

## **Kurzanalyse**

zu

## **Varianten der Energieversorgung**

im Neubau

## **Wohnen im Südstadtgarten**

im Auftrag der:

Garbe Bonn GmbH & Co. KG

Hamburg

Ingenieure für Gebäude-Systemtechnik

Dipl. – Ing. Reiner Holsten

Scheeßel, 16. Oktober 2014



## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	Seite 3
2. Definition	Seite 4
3. Bewertung	Seite 5
4. Vergleich der Varianten im Diagramm	Seite 6
5. Ergebniszusammenfassung	Seite 10
6. Betrachtung der Wirtschaftlichkeit	Seite 11
6.1 Berechnung und Ergebnisse	Seite 12
6.2 Ergebniszusammenfassung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	Seite 13
7. Empfehlung zur Energieversorgung:	Seite 14
8. Empfehlung zu regenerativer Energieerzeugung:	Seite 14
9. Hinweis	Seite 15
10. Quellen	Seite 15

## 1. Einleitung

Nachstehend sollen im Rahmen einer Kurzanalyse mehrere sinnvolle Kombinationen der Energieversorgung für den Neubau des Neubauvorhabens „Südstadtgarten“ in Bonn Südstadtgarten untersucht werden.

Ein Neubau eines Hauses ist die beste Möglichkeit eine langfristig kostengünstige und umweltfreundliche Energieversorgung des Hauses zu realisieren. Schätzungen gehen davon aus, dass der Einsatz einer fossilen Verbrennungsanlage und ein geringer Wärmeschutz in den darauffolgenden 20 Jahren zu Unterhaltskosten des Hauses führen, die in Ihrer Höhe dem Anschaffungspreis des Hauses gleich kommen. Gleichwohl soll sich das Gebäude im Sinne von niedrigen Wartungs- und Unterhaltsleistungen an einem Low-Tech-Haus orientieren.

Die Planung eines Neubaus sollte daher in jedem Fall eine energiesparende Bauweise und Beheizung berücksichtigen. KWK bzw. Wärmepumpen sind dabei eine Lösung, die langfristig Kosten spart, durch den geringen Stromanteil bzw. auch regenerativen Strom unabhängig von steigenden Energiekosten macht und zudem das Klima durch verminderte CO<sub>2</sub>-Emissionen schützt. Auch Fernwärmeerzeuger mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien sind hier eine gute Entscheidung.

### **Folgende Energieerzeugungsvarianten wurden betrachtet:**

Variante 0 (IST)	Fernwärmeversorgung mit Abluftanlage
Variante 1	Fernwärmeversorgung mit Zu- und Abluft auf 58% der Wohnfläche mit Wärmerückgewinnung als zentrale Anlage für den Anteil der schallbelasteten Wohnfläche.
Variante 2	Fernwärmeversorgung mit Zu- und Abluft, Wärmerückgewinnung als zentrale Anlage und WWB über Solarthermie
Variante 3	Biomethan BHKW mit Brennwertsitzenlastkessel mit Abluftanlage
Variante 4	Gas BHKW mit Brennwertsitzenlastkessel mit Abluftanlage
Variante 5	Gas BHKW mit Brennwertsitzenlastkessel mit Zu- und Abluft und Wärmerückgewinnung als zentrale Anlage
Variante 6	Pellets mit Brennwertsitzenlastkessel mit Abluftanlage und dezentrale Warmwassererzeugung per Frischwasserstation



- Variante 7 Erdwärme bivalent mit Brennwertkessel und Zu- und Abluft und Wärmerückgewinnung als zentrale Anlage. Die Ergebnisse aus der Bewertung einer geothermischen Energieversorgung vom Büro M&P wurden übernommen.
- Variante 8 Erdwärme über Wasser/Wasser monovalent (heizen) mit Brennwertkessel (Warmwasser) und Zu- und Abluft und Wärmerückgewinnung als zentrale Anlage. Die Ergebnisse aus der Bewertung einer geothermischen Energieversorgung vom Büro M&P wurden übernommen.

Anmerkung: Zur Untersuchung der Ergebnisse wurde ein vergleichbares Gebäude (Referenzgebäude) mit ähnlichem Architekturstandard herangezogen. Der Standard der Gebäudehülle wurde in den Varianten nicht verändert. Es wurde mit einer Verglasung mit einem Energiedurchlassgrad von  $g=0,5$  gerechnet.

## 2. Definition:

Die genannten Varianten werden in Bezug auf Primärenergiebedarf, Endenergiebedarf, CO<sub>2</sub>-Ausstoß, Anlagentechnische Verluste, Versorgungssicherheit sowie Betriebs- und Verwaltungsaufwand untersucht:

Die Anlagenaufwandszahl beschreibt das Verhältnis von Aufwand an Primärenergie zum erwünschten Nutzen (Energiebedarf) eines gesamten Anlagensystems.

Primärenergie (Rohenergie, Energierohstoff) ist der Energiegehalt eines noch nicht umgewandelten Energieträger, d.h. in der Form, wie er in der Natur vorkommt. Energieträger werden nach fossil (z.B. Öl, Gas, Kohle), nuklear (z.B. Uran, Thorium) und regenerativ bzw. erneuerbar (z.B. Solarenergie, Biomasse, Windkraft, Geothermie) unterschieden.

Bis zum Verbraucher wird Primärenergie über Endenergie in Nutzenergie umgewandelt. Bei diesen Umwandlungen treten üblicherweise Verluste auf, wodurch nicht die ganze Energiemenge, die im Rohstoff enthalten ist, vom Verbraucher genutzt werden kann. Je nach Energieträger sind diese Verluste unterschiedlich hoch.

Der Endenergiebedarf ist diejenige Energiemenge die zur Deckung des Jahresheizenergiebedarfs und des Trinkwasserwärmebedarfs (Bedarf und Aufwand der Anlagentechnik) benötigt wird. Sie wird an der Systemgrenze des betrachteten Gebäudes ermittelt. Die zusätzlichen Energiemengen, die durch vorgelagerte Prozessketten bei der Erzeugung des jeweils eingesetzten Brennstoffs entstehen, werden nicht in Betracht gezogen.

Die anlagentechnischen Verluste umfassen die Verluste bei der Erzeugung  $Q_g$  (Abgasverlust), ggf. Speicherung  $Q_s$  (Abgabe von Wärme durch einen Speicher), Verteilung  $Q_d$  (Leitungsverlust durch ungedämmte bzw. schlecht gedämmte



Leitungen) und Abgabe Qc (Verluste durch mangelnde Regelung) bei der Wärmeübergabe.

### 3. Bewertung:

<u>Wärmeerzeugung</u>	<u>Trinkwasser</u>	<u>Lüftung</u>	Anlagenaufwandzahl	Primär-energiebedarf kwh/a*m <sup>2</sup>	% zur EnEV 2014	Endenergiebedarf kwh/a m <sup>2</sup>
Variante 0 Fernwärmeversorgung	zentral	Abluft	0,41	14,31	-70%	42,88
Variante 1 Fernwärmeversorgung	zentral	58% WRG	0,37	12,88	-73%	35,42
Variante 2 Fernwärmev. Solar für WWB	zentral	WRG	0,30	10,51	-78%	20,45
Variante 3 Biomethan BHKW mit Brennwertspezlastk.	zentral	Abluft	0,25	8,99	-82%	43,91
Variante 4 Gas BHKW mit mit Brennwertspezlastk.	zentral	Abluft	0,76	26,35	-45%	42,65
Variante 5 Gas BHKW mit mit Brennwertspezlastk.	zentral	WRG	0,52	18,13	-62%	28,62
Variante 6 Pellets mit Brennwertspezlastk.	dez	Abluft	0,56	19,48	-60%	46,82
Variante 7 Erdwärme bivalent Brennwertspezlastkessel	zentral	WRG	0,91	31,68	-34%	24,86
Variante 8 Erdwärme bivalent Brunnen, Brennwertspez.-kessel für WWB	zentral	WRG	0,64	22,17	-54%	10,02

Tabelle 1: Bewertung der Varianten nach Primär- und Endenergie, sowie Anlagenaufwandszahl und Anteil der EnEV 2014



#### 4. Vergleich der Varianten im Diagramm

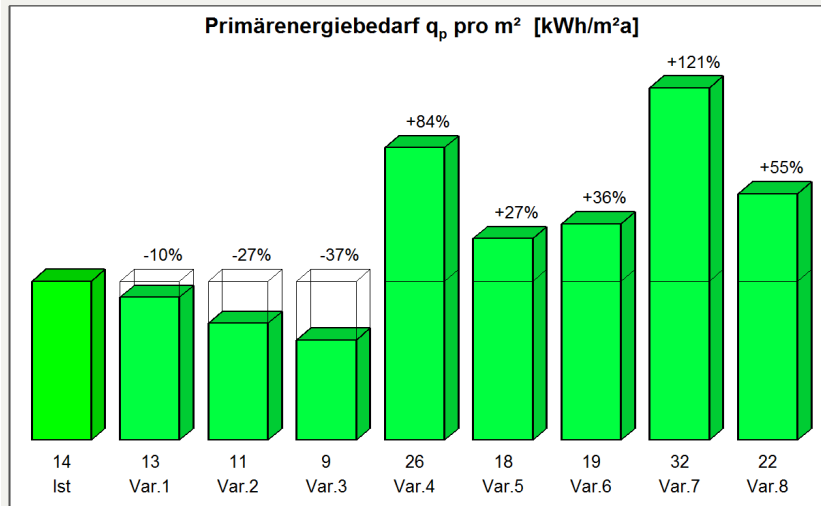


Diagramm 1: Primärenergiebedarf pro  $m^2$

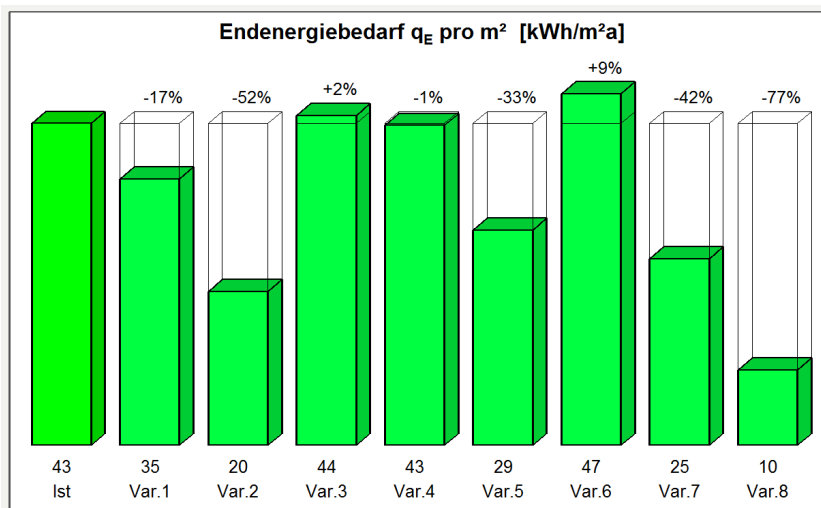


Diagramm 2: Endenergiebedarf pro  $m^2$

Var.0 (IST) Fernwärme mit Abluftanlage

Var.1 Fernwärme mit 58% Zu- und Abluft und WRG

Var.2 Fernwärme mit Zu- und Abluft und WRG + Solar

Var.3 Biomethan BHKW mit BW-Spitzenlastkessel mit Abluftanlage

Var.4 Gas BHKW mit BW-Spitzenlastkessel mit Abluftanlage

Var.5 Gas BHKW mit BW-Spitzenlastkessel mit Zu- und Abluft und WRG

Var.6 Pellets mit BW-Spitzenlastkessel mit Abluftanlage, WWB Frischwasserstation

Var.7 Erdwärme Bohrungen bivalent mit Brennwertkessel und Zu- und Abluft und WRG

Var.8 Erdwärme Brunnen monovalent (heizen) mit Brennwertspitzenkessel (WWB) mit WRG

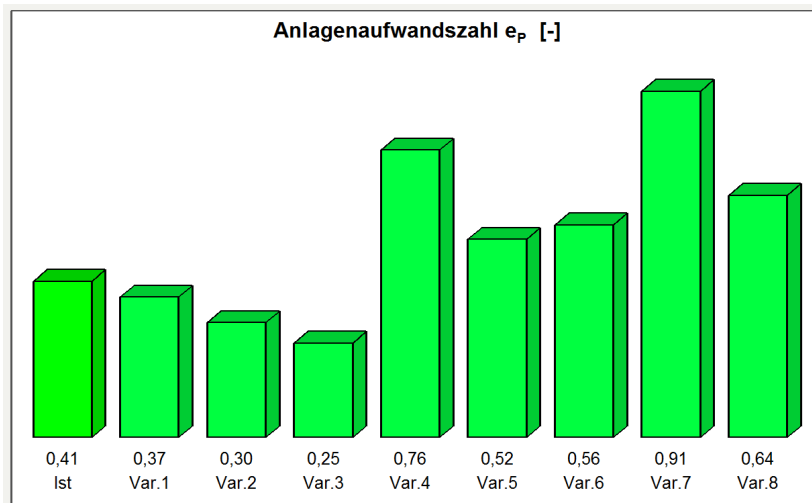


Diagramm 3: Vergleich der Anlagenaufwandzahlen

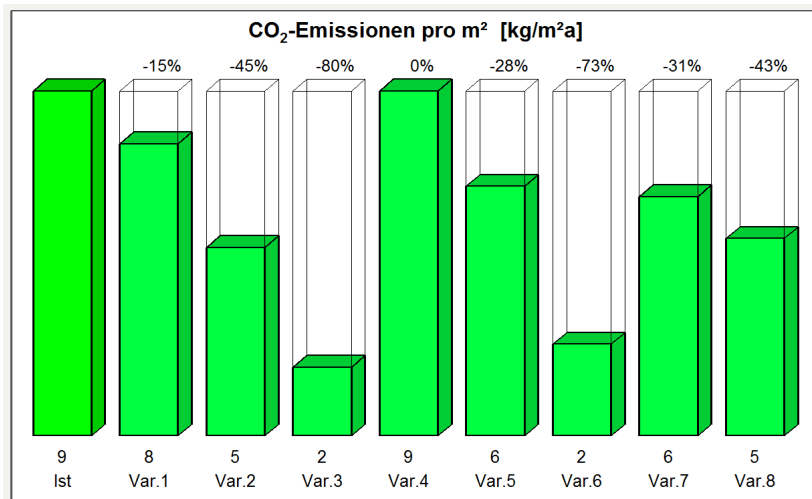


Diagramm 4: Vergleich CO<sub>2</sub> –Emission pro m<sup>2</sup>

Var.0 (IST) Fernwärme mit Abluftanlage

Var.1 Fernwärme mit 58% Zu- und Abluft und WRG

Var.2 Fernwärme mit Zu- und Abluft und WRG + Solar

Var.3 Biomethan BHKW mit BW-Spitzenlastkessel mit Abluftanlage

Var.4 Gas BHKW mit BW-Spitzenlastkessel mit Abluftanlage

Var.5 Gas BHKW mit BW-Spitzenlastkessel mit Zu- und Abluft und WRG

Var.6 Pellets mit BW-Spitzenlastkessel mit Abluftanlage, WWB Frischwasserstation

Var.7 Erdwärme Bohrungen bivalent mit Brennwertkessel und Zu- und Abluft und WRG

Var.8 Erdwärme Brunnen monovalent (heizen) mit Brennwertspitzenkessel (WWB) mit WRG

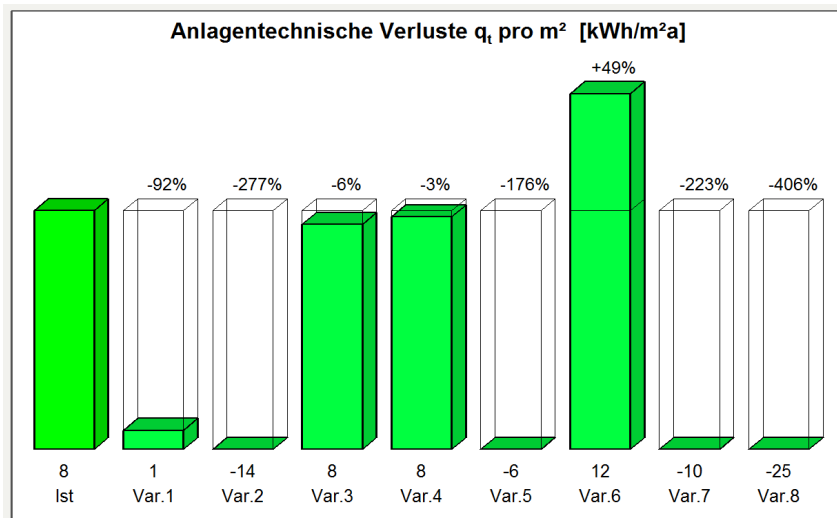


Diagramm 5: Anlagentechnische Verluste (bezogen auf das Referenzgebäude)

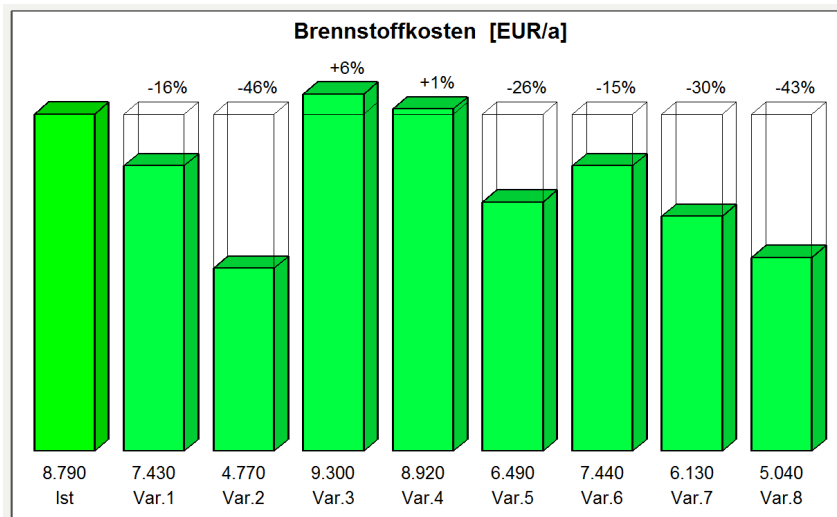


Diagramm 6: Brennstoffkosten (bezogen auf das Referenzgebäude)

Var.0 (IST) Fernwärme mit Abluftanlage

Var.1 Fernwärme mit 58% Zu- und Abluft und WRG

Var.2 Fernwärme mit Zu- und Abluft und WRG + Solar

Var.3 Biomethan BHKW mit BW-Spitzenlastkessel mit Abluftanlage

Var.4 Gas BHKW mit BW-Spitzenlastkessel mit Abluftanlage

Var.5 Gas BHKW mit BW-Spitzenlastkessel mit Zu- und Abluft und WRG

Var.6 Pellets mit BW-Spitzenlastkessel mit Abluftanlage, WWB Frischwasserstation

Var.7 Erdwärme Bohrungen bivalent mit Brennwertkessel und Zu- und Abluft und WRG

Var.8 Erdwärme Brunnen monovalent (heizen) mit Brennwertspitzenkessel (WWB) mit WRG



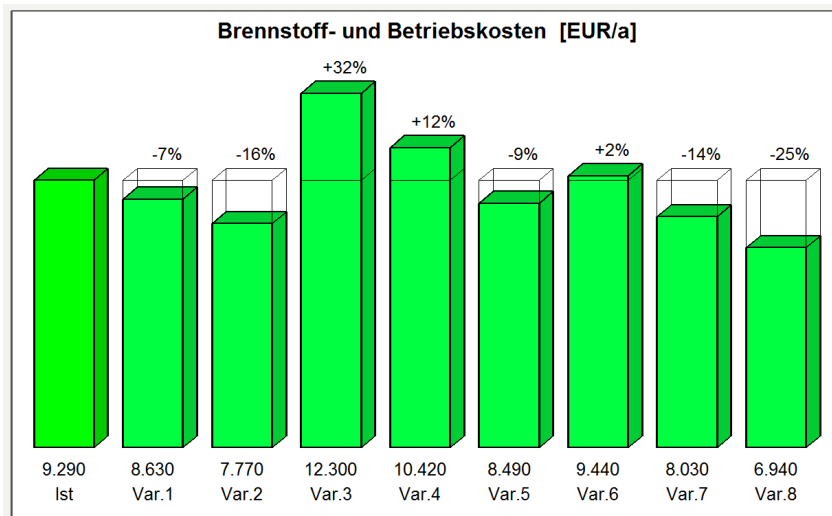


Diagramm 7: Brennstoffkosten und Betriebskosten (bezogen auf das Referenzgebäude)

Var.0 (IST) Fernwärme mit Abluftanlage

Var.1 Fernwärme mit 58% Zu- und Abluft und WRG

Var.2 Fernwärme mit Zu- und Abluft und WRG + Solar

Var.3 Biomethan BHKW mit BW-Spitzenlastkessel mit Abluftanlage

Var.4 Gas BHKW mit BW-Spitzenlastkessel mit Abluftanlage

Var.5 Gas BHKW mit BW-Spitzenlastkessel mit Zu- und Abluft und WRG

Var.6 Pellets mit BW-Spitzenlastkessel mit Abluftanlage, WWB Frischwasserstation

Var.7 Erdwärme Bohrungen bivalent mit Brennwertkessel und Zu- und Abluft und WRG

Var.8 Erdwärme Brunnen monovalent (heizen) mit Brennwertspitzenkessel (WWB) mit WRG

## 5. Ergebniszusammenfassung:

Diagramm 1: Der Primärenergiebedarf ist in Variante 3, Biomethan BHKW mit Spitzenlastkessel, mit Abstand am besten. Maßgebend ist hier der Anteil der regenerativen Energie durch das Biomethan.

Auch die Fernwärme mit 58% Lüftung mit Wärmerückgewinnung bzw. Solar in Variante 1 und 2 führt zu einem guten Ergebnis.

Diagramm 2: Variante 8 benötigt bedingt durch die Erdwärme aus einer Brunnenanlage mit Wärmerückgewinnung die geringste Endenergie gefolgt von der Variante 2.

Diagramm 3: Variante 3, Biomethan BHKW mit Spitzenlastkessel, hat die beste Anlagenaufwandszahl. Maßgebend ist hier der 100% Anteil der regenerativen Energie durch das Biomethan.

Gleich hinter dem Biomethan-BHKW liegt die Fernwärmeversorgung mit 58% Lüftung, WRG bzw. Solar aus Variante 1 und 2.

Diagramm 4: Die CO<sub>2</sub>-Emmission ist bei der Variante 3, Biomethan BHKW mit Spitzenlastkessel, mit Abstand am besten.

Auch die Variante 6 (Pellets), die Variante 2 (Fernwärme WRG Solar) und Variante 7 und 8 (Erdwärme) haben im Vergleich zur Ist-Situation (Variante 0) eine deutlich geringere CO<sub>2</sub>-Emission.

Diagramm 5: Die anlagentechnischen Verluste sind bei der Erdwärme (Variante 8) am geringsten. Auch die Variante 2 (Fernwärme, Lüftung mit WRG+Solar) hat geringe Verluste. Maßgebend ist der Einsatz einer Wärmerückgewinnung für die Lüftung.

Diagramm 6: Die Brennstoffkosten/Energiekosten sind in der Variante 2 (Fernwärme und WRG, Solar) am geringsten, gefolgt von der Variante 8 bedingt durch die Wärmequelle Brunnen am geringsten.

Auch die Variante 1 zeichnet sich durch niedrige Kosten aus, maßgebend durch die WRG der Lüftung.

Diagramm 7: Brennstoffkosten und Betriebskosten sind in der Variante 2 und 8, gefolgt von den Varianten 1,5+7, am günstigsten.

## 6. Betrachtung zur Wirtschaftlichkeit

Nachstehend wird die Wirtschaftlichkeit der Varianten untersucht. Basis der Untersuchung ist die Variante 0. Mehrkosten für alternative Energieversorgung zur Basisanlage der Variante 0 werden auf Amortisation untersucht:

Ansatz sind folgende Randbedingungen: Kalkulationszins = 5,5%, Brennstoffteuerung 4,0%

Zu beachten ist der Einfluß der Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, den wir in Diagramm 8 darstellen.

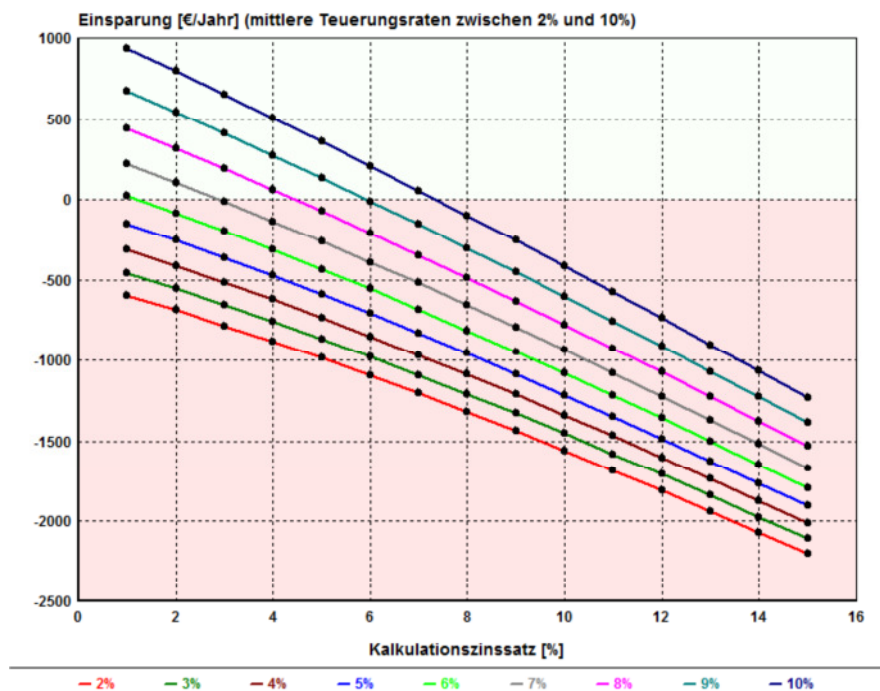


Diagramm 8: Einfluß der Randbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen

## 6.1 Berechnung und Ergebnisse

Var. 0 Fernwärme mit Abluftanlage entspricht der Ausgangsbasis

Var. 1 Fernwärme mit 58 % Zu- und Abluft und WRG Amortisation = ca. 9 Jahre

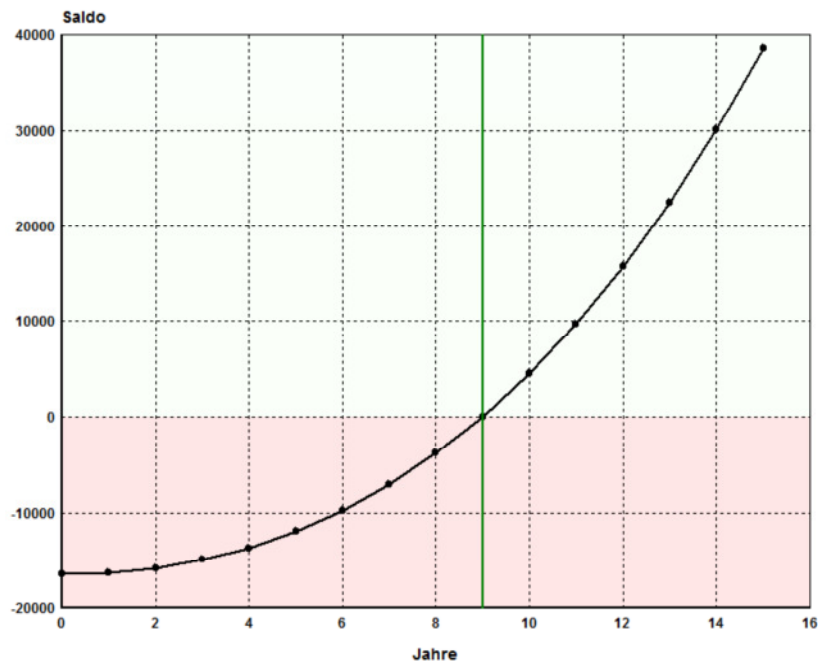


Diagramm 9: Amortisation der Variante 1

Var. 2 Fernwärme mit Zu- und Abluft und WRG + Solar Amortisation = ca. 14 Jahre

Var. 3 Biomethan BHKW mit BW-Spitzenlastkessel mit Abluftanlage keine Amortisation

Var. 4 Gas BHKW mit BW-Spitzenlastkessel mit Abluftanlage keine Amortisation

Var. 5 Gas BHKW mit BW-Spitzenlastkessel mit Zu- und Abluft und WRG keine Amortisation

Var. 6 Pellets mit BW-Spitzenlastkessel mit Abluftanlage, WWB Frischwasserst. keine Amortisation

Var. 7 Erdwärme bivalent mit Brennwertkessel und Zu- und Abluft und WRG keine Amortisation

Var. 8 Erdwärme monovalent über Brunnen mit Brennwertkessel WWB/WRG keine Amortisation

## **6.2 Ergebniszusammenfassung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung:**

Aufgrund der günstigen Einstandskosten für Fernwärme ist eine Amortisation anderer Wärmerzeuger schwer bzw. nicht rechenbar.

Die Variante 1 (Fernwärmeversorgung mit der zusätzlichen Wärmerückgewinnung über die Zu- und Abluft auf 58% des Wohnraumes) amortisiert sich nach einer Laufzeit von 9 Jahren am schnellsten. Hauptgrund hierfür sind die im Vergleich zu den weiteren Varianten niedrigen Einstandskosten, sowie die niedrigen Betriebs- und Wartungskosten.

Die Variante 2 Fernwärmeversorgung mit der zusätzlich Wärmerückgewinnung über die Zu- und Abluft und Solaranlage zeigt eine Amortisationszeit von ca. 14 Jahren. Die hohen Betriebs- und Wartungskosten, sowie die höheren Einstandskosten führen im Vergleich mit Variante 1 schlechterem Ergebnis.



## **7. Empfehlung zur Energieversorgung:**

Die Fernwärmeversorgung ist durch den hohen regenerativen Anteil (54,2%) in allen Betrachtungen zu bevorzugen. Als sogenannte fertige Energie wird diese Energie per Übergabestation direkt in die Heizung eingespeist. Es wird daher nur ein kleiner Raum als Übergaberaumraum benötigt. In allen Betrachtungen schneidet die Fernwärmeversorgung „gut bis sehr gut“ ab. Da die Fernwärme auf dem Grundstück liegt und daher keine weiteren Erschließungskosten erzeugt, ist diese Variante die einzige, die der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Stand hält.

Grundsätzlich kann auch der Einsatz eines BHKW als Kombination mit einem Spitzlastkessel und WRG eine Alternative sein. Hier ergeben sich aber deutlich höhere Brennstoffkosten und Betriebskosten gegenüber der Fernwärmelösung.

Ein Biomethan-BHKW ist in dieser Größenordnung nicht zu empfehlen, zumal die Förderfähigkeit zunehmend eingeschränkt wird.

Ein Wärmepumpeneinsatz wird aufgrund der hohen Investitionskosten für die Herstellung der Erdsonden nicht empfohlen. Auch ein bivalenter Einsatz als Wärmepumpe mit Brennwertkessel ist hier nicht zu empfehlen.

Eine Wärmerückgewinnung in der Lüftung macht in der Endenergiebetrachtung ca. 34% Einsparung aus. Folglich ist eine Wärmerückgewinnung aus der Lüftung dringend zu empfehlen, zumal die Energiekosten weiter steigen werden.

Der Einsatz von Solarthermie macht in der Endenergiebetrachtung ca. 28% Einsparung aus. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung schneidet diese Variante vor allem aufgrund von relativ hohen Betriebs- und Wartungskosten schlechter ab als die Fernwärme mit 58% Zu- und Abluft und Wärmerückgewinnung.

## **8. Empfehlung zu regenerativer Energieerzeugung:**

Die Nutzung der Dachfläche als Aufstellort für eine PV- Anlage ist aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen sinnvoll. Die regenerativ gewonnene elektrische Energie kann dem Stromnetz zugeführt werden und wird nach dem EEG vergütet. Als Abschätzung können mit einer rein süd-ausgerichteten Kollektorfläche, mit einer Aufstellneigung von 15°, einer Leistung von 145 kW<sub>peak</sub> und einer Gesamtmodulfläche von 1.000 m<sup>2</sup> ca. 120.000 kWh/a eingespeist werden. Würden also im Optimalfall die gesamten 3300 m<sup>2</sup> Dachfläche mit Modulen im 30° Winkel belegt werden (1650 m<sup>2</sup> Modulfläche), könnten ca. 200.000 kWh/a Strom erzeugt und eingespeist werden.



## 9. Hinweis:

Als Maßnahmen zum Schutz vor sommerlicher Überhitzung ist, laut Vorentwurf Thermische Bauphysik vom Büro Assmann Beraten + Planen GmbH, die Verwendung einer Sonnenschutzverglasung mit einem Energiedurchlassgrad  $g \leq 0,4$  an der Ost-, Süd und Westfassade erforderlich. In Teilbereichen wird außenliegender Sonnenschutz erforderlich.

## 10. Quellen:

ENERGIEBERATER 18559 3D Hottgenroth Software

DIN 4108-6 /47001-10 Wohngebäude

Bewertung geothermischer Energieversorgung für den Standort Franz-Lohe-Straße in Bonn von M&P , Mull & Partner Geonova GmbH, Neulandstr. 2-4, 49084 Osnabrück

Stadtwerke Bonn, [www.Stadtwerke-Bonn.de](http://www.Stadtwerke-Bonn.de)

Vorentwurf Thermische Bauphysik für Wohnbebauung Bonn-Reuterbrücke vom Büro ASSMAN BERATEN+PLANEN GmbH; Alsterdorfer Straße 245, 22297 Hamburg

aufgestellt: Dipl.-Ing. Reiner Holsten  
Scheeßel, den 16.10.2014