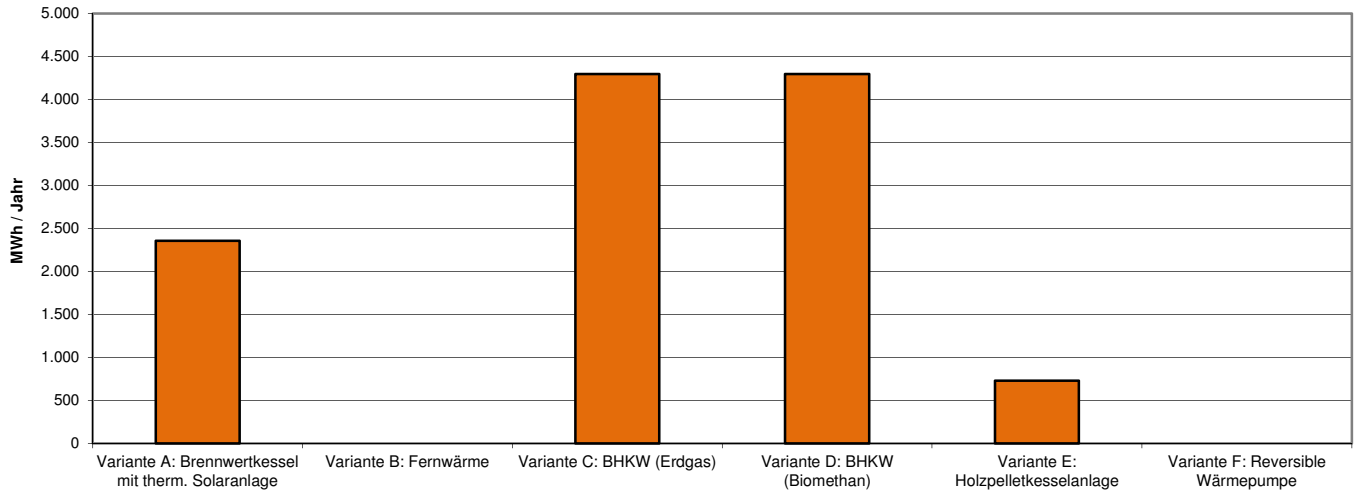
**Treibhausgas-Emissionen
(CO₂ + weitere Treibhausgase)**



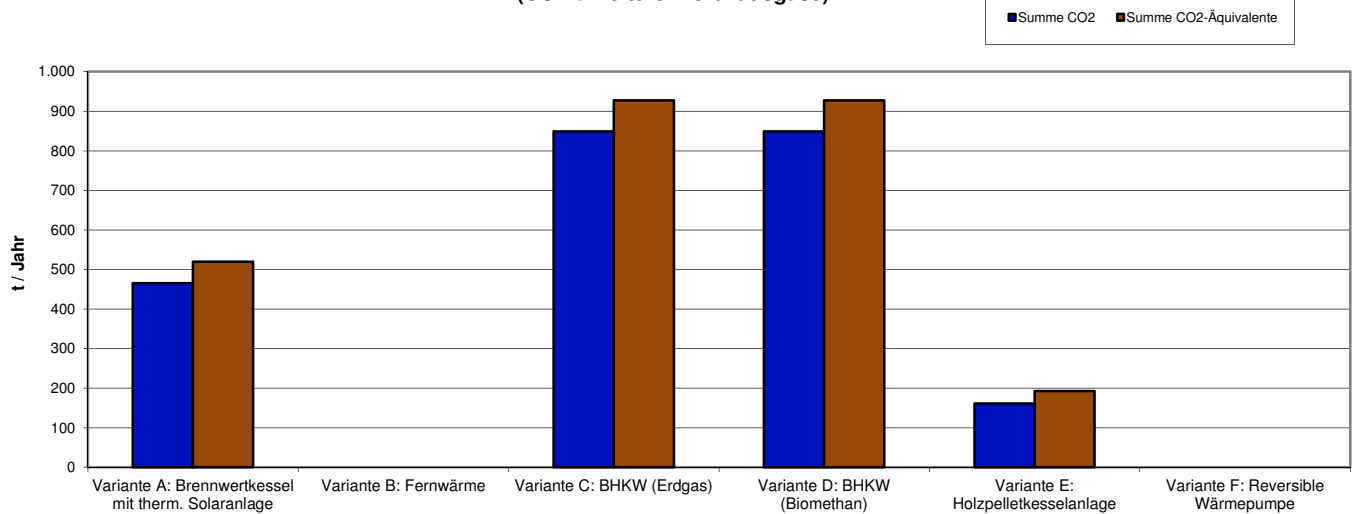
Luftschadstoff-Emissionen



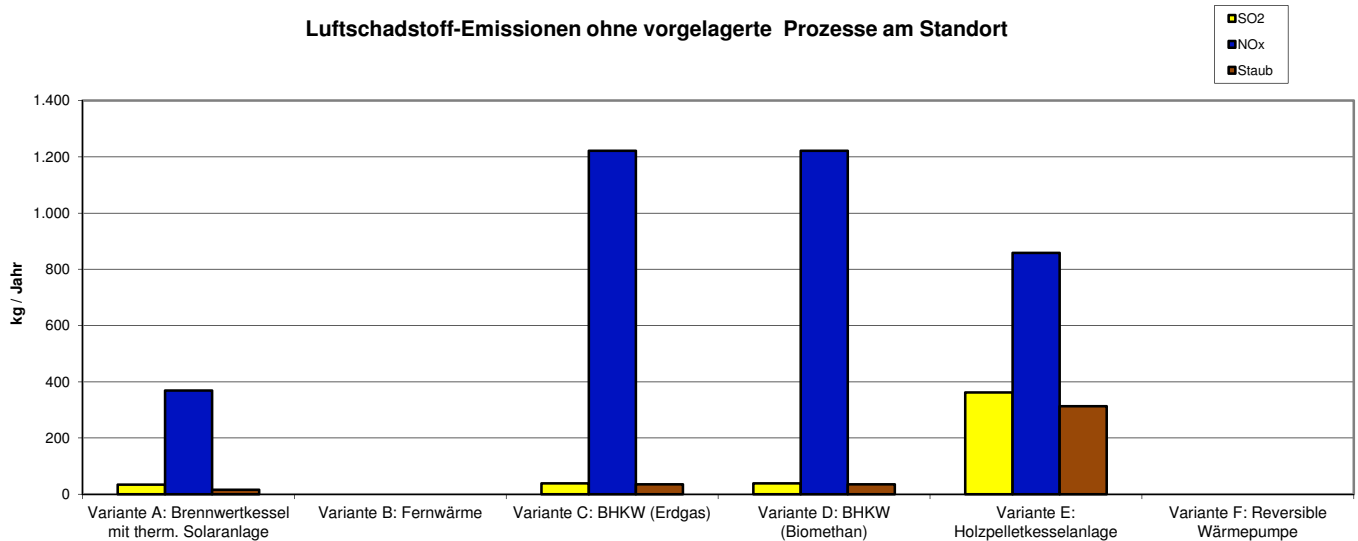
**Primärenergieverbrauch ohne vorgelagerte Prozesse am Standort
(verschiedene Energieträger)**



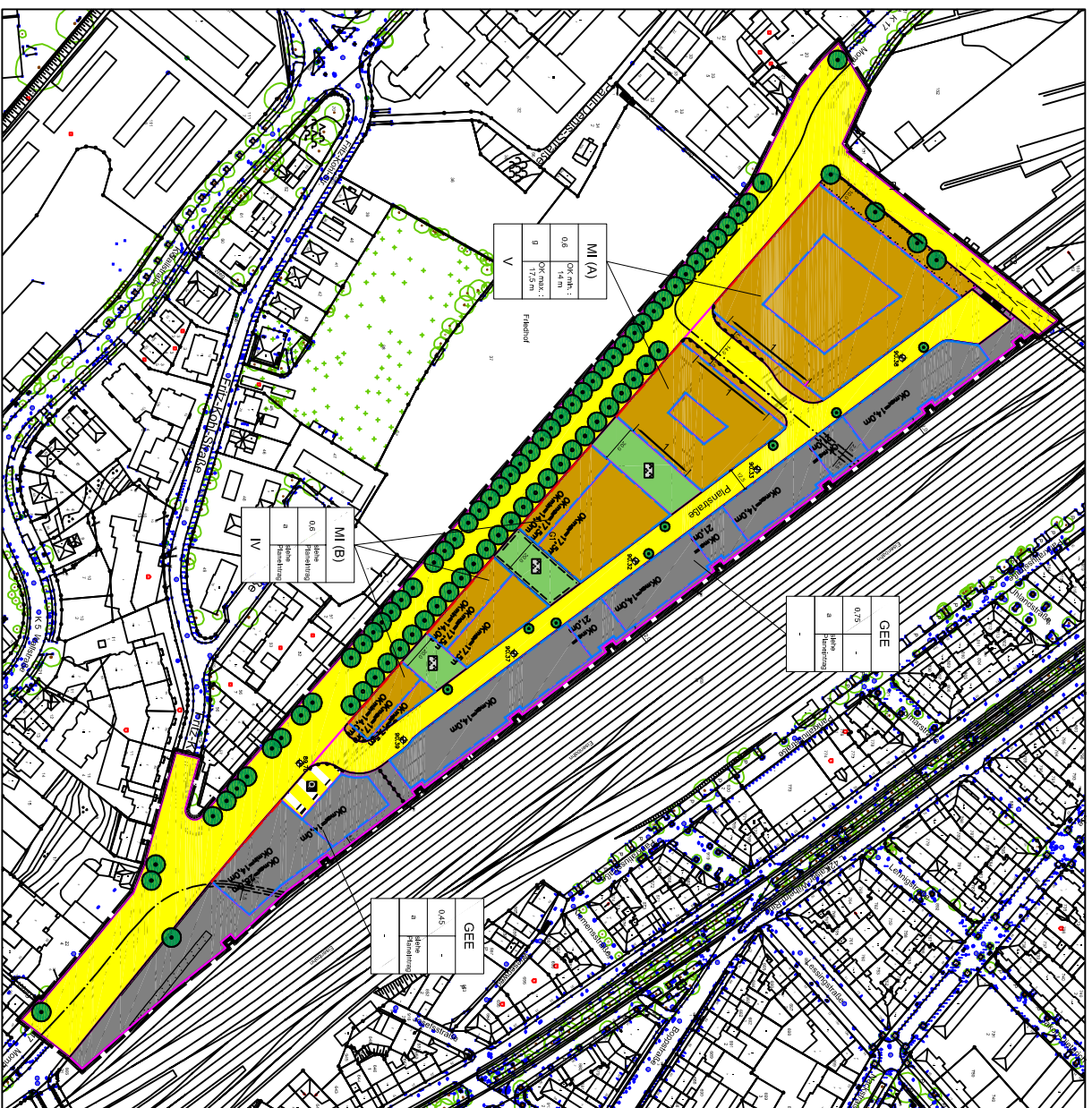
**Treibhausgas-Emissionen ohne vorgelagerte Prozesse am Standort
(CO2 + weitere Treibhausgase)**



Luftschadstoff-Emissionen ohne vorgelagerte Prozesse am Standort



Geltungsbereich Bebauungsplan Nr. H95



Luftaufnahme (Copyright by Microsoft Corporation, Bing Maps)



----- Geltungsbereich



aurelis Real Estate GmbH & Co. KG
 Region Mitte
 Mergenthalerallee 15-21
 65760 Eschborn

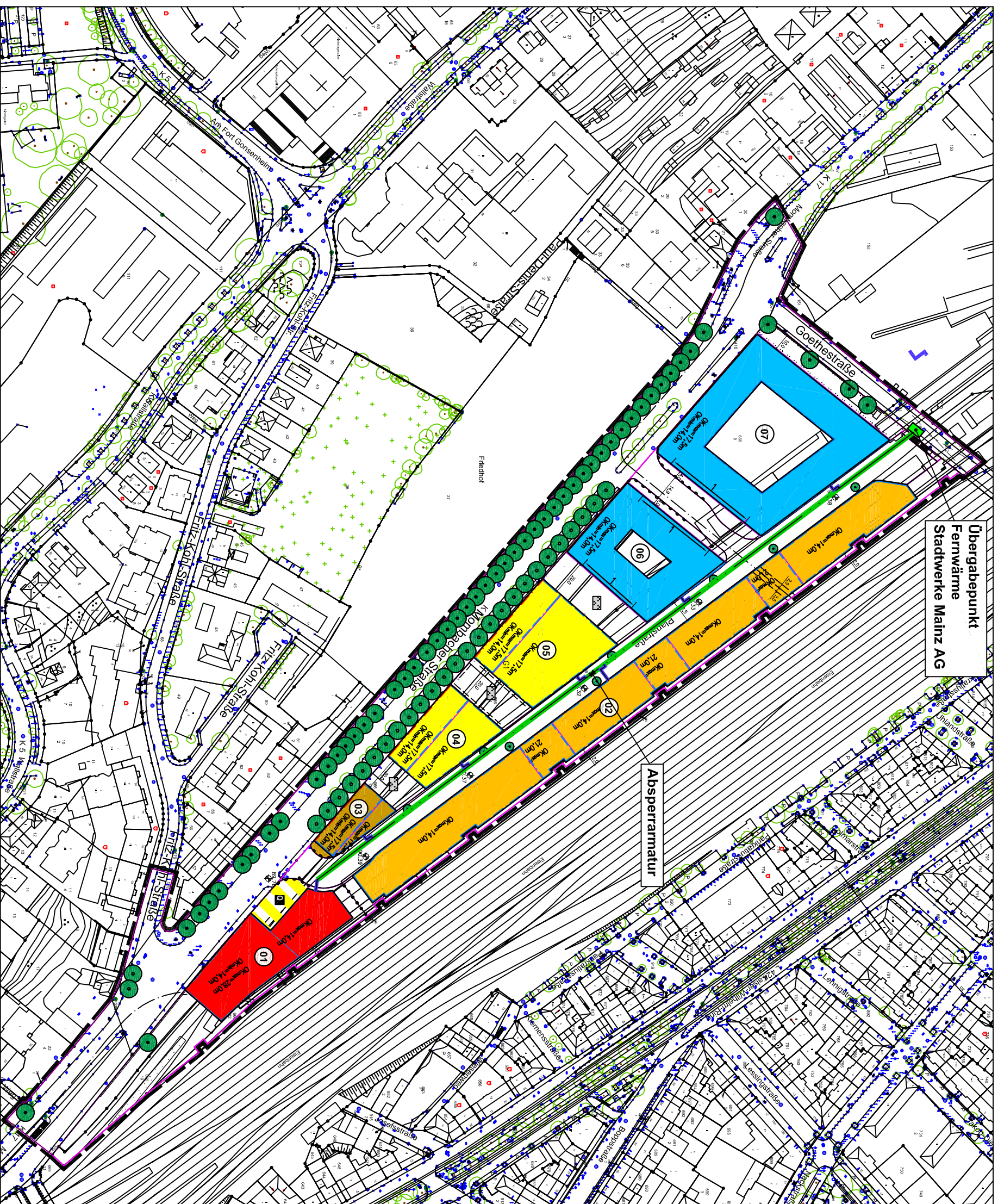
Übersicht Versorgungsgebiet - Geltungsbereich mit Luftaufnahme
 Energiekonzept Bebauungsplan Nr. H95
 "Bahnflächen Mombacher Straße"

Planungsphase: Vorplanung	Maßstab: o.M.	Datum: 13.09.2013	Zeichnungsnr.: EK - 001	Unterschrift Planer: A.Schwarz
------------------------------	------------------	----------------------	----------------------------	-----------------------------------

Energie- und Umwelttechnik
 Technische Gebäudeausrüstung
 Energetische Systemanalyse
 Luisenstraße 51 63067 Offenbach a.M.
 Telefon: 069/82 99 375 0 Telefax: 069/82 99 375 29



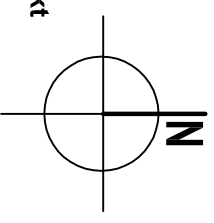
Ing. Gesellschaft
 Bischoff und Maaß mbH



Übergabepunkt
Fernwärme
Stadwerke Mainz AG

Absperrarmatur

Legende:



- Fernwärme Übergabepunkt
- 01 Baufeld 1 Hotel, Büro
- 02 Baufeld 2 Büro, Lager, Event, Ausstellung
- 03 Baufeld 3 Büro, Dienstleistung (Bestand)
- 04+05 Baufeld 4 + 5 Büro, Dienstleistung
- 06+07 Baufeld 6 + 7 Studentenwohnen

Summe NW-Haupt-Trasse

Hauptstrecke= 431 Tr.m

Summe NW-Hausanschlüsse

Baufeld 1= 1 Stck. á 7 Tr.m= 7 Tr.m

Baufeld 2= 1 Stck. á 12 Tr.m= 12 Tr.m

Baufeld 3= 1 Stck. á 8 Tr.m= 8 Tr.m

Baufeld 4= 1 Stck. á 8 Tr.m= 8 Tr.m

Baufeld 5= 1 Stck. á 8 Tr.m= 8 Tr.m

Baufeld 6= 1 Stck. á 8 Tr.m= 8 Tr.m

Baufeld 7= 1 Stck. á 8 Tr.m= 8 Tr.m

Summe HA= 7 Stck.= 59 Tr.m

+ 2 x Absperrarmatur

Summe Brutto-Geschoßflächen
(realistic case)

Baufeld 1=	6.428m ²
Baufeld 2=	12.868m ²
Baufeld 3=	1.732m ²
Baufeld 4=	3.300m ²
Baufeld 5=	3.970m ²
Baufeld 6=	12.057m ²
Baufeld 7=	27.261m ²
Summe =	67.616m²



aurelis Real Estate GmbH & Co. KG
Region Mitte
Mergenthalerallee 15-21
65760 Eschborn

Übersicht Versorgungsgebiet - Variante B
Energiekonzept Bebauungsplan Nr. H95
"Bahnflächen Mombacher Straße"

Planungsphase: Vorplanung
Maßstab: o.M.
Datum: 13.09.2013
Zeichnungsnr.: EK - 002
Unterschrift Planer: A.Schwarz

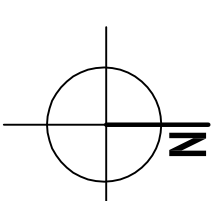
Energie- und Umwelttechnik
Technische Gebäudeausrüstung
Energetische Systemanalyse

Ing. Gesellschaft
Bischoff und Maab mbH

Luisenstraße 51 63067 Offenbach a.M.
Telefon: 069/82 99 375 0 Telefax: 069/82 99 375 29



Legende:



- Heizzentrale
- 01) Baufeld 1 Hotel, Büro
- 02) Baufeld 2 Büro, Lager, Event, Ausstellung
- 03) Baufeld 3 Büro, Dienstleistung (Bestand)
- 04)+05) Baufeld 4 + 5 Büro, Dienstleistung
- 06)+07) Baufeld 6 + 7 Studentenwohnen

Summe NW-Haupt-Trasse

Hauptstrecke= 385 Tr.m

Summe NW-Hausanschlüsse

Baufeld 1= 1 Stck. á 7 Tr.m= 7 Tr.m
 Baufeld 2= 1 Stck. á 12 Tr.m= 12 Tr.m
 Baufeld 3= 1 Stck. á 8 Tr.m= 8 Tr.m
 Baufeld 4= 1 Stck. á 8 Tr.m= 8 Tr.m
 Baufeld 5= 1 Stck. á 8 Tr.m= 8 Tr.m
 Baufeld 7= 1 Stck. á 5 Tr.m= 5 Tr.m

Summe HA= 7 Stck.= 48 Tr.m

+ 2 x Absperrarmatur

Summe Brutto-Geschosflächen
(realistic case)

Baufeld 1=	6.428m ²
Baufeld 2=	12.868m ²
Baufeld 3=	1.732m ²
Baufeld 4=	3.300m ²
Baufeld 5=	3.970m ²
Baufeld 6=	12.057m ²
Baufeld 7=	27.261m ²
Summe =	67.616m²

Übersicht Versorgungsgebiet - Variante C,D und E

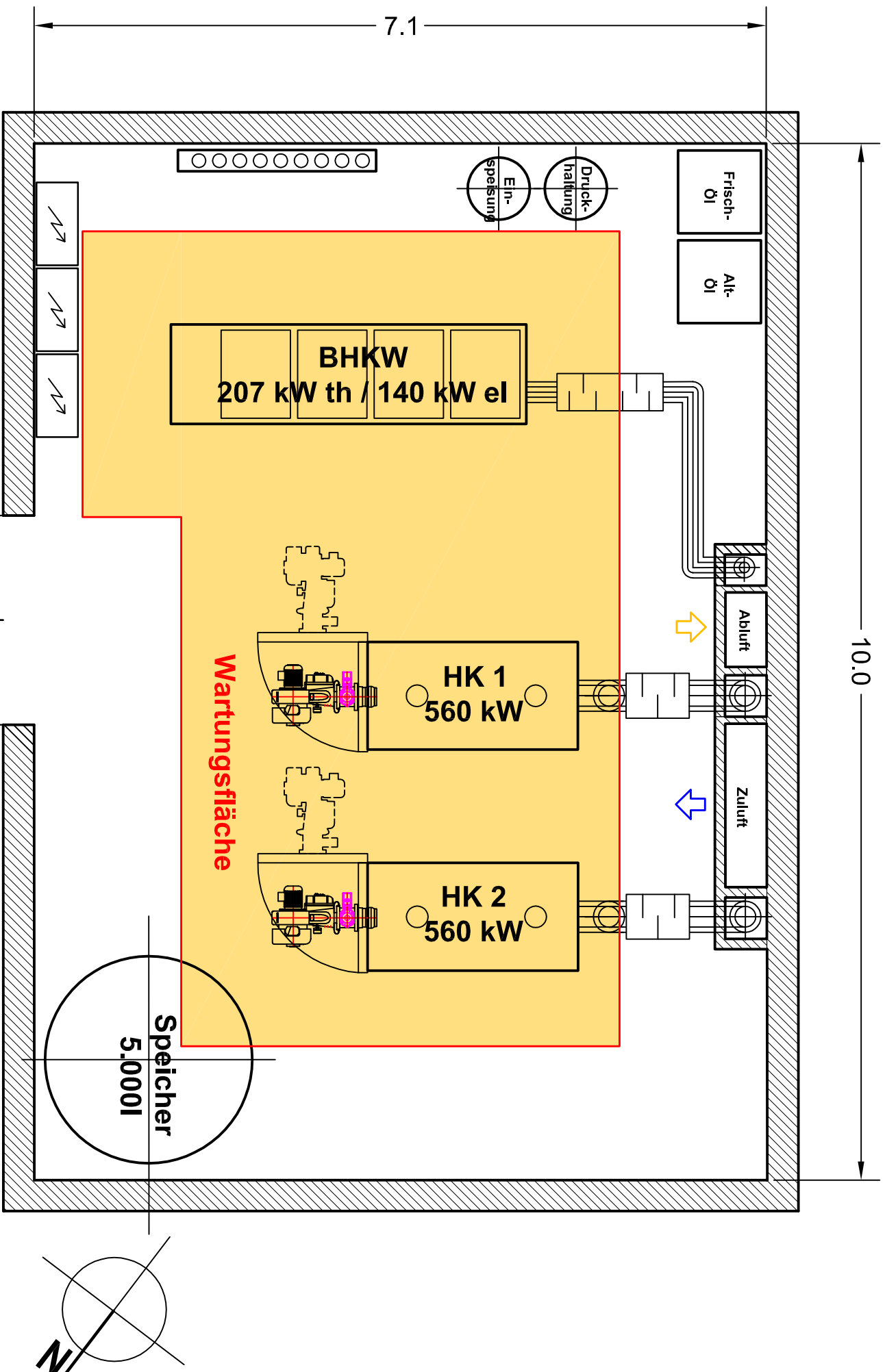
Energiekonzept Bebauungsplan Nr. H95
 "Bahnflächen Mombacher Straße"

aurelis Real Estate GmbH & Co. KG
 Region Mitte
 Mergenthalerallee 15-21
 65760 Eschborn



Planungsphase: Vorplanung
 Maßstab: o.M.
 Datum: 13.09.2013
 Zeichnungsnr.: EK - 003
 Unterschrift Planer: A.Schwarz

Energie- und Umwelttechnik
 Technische Gebäudeausrüstung
 Energetische Systemanalyse
Ing. Gesellschaft
 Bischoff und Maas mbH
 Luisenstraße 51 63067 Offenbach a.M.
 Telefon: 069/82 99 375 0 Telefax: 069/82 99 375 29



aurelis Real Estate GmbH & Co. KG
 Region Mitte
 Mergenthalerallee 15-21
 65760 Eschborn

Aufstellungsplan Heizzentrale - Variante C und D
Energiekonzept Bebauungsplan Nr. H95
"Bahnflächen Mombacher Straße"

Planungsphase:
 Vorplanung

Maßstab:
 1:50

Datum:
 13.09.2013

Zeichnungsnr.:
 AP - 001

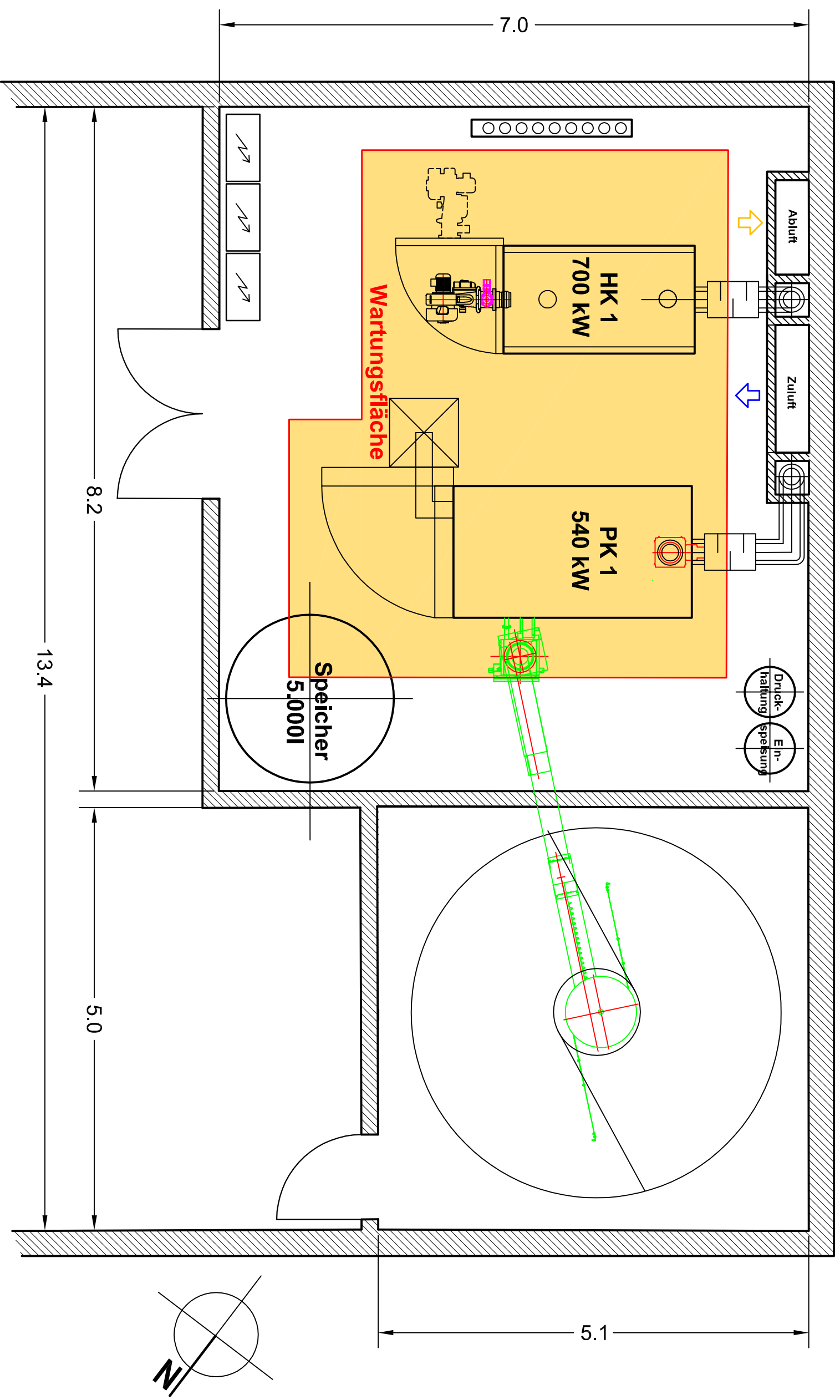
Unterschrift Planer:
 A.Schwarz

Energie- und Umwelttechnik
 Technische Gebäudeausrüstung
 Energetische Systemanalyse



Ing. Gesellschaft
 Bischoff und Maaß mbH

Luisenstraße 51 63067 Offenbach a.M.
 Telefon: 069/82 99 375 0 Telefax: 069/82 99 375 29



aurelis Real Estate GmbH & Co. KG
 Region Mitte
 Mergenthalerallee 15-21
 65760 Eschborn

Aufstellungsplan Heizzentrale - Variante E
 Energiekonzept Bauabzugsplan Nr. H95
 "Bahnflächen Mombacher Straße"

Planungsphase:
 Vorplanung

Maßstab:
 1:50

Datum:
 13.09.2013

Zeichnungsnr.:
 AP - 002

Unterschrift Planer:
 A.Schwarz

Energie- und Umwelttechnik
 Technische Gebäudeausrüstung
 Energetische Systemanalyse



Ing. Gesellschaft
 Bischoff und Maaf mbH
 Luisenstraße 51 63067 Offenbach a.M.
 Telefon: 069/82 99 375 0 Telefax: 069/82 99 375 29

Berechnung Primärenergiefaktor 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	Variante E	Variante F
		Brennwertkessel mit therm. Solaranlage	Fernwärme	BHKW (Erdgas)	BHKW (Biomethan)	Holzpelletkesselanlage	Reversible Wärmepumpe
Anlagenbeschreibung		Wärmeversorgung für jedes Baufeld separat durch Brennwertkessel	Wärmeversorgung für alle Baufelder zentral durch Fernwärme	Wärmeversorgung für alle Baufelder zentral durch BHKW (Erdgas) und Spitzenkessel	Wärmeversorgung für alle Baufelder zentral durch BHKW (Biomethan) und Spitzenkessel	Wärmeversorgung für alle Baufelder zentral durch Holzpelletkesselanlage und Spitzenkessel	Wärmeversorgung für jedes Baufeld separat durch Reversible Wärmepumpe
1. Verbrauchsdaten							
Wärmeverbrauch	MWh/a	2.054	2.416	2.416	2.416	2.416	2.416
Wärmeerzeugung	MWh/a	2.054	2.537	2.537	2.537	2.537	2.416
Netzverluste	MWh/a	0	121	121	121	121	0
	%	0,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	0,0%
2. Erzeugungsdaten BHKW / Holzpelletkesselanlage							
Wärmeleistung	kW			207	207	140-540	
El. Leistung	kW			140	140	-	
Nutzungsgrad thermisch	%			53,9%	53,9%	90,0%	
Nutzungsgrad elektrisch	%			36,5%	36,5%	-	
Nutzungsgrad gesamt	%			90,4%	90,4%	90,0%	
Stromkennziffer				0,68	0,68	0,00	
Vollbenutzungsstunden	h/a			7.150	7.150	4.037	
Wärmeerzeugung	MWh/a			1.480	1.480	2.180	
Stromerzeugung (Netto)	MWh/a			1.001	1.001	-	
Brennstoffverbrauch	MWh/a			2.746	2.746	2.381	
KWK-Deckungsanteil	-			0,58	0,58	0,00	
3. Erzeugungsdaten Heizkessel							
Wärmeerzeugung	MWh/a	2.054		1.057	1.057	357	2.416
Nutzungsgrad	%	98,0%		94,0%	94,0%	94,0%	255,0%
Brennstoffverbrauch	MWh/a	2.096		1.124	1.078	364	947
4. Primärenergiefaktoren Brennstoff (gemäß FW 309 Teil 1, Anhang A)							
PE-Faktor Erdgas	-	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
PE-Faktor Fernwärme	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
PE-Faktor Biomethan	-	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PE-Faktor Holzpellets	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
PE-Faktor verdrängter Strom	-	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
PE-Faktor Strom Bezug	-	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
5. Primärenergiefaktor Erzeugung (gemäß FW 309 Teil 1, Kap. 3.3, Formel 2)							
PE-Faktor Gesamtanlage	-	1,167	0,253	0,568	0,000	0,413	1,065

Zusammenstellung der Versorgungsvarianten:

Energiebedarf / Energieverbrauch					
Varianten		Heizung			Kühlung
		A	B - E	F	A - F
Energiebedarf	kW	1.282	1.508	1.508	1.273
Gleichzeitigkeitsfaktor	-		0,80		
Wärmehöchstlast (WHL)	kW		1.207		
Energieverbrauch Netto	MWh/a	2.054	2.416	2.416	764
Netzverluste (Wärme ca. 5%)	MWh/a		121		
Energieverbrauch Brutto	MWh/a		2.537		

Technische Konzeption		Referenz					
		Variante A	Variante B	Variante C	Variante D	Variante E	Variante F
		Brennwertkessel mit therm. Solaranlage	Fernwärme	BHKW (Erdgas)	BHKW (Biomethan)	Holzpelletkesselanlage	Reversible Wärmepumpe
Anlagenbeschreibung		Wärmeversorgung für jedes Baufeld separat durch Brennwertkessel; Kälteversorgung für jedes Baufeld separat durch KKM	Wärmeversorgung für alle Baufelder zentral durch Fernwärme; Kälteversorgung für jedes Baufeld separat durch KKM	Wärmeversorgung für alle Baufelder zentral durch BHKW (Erdgas) und Spitzenkessel; Kälteversorgung für jedes Baufeld separat durch KKM	Wärmeversorgung für alle Baufelder zentral durch BHKW (Biomethan) und Spitzenkessel; Kälteversorgung für jedes Baufeld separat durch KKM	Wärmeversorgung für alle Baufelder zentral durch Holzpelletkesselanlage und Spitzenkessel; Kälteversorgung für jedes Baufeld separat durch KKM	Wärme- und Kälteversorgung für jedes Baufeld separat durch Reversible Wärmepumpe

Wärme- und Stromerzeugung							
Wärmeerzeuger (Kessel(anlage))		Brennwertkesselanlage	-	NT-Kessel	NT-Kessel	NT-Kessel	-
Brennstoff		Erdgas	-	Erdgas	Erdgas	Erdgas	-
Anzahl	Stk.	7	-	2	2	1	-
Therm. Leistung	kW	40, 80, 80, 130, 170, 395, 450	-	je 560	je 560	700	-
Therm. Leistung gesamt	kW	1.282	-	1.120	1.120	700	-
Wärmeerzeugung	MWh/a	2.054	-	1.057	1.057	357	-

Fernwärme / BHKW / Holzpelletkesselanlage / Reversible Wärmepumpe		-	Fernwärme (von GuD-Kraftwerk)	BHKW	BHKW	Holzpelletkesselanlage	Reversible Wärmepumpe
Brennstoff		-	Erdgas	Erdgas	Biomethan	Holzpellets	Strom
Anzahl		-	1	1	1	1	7
Therm. Leistung	kW	-	1.207	207	207	140-540	88, 175, 200, 213, 338, 435, 663
Therm. Leistung gesamt	kW	-	1.207	207	207	140-540	1.508
El. Leistung	kW	-	-	140	140	-	-
El. Leistung gesamt	kW	-	-	140	140	-	-
Energieeinsatz bei TA - Luft	kW	-	-	384	384	156-600	-
Energieeinsatz bei TA - Luft gesamt	kW	-	-	384	384	156-600	-
Volllaststunden a. d. Jahresdauerlinie	h/a	-	-	7.150	7.150	4.037	-
Wärmeerzeugung	MWh/a	-	2.537	1.480	1.480	2.180	2.416
Anteil am gesamten Wärmeverbrauch	%	-	100	58	58	86	100
Stromerzeugung	MWh/a	-	-	1.001	1.001	-	-

Photovoltaikanlage							
Stromerzeugung	MWh/a	23	23	23	23	23	-

Installierte therm. Leistung		1.282	1.207	1.327	1.327	1.240	1.508
Redundanz bei Ausfall der größten Einheit	%	0	0	64	64	45	0

Nahwärmenetz (Dämmserie 3)							
Durchmesser	DN	-	DN 32 - DN 100	DN 32 - DN 100	DN 32 - DN 100	DN 32 - DN 100	-
Länge	tr. m	-	490	433	433	433	-

Kälteerzeugung							
Kältemaschine		Kompressionskältemaschine	Kompressionskältemaschine	Kompressionskältemaschine	Kompressionskältemaschine	Kompressionskältemaschine	Reversible Wärmepumpe
Anzahl	Stk.	5	5	5	5	5	7
Kälteleistung	kW	75, 150, 180, 300, 600	75, 150, 180, 300, 600	75, 150, 180, 300, 600	75, 150, 180, 300, 600	75, 150, 180, 300, 600	79, 157, 180, 190, 302, 390, 593
Kälteleistung gesamt	kW	1.273	1.273	1.273	1.273	1.273	1.273
JAZ		5	5	5	5	5	2,6
Kälteerzeugung	MWh/a	764	764	764	764	764	764
in Prozent	%	100	100	100	100	100	100

Zusammenstellung der Versorgungsvarianten:

Investitionskostenschätzung		Referenz					
		Variante A	Variante B	Variante C	Variante D	Variante E	Variante F
		Brennwertkessel mit therm. Solaranlage	Fernwärme	BHKW (Erdgas)	BHKW (Biomethan)	Holzpelletkesselanlage	Reversible Wärmepumpe
Investitionskosten Netto	€	6.073.000	2.593.000	2.251.000	2.251.000	2.057.000	1.589.000
Mehrwertsteuer 19%	€	1.154.000	493.000	428.000	428.000	391.000	302.000
Investitionskosten Brutto	€	7.227.000	3.086.000	2.679.000	2.679.000	2.448.000	1.891.000
Energie(rest)kosten Netto							
Kapitalgebundene Kosten	€/a	580.144	249.844	258.427	258.427	239.725	153.126
Verbrauchsgebundene Kosten	€/a	172.372	196.366	268.654	363.144	217.831	305.800
Betriebsgebundene Kosten	€/a	142.938	36.437	71.118	71.118	52.148	43.873
CO2-Emissionskosten	€/a	0	0	0	0	0	0
Stromvergütung	€/a	-594	-594	-122.561	-223.216	-594	0
Energie(rest)kosten	€/a	894.860	482.053	475.638	469.473	509.110	502.799
Energieverbrauch Netto	MWh/a	2.818	3.180	3.180	3.180	3.180	3.180
Spez. Energie(rest)kosten	€/MWh	317,55	151,59	149,57	147,63	160,10	158,11
in % zu Variante A	%	100	48	47	46	50	50
Sensitivitätsanalysen							
Brennstoffkosten							
Ausgangswert	€/MWh	317,55	151,59	149,57	147,63	160,10	158,11
+50%	€/MWh	348,08	182,42	182,18	187,18	194,30	182,15
+100%	€/MWh	378,67	213,25	214,78	226,73	228,50	206,19
CO2-Emissionskosten							
Ausgangswert	€/MWh	377,06	169,87	197,12	188,00	209,14	226,32
+50%	€/MWh	406,82	169,87	219,48	208,19	233,66	260,43
+100%	€/MWh	436,58	188,15	242,79	228,38	258,18	294,54
Ökologie							
Primärenergieverbrauch							
Verbrauch	MWh/a	12.661	5.704	11.840	9.558	11.281	15.473
in % zu Variante A	%	100	45	94	75	89	122
Verbrauch ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	MWh/a	2.356	0	4.295	4.295	732	0
in % zu Variante A	%	100	0	182	182	31	0
Schadstoffemissionen							
SO2	kg/a	2.138	121	1.579	1.780	2.517	3.161
NOx	kg/a	2.527	1.856	2.802	3.500	3.068	3.240
Staub	kg/a	142	51	128	128	442	190
SO2 ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	kg/a	34	0	38	38	362	0
NOx ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	kg/a	369	0	1.222	1.222	859	0
Staub ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	kg/a	16	0	35	35	313	0
Treibhausgasemissionen							
CO2	t/a	3.354	1.163	2.964	2.568	3.119	4.338
CO2-Äquivalent	t/a	3.742	1.262	3.287	2.917	3.492	4.839
in % zu Variante A	%	100	34	88	78	93	129
CO2 ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	t/a	465	0	849	849	161	0
CO2-Äquivalent ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	t/a	519	0	927	927	193	0
in % zu Variante A ohne vorgelagerte Prozesse am Standort	%	100	0	179	179	37	0
Primärenergiefaktor nach AGFW-Arbeitsblatt FW 309							
PE-Faktor	-	1,167	0,253	0,568	0,000	0,413	1,065