

Gewerk: Heizungstechnik

Verfasser: BERNDT ENERSYS
Otto-Hahn-Straße 6
53919 Grafenschaft

1 Objektbeschreibung

Bezugsfläche:	5.820 m ²		
Dämmstandard:	KfW 70, barrierefrei gem. DIN 18040 Erdgeschoss		
Raumtemperaturen (Winter):	Wohnräume 22 °C, Badezimmer 24 °C		
Personenzahl:	141	<i>Aus Wohnbereichen</i>	
	84	<i>Aus Loftbüros, teilweise Einbeziehung in Trinkwarmwasserbedarf</i>	
Heizflächentyp:	Fußbodenheizung		
Kühlflächentyp:	Entfällt		
Lüftung:	0,5 - 1,0 h ⁻¹ dezentrale, kontrollierte Wohnraumlüftung		
Warmwasserbedarf:	40 l/ Person		
Wärmelast Heizen:	175 kW	Wärmelast Kühlen:	0 kW
Wärmelast Warmwasser:	61 kW		
Wärmelast Heizen gesamt:	236 kW		
VBh Heizen:	2.000 h	VBh Kühlen:	0 h
Endenergiebedarf Heizen:	472.000 kW/ h×a	Endenergiebedarf Kühlen:	Entfällt

2 Zielsetzungen

2.1 Energetik

Dieses Objekt soll mit Wärmeerzeugern auf Stand der Technik und mit Beachtung der geltenden Gesetzgebung wie dem EEWärmeG (Erneuerbare Energienwärme-Gesetz) ausgestattet werden. Aktive Erzeugung von Kälte oder Kaltwasser sind nicht vorgesehen.

Durch Einsatz von dezentralen KWL-Anlagen mit Wärmerückgewinnung und dem Dämmstandard KfW 70 ist sichergestellt, dass das Objekt auch auf lange Sicht unter den sich ständig wandelnden Marktanforderungen für Immobilien hohe Wertigkeit verspricht.

Zur optimalen Auswertung werden die markterhältlichen Energieträger und -quellen herangezogen, sofern diese den Stand der Technik repräsentieren.

2.2 Betriebs- und Investitionskosten

Um unnötig steigenden Energiekosten entgegen zu wirken, sind die Anforderungen an ein System hoch angesiedelt, um auch in Zukunft möglichst niedrige Betriebskosten sicherzustellen.

Diese müssen in einer Balance zu den notwendigen Investitionen stehen und somit eine schnelle Amortisation sichern.

2.3 Ökologie

Alle beleuchteten Varianten müssen sich auch an Ihrer Nachhaltigkeit und an der effizienten und verantwortungsvollen Nutzung der Wärmequellen messen lassen.

Dies gilt besonders mit Hinblick auf den Ausstoß und die Erzeugung von klimabelastendem CO₂, die Effizienz bei der Umsetzung von Quellenergie in Nutzwärme und die Verwendung einer geeigneten Hilfsenergie zu Erreichung dieser Vorgaben.

2.4 Komfort

Dem Anlagenkomfort ist durch passive Kühlmaßnahmen wie Beschattung und freie Kühlung mittels dezentraler, kontrollierter Wohnraumlüftung (KWL) Rechnung getragen.

Energetischer Vorteil dieser Maßnahmen ist, dass somit keine aktive Erzeugung von Kälte erforderlich wird.

2.5 Sonstige Anforderungen

Neben dem Anlagenkomfort für den Nutzer sind Wartungsfreundlichkeit, Regelbarkeit und einfache Anlagenerstellung von großer Wichtigkeit für die weitere Betrachtung der möglichen eingesetzten Systemvarianten.

Im Rahmen der Nutzbarkeit sind die Qualität, der Entwicklungsstand und die größtmögliche Funktionalität Maßgaben von denen der Anlagenbetreiber über den Betriebszeitraum den größten Nutzen ziehen kann.

Eine Auswertung der vorgeschlagenen Konzepte hinsichtlich dieser Vorgaben, erfolgt am Ende dieser Ausarbeitung in einem Fazit mit einer klaren Anlagenempfehlung.

3 Kenndaten für Betriebskosten und Amortisation

3.1 Allgemein

Betrachtungsdauer: 20 Jahre

3.2 Energiepreise Erdgas

Arbeitspreis: 0,051 €/ kWh *Aus Tarifdaten Rheinenergie Preisblatt Erdgas, mit Rahmenvertrag*

Preissteigerung: 5,0%

3.3 Energiepreise Biogas

Arbeitspreis: 0,080 €/ kWh

Preissteigerung: 3,5%

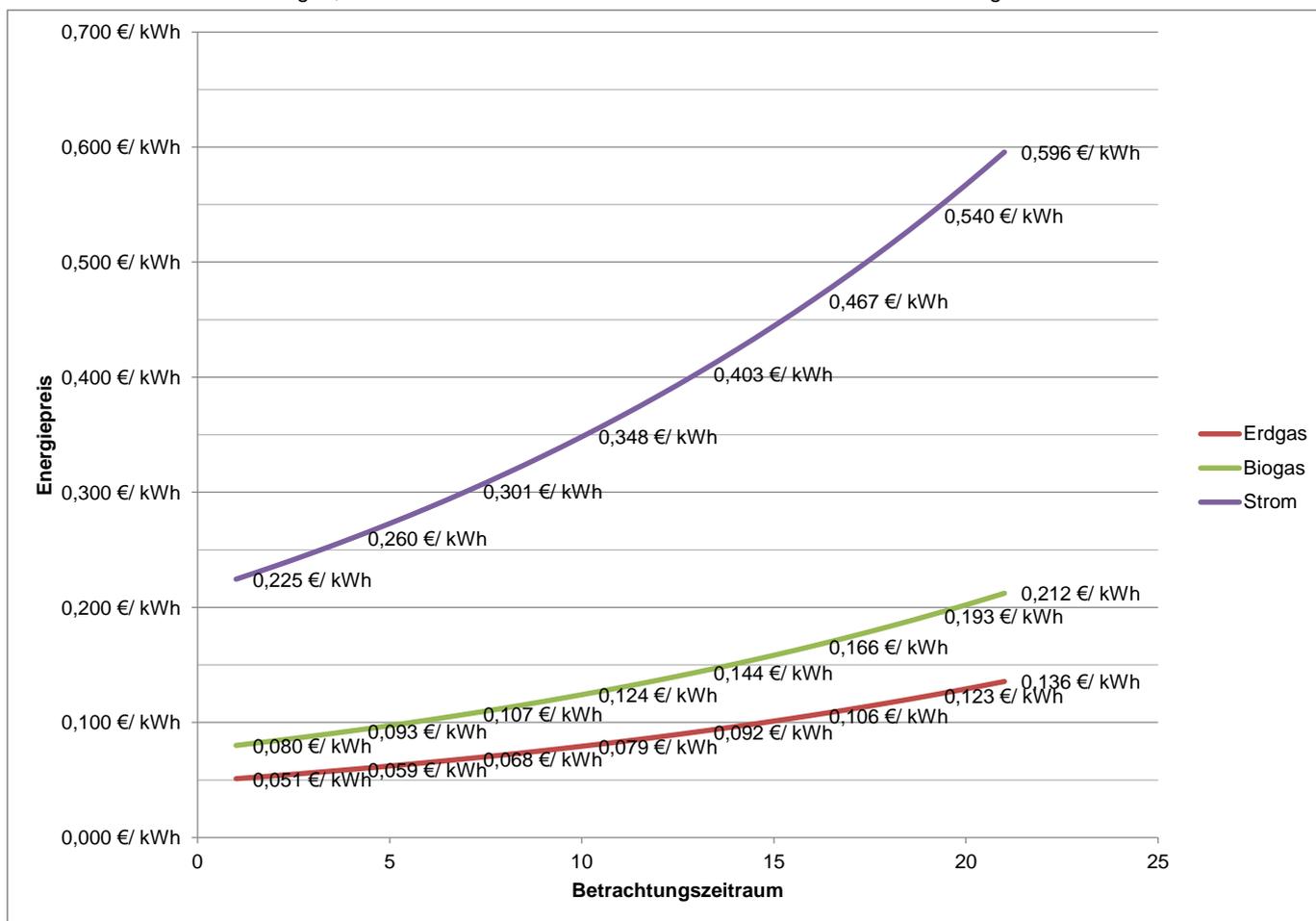
3.4 Energiepreise Strom

Arbeitspreis: 0,225 €/ kWh *Aus Tarifdaten Rheinenergie Preisblatt Strom, mit Rahmenvertrag*

Preissteigerung: 4,0%

3.5 Graphische Auswertung der Energiepreissteigerung

Diese Betrachtung zeigt an, wie mit den angenommenen Vorgaben die Preissteigerung des jeweiligen Energieträgers verläuft. Es sind keine Preissenkungen, bzw. Preisverfälle aus volkswirtschaftlichen Gründen berücksichtigt.



Die vorliegende Kurve zeigt deutlich, dass die eingesetzten Werte über einen Zeitraum von mehr als 5 Jahren unzuverlässig werden. Es wird daher im Rahmen dieser Ausarbeitung keine rechnerische Betrachtung darüber hinaus geben.

Die Öffnung des Gasmarktes für jeden Fremdanbieter und Entdeckung/ Nutzung neuer Gasvorkommen und Gasquellen lassen mit großer Wahrscheinlichkeit die Gaspreise in Zukunft moderat steigen.

4 Systemfindung für Wärme- und Kälteerzeugung

4.1 Kälte

Entfällt, da keine aktive Kälteerzeugung vorgesehen ist.

4.2 Heizung

Als Vergleichssysteme werden gegenübergestellt:

- I. Konventioneller Kessel mit Solaranlage (min. 15 % Anteil an Jahreswärmeenergie) zur Heizungs- und Brauchwasserbereitung
- II. Luft-Wasserwärmepumpen, gasmotorisch angetrieben (min. 50 % Anteil Jahreswärmeenergie) mit konventionellem Kessel zur Brauchwasserbereitung, die vorgen. Wärmepumpe arbeitet brauchwasserunterstützend (Vorerwärmung)
- III. Luft-Wasserwärmepumpen, elektrisch angetrieben (min. 50 % Anteil Jahreswärmeenergie) mit konventionellem Kessel zur Brauchwasserbereitung, die vorgen. Wärmepumpe arbeitet brauchwasserunterstützend (Vorerwärmung)
- IV. Sole-Wasserwärmepumpen, gasmotorisch angetrieben (min. 50 % Anteil Jahreswärmeenergie) mit konventionellem Kessel zur Brauchwasserbereitung, die vorgen. Wärmepumpe arbeitet brauchwasserunterstützend (Vorerwärmung)
- V. Sole-Wasserwärmepumpen, elektrisch angetrieben (min. 50 % Anteil Jahreswärmeenergie) mit konventionellem Kessel zur Brauchwasserbereitung, die vorgen. Wärmepumpe arbeitet brauchwasserunterstützend (Vorerwärmung)

4.3 Zu Grunde liegende Bedarfswerte

Wärmelast Heizen:	175 kW	
VBh Heizen:	2.000 h	<i>Beheizung und Brauchwasserbereitung</i>
Wärmelast Kühlen:	Entfällt	
VBh Heizen:	Entfällt	

Warmwasserbedarf:	40 l/ Person
Wärmelast Warmwasser:	61 kW

Gesamtwärmelast Heizen:	236 kW	<i>Inklusive Brauchwasserbereitung</i>
Endenergiebedarf Heizen:	472.000 kW/ h _{xa}	

Anteilige Brauchwasserunterstützung:

Folgend der Physik des Wärmepumpenprozess, sind Nutzttemperaturen höher als 47 °C zu vermeiden, da diese die Effizienz zu stark beeinträchtigen.

Es kann also mit einer Wärmepumpe lediglich ein Teilbereich der Brauchwassererzeugung erfolgen.

Für:

Zieltemperatur: **60 °C**

Frischwassertemperatur: **10 °C**

ergibt sich, dass eine Wärmepumpe zu ca. 49 % der Warmwasserbereitung unterstützend arbeiten.

5 Systemvergleiche

I. Konventioneller Kessel mit Solaranlage (min. 15 % Anteil an Jahreswärmeenergie) zur Heizungs- und Brauchwasserbereitung

Leistung Kessel: 200,6 kW *Berechnet aus Restanteil gemäß EEWärmeG-Vorgabe abzgl. Solarthermienutzung*
 Leistung Solarthermie: 35 kW *Gemäß EEWärmeG-Vorgabe geforderte Wärmeenergieerzeugung von min. 15 %*

Betriebskostenrechnung Kessel und Solarthermie

Wirkungsgrad Kessel: 95% Anteil Jahresheizarbeit Kessel: 85%
 El. Leistungsaufnahme Kessel: 3,0 kW Anteil Jahresheizarbeit Solarth.: 15%
 El. Leistungsaufnahme Solarth.: 0,5 kW

Grundpreis Strom: - € Grundpreis Gas: - €
 Arbeitspreis Strom: 0,22 € Arbeitspreis Gas: 0,05 €

Sonstige Kosten (Wartung, Schornsteinfeger etc.): 1.000,00 €

Stromkosten Kessel

Strombedarf: 5.100 kWh/ a
Stromkosten: 1.144,95 €/ a

Stromkosten Solar

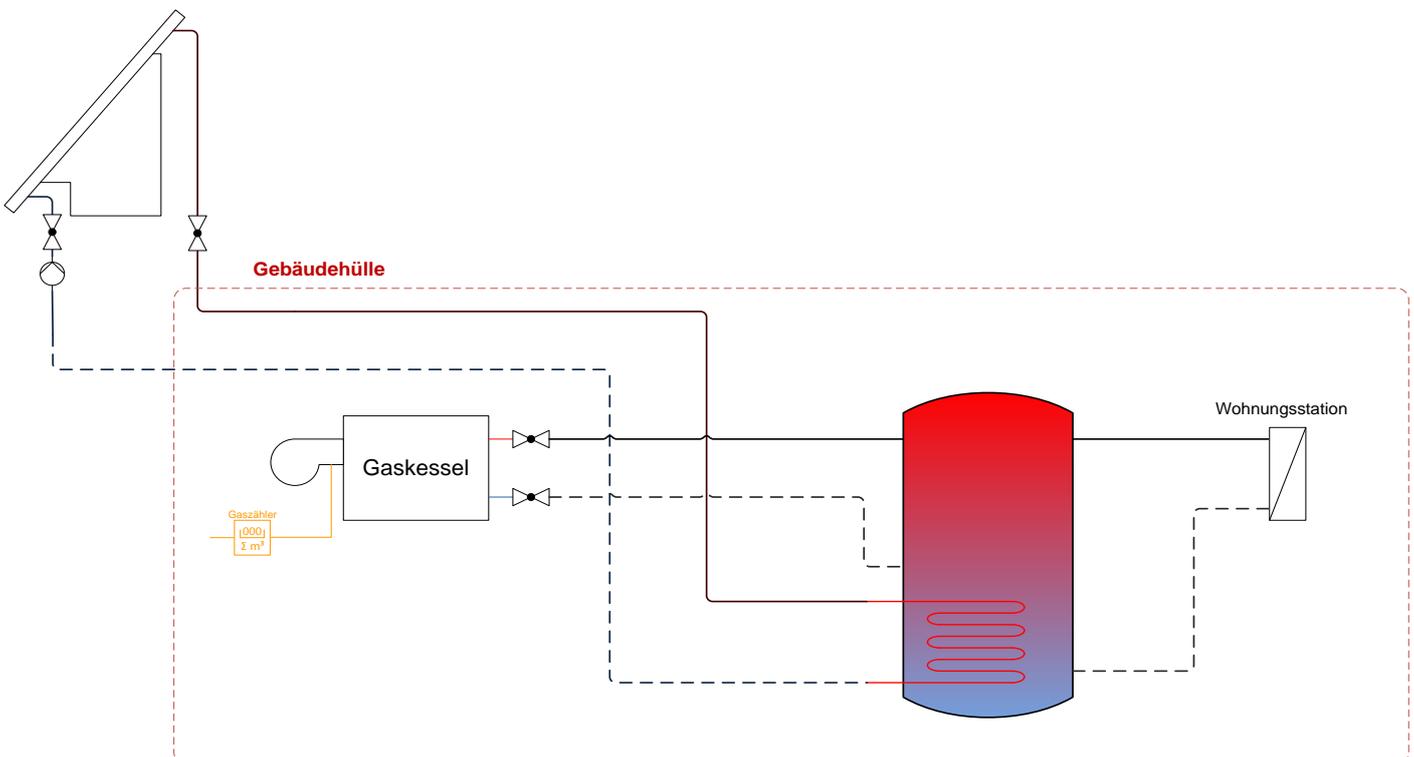
Strombedarf: 150 kWh/ a
Stromkosten: 33,68 €/ a

Gaskosten

Gasbedarf: 422.316 kWh/ a
Gaskosten: 21.580,34 €/ a

Resultierende Jahresbetriebskosten:

Jahr	Sonstige	Stromkosten	Gaskosten	Gesamtkosten
1	1.000,00 €	1.178,63 €	21.580,34 €	23.758,96 €
2	1.000,00 €	1.225,77 €	22.659,35 €	24.885,12 €
3	1.000,00 €	1.274,80 €	23.792,32 €	26.067,12 €
4	1.000,00 €	1.325,79 €	24.981,94 €	27.307,73 €
5	1.000,00 €	1.378,82 €	26.231,03 €	28.609,86 €



II. Luft-Wasserwärmepumpen, gasmotorisch angetrieben (min. 50 % Anteil Jahreswärmeenergie) mit konventionellem Kessel zur Brauchwasserbereitung, die vorgeg. Wärmepumpe arbeitet brauchwasserunterstützend (Vorerwärmung)

Leistung Gasmotorwärmepumpen: 180 kW 3 Stk. AISIN AWGP 560 E1 mit Hydraulikstationen AWS YOSHI
Leistung Therme: 61 kW

Betriebskostenrechnung Gasmotorwärmepumpe und Kessel

JAZ Gasmotorwärmepumpe: 1,31 $HG= +12^{\circ}C, \Theta e= -12^{\circ}C, VL= 40^{\circ}C$ Anteil Jahresheizarbeit GWP: 87%
El. Leistungsaufnahme GWP: 2,5 kW

Wirkungsgrad: 95% Anteil Jahresheizarbeit Kessel: 13%
El. Leistungsaufnahme Kessel: 1,5 kW

Grundpreis Strom: - € Grundpreis Gas: - €
Arbeitspreis Strom: 0,22 € Arbeitspreis Gas: 0,05 €

Sonstige Kosten (Wartung, Schornsteinfeger etc.): 3.000,00 €

Stromkosten Gasmotorwärmepumpe

Strombedarf: 4.350 kWh/ a
Stromkosten: 976,58 €/ a

Stromkosten Kessel

Strombedarf: 390 kWh/ a
Stromkosten: 87,56 €/ a

Gaskosten Gasmotorwärmepumpe

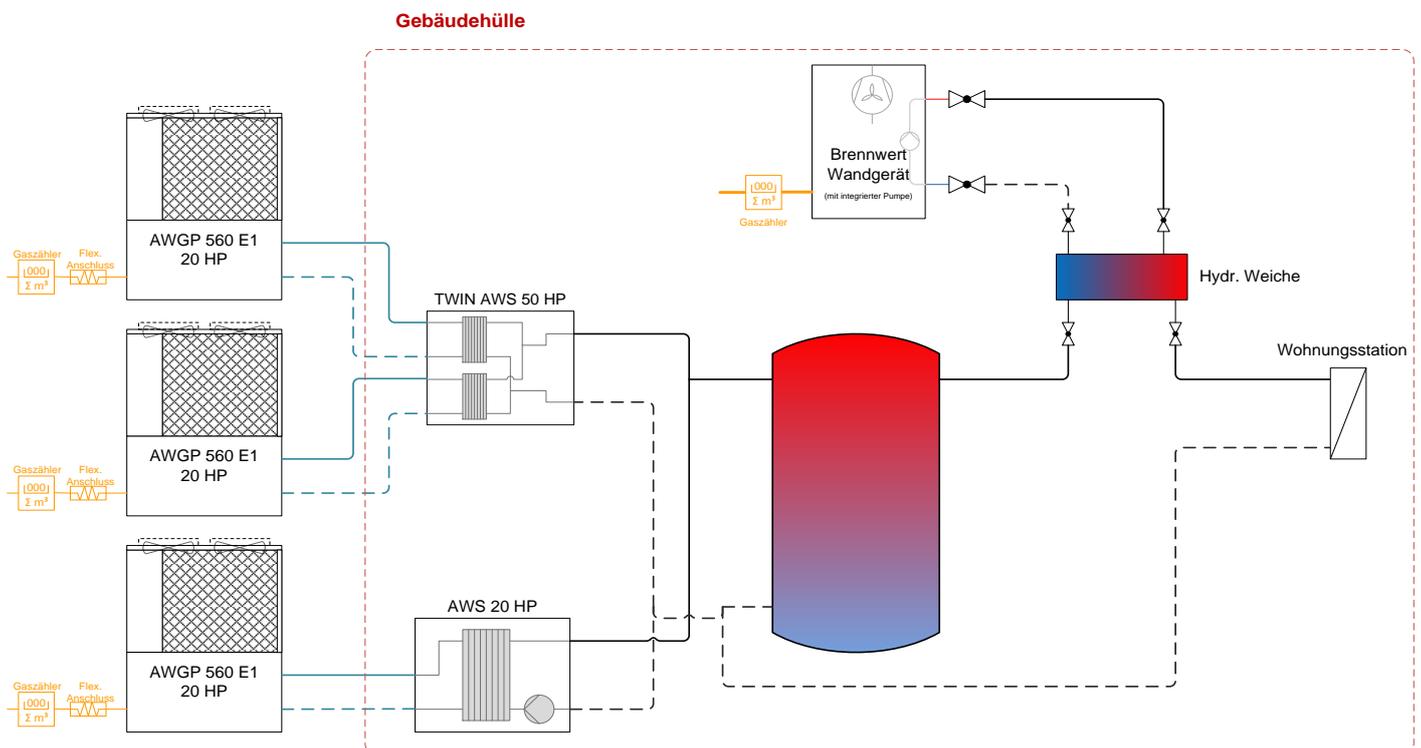
Gasbedarf: 313.466 kWh/ a
Gaskosten: 16.018,09 €/ a

Gaskosten Kessel

Gasbedarf: 64.589 kWh/ a
Gaskosten: 3.300,52 €/ a

Resultierende Jahresbetriebskosten:

Jahr	Sonstige	Stromkosten	Gaskosten	Gesamtkosten
1	3.000,00 €	1.064,13 €	19.318,62 €	23.382,75 €
2	3.000,00 €	1.106,70 €	20.284,55 €	24.391,24 €
3	3.000,00 €	1.150,96 €	21.298,77 €	25.449,74 €
4	3.000,00 €	1.197,00 €	22.363,71 €	26.560,72 €
5	3.000,00 €	1.244,88 €	23.481,90 €	27.726,78 €



III. Luft-Wasserwärmepumpen, elektrisch angetrieben (min. 50 % Anteil Jahreswärmeenergie) mit konventionellem Kessel zur Brauchwasserbereitung, die vorgeh. Wärmepumpe arbeitet brauchwasserunterstützend (Vorerwärmung)

Zu deckende Leistung Elektrowärmepumpen: 180 kW
Leistung Therme: 61 kW

Betriebskostenrechnung Elektrowärmepumpe und Kessel

JAZ Elektrowärmepumpe:	3,20	Anteil Jahresheizarbeit EWP:	87%
El. Leistungsaufnahme EWP:	56,3 kW		
Wirkungsgrad:	95%	Anteil Jahresheizarbeit Kessel:	13%
El. Leistungsaufnahme Kessel:	1,5 kW		
Grundpreis Strom:	- €	Grundpreis Gas:	- €
Arbeitspreis Strom:	0,22 €	Arbeitspreis Gas:	0,05 €

Sonstige Kosten (Wartung, Schornsteinfeger etc.): 1.500,00 €

Stromkosten Elektrowärmepumpe

Strombedarf: 97.875 kWh/ a
Stromkosten: 21.972,94 €/ a

Stromkosten Kessel

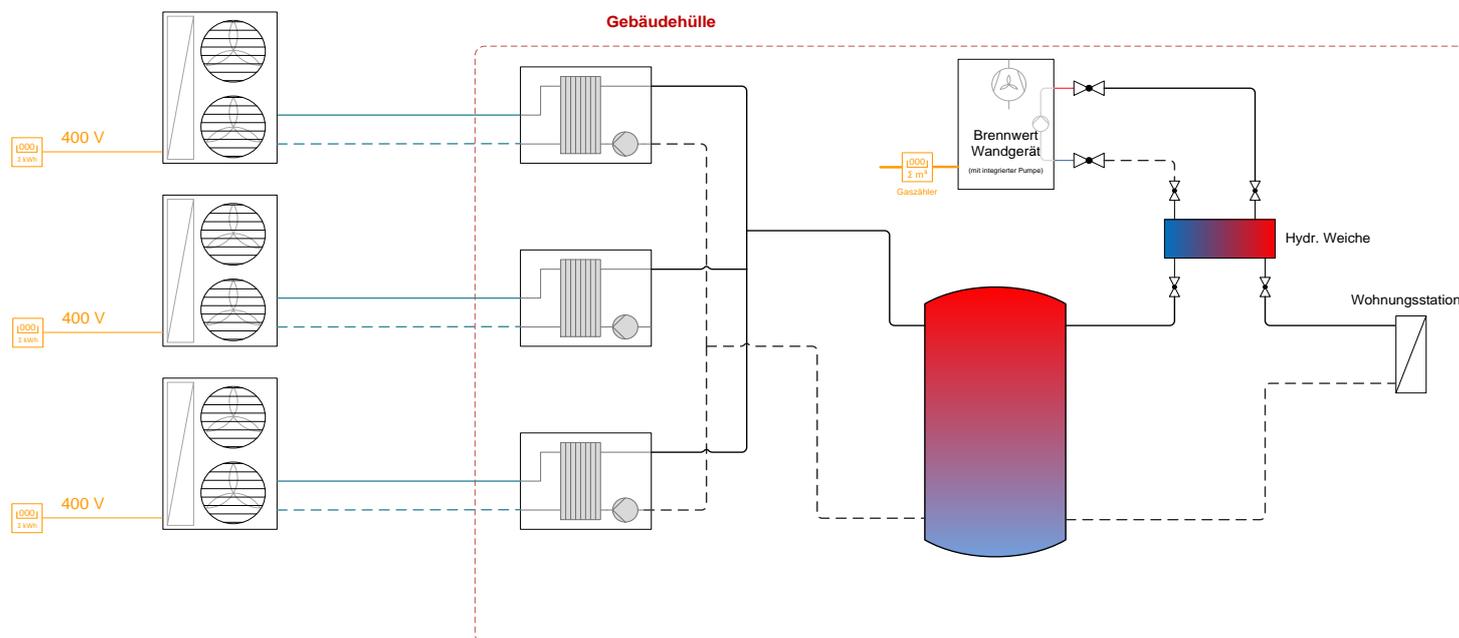
Strombedarf: 390 kWh/ a
Stromkosten: 87,56 €/ a

Gaskosten Kessel

Gasbedarf: 64.589 kWh/ a
Gaskosten: 3.300,52 €/ a

Resultierende Jahresbetriebskosten:

Jahr	Sonstige	Stromkosten	Gaskosten	Gesamtkosten
1	1.500,00 €	22.060,49 €	3.300,52 €	26.861,01 €
2	1.500,00 €	22.942,91 €	3.465,55 €	27.908,46 €
3	1.500,00 €	23.860,63 €	3.638,83 €	28.999,45 €
4	1.500,00 €	24.815,05 €	3.820,77 €	30.135,82 €
5	1.500,00 €	25.807,66 €	4.011,81 €	31.319,46 €



IV. Sole-Wasserwärmepumpen, gasmotorisch angetrieben (min. 50 % Anteil Jahreswärmeenergie) mit konventionellem Kessel zur Brauchwasserbereitung, die vorgeg. Wärmepumpe arbeitet brauchwasserunterstützend (Vorerwärmung)

Leistung Gasmotorwärmepumpen: 200 kW 2 Stk. AISIN AWGP Geothermiemodell
 Leistung Therme: 36 kW

Betriebskostenrechnung Gasmotorwärmepumpe und Kessel

JAZ: 2,00 Anteil Jahresheizarbeit GWP: 87%
 El. Leistungsaufnahme GWP: 2,0 kW

Wirkungsgrad: 95% Anteil Jahresheizarbeit Kessel: 13%
 El. Leistungsaufnahme Kessel: 1,5 kW

Grundpreis Strom: - € Grundpreis Gas: - €
 Arbeitspreis Strom: 0,22 € Arbeitspreis Gas: 0,05 €

Sonstige Kosten (Wartung, Schornsteinfeger etc.): 2.200,00 €

Stromkosten Gasmotorwärmepumpe

Strombedarf: 3.480 kWh/ a
Stromkosten: 781,26 €/ a

Stromkosten Kessel

Strombedarf: 390 kWh/ a
Stromkosten: 87,56 €/ a

Gaskosten Gasmotorwärmepumpe

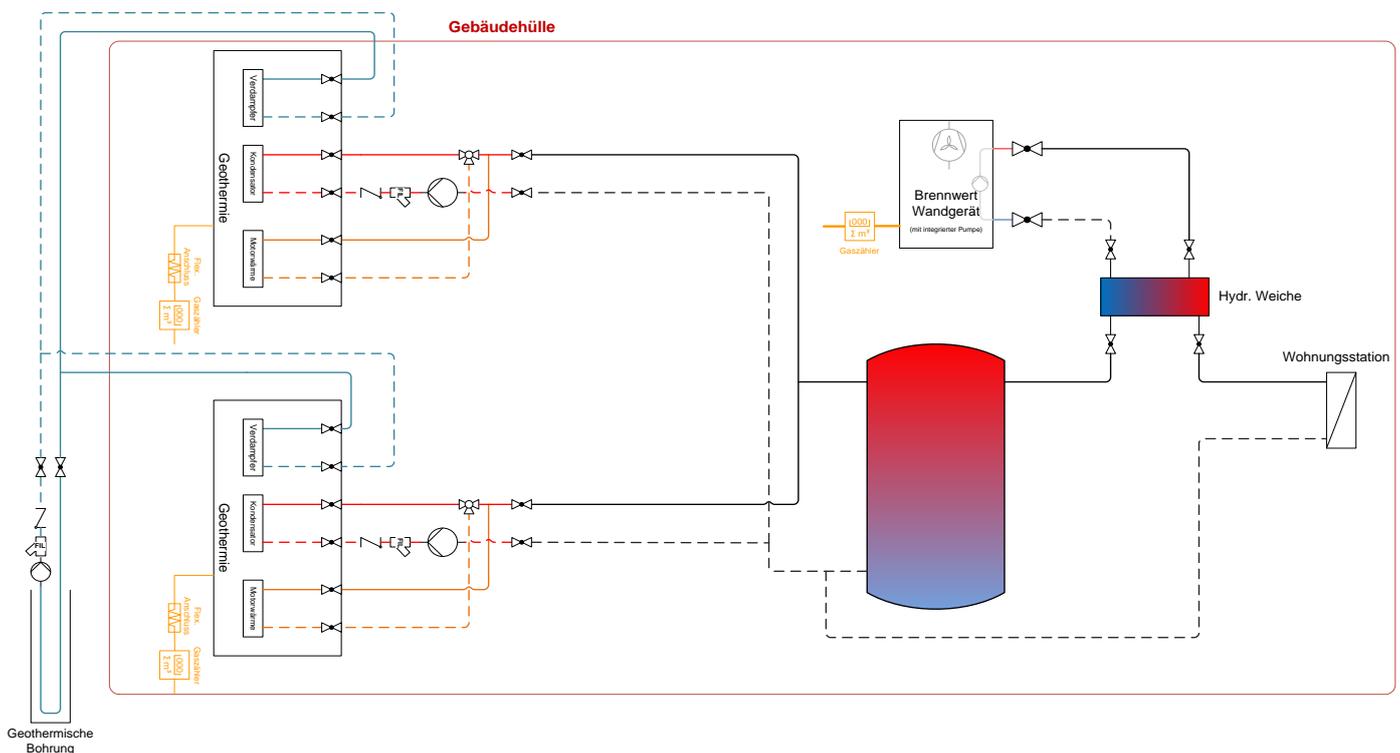
Gasbedarf: 205.320 kWh/ a
Gaskosten: 10.491,85 €/ a

Gaskosten Kessel

Gasbedarf: 64.589 kWh/ a
Gaskosten: 3.300,52 €/ a

Resultierende Jahresbetriebskosten:

Jahr	Sonstige	Stromkosten	Gaskosten	Gesamtkosten
1	2.200,00 €	868,82 €	13.792,37 €	16.861,19 €
2	2.200,00 €	903,57 €	14.481,99 €	17.585,56 €
3	2.200,00 €	939,71 €	15.206,09 €	18.345,80 €
4	2.200,00 €	977,30 €	15.966,40 €	19.143,70 €
5	2.200,00 €	1.016,39 €	16.764,72 €	19.981,11 €



V. Sole-Wasserwärmepumpen, elektrisch angetrieben (min. 50 % Anteil Jahreswärmeenergie) mit konventionellem Kessel zur Brauchwasserbereitung, die vorgeg. Wärmepumpe arbeitet brauchwasserunterstützend (Vorerwärmung)

Leistung Elektrowärmepumpen: 180 kW
Leistung Therme: 56 kW

Betriebskostenrechnung Elektrowärmepumpe und Kessel

JAZ:	4,00	Anteil Jahresheizarbeit EWP:	87%
El. Leistungsaufnahme EWP:	45,0 kW		
Wirkungsgrad:	95%	Anteil Jahresheizarbeit Kessel:	13%
El. Leistungsaufnahme Kessel:	1,5 kW		
Grundpreis Strom:	- €	Grundpreis Gas:	- €
Arbeitspreis Strom:	0,22 €	Arbeitspreis Gas:	0,05 €
Sonstige Kosten (Wartung, Schornsteinfeger etc.):			1.000,00 €

Stromkosten Elektrowärmepumpe

Strombedarf: 78.300 kWh/ a
Stromkosten: 17.578,35 €/ a

Stromkosten Kessel

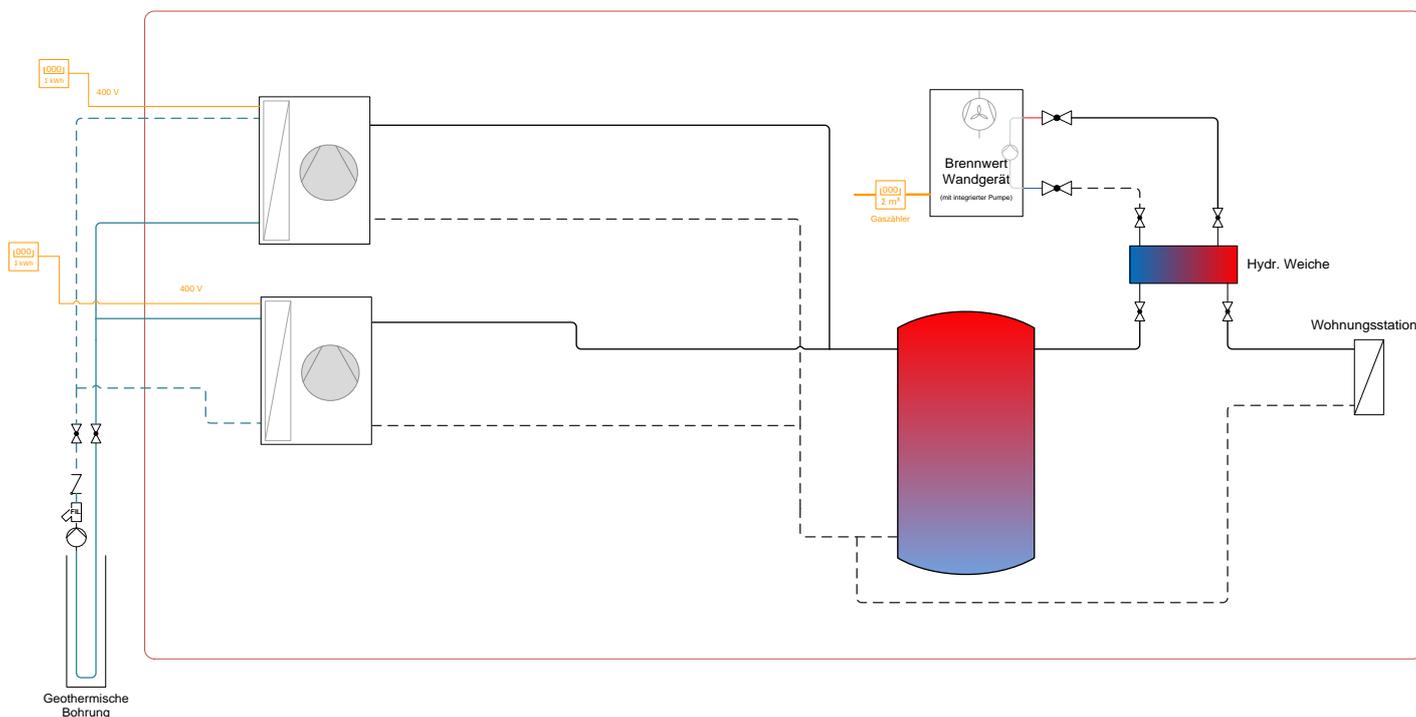
Strombedarf: 390 kWh/ a
Stromkosten: 87,56 €/ a

Gaskosten Kessel

Gasbedarf: 64.589 kWh/ a
Gaskosten: 3.300,52 €/ a

Resultierende Jahresbetriebskosten:

Jahr	Sonstige	Stromkosten	Gaskosten	Gesamtkosten
1	1.000,00 €	17.665,91 €	3.300,52 €	21.966,43 €
2	1.000,00 €	18.372,54 €	3.465,55 €	22.838,09 €
3	1.000,00 €	19.107,44 €	3.638,83 €	23.746,27 €
4	1.000,00 €	19.871,74 €	3.820,77 €	24.692,51 €
5	1.000,00 €	20.666,61 €	4.011,81 €	25.678,42 €



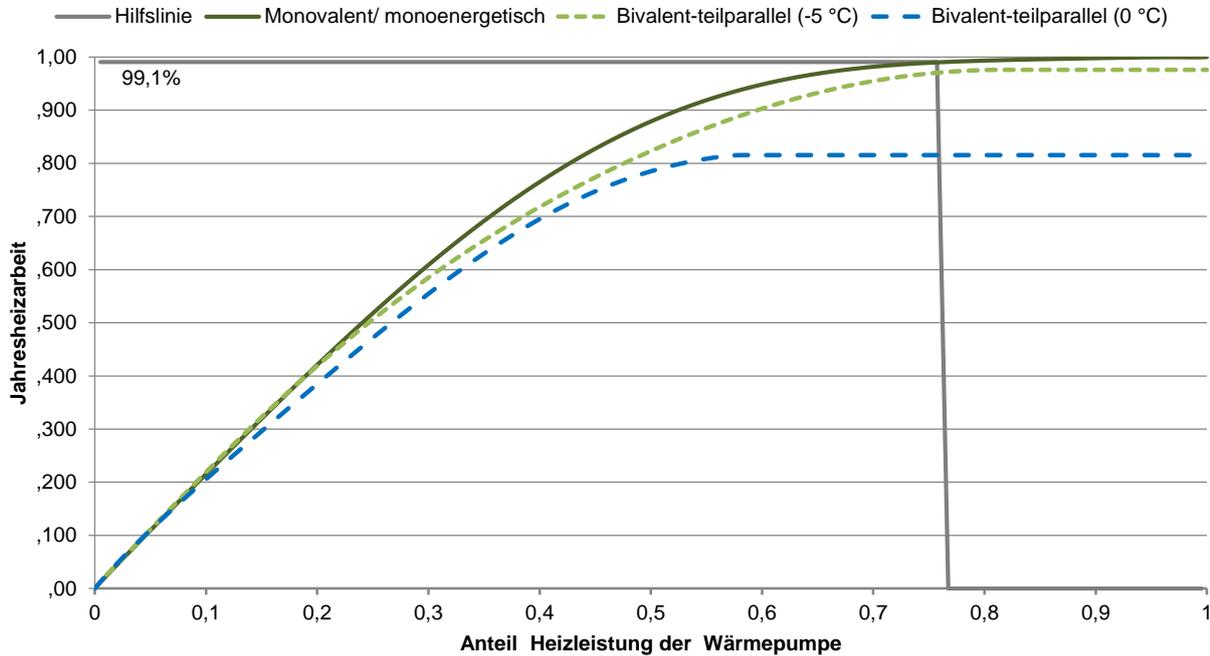
6 Anlagendimensionierung

6.1 Dimensionierung Wärmepumpen

Wärmepumpen decken den Leistungsanteil der Heizwärme von 228 kW, wobei die Auswahl der Wärmepumpe auf die Heizleistung von 180 kW entfiel. Mittels Vorrangschaltung deckt die Wärmepumpe bei Brauchwasserunterstützung jedoch lediglich max. 50 % der auf Brauchwasser entfallenden Wärmemenge. Daraus ergibt sich eine durch Wärmepumpen erzeugte Wärmemenge von ca. 65.700 kWh.

Damit erzeugt die Wärmepumpe weitere 14 % Wärmeenergie im Gesamtbedarf. Dies sorgt für eine Leistungsdeckung von ca. 99 %.

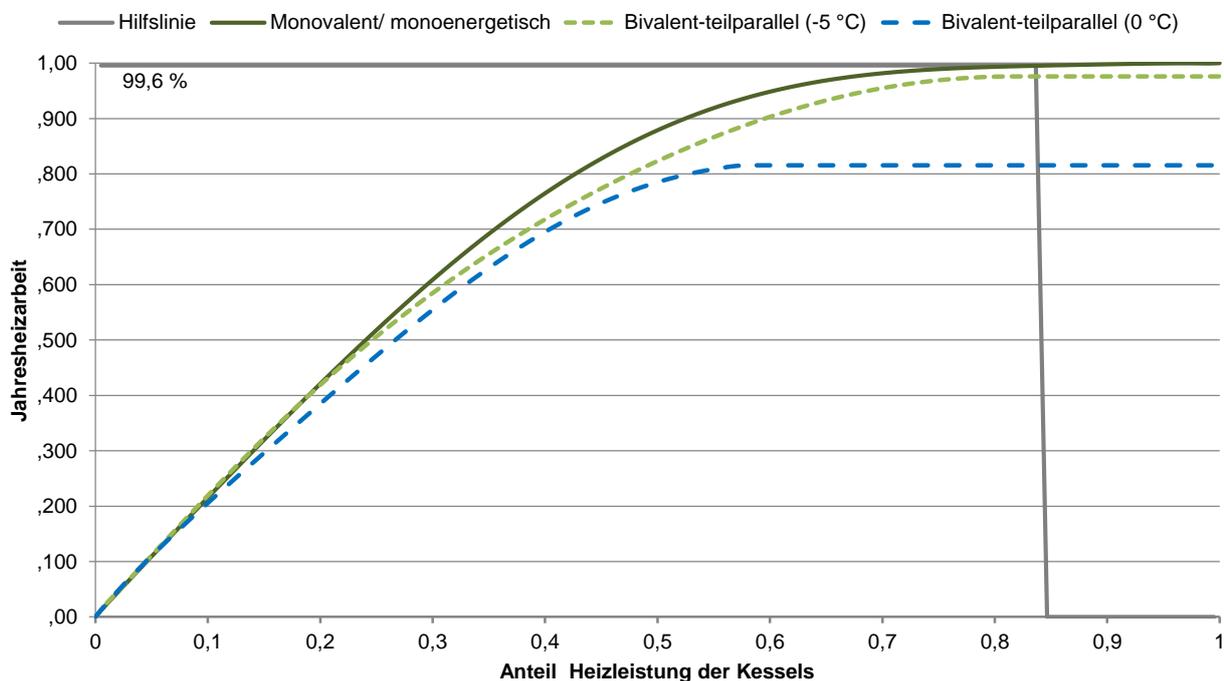
Valenzkurven der Jahresheizarbeit



6.2 Dimensionierung Kessel und Solar

Gemäß EEWärmeG ist bei Einsatz einer Solaranlage als Wärmeerzeuger eine Mindestdeckung von 15 % des Jahreswärmeenergiebedarfs gefordert. Dies bedeutet, dass die Grundlast mittels einer normalen Therme gedeckt werden kann. Dies wird

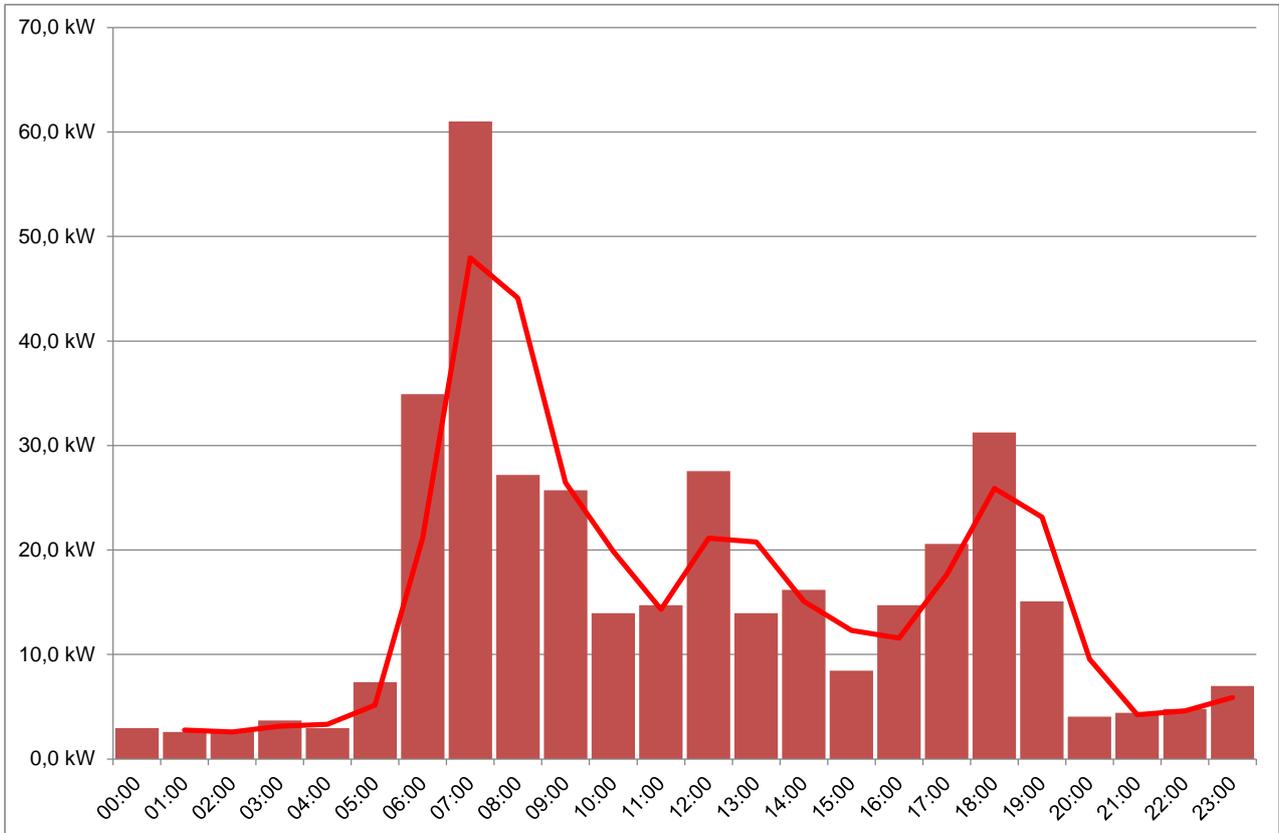
Valenzkurven der Jahresheizarbeit



6.3 Wärmelast durch Brauchwassererzeugung

Personenzahl: 158
 Warmwasserbedarf: 40 l/ Person x d
 Vorges. Leistung Warmwasserbereitung: 61 kW

Resultierende Wassermenge: 6.320 l/ Person x d *Wassermenge mit 65 °C*
 Resultierende VBh: 2.199 h
 Resultierende Wärmemenge: 134.147 kWh/ a



7 Systemreport

I. Konventioneller Kessel mit Solarthermie

Gasverbrauch Kessel:	422.316 kWh/ a
Stromverbrauch Kessel:	5.100 kWh/ a
Stromverbrauch Solarthermie:	150 kWh/ a
CO ₂ -Emissionen:	87,4 t/ a
Betriebskosten pro Jahr (1. Jahr):	23.758,96 €
Investitionskosten:	200.000,00 €
Anteilige Betriebskosten:	4,08 €/ m ² a
Anteilige Investitionskosten:	34,364 €/ m ² a

II. Gasmotorische Luft-Wasserwärmepumpe mit Kessel

Gasverbrauch Wärmepumpe:	313.466 kWh/ a
Stromverbrauch Wärmepumpe:	4.350 kWh/ a
Gasverbrauch Kessel:	64.589 kWh/ a
Stromverbrauch Kessel:	390 kWh/ a
CO ₂ -Emissionen:	36,6 t/ a
Betriebskosten pro Jahr (1. Jahr):	23.382,75 €
Investitionskosten:	205.000,00 €
Anteilige Betriebskosten:	4,02 €/ m ² a
Anteilige Investitionskosten:	35,223 €/ m ² a

III. Elektrische Luft-Wasserwärmepumpe mit Kessel

Stromverbrauch Wärmepumpe:	97.875 kWh/ a
Gasverbrauch Kessel:	64.589 kWh/ a
Stromverbrauch Kessel:	390 kWh/ a
CO ₂ -Emissionen:	55,3 t/ a
Betriebskosten pro Jahr (1. Jahr):	26.861,01 €
Investitionskosten:	190.000,00 €
Anteilige Betriebskosten:	4,62 €/ m ² a
Anteilige Investitionskosten:	32,646 €/ m ² a

IV. Gasmotorische Sole-Wasserwärmepumpe mit Kessel

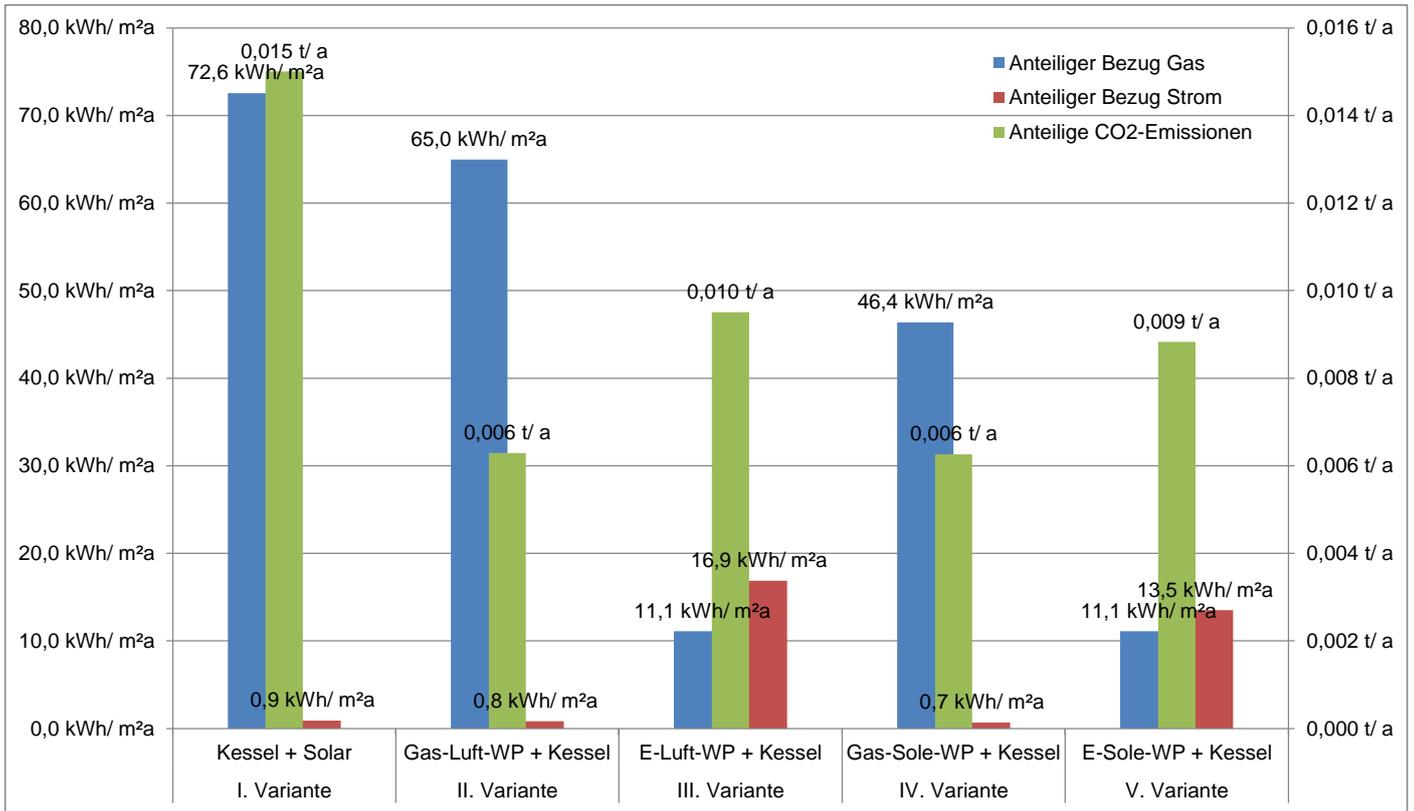
Gasverbrauch Wärmepumpe:	205.320 kWh/ a
Stromverbrauch Wärmepumpe:	3.480 kWh/ a
Gasverbrauch Kessel:	64.589 kWh/ a
Stromverbrauch Kessel:	390 kWh/ a
CO ₂ -Emissionen:	36,4 t/ a
Betriebskosten pro Jahr (1. Jahr):	16.861,19 €
Investitionskosten:	362.000,00 €
Anteilige Betriebskosten:	2,90 €/ m ² a
Anteilige Investitionskosten:	62,199 €/ m ² a

V. Elektrische Sole-Wasserwärmepumpe mit Kessel

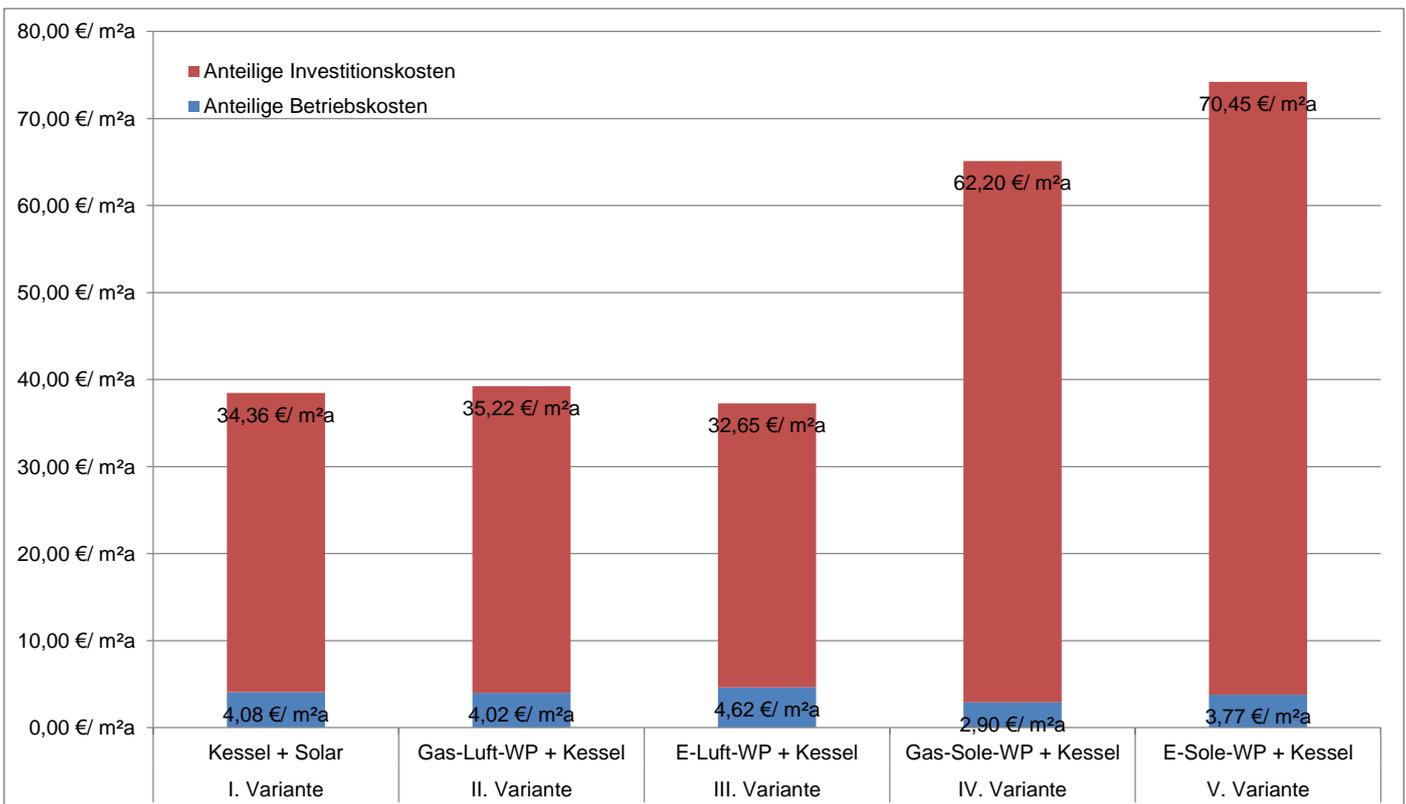
Stromverbrauch Wärmepumpe:	78.300 kWh/ a
Gasverbrauch Kessel:	64.589 kWh/ a
Stromverbrauch Kessel:	390 kWh/ a
CO ₂ -Emissionen:	51,4 t/ a
Betriebskosten pro Jahr (1. Jahr):	21.966,43 €
Investitionskosten:	410.000,00 €
Anteilige Betriebskosten:	3,77 €/ m ² a
Anteilige Investitionskosten:	70,447 €/ m ² a

8 Fazit

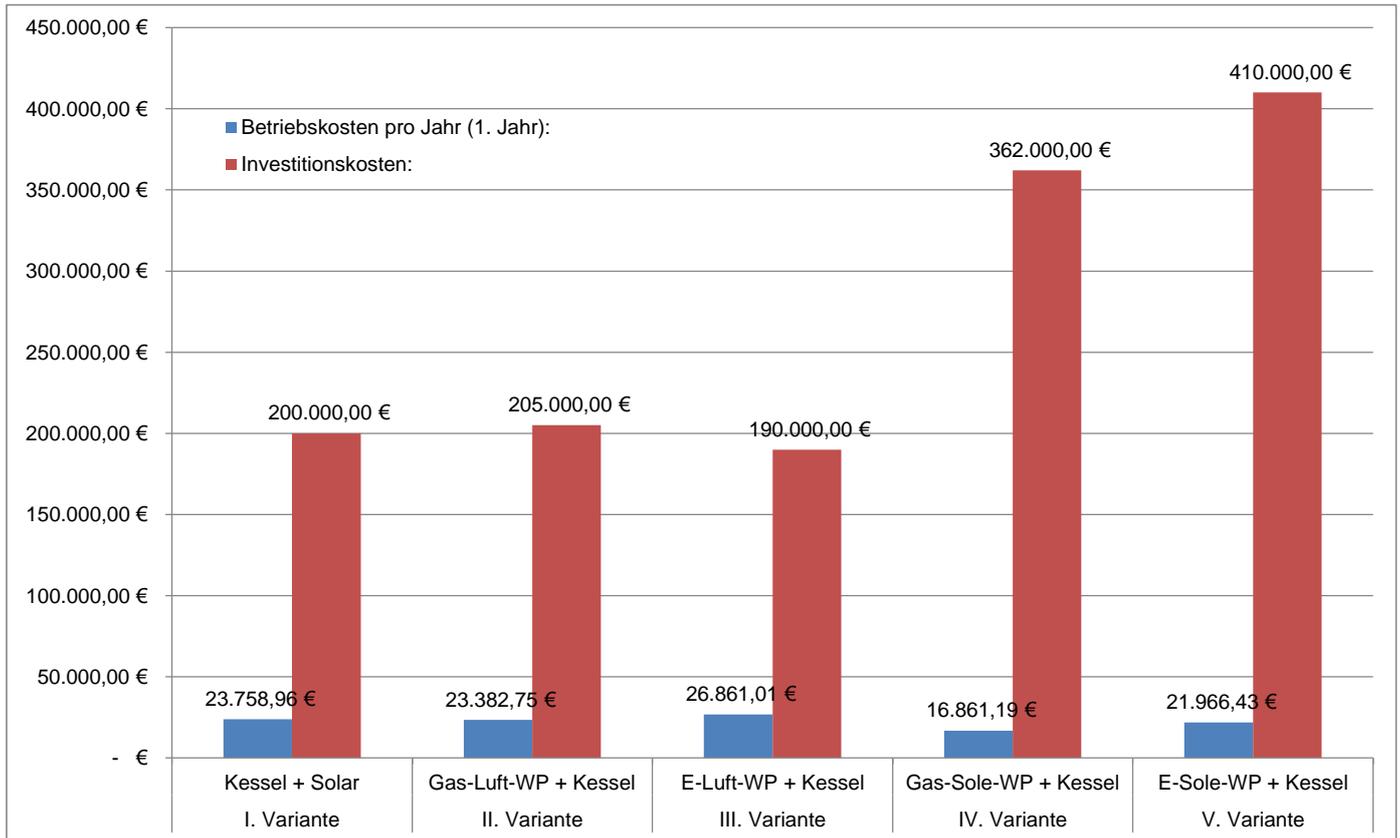
8.1 Primär-/ Hilfsenergiebezug und CO₂-Emission flächenbezogen



8.2 Anlagenkosten flächenbezogen



8.3 Investitionskosten



8.4 Fazit

Diese Anlagenanalyse stellt sämtliche gegebenen Anlagenparameter in Rechnung. Die hieraus gewonnenen Daten lassen, zusammengefasst in den drei vorherigen Graphiken, erkennen wie vielseitig die Anlagenbewertung ist.

Mit Hinblick auf die folgenden Punkte ergibt sich für das Fazit:

- Investitionskosten in Balance mit Anlageneffizienz
- Mittelfristig günstigere Energiequelle
- Gute Ökologie (geringe CO₂-Emission)

Anlagenvariante II. wird für das vorliegende Objekt empfohlen.

Begründung:

- Anlagenart Gasbrennwertkessel und Gasmotorwärmepumpe repräsentieren Stand der Technik
Langlebig und wartungsarm
- Luft als Quellmedium muss nicht erst teuer erschlossen werden:
Günstigerer Invest gegenüber Variante IV. und V.
- Investitionskosten sind mit Effizienz in Balance:
Invest geringfügig höher gegenüber Variante I. und Variante III.
- Betriebskosten sind durch Gas als Energieträger dauerhaft niedriger:
Betriebskosten 13 % niedriger gegenüber Variante III., daher tritt Amortisation nach ca. 4,5 Jahren ein
- Gute Ökologiebilanz
Geringe CO₂-Emissionen