



Wärmeversorgungskonzept

für die Gebäude der

Braubachstraße 10 + 12

Domstraße 9 + 11

Kruggasse 10

im Auftrag der



Stadt Frankfurt am Main

Hochbauamt

Gerbermühlstraße 48

60594 Frankfurt am Main

Projekt – Nr.: FFM – 006 / 2008
Projekt – Bez.: WK Braubachstraße 12
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Rolf Maaß

Offenbach, den 31.10.2008

Kapitel

Inhaltsverzeichnis



Inhaltsverzeichnis

Kapitel	Seite
1 Aufgabenstellung	3
2 Grundlagen	5
3 Gebäudedaten	6
4 Wärmeverbrauch und Wärmebedarf	7
4.1 Wärmeverbrauch der Gebäude	7
4.2 Wärmebedarf der Gebäude	8
5 Technische Konzeptionen der Wärmeversorgung	9
5.1 Variante A: Erdgas-BHKW	10
5.2 Variante B: Holzpellet-Heizkessel	11
5.3 Variante C: Erdgas-Heizkessel	12
5.4 Variante D: Nahwärmeversorgung aus MMK	13
5.5 Variante E: Fernwärmeversorgung (Referenzvariante)	14
6 Investitionskostenschätzung	15
7 Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung	16
7.1 Wärme(rest)kosten	17
7.2 Sensitivitätsanalyse	18
8 Primärenergieeinsparung und Emissionsbilanz	19
8.1 Primärenergieeinsparung	19
8.2 Treibhausgase	20
8.3 Sonstige Luftschadstoffe	20
9 Zusammenfassung und Resümee	21
10 Anlagen	22



Aufgabenstellung

1

Das Hochbauamt der Stadt Frankfurt am Main beabsichtigt, die Wärmeversorgung des Gebäudekomplexes Braubachstraße 10 + 12, Domstraße 9 + 11 und Kruggasse 10 neu aufzubauen. Derzeit kann keine korrekte Wärmeabrechnung der einzelnen Verbraucher erfolgen. Die Hydraulik des gesamten Systems ist kompliziert und technisch unbefriedigend.

Die Wärmeversorgung des gesamten Gebäudekomplexes erfolgt zur Zeit über eine keller- bzw. erdverlegte Dampfleitung aus der Wärmeübergabestation Nr. 121 im Kellergeschoss der Braubachstraße 14-16. Laut Aussage des Liegenschaftsamtes werden diese Gebäude jedoch verkauft bzw. im Erbrecht vergeben.

Aufgrund des Wegfalls der Braubachstr.14-16 kann dieser Standort der Heizzentrale zur Versorgung der obengenannten Gebäude nicht weiter genutzt werden. Daher soll ein Wärmeversorgungskonzept erstellt werden, das die Möglichkeit und die Wirtschaftlichkeit der zukünftigen Wärmeversorgung ab der Braubachstraße 12 untersucht.

Für den nach Trennung des Gebäudekomplexes vorliegenden Wärmeverbrauch soll die Wärmeversorgungsanlage neu ausgelegt und optimiert werden. Als alternative Energieversorgungskonzeptionen zur Fernwärme sind zu betrachten:

Variante A: Wärme- und Stromversorgung mit einem motorbetriebenen BHKW (Option: Brennstoffzelle), Brennstoff : Erdgas H, Spitzenkessel (Brennstoff Erdgas H).

Variante B: Wärmeversorgung mit einer automatischen Holzpellet-Feuerungsanlage
Brennstoff : Holzpellets nach DIN 51731,
Spitzenkessel (Brennstoff Erdgas H).

Variante C: Wärmeversorgung mit NT-Kesselanlage, Brennstoff : Erdgas H

Variante D: Nahwärmeversorgung aus dem Museum für Moderne Kunst (MMK)

Variante E: Referenzvariante: Fernwärmeversorgung wie bisher

Zur Auslegung der Wärmeversorgungsanlage gehören auch die notwendigen Subsysteme wie Druckhaltung, Wasseraufbereitung, Pumpen und Armaturen, Gebäuderaumanteile, E- und MSR-Technik etc., die technisch und kostenmäßig zu erfassen sind.

Zu beachten ist, dass ein Großteil der Wärmeverbraucher in der Braubachstraße 12, Domstraße 9-11 und Kruggasse 10 noch direkt dampfbeheizt ist. Bei Einsatz der Varianten A bis D wären diese Verbraucher zunächst zwingend auf Warmwasserheizungen umzurüsten.

Kapitel

Aufgabenstellung

1



Aufgabenstellung

1

Die Aufgabe besteht in der Erstellung eines Wärmeversorgungskonzeptes, um die technisch und wirtschaftlich günstigste Versorgungsvariante herauszufinden. Die ökologischen Auswirkungen der Wärmeversorgungsvarianten sind im Vergleich mit dem Ist-Zustand darzustellen. Hier ist insbesondere die Emission des Treibhausgases CO₂ zu bewerten. Die Erstellung des Wärmeversorgungskonzeptes erfolgt im Auftrag der Stadt Frankfurt am Main – Hochbauamt, Objektbereich Gebäudetechnik.

Auftraggeber ist die Stadt Frankfurt am Main
Hochbauamt – Gebäudetechnik
Gerbermühlstraße 48
60594 Frankfurt am Main

Ansprechpartner : Herr Bruns
Tel.: 069 / 212 – 3 31 42
Fax: 069 / 212 – 3 78 51

Kapitel

Grundlagen

2



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

Grundlagen

2

Das vorliegende Energiekonzept wurde auf Basis folgender Grundlagen erstellt:

- Unser Angebot vom 19.09.2008
- Verbrauchsdaten für Fernwärme, aufgeschlüsselt nach Verbrauchsstellen, Zeitraum 2002 bis 2007
- Vor-Ort-Datenerhebung mit Erfassung der Anlagen vom 19.05.2008
- Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG) vom 25. Oktober 2008 (BGBl. 2008 I S. 2074)
- Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (EEWärmeG) vom 7. August 2008 (BGBl. 2008 Teil I S. 1658)
- Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG 2002) vom 19. März 2002 (BGBl. I S. 1092), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 07. November 2006 (BGBl. I S. 2550)
- Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 18. Dezember 2006 (BGBl. I S. 3180)
- Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. März 1997 (BGBl. I S. 490), zuletzt geändert durch Artikel 4 der Verordnung vom 14. August 2003 (BGBl. I S. 1614)
- Energieeinsparverordnung (EnEV 2007/2008) in der Fassung der Bekanntmachung vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519)
- Hessische Bauordnung (HBO) vom 18. Juni 2002 (GVBl. I S. 274)
- Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme vom 20. Juni 1980 (BGBl. I S. 742), zuletzt geändert durch Artikel 20 des Gesetzes vom 9. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3214) (AVBFernwärmeV)
- Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 30. Juli 2002 (BGBl. I vom 27. Juli 2002)
- VDI-Richtlinie 2067, Blatt 1: Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen – Betriebstechnische und wirtschaftliche Grundlagen, September 2001
- Mainova AG:
 - Tarifblätter der Mainova für Dampf, Erdgas und Strom Stand 01.10.2008
- Daten vom Umweltbundesamt (UBA) über die Entwicklung von Feinstäuben von Holzfeuerungsanlagen, März 2006



Gebäudedaten

3.1

Im Folgenden sind Grunddaten des Gebäudes und der Nutzung zusammengestellt:

Energiebezugsfläche: ca. 6.363 m², KG + 4 Geschosse (teilw. 5)

Jährlicher Wärmeverbrauch: ca. 750.000 kWh / a

pro m² und Jahr ca. 120 kWh / (m² x a)

Die Wärmeversorgung erfolgt zur Zeit mit Fernwärme, Heizmedium Dampf, aus der Übergabestation 121 in der Braubachstraße 14-16, diese wiederum aus dem Innenstadtnetz der Mainova AG. Der Zustand der Wärmeverteilung mit Wärmetauscherstationen und sonstigen Komponenten in der Braubachstraße 12 wurde bei mehreren Begehungen aufgenommen. Dabei wurden technische Daten sowie der allgemeine Zustand der Anlagen erfasst.

Die Leitungseinführung besteht im Kellergeschoß der Braubachstraße 12 in den Kellerraum 02 (ASB-Keller). Aus diesem Raum verläuft die Dampfleitung zu einer Verteilstation in der Domstraße. Hier sind die Abgänge zu den direkt dampfbeheizten Verbrauchern sowie den Wärmetauschern für die warmwasserbeheizten Flächen angeordnet.

In einem Kellerraum der Kruggasse 9 befindet sich eine Dampf-/Wasser-Übergabestation mit Wärmetauschern und Warmwasserbereiter zur Versorgung des Restaurants Fisch-Franke sowie der auf Warmwasserheizung umgerüsteten Verbraucher in der Braubachstraße 10.

Für den Verbraucher Fisch-Franke wurde im September 2005 aufgrund des hohen Wärmeverbrauchs eine Energieberatung durchgeführt mit dem Ergebnis, dass eine Reduzierung des Wärmeverbrauchs um ca. 35% durch Austausch der RLT-Anlagen gegen solche mit Wärmerückgewinnung möglich ist.

Der allgemeine Zustand der Dampfverteilung muß als veraltet und unübersichtlich, daher nicht einwandfrei meßbar bezeichnet werden. Daher sind alle Komponenten der Dampfverteilung und auch die bestehenden Wärmetauscherstationen dringend sanierungsbedürftig.

Kapitel

Wärmeverbrauch und Wärmebedarf

4



- Wärmeverbrauch der Gebäude 4.1
- Wärmebedarf der Gebäude 4.2

Wärmeverbrauch und Wärmebedarf

4

und

Der Wärmeverbrauch des gesamten Gebäudekomplexes konnte anhand der Abrechnungen aus den übergebenen Fernwärme-Verbrauchswerte zuverlässig ermittelt werden. Eine Plausibilitätskontrolle ist über den Vergleich mit spezifischen Werten von Wohn- und Gewerbegebäuden ähnlichen Baujahres in Höhe von ca. 90 – 120 kWh/(m²*a) möglich. Der Wert des Gebäudekomplexes liegt mit 120 kWh/(m²*a) an der oberen Grenze. Mit den zur Verfügung gestellten Verbrauchsdaten kann also für die weiteren Berechnungsgänge ohne weitere Korrekturen gearbeitet werden.

Unter Ansatz üblicher Vollbenutzungsstunden sowie eines Gleichzeitigkeitsfaktors konnte aus dem Wärmeverbrauch der Wärmebedarf und die Wärmehöchstlast ermittelt werden.

Wärmeverbrauch der Gebäude

4.1

Der Wärmeverbrauch stellt sich wie folgt dar:

Nutzer		Verbrauchswert Heizung 2002			
		[MWh]	A [m ²]	b _{vh} [h]	[kW]
0201	Domstraße 9 + 11	70,9	912,10 m ²	1.500	47,3
0204	Fisch Franke	594,3	391,63 m ²	1.500	396,2
0202	Braubachstr. 10 + 12	64,4	2.489,93 m ²	1.500	42,9
0206	Braubachstr. 10 + 12	20,7		1.500	13,8
0203	Laden Döbritz	16,4	237,86 m ²	1.200	13,7
0205	Kruggasse 10	4,7	125,50 m ²	1.500	3,1
Σ		771,4	6.362,56 m²		517,0
Nutzer		Verbrauchswert Heizung 2003			
		[MWh]	A [m ²]	b _{vh} [h]	[kW]
0201	Domstraße 9 + 11	75,9	912,10 m ²	1.500	50,6
0204	Fisch Franke	538,7	391,63 m ²	1.500	359,1
0202	Braubachstr. 10 + 12	60,2	2.489,93 m ²	1.500	40,1
0206	Braubachstr. 10 + 12	14,9		1.500	9,9
0203	Laden Döbritz	11,6	237,86 m ²	1.200	9,7
0205	Kruggasse 10	3,4	125,50 m ²	1.500	2,3
Σ		704,7	6.362,56 m²		471,7

Kapitel

Wärmebedarf und Wärmeverbrauch

4



Wärmeverbrauch der Gebäude	4.1
• Wärmebedarf der Gebäude	4.2

Wärmeverbrauch der Gebäude

4.1

Nutzer		Verbrauchswert Heizung 2004			
		[MWh]	A [m ²]	b _{vh} [h]	[kW]
0201	Domstraße 9 + 11	80,6	912,10 m ²	1.500	53,7
0204	Fisch Franke	590,2	391,63 m ²	1.500	393,5
0202	Braubachstr. 10 + 12	66,2	2.489,93 m ²	1.500	44,1
0206	Braubachstr. 10 + 12	22,5		1.500	15,0
0203	Laden Döbritz	14,8	237,86 m ²	1.200	12,3
0205	Kruggasse 10	2,4	125,50 m ²	1.500	1,6
Σ		776,7	6.362,56 m ²		520,3
Durchschnitt 2002-2004		750,9		1.450	503

Der Wärmeverbrauch beträgt somit nach den Abrechnungen durchschnittlich ca. 750 MWh/a. Die Abrechnungen sind jedoch nur eingeschränkt aussagefähig, da eine einwandfreie Zuordnung der Zähler, insbesondere der Kondensatzähler nicht möglich ist. Im Jahr 2005 wurden teilweise neue Zähler installiert, die Qualität der Abrechnungen hat sich jedoch seitdem nicht verbessert.

Des weiteren wurde in einer Energieberatung für den Verbraucher Fisch-Franke ein hohes Einsparpotential festgestellt. Bei Erneuerung der Lüftungsanlagen und der Warmwasserbereitung würde sich der Wärmeverbrauch dort um ca. 35% verringern. Zusammen mit Reduzierung der Wärmeverluste und Optimierung der Betriebsführung ergibt sich ein Einsparpotential von bis zu ca. 200 MWh/a.

Wärmebedarf der Gebäude

4.2

Nach Auswertung des Wärmeverbrauchs können Wärmebedarf und Wärmehöchstlast des gesamten Gebäudekomplexes für den jetzigen Zustand sowie nach den beschriebenen Sanierungsmaßnahmen wie folgt abgeschätzt werden:

		IST-Zustand	Nach Sanierung
Wärmebedarf aus Wärmeverbrauch	kW	503	369
Gleichzeitigkeitsfaktor	%	85 %	85 %
Wärmehöchstlast (WHL)	kW	430	314

Da die Erneuerung der Wärmeerzeugung aufgrund des Wegfalls der Braubachstraße 14-16 kurzfristig umgesetzt werden muss, ist diese zunächst nach dem IST-Wert der WHL auszulegen.

Kapitel

Technische Konzeptionen der Wärmeversorgung

5



Variante A: Erdgas-BHKW	5.1
Variante B: Holzpellet-Heizkessel	5.2
Variante C: Erdgas-Heizkessel	5.3
Variante D: Nahwärme aus MMK	5.4
Variante E: Fernwärme	5.6

Technische Konzeptionen der Wärmeversorgung

5

Die Technischen Konzeptionen der Wärmeversorgung für die einzelnen Versorgungsvarianten sind ausgelegt nach den im Kapitel 4 genannten Wärmebedarfs- bzw. Wärmeverbrauchsdaten. Berücksichtigt wird eine konventionelle Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK) mit dem Brennstoff Erdgas (Variante A). Des Weiteren werden Heizungssysteme mit reiner Wärmeerzeugung auf Basis des regenerativen Brennstoffs Holzpellets (Variante B) sowie zum Vergleich mit dem Brennstoff Erdgas (Variante C) betrachtet. Eine weitere Möglichkeit ist die Nahwärmeversorgung aus dem Museum für Moderne Kunst, das selbst fernwärmeversorgt ist (Variante D). In der Referenzvariante erfolgt die Wärmeversorgung mit Fernwärme, Heizmedium Dampf, mit einer eigenen Dampf-Wasser-Übergabestation (Variante E).

Die hydraulische Schaltung wird an die Erfordernisse der Wärmeversorgung nach den Umbaumaßnahmen des Gebäudes angepasst. Die Meß-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR-Technik) sowie die Regelkonzeption ist nach den Kriterien Nutzungserfordernisse, Energieeinsparung und Regelstabilität auszulegen.

In den folgenden Abschnitten sind alle Varianten der Wärmeversorgung mit ihren Technischen Konzeptionen im Einzelnen erläutert und mit ihren Aufstellungsplänen in den Zeichnungen WK-01 bis WK-05 dargestellt. Die Leistungswerte der Erzeugungsanlagen und ihrer Komponenten sind für alle Varianten in der Tabelle „Zusammenstellung der Versorgungsvarianten“ in Anlage 5 vollständig aufgeführt.

Kapitel

Technische Konzeptionen der Wärmeversorgung

5



• Variante A: Erdgas-BHKW	5.1
Variante B: Holzpellet-Heizkessel	5.2
Variante C: Erdgas-Heizkessel	5.3
Variante D: Nahwärme aus MMK	5.4
Variante E: Fernwärme	5.5

Variante A: Blockheizkraftwerk (Erdgas-BHKW)

5.1

Aufbau: Zentrale Wärmeversorgung mit einem motorbetriebenen BHKW,
Brennstoff : Erdgas H
Standort: KG, Raum 04
Spitzenkessel, Brennstoff : Erdgas H,
Standort: KG, Raum 02
Rückspeisung des erzeugten Stroms nach KWK-Gesetz in das Versorgungsnetz der Mainova AG.

Komponenten: Motormodul mit Generator und Schallschutzhaube,
Leistung 58 kW(th), 33 kW(el),
Pufferspeicher im Gebäude, Volumen 2.500 ltr., 100mm Isolierung,
Niedertemperaturkessel incl. modulierendem Brenner,
Leistung 380 kW,
Herstellen eines Erdgasanschlusses,
Kaminanlage im Gebäude zweizügig, H = ca. 20 m,
pumpengesteuerte Druckhalteanlage mit automatischer Nachspeisung und Enthärtung,
Rohrleitungen, Armaturen und Umwälzpumpen bis zum Verteiler,
Isolierung aus Mineralwolle und Blechummantelung,
Be- und Entlüftung, RWA – Anlage,
Elektro- und MSR-Technik,
bauliche Maßnahmen wie Fundamente, Wanddurchbrüche, verputzen, streichen.

Darstellung: Aufstellungsplan WK-01

Kapitel

Technische Konzeptionen der Wärmeversorgung

5



Variante A: Erdgas-BHKW	5.1
• Variante B: Holzpellet-Heizkessel	5.2
Variante C: Erdgas-Heizkessel	5.3
Variante D: Nahwärme aus MMK	5.4
Variante E: Fernwärme	5.5

Variante B: Holzpellet-Heizkessel

5.2

Aufbau: Zentrale Wärmeversorgung mittels einer automatischen Holzpellet-Feuerungsanlage,
 Brennstoff : Holzpellets nach DIN 51731,
 Standort: KG, Raum 04
 Spitzenkessel, Brennstoff : Erdgas H,
 Standort: KG, Raum 02

Komponenten: Automatische Holzpellet-Feuerungsanlage mit Niedertemperaturkessel incl. modulierendem Brenner Erdgas H als Spitzenkessel
 Wärmeleistung Pelletkessel: 150 kW
 Wärmeleistung Spitzenkessel: 270 kW

incl. Brennstoff-Fördertechnik, Brennstoffsilo mit Einblasstutzen,
 Ascheaustrag, Rauchgasreinigung mit Metallgewebefilter und Feinstaubfilter,
 interne Verrohrung, Hydraulik, Steuerung, etc.,
 Pelletsilo für ca. 4 Wochen Volllast,
 Herstellen eines Erdgasanschlusses,
 Kaminanlage im Gebäude zweizügig, H = ca. 20 m,
 Rohrleitungen, Armaturen und Umwälzpumpen bis zum Verteiler,
 Isolierung aus Mineralwolle und Blechummantelung,
 pumpengesteuerte Druckhalteanlage mit automatischer Nachspeisung und Enthärtung,
 Be- und Entlüftung, RWA – Anlage,
 Elektro- und MSR-Technik,
 bauliche Maßnahmen wie Fundamente, Wanddurchbrüche, verputzen, streichen.

Darstellung: Aufstellungsplan WK-02

Kapitel

Technische Konzeptionen der Wärmeversorgung

5



Variante A: Erdgas-BHKW	5.1
Variante B: Holzpellet-Heizkessel	5.2
• Variante C: Erdgas-Heizkessel	5.3
Variante D: Nahwärme aus MMK	5.4
Variante E: Fernwärme	5.5

Variante C: Erdgas-Heizkessel

5.3

Aufbau: Zentrale Wärmeversorgung mit einem Erdgas-Heizkessel,
Niedertemperaturkessel, Brennstoff : Erdgas H
Spitzenkessel, Brennstoff : Erdgas H,
Standort: KG, Raum 02

Komponenten: Niedertemperaturkessel incl. modulierendem Brenner,
Wärmeleistung: 440 kW

Herstellen eines Erdgasanschlusses,
Kaminanlage im Gebäude einzügig, H = ca. 20 m,
Rohrleitungen, Armaturen und Umwälzpumpen bis zum Verteiler,
Isolierung aus Mineralwolle und Blechummantelung,
pumpengesteuerte Druckhalteanlage mit automatischer Nachspeisung
und Enthärtung,
Be- und Entlüftung, RWA – Anlage,
Elektro- und MSR-Technik,
bauliche Maßnahmen wie Fundamente, Wanddurchbrüche, verputzen, streichen.

Darstellung: Aufstellungsplan WK-03

Kapitel

Technische Konzeptionen der Wärmeversorgung

5



Variante A: Erdgas-BHKW	5.1
Variante B: Holzpellet-Heizkessel	5.2
Variante C: Erdgas-Heizkessel	5.3
• Variante D: Nahwärme aus MMK	5.4
Variante E: Fernwärme	5.5

Variante D: Nahwärmeversorgung aus MMK

5.4

Aufbau: Austausch und Vergrößerung der Dampf-Wasser-Übergabestation im Museum für Moderne Kunst (MMK), Verlegung einer Heizwasser-Nahwärmeleitung zur Braubachstraße 12 als Keller- und erdverlegte Leitung und Installation einer indirekten Übergabestation in der Braubachstraße 12

Komponenten: Dampf-/Wasser-Übergabestation mit Wärmetauschern im MMK,
 Wärmeleistung: 650 kW

Wasser-/Wasser-Übergabestation mit Wärmetauscher in der Braubachstraße 12
 Wärmeleistung: 440 kW

Nahwärme-Verbindungsleitung DN 80
 im MMK von der Dampf-Wasser-Übergabestation bis zum Gebäudeaustritt in der Domstraße als Kellerleitung
 mit Isolierung aus Mineralwolle und Blechummantelung
 ab MMK als erdverlegte Leitung KMR Dämmserie 3
 mit Querung der Domstraße und Verlauf zur Braubachstraße bis Kruggasse
 und Gebäudeeintritt in die Braubachstraße 12 von der Kruggasse aus

Rohrleitungen, Armaturen und Umwälzpumpen bis zum Verteiler,
 Membran-Ausdehnungsgefäß mit automatischer Nachspeisung
 und Enthärtung,
 Elektro- und MSR-Technik,
 bauliche Maßnahmen wie Wanddurchführungen, verputzen, streichen.

Darstellung: Aufstellungsplan WK-04

Kapitel

Technische Konzeptionen der Wärmeversorgung

5



Variante A: Erdgas-BHKW	5.1
Variante B: Holzpellet-Heizkessel	5.2
Variante C: Erdgas-Heizkessel	5.3
Variante D: Nahwärme aus MMK	5.4
• Variante E: Fernwärme	5.5

Variante E: Fernwärmeversorgung (Referenzvariante)

5.5

Aufbau: Herstellung eines Fernwärme-Anschlusses, Heizmedium Dampf, zur Braubachstraße 12 und Installation einer Dampf-Wasser-Übergabestation

Komponenten: Dampf-/Wasser-Übergabestation mit Wärmetauschern in der Braubachstraße 12
Wärmeleistung: 440 kW

Rohrleitungen, Armaturen und Umwälzpumpen bis zum Verteiler,
Membran-Ausdehnungsgefäß mit automatischer Nachspeisung
und Enthärtung,
Elektro- und MSR-Technik,
bauliche Maßnahmen wie Wanddurchführungen, verputzen, streichen.

Darstellung: Aufstellungsplan WK-05



Investitionskostenschätzung

6

Die überschlägigen Investitionskosten aller Varianten wurden für alle Hauptkomponenten wie z.B. Motor-Modul des BHKW, Heizkessel für alle Brennstoffe, Fernwärmeanschluss, Wasseraufbereitung, Druckhaltung und Wärmespeicher durch Einholung aktueller Richtpreise sowie auf Basis vorliegender Angebote geschätzt. Die Investitionskosten der übrigen Komponenten und Systeme wurden aus Herstellerpreislisten sowie von aktuellen vergleichbaren Projekten übernommen. Die Investitionskosten der Außenarbeiten beinhalten auch Tiefbau und Oberflächenwiederherstellung wie vorgefunden.

Der Summe der Einzelpositionen wurde noch ein ca. 5%-iger pauschaler Zuschlag für „Unvorhergesehenes“, ein Ansatz für gesamte Planungskosten in Höhe von 20% sowie ein Posten Sondergutachten für Statik, Schallschutz etc. hinzuaddiert.

In der Anlage 4 zur statischen Wirtschaftlichkeitsrechnung sind alle Investitionstitel pro Variante bei der Ermittlung der kapitalgebundenen Kosten aufgeführt.

Im Folgenden sind die Investitionskosten für alle Varianten aufgelistet:

	Investitionssumme € (Netto)	MwSt. 19%	Investitionssumme € (Brutto)
Variante A: Erdgas-BHKW	253.000	48.070	301.070
Variante B: Holzpellet-Heizkessel	190.000	36.100	226.100
Variante C: Erdgas-Heizkessel	121.000	22.990	143.990
Variante D: Nahwärme aus MMK	140.000	26.600	166.600
Variante E: Fernwärme	449.000	85.310	534.310

Die Investitionskosten der Variante C sind die mit Abstand niedrigsten, gefolgt von denen der Variante D und Variante B. Für Variante A sind die Investitionskosten etwa doppelt so hoch wie die der Variante C. Die Investitionskosten der Variante E fallen mit etwa dem 3,5fachen weit aus dem Rahmen.

Kapitel

Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung

7



Wärme(rest)kosten
Sensitivitätsanalyse

7.1
7.2

Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung

7

Die Wirtschaftlichkeit der Varianten der Wärmeversorgung wurde durch eine statische Wirtschaftlichkeitsrechnung (Kostenvergleichsrechnung) in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 für alle technischen Varianten untersucht. Hiernach teilen sich die Kosten der Wärmeerzeugung auf in kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundene Kosten und ergeben die Wärmekosten. In der Variante A mit Stromerzeugung ist hiervon eine Gutschrift nach KWKG-Gesetz abzuziehen. Die resultierenden Kosten sind die Wärmerestkosten (Netto, ohne MwSt.).

Wesentliche Parameter waren für alle Rechengänge die folgend aufgeführten Grundlagen

- kalkulatorischer Zinssatz 3,85 % / a (aktueller KfW-Zins für Kommunalkredite, Laufzeit 20 Jahre, Zinsbindung 10 Jahre)
- Nutzungsdauer für alle Varianten mit 15 Jahren für alle Titel, um eine Vergleichbarkeit aus Sicht des Wärmekunden herzustellen
- Erdgaspreise nach Angebot bzw. Tarifblätter der Mainova, Holzpellets nach aktuellen Preisen verschiedener Lieferanten
- Strombezugspreis nach Tarifblätter der Mainova AG
- Einspeisevergütung für BHKW (Erdgas H) nach KWKG-Gesetz: 98,77 € / MWh für Startjahr 2009 (Stand Oktober 2008)
- CO₂-Emissionskosten der Stadt Frankfurt am Main in Höhe von 50,- €/t CO₂, die Menge des emittierten CO₂ wird mit dem Programm GEMIS 4.42 (Stand 04/2008) ermittelt.

Die kapitalgebundenen Kosten wurden nach der Annuitätenmethode mit einem zins- und nutzungsdauerabhängigen Annuitätsfaktor durchgeführt.

Die verbrauchsgebundenen Kosten umfassen in erster Linie Brennstoffkosten. Weiterhin sind alle verbrauchsabhängigen Kosten für Hilfsenergie und Hilfsstoffe berücksichtigt.

Zu den betriebsgebundenen Kosten gehören Wartung und Instandhaltung, Steuern und Versicherungen, Personalkosten und sonstige Kosten wie Schornsteinfeger und Verbrauchsabrechnungen.

Kapitel

Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung

7



- Wärme(rest)kosten
Sensitivitätsanalyse

7.1
7.2

Wärme(rest)kosten

7.1

Bei der Variante A mit Stromerzeugung wurde die Stromgutschrift für Rückspeisung in das Netz des örtlichen Versorgers Mainova AG mit den gesetzlich festgelegten Sätzen für KWK-Stromerzeugung eingesetzt. Eine Eigennutzung findet nicht statt, da es sich im wesentlichen um vermietete Wohnungen und Gewerberäume handelt.

In der Anlage 3 ist detailliert die Ermittlung der kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten tabellarisch aufgeführt. Daraus konnten die spezifischen Wärmerestkosten (Variante A) bzw. die spezifischen Wärmekosten (Varianten B, C, D und E) ermittelt werden. Es ergibt sich folgendes Bild:

IST-Zustand	Wärmerestkosten Netto [€ / Jahr]	Wärmerestkosten spez., Netto [€ / MWh]	in Prozent
Variante A: Erdgas-BHKW	99.442	132,59	79%
Variante B: Holzpellet-Heizkessel	77.221	102,96	61%
Variante C: Erdgas-Heizkessel	83.491	111,32	66%
Variante D: Nahwärme aus MMK	100.818	134,42	80%
Variante D: Fernwärme	126.506	168,67	100%

Als Ergebnis ist festzustellen, dass die Variante B (Holzpelletkessel) die wirtschaftlich günstigste Variante ist, gefolgt von Variante C (Erdgas-Heizkessel). Die Wärmerestkosten der Varianten A (BHKW) und D (Nahwärme aus MMK) liegen ca. 15-20% höher. Mit Abstand die höchsten Wärmekosten entstehen bei der Variante E (Fernwärmeversorgung). Dies resultiert in erster Linie aus den hohen Investitionskosten für Fernwärmeanschluss und Übergabestation. Absolut betragen die Mehrkosten der Fernwärme gegenüber der günstigsten Variante B ca. 49.300,- €/a.

Kapitel

Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung

7



Wärme(rest)kosten	7.1
• Sensitivitätsanalyse	7.2

Sensitivitätsanalyse

7.2

Die Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung der an die Braubachstraße 12 angeschlossenen Gebäude unterliegt langfristig in hohem Maße folgenden Einflussfaktoren:

- Reduzierung des Wärmeverbrauchs:
Der Wärmeverbrauch kann durch Erneuerungsmaßnahmen um ca. 200 MWh/a reduziert werden. Hierdurch verringert sich die Auslastung der Anlagen und die kapital- und betriebsgebundenen Kosten erhalten höheres Gewicht. Tendenziell werden somit die teureren Varianten wirtschaftlich schlechter gestellt. In einer Vergleichsrechnung wurde festgestellt, das erst bei einer Reduzierung des Wärmeverbrauchs um mehr als 50% Kostengleichheit zwischen den Varianten B und C auftritt, die Kosten der übrigen Varianten jedoch weit höher liegen. Somit ergibt sich durch die Reduzierung des Wärmeverbrauchs keine Änderung in der Reihenfolge der Varianten.
- 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 zeigte sich für die erdgasgefeuerten Anlagen eine starke Erhöhung der Wärme(rest)kosten. Hierbei ist eine Steigerung der Stromgutschrift in Höhe der halben Brennstoffpreissteigerung angesetzt, die das Ergebnis für die Varianten wiederum verbessert. Auch auf die Fernwärmepreise wirken sich die Brennstoffpreissteigerungen aus. Demgegenüber erhöhte sich das Ergebnis der Variante B (Holzpellet-Heizkessel) nur leicht. Eine Änderung der Reihenfolge der Wirtschaftlichkeit ergibt sich nicht. In der **Anlage 3, Blatt 27** sind die Wärme(rest)kosten für die Ausgangslage sowie für um 50% erhöhte Brennstoffpreise dargestellt.

Kapitel

Primärenergieeinsparung und Emissionsbilanz

8



• Primärenergieeinsparung	8.1
Treibhausgase	8.2
Sonstige Luftschadstoffe	8.3

Primärenergieeinsparung und Emissionsbilanz

8

Die ökologische Bewertung der Energieversorgungsvarianten wurde anhand des Programms „Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS, Version 4.42, 04/2008) 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 Berechnung wurden Bruttowerte der Wärmeerzeugung ohne Gutschriften für Stromerzeugung verwendet. Daher sind in den Varianten B, C, D und E die gegenüber der Variante A fehlenden Strommengen rechnerisch aus dem öffentlichen Netz zu beziehen und mit dazugehörigem Energieverbrauch und Emissionen einzurechnen.

Es wurden in GEMIS der Primärenergieverbrauch an nicht regenerativen Energieträgern sowie die Luftschadstoffemissionen Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffdioxid (NO_x), Staub und die wichtigste Treibhausgasemission CO₂ als Summenäquivalent berechnet.

Primärenergieeinsparung

8.1

Der Primärenergieverbrauch beinhaltet hier den Verbrauch an fossilen, nicht erneuerbaren Energieträgern. Er wurde für alle Varianten ermittelt und dann auf die Variante E (Fernwärme) als Referenzvariante bezogen. Es ergibt sich folgendes Bild:

		Variante A	Variante B	Variante C	Variante D	Variante E
Primärenergie- verbrauch	MWh/a	1.367	900	1.685	1.598	1.567
	in %	87%	57%	108%	102%	100%

Der niedrigste Primärenergieverbrauch entsteht bei der Variante B (Holzpellet-Heizkessel) und der Variante A (BHKW). Der Erdgas-Heizkessel verbraucht ca. 8% mehr Primärenergie als die Fernwärme.

Kapitel

Primärenergieeinsparung und Emissionsbilanz

8



Primärenergieeinsparung	8.1
• Treibhausgase	8.2
• Sonstige Luftschadstoffe	8.3

Treibhausgase

8.2

Bei den Treibhausgasen wurde hier die Emission an CO₂ und weiteren Treibhausgasen als Summenäquivalent berücksichtigt, die bei den verschiedenen Varianten freigesetzt werden. Folgende Tabelle zeigt, welche CO₂-Emissionen in den einzelnen Versorgungsvarianten entstehen.

		Variante A	Variante B	Variante C	Variante D	Variante E
CO ₂ –Äquivalent	t / a in %	298 95%	216 69%	383 122%	321 102%	315 100%

Der Holzpellet-Heizkessel (Variante B) erzeugt gegenüber dem Erdgas-Heizkessel ca. 170 t/a und gegenüber der Fernwärme ca. 100 t/a weniger CO₂-Äquivalent. Dies resultiert in erster Linie aus dem Einsatz des regenerativen Hauptbrennstoffs Holzpellets.

In der Anlage 4 befindet sich die vollständige Darstellung der CO₂-Bilanz.

Sonstige Luftschadstoffe

8.3

Die Emission der Luftschadstoffe SO₂, NO_x und Staub sind durch gesetzliche Grenzwerte reglementiert. Sie wurden für alle Varianten im IST-Zustand und im sanierten Zustand ermittelt. Es ergibt sich folgendes Bild:

		Variante A	Variante B	Variante C	Variante D	Variante E
SO ₂	Kg / a	12	206	118	337	330
NO _x	Kg / a	398	411	441	441	440
Staub	Kg / a	12	63	21	14	14

Hier schneidet die BHKW-Variante A deutlich besser ab als die Varianten B, C, D und E. Dies resultiert ebenfalls in erster Linie aus dem eingesetzten Brennstoff Erdgas sowie der Gutschrift für die Stromerzeugung. Die Staubemission des Holzpellet-Heizkessels (Variante B) liegt trotz Filter weit über denen der übrigen Varianten.



Zusammenfassung und Resümee

9

Aufgabe dieses Wärmeversorgungskonzepts ist die Untersuchung der Wärmeversorgung der Gebäude der Braubachstraße 10 + 12, Domstraße 9 + 11 und Kruggasse 10. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Verschiedene Wärmeerzeugungsvarianten als Alternative zur Fernwärmeversorgung sind technisch realisierbar und wirtschaftlich günstiger.
2. Bei Wärmeerzeugung mit Heizwasser-Wärmeerzeugern müssen zunächst die Dampfverbraucher zwingend auf Warmwasserheizungen umgerüstet werden. Dies gilt für die Braubachstraße 12, Domstraße 9-11 (außer EG) und Kruggasse 10.
3. Mit der Beheizung durch einen Holzpellet-Heizkessel sind nach statischer Berechnung bis zu ca. 40% niedrigere Wärmekosten zu erzielen als mit der Fernwärme.
4. Eine Reduzierung des Wärmeverbrauchs durch Erneuerungsmaßnahmen in der technischen Gebäudeausrüstung (Austausch der RLT-Anlagen, verbesserte Wärmedämmung) ändert die Ergebnisaussage nicht.
5. Nach teildynamischer Gesamtkostenberechnung unter Berücksichtigung von Preissteigerungen vergrößert sich der Vorteil des Holzpellet-Heizkessels weiter.
6. Schadstoff- und CO₂-Emissionen können durch den Einsatz regenerativer Brennstoffe signifikant gesenkt 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 möglich.

Das Ergebnis der statischen Wirtschaftlichkeitsrechnung zeigt für die Variante B: Holzpellet-Heizkessel das beste Ergebnis. Die anderen untersuchten Varianten verursachen Mehrkosten in Höhe von bis zu ca. 60% gegenüber dieser Variante. Insbesondere die Fernwärmeversorgung aus einer eigenen Dampf-/Wasser-Übergabestation verursacht die höchsten Wärmekosten.

Im Ergebnis sollte die Variante B: Holzpellet-Heizkessel als wirtschaftlichste und gleichzeitig CO₂-ärmste Versorgungsvariante in Verbindung mit einer Erneuerung der technischen Gebäudeausrüstung für die an die Braubachstraße 12 angeschlossenen Gebäude planerisch weiter verfolgt und technisch ausgearbeitet werden.

Offenbach, den 31. Oktober 2008

Ingenieurgesellschaft
Bischoff und Maaß mbH

Kapitel

Anlagen 10



Anlagen

10

- Anlage 1 : Jahresdauerlinien der Wärmeerzeugung
Blatt 1: Variante A
Blatt 2: Variante B
- Anlage 2 : Wirtschaftlichkeitsrechnung nach VDI 2067
- Anlage 3 : Treibhausgasemissionen
- Anlage 4 : Zusammenstellung der Versorgungsvarianten
- Zeichnung WK-01: Aufstellungsentwurf Variante A
- Zeichnung WK-02: Aufstellungsentwurf Variante B
- Zeichnung WK-03: Aufstellungsentwurf Variante C
- Zeichnung WK-04: Aufstellungsentwurf Variante D
- Zeichnung WK-05: Aufstellungsentwurf Variante E

Kunde: Stadt Frankfurt am Main

LP: Wärmekonzept

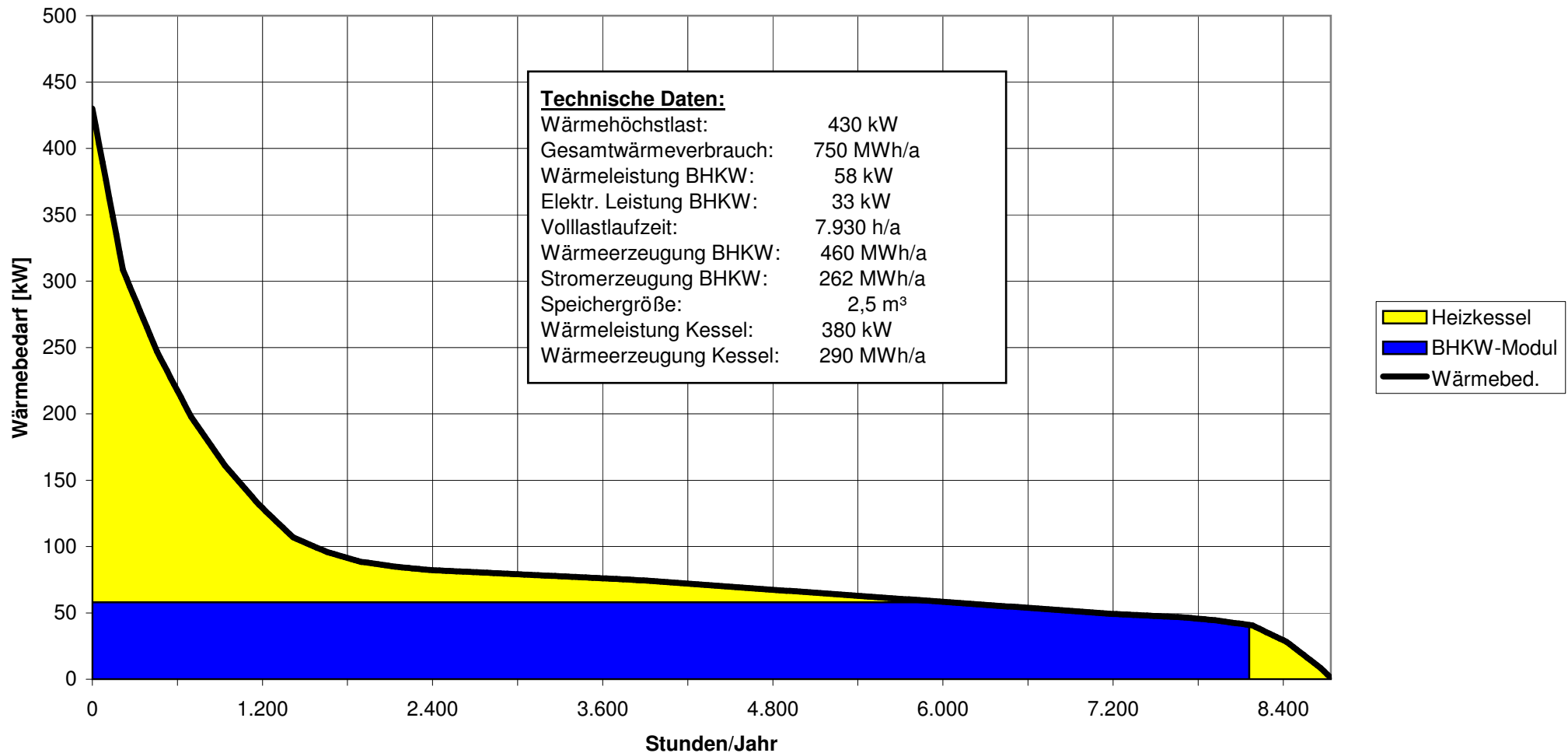
Projekt: Wärmeversorgungskonzept Braubachstraße 12

Datum: 31.10.2008

Anlage: 1

Blatt: 1

Geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs und der Wärmeerzeugung mit BHKW



Kunde: MED

LP:

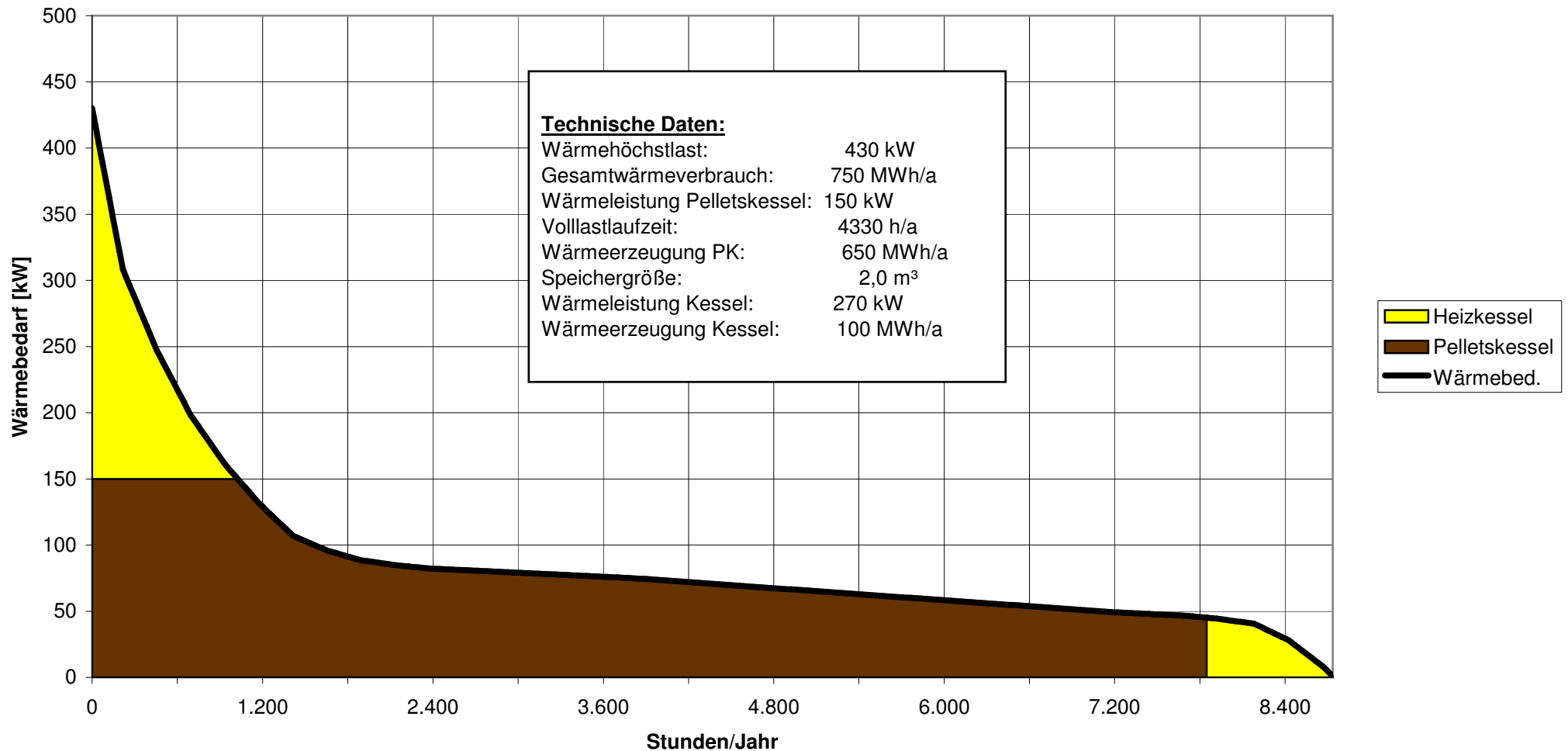
Projekt: Studie zur Energieversorgung

Datum: 31.10.2008

Anlage: 1

Blatt: 2

Geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs und der Wärmeerzeugung mit Pelletskessel



Statische Wirtschaftlichkeitsrechnung

gemäß VDI-Richtlinie 2067

Erstellung eines Wärmeversorgungskonzeptes
in Frankfurt am Main

Versorgungsgebiet:
Braubachstraße 10+12
Domstraße 9+11
Kruggasse 10

in
Frankfurt am Main

im Auftrag der
Stadt Frankfurt am Main

Index	Datum	Beschreibung	Bearbeitet	Geprüft
0	31.10.2008	1. Fassung	Pal	Maaß

Braubachstraße 12

Anlage 2

Blatt 1

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Eckdaten -

Methode		Stat. Kostenvergleich	
Nutzungsdauer (Vertragslaufzeit)	a	15	
Kalkulatorischer Zinssatz	% / a	3,85	
1. Brennstoffpreise (Netto)		BHKW	Heizkessel
Erdgas als Gewerbekunde		Business Eco	Business Eco
Tarif (Mainova)	-	-	51,40
Arbeitspreis Ho	€ / MWh	-	-
Arbeitspreis Ho (für BHKW, ohne Erdgassteuer)	€ / MWh	45,90	-
Arbeitspreis Hu	€ / MWh	50,95	57,05
Leistungspreis (pro kW und Jahr)	€ / (kW*a)	9,18	9,18
Fernwärme		Business Profi D	-
Tarif (Mainova)	-	-	-
Grundpreis (Leistungspreis)			
für die ersten 100 kW	€ / (kW*a)	20,47	-
für die weiteren 400 kW	€ / (kW*a)	17,46	-
für alle weiteren kW	€ / (kW*a)	14,45	-
Arbeitspreis	€ / MWh	73,30	-
Holzpellets			
Preis pro Tonne	€ / to	-	199,00
Arbeitspreis pro MWh	€ / MWh	-	42,79
Ascheentsorgung			
Aschegehalt	Vol.-%	-	2,00%
Preis pro Tonne	€ / to	-	100,00
Preis pro MWh	€ / MWh	-	0,86
CO2-Emissionskosten			
Satz der Stadt Frankfurt	€ / t	-	50,00
2. Preise und Vergütungen (Netto)		BHKW	Heizwerk
Strombezug als Gewerbekunde		Business Plus	Business Plus
Tarif (Mainova)	-	175,10	175,10
Arbeitspreis (einschl. Stromsteuer etc.)	€ / MWh		
Stromeinspeisung nach KWKG-Gesetz			
Durchschn. Strompreis EEX Leipzig (KWKG-Index Q3/2008)	€ / MWh	73,17	-
Durchschn. Vermiedene Netznutzung	€ / MWh	4,60	-
KWKG-Zuschlag für 2008/2009 > 50 kW	€ / MWh	21,00	-
Einspeisevergütung nach KWKG	€ / MWh	98,77	-

Braubachstraße 12

Anlage 2

Blatt 2

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Bedarfsdaten -

Auswertung des Wärmeverbrauches der einzelnen Gebäude

Nutzer		Verbrauchswert Heizung 2002			
		[MWh]	A [m²]	b _{vh} [h]	[kW]
0201	Domstraße 9 + 11	70,9	912,10 m²	1.500	47,3
0204	Fisch Franke	594,3	391,63 m²	1.500	396,2
0202	Braubachstr. 10 + 12	64,4	2.489,93 m²	1.500	42,9
0206	Braubachstr. 10 + 12	20,7		1.500	13,8
0203	Laden Döbritz	16,4	237,86 m²	1.200	13,7
0205	Kruggasse 10	4,7	125,50 m²	1.500	3,1
Σ		771,4	6.362,56 m²		517,0

Nutzer		Verbrauchswert Heizung 2003			
		[MWh]	A [m²]	b _{vh} [h]	[kW]
0201	Domstraße 9 + 11	75,9	912,10 m²	1.500	50,6
0204	Fisch Franke	538,7	391,63 m²	1.500	359,1
0202	Braubachstr. 10 + 12	60,2	2.489,93 m²	1.500	40,1
0206	Braubachstr. 10 + 12	14,9		1.500	9,9
0203	Laden Döbritz	11,6	237,86 m²	1.200	9,7
0205	Kruggasse 10	3,4	125,50 m²	1.500	2,3
Σ		704,7	6.362,56 m²		471,7

Nutzer		Verbrauchswert Heizung 2004			
		[MWh]	A [m²]	b _{vh} [h]	[kW]
0201	Domstraße 9 + 11	80,6	912,10 m²	1.500	53,7
0204	Fisch Franke	590,2	391,63 m²	1.500	393,5
0202	Braubachstr. 10 + 12	66,2	2.489,93 m²	1.500	44,1
0206	Braubachstr. 10 + 12	22,5		1.500	15,0
0203	Laden Döbritz	14,8	237,86 m²	1.200	12,3
0205	Kruggasse 10	2,4	125,50 m²	1.500	1,6
Σ		776,7	6.362,56 m²		520,3
Durchschnitt		750,9		1.450	503

Berechnungswerte

1. Wärmehöchstlast (WHL)		
Wärmebedarf Gleichzeitigkeit Wärmehöchstlast (WHL)	kW - kW	503 0,85 430
2. Wärmeverbrauch		
Wärmeverbrauch Netto	MWh/a	750

Variante A - BHKW

Anlage 2

Blatt 3

Wirtschaftlichkeitsrechnung

- Kapitalgebundene Kosten -

kalk. Zinssatz in [%/a]		3,9	Investitions- summe in [€]	Nutzungs- dauer in [a]	Annuitäts- faktor in []	Kapitalgeb. Kosten in [€ / a]
Titel						
1.	BHKW, Erdgas H Elektr. Leistung: 33 kW Therm. Leistung: 58 kW Energieeinsatz bei TA - Luft: 100 kW incl. Erstbefüllung, Leistungs- und Steueranlage, Gasstraße, Abnahmetest, VL-Temperaturregelung, Schalldämpfer, Schallschutzkabine		54.000	15	0,0890	4.806
2.	NT - Heizkessel ca. 380 kW, 1 Stück incl. 2-stufigem Brenner, Brennstoff Erdgas H Sicherheitstechnische Ausstattung, Schalldämmhaube,		19.700	15	0,0890	1.753
3.	Kaminanlage im Gebäude zweizügig h=20 m		12.000	15	0,0890	1.068
4.	Wärmespeicher 2,5 m³ Aufstellung im Gebäude incl. Isolierung und Ummantelung sowie Betonfundament		3.500	15	0,0890	312
5.	Rohrleitungen und Armaturen incl. Isolierung und Blechummantelung		17.000	15	0,0890	1.513
6.	Pumpengesteuerte Druckhalteanlage mit Nachspeisung Automatische Nachspeisung mit Enthärtung		6.000	15	0,0890	534
7.	E- und MSR-Technik Schaltschrank für Regelung und Stromversorgung der Komponenten mit Einspeisefeld und Lieferzähler		14.700	15	0,0890	1.308
8.	Rauch- und Wärmeabzugsanlage		2.200	15	0,0890	196
9.	Be- und Entlüftungsanlage		2.500	15	0,0890	223
10.	Nebenarbeiten, Inbetriebnahme und Dokumentation		13.200	15	0,0890	1.175
11.	Heizraum h=2,5 m 22 m²		23.000	15	0,0890	2.047
12.	Netzkostenbeitrag Gasanschluß bis 500 kW		33.000	15	0,0890	2.937
13.	Unvorhergesehenes in [%] 5%		10.000	15	0,0890	890
14.	Planungskosten für TGA, Statik, Schallschutz und Architektur in [%] 20%	210.800	42.200	15	0,0890	3.756
15.	Kapitalgebundene Kosten		253.000	15	0,0890	22.517

Variante B - Holzpelletkesselanlage

Anlage 2

Blatt 4

Wirtschaftlichkeitsrechnung

- Kapitalgebundene Kosten -

kalk. Zinssatz in [%/a]		3,9	Investitions- summe in [€]	Nutzungs- dauer in [a]	Annuitäts- faktor in []	Kapitalgeb. Kosten in [€ / a]
Titel						
1.	Automatische Holzpelletfeuerungsanlage ca. 150 kW incl. Steuerung, Aschecontainer, interne Verrohrung, Brennstoffförder- und dosiertechnik, Rauchgasrohr, Metallgewebefilter und Feinstaubfilter		39.500	15	0,0890	3.516
2.	NT - Heizkessel ca. 270 kW, 1 Stück incl. 2-stufigem Brenner, Brennstoff Erdgas H Sicherheitstechnische Ausstattung, Schalldämmhaube,		11.400	15	0,0890	1.015
3.	Kaminanlage im Gebäude zweizügig h=20 m		12.000	15	0,0890	1.068
4.	Brennstoffsilo im Gebäude 50 m³ einschl. Befüllstutzen		15.000			
5.	Wärmespeicher 2 m³ Aufstellung im Gebäude incl. Isolierung und Ummantelung sowie Betonfundament		2.900	15	0,0890	258
6.	Rohrleitungen und Armaturen incl. Isolierung und Blechummantelung		11.700	15	0,0890	1.041
7.	Pumpengesteuerte Druckhalteanlage mit Nachspeisung Automatische Nachspeisung mit Enthärtung		6.000	15	0,0890	534
8.	E- und MSR-Technik Schaltschrank für Regelung und Stromversorgung der Komponenten		10.200	15	0,0890	908
9.	Rauch- und Wärmeabzugsanlage		2.200	15	0,0890	196
10.	Be- und Entlüftungsanlage		2.500	15	0,0890	223
11.	Nebenarbeiten, Inbetriebnahme und Dokumentation		11.300	15	0,0890	1.006
12.	Heizraum h=2,5 m 22 m²		16.500	15	0,0890	1.469
13.	Netzkostenbeitrag Gasanschluß		9.600	15	0,0890	854
14.	Unvorhergesehenes in [%] 5%		7.500	15	0,0890	668
15.	Planungskosten für TGA, Statik, Schallschutz und Architektur in [%] 20%	158.300	31.700	15	0,0890	2.821
16.	Kapitalgebundene Kosten		190.000	15	0,0890	15.575

Variante C - NT-Kesselanlage

Anlage 2

Blatt 5

Wirtschaftlichkeitsrechnung

- Kapitalgebundene Kosten -

kalk. Zinssatz in [%/a]		3,9	Investitions- summe in [€]	Nutzungs- dauer in [a]	Annuitäts- faktor in []	Kapitalgeb. Kosten in [€ / a]
Titel						
1.	NT - Heizkessel ca. 440 kW incl. 2-stufigem Brenner, Brennstoff Erdgas H Sicherheitstechnische Ausstattung, Schalldämmhaube, 440 kW 1 Stück		21.900	15	0,0890	1.949
2.	Kaminanlage im Gebäude einzügig h=20 m		6.000	15	0,0890	534
3.	Rohrleitungen und Armaturen incl. Isolierung und Blechummantelung		6.300	15	0,0890	561
4.	Pumpengesteuerte Druckhalteanlage mit Nachspeisung Automatische Nachspeisung mit Enthärtung		6.000	15	0,0890	534
5.	E- und MSR-Technik Schaltschrank für Regelung und Stromversorgung der Komponenten		4.400	15	0,0890	392
6.	Rauch- und Wärmeabzugsanlage		0	15	0,0890	0
7.	Be- und Entlüftungsanlage		0	15	0,0890	0
8.	Nebenarbeiten, Inbetriebnahme und Dokumentation		4.500	15	0,0890	401
9.	Heizraum h=2,5 m	22 m²	16.500	15	0,0890	1.469
10.	Netzkostenbeitrag bis 500 kW 33.000 €	1 Stück	33.000	15	0,0890	2.937
11.	Unvorhergesehenes in [%]	5%	2.200	15	0,0890	196
12.	Planungskosten für TGA, Statik, Schallschutz und Architektur in [%]	100.800 20%	20.200	15	0,0890	1.798
13. Kapitalgebundene Kosten			121.000			10.769

Variante D - Nahwärmeversorgung aus dem MMK

Anlage 2

Blatt 6

Wirtschaftlichkeitsrechnung

- Kapitalgebundene Kosten -

kalk. Zinssatz in [%/a]		3,9	Investitions- summe in [€]	Nutzungs- dauer in [a]	Annuitäts- faktor in []	Kapitalgeb. Kosten in [€ / a]
Titel						
1.	Fernwärme-Übergabestation ca. 650kW mit Wärmetauscher Dampf/Wasser, Kondensatanstauregelung mit Regelarmaturen, Sicherheitstechnische Ausstattung, Wärmedämmung, Kondensatzähler		42.000	15	0,0890	3.738
2.	Nahwärme-Übergabestation ca. 400kW mit Wärmetauscher Wasser/Wasser, Regelarmaturen, Sicherheitstechnische Ausstattung, Wärmedämmung, Wärmezähler		32.200	15	0,0890	2.866
3.	Rohrleitungen, Pumpen und Armaturen incl. Isolierung und Blechummantelung mit Druckdifferenzregelung und Wärmezähler		6.300	15	0,0890	561
4.	Membranausdehnungsgefäß mit Nachspeisung Automatische Nachspeisung mit Enthärtung		4.700	15	0,0890	418
5.	E- und MSR-Technik Anlagenschaltschrank für Stromversorgung der Komponenten		4.400	15	0,0890	392
6.	Nahwärmeleitung keller- und erdverlegt Durchmesser DN80, Dämmserie 3, mit Tiefbau		67.000	15	0,0890	5.963
7.	Verteilererweiterung im Museum für Moderne Kunst Zusätzlicher Abgang mit Umwälzpumpe		3.000	15	0,0890	267
8.	Unvorhergesehenes	in [%] 5%	2.400	15	0,0890	214
9.	Planungskosten für TGA, Statik, Schallschutz und Architektur	120.000 in [%] 20%	20.000	15	0,0890	1.780
10.	Kapitalgebundene Kosten		140.000	15	0,0890	12.460

Variante E - Fernwärme

Anlage 2

Blatt 7

Wirtschaftlichkeitsrechnung

- Kapitalgebundene Kosten -

kalk. Zinssatz in [%/a]		Investitions- summe in [€]	Nutzungs- dauer in [a]	Annuitäts- faktor in []	Kapitalgeb. Kosten in [€ / a]
Titel					
1.	Fernwärme-Übergabestation ca. 430kW mit Wärmetauscher Dampf/Wasser, Kondensatanstauregelung mit Regelarmaturen, Sicherheitstechnische Ausstattung, Wärmedämmung, Kondensatzähler laut Mainova AG Angebot vom 11.10.2007	100.800	15	0,0890	8.971
2.	Netzkostenbeitrag Fernwärmeanschluß laut Mainova AG Angebot vom 11.10.2007	240.000	15	0,0890	21.360
3.	Rohrleitungen und Armaturen incl. Isolierung und Blechummantelung	6.300	15	0,0890	561
4.	Membranausdehnungsgefäß mit Nachspeisung Automatische Nachspeisung mit Enthärtung	4.700	15	0,0890	418
5.	E- und MSR-Technik Schaltschrank für Regelung und Stromversorgung der Komponenten	4.400	15	0,0890	392
6.	Unvorhergesehenes in [%] 5%	17.800	15	0,0890	1.584
7.	Planungskosten für TGA, Statik, Schallschutz und Architektur in [%] 20%	75.000	15	0,0890	6.675
8.	Kapitalgebundene Kosten	449.000	15	0,0890	39.961

Variante A - BHKW

Anlage 2

Blatt 8

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -

	Einheit	
1. Wärmeleistung und Wärmeverbrauch		
Wärmeleistung (WHL)	kW	430
Wärmeverbrauch Brutto	MWh / a	750
2. Wärme- und Stromerzeugung		
2.1 BHKW		
Volllaststunden a.d. Jahresdauerlinie	h / a	7.930
Elektrische Leistung	kW	33
Stromerzeugung	MWh / a	262
Thermische Leistung	kW	58
Wärmeerzeugung	MWh / a	460
Nutzenergie aus BHKW	MWh / a	722
2.2 Kesselanlagen		
Wärmeleistung	kW	372
Wärmeerzeugung	MWh / a	290
3. Brennstoffkosten		
3.1 BHKW		
Brennstoffeinsatz BHKW	kW	100
Brennstoffverbrauch BHKW	MWh / a	793
Nutzungsgrad BHKW	%	91%
Brennstoffpreise		
Arbeitspreis Hu	€ / MWh	50,95
Leistungspreis	€ / a	918
Brennstoffkosten BHKW	€ / a	41.321
3.2 Kesselanlagen		
Nutzungsgrad NT-Kessel	%	92%
Brennstoffverbrauch NT-Kessel	MWh / a	315
Brennstoffpreise		
Arbeitspreis Hu	€ / MWh	57,05
Leistungspreis	€ / a	3.415
Brennstoffkosten NT-Kessel	€ / a	21.399
Gesamte Brennstoffkosten	€ / a	62.720
4. Kosten für Hilfsenergie		
4.1 Verteilte Heizwärme	MWh / a	750
davon Anteil Hilfsenergie	%	2%
in	MWh / a	15,00
Durchschnittlicher Strompreis	€ / MWh	175,10
Hilfsenergiekosten	€ / a	2.627
Gesamte Hilfsenergiekosten	€ / a	2.627
5. Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	65.346

Variante B - Holzpelletkesselanlage

Anlage 2

Blatt 9

Wirtschaftlichkeitsrechnung

- Verbrauchsgebundene Kosten -

	Einheit	
1. Wärmeleistung und Wärmeverbrauch		
Wärmeleistung (WHL)	kW	430
Wärmeverbrauch Netto	MWh / a	750
2. Wärmeerzeugung		
2.1 Pelletkessel		
Volllaststunden a.d. Jahresdauerlinie	h / a	4.330
Thermische Leistung	kW	150
Wärmeerzeugung	MWh / a	650
2.2 Kesselanlagen		
Wärmeleistung	kW	280
Wärmeerzeugung	MWh / a	100
3. Brennstoffkosten		
3.1 Pelletkessel		
Kesselwirkungsgrad	%	90%
Brennstoffverbrauch	MWh / a	722
Brennstoffpreis Holzpellets	€ / MWh	42,79
Preis für Ascheentsorgung	€ / MWh	0,86
Brennstoffkosten Holzpellets	€ / a	31.521
3.2 Kesselanlagen		
Nutzungsgrad NT-Kessel	%	92%
Brennstoffverbrauch NT-Kessel	MWh / a	109
Brennstoffpreise		
Arbeitspreis	€ / MWh	57,05
Leistungspreis	€ / a	2.570
Brennstoffkosten NT-Kessel	€ / a	8.772
Gesamte Brennstoffkosten	€ / a	40.293
4. Kosten für Hilfsenergie		
4.1 Verteilte Heizwärme	MWh / a	750
davon Anteil Hilfsenergie	%	3,0
in	MWh / a	22,50
Durchschnittlicher Strompreis	€ / MWh	175,10
Hilfsenergiekosten	€ / a	3.940
Gesamte Hilfsenergiekosten	€ / a	3.940
5. Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	44.233

Variante C - NT-Kesselanlage

Anlage 2

Blatt 10

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -

	Einheit	
1. Wärmeleistung und Wärmeverbrauch		
Wärmeleistung (WHL)	kW	430
Wärmeverbrauch Netto	MWh / a	750
2. Brennstoffkosten		
Nutzungsgrad Brennwerttherme	%	92%
Brennstoffverbrauch Brennwerttherme	MWh / a	815
Brennstoffpreise		
Arbeitspreis Hu	€ / MWh	57,05
Leistungspreis	€ / a	3.947
Gesamte Brennstoffkosten	€ / a	50.459
3. Kosten für Hilfsenergie		
3.1 Verteilte Heizwärme	MWh / a	750
davon Anteil Hilfsenergie	%	2,0
in	MWh / a	15,00
Durchschnittlicher Strompreis	€ / MWh	175,10
Hilfsenergiekosten	€ / a	2.627
Gesamte Hilfsenergiekosten	€ / a	2.627
3. Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	53.085

Variante D - Nahwärmeversorgung aus dem MMK

Anlage 2

Blatt 11

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -

	Einheit	
1. Wärmeleistung und Wärmeverbrauch		
Wärmeleistung (WHL)	kW	430
Wärmeverbrauch Netto	MWh / a	750
2. Wärmeerzeugung		
Wärmeleistung Fernwärme	kW	430
Wärmeerzeugung Fernwärme	MWh / a	750
3. Fernwärmekosten		
Fernwärmeverbrauch	MWh / a	750
Fernwärmepreis		
Arbeitspreis	€ / MWh	73,30
Leistungspreis	€ / kW	18,65
Gesamte Brennstoffkosten	€ / a	62.995
4. Kosten für Hilfsenergie		
4.1 Verteilte Heizwärme	MWh / a	750
davon Anteil Hilfsenergie	%	2,5%
in	MWh / a	19
Durchschnittlicher Strompreis	€ / MWh	175,10
Hilfsenergiekosten	€ / a	3.283
Gesamte Hilfsenergiekosten	€ / a	3.283
3. Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	66.278

Variante E - Fernwärme

Anlage 2

Blatt 12

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Verbrauchsgebundene Kosten -

	Einheit	
1. Wärmeleistung und Wärmeverbrauch		
Wärmeleistung (WHL)	kW	430
Wärmeverbrauch Netto	MWh / a	750
2. Wärmeerzeugung		
Wärmeleistung Fernwärme	kW	430
Wärmeerzeugung Fernwärme	MWh / a	750
3. Fernwärmekosten		
Fernwärmeverbrauch	MWh / a	750
Fernwärmepreis		
Arbeitspreis	€ / MWh	73,30
Leistungspreis	€ / kW	18,65
Gesamte Brennstoffkosten	€ / a	62.995
4. Kosten für Hilfsenergie		
4.1 Verteilte Heizwärme	MWh / a	750
davon Anteil Hilfsenergie	%	1,5%
in	MWh / a	11
Durchschnittlicher Strompreis	€ / MWh	175,10
Hilfsenergiekosten	€ / a	1.970
Gesamte Hilfsenergiekosten	€ / a	1.970
3. Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	64.964

Variante A - BHKW

Anlage 2

Blatt 13

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Betriebsgebundene Kosten -

	Einheit	
1. Instandsetzung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	210.800
Anteil Instandsetzung	% / a	1,5%
Instandsetzungskosten	€ / a	3.162
2. Versicherung und Verwaltung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	210.800
Anteil Versicherung und Verwaltung	% / a	1%
Kosten Versicherung und Verwaltung	€ / a	2.108
3. Kapitalgeb. Betriebskosten	€ / a	5.270
4. Personal		
Betätigungszeitaufwand	h / a	110
spez. Personalkosten	€ / h	23,00
Personalkosten	€ / a	2.530
5. Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten		
Vollwartungskosten BHKW	€ / a	15.226
Kundendienst NT-Kessel etc. (2 AK, 5 h, 2 Termine, 45 € / h)	€ / a	900
Schornsteinfegergebühr, Emissions- überwachung, Abgasverlustkontrolle	€ / a	200
Gesamte Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten	€ / a	16.326
6. Betriebsgebundene Kosten	€ / a	24.126

Variante B - Holzpelletkesselanlage

Anlage 2

Blatt 14

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Betriebsgebundene Kosten -

	Einheit	
1. Instandsetzung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	158.300
Anteil Instandsetzung	% / a	1,5%
Instandsetzungskosten	€ / a	2.375
2. Versicherung und Verwaltung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	158.300
Anteil Versicherung und Verwaltung	% / a	1%
Kosten Versicherung und Verwaltung	€ / a	1.583
3. Kapitalgeb. Betriebskosten	€ / a	3.958
4. Personal		
Betätigungszeitaufwand	h / a	110
spez. Personalkosten	€ / h	23,00
Personalkosten	€ / a	2.530
5. Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten		
Kundendienst Pelletkessel etc. (1 AK, 5 h, 1 Termine, 45 € / h)	€ / a	225
Kundendienst NT-Kessel etc. (1 AK, 5 h, 1 Termine, 45 € / h)	€ / a	225
Schornsteinfegergebühr, Emissions- überwachung, Abgasverlustkontrolle	€ / a	500
Gesamte Wartungs- und Wärmeabrechnungskosten	€ / a	725
6. Betriebsgebundene Kosten	€ / a	7.213

Variante C - NT-Kesselanlage

Anlage 2

Blatt 15

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Betriebsgebundene Kosten -

	Einheit	
1. Instandsetzung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	100.800
Anteil Instandsetzung	% / a	1,5%
Instandsetzungskosten	€ / a	1.512
Kapitalgeb. Betriebskosten	€ / a	1.512
2. Wartungskosten		
Kundendienst NT-Kessel etc. (1 AK, 5 h, 1 Termine, 45 € / h)	€ / a	225
Schornsteinfegergebühr, Emissions- überwachung, Abgasverlustkontrolle	€ / a	250
Gesamte Wartungskosten	€ / a	475
3. Betriebsgebundene Kosten	€ / a	1.987

Variante D - Nahwärmeversorgung aus dem MMK

Anlage 2

Blatt 16

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Betriebsgebundene Kosten -

	Einheit	
1. Instandsetzung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	374.000
Anteil Instandsetzung	% / a	1,0%
Instandsetzungskosten	€ / a	3.740
2. Versicherung und Verwaltung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	374.000
Anteil Versicherung und Verwaltung	% / a	1,0%
Kosten Versicherung und Verwaltung	€ / a	3.740
Kapitalgeb. Betriebskosten	€ / a	7.480
2. Wartungskosten		
Kundendienst Übergabestationen (2 Stck.)	€ / a	500
Gesamte Wartungskosten	€ / a	500
3. Betriebsgebundene Kosten	€ / a	7.980

Variante E - Fernwärme

Anlage 2

Blatt 17

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Betriebsgebundene Kosten -

	Einheit	
1. Instandsetzung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	374.000
Anteil Instandsetzung	% / a	1,0%
Instandsetzungskosten	€ / a	3.740
2. Versicherung und Verwaltung		
Investitionskosten ohne Ing.honorar	€	374.000
Anteil Versicherung und Verwaltung	% / a	1,0%
Kosten Versicherung und Verwaltung	€ / a	3.740
Kapitalgeb. Betriebskosten	€ / a	7.480
2. Wartungskosten		
Kundendienst Übergabestation	€ / a	300
Gesamte Wartungskosten	€ / a	300
3. Betriebsgebundene Kosten	€ / a	7.780

Wirtschaftlichkeitsrechnung - spezifische Wärme(rest)kosten -

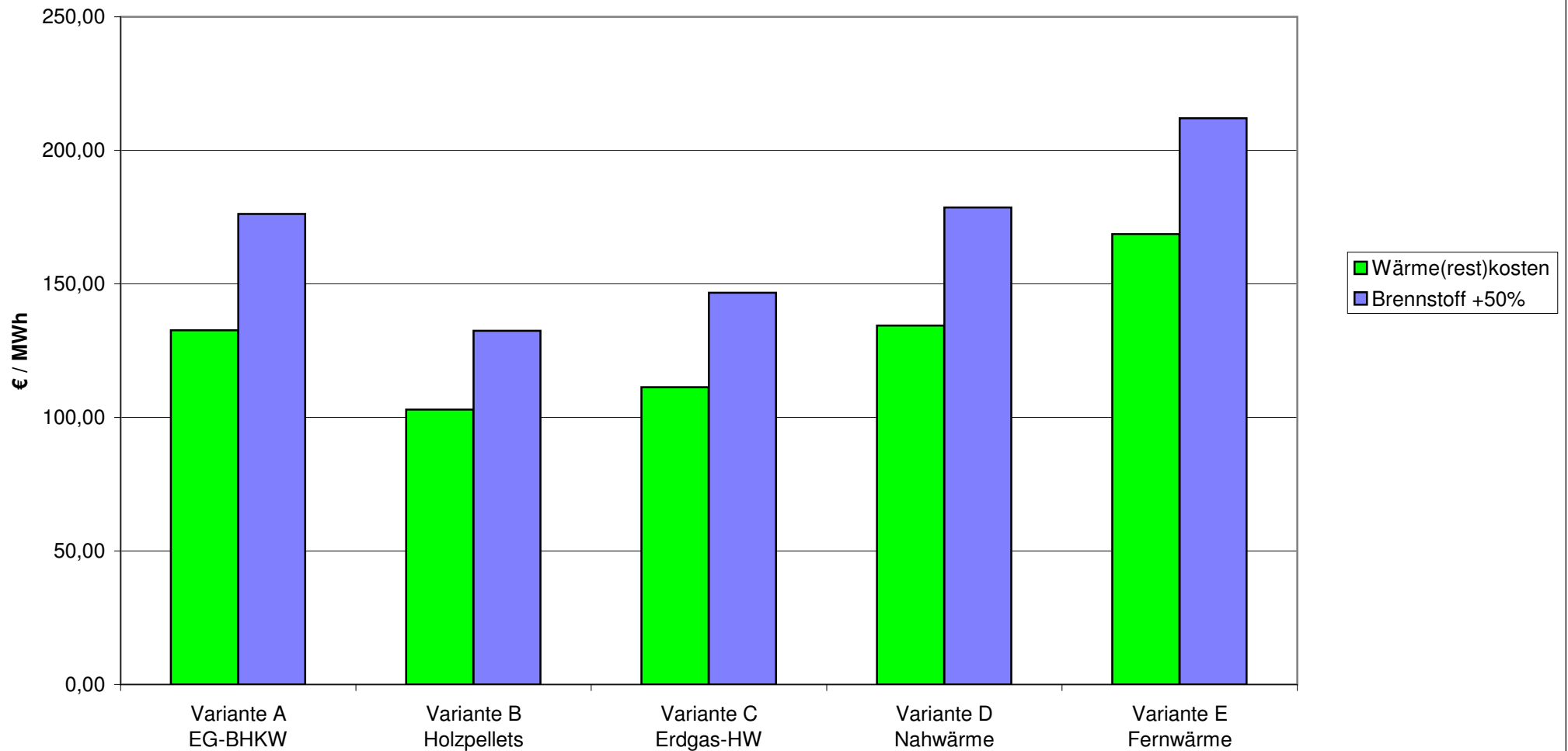
Anlage 2

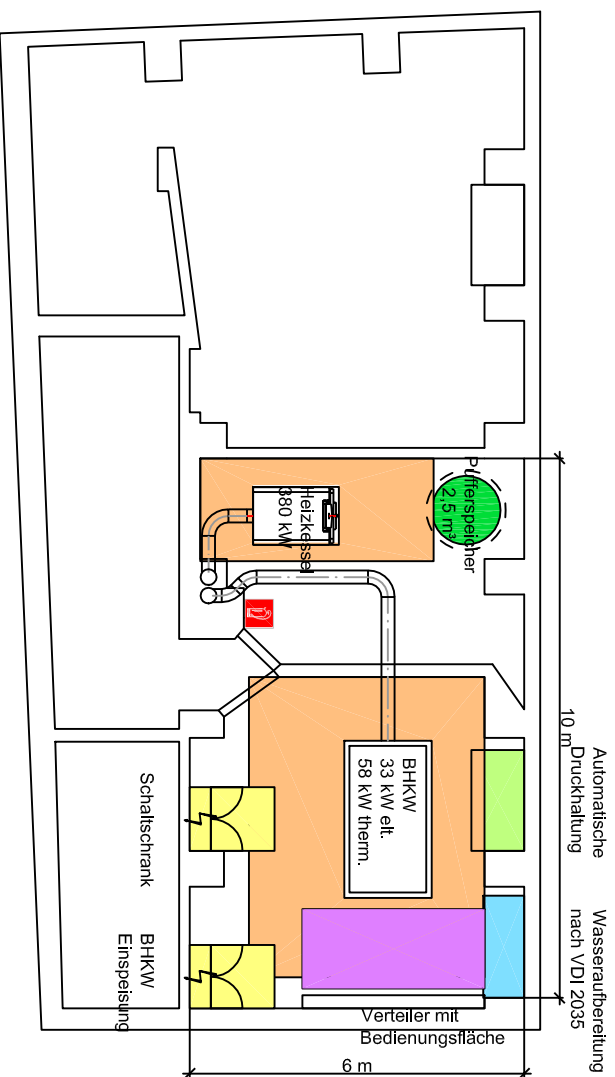
Blatt 18

Variante A		Einheit	
1.	Kapitalgebundene Kosten	€ / a	22.517
2.	Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	65.346
3.	Betriebsgebundene Kosten	€ / a	24.126
4.	CO2-Emissionskosten	€ / a	13.300
5.	Gesamte Jahreskosten	€ / a	125.289
6.	Vergütung aus Stromerzeugung	€ / a	25.847
7.	Gesamte Jahresrestkosten	€ / a	99.442
8.	Wärmeverbrauch Netto	MWh / a	750
9.	spez. Wärmerestkosten	€ / MWh	132,59 79%
Variante B		Einheit	
1.	Kapitalgebundene Kosten	€ / a	15.575
2.	Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	44.233
3.	Betriebsgebundene Kosten	€ / a	7.213
4.	CO2-Emissionskosten	€ / a	10.200
5.	Gesamte Jahreskosten	€ / a	77.221
6.	Wärmeverbrauch Netto	MWh / a	750
7.	spez. Wärmerestkosten	€ / MWh	102,96 61%
Variante C		Einheit	
1.	Kapitalgebundene Kosten	€ / a	10.769
2.	Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	53.085
3.	Betriebsgebundene Kosten	€ / a	1.987
4.	CO2-Emissionskosten	€ / a	17.650
5.	Gesamte Jahreskosten	€ / a	83.491
6.	Wärmeverbrauch Netto	MWh / a	750
7.	spez. Wärmekosten	€ / MWh	111,32 66%
Variante D		Einheit	
1.	Kapitalgebundene Kosten	€ / a	12.460
2.	Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	66.278
3.	Betriebsgebundene Kosten	€ / a	7.980
4.	CO2-Emissionskosten	€ / a	14.100
5.	Gesamte Jahreskosten	€ / a	100.818
6.	Wärmeverbrauch Netto	MWh / a	750
7.	spez. Wärmekosten	€ / MWh	134,42 80%
Variante E		Einheit	
1.	Kapitalgebundene Kosten	€ / a	39.961
2.	Verbrauchsgebundene Kosten	€ / a	64.964
3.	Betriebsgebundene Kosten	€ / a	7.780
4.	CO2-Emissionskosten	€ / a	13.800
5.	Gesamte Jahreskosten	€ / a	126.506
6.	Wärmeverbrauch Netto	MWh / a	750
7.	spez. Wärmekosten	€ / MWh	168,67 100%



Wärme(rest)kosten aller Varianten





Wärmeversorgungskonzept Braubachstraße 12 Aufstellungsentwurf Variante A

Maßstab:

o. M.

Datum:

31.10.2008

Zeichnungsnr.:

WK - 01

Energie- und Umwelttechnik
Technische Gebäudeausrüstung
Kundenspezifische Software

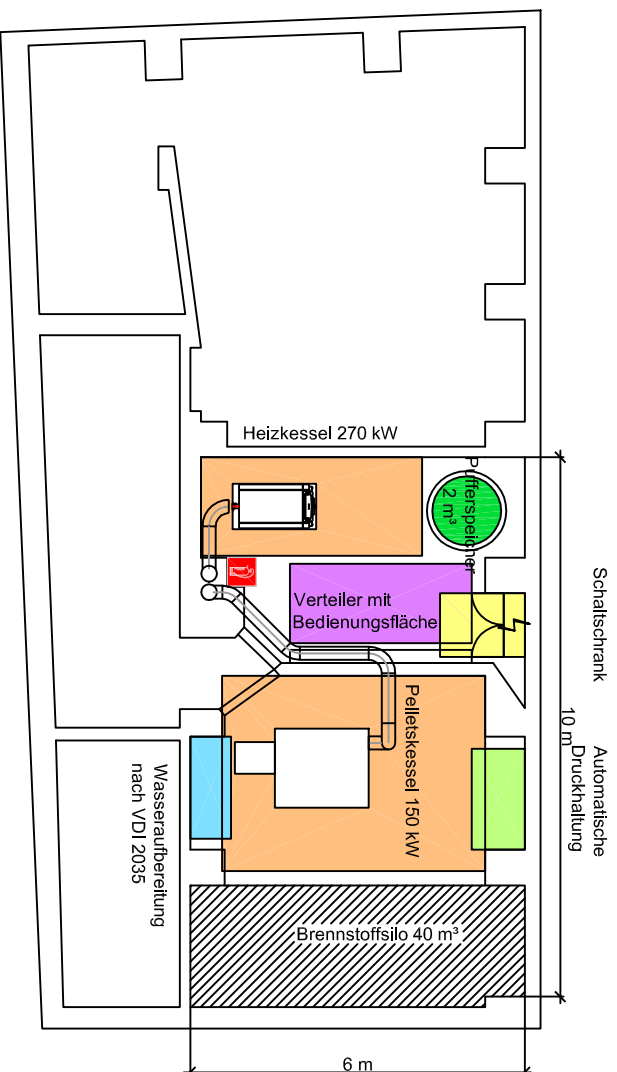


Ing. Gesellschaft
Bischoff und Maasß mbH

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



Stadt Frankfurt am Main
Hochbauamt
Gerbenmühlstr. 48
60594 Frankfurt



Wärmeversorgungskonzept Braubachstraße 12 Aufstellungsentwurf Variante B

Maßstab:

o. M.

Datum:

31.10.2008

Zeichnungsnr.:

WK - 02

Energie- und Umwelttechnik
Technische Gebäudeausrüstung
Kundenspezifische Software



Ing. Gesellschaft
Bischoff und Maas mbH

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



Stadt Frankfurt am Main
Hochbauamt
Gerbermühlstr. 48
60594 Frankfurt

Wasseraufbereitung Automatische
nach VDI 2035 Druckhaltung

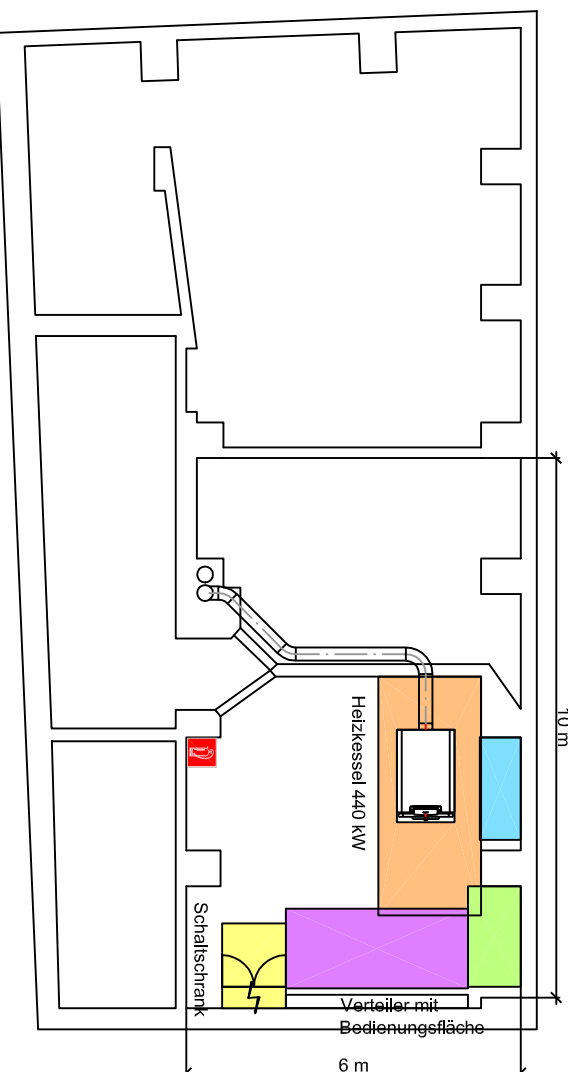
10 m

Heizkessel 440 kW

Verteiler mit
Bedienungsfläche

6 m

Schaltschrank



Wärmeversorgungskonzept Braubachstraße 12 Aufstellungsentwurf Variante C

Maßstab:

o. M.

Datum:

31.10.2008

Zeichnungsnr.:

WK - 03

Energie- und Umwelttechnik
Technische Gebäudeausrüstung
Kundenspezifische Software



Ing. Gesellschaft
Bischoff und Maß mbH

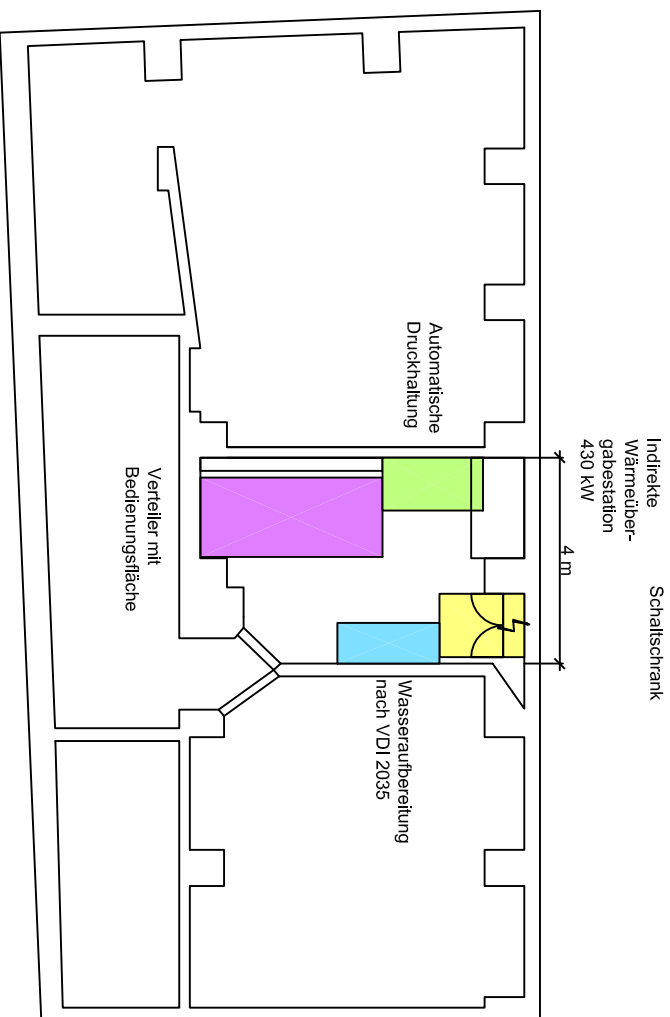
Luisenstraße 51 63067 Offenbach a.M.

Telefon: 069/82 99 375 0

Telefax: 069/82 99 375 29

Stadt Frankfurt am Main
Hochbauamt
Gerbenmühlstr. 48
60594 Frankfurt





Wärmeversorgungskonzept Braubachstraße 12 Aufstellungsentwurf Variante D

Maßstab:

o. M.

Datum:

31.10.2008

Zeichnungsnr.:

WK - 04

Energie- und Umwelttechnik
Technische Gebäudeausrüstung
Kundenspezifische Software



Ing. Gesellschaft
Bischoff und Maaß mbH

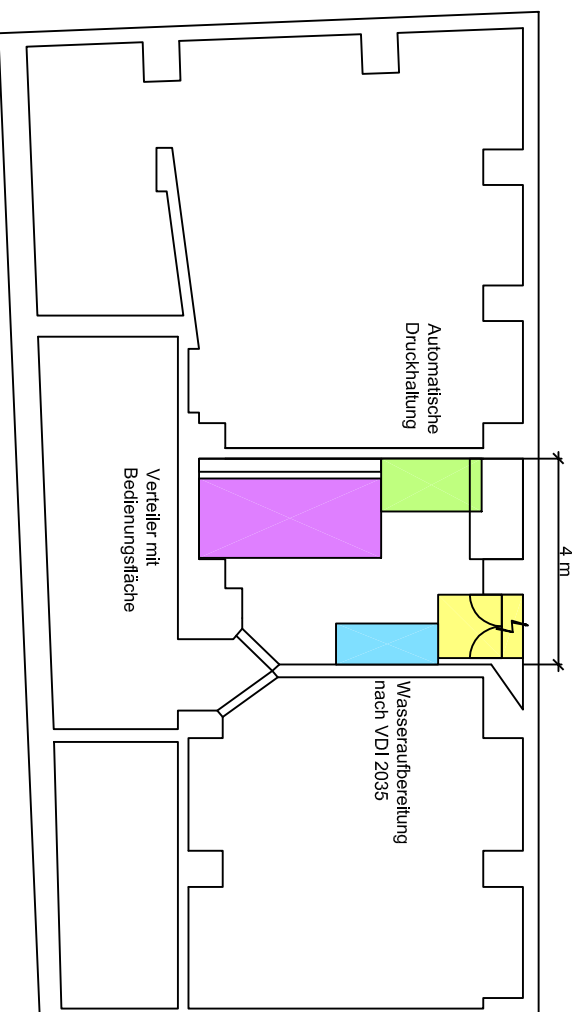
Luisenstraße 51 63067 Offenbach a.M.
Telefon: 069/82 99 375 0 Telefax: 069/82 99 375 29



Stadt Frankfurt am Main
Hochbauamt
Gerbenmühlstr. 48
60594 Frankfurt

Indirekte
Wärmeüber-
gabestation
430 kW

Schaltschrank



Wärmeversorgungskonzept Braubachstraße 12

Aufstellungsentwurf Variante E

Maßstab:

o. M.

Datum:

31.10.2008

Zeichnungsnr.:

WK - 05

Energie- und Umwelttechnik
Technische Gebäudeausrüstung
Kundenspezifische Software

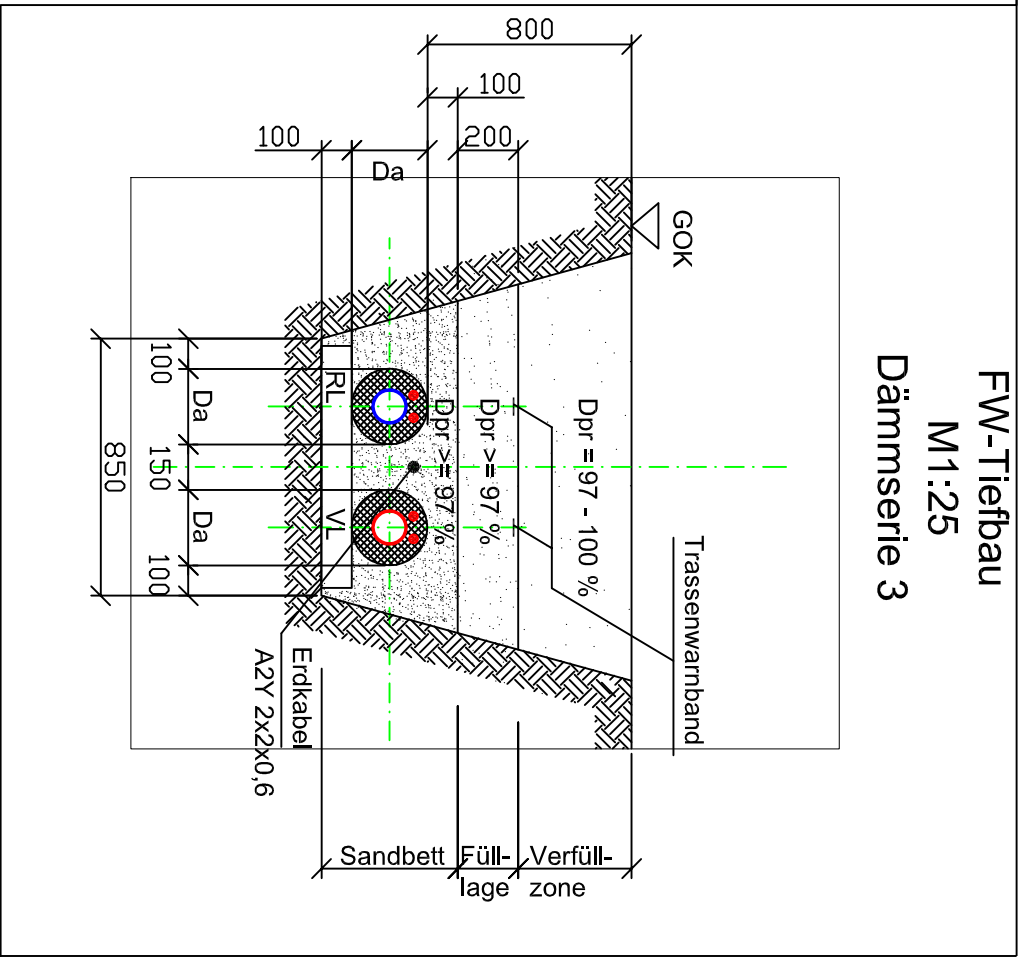
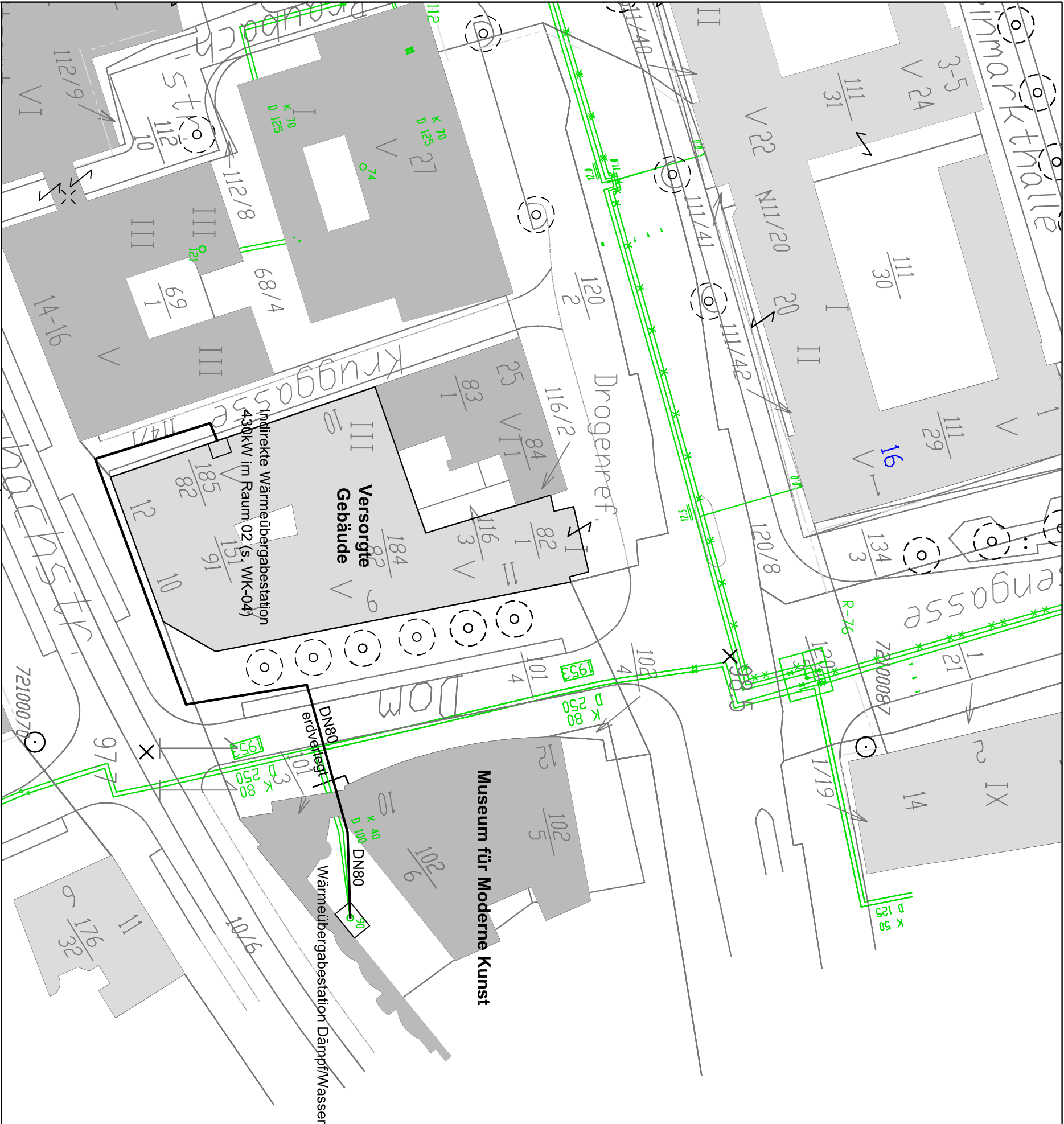


Ing. Gesellschaft
Bischoff und Maas mbH

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



Stadt Frankfurt am Main
Hochbauamt
Gerbenmühlstr. 48
60594 Frankfurt



Stadt Frankfurt
Hochbauamt
Gerbermühlstraße 48
60594 Frankfurt am Main

Wärmeversorgungskonzept Braubachstraße 12

Übersichtplan der Nahwärmeleitung

Maßstab: 1:500

Datum: 31.10.2008

Zeichnungsnr.: WK-06

Energie- und Umweltechnik
Technische Gebäudeausrüstung
Kundenspezifische Software
Luisenstraße 51 63067 Offenbach a.M.
Telefon: 069/82 99 375 0 Telefax: 069/82 99 375 29

