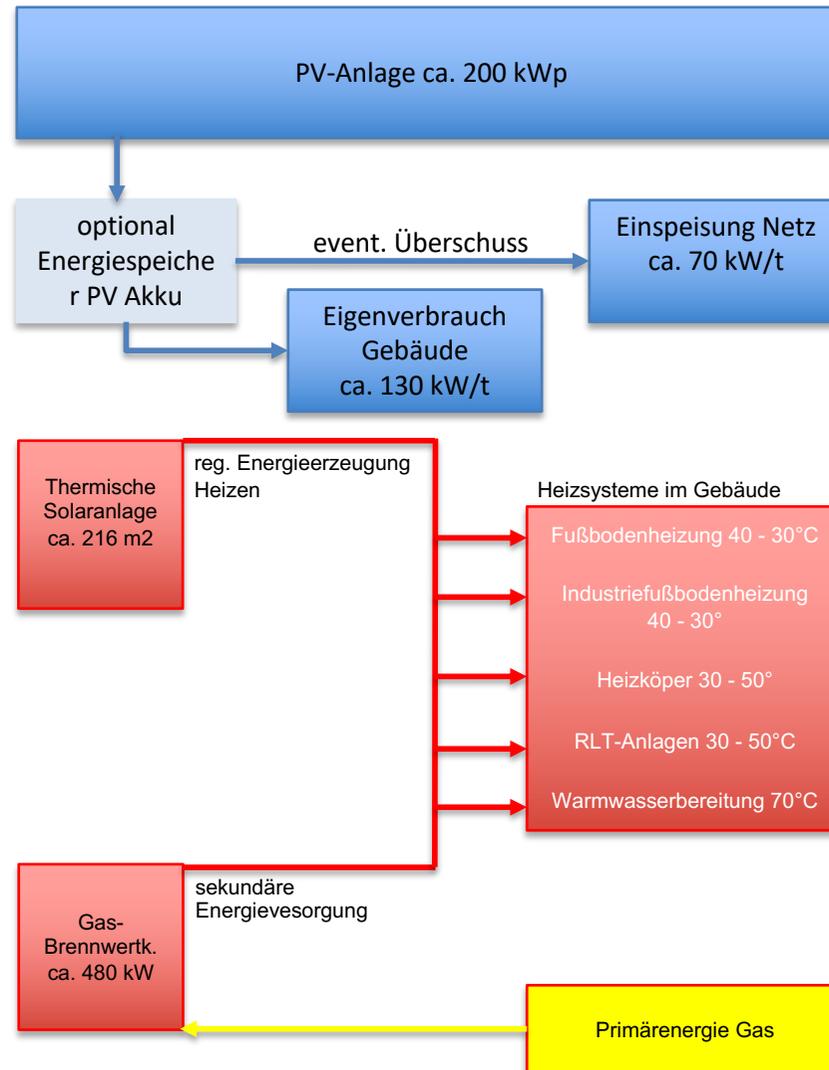


Betrachtung von 3 Varianten der Gebäudebeheizung mit der möglichen Integration von Photovoltaikmodellen unter der Berücksichtigung der Betriebs- und Investkosten sowie der Nachhaltigkeit.

**Neubau GAZ Oberursel
Energieversorgungsschema**

Variante 1 Thermische Solaranlage und Gas-Brennwertkessel



Investitionskosten brutto 559.600,00 Euro (Mehrkosten 372.600,00 Euro)
 Geamtkosten / a brutto 90.400,00 Euro
 Nachhaltigkeit / CO2 101 t/a (CO2-Minderung 46 t/a)

Variante 1 Thermische Solaranlage und Gas-Brennwertkessel

Vorteile:

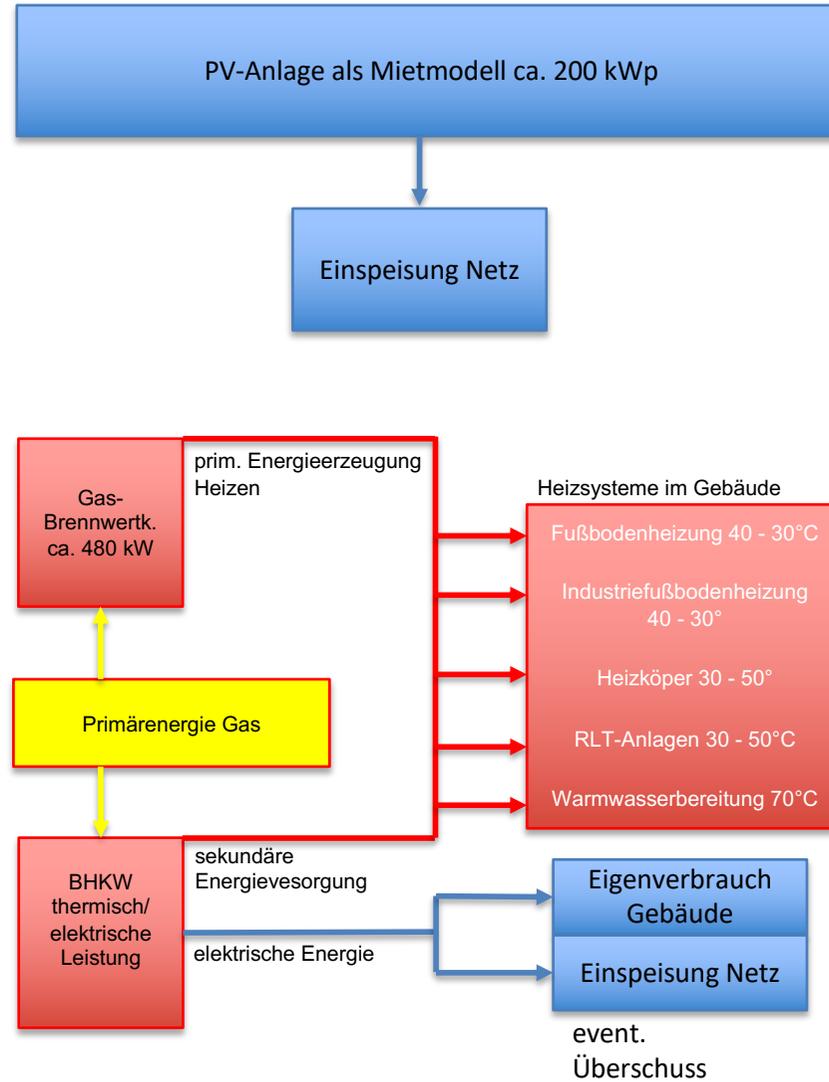
- Die Sonne wird vorwiegend zur Versorgung des Gebäudes mit elektr. Energie genutzt werden.

Nachteile:

- Hohe Investkosten
- Der Nutzen aus den erneuerbaren Energien (Solar) zum größten Teil abhängig von der Sonnenscheindauer
- Im Sommer hohe Energieeintragung, jedoch kaum Abnahme auf der Wärmeseite zur Gebäudebeheizung bzw. Teile der PV-Anlage müssen ins Netz eingespeist werden (kein Eigennutzen)
- Im Winter kaum Energieeintragung, jedoch hohe Abnahme auf der Wärmeseite durch das Gebäude. Somit überwiegende Wärmeversorgung des Gebäudes über fossile Energieträger.

**Neubau GAZ Oberursel
Energieversorgungsschema**

Variante 2 Gas-Brennwertkessel und BHKW (Basis-Variante)



Investitionskosten brutto 187.000,00 Euro
 Gesamtkosten / a brutto 67.120,00 Euro
 Nachhaltigkeit / CO2 147 t/a

Variante 2 Gas-Brennwertkessel und BHKW (Basis-Variante

Vorteile:

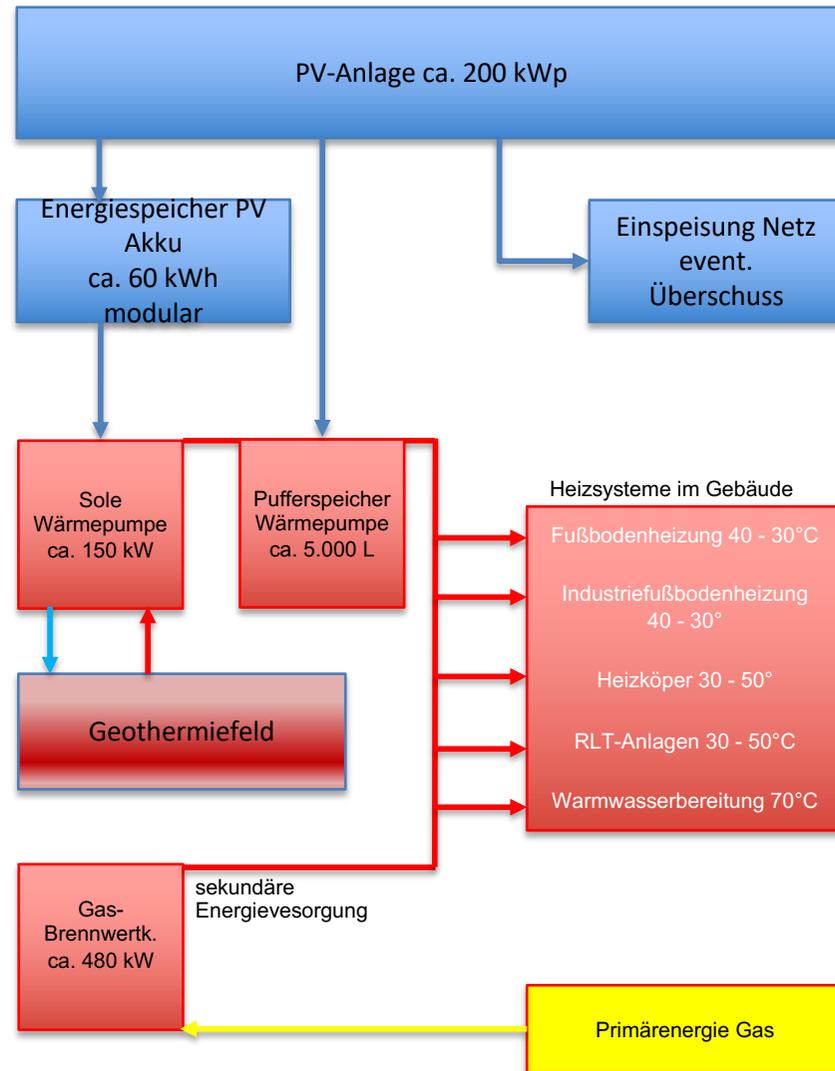
- Geringste Investitionskosten
- Keine Abhängigkeit von der Sonne
- Eigenstromversorgung durch Kraft-Wärme-Kopplung

Nachteile:

- Schlechteste CO₂-Bilanz der betrachteten Varianten
- Komplette Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen (Gas)

**Neubau GAZ Oberursel
Energieversorgungsschema**

Variante 3 Geothermie-Wärmepumpe und Gas-Brennwertkessel



Investitionskosten brutto 1.040.000,00 Euro (Mehrkosten 853.000,00 Euro)

Geamtkosten / a brutto 110.000,00 Euro

Nachhaltigkeit / CO2 82 t/a (CO2-Minderung 65 t/a) zu Variante 2

Variante 3 Geothermie-Wärmepumpe und Gas-Brennwertkessel

Vorteile:

- Beste CO₂-Bilanz der betrachteten Varianten
- Nur geringe Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen, da beim Ausfall der Gasversorgung die Wärmeversorgung zu Teilen über die Geothermie versorgt werden kann

Nachteile:

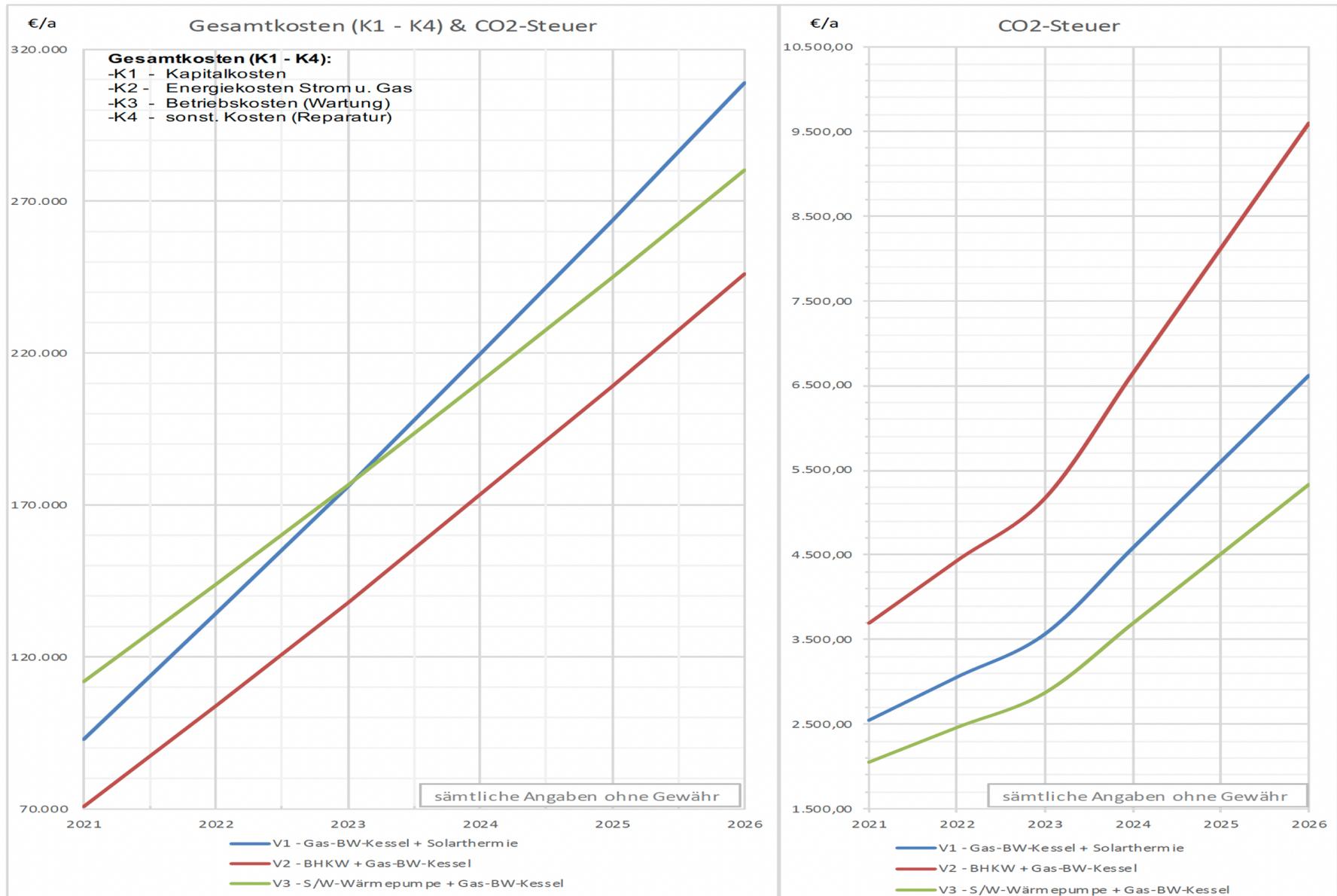
- Höchste Investitionskosten in der Betrachtung

Variante 3 Geothermie-Wärmepumpe und Gas-Brennwertkessel

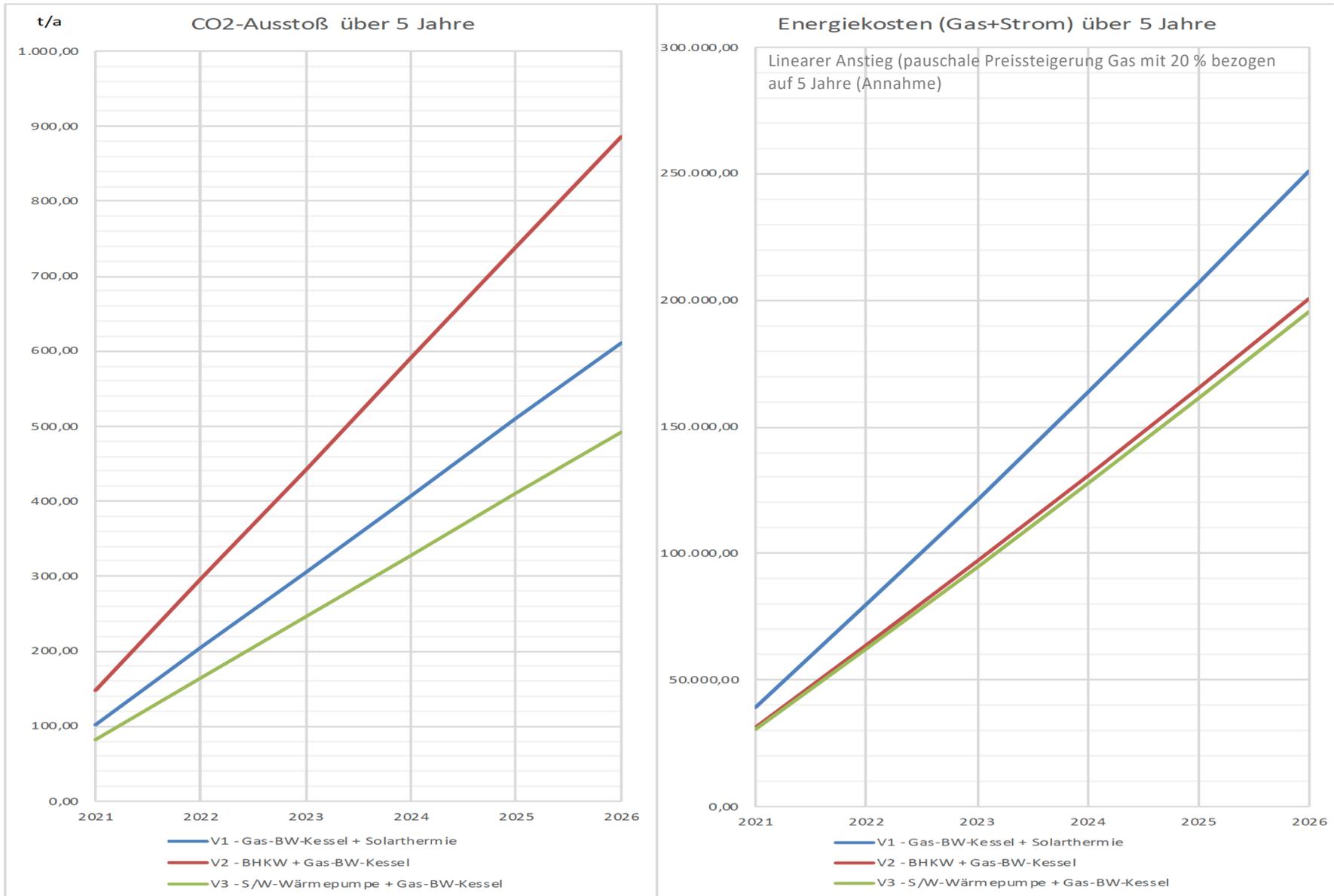
Anmerkungen und Hinweise

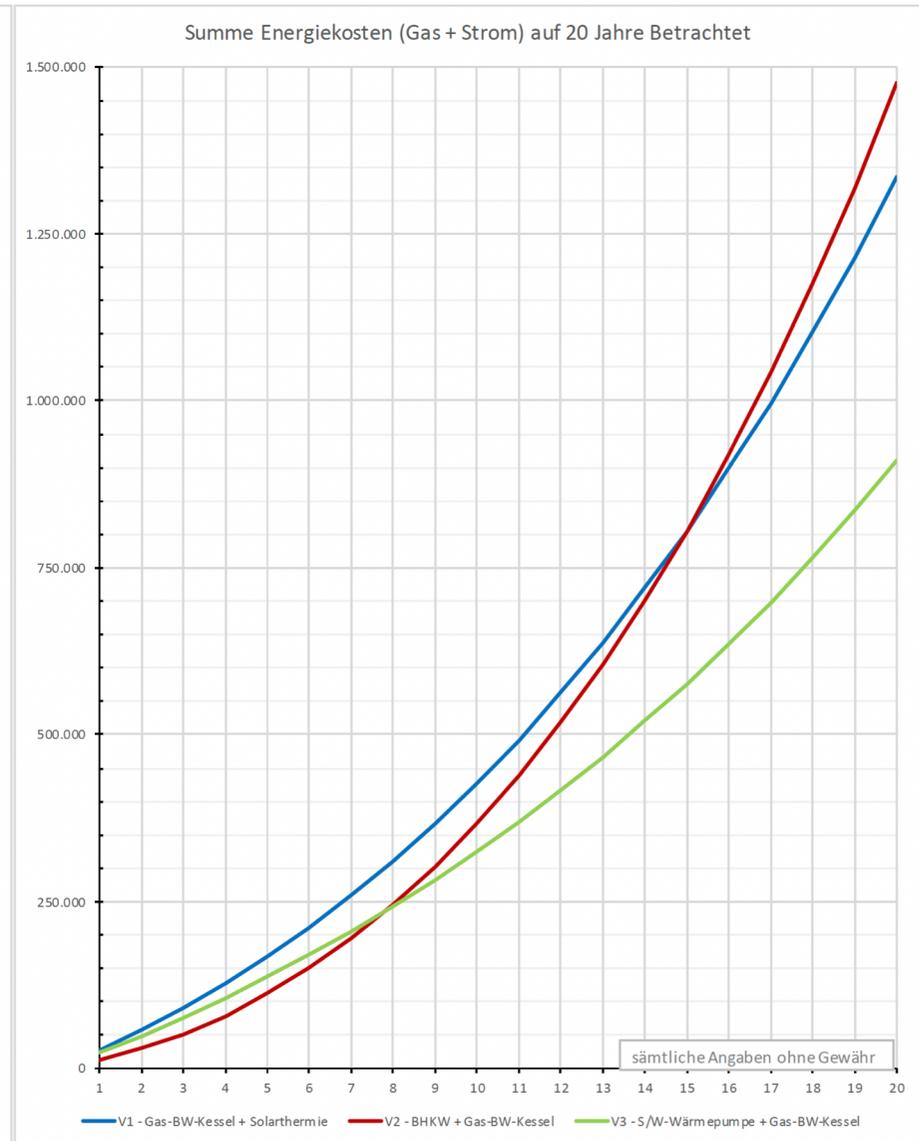
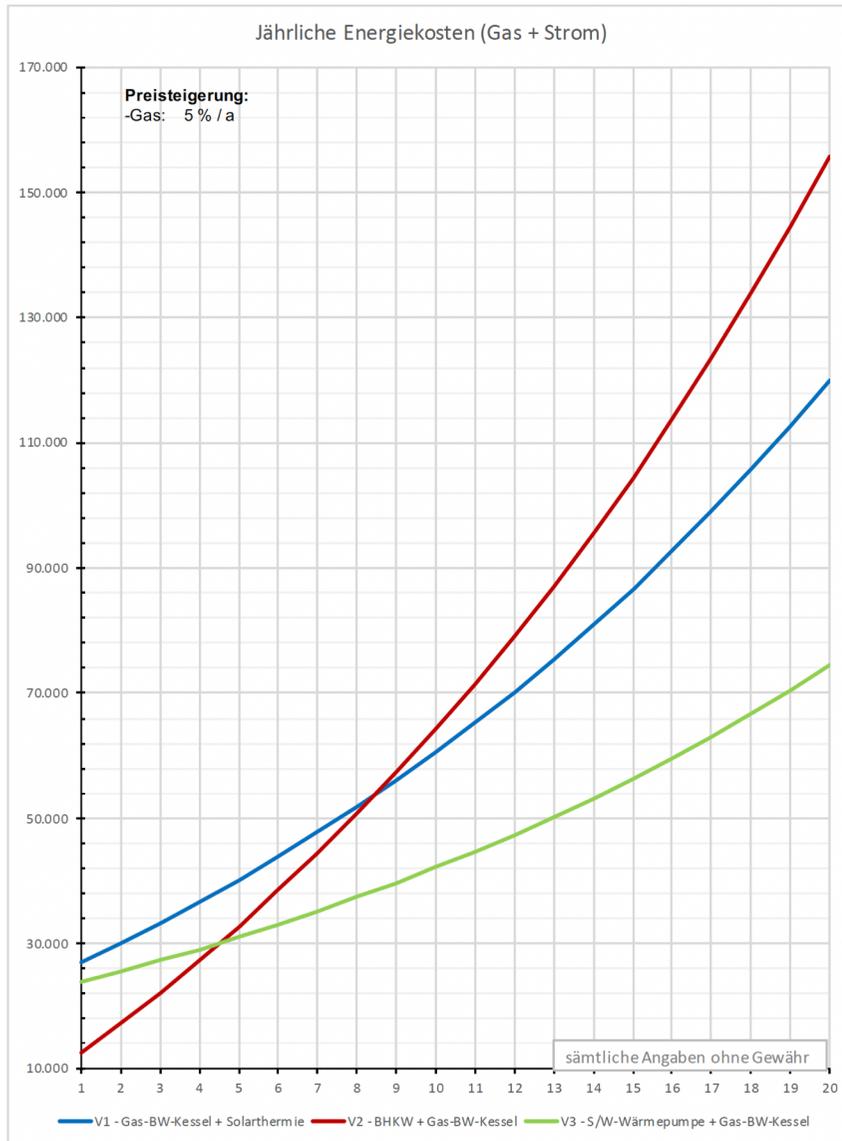
1. Nach Darstellung des Geologen sind bei keiner der aufgeführten Varianten geologische Risiken hinsichtlich der Geothermiebohrungen zu erwarten.
2. Bei einer event. gewünschten Kühlung von Raumbereichen und der Verwendung der Wärmepumpe als Kälteerzeuger, ist eine weitere Reduzierung des CO₂-Ausstoss im Vergleich zur Kälteerzeugung mittels Kompressionskältemaschinen möglich.
3. Durch den Betrieb einer PV-Anlage als Eigenanlage entstehen jährlichen Kapitalkosten für die Anlage von ca. 18.523,00 Euro. Dem gegenüber steht eine Kosteneinsparung durch den Eigenverbrauch der erzeugten Strommenge in Höhe von ca. 49.500,00 Euro.

Eine PV-Anlage als Mietprojekt ist bei dieser Variante nicht sinnhaftig.



K1, K3 und K4 als lineare Faktoren eingetragen. K2 (Energiekosten) mit 5 % Gaspreissteigerung berücksichtigt.





Geothermiebohrungen Variante 1

Sondenlänge 100 m	75 Sonden	Gesamtlänge der Sonden 7.500 m	Bohrungsdurchmesser 152 mm	Sondenart Duplex 32
Kosten pro Meter Bohrung	58,00 €	7.500,00 m	Kosten Bohrung gesamt	435.000,00 €
Kosten pro Sonde	enth.		Kosten Sonden	enth.
Kosten für Sammel- und Verteilleitungen und Verteilerschächte		1 Stück		120.000,00 €
Tiefbauarbeiten Aushub/Verfüllen	42,00 €	860 m ³	Kosten für Tiefbauarbeiten	36.120,00 €
Kosten für Gutachter				15.000,00 €
			Summe netto	606.120,00 €
			Summe brutto	721.282,80 €

Geothermiebohrungen Variante 2

Sondenlänge 150 m	34 Sonden	Gesamtlänge der Sonden 5.100 m	Bohrungsdurchmesser 152 mm	Sondenart Duplex 32
Kosten pro Meter Bohrung	58,00 €	5.100,00 m	Kosten Bohrung gesamt	295.800,00 €
Kosten pro Sonde	enth.		Kosten Sonden	enth.
Sammel- und Verteilleitungen und Verteilerschränke		1 Stück		95.000,00 €
Tiefbauarbeiten Aushub/Verfüllen	42,00 €	600 m ³	Kosten für Tiefbauarbeiten	25.200,00 €
Kosten für Gutachter				15.000,00 €
Kosten für Genehmigungsverfahren				25.000,00 €
			Summe netto	456.000,00 €
			Summe brutto	542.640,00 €

Geothermiebohrungen Variante 3

Sondenlänge 200 m	22 Sonden	Gesamtlänge der Sonden 4.400 m	Bohrungsdurchmesser 200 mm	Sondenart Duplex 40
Kosten pro Meter Bohrung	77,00 €	4.400 m	Kosten Bohrung gesamt	338.800,00 €
Kosten pro Sonde	enth.		Kosten Sonden	enth.
Kosten für Sammel- und Verteilleitungen und Verteilerschächte		1 Stück		85.000,00 €
Tiefbauarbeiten Aushub/Verfüllen	42,00 €	450 m ³	Kosten für Tiefbauarbeiten	18.900,00 €
Kosten für Gutachter				15.000,00 €
Kosten für Genehmigungsverfahren				25.000,00 €
			Summe netto	482.700,00 €
			Summe brutto	574.413,00 €

Geothermiebohrungen

Gegenüberstellung

Variante 1

1. Es sind jedoch 7.500 m Bohrtiefe erforderlich, was ein extrem großen Sondenfeld erfordert (75 Sonden)
2. Teuerste Variante in der Betrachtung

Variante 2

1. Es sind noch 5.100 m Bohrtiefe erforderlich, das Sondenfeld wäre kleiner als bei Variante 1 (34 Sonden)
2. Günstigste Variante in der Betrachtung

Variante 3

1. Es sind lediglich 4.400 m Bohrtiefe erforderlich, das Sondenfeld wäre das kleinste bei der Betrachtung (22 Sonden)
2. Geringfügig teurer als Variante 2
3. Sonden- und Bohrdurchmesser größer als bei Variante 1 und 2, da tiefer gebohrt werden muss

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Anlehnung an die VDI 2067 - Wärmeerzeugung -

Variante	Beschreibung der Wärmeerzeugung	Leistung Vollbetriebsstunden	Energiemenge kWh/a	Investition I € (brutto)	Kapitalkosten Kosten K1 €/a (brutto)	Energiekosten Kosten K2a Strom €/a (brutto)	Energiekosten Kosten K2b Gas €/a (brutto)	Betriebskosten Kosten K3 €/a (brutto)	sonst. Kosten Kosten K4 €/a (brutto)	CO2-Abgabe Kosten K5 €/a (brutto)	Gesamtkosten Kosten K1 - K5 €/a (brutto)	%	CO2-Emissionen			
													Zinssatz 2,0 %	0,04 €/kWh (Einsp.)	55,00 €/t CO2	Strom t / a
1 Gas-Brennwertkessel + Solarthermie																
1	Stck.	Gas-BW-Kessel (Grund-/Spitzenlast)	485 kW	1.882 Bh/a	912.770	42.000,00	2.988,58	507,22	73.283,13	630,00	840,00	9.828,92	88.077,85	0,6	178,1	178,7
		Heizleistung, je	485,0 kW													
216	m²	Flachkollektoren (Heizung/Warmwasser)	470 kWh/a*m²	101.520	237.600,00	15.718,84			1.188,00	2.376,00		19.282,84				
10,0	%	regenerativer Anteil														
		Summe Energiemenge (Heizen)		1.014.290												
		Summe Energiemenge (Kühlen)		0												
1	Stck.	PV-Anlage	200 kWp	180.000	280.000,00	18.523,88	Einsp. -2.442,51 Eigenv. -32.175,00		560,00	2.800,00	-1.479,56 -2.747,75	17.961,82 -34.922,75		-26,9		-26,9
														-50,0		-50,0
		Summe		559.600,00	37.231,30		-34.110,29	73.283,13	2.378,00	6.016,00	5.601,62	90.399,76	135	-76,3	178,1	101,8
2 BHKW (Gas) + Gas-Brennwertkessel																
1	Stck.	Gas-BW-Kessel (Spitzenlast)	485 kW	1.085 Bh/a	526.225	42.000,00	2.988,58	347,77	42.344,52	630,00	840,00	5.666,52	52.817,38	0,3	102,7	103,0
		Heizleistung, je	485,0 kW													
1	Stck.	BHKW (Grundlast)	Brennstoffeinsatz 201 kW Heizleistung 115 kW Elektr. Leistung 70 kW	4.250 Bh/a	854.250	145.000,00	19.984,69	Einsp. 0,00 Eigenv. -81.812,50	70.424,37	2.900,00	4.350,00	9.443,73	107.102,80		171,7	171,7
		Eigenverbrauch 100 %												0,0		0,0
		Summe Energiemenge (Heizen)		1.014.975												
		Summe Energiemenge (Kühlen)		0												
1	Stck.	PV-Anlage (Metanlage)	200 kWp	180.000								Mietmaßnahmen -4.000,00				
		Summe		187.000,00	22.973,28		-81.464,73	112.768,89	3.530,00	5.190,00	8.123,46	67.120,89	100	-126,7	274,4	147,7
3 Sole/Wasser-Wärmepumpe + Gas-Brennwertkessel																
1	Stck.	S/W-WP (Grundlast)	158 kW	3.155 Bh/a	497.228	175.000,00	12.452,43	39.781,16		2.625,00	2.625,00	3.386,15	60.869,74	61,6		61,6
		Heizleistung, je	157,6 kW													
		Elektr. Leistungsaufnahme, je	45,7 kW													
		Bohrungen	3.445 €/kW	542.932,00	28.136,48				2.714,66				30.851,14			
1	Stck.	Gas-BW-Kessel (Spitzenlast)	485 kW	1.066 Bh/a	517.010	42.000,00	2.988,58	213,27	40.006,18	630,00	840,00	5.352,63	50.030,66	0,3	97,0	97,3
		Heizleistung, je	485,0 kW													
		-20.000 kWh durch Pufferspeicherladung durch PV-Anlage														
		Summe Energiemenge (Heizen)		1.014.238												
		Summe Energiemenge (Kühlen)		0												
1	Stck.	PV-Anlage	200 kWp	180.000	280.000,00	18.523,88	-49.500,00			560,00	2.800,00	-4.227,30	18.523,88 -50.367,30	-76,9	0,0	-76,9
		Summe		1.039.932,00	62.101,37		-9.505,57	40.006,18	6.529,66	6.265,00	4.511,48	109.908,11	164	-15,0	97,0	82,0

Grundlagen und Annahmen			
Gebäudevollnutzungsstunden	2.100	Bh/a	
Heizlast (Annahme)	483	kW	
	Energiebedarf (Heizen)	1.014.300	kWh/a
Kühllast (Annahme)			
Kühlung ELT (Dauerhaft)	40 kW	8.760 h/a	350.400 kWh/a
Kühlung Geb. (Sommer)	110 kW	1.190 h/a	130.900 kWh/a
	Energiebedarf (Kühlen)	481.300	kWh/a

	TaunaGas BASIC		Preissteigerung Gas (Arbeitspreis) von 20,0 % berücksichtigt
	Strom	Gas	
Arbeitspreis	0,2750 €/kWh	0,0687 €/kWh	
Grundpreis	10,8917 €/Monat	18,8400 €/Monat	
	Stadtwerke Oberursel		0,0824 €/kWh
	Stand 02.11.2021		

Bafa "Modul 4 - Energiebezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen"	
spezifische CO2-Emissionsfaktoren	
Energieträger	t CO2 / MWh
Strom Inland	0,427
Erdgas	0,201

Stand: 01.12.2020

sämtliche Angaben ohne Gewähr

Legende:

- K1 Kapitalkosten: Anteilige Kosten der Investition mit Berücksichtigung des Zinssatzes und des Annuitätsfaktors
- K2a - Energiekosten Strom: jährliche Kosten für den Strombezug. Negative Werte sind als Eigenverbrauch oder Einspeisung ins Stromnetz zu werten
- K2b - Energiekosten Gas: jährliche Kosten für den Gasbezug
- K3 - Betriebskosten: Kosten für Wartung, Inspektion, Instandhaltung und Bedienung der Anlage
- K4 - sonst. Kosten: Kosten für Versicherung, allgemeine Abgaben, anteilige Verwaltungskosten
- K5 - CO2-Abgaben: Umweltsteuer auf die Emission von Kohlenstoffdioxid

Pro und Contra Geothermie

Pro

1. Ökologisch günstigste Variante, Reduzierung der CO2 Emissionen um ca. 65 T/a im Vergleich zu Variante 2
2. Ermöglicht eine Teilautarkie bei ausgefallener Gasversorgung
3. Die Kälteversorgung des Gebäudes kann größtenteils über die Wärmepumpe realisiert werden.

Contra

1. Hohe Investkosten im Verhältnis zu den anderen Varianten.

Hinweis:

Die Kostensteigerung von ca. 350.000 € der Variante 3 zur ersten Vorstellung vom 10.06.2021 beruhen auf den jetzt vorliegenden Angaben des Geologen, welche in der aktuellen Betrachtung eingeflossen sind. Dadurch wurden die Kosten für die Bohrungen spezifiziert und angepasst.