

Machbarkeitsuntersuchung

Zur Neubaukonzeption und Fernwärmeanschluss Adam-Weise- Straße 48

für

Stadt Gräfenhainichen
Markt 1
06773 Gräfenhainichen

von

Independent Energy
Lutherstraße 22a
06886 Lutherstadt Wittenberg
Tel.: +49 (0)341 3065 280
Mobil: +49 (0)171 3181 142
Mail: info@independent-energy.eu
Web: www.independent-energy.eu

Februar 2015

1 Inhalt

| | | |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2 | Einleitung..... | 3 |
| 3 | Auftrag..... | 4 |
| 4 | Definition und Herausarbeiten mehrerer Energiekonzeptvarianten bzgl. Energieversorgung und Baustandard des Neubaus, davon mind. eine Variante mit Nutzung eines Fernwärmeanschlusses | 4 |
| 4.1 | Bestandsaufnahme und Ermittlung der potenziellen Fernwärmetrasse | 4 |
| 4.1.1 | Kurzbeschreibung Trassenverlauf 1 | 5 |
| 4.1.2 | Kurzbeschreibung Trassenverlauf 2 | 5 |
| 4.2 | Beschreibung der Gebäudebeschaffenheit Adam – Weise – Straße 48 | 6 |
| 4.3 | Berechnung der möglichen Energiekonzeptvarianten..... | 6 |
| 5 | Erarbeitung eines Fernwärmekonzeptes für den Standort unter Berücksichtigung des umliegenden Gebietes und Ermittlung der Grenzkosten für Brennstoffe sowie der mindestens zu akquirierenden Anschlusszahlen..... | 9 |
| 5.1 | Grundlagenermittlung..... | 9 |
| 5.2 | Grenzkostenermittlung Fernwärme Variante 1 | 10 |
| 5.3 | Grenzkostenermittlung Fernwärme Variante 2 | 13 |
| 5.4 | Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten 1, 2, 4a bis c und 5 | 15 |
| 6 | Nachhaltigkeitsvergleich | 16 |
| 6.1 | Schadstoffe..... | 16 |
| 6.2 | Günstiger Wohnraum..... | 16 |
| 6.3 | Standortvorteil | 16 |
| 6.4 | Zusammenfassung der wichtigsten Kenndaten und Ergebnissen..... | 17 |
| 7 | Fazit | 18 |
| 8 | Anlagenverzeichnis..... | 19 |
| 9 | Abbildungsverzeichnis..... | 19 |

2 Einleitung

Im Zuge der Umsetzung der Ziele des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) ist die Entwicklung von Szenarien und Lösungsansätzen zur Energieversorgung von urbanen Strukturen auf der Basis von erneuerbaren Energien von immenser Bedeutung. Diese Studie betrachtet die technische, ökologische und ökonomische Machbarkeit der Energieversorgung eines neu zu errichtenden Wohngebäudes mit acht bis zehn Wohneinheiten in der Adam-Weise- Straße 48 in 06773 Gräfenhainichen.

Es werden verschiedene Versorgungsvarianten betrachtet welche untereinander und zu Beginn nach außen vernetzt sind. Im weiterführenden Teil dieser Machbarkeitsuntersuchung werden anschließend die verschiedenen Versorgungsvarianten des Wohngebäudes einem Wirtschaftlichkeits- sowie Nachhaltigkeitsvergleich unterzogen. Es werden die vor Ort vorhandenen Potenziale der Energieerzeugung maximal ausgeschöpft.

Die Verwendung von erneuerbaren Energien für die Energiebereitstellung geht mit der Notwendigkeit von elektrischen, elektrochemischen und thermischen Speichern einher. Hierzu werden Annahmen auf Basis der vorhandenen Bauleitplanung z.B. zur Energieeffizienz, Strom- und Wärmeverbrauch, der Wechselwirkung mit den öffentlichen Netzen in Form von Überschusseinspeisung, der Bildung von Bilanzkreis-, sowie Betreibermodellen getroffen. Weiterhin stellen die aktuelle ENEC 2014, sowie die damit zusammenhängenden Normen, im Wesentlichen DIN 4701 sowie DIN 4108 die Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung des Gebäudeenergiebedarfs dar.

3 Auftrag

Im Rahmen der Ausschreibung der Stadt Gräfenhainichen - Stadt mit neuer Energie wurde das Unternehmen Independent Energy am 31.12.2014 mit einer Bearbeitung der Machbarkeitsüberprüfung des Loses 1: "Machbarkeitsüberprüfung der Neubaukonzeption und Fernwärmeanschluss Adam-Weise- Straße 48" beauftragt.

4 Definition und Herausarbeiten mehrerer Energiekonzeptvarianten bzgl. Energieversorgung und Baustandard des Neubaus, davon mind. eine Variante mit Nutzung eines Fernwärmeanschlusses

4.1 Bestandsaufnahme und Ermittlung der potenziellen Fernwärmetrasse

Zur Vorbereitung der Berechnungen wurde am 22.01.2015 mit Herrn Wahle von dem Unternehmen MIDEWA Gräfenhainichen eine Begehung zur Ermittlung der potenziellen Nahwärmetrasse durchgeführt.

Der ermittelte ideale Verlauf ist in der folgenden Übersichtskarte dargestellt.

Grundsätzlich bestehen zwei Varianten, welche jeweils den gleichen Trassenverlauf zu Grunde liegen haben.

Variante 1: Fernwärmenetz Kreuzung Rosa-Luxemburg-Straße bis Adam-Weise-Straße 48; Länge ca. 500m; Nennweite DN 32; Vorlauf/Rücklauf 80°C/50°C; Spreizung 30K; potenzielle Anschlussleistung 115 kW



Abbildung 1 Trassenverlauf Variante 1

Variante 2: Fernwärmenetz von der Kreuzung Rosa-Luxemburg-Straße bis Wohngebiet Nachtigallenweg/Rotkehlchenweg; Länge ca. 2000m; Nennweite DN 32; Vorlauf/Rücklauf 80°C/50°C; Spreizung 30K; potenzielle Anschlussleistung 1570 kW



Abbildung 2 Trassenverlauf Variante 2

4.1.1 Kurzbeschreibung Trassenverlauf 1

An der Kreuzung Rosa-Luxemburg-Straße, Rudolf-Breitscheid-Straße befindet sich ein Revisionschacht der bestehenden Fernwärmeleitung. An diesem Punkt kann die neu zu errichtende Fernwärmeleitung an das bestehende Netz angebunden werden. Die Verlegung erfolgt unter dem Bürgersteig entlang der Rudolf-Breitscheid-Straße an der Adam-Weise-Straße 48 vorbei. Hier erfolgt die Anbindung des neu zu errichtenden Wohngebäudes.

Potenziell können hier die Freiwillige Feuerwehr (Kommunales Gebäude) sowie das neu zu errichtende Wohngebäude (Adam-Weise-Straße 48) als Anschlussnehmer angeschlossen werden.

4.1.2 Kurzbeschreibung Trassenverlauf 2

Der Anschlusspunkt befindet sich ebenfalls an der Kreuzung Rosa-Luxemburg-Straße, Rudolf-Breitscheid-Straße am existenten Revisionschacht. Die neu zu errichtende Fernwärmeleitung verläuft entlang der Rudolf-Breitscheid-Straße bis zur Kreuzung Eisenbahnstraße/Parkstraße, dann die Parkstraße entlang bis in das Wohngebiet Nachtigallenweg/Rotkehlchenweg. In diesem Gebiet befinden sich potenziell zu erschließende Wohnquartiersflächen. Mögliche zu akquirierende Anschlussnehmer sind hier wiederum die Freiwillige Feuerwehr, das neu zu errichtende Wohngebäude Adam-Weise-Straße 48, sowie das Wohngebiet Nachtigallenweg/Rotkehlchenweg.

4.2 Beschreibung der Gebäudebeschaffenheit Adam – Weise – Straße 48

Bei dem Gebäude in der Adam-Weise-Straße handelt es sich um ein ungenutztes Gebäude welches zwischen 1970 bis 1980 errichtet wurde. Die thermische Gebäudehülle ist nicht gedämmt. Das Gebäude besitzt ein Flachdach welches mit Bitumenbahn eingedeckt ist. Die Fenster besitzen einen Holzrahmen sowie Einfachverglasung. Die Außentüren sind aus Holz.

Das Gebäude und das anliegende, dazugehörige Areal sind umzäunt und es grenzen ein Garagenkomplex, bzw. Barackenbauten an. Auf dem gesamten Areal befinden sich mehrere hohe Laub- und Nadelbäume.



Abbildung 3 Bestandsgebäude Adam-Weise-Straße 48

4.3 Berechnung der möglichen Energiekonzeptvarianten

Im Vorfeld der Berechnung der verschiedenen Versorgungsvarianten wurde zunächst das Bestandsgebäude möglichst realitätsnah in der CAD Software Hott-CAD konstruiert.

Auf dieser Basis wurde anschließend das sanierte Gebäude im „Neubau“ simuliert. Bei der Konstruktion der einzelnen Bauteile wurde darauf geachtet, dass sämtliche Vorgaben nach ENEC 2014 eingehalten werden um in der weiteren Betrachtung des Projektes ebenfalls Konformität bei der Beantragung und Bewilligung von Fördermitteln zu erlangen.



Abbildung 4 3D- Konstruktion neu errichtetes Gebäude Adam- Weise- Straße 48

Dem konstruierten Gesamtgebäude wurden anschließend für sämtliche Bauteile der thermischen Gebäudehülle Schichtenaufbauten zugewiesen. Bei der Zuweisung der Schicht- bzw. Wandaufbauten wurde die aktuell gültige Version der Energieeinsparverordnung EnEV 2014 zu Grunde gelegt. Diese legt die rechtlichen Grundlagen für die Einhaltung der Transmissionswärmeverluste der thermischen Gebäudehülle sowie weiterführend einzuhaltende Kenngrößen und Emissionswerte der Heizungstechnik fest. Um eine Konformität nach EnEV 2014 zu erlangen darf der Energieverlust durch die Bauteile der thermischen Gebäudehülle, also Wand, Decken, Dach, Fenster und Türen maximal den Vorgaben der Energieeinsparverordnung entsprechen. Diese sind in Anlage 1 aufgeführt.

Im Anschluss an die Erstellung der Schichtenaufbauten wurden die Heizkreise zugewiesen, Verteilstränge definiert sowie die verschiedenen Versorgungsvarianten untersucht und in einer Auswertung miteinander auf verschiedene technische Kriterien wie z.B. Endenergiebedarf, Primärenergiebedarf, Schadstoffemissionen sowie soziale Nachhaltigkeitskriterien verglichen. Weiterhin wurden die Einhaltung der Kriterien des KfW-Standards KfW 70, KfW 50 sowie ein Endenergiebedarf EnEV 50% für die jeweilige Versorgungsvariante überprüft. Die Einhaltung des jeweiligen KfW-Standards bedeutet für den Endenergieverbrauch des Gebäudes, also den Energiebedarf für die Versorgung mit Heizenergie, Warmwassererzeugung sowie Hilfsenergie zum Betrieb der heiztechnischen Anlagen, dass z.B. bei KfW 50 maximal 50 kWh/m²a an Endenergie verbraucht werden darf.

Es wurde je Variante ein bivalentes System simuliert, sowie Photovoltaikanlagen zur Hilfsenergieerzeugung und Eigenstromnutzung berücksichtigt.

Tabelle 1 Übersicht der Varianten Energiebereitstellung

| | ISTZUSTAND | Brennwert-Therme (V1) | Mini Gas-BHKW (V2) | Fernwärme (V3) | WP Luft/Wasser (V4) | WP Wasser/Wasser (V5) | WP Sole/Wasser (V6) | Scheitholz/Pellets (V7) |
|----------------------------------------------------------------|------------|-----------------------|--------------------|----------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|
| Primärenergiebedarf in [kWh/a] | 103.153 | -27% | -72% | -16% | -61% | -67% | -64% | -76% |
| Endenergiebedarf in [kWh/a] | 91.591 | -26% | -28% | -28% | -82% | -84% | -83% | -5% |
| Heizwärmebedarf in [kWh/a] | 46.587 | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 0% |
| spezifischer Transmissionswärmeverlust in [W/m ² K] | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 |
| Anlagentechnische Verluste in [kWh/a] | 33.101 | -72% | -79% | -79% | -221% | -229% | -226% | -13% |
| Anlagenaufwandszahl | 1,76 | 1,25 | 0,48 | 1,43 | 0,67 | 0,57 | 0,61 | 0,42 |

Schadstoff-Emissionen

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------|------|-------|------|------|------|------|------|
| CO ₂ -Emissionen in [kg/a] | 23.067 | -27% | -37% | 17% | -54% | -61% | -58% | -76% |
| NO _x -Emissionen in [kg/a] | 19 | -27% | 24% | -79% | -48% | -56% | -53% | 263% |
| SO ₂ -Emissionen in [kg/a] | 16,1 | -30% | -152% | 183% | 16% | -2% | 6% | 277% |

Kosten/Wirtschaftlichkeit

| | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Brennstoffkosten in [EUR/a] | 6153 | -27% | -28% | -28% | -46% | -55% | -51% | -32% |
| Gesamtinvestitionskosten in [EUR] | | 161.947 | 170.857 | 164.157 | 177.110 | 186.413 | 187.713 | 172.663 |
| Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen in [EUR] | | 78.216 | 85.322 | 84.568 | 89.594 | 103.094 | 97.706 | 85.703 |
| Kosteneinsparung durch Energiesparmaßnahmen in [EUR] | | 68.580 | 55.980 | 74.310 | 110.850 | 109.860 | 109.590 | 81.090 |
| mittlere Kosteneinsparung in [EUR/a] | | 2.286 | 1.806 | 2.477 | 3.695 | 3.662 | 3.653 | 2.703 |

Die Ergebnisse sind im Bericht Anlage 2 dargestellt.

5 Erarbeitung eines Fernwärmekonzeptes für den Standort unter Berücksichtigung des umliegenden Gebietes und Ermittlung der Grenzkosten für Brennstoffe sowie der mindestens zu akquirierenden Anschlusszahlen

5.1 Grundlagenermittlung

Wie in 4.1 beschrieben wurde in Vorbereitung der Erarbeitung eines Fernwärmekonzeptes für den Standort Adam-Weise-Straße 48 eine potenziell mögliche Trasse festgelegt. Im Zusammenhang mit der Begehung vor Ort wurden auch gleichzeitig potenziell mögliche Anschlussnehmer identifiziert. Es wurden ein Worst-Case- und ein Best-Case-Szenario durchgeführt. Zunächst wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Isoplus Fernwärmetechnik GmbH und nach Vorgabe von Herrn Wahle eine mögliche Dimensionierung des zu verlegenden Rohrquerschnittes ermittelt. Bei der Begehung ging man davon aus, dass mindestens ein Rohrquerschnitt (jeweils Vor- und Rücklauf) von DN 50 (siehe EN 10255) für die Variante 1 (Worst-Case bis Adam-Weise-Straße 48) und DN 100 für die Variante 2 (Best-Case bis Wohngebiet Nachtigallenweg/Rotkehlchenweg).

Die Preisbildung für die Wärmeabgabe erfolgt aus dem aktuellen Preisblatt Fernwärme der Stadtwerke Lutherstadt Wittenberg. Bei der Ermittlung der Grenzkosten, sowie der daraus folgenden mindestens zu akquirierenden bzw. maximal möglichen Anschlussnehmer wurden folgende Faktoren zugrunde gelegt:

Tabelle 2 Faktoren und Berechnung der Fernwärme

| Faktor | Wert + Einheit |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Vorlauftemperatur | 80°C |
| Rücklauftemperatur | 50°C |
| Spreizung | 30 K |
| Druckverlust Leitung Inkl. Einbauten | 40mm WS/lfd. m |
| Durchschnittliche Anschlussleistung pro Anschlussnehmer | 12 kW |
| Wartungskosten pro Jahr | 3% der Investitionssumme |
| Leistungspreis | 50,72 €/kW |
| Arbeitspreis | 7,88 Cent/kWh |
| Messpreis | 23,73€/Monat |

Zur finalen Berechnung der Wirtschaftlichkeit der beiden Varianten wurden die bei diesem Projekt in Frage kommenden Fördermittel bei der Investition berücksichtigt. Diese sind im Einzelnen:

Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz)
Vom 19. März 2002 (BGBl. I S. 1092),
zuletzt geändert durch Gesetz vom 12. Juli 2012 (BGBl. I S. 1494)

§§5a, 5b, sowie §§7a, 7b jeweils unter Berücksichtigung, dass die zu Verfügung gestellte Wärmeenergie auf Basis von KWK – Erzeugungsanlagen produziert wird

5.2 Grenzkostenermittlung Fernwärme Variante 1

Tabelle 3 Amortisation Grenzkosten Worst Case DN 50

| Jahr | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|-------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Investitionskosten | | | | | | | | | | | |
| DN 50 Fernwärmeleitung | 100.000 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Tiefbau | 60.000 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Montage | 40.000 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Solarthermie + Zubehör | 12.500 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| | | | | | | | | | | | |
| Laufende Kosten | | | | | | | | | | | |
| Wartung, Instandhaltung | 6.375 € | 6.566 € | 6.763 € | 6.966 € | 7.175 € | 7.390 € | 7.612 € | 7.840 € | 8.076 € | 8.318 € | 8.567 € |
| Brennstoffkosten [€/a] | 39.179 € | 40.354 € | 41.565 € | 42.812 € | 44.096 € | 45.419 € | 46.781 € | 48.185 € | 49.630 € | 51.119 € | 52.653 € |
| Einnahmen pro Anschlussnutzer (12kW Heizlast) | | | | | | | | | | | |
| Leistungspreis (50,72€/kW*a*12kW) | 609 € | 609 € | 609 € | 609 € | 609 € | 609 € | 609 € | 609 € | 609 € | 609 € | 609 € |
| Arbeitspreis (7,88 cent/kWh*12kW*5.323,2 h) | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € |
| Messpreis pro Jahr (23,73€/Monat*12 Monate) | 285 € | 285 € | 285 € | 285 € | 285 € | 285 € | 285 € | 285 € | 285 € | 285 € | 285 € |
| Einnahmen pro Anschlussnutzer pro Jahr (12kW Heizlast) | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € |
| | | | | | | | | | | | |
| Fördermittel | | | | | | | | | | | |
| Solarthermie bis 40m ² (90€/m ²)BAFA | 1.170 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Solkreispumpe (50€/Stk.) BAFA | 50 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| | | | | | | | | | | | |
| Gesamtinvestition | 212.500 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Laufende Kosten | 45.554 € | 46.920 € | 48.328 € | 49.778 € | 51.271 € | 52.809 € | 54.394 € | 56.025 € | 57.706 € | 59.437 € | 61.220 € |
| Gesamteinnahmen | 72.314 € | 72.314 € | 72.314 € | 72.314 € | 72.314 € | 72.314 € | 72.314 € | 72.314 € | 72.314 € | 72.314 € | 72.314 € |
| Fördermittel | 1.220 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Saldo FFW+Adam-Weise-Straße | -184.520 € | -159.126 € | -135.140 € | -112.604 € | -91.561 € | -72.056 € | -54.136 € | -37.847 € | -23.239 € | -10.362 € | 731 € |

Auf Basis des angefragten Errichtungspreises für die Fernwärmeleitung ergibt sich ein Kalkulationswert pro laufenden Meter Fernwärmeleitung inklusive Montage, Tiefbau und Ausrüstung von 500€/lfd. m. Somit ergeben sich Investitionskosten von 212.500 €.

Die Kosten für Wartung und Instandhaltung belaufen sich im ersten Betriebsjahr 6.375 € und betragen somit inklusive einer jährlichen, angenommenen Kostensteigerung von 3 Prozent für den Zeitraum von 10 Jahren 81.650 €. Diese basieren auf der VDI 2067 „Wirtschaftlichkeit Gebäudetechnischer Anlagen“. Hinzu kommen noch die jährlich anfallenden Kosten für den Brennstoffeinkauf – in diesem Fall Erdgas LL mit einem anfänglichen Kostenfaktor von 39.197 €.

Auf zehn Jahre hochgerechnet ergibt sich eine Summe von 501.793 €, in welcher sich ebenfalls eine jährliche Kostensteigerung von 3 Prozent befindet.

Somit betragen die Grenzkosten für einen Betrachtungszeitraum von zehn Jahren insgesamt 795.943 €.

In Anlage 1 Seite 11 Punkt 4.4 wurden die jährlichen Heiztage für die Region Gräfenhainichen mit 221,8 Tagen ermittelt. Somit ergeben sich die gesamten Heizstunden pro Jahr zu insgesamt 5.323,2 Stunden. Bei der angenommenen Anschlussleistung von 12 kW je Hausanschluss multipliziert mit den 5.323,2 Stunden ergeben sich für den durchschnittlich zu akquirierenden Anschlussnehmer ein jährlicher durchschnittlicher Endenergiebedarf, inklusive zusätzlicher notwendiger Energie für die Warmwasserbereitung von 63.878,4 kWh/Jahr und Anschlussnehmer.

Um die notwendigen zu akquirierenden Anschlusszahlen zu ermitteln, wurden diese im Folgenden auf Basis der Kostenaufstellung für Fernwärmeversorgung der Stadtwerke Wittenberg pro Anschlussnehmer berechnet. Die Gesamtkosten für die verbrauchten Kilowattstunden ergeben sich aus dem Leistungspreis in Höhe von 50,72 € je kW Anschlussleistung pro Monat, was insgesamt jährlichen Kosten von 608,64 € entspricht. Hinzu kommen der Arbeitspreis in Höhe von 7,88 Cent/kWh welcher somit jährliche Kosten 5.033,62 € pro Anschlussnehmer verursacht und der Messpreis in Höhe von 23,73 € pro Monat, was nochmals jährliche Kosten von 284,76 € ergibt. In Summe ergeben sich pro Anschlussnutzer jährliche Gesamtkosten in Höhe von 5.927,38 € für die Versorgung mit Fernwärme.

Würde man die notwendigen zu akquirierenden Anschlusszahlen nun statisch ermitteln, ergeben sich insgesamt 13,42 zu akquirierende Haushalte, also mindestens 14, welche über 10 Jahre Energie aus Fernwärme beziehen. Die Grenzkosten in Höhe von 795.943 € werden in jährliche jeweils gleich hohe zu erwirtschaftende Anteile in Höhe von 79.594,3 € gerechnet und durch die jährlich pro Anschluss zu erwirtschaftenden Einnahmen pro Anschlussnehmer in Höhe von 5.927,38 € geteilt.

Da jedoch die Kostenverteilung nicht gleichmäßig über den Betrachtungszeitraum verteilt ist sondern im ersten Jahr die Investitionskosten in Höhe von 212.500 € plus die zusätzlichen Kosten für Brennstoffe und Wartung anfallen und in den folgenden Jahren keine weiteren Investitionskosten mehr zu tragen sind wurde die Anzahl der zu akquirierenden Anschlussnehmer dynamisch mit dem Ziel ermittelt dass im 10. Betriebsjahr sich die Grenzkosten amortisiert haben.

In diesem Fall ergeben sich die zu akquirierenden Anschlussnehmer zu 12,2 also mindestens 13 Anschlussnehmer. Geht man davon aus, dass die Gebäude der Freiwilligen Feuerwehr sowie das neu zu errichtende Gebäude in der Adam – Weise – Straße 48 als sichere Anschlussnehmer gelten, sind somit mindestens 11 weitere Anschlussnehmer mit einer durchschnittlichen Anschlussleistung von 12 kW zu akquirieren. Bei geringeren Anschlusszahlen erhöhen sich diese Zahlen entsprechend.

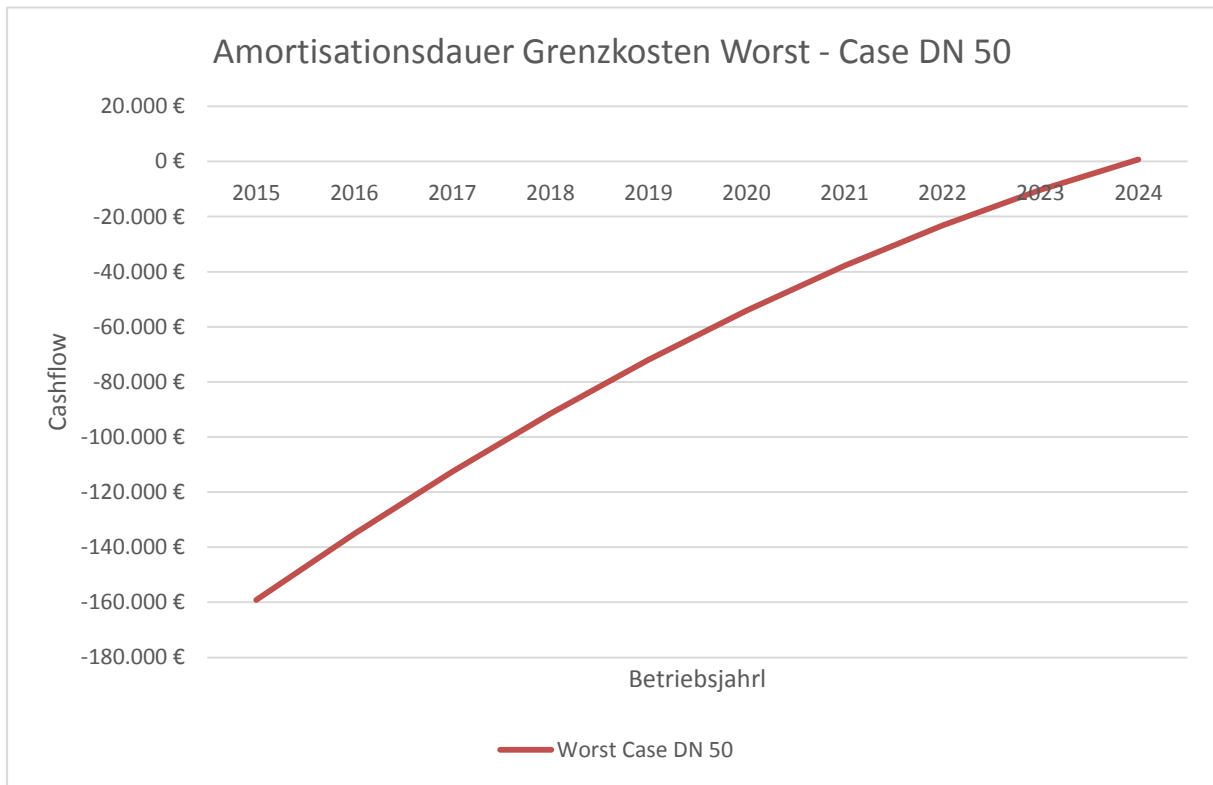


Diagramm 1 Amortisationszeit Grenzkosten Worst- Case (Rohrdurchmesser DN 50)

5.3 Grenzkostenermittlung Fernwärme Variante 2

Tabelle 4 Amortisation Grenzkosten Best-Case (Rohrdurchmesser DN 100)

| Jahr | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|-------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Investitionskosten | | | | | | | | | | | |
| DN 100 Fernwärmeleitung | 1.232.000 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Tiefbau | 264.000 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Montage | 176.000 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Solarthermie + Zubehör | 12.500 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Laufende Kosten | | | | | | | | | | | |
| Wartung, Instandhaltung | 50.535 € | 52.051 € | 53.613 € | 55.221 € | 56.878 € | 58.584 € | 60.341 € | 62.152 € | 64.016 € | 65.937 € | 67.915 € |
| Brennstoffkosten [€/a] | 534.875 € | 550.921 € | 567.449 € | 584.473 € | 602.007 € | 620.067 € | 638.669 € | 657.829 € | 677.564 € | 697.891 € | 718.827 € |
| Einnahmen pro Anschlussnutzer (12kW Heizlast) | | | | | | | | | | | |
| Leistungspreis (50,72€/kW*a*12kW) | 609 € | 609 € | 609 € | 609 € | 609 € | 609 € | 609 € | 609 € | 609 € | 609 € | 609 € |
| Arbeitspreis (7,88 cent/kWh*12kW*5.323,2 h) | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € | 5.034 € |
| Messpreis pro Jahr (23,73€/Monat*12 Monate) | 285 € | 285 € | 285 € | 285 € | 285 € | 285 € | 285 € | 285 € | 285 € | 285 € | 285 € |
| Einnahmen pro Anschlussnutzer pro Jahr (12kW Heizlast) | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € | 5.927 € |
| Fördermittel | | | | | | | | | | | |
| Solarthermie bis 40m ² (90€/m ²)BAFA | 1.170 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Solarkreiselpumpe (50€/Stk.) BAFA | 50 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Gesamtinvestition | 1.684.500 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Laufende Kosten | 585.410 € | 602.972 € | 621.062 € | 639.693 € | 658.884 € | 678.651 € | 699.010 € | 719.981 € | 741.580 € | 763.827 € | 786.742 € |
| Gesamteinnahmen | 816.793 € | 816.793 € | 816.793 € | 816.793 € | 816.793 € | 816.793 € | 816.793 € | 816.793 € | 816.793 € | 816.793 € | 816.793 € |
| Fördermittel | 1.220 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Saldo | 1.451.897 € | 1.220.514 € | 1.006.694 € | 810.962 € | 633.863 € | 475.954 € | 337.812 € | 220.029 € | 123.217 € | -48.004 € | 4.961 € |

Auf Basis des angefragten Errichtungspreises für die Fernwärmeleitung ergibt sich ein Kalkulationswert pro laufenden Meter Fernwärmeleitung inklusive Montage, Tiefbau und Ausrüstung von 760€/lfd. m. Somit ergeben sich Investitionskosten in dieser Variante von 1.684.500 €.

Die Kosten für Wartung und Instandhaltung betragen im ersten Betriebsjahr 50.535 € und summieren sich inklusive einer jährlichen, angenommenen Kostensteigerung von 3 Prozent für den Zeitraum von 10 Jahren auf 641.242 €, basierend auf der VDI 2067 („Wirtschaftlichkeit Gebäudetechnischer Anlagen“). Hinzu kommen noch die jährlich anfallenden Kosten für den Brennstoffeinkauf. In diesem Fall wird Erdgas LL mit einem anfänglichen Kostenfaktor von 534.874 € angenommen, welcher ebenfalls mit einer während des Betriebes angenommenen jährlichen Kostensteigerung von 3 Prozent veranschlagt wird. Somit belaufen sich die Brennstoffkosten für den Betriebszeitraum von 10 Jahren insgesamt auf 6.850.571 €.

Die Grenzkosten betragen für einen Betrachtungszeitraum von 10 Jahren insgesamt 9.176.313 €.

Die Berechnung der Heiztage/-Stunden ist äquivalent der Berechnung in Variante 1. Ebenfalls wurde der in der ersten Variante ermittelte Endenergiebedarf bei der angenommenen Anschlussleistung von 12 kW je Hausanschluss durchschnittlich 63.878,4 kWh/Jahr und Anschlussnehmer zur Berechnung herangezogen.

Würde man die notwendigen zu akquirierenden Anschlusszahlen in dieser Variante wiederum statisch ermitteln, ergeben sich insgesamt 154,81 zu akquirierende Haushalte, also mindestens 155, welche über 10 Jahre Energie aus Fernwärme beziehen müssen.

Die Kostenverteilung entspricht auch in diesem Szenario der Variante 1 und somit ergeben sich die zu akquirierenden Anschlussnehmer zu 137,8 also mindestens 138 Anschlussnehmer. Geht man wiederum davon aus, dass die Gebäude der Freiwilligen Feuerwehr sowie das neu zu errichtende Gebäude in der Adam – Weise – Straße 48 als sichere Anschlussnehmer gelten sind somit mindestens 136 weitere Anschlussnehmer mit einer durchschnittlichen Anschlussleistung von 12 kW zu akquirieren und entsprechend weitere bei geringeren Anschlussleistungen.

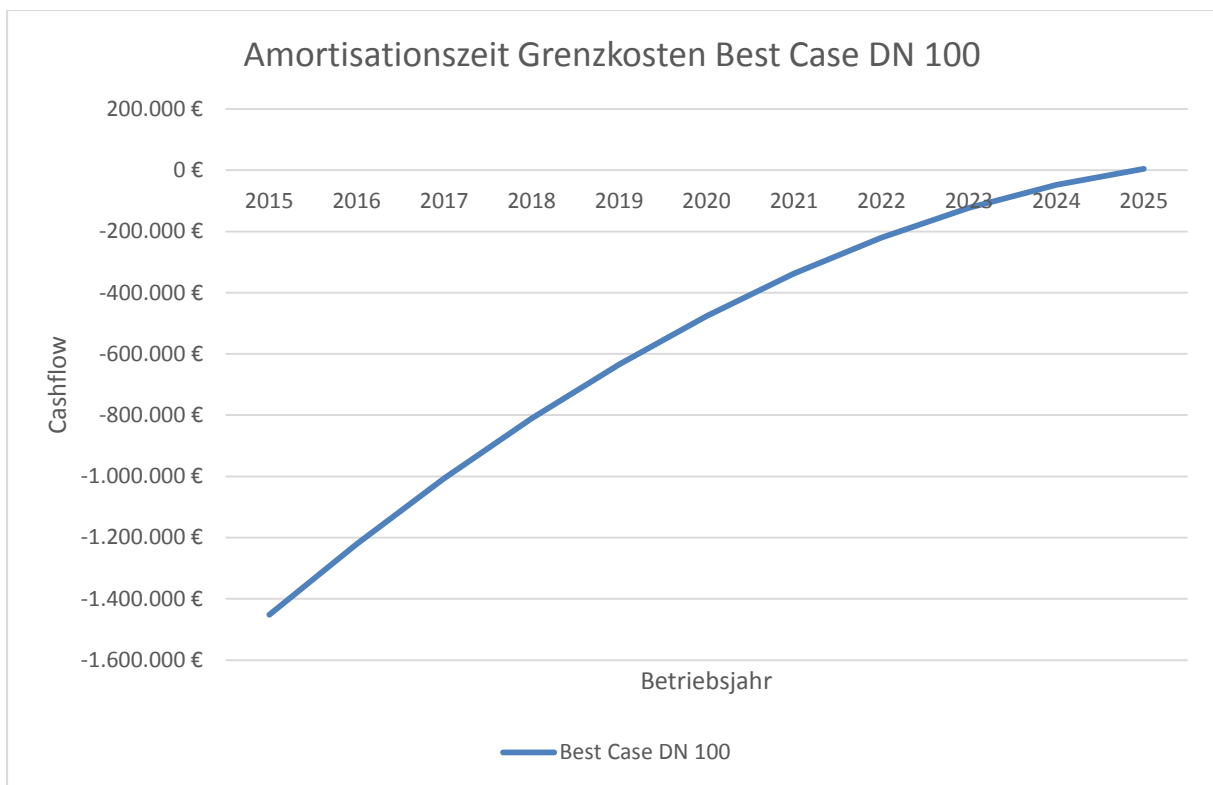


Diagramm 2 Amortisationszeit Grenzkosten Best-Case (Rohrdurchmesser DN 100)

5.4 Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten 1, 2, 4a bis c und 5

Nach Fertigstellung der Dimensionierung der Versorgungsvarianten wurden zu jeder Variante die Investitionskosten auf Basis von aktuellen Angeboten innerhalb des Unternehmens Independent Energy sowie Baukostentabellen ermittelt. Es wurde zur Übersichtlichkeit jeweils zu jeder Variante zwei Wirtschaftlichkeitsberechnungen, jeweils mit und ohne Sanierungskosten der thermischen Gebäudehülle, berechnet. Die Ergebnisse können Sie den Berechnungen in Anlage 3 entnommen werden.

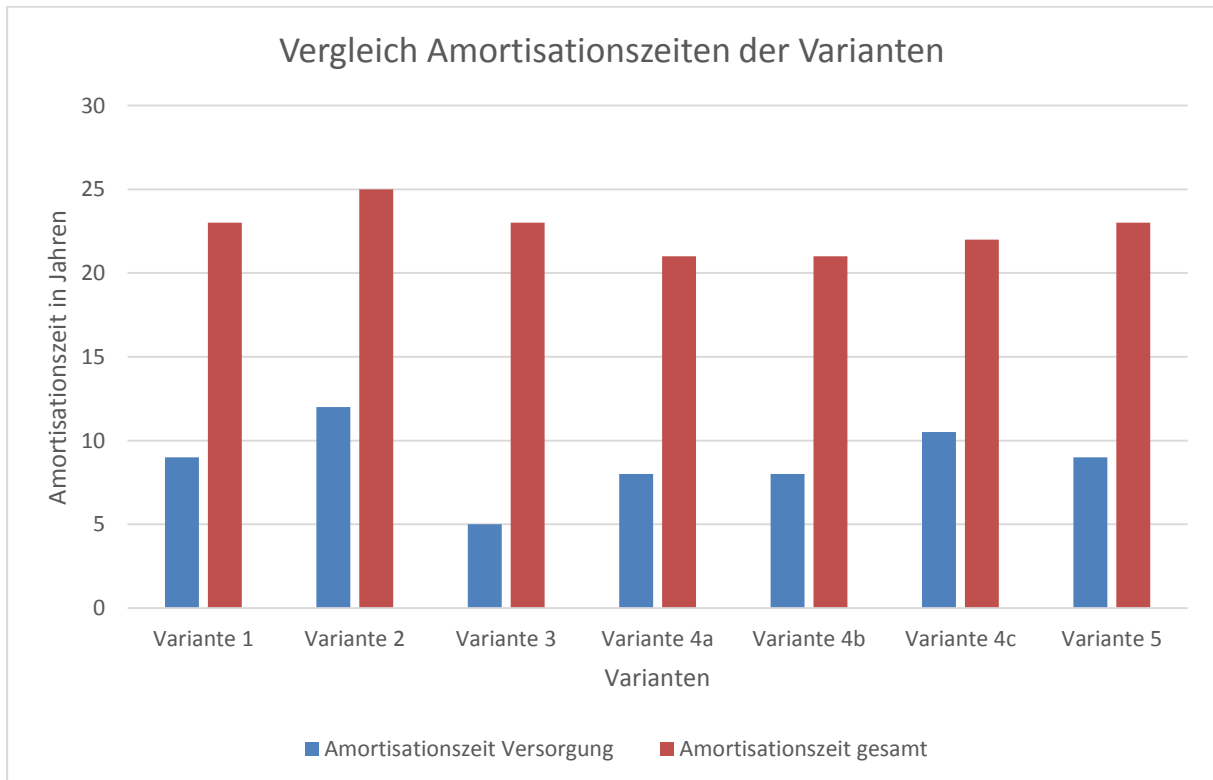


Diagramm 3 Vergleich der Amortisationszeiten

6 Nachhaltigkeitsvergleich

6.1 Schadstoffe

Durch Nutzung der regenerativen Primärbrennstoffe reduziert sich die CO₂-Bilanz zugunsten des Primärfaktors und wirkt sich somit positiv auf die Umwelt aus. Aber auch so genannte sekundäre Schadstoffe wie zum Beispiel Ozon werden vermindert durch chemische Reaktionen gebildet. Diese führen gerade bei Asthmatikern zu erheblichen Problemen der Atmung.

Die Staub- und Feinststaubbelastung wird durch integrierte physikalische und chemische Filteranlagen beinahe vollständig behoben. In den meisten größeren Städten wird der Grenzwert der Feinststaubbelastung regelmäßig überschritten, obwohl die EU-weite Gesetzgebung höchstens 35 solcher Überschreitungen im Jahr zulässt.

Gerade durch Feinstpartikel, welche sich in der Lunge festsetzen, können die Atemwege beeinträchtigt werden. Um die Ozon-Belastung noch weiter zu reduzieren, ist es von besonderer Wichtigkeit, die Stickstoffoxide zu minimieren. Sie führen zu Bronchialverengungen, zur Entstehung von Allergien und vor allem zu einer Versauerung des Bodens. Die Reduzierung kann durch moderne Verbrennungsstrukturen und einem Feuerungsmanagement realisiert werden.

Es kann davon ausgegangen werden, dass hauptsächlich durch die Modernisierung von Verbrennungsanlagen und Abgasfiltrationen jede Art der Umweltverunreinigungen stark reduziert wird und sich somit die umgebende Luft frischer und angenehmer für die Bewohner anfühlt.

6.2 Günstiger Wohnraum

Durch verbesserte Technologien in den Brennvorgängen und dem Transport ist eine sparsame und damit auch günstige Versorgung gewährleistet. Damit sinken die Nebenkosten für die angebundenen Wohnungseinrichtungen, was wiederum den Mietpreis reduziert. So werden die einzelnen Wohnungen attraktiv für den Mieter und die Nachfrage steigt.

6.3 Standortvorteil

Die Dezentralisierung der Anlagen führt zu kürzeren Energietransportwegen und damit zu kleineren Verlusten der Anlage. Selbst wenn dennoch ein Wartungsfall auftreten sollte, kann er mit geringerem Aufwand schnell behoben werden, ohne dass es zu größeren Ausfällen kommt. Aus diesem Grund lässt sich sagen, dass die Ausfallzeit oder die Gefahr einer Havarie durch dezentrale Versorgungseinrichtungen verringert wird.

Neue Aggregate lassen natürlich auch neue Möglichkeiten entstehen, an unabhängigen Standorten Unternehmen anzusiedeln, da die Energiebereitstellung einfacher und vor allem schneller gelöst werden kann. Somit verbessert sich die Infrastruktur und der Lebensstandard erhöht sich für die Bewohner.

6.4 Zusammenfassung der wichtigsten Kenndaten und Ergebnissen

Zu Beginn wurde geprüft, welchen Primärenergiebedarf das Gebäude in seinem jetzigen Zustand bedarf. Er sagt aus, wieviel Energie sich in den Brennstoffmaterialien befindet, welche in Wärmeenergie durch verschiedene Prozesse umgewandelt werden müssen. Je weniger der Primärbedarf, desto weniger Brennstoffe müssen verbraucht werden, um das Gebäude mit Wärme zu versorgen. Anhand der Tabelle lässt sich nun erkennen, dass die Primärenergie bei einer Wärmeversorgung mit Scheitholz bzw. Pellets am geringsten ist. Bei allen anderen Varianten sinkt er ebenso.

Der Endenergiebedarf stellt letztendlich dar, wieviel Energie nach der Umwandlung von der Primärenergie übrig bleibt. Auch hier lässt sich sagen, dass, je kleiner dieser Wert ist, die nochmaligen Umwandlungsprozesse in Heizungsenergie und Warmwasserbereitstellung weniger verbrauchen und somit nachhaltiger verlaufen. Im Falle der Wasser/Wasser-Wärmepumpe ist der Endenergiebedarf am kleinsten. Des Weiteren zeigt sich auch bei dieser Anlagenmechanik, dass die internen Verluste, um die Anlage überhaupt zu versorgen, ebenfalls am geringsten sind.

Bei der Versorgung mit Scheitholz/Pellets sinkt die CO₂-Emission auf ein Drittel des ursprünglichen Zustands, jedoch steigen die Stickstoff- und Schwefel-Emission um mehr als das Doppelte. Da diese Schadstoffe jedoch in sehr viel kleinerem Maßstab auftreten, können sie mit diversen Filtrationen und chemischen Prozessen wieder neutralisiert und abtransportiert werden. Bei der Fernwärme steigt die schon ohnehin hohe Zahl der Kohlenstoffdioxide. Dafür sinken die Stickstoff- und Schwefel-Emissionen auf beinahe Null, wodurch nachführende Filteranlagen in erheblich kleinerem Umfang bereitgestellt werden können.

Die Emissionsdaten aus der o. g. Tabelle beziehen sich aus der ENEC 2014. Darin sind die aktuellen Emissionsfaktoren gelistet und in der unten stehenden Tabelle zusammengefasst. Multipliziert mit dem Primärenergiebedarf dem benötigten Brennstoff der jeweiligen Versorgung entstehen die Schadstoffmengen pro Jahr welche aus Anlage 1 als Gesamtsumme für die jeweilige Versorgungsvariante entnommen werden können.

Tabelle 5 Schadstofffaktoren für verschiedene Brennstoffe

| | Brennwert -Therme (V1) | Mini Gas- BHKW (V2) | Fernwärm e (V3) | WP Luft/Wass er (V4) | WP Wasser/W asser (V5) | WP Sole/Wass er (V6) | Scheitholz /Pellets (V7) |
|-------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Brennstoff | Erdgas LL | Erdgas LL | Erdgas LL | Strom | Strom | Strom | Scheit- holz /Pellets |
| CO ₂ (in g/kWh) | 244 | 244 | 244 | 633 | 633 | 633 | 23,5 |
| NO _x (in g/kWh) | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,583 | 0,583 | 0,583 | 0,504 |
| SO ₂ (in g/kWh) | 0,157 | 0,157 | 0,157 | 1,111 | 1,111 | 1,111 | 0,448 |

7 Fazit

Allgemein sollte bei der Planung und Errichtung des Gebäudes mindestens der Baustandard KfW 50 eingehalten werden, also ein maximaler Endenergieverbrauch von 50 kWh/m²a. Ab Januar 2016 sinken die maximal erlaubten Transmissionswärmeverluste der thermischen Gebäudehülle der EnEV2014 nochmals um 20% gegenüber dem Jahr 2014. Dies bedeutet, dass versorgungstechnische Anlagen wie Gasgeräte, Ölbrenner und andere nicht mehr die erforderlichen Richtwerte erfüllen und vermehrt auf alternative Heizsysteme wie z.B. Pelletkessel, Wärmepumpen oder Blockheizkraftwerke (BHKW's) zurückgegriffen werden muss.

Betrachtet man die verschiedenen Versorgungsvarianten miteinander so stechen beim Endenergieverbrauch die drei Varianten der Wärmepumpen mit einem Einsparpotenzial zwischen 82% und 84% heraus. Ein durchaus lohnenswertes Einsparpotenzial haben weiterhin die Varianten Gas-Brennwerttherme, Mini-BHKW sowie die Fernwärme mit 26% bis 28%. Der kombinierte Pellets-/Scheitholzkessel arbeitet nur unwesentlich effizienter als eine NT-Gastherme, geht man als Istzustand von solch einem Gerät im Einsatz aus. Betrachtet man aber zusätzlich zum Endenergiebedarf den Primärenergiebedarf, rangiert der kombinierte Pellets-/Scheitholzkessel an erster Stelle. Knapp dahinter stehen die Wärmepumpenvarianten sowie das Gas Mini-BHKW. Diese Varianten stellen sich bei der Versorgung des Gebäudes als klare Favoriten heraus, da ebenfalls die Investitionskosten gering ausfallen.

Als ideale Kombination für die Neuerrichtung des Gebäudes Adam-Weise-Straße 48 empfiehlt sich also mindestens ein Baustandard KfW 50 oder besser in Kombination mit einer heizungstechnischen Anlage. Der Baustandard KfW 50 kann mit einer Fernwärmeversorgung nicht realisiert werden, da der Primärenergiebedarf zu hoch ist. Die Anlagen können jedoch aus Pellets/Scheitholz-Kombikessel, Wärmepumpen oder BHKW in modulierender Betriebsweise (dem entsprechenden Lastgang folgend) bestehen, jeweils kombiniert mit einer solarthermischen Anlage zur Heizungs- und Warmwasserunterstützung und einem Pufferschichtenspeicher. Eine Photovoltaikanlage zur Hilfsenergiebereitstellung und zur anteiligen Strom-Eigenverbrauchsversorgung kann ebenfalls hinzugefügt werden.

Geht man von der Absicht der WEG aus, eine Fernwärmeleitung zu errichten, so stellt sich die Investition in die erste Variante DN 50 mit 13 zu akquirierenden Anschlussnutzern als bestmögliche Variante heraus. Ein lokales Kriterium was der Erweiterung der Fernwärmeleitung allerdings entgegenpricht sind die vorhandenen Gas-Hausanschlüsse. Da der Gaspreis im Moment relativ günstig ist, werden hier mit großer Wahrscheinlichkeit relativ schwer die notwendigen Anschlusszahlen kurzfristig realisiert.

Allgemein stellen sich die dezentralen Energieversorgungsvarianten als wirtschaftlicher, ökonomischer sowie ökologischer dar. Es ist in jedem Fall sinnvoll und notwendig, gerade vor dem Hintergrund der Energieavantgarde Gräfenhainichen und dem Image „Stadt mit neuer Energie“, in neue Wohngebäude zu investieren.

Gerade durch die Nutzung von erneuerbaren Energien und mit Blick auf die gesetzlichen Regelungen wie die EnEV, des Erneuerbare-Energien-/ Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetzes sowie der Umsetzung der länderspezifischen und bundespolitischen Ziele, sind Impulse und neue Lösungsansätze in Kommunen wie Gräfenhainichen sinnvoll. Aus Sicht des Bauherren ergibt sich außerdem ein Vorteil gegenüber dem konventionellen Wohnungsbau: Durch die geringeren Brennstoff- sowie Betriebs- und Anschaffungskosten von dezentralen nachhaltigen Energieversorgungsanlagen können während des Betriebes höhere Renditen erzielt werden. Außerdem ist ein positiveres Image im Wettbewerb mit anderen Vermietern und Wohnungsgesellschaften durch nachhaltigen, günstigeren Wohnungsbau ein immenser Vorteil.

8 Anlagenverzeichnis

- Anlage 1:** Energieberatungsbericht mit Berechnungen, Ergebnissen und Bewertungen des Gebäudes am Standort Adam-Weise-Straße 48
- Anlage 2:** Energiebilanz Gebäude Adam-Weise-Straße 48 aufgeschlüsselt
- Anlage 3:** Detaillierte Berechnungen des Gebäudes Adam-Weise-Straße 48 nach DIN 4108-6 sowie DIN 4701-10
- Anlage 4:** Einhaltung der Vorgaben des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG)
- Anlage 5:** Übersicht der Schichtaufbauten der einzelnen Bauteile zur Einhaltung der Vorgaben ENEC 2014
- Anlage 6:** Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Versorgungsvarianten in Bezug auf das Gebäude Adam-Weise-Straße 48
- Anlage 7:** Wirtschaftlichkeitsberechnungen Fernwärmeleitung Worst-Case- & Best-Case-Szenario
- Anlage 8:** Datenblätter der geplanten Komponenten

9 Abbildungsverzeichnis

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1 Trassenverlauf Variante 1 | 4 |
| Abbildung 2 Trassenverlauf Variante 2 | 5 |
| Abbildung 3 Bestandsgebäude Adam-Weise-Straße 48 | 6 |
| Abbildung 4 3D- Konstruktion neu errichtetes Gebäude Adam- Weise- Straße 48..... | 7 |
| Tabelle 1 Übersicht der Varianten Energiebereitstellung | 8 |
| Tabelle 2 Faktoren und Berechnung der Fernwärme | 9 |
| Tabelle 3 Amortisation Grenzkosten Worst Case DN 50..... | 10 |
| Tabelle 4 Amortisation Grenzkosten Best-Case (Rohrdurchmesser DN 100) | 13 |
| Tabelle 5 Schadstofffaktoren für verschiedene Brennstoffe | 17 |
| Diagramm 1 Amortisationszeit Grenzkosten Worst- Case (Rohrdurchmesser DN 50)..... | 12 |
| Diagramm 2 Amortisationszeit Grenzkosten Best-Case (Rohrdurchmesser DN 100)..... | 14 |
| Diagramm 3 Vergleich der Amortisationszeiten | 15 |