

Technische Ausrüstung

Heizung, Lüftung, Klima, Sanitär, Elektro
Gesundheitstechnische Anlagen und Förderanlagen
Beratung • Planung • Objektüberwachung

Ruhrta l s t r a ß e 4 3
4 5 2 3 9 E s s e n / R u h r
Telefon 0201 / 49 00 3 – 0
Telefax 0201 / 49 00 3 – 33
<http://www.ib-paulus.de>

Machbarkeitsstudie Geothermienutzung Wilhelm-Fabry-Realschule

Datum / Index: 22.08.2012

Projekt: Wilhelm-Fabry Realschule, Hilden
Studie Geothermie

Auftraggeber: Stadtverwaltung Hilden
Amt für Gebäudewirtschaft
Am Rathaus 1
40721 Hilden

Aufgestellt: Essen, 22.08.2012
ppa. Markus Brümmer

Inhaltsverzeichnis

| | Seite | |
|-----|--|---|
| 1 | Einleitung / Aufgabenstellung | 3 |
| 2 | Beschreibung der Vor-Ort-IST-Situation | 3 |
| 3 | Beschreibung der Geothermienutzung | 3 |
| 3.1 | Allgemeine Erläuterungen zur Geothermienutzung | 3 |
| 3.2 | Anlagenkonzeptbeschreibung Teilnutzung Geothermie / Wärmepumpe | 4 |
| 4 | Erläuterung der Berechnungen | 5 |
| 4.1 | Ermittlung der Leistungsdaten | 5 |
| 4.2 | Ermittlung der Jahresarbeit / Verbrauch | 5 |
| 4.3 | Ermittlung der überschlägigen Investitionskosten | 5 |
| 4.4 | Ermittlung der überschlägigen Verbrauchskosten | 6 |
| 4.5 | Wirtschaftlichkeitsvergleich | 6 |
| 5 | Zusammenfassung / Gegenüberstellung der Ergebnisse | 7 |
| 6 | Fazit und Empfehlung | 8 |
| 7 | Anlagen | 9 |

1 Einleitung / Aufgabenstellung

Mit Datum vom 17.07.2010 wurde das Ingenieurbüro Paulus vom Amt für Gebäudewirtschaft der Stadt Hilden mit einer Machbarkeitsstudie zur Überprüfung der Geothermienutzung für die Wilhelm-Fabry-Realschule in Hilden beauftragt. Im Vorfeld fand am 05.07.2012 beim Amt für Gebäudewirtschaft eine entsprechende Vorbesprechung, in der die Aufgabenstellung präzisiert wurde, statt. Der Termin wurde seitens des beauftragten Architekturbüros BGS protokolliert.

Zielsetzung dieser Machbarkeitsstudie ist es zu überprüfen, inwieweit für die Gebäude der Wilhelm-Fabry-Realschule im Rahmen der anstehenden Generalsanierung es sinnvoll ist die konventionelle Beheizung über Gasheizkessel durch die Umsetzung eines Geothermiekonzeptes zu unterstützen bzw. zu ersetzen.

Vor dem Hintergrund des erneuerbaren Energie- und Wärmegesetzes (EEWärmeG) müssen bei entsprechenden Umbauten und Sanierungsarbeiten insbesondere an den wärmetechnischen Bauteilen, wie Fassaden oder Heizungsanlagen, die Anforderungen dieses Gesetzes eingehalten und erfüllt werden. Hierbei ist zu beachten, dass somit regenerative Energien zur Gebäudebeheizung eingesetzt werden müssen. Alternativ hierzu kann auch die Wärmedämmung der Fassade um 15 % besser als in den Anforderungen der EneV definiert, ausgeführt werden.

2 Beschreibung der Vor-Ort-IST-Situation

Im Rahmen einer vorherigen Beauftragung wurde durch das Ingenieurbüro Paulus die Liegenschaft begangen und die technische Gebäudeausrüstung wurde im Rahmen eines Begehungsberichtes entsprechend dokumentiert. Die Ortsbegehung fand am 28.04.2011 statt. Für das Thema der hier relevanten Gebäudebeheizung ist festzuhalten, dass die Gebäude Hauptgebäude und Nebengebäude jeweils autark über eine entsprechende Gaskesselanlage derzeit beheizt werden. Die Beheizung innerhalb der Räumlichkeiten erfolgt über konventionelle Heizkörper, welche im Brüstungsbereich unterhalb der Fenster angeordnet worden sind. Für weitere Details wird auf den entsprechenden Begehungsbericht verwiesen.

Für die Bestandsanlage liegen uns die Verbrauchskosten aus dem Jahr 2011 vor, diese Verbrauchskosten sind die Grundlage für den IST-NEU Vergleich. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass das Jahr 2011 eher als mild zu bezeichnen war, so dass in anderen Jahren deutlich höherer Verbrauchskosten für die Alt Anlage angefallen sein können

3 Beschreibung der Geothermienutzung

3.1 Allgemeine Erläuterungen zur Geothermienutzung

Die Geothermie ist die Nutzung der in der Erdmasse in Form von Wärme gespeicherten Energie. Die Nutzung bis 400 m unterhalb der Erdoberfläche wird als oberflächennahe Geothermie bezeichnet. Diese Energie beruht auf der von der Sonne eingestrahlten Wärmeenergie und dem vom Erdinneren zur Erdoberfläche gerichteten Wärmestrom. Die Temperatur von Boden und Grundwasser beträgt in unseren Breiten, in einer Tiefe von ca. 10 m bis 20 m unter dem Gelände, meistens 8° bis 12°C.

Die Geothermie ist eine regenerative Energie, ihre Nutzung ist umweltschonend und zugleich zuverlässig und sicher in der Anwendung. Die Erdwärme steht, unabhängig von Klima und Jahreszeit jederzeit und nahezu überall zur Verfügung.

Bezüglich der konkreten Leistungsdaten am entsprechenden Standort wurde seitens des Amts für Gebäudewirtschaft der Stadt Hilden eine geothermische Simulation bei einem entsprechenden Fachbüro, der Firma GEOBIT Energiekonzepte, in Auftrag gegeben. Im Rahmen dieser Studie fand eine interdisziplinäre Abstimmung zwischen den entsprechenden Fachplanern statt.

Für eine optimale Nutzung müssen der geotechnische Teil und der haustechnische Teil entsprechend aufeinander abgestimmt werden. Dies ist im Rahmen der derzeitigen Planungstiefe für die Feststellung der Machbarkeitsstudie in ausreichender Form sicher gestellt. Sollte eine Geothermieanlage planerisch umgesetzt werden sind sicherlich konkrete, detailliertere Abstimmungen im anstehenden Planungsprozess noch erforderlich.

Für das vorliegende Projekt wurde von der Geothermienutzung über Erdwärmesonden ausgegangen. Die Erdwärmesonden wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudie in einer Bohrtiefe von maximal ca. 100 m eingesetzt. Für die geothermischen Details wird auf die Machbarkeitsstudie des entsprechenden Fachkollegen zur Geothermienutzung verwiesen.

Wesentlich für die Nutzung der Geothermie in Gebäuden ist der Einsatz von Wärmepumpen, die das Temperaturniveau, welches aus dem Erdreich entnommen werden kann, auf ein höheres Temperaturniveau, welches zur Gebäudebeheizung genutzt werden kann, entsprechend anheben.

3.2 Anlagenkonzeptbeschreibung Teilnutzung Geothermie / Wärmepumpe

Die Wärmepumpeanlage deckt einen Teil der Heizlast für die Gebäude. Die Wärmepumpen werden in erster Sequenz betrieben, das bedeutet, solange die Heizleistung der Wärmepumpen ausreicht werden die Gaskessel zu Beheizung nicht in Betrieb genommen. Über die Wärmepumpen erfolgt somit die Grundlastversorgung.

Da es sich bei den Gebäuden um Bestandsgebäude handelt können Niedertemperaturheizsysteme wie Fußbodenheizungen, etc. nicht nachgerüstet werden.

Die mit der Wärmepumpe produzierte Heizleistung wird daher innerhalb der Heizzentrale in das bestehende Heizungssystem eingespeist. Das bestehende Heizungssystem kann mit einer Vorlauftemperatur von 60°C betrieben werden. Durch die Erhöhung der Vorlauftemperatur der Wärmepumpe reduzieren sich die Wirtschaftlichkeit und der Wirkungsgrad der Wärmepumpe im Verhältnis zu einer Niedertemperaturanlage.

4 Erläuterung der Berechnungen

Die eigentlichen Berechnungen sind in den Anlagen 1 der Machbarkeitsstudie dargelegt. Zur Nachvollziehbarkeit und zum besseren Verständnis der entsprechenden Berechnung werden nachfolgend die einzelnen Berechnungsschritte erläutert.

4.1 Ermittlung der Leistungsdaten

Für das Haupt- und für das Nebengebäude wurde exemplarisch für einen Musterraum auf Grundlage des bisherigen Sanierungskonzeptes, die erforderliche Heizleistung abgeschätzt. Die spezifische Heizleistung wurde dann, bezogen auf die Bruttogeschossfläche, hochgerechnet, so dass den beiden Gebäuden Hauptgebäude und Nebengebäude, die entsprechende Heizleistung, die nach einer energetischen Gebäudesanierung zu erwarten ist, prognostiziert wurde.

Der spezifische Leistungsansatz für das Nebengebäude ist höher, da hier die Flächen im Rahmen eines Flachbaus mit einem höheren Anteil an Außenfassadenflächen berücksichtigt werden müssen.

Diese ermittelte Heizleistung wurde dann entsprechend, in den Deckungsbeitrag der über eine konventionelle Gaskesselanlage erbracht wird und einem Deckungsbeitrag der über eine entsprechende Wärmepumpenanlage erbracht werden kann aufgeteilt.

4.2 Ermittlung der Jahresarbeit / Verbrauch

Aus der Literatur ergibt sich der Faktor für die Volllastbetriebsstunden für Schulgebäude in einem mehrschichtigen Betrieb. Dieser wurde mit 1.350 Volllastbetriebsstunden/Jahr angesetzt. Hieraus ergibt sich die Gesamtjahresheizarbeit in kWh /Jahr. Da die Wärmepumpe jedoch kontinuierlich im Rahmen einer Grundlastabdeckung durchläuft, kann die Wärmepumpe mit höheren Volllastbetriebsstunden gerechnet werden. Hierfür wurde für die Heizperiode Oktober bis April ein entsprechendes Nutzlastprofil im Rahmen der Berechnung zugrunde gelegt. Aus diesem Berechnungsgang ergibt sich somit wie viele kWh an Jahresheizarbeit über die Gaskesselanlage erbracht werden und wie viel kWh/Jahr über die Wärmepumpenanlage erbracht werden können.

4.3 Ermittlung der überschlägigen Investitionskosten

Um die Wirtschaftlichkeitsfaktoren der unterschiedlichen Varianten überprüfen zu können, müssen die Investitionskosten überschlägig ermittelt werden. Es wurden ausschließlich die Kosten, die rein mit der Thematik der Gebäudebeheizung zusammenhängen, grob ermittelt, um hierüber einen entsprechenden Kostenvergleich der Varianten zu ermöglichen.

Investitionskosten, auch die in der Heizungstechnik in allen Varianten im Rahmen der Grundsanierung anfallen, wurden nicht betrachtet, da diese für die Systementscheidung irrelevant sind. Die entsprechende Kostenschätzung dient daher nur zur Systementscheidung.

4.4 Ermittlung der überschlägigen Verbrauchskosten

Im Rahmen der Beauftragung wurden uns seitens des Amtes für Gebäudewirtschaft die aktuellen Strom- und Gas- sowie Wasserkosten für die Gebäude zur Verfügung gestellt. Die entsprechenden Rechnungen wurden von uns dahingehend ausgewertet, dass die entsprechenden Tarife für Gas und Strom für die weitere Berechnung zugrunde gelegt werden können.

Die ermittelten Jahresverbräuche für die Nutzung der Wärmepumpe in kWh müssen über den Wirkungsgrad der Wärmepumpe (COP-Wert) auf den Energieträgerstrom umgerechnet werden, um somit die Verbrauchskosten für den tatsächlichen Energieträger Strom berücksichtigen zu können. Im Rahmen der Berechnungen wurden dann sowohl für das Haupt- wie für das Nebengebäude die entsprechenden Jahresverbrauchskosten auf Grundlage der zuvor übermittelten Tarife für Strom und Gas entsprechend berechnet und ausgewiesen.

Die berechneten jährlichen Verbrauchskosten der jeweiligen Variante wurden wieder der Grundvariante gegenüber gestellt, in dem das Gebäude nur über eine rein konventionelle Gaskesselanlage wie bisher, beheizt wird.

4.5 Wirtschaftlichkeitsvergleich

Im Rahmen des berechneten Wirtschaftlichkeitsvergleichs erfolgt die Gegenüberstellung der jeweiligen Variante gegenüber der Grundvariante, Beheizung mit einer konventionellen Gaskesselanlage, hinsichtlich der Verbrauchskosten und der Investitionskosten. Die entsprechenden Einsparungen bzw. Mehrkosten werden ausgewiesen. Es erfolgt eine statische Amortisationsrechnung indem die ausgewiesenen Einsparungen der Mehrinvestition gegenüber gestellt werden, so dass die Wirtschaftlichkeit beurteilt werden kann.

5 Zusammenfassung / Gegenüberstellung der Ergebnisse

In der nachfolgenden Tabelle werden die wesentlichen Ergebnisse der Berechnungen aus transparent gegenüber gestellt. Zur Nachvollziehbarkeit der entsprechenden Ergebnisse wird auf die Anlagen verwiesen.

Die eingesparten CO₂ Ausstöße wurden in einer separaten Anlage berechnet.

| | IST Zustand vor der Sanierung Verbrauchskosten Jahr 2011 | | Konv. Beheizung Gaskessel nach Dämmung Fassade | | Teilnutzung Geothermie / WP | |
|--|---|----------------|--|----------------|--------------------------------|-------------|
| | Hauptgeb. | Nebengeb. | Hauptgeb. | Nebengeb. | Hauptgeb. | Nebengeb. |
| Leistung Wärmepumpe | | | | | 70 kW | 40 kW |
| Leistung Gaskessel | 450 kW | 300 kW | 260 kW | 175 kW | 212 kW | 148 kW |
| Jahresarbeit WP | | | | | 239,4 MWh/a | 145,2 MWh/a |
| Jahresarbeit Gaskessel | 473,2 MWh/a | 304,5 MWh/a | 342,2 MWh/a | 234,1 MWh/a | 102,8 MWh/a | 88,9 MWh/a |
| Mehrkosten Geothermie / WP brutto | | | | | 197.883,00 € | |
| Vorlauftemperatur WP | | | | | 60 °C | |
| COP Wärmepumpe | | | | | 3,5 | |
| Verbrauchskosten Heizung brutto | Kosten 2011 = 44.369,79 € | | 32.325,42 € | | 35.530,62 € | |
| | Kosten 2010 = 52.009,60 € | | | | | |
| Einsparung CO-2 | - | | -40,3 t CO-2 /a | | -56,8 t/CO-2/a | |

6 Fazit und Empfehlung

Auf Grundlage der von uns durchgeführten Berechnungen und Wirtschaftlichkeitsvergleiche muss leider festgestellt werden, dass bei den derzeitigen Gas- und Stromtarifen der Stadt Hilden sich ein wirtschaftlicher Einsatz einer Geothermieanlage in Kombination mit einer Wärmepumpe für die Gebäudebeheizung zunächst nicht darstellen lässt.

Allerdings muss gem. EEWärmeG jedoch ein Anteil von 15% der Wärme regenerativ erzeugt werden. Als vom Gesetz zugelassene Alternative käme als Kompensationsmaßnahme eine nochmalige Verbesserung der Gebäudedämmung in Betracht, deren Mehrkosten von den Architekten ermittelt werden. Nach einer ersten überschlägigen Berechnung durch das Architekturbüro ist diese Kompensationsmaßnahme jedoch nicht sinnvoll, da die zusätzliche Dämmforderungen und eine geforderte 3-fach Verglasung zu deutlichen höheren Investitionskosten führen würden und teilweise gerade sanierte Fensterflächen wieder ausgetauscht werden müssten.

Die derzeitigen Verbrauchskosten (milder Winter 2011) für die Gebäudebeheizung des Haupt- und des Nebengebäudes belaufen sich - ohne die energetische Sanierung der Fassade - derzeit auf ca. 44.000 € brutto pro Jahr. Für das Jahr 2010 wurden uns Gesamtgaskosten in Höhe von 65.012 € brutto angegeben. Bereinigt man diese Gesamtkosten um den Anteil der Turnhallen, so beliefen sich die Verbrauchskosten für das Haupt- und das Nebengebäude im Jahr 2010 auf ca. 52.000 € brutto.

Durch die energetische Sanierung der Fassaden ist davon auszugehen, dass sich die jährlichen Verbrauchskosten ca. zwischen 30 % und 35 % in Abhängigkeit der klimatischen Bedingungen reduzieren werden. Somit liegen die zu erwartenden zukünftigen Verbrauchskosten für die Gebäudebeheizung über konventionelle Gaskesselanlagen, wie von uns berechnet, bei ca. 32.000 € Jahreskosten. Die jährlichen Verbrauchskosten für die Wärmepumpenanlagen liegen etwas höher.

Im Fazit zeigt sich, dass aufgrund der sehr günstigen Gaskosten im Verhältnis zu den Stromkosten, sich im besten Fall die zukünftigen Verbrauchskosten auf dem gleichen Niveau bewegen werden wie in der Grundvariante, bei der auf die Geothermieanlage verzichtet wird und das Gebäude über eine konventionelle neue Gaskesselanlage versorgt wird.

Aus ökologischen Gründen stellt die Wärmepumpe die sinnvollere Variante dar, da sich hier aufgrund des besseren Wirkungsgrades der Wärmepumpe die höchsten jährlichen CO₂-Einsparungenergeben.

Wir empfehlen vor dem Hintergrund des EEWärmeG (zusätzliche Investitionskosten für eine erweiterte Gebäudedämmung) den Einsatz einer Geothermieanlage in Verbindung mit einer Gebäudebeheizung über eine Wärmepumpe.

Essen, 22.08.2012

- ppa. Markus Brümmer -

7 Anlagen

Anlage 1: Berechnungen

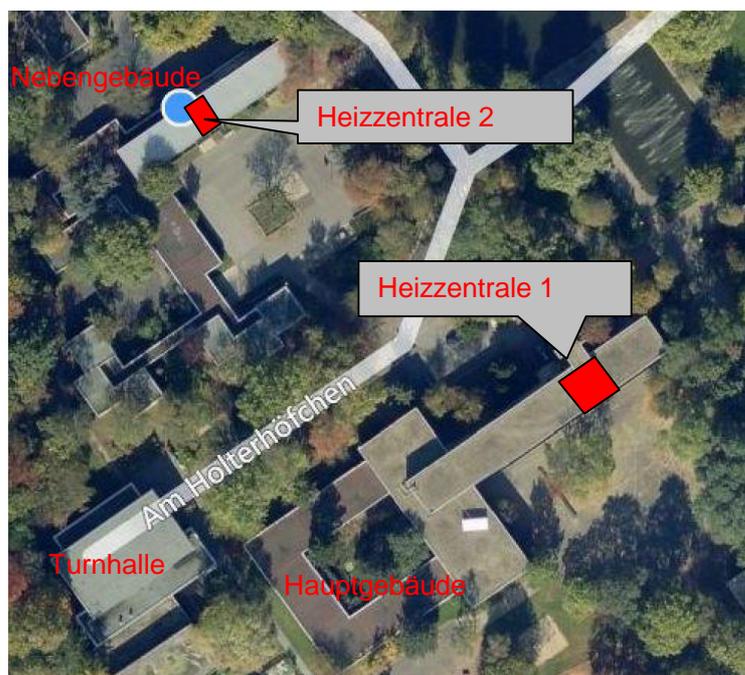
Berechnung eingesparter CO₂ Ausstoß

Anlage Folgekosten § 14 GemHVO

Wilhelm-Fabry Realschule , Hilden Machbarkeitsstudie Geothermienutzung

Anlage 1

**Berechnungen der Investitionskosten, Verbrauchskosten und Wirtschaftlichkeit
für eine Teilnutzung mit Geothermie / Wärmepumpe 60°C Vorlauf**



1. Ermittlung der Leistungsdaten

Hauptgebäude

Heizlast

| Fläche BGF | Spez. Heizleistung nach Sanierung ca. | Heizleistung neu |
|----------------------|---------------------------------------|------------------|
| 5.633 m ² | 45 W/m ² | 253 KW |

Deckungsbeitrag der Wärmepumpe ca. 28%

Wärmepumpe Hautgebäude 70 KW 12 W/m²

Gaskessel Hautgebäude+15% Reserve 212 KW

Nebengebäude

Heizlast

| Fläche BGF | Spez. Heizleistung nach Sanierung ca. | Heizleistung neu |
|----------------------|---------------------------------------|------------------|
| 2.883 m ² | 58 W/m ² | 167 KW |

Deckungsbeitrag der Wärmepumpe ca. 24%

Wärmepumpe Nebengebäude 40 KW 14 W/m²

Gaskessel Nebengebäude+15% Reserve 148 KW

2. Ermittlung der Jahresarbeit / Verbrauch

Hauptgebäude

| Voll-Laststunden pro Jahr | Heizlast | Jahres-Heizarbeit | Leistung Gas-Kessel | Leistung Wärmepumpe |
|---------------------------|----------|-------------------|---------------------|---------------------|
| 1.350 h/a | 253 KW | 342.205 kWh/a | 212 KW | 70 KW |

Deckungsanteil Wärmepumpe / Geothermie

Heizperiode Oktober bis April Grundlast für das Gebäude

Nutzlastfaktor für 4 Schwachlast-Monate (Oktober, November + März, April) = 50%

Nutzlastfaktor für 3 Volllast-Monate (Dezember, Januar, Februar) = 85%

Jahresdauerstunden / Volllaststunden Grundlast Wärmepumpe

| Monte | Tage/Monat | Stunden/Tag | Faktor | Jahresstunden |
|-------|------------|-------------|--------|------------------|
| 4 | 30 | 24 | 55% | 1.584 h/a |
| 3 | 30 | 24 | 85% | 1.836 h/a |
| | | | | 3.420 h/a |

Deckungsbeitrag Wärmepumpe

| Jahresstunden | Leistung Wärmepumpe | Jahres-Heizarbeit WP |
|---------------|---------------------|----------------------|
| 3.420 h/a | 70 KW | 239.400 kWh/a |

| Jahres-Heizarbeit Gesamt | Jahres-Heizarbeit WP | Jahres-Heizarbeit Kessel |
|--------------------------|----------------------|--------------------------|
| 342.205 kWh/a | 239.400 kWh/a | 102.805 kWh/a |
| 100% | 70% | 30% |

Der Deckungsbeitrag der Wärmepumpe beträgt somit ca. **70%**

2. Ermittlung der Jahresarbeit / Verbrauch

Nebengebäude

| Voll-Laststunden pro Jahr | Heizlast | Jahres-Heizarbeit | Leistung Gas-Kessel | Leistung Wärmepumpe |
|---------------------------|----------|-------------------|---------------------|---------------------|
| 1.400 h/a | 167 KW | 234.100 kWh/a | 148 KW | 40 KW |

Deckungsanteil Wärmepumpe / Geothermie

Heizperiode Oktober bis April Grundlast für das Gebäude

Nutzlastfaktor für 4 Schwachlast-Monate (Oktober, November + März, April) = 55%

Nutzlastfaktor für 3 Volllast-Monate (Dezember, Januar, Februar) = 85%

Jahresdauerstunden / Volllaststunden Grundlast Wärmepumpe

| Monte | Tage/Monat | Stunden/Tag | Faktor | Jahresstunden |
|-------|------------|-------------|--------|------------------|
| 4 | 30 | 24 | 60% | 1.728 h/a |
| 3 | 30 | 24 | 88% | 1.901 h/a |
| | | | | 3.629 h/a |

Deckungsbeitrag Wärmepumpe

| Jahresstunden | Leistung Wärmepumpe | Jahres-Heizarbeit WP |
|---------------|---------------------|----------------------|
| 3.629 h/a | 40 KW | 145.152 kWh/a |

| Jahres-Heizarbeit Gesamt | Jahres-Heizarbeit WP | Jahres-Heizarbeit Kessel |
|--------------------------|----------------------|--------------------------|
| 234.100 kWh/a | 145.152 kWh/a | 88.948 kWh/a |
| 100% | 62% | 38% |

Der Deckungsbeitrag der Wärmepumpe beträgt somit ca. **62%**

3. Ermittlung der überschlägigen Investitionskosten für die Gebäudebeheizung

Es werden ausschließlich die Kosten die rein mit der Thematik der Art der Beheizung zusammenhängen grob ermittelt um einen entsprechenden Kostenvergleich der beiden Varianten zu ermöglichen. Kosten auch die in der Heizungstechnik in beiden Varianten anfallen werden nicht betrachtet, da diese für die Systementscheidung irrelevant sind. Diese Kostenschätzung dient daher nur zur Systementscheidung

Grob-Kostenschätzung Variante Geothermie / Wärmepumpe+ Gaskessel

| Kostengruppe | Titel | Position | Anzahl | EP [€ netto] | GP [€ netto] |
|--------------|-------------------|-----------------------------------|---------|---------------|---------------------|
| 421 | Wärmeerzeuger | WP-Anlage 40 kW | 1 St | 25.000,00 € | 25.000,00 € |
| | | WP-Anlage 70 kW | 1 St | 40.000,00 € | 40.000,00 € |
| | | Geothermieanlage | 1 St | 90.000,00 € | 90.000,00 € |
| | | Gaskesselanlage 212 KW | 212 KW | 125,00 € | 26.500,97 € |
| | | Gaskesselanlage 148 KW | 148 KW | 125,00 € | 18.537,01 € |
| 422 | Wärmeverteilung | Psch. Erhöhter Verrohrungsaufwand | 1 pschl | 10.000,00 € | 10.000,00 € |
| 480 | Gebäudeautomation | Mehraufwand Regelung WP+Kessel | 1 pschl | 15.000,00 € | 15.000,00 € |
| | | | | | 225.037,98 € |
| | | | | brutto | 267.795,20 € |

Grob-Kostenschätzung Variante nur Gaskessel

| Kostengruppe | Titel | Position | Anzahl | EP [€ netto] | GP [€ netto] |
|--------------|---------------------|-----------------------------------|--------|---------------|--------------------|
| 421 | Wärmeerzeuger | Gaskesselanlage 282 KW | 282 KW | 125,00 € | 35.250,00 € |
| | | Gaskesselanlage 188 KW | 188 KW | 125,00 € | 23.500,00 € |
| 300 | Baukosten / Fassade | Kompensation Unterschreitung EnEV | | | |
| | | um >15% | | | |
| | | | | | 58.750,00 € |
| | | | | brutto | 69.912,50 € |

Mehrkosten Geothermie / Wärmepumpe

netto 166.287,98 €
 brutto 197.882,70 €

4. Ermittlung der überschlägigen Verbrauchskosten für die Gebäudebeheizung

4.1 Variante Geothermie / Wärmepumpe

Grunddaten aus Rechnungen der Stadt Hilden

| | Tarif netto | Grundpreis pschl |
|--------|-------------|----------------------------------|
| Erdgas | 4,54 Ct/kWh | 500,00 € (Hildengas Individuell) |

| | Tarif netto | Stromsteuer | Leistungspreis + Messpreis pschl. | Abzgl. Kommunalrabatt Zähler Hauptgebäude | Abzgl. Kommunalrabatt Zähler Nebengebäude |
|-------|--------------|-------------|-----------------------------------|---|---|
| Strom | 16,27 Ct/kWh | 2,05 Ct/kWh | 65,18 € | - 74,91 € | - 31,89 € |

| | Tarif netto | Grundpreis pschl | Rabatt nur für Hauptgebäude |
|---------------|-------------|------------------|-----------------------------|
| Wasser | 1,9005 €/m³ | 511,29 € | 10% |
| Schmutzwasser | 1,6700 €/m³ | 0 | 0 |

Hauptgebäude Variante mit Wärmepumpe / Geothermie

Heizung

Stromverbrauch Wärmepumpe

| Jahresarbeit | COP WP | Stromverbrauch Wärmepumpe |
|---------------|--------|---------------------------|
| 239.400 kWh/a | 3,5 | 68.400 kWh/a |

Im COP WP wurde auch der Ansatz für die Umwälzpumpen der Geothermieanlage berücksichtigt
 Im COP WP wurde berücksichtigt, das der COP bei 60°C Vorlauftemperatur sich verringert

Verbrauchskosten Heizung

| Energie | Jahresverbrauch | Tarif | Grundpreis pschl | Abzgl. Kommunalrabatt Zähler Hauptgebäude | Verbrauchskosten netto | Verbrauchskosten brutto |
|---------|-----------------|--------------|------------------|---|------------------------|-------------------------|
| Gas | 102.805 kWh/a | 4,54 Ct/kWh | 500,00 € | - | 5.167,34 € | 6.149,13 € |
| Strom | 68.400 kWh/a | 18,32 Ct/kWh | 65,18 € | - 74,91 € | 12.521,15 € | 14.900,17 € |
| | | | | | 17.688,49 € | 21.049,30 € |

Nebengebäude Variante mit Wärmepumpe / Geothermie

Heizung

Stromverbrauch Wärmepumpe

| Jahresarbeit | COP WP | Stromverbrauch Wärmepumpe |
|---------------|--------|---------------------------|
| 145.152 kWh/a | 3,5 | 41.472 kWh/a |

Im COP WP wurde auch der Ansatz für die Umwälzpumpen der Geothermieanlage berücksichtigt
 Im COP WP wurde berücksichtigt, das der COP bei 60°C Vorlauftemperatur sich verringert

Verbrauchskosten Heizung

| Energie | Jahresverbrauch | Tarif | Grundpreis pschl | Abzgl. Kommunalrabatt Zähler Nebengebäude | Verbrauchskosten netto | Verbrauchskosten brutto |
|---------|-----------------|--------------|------------------|---|------------------------|-------------------------|
| Gas | 88.948 kWh/a | 4,54 Ct/kWh | 500,00 € | - | 4.538,22 € | 5.400,48 € |
| Strom | 41.472 kWh/a | 18,32 Ct/kWh | 65,18 € | - 31,89 € | 7.630,96 € | 9.080,84 € |
| | | | | | 12.169,18 € | 14.481,33 € |

4. Ermittlung der überschlägigen Verbrauchskosten für die Gebäudebeheizung

4.2 Variante nur Gaskessel ohne Geothermie

Hauptgebäude Variante nur mit Gaskessel

Heizung

Verbrauchskosten Heizung

| Energie | Jahresverbrauch | Tarif | Grundpreis pschl | Abzgl. Kommunalrabatt Zähler Hauptgebäude | Verbrauchskosten netto | Verbrauchskosten brutto |
|---------|-----------------|-------------|------------------|---|------------------------|-------------------------|
| Gas | 342.205 kWh/a | 4,54 Ct/kWh | 500,00 € | - | 16.036,10 € | 19.082,95 € |
| | | | | | 16.036,10 € | 19.082,95 € |

Nebengebäude Variante nur mit Gaskessel

Heizung

Verbrauchskosten Heizung

| Energie | Jahresverbrauch | Tarif | Grundpreis pschl | Abzgl. Kommunalrabatt Zähler Nebengebäude | Verbrauchskosten netto | Verbrauchskosten brutto |
|---------|-----------------|-------------|------------------|---|------------------------|-------------------------|
| Gas | 234.100 kWh/a | 4,54 Ct/kWh | 500,00 € | - | 11.128,12 € | 13.242,46 € |
| | | | | | 11.128,12 € | 13.242,46 € |

5. Wirtschaftlichkeitsvergleich der beiden Varianten

Gegenüberstellung Variante Wärmepumpe vs. Gaskessel

Verbrauchskosten:

| | WP+Kessel | Nur Kessel |
|---------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | Verbrauchskosten brutto | Verbrauchskosten brutto |
| Hauptgebäude | 21.049,30 € | 19.082,95 € |
| Nebengebäude | 14.481,33 € | 13.242,46 € |
| | 35.530,62 € | 32.325,42 € |

Es ergibt sich somit **keine** jährliche Einsparung in den Verbrauchskosten für die Variante Wärmepumpe
Die Mehrkosten im jährlichen Verbrauch betragen

3.205,21 €

Investkosten:

| | WP+Kessel | Nur Kessel |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | Investitionskosten brutto | Investitionskosten brutto |
| | 267.795,20 € | 69.912,50 € |

Es ergibt sich somit eine Mehrinvestition für die Variante Wärmepumpe in Höhe von:

197.882,70 €

Anlage: Berechnung des eingesparten CO-2 Ausstoßes

| | IST Zustand vor der Sa- nierung Verbrauchskosten Jahr 2011 | | Konv. Beheizung Gaskessel nach Dämmung Fassade | | Teilnutzung Geothermie | |
|--|--|-------------|--|-------------|------------------------|-------------|
| | Hauptgeb. | Nebengeb. | Hauptgeb. | Nebengeb. | Hauptgeb. | Nebengeb. |
| Leistung Wärmepumpe | | | | | 70 kW | 40 kW |
| Leistung Gaskessel | 450 kW | 300 kW | 260 kW | 175 kW | 212 kW | 148 kW |
| Jahresarbeit WP | | | | | 239,4 MWh/a | 145,2 MWh/a |
| Stromverbrauch WP | | | | | 68,4 MWh/a | 41,5 MWh/a |
| | | | | | 109,9 MWh/a | |
| CO-2 Ausstoß Strom 0,55 kg CO-2 / kWh | | | | | 60,4 t CO-2/a | |
| Gasverbrauch Gaskessel | 473,2 MWh/a | 304,5 MWh/a | 342,2 MWh/a | 234,1 MWh/a | 102,8 MWh/a | 88,9 MWh/a |
| | 777,7 MWh/a | | 576,3 MWh/a | | 191,8 MWh/a | |
| CO-2 Ausstoß Gas 0,2 kg CO-2 / kWh | 155,5 t CO-2/a | | 115,3 t CO-2/a | | 38,4 t CO-2/a | |
| CO-2 Ausstoß Gesamt Variante | 155,5 t CO-2/a | | 115,3 t CO-2/a | | 98,8 t CO-2/a | |
| Einsparung CO-2 | | | -40,3 t CO-2/a | | -56,8 t CO-2/a | |

Berechnung der Folgekosten für städtische Investitionen nach § 14 GemHVO

Grundvariante IST-Zustand auf Basis der Abrechnung für 2011

c) Bewirtschaftungsaufwand für Grundstücke, bauliche Anlagen , usw.

2.14 Wasser-, Strom- und Gasverbrauch

84.980,22 €

Berechnung:

| | | Brutto |
|--------|------------------------|--------------------|
| Gas | Hauptgebäude | 26.878,16 € |
| | Nebengebäude | 17.491,63 € |
| | Turnhalle | 10.531,82 € |
| | Z-Summe Gas | 54.901,61 € |
| Strom | Hauptgebäude | 14.424,41 € |
| | Nebengebäude | 4.601,91 € |
| | Turnhalle | 1.972,90 € |
| | Z-Summe Strom | 20.999,22 € |
| Wasser | Hauptgebäude+Turnhalle | 8.401,64 € |
| | Nebengebäude | 677,75 € |
| | Z-Summe Wasser | 9.079,39 € |

2.17 Heizung

1.000,00 €

Berechnung:

Wartungskosten geschätzt

Berechnung der Folgekosten für städtische Investitionen nach § 14 GemHVO

Variante A : Beheizung über konv. Gaskessel nach energetischer Sanierung

c) Bewirtschaftungsaufwand für Grundstücke, bauliche Anlagen , usw.

2.14 Wasser-, Strom- und Gasverbrauch

72.935,84 €

Berechnung:

| | | Brutto | |
|--------|------------------------|--------------------|-------------------------|
| Gas | Hauptgebäude | 19.082,95 € | (aus Berechnung V2) |
| | Nebengebäude | 13.242,46 € | (aus Berechnung V2) |
| | Turnhalle | 10.531,82 € | (aus Alt-Rechnung 2011) |
| | Z-Summe Gas | 42.857,23 € | |
| Strom | Hauptgebäude | 14.424,41 € | (aus Alt-Rechnung 2011) |
| | Nebengebäude | 4.601,91 € | (aus Alt-Rechnung 2011) |
| | Turnhalle | 1.972,90 € | (aus Alt-Rechnung 2011) |
| | Z-Summe Strom | 20.999,22 € | |
| Wasser | Hauptgebäude+Turnhalle | 8.401,64 € | (aus Alt-Rechnung 2011) |
| | Nebengebäude | 677,75 € | (aus Alt-Rechnung 2011) |
| | Z-Summe Wasser | 9.079,39 € | |

2.17 Heizung

1.000,00 €

Berechnung:

Wartungskosten geschätzt

Hinweis: bei den Kostenaussagen handelt es sich um eine reine Kostenprognose

Berechnung der Folgekosten für städtische Investitionen nach § 14 GemHVO

Variante 2 : Teilnutzung Geothermie / Wärmepumpe

c) Bewirtschaftungsaufwand für Grundstücke, bauliche Anlagen , usw.

2.14 Wasser-, Strom- und Gasverbrauch

76.141,05 €

Berechnung:

| | | Brutto | |
|-----------------------|------------------------|--------------------|-------------------------|
| Gas | Hauptgebäude | 6.149,13 € | (aus Berechnung V2) |
| | Nebengebäude | 5.400,48 € | (aus Berechnung V2) |
| | Turnhalle | 10.531,82 € | (aus Alt-Rechnung 2011) |
| | Z-Summe Gas | 22.081,43 € | |
| Strom | Hauptgebäude | 14.424,41 € | (aus Alt-Rechnung 2011) |
| | Hauptgebäude Strom WP | 14.900,17 € | (aus Berechnung V2) |
| | Nebengebäude | 4.601,91 € | (aus Alt-Rechnung 2011) |
| | Nebengebäude Strom WP | 9.080,84 € | (aus Berechnung V2) |
| | Turnhalle | 1.972,90 € | (aus Alt-Rechnung 2011) |
| Z-Summe Strom | 44.980,23 € | | |
| Wasser | Hauptgebäude+Turnhalle | 8.401,64 € | (aus Alt-Rechnung 2011) |
| | Nebengebäude | 677,75 € | (aus Alt-Rechnung 2011) |
| Z-Summe Wasser | 9.079,39 € | | |

2.17 Heizung

2.000,00 €

Berechnung:

Wartungskosten geschätzt

Hinweis: bei den Kostenaussagen handelt es sich um eine reine Kostenprognose