

# Ergebnisse Energiekonzept deutsche Burse

27.05.2024

1. PV-Simulation
2. Brauchwassermessung
3. Wärmebedarf Bunker
4. Wirtschaftlichkeit Energieversorgung

# 1. PV-Simulation

1.1 Simulation

1.2 Wirtschaftlichkeit

1.3 Sensitivitätsanalyse Stromspeicher

2. Brauchwassermessung

3. Wärmebedarf Bunker

4. Wirtschaftlichkeit Energieversorgung

# 1.1 PV-Simulation Draufsicht



# 1.1 PV-Simulation Südansicht

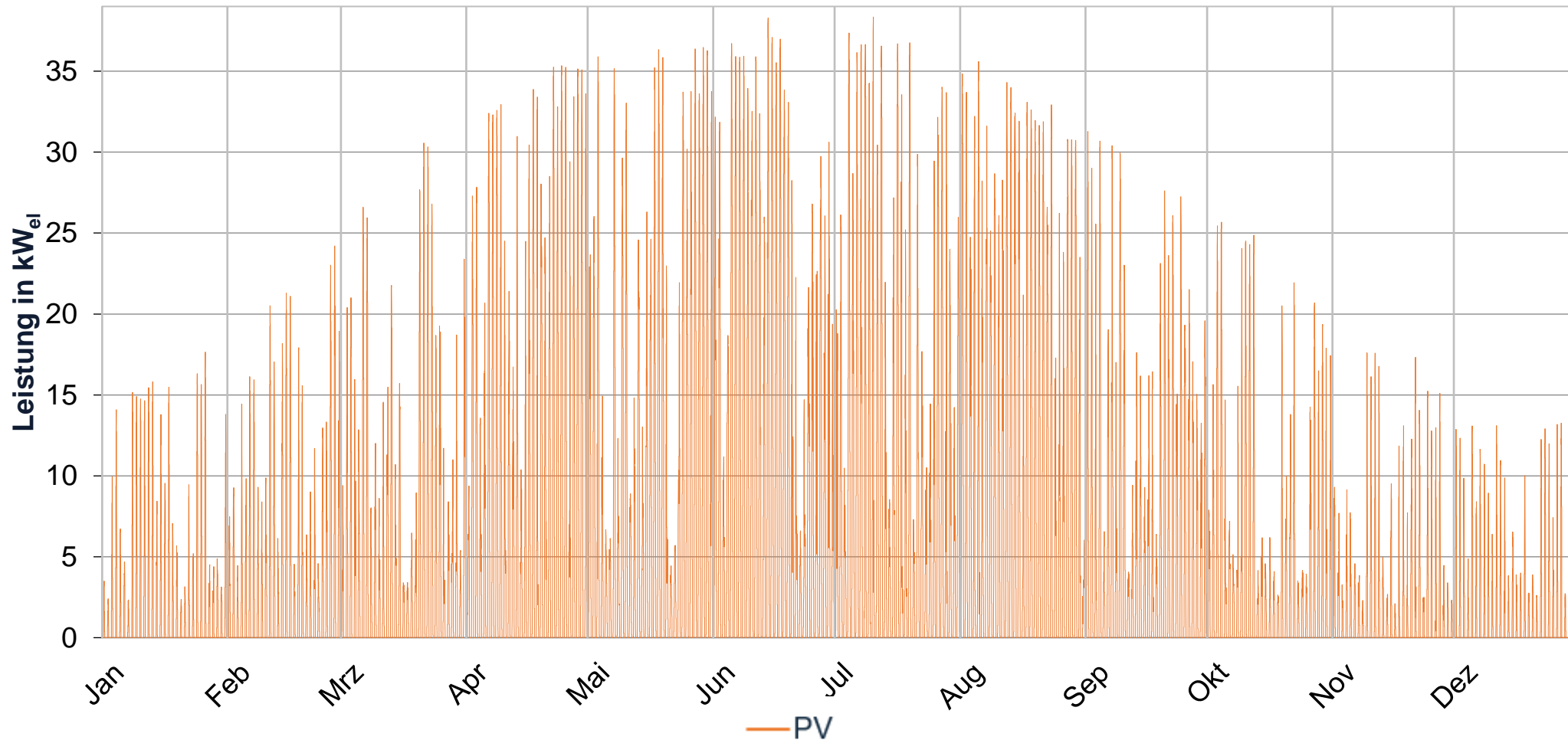


# 1.1 PV-Simulation

## Anlagenparameter

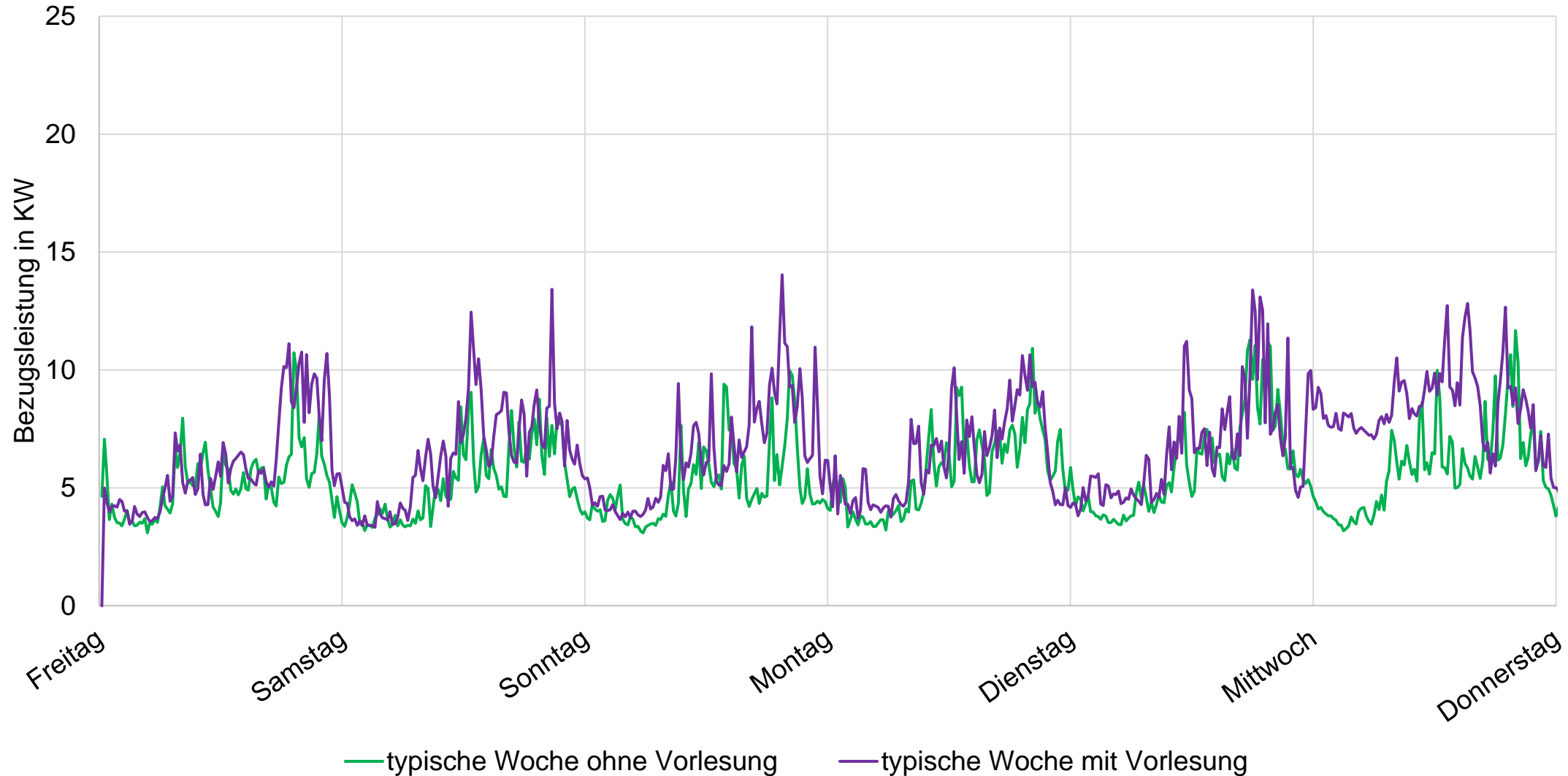
➤ Installierbare Anlagenleistung:	ca. 45	kW <sub>peak</sub>
➤ Spezifische Einstrahlung am Standort:	1.024	kWh/kW <sub>peak</sub>
➤ Stromerzeugung:	ca. 46.000	kWh/a
➤ Investitionskosten:	ca. 45.000	€
	ca. 1.000	€/kWp
➤ Angenommener Strompreis:	22,9	ct/kWh
	(ergibt sich aus 20 ct/kWh mit 3 % Preissteigerung jährlich)	

# 1.1 PV-Simulation Erzeugungslastgang



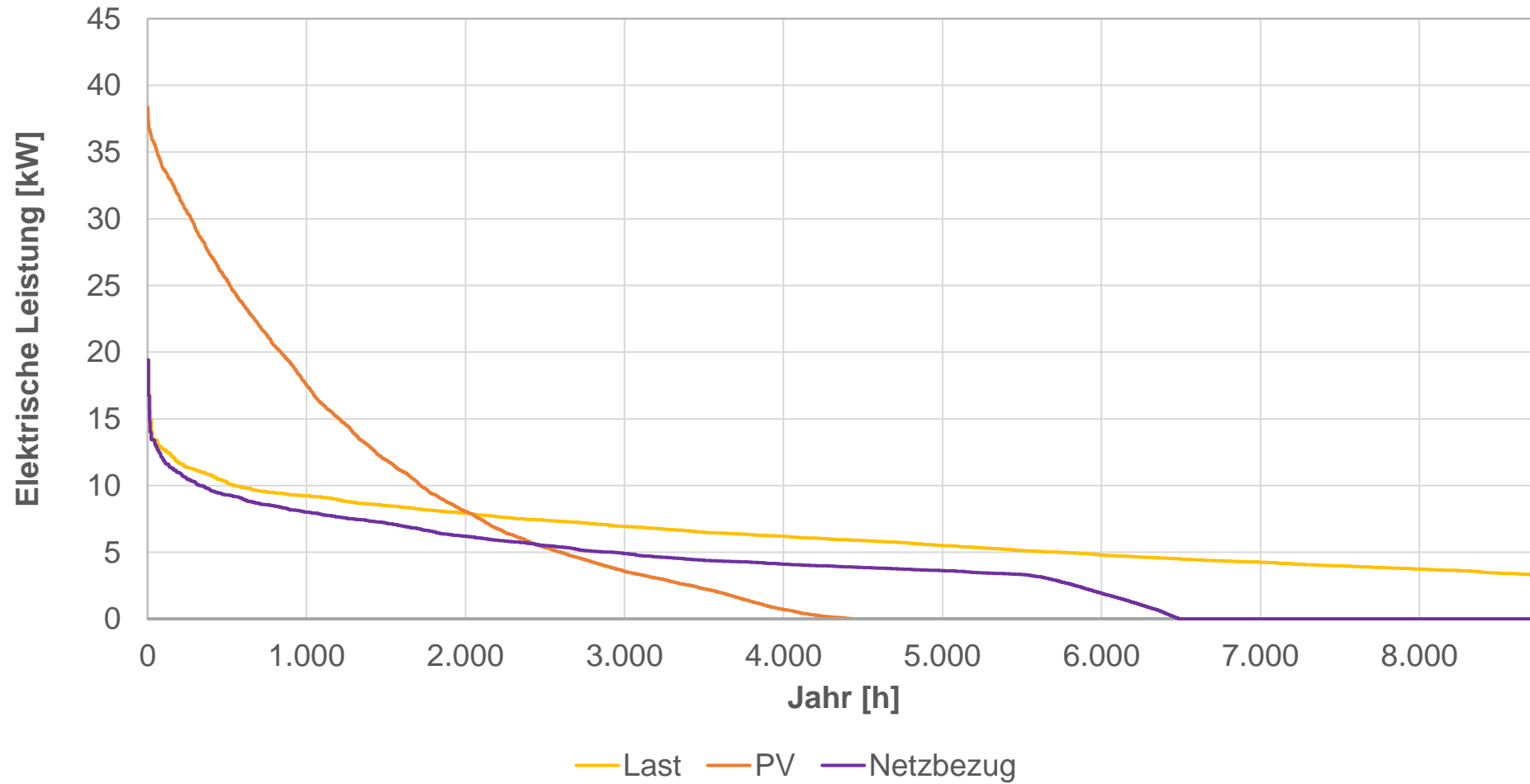
# 1.1 PV-Simulation

## Verbrauchslastgang dt. Burse (gemessen April 2024)





# 1.1 PV-Simulation Jahresdauerlinien



### Erzeugung und Stromverteilung der PV-Anlage

➤ Jährlicher Strombedarf des Wohnheims:	55.500	kWh
➤ PV-Ertrag im Jahr:	46.000	kWh
➤ Eigenverbrauch (45,7 %):	ca. 21.000	kWh
➤ Netzeinspeisung (54,3 %):	ca. 25.000	kWh
➤ Strombezug aus Netz:	ca. 34.300	kWh

# 1. PV-Simulation

1.1 Simulation

1.2 Wirtschaftlichkeit

1.3 Sensitivitätsanalyse Stromspeicher

2. Brauchwassermessung

3. Wärmebedarf Bunker

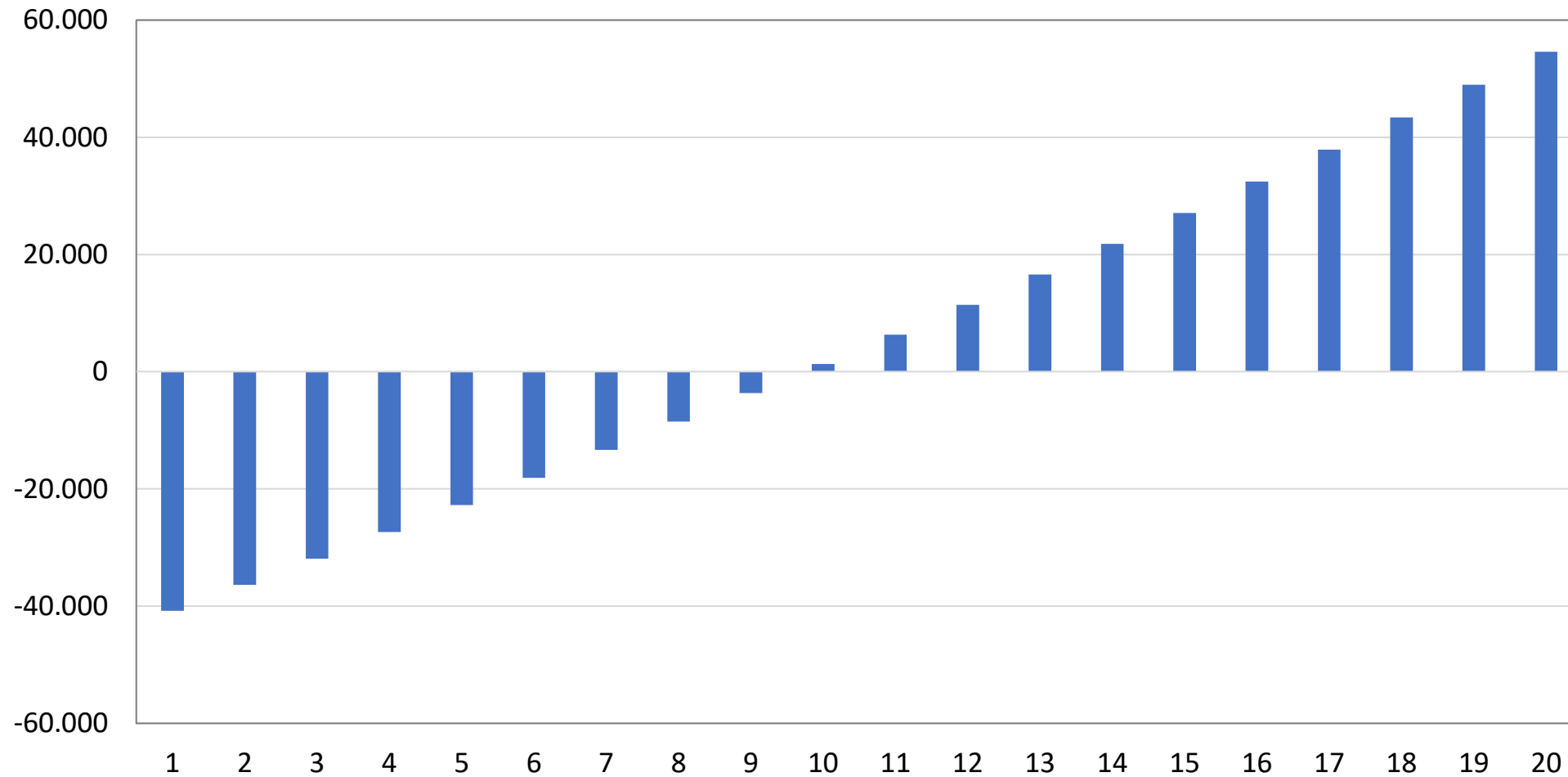
4. Wirtschaftlichkeit Energieversorgung

### Jährliche Ersparnisse durch PV-Anlage

- |   |                |   |
|---|----------------|---|
| ➤ Angenommener Strompreis:              | 22,9           | ct/kWh (ergibt sich aus 20 ct/kWh mit 3 % Preissteigerung jährlich) |
| ➤ Einspeisevergütung Q2 2024:           | 7,13           | ct/kWh  |
| ➤ Einnahmen durch Einspeisung ins Netz: | 1.800          | €/a   |
| ➤ Einsparungen durch Eigenverbrauch:    | 4.800          | €/a   |
| ➤ <b>Jährliche Einnahmen:</b>           | <b>6.600</b>   | <b>€/a</b>  |
| ➤ Zinssatz der Investitionssumme:       | 3,6            | %   |
| ➤ <b>Amortisationszeit:</b>             | <b>9 Jahre</b> |   |

# 1.2 PV-Simulation

## Wirtschaftlichkeit – kumulierte Gewinne nach 20 a



# 1. PV-Simulation

1.1 Simulation

1.2 Wirtschaftlichkeit

1.3 Sensitivitätsanalyse Stromspeicher

2. Brauchwassermessung

3. Wärmebedarf Bunker

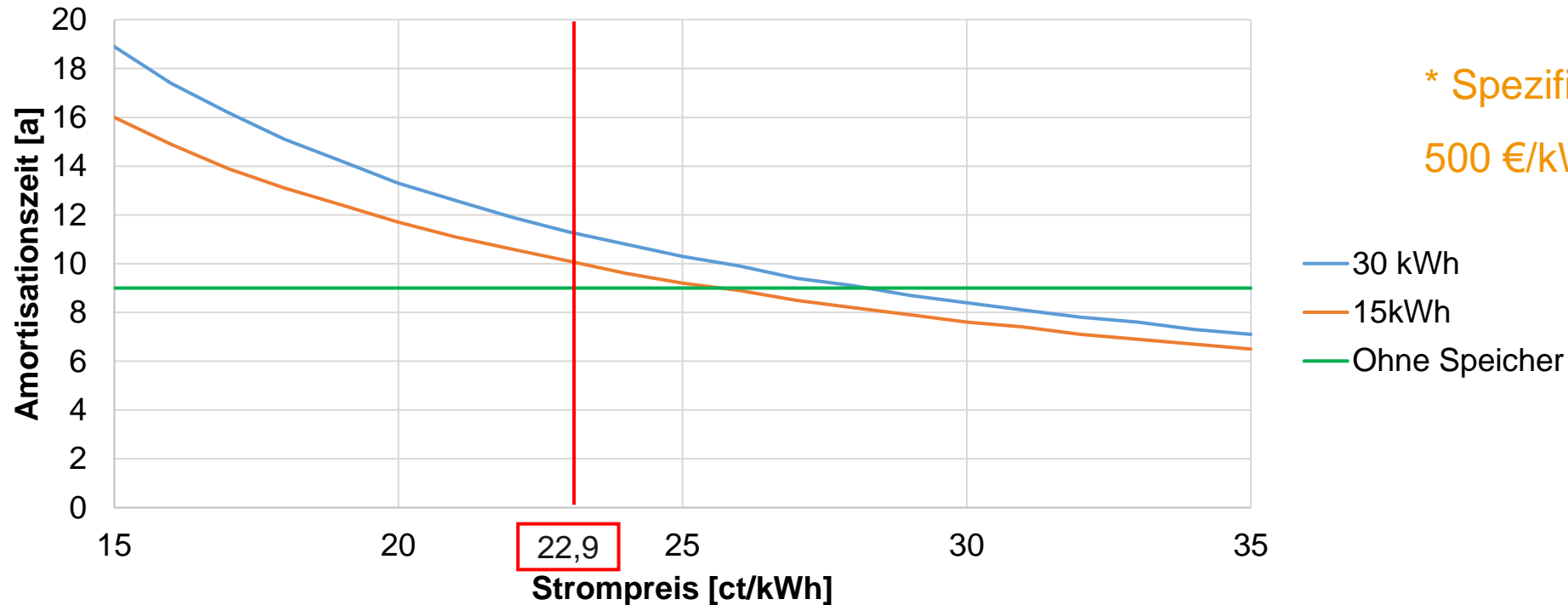
4. Wirtschaftlichkeit Energieversorgung

### Kennwerte der Ausgangslage PV-Anlage

- Angenommener Strompreis: 22,9 ct/kWh (ergibt sich aus 20 ct/kWh mit 3 % Preissteigerung jährlich)
- Einspeisevergütung: 7,13 ct/kWh
- Zinssatz der Investitionssumme: 3,6 %
- Amortisationszeit ohne Speicher: 9 Jahre
- **Eigenverbrauchsquote & Autarkiegrad:**
  - Ohne Speicher: 45,7 % & 37,9 %
  - 15 kWh Batteriespeicher: 55,4 % & 45,2 %
  - 30 kWh Batteriespeicher: 62,7 % & 50,7 %

## 1.3 PV-Simulation

### Sensitivitätsanalyse - Auswirkung des Strompreises auf die Amortisationszeit

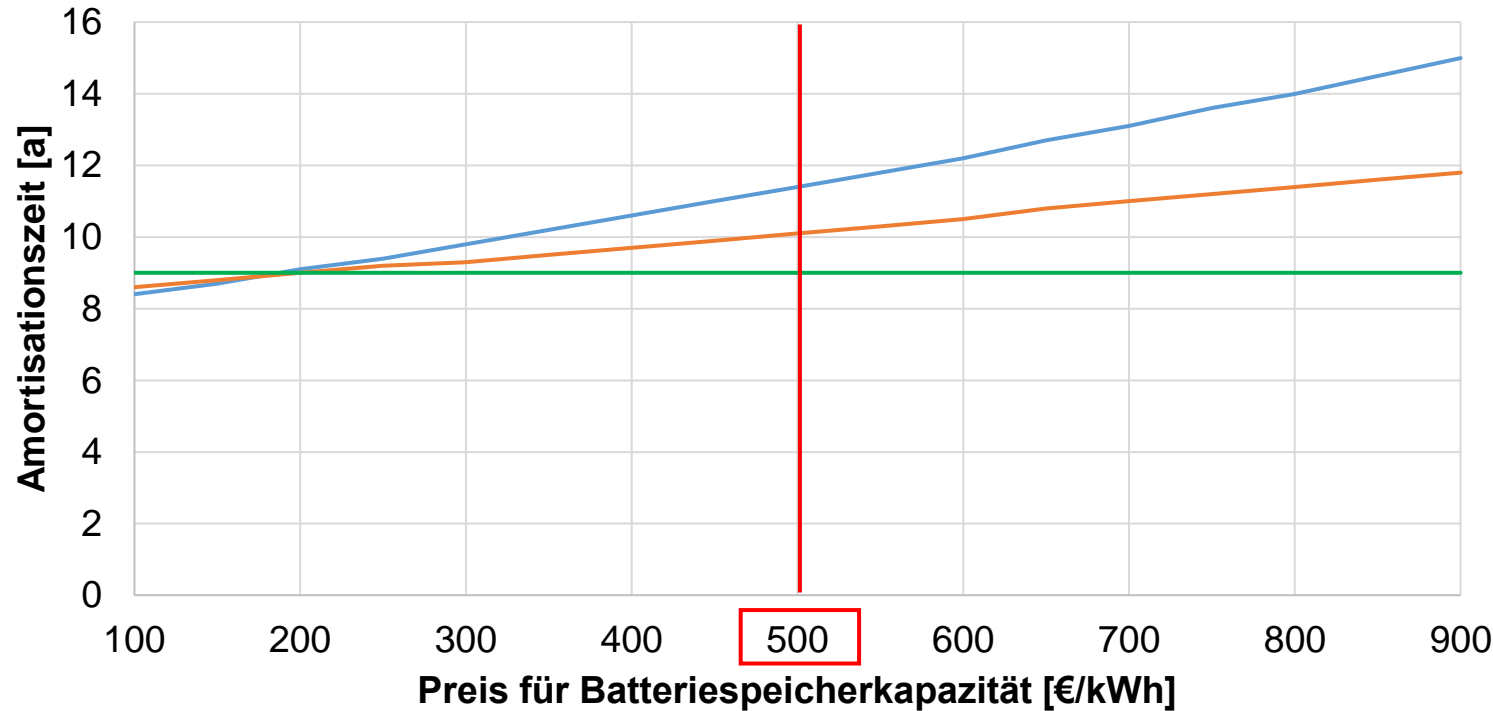


- Die Amortisationszeit nimmt mit steigenden Stromkosten ab
- Liegt der Strompreis über 26 ct/kWh ist der Einsatz eines 15 kWh Batteriespeichers wirtschaftlich
- Liegt der Strompreis über 28 ct/kWh ist der Einsatz eines 30 kWh Batteriespeichers wirtschaftlich



# 1.3 PV-Simulation

## Sensitivitätsanalyse - Auswirkung spez. Speicherkosten auf die Amortisationszeit



\* Stromkosten 22,9 ct/kWh

- 30 kWh
- 15 kWh
- Ohne Speicher

- Die Amortisationszeit nimmt mit steigenden Speicherkosten zu
- Je höher die Speicherkapazität, desto steiler steigt die Kurve der Amortisationszeit
- Liegen die spezifischen Speicherkosten unter 200 €/kWh, ist bei gleichbleibenden Strompreisen die Installation eines Batteriespeichers wirtschaftlich

# 1. PV-Simulation

# 2. Brauchwassermessung

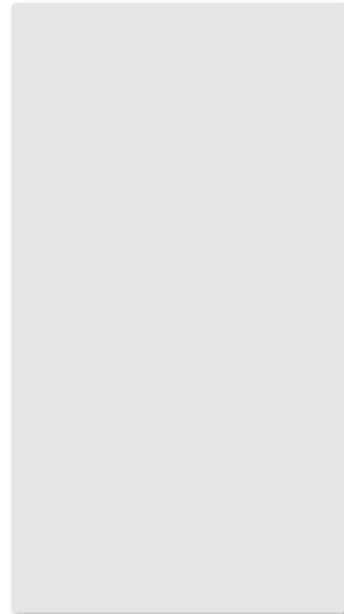
2.1 Messergebnisse

2.2 Anteil Zirkulation

2.3 Gesamtauswertung

# 3. Wärmebedarf Bunker

# 4. Wirtschaftlichkeit Energieversorgung



## 2.1 Brauchwassermessung

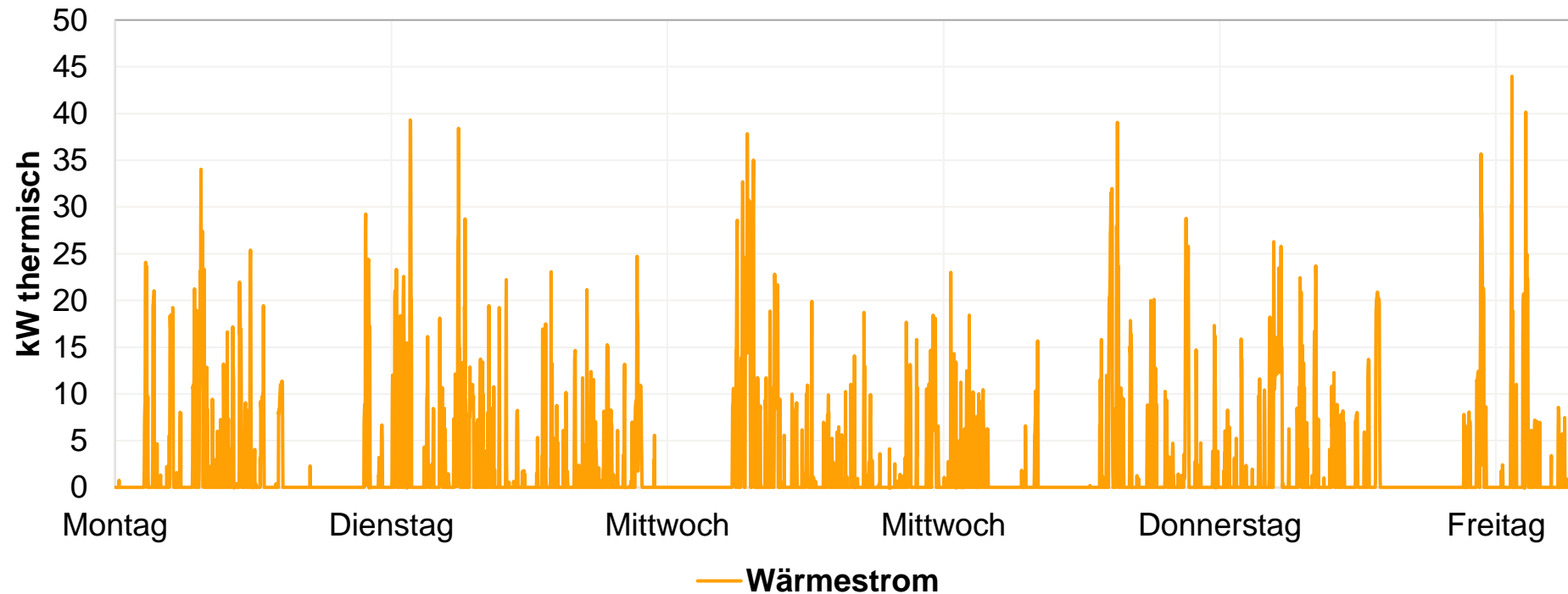
### Messergebnisse - Strom & Wasser

	Anzahl Wochen	Stromverbrauch	Stromverbrauch pro Tag	Wasserverbrauch (Gesamt)	Wasserverbrauch pro Tag
Vorlesungsfreie Zeit	21	19.000 kWh	130 kWh	6.550 m3	45 m3
Vorlesungszeit	31	36.000 kWh	163 kWh	17.900 m3	81 m3
<b>Jahresverbrauch</b>	<b>52</b>	<b>55.500 kWh</b>		<b>24.450 m3</b>	

- Der tägliche Wasserbedarf steigt in der Vorlesungszeit um ca. 45 % an
- Der tägliche Strombedarf steigt in der Vorlesungszeit um ca. 20 % an

## 2.1 Brauchwassermessung

### Messergebnisse - Brauchwasser



- Lastspitze von 48 kW
- Täglicher Warmwasserbedarf liegt bei knapp 1 m<sup>3</sup> und 53 kWh<sub>th</sub>
- Jährlicher Warmwasserbedarf liegt bei knapp 365 m<sup>3</sup> und 19.500 kWh<sub>th</sub>

# 1. PV-Simulation

# 2. Brauchwassermessung

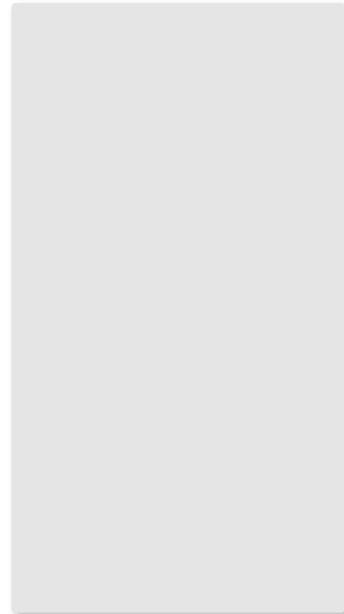
2.1 Messergebnisse

2.2 Anteil Zirkulation

2.3 Gesamtauswertung

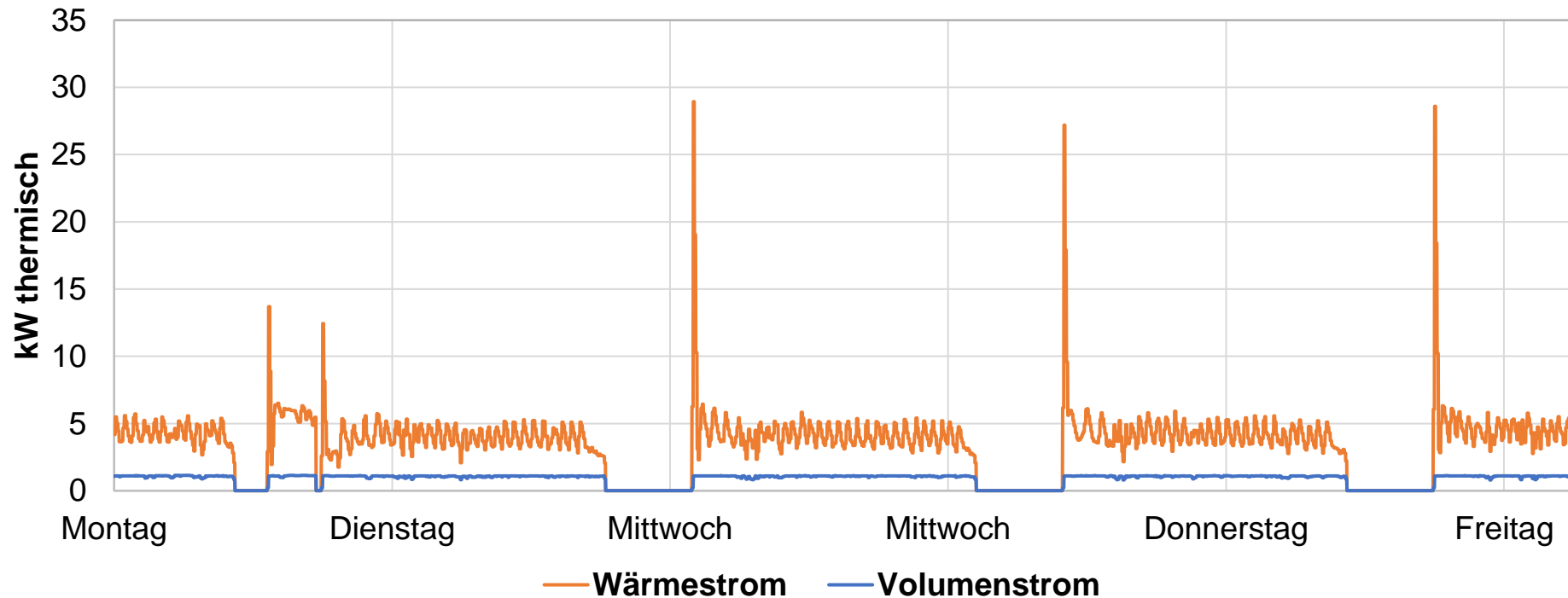
# 3. Wärmebedarf Bunker

# 4. Wirtschaftlichkeit Energieversorgung



## 2.2 Brauchwassermessung

### Messergebnisse - Zirkulation



➤ Wärmeverluste der Zirkulation:

➤ Täglich: 80 kWh<sub>th</sub>

➤ Jährlich: 29.250 kWh<sub>th</sub>

➤ Laufzeiten Zirkulation:

➤ Zirkulation AN: 4:00 – 22:20 Uhr

➤ Zirkulation AUS: 22:20 – 4:00 Uhr

1. PV-Simulation
2. Brauchwassermessung
  - 2.1 Messergebnisse
  - 2.2 Anteil Zirkulation
  - 2.3 Gesamtauswertung
3. Wärmebedarf Bunker
4. Wirtschaftlichkeit Energieversorgung

Verbraucher	Tag		Jahr		Verteilung
WW-Verbrauch	53 kWh	8 €	19.450 kWh	2.900 €	40%
Zirkulation	80 kWh	12 €	29.250 kWh	4.400 €	60%
<b>Gesamt</b>	<b>133 kWh</b>	<b>20 €</b>	<b>48.700 kWh</b>	<b>7.300 €</b>	<b>100%</b>

\* Wärmekosten 15 ct/kWh

- Der WW-Verbrauch beschreibt den Warmwasserbedarf der Studierenden
- Der Wärmebedarf der Zirkulation zeigt die Wärmeverluste des zirkulierenden Wassers
- Auffällig dabei ist, dass etwa 60 % des Wärmebedarfs den Zirkulationsverlusten zugeordnet werden
  - Täglich 80 kWh / Jährlich 29.250 kWh Verluste

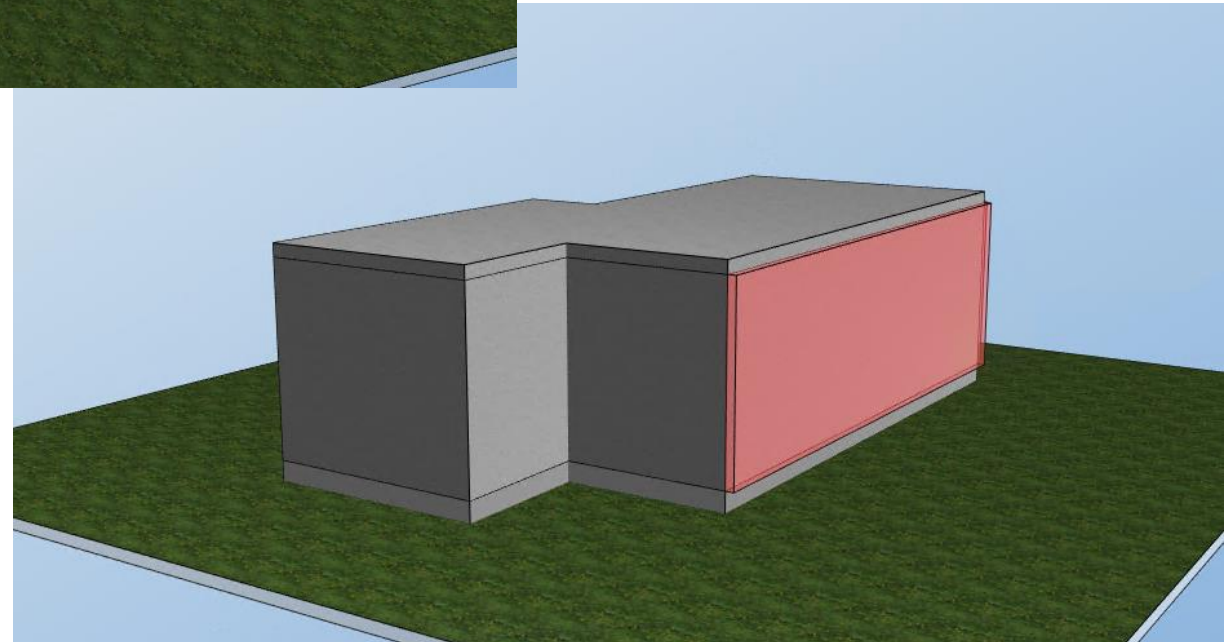
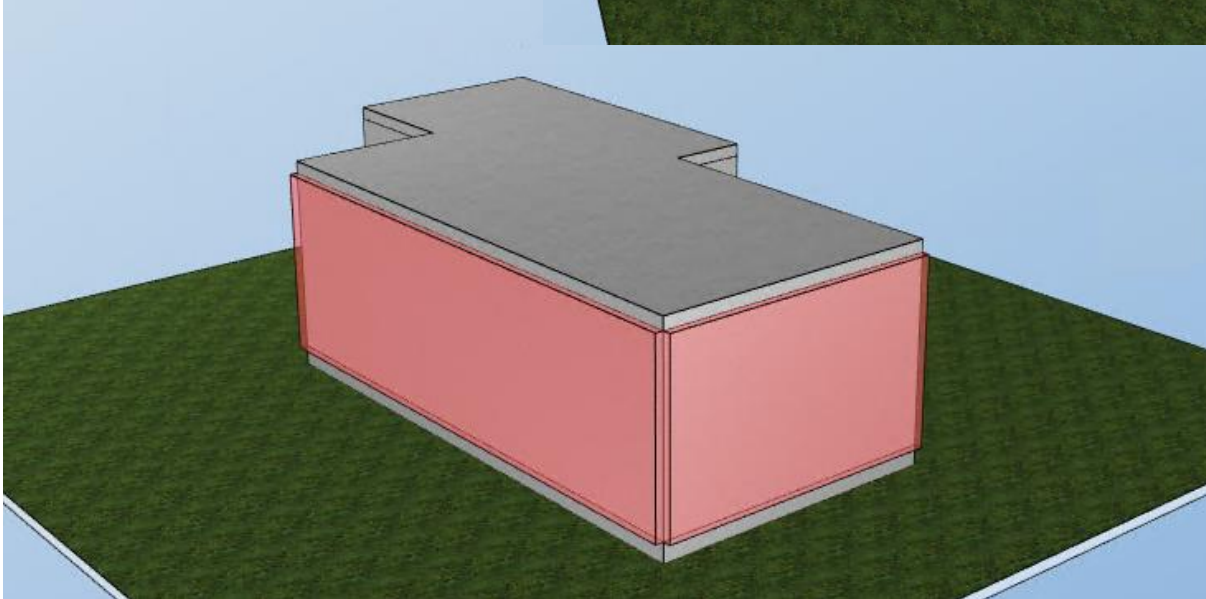
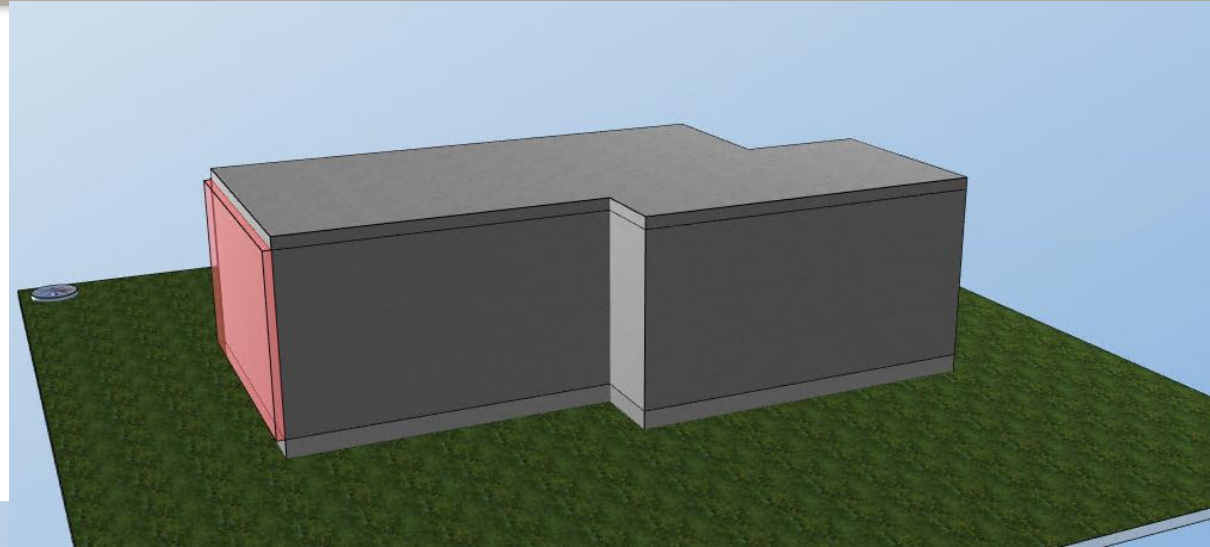


	IST-Zustand		SOLL-Zustand	
Wärmebedarf Raumheizung	279.200 kWh/a	85%	77.600 kWh/a	61%
Wärmebedarf Warmwasser inkl. Zirkulation	48.700 kWh/a	15%	48.700 kWh/a	39%
<b>Nutzwärmebedarf gesamt</b>	<b>327.900 kWh/a</b>	<b>100%</b>	<b>126.300 kWh/a</b>	<b>100%</b>

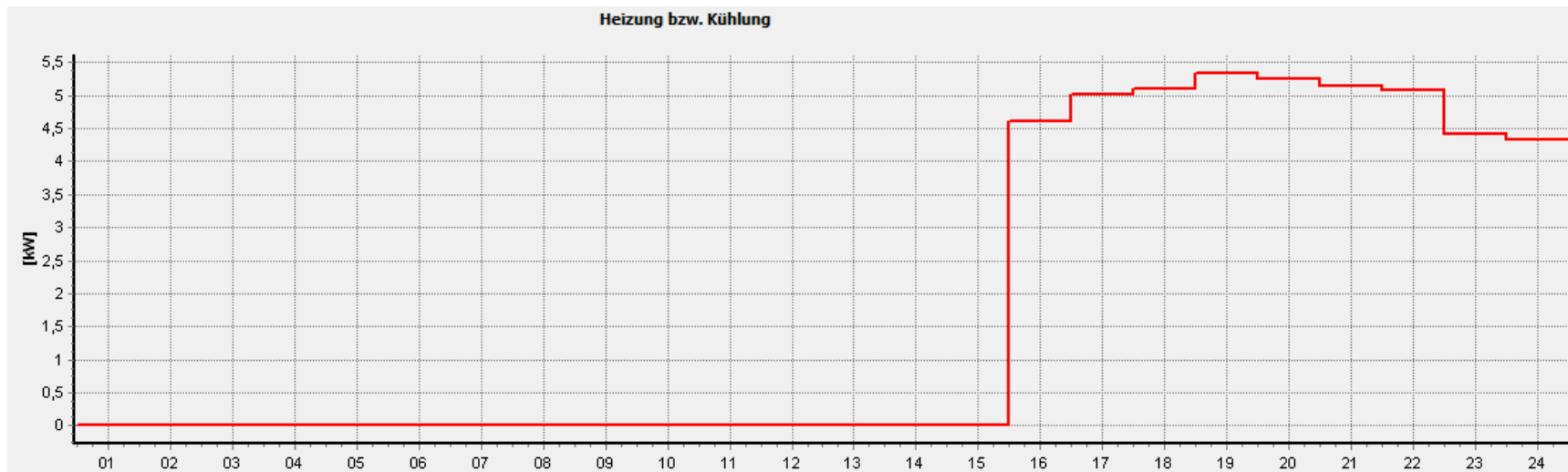
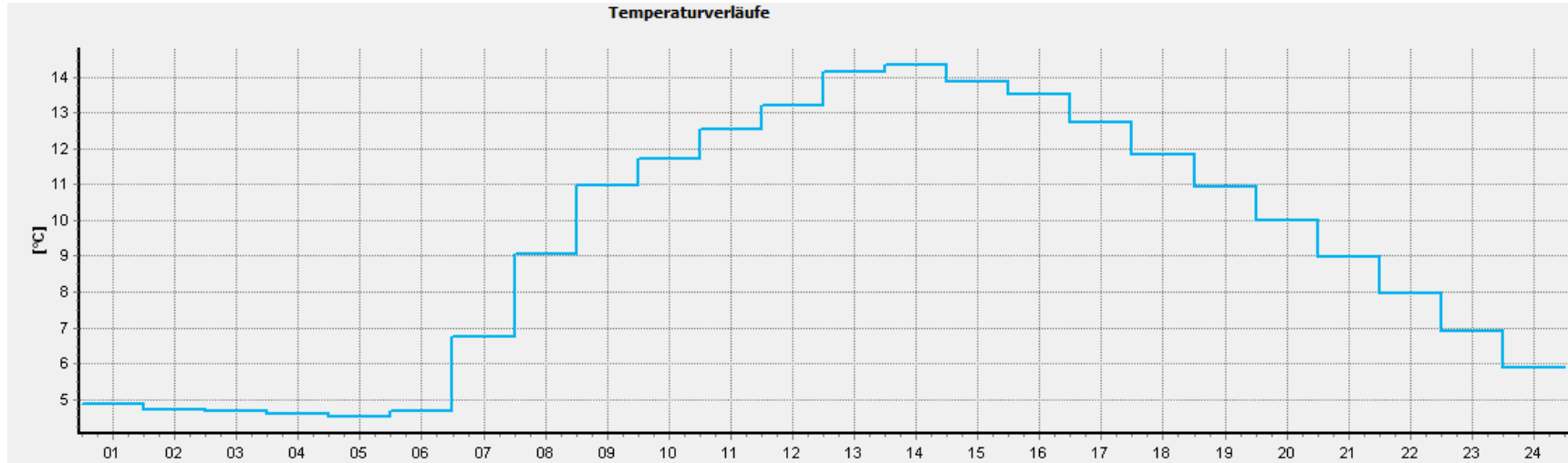
- Der Gesamte Nutzwärmebedarf beträgt im Ist-Zustand 327.900 kWh<sub>th</sub> pro Jahr
- Durch die Sanierung des Wohnheims wird der Wärmebedarf um ca. 62 % auf 126.300 kWh<sub>th</sub> reduziert
- Ausschlaggebend für diese Einsparung ist die Senkung des Raumwärmebedarfs um ca. 72 % auf 77.600 kWh<sub>th</sub> im Soll-Zustand mit EFH 70 Standard

1. PV-Simulation
2. Brauchwassermessung
3. Wärmebedarf Bunker
4. Wirtschaftlichkeit Energieversorgung

### 3. Wärmebedarf Bunker 3D-Modell



# 3. Wärmebedarf Bunker Tagesverlaufskurve

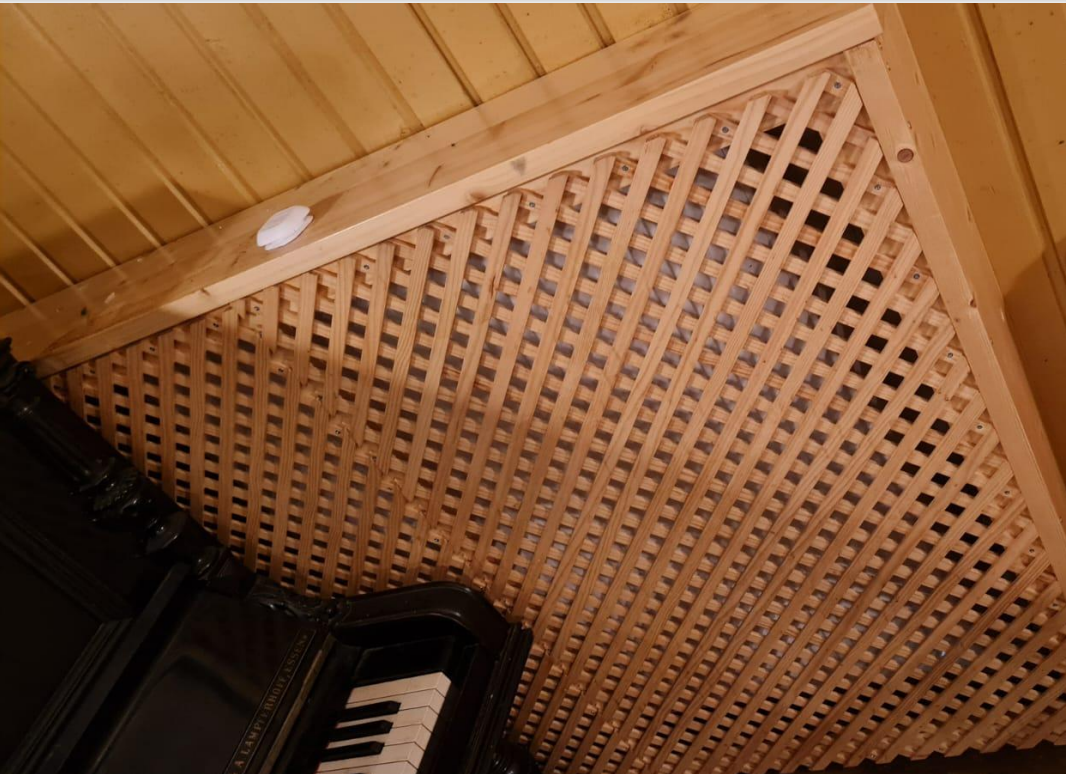


### 3. Wärmebedarf Bunker Wärmelastberechnung

- U-Wert Außenwand:  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- U-Wert Boden:  $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Jahressimulation durchgeführt
- Nutzungsart und Heizkörper aber stark von optimaler Nutzung abweichend!
- Aussage Bewohner: Raum ist immer kalt, wird nicht beheizt (ca.  $16\text{-}18^\circ\text{C}$ )
- Vermutung IfE: Heizkörper läuft parallel mit, Regelung zufällig durch Raumnutzer?
- Notwendige Heizleistung im Bunker für  $21^\circ\text{C}$  ca. 3-6 kW
- Errechneter Jahresenergiebedarf bei Nutzung 1x pro Woche : 2.500 kWh
- Bei 15 ct/kWh  $\rightarrow 375 \text{ €/a} \rightarrow 7,20 \text{ € pro Nutzung}$

### 3. Wärmebedarf Bunker Ist-Zustand

Installierter Heizkörper hat ca. 2-3 kW Heizleistung  
→ Stark eingebaut  
→ Konvektion / Wärmeabgabe kaum möglich



Folge:  
→ niedriger Nutzungsgrad  
→ hohe Rücklauftemperaturen

1. PV-Simulation
2. Brauchwassermessung
3. Wärmebedarf Bunker
4. Wirtschaftlichkeit Energieversorgung
  - 4.1 Energieversorgungsvarianten
  - 4.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
  - 4.3 CO<sub>2</sub>-Bilanz

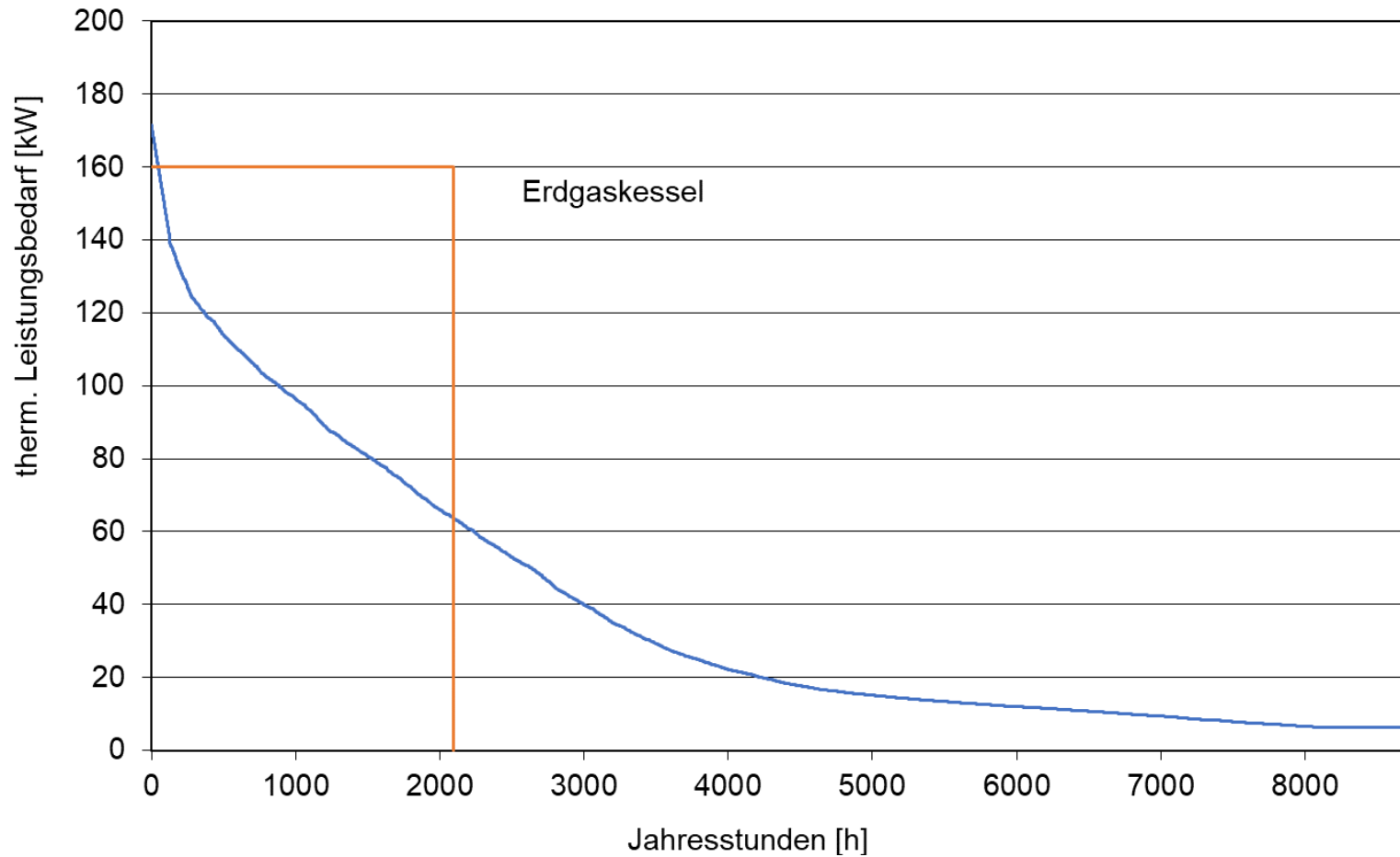
## 4.1 Wirtschaftlichkeit Energieversorgung Energieversorgungsvarianten

- Referenz Erdgaskessel 160 kW
- Variante 1 2x Luft-Wasser-Wärmepumpe Monovalent 50 kW + Pufferspeicher
- Variante 2 Luft-Wasser-Wärmepumpe 50 kW + Erdgasspitzenlastkessel 100 kW + Pufferspeicher (Bivalent)
- Variante 3 Erdgas BHKW 7.5 kW + Erdgasspitzenlastkessel 100 kW + Pufferspeicher
- Variante 4 Biomethan BHKW 7.5 kW + Biomethanspitzenlastkessel 100 kW + Pufferspeicher
- Variante 5 Fernwärme über Stadtwerke München 100 kW + Pufferspeicher



# 4.1 Wirtschaftlichkeit Energieversorgung

Referenz: Erdgaskessel 160 kW



### Ist-Zustand (simuliert):

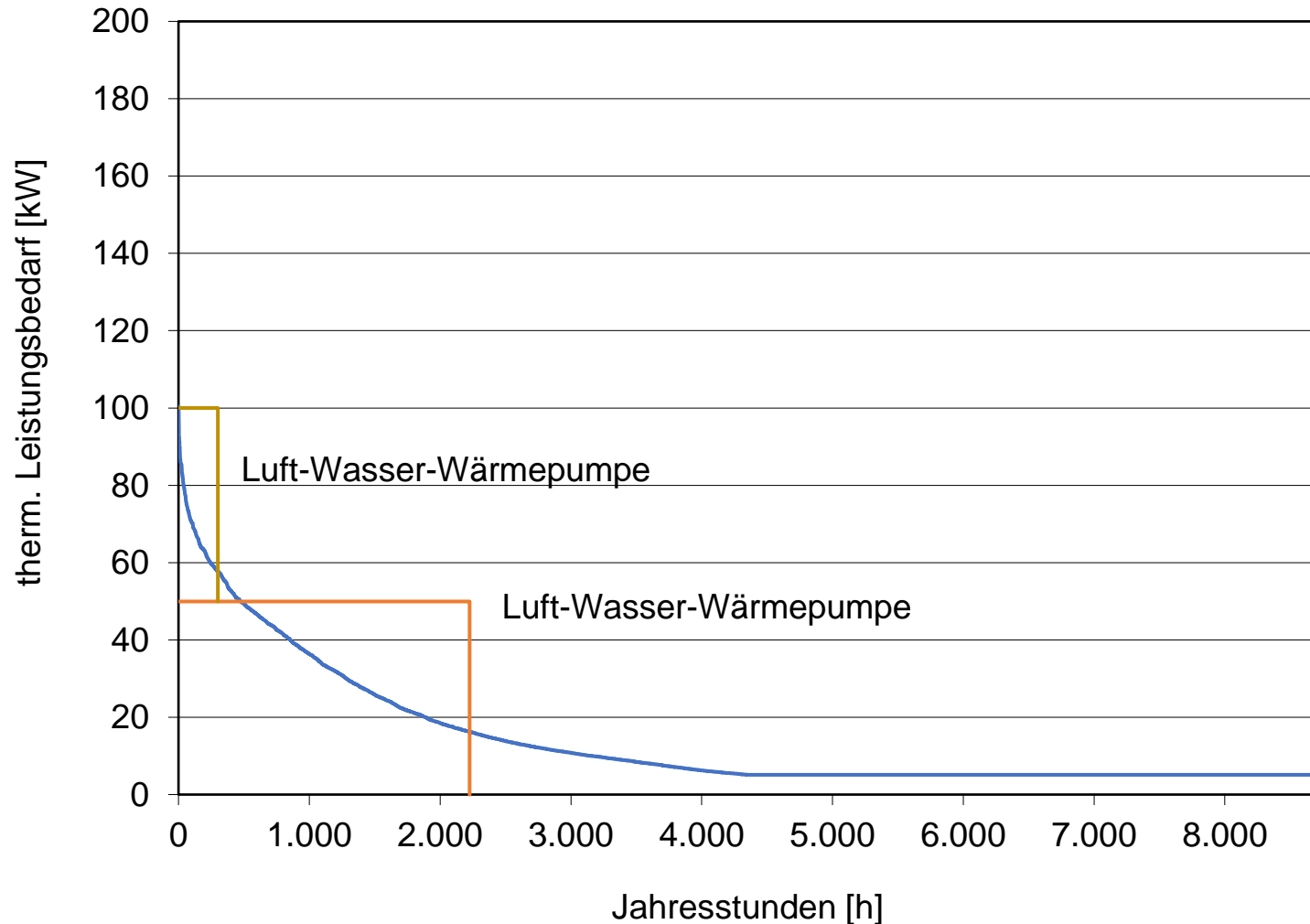
➤ Wärmebedarf: 328.000 kWh<sub>th</sub>

### Erdgaskessel:

- Vorlauftemperatur max. 90 °C
- Leistung: 160 kW<sub>th</sub>
- Erdgasbedarf: 345.000 kWh<sub>Hi</sub>
- Volllaststunden: 2.050 h/a

# 4.1 Wirtschaftlichkeit Energieversorgung

## Variante 1: 2x Luft-Wasser-Wärmepumpe Monovalent 50 kW



### Nach Sanierung:

➤ Wärmebedarf: **126.000 kWh<sub>th</sub>**

### Luft-Wasser-Wärmepumpe 1:

➤ Vorlauftemperatur: 35 °C

➤ Leistung: 50 kW<sub>th</sub>

➤ Strombedarf: 7.100 kWh<sub>el</sub>

➤ Volllaststunden: 300 h/a

➤ el. Anschlussleistung: 25 kW

### Luft-Wasser-Wärmepumpe 2:

➤ Vorlauftemperatur: 45 °C

➤ Leistung: 50 kW<sub>th</sub>

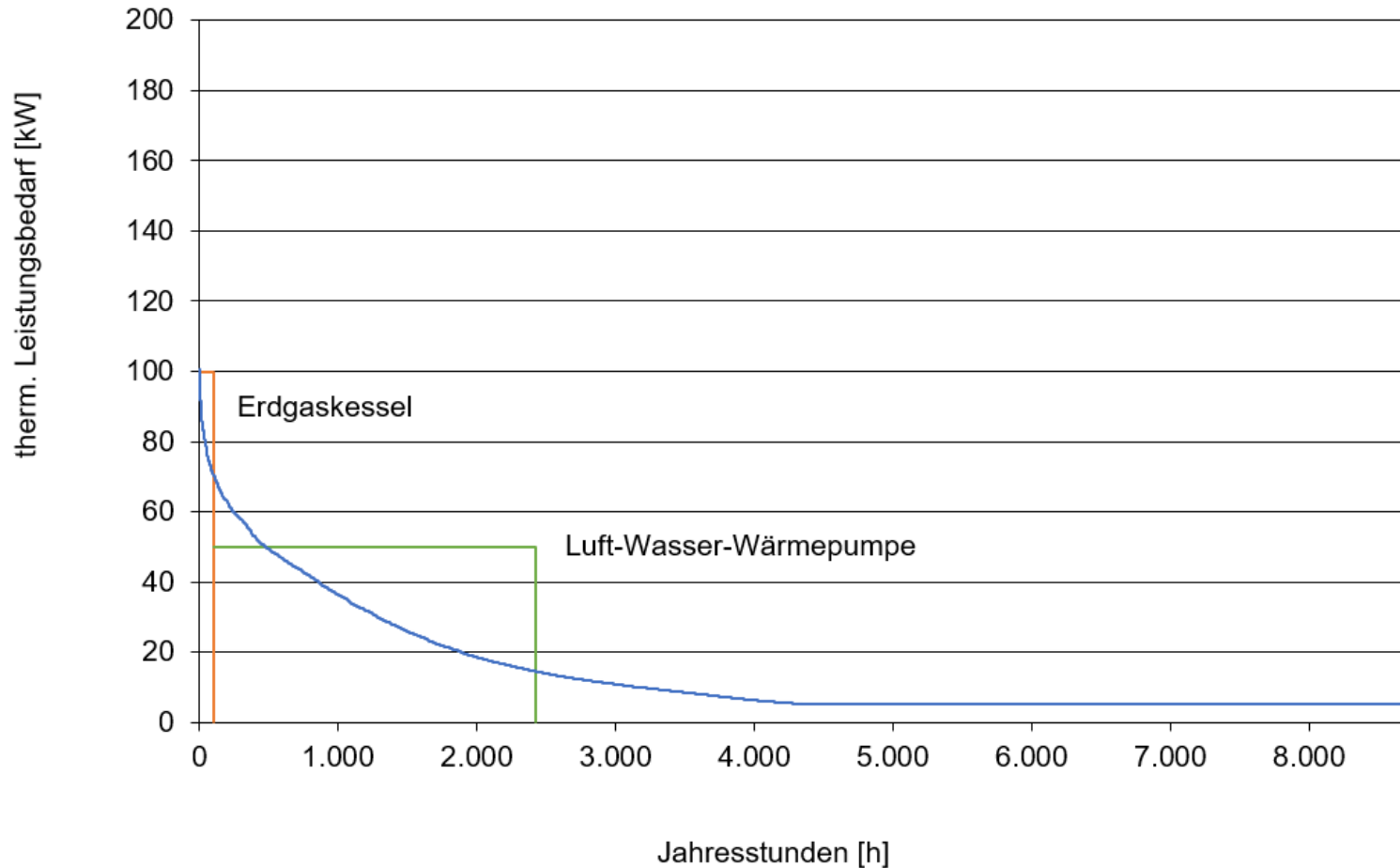
➤ Strombedarf: 33.700 kWh<sub>el</sub>

➤ Volllaststunden: 2.220 h/a

➤ el. Anschlussleistung: 15 kW

# 4.1 Wirtschaftlichkeit Energieversorgung

## Variante 2: Luft-Wasser-Wärmepumpe 50 kW + Erdgasspitzenlastkessel 100 kW



### Nach Sanierung:

➤ Wärmebedarf: 126.000 kWh<sub>th</sub>

### Erdgaskessel:

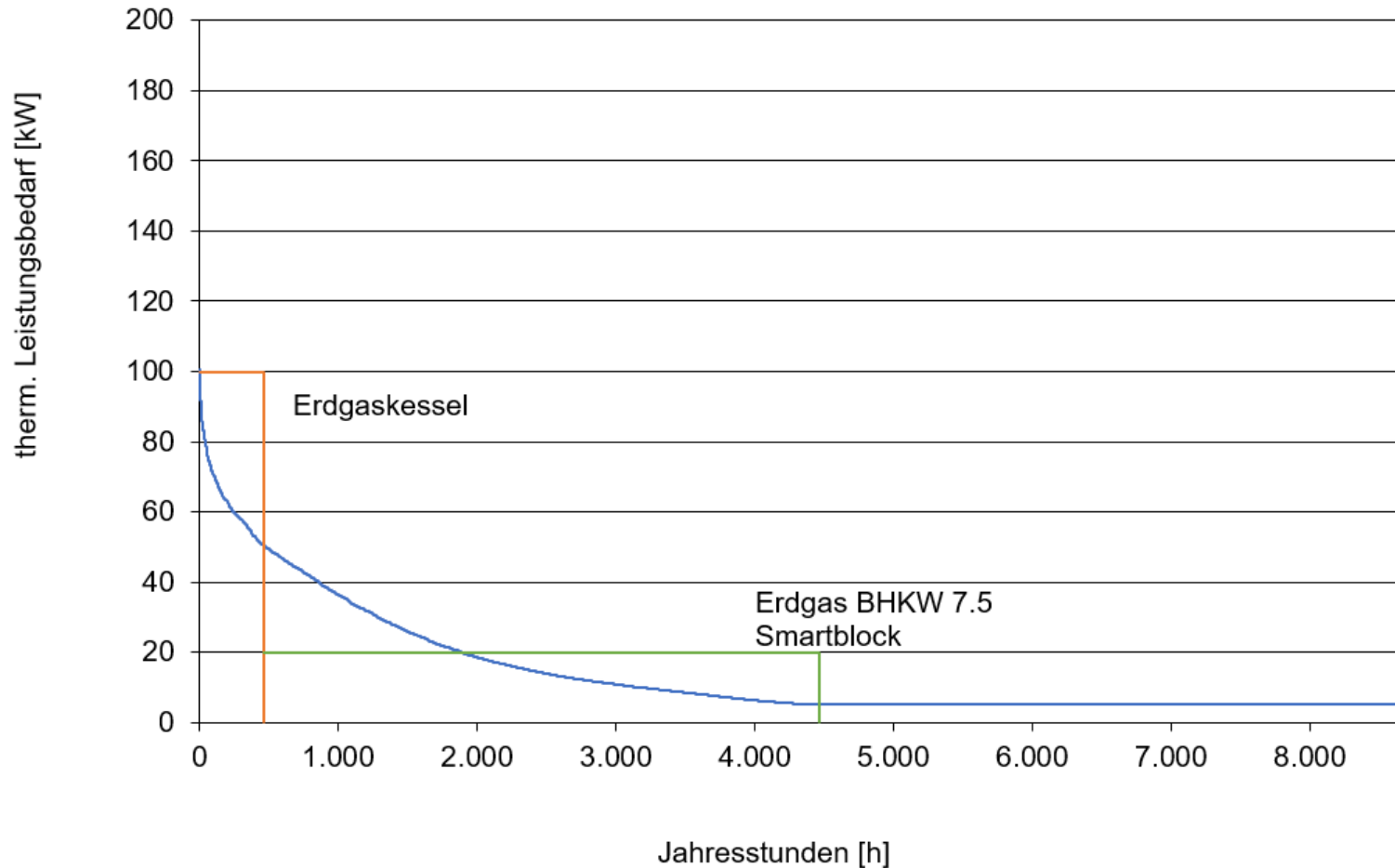
- Vorlauftemperatur max. 90 °C
- Leistung: 100 kW<sub>th</sub>
- Erdgasbedarf: 10.200 kWh<sub>Hi</sub>
- Volllaststunden: 100 h/a

### Luft-Wasser-Wärmepumpe:

- Vorlauftemperatur: 35 °C
- Leistung: 50 kW<sub>th</sub>
- Strombedarf: 33.200 kWh<sub>el</sub>
- Volllaststunden: 2.330 h/a
- el. Anschlussleistung: 15 kW

# 4.1 Wirtschaftlichkeit Energieversorgung

## Variante 3: Erdgas BHKW 20 kW + Erdgasspitzenlastkessel 100 kW



### Nach Sanierung:

➤ Wärmebedarf: 126.000 kWh<sub>th</sub>

### Erdgaskessel:

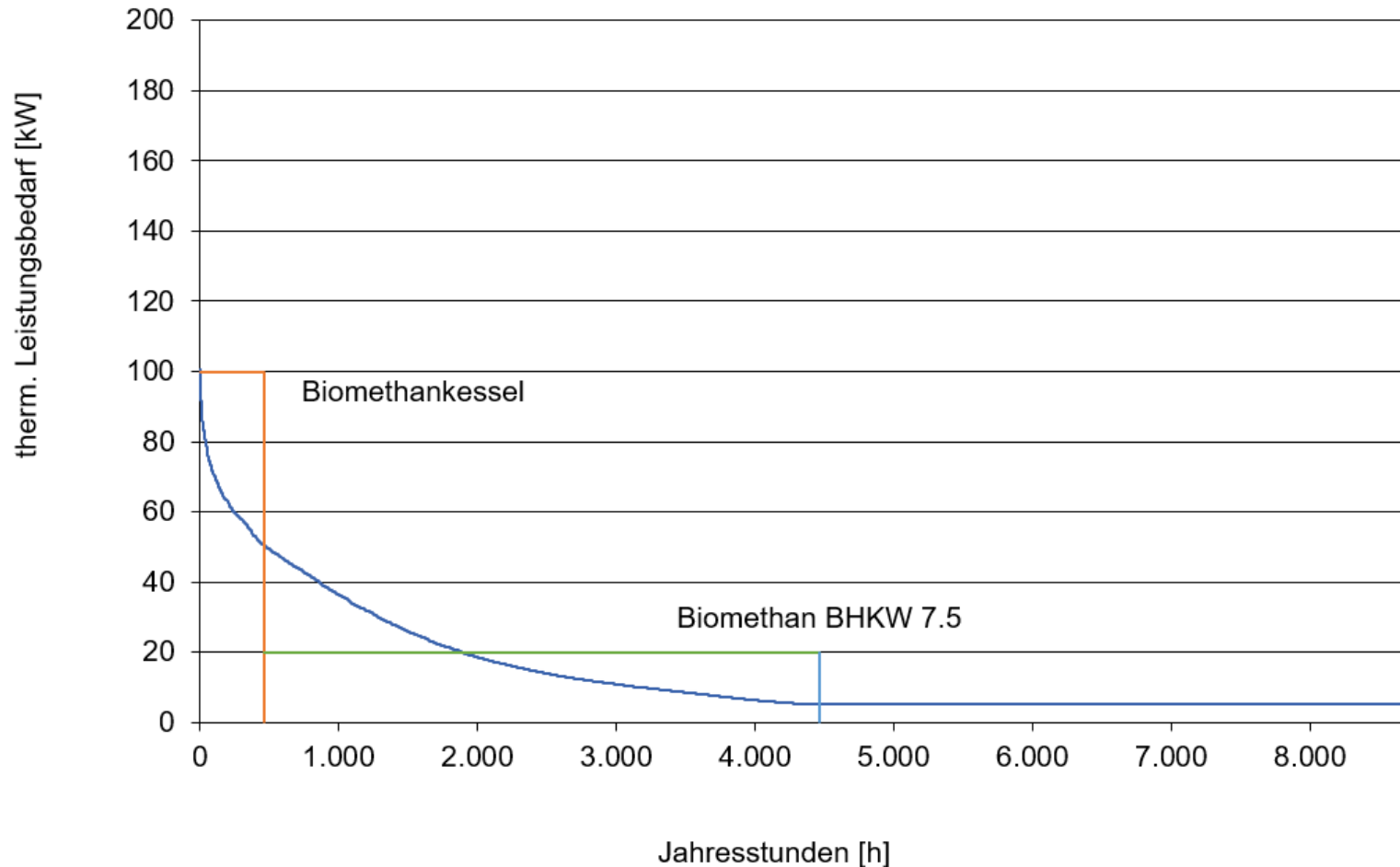
- Vorlauftemperatur max. 90 °C
- Leistung: 100 kW<sub>th</sub>
- Erdgasbedarf: 48.200 kWh<sub>Hi</sub>
- Volllaststunden: 460 h/a

### Erdgas BHKW 7.5 Smartblock:

- Vorlauftemperatur: 90 °C
- Leistung: 20 kW<sub>th</sub>
- Erdgasbedarf: 110.000 kWh<sub>Hi</sub>
- Volllaststunden: 4.000 h/a

# 4.1 Wirtschaftlichkeit Energieversorgung

## Variante 4: Biomethan BHKW 20 kW + Biomethanspitzenlastkessel 100 kW



### Nach Sanierung:

➤ Wärmebedarf: 126.000 kWh<sub>th</sub>

### Biomethankessel:

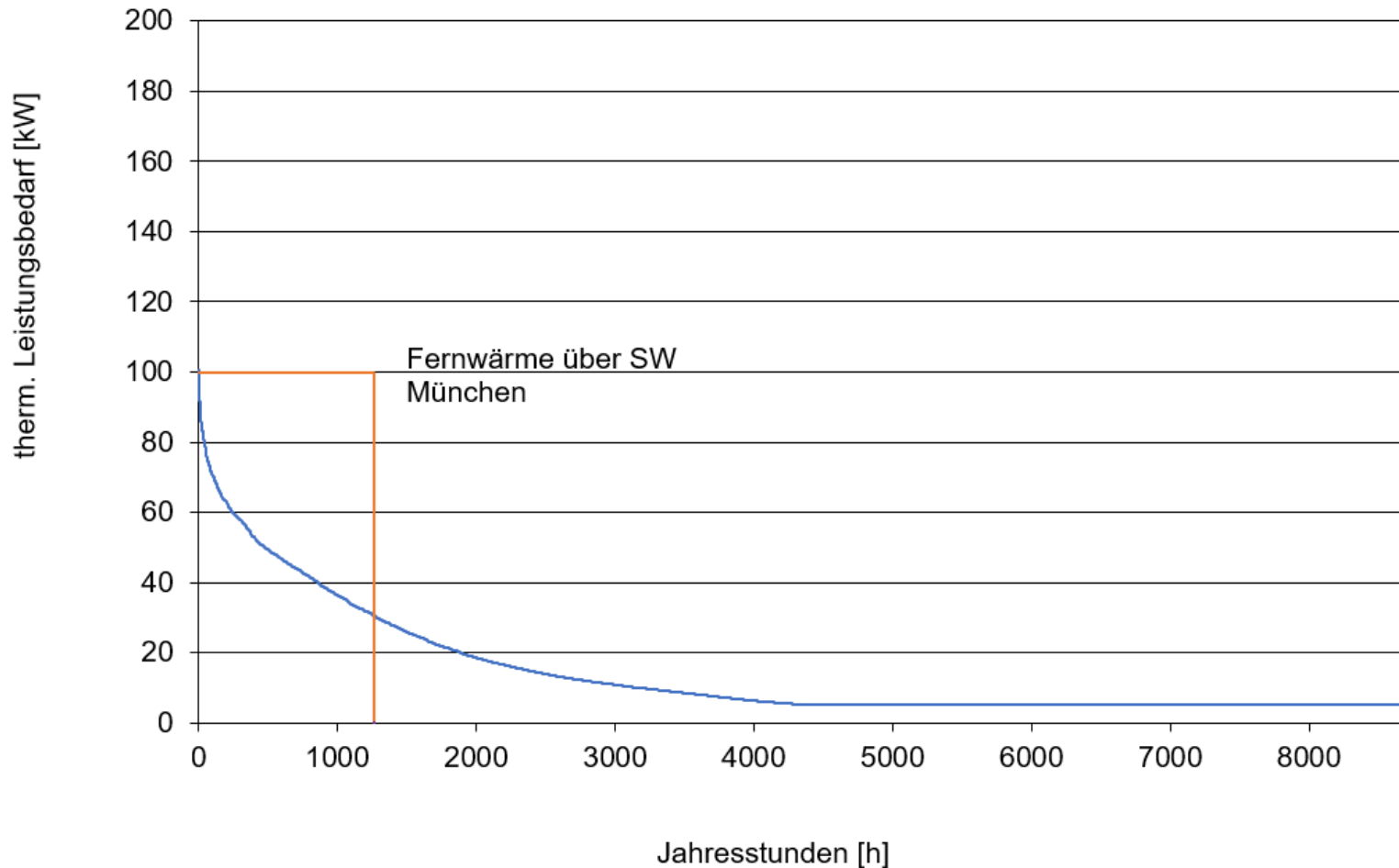
- Vorlauftemperatur max. 90 °C
- Leistung: 100 kW<sub>th</sub>
- Biomethanbedarf: 48.200 kWh<sub>Hi</sub>
- Volllaststunden: 460 h/a

### Biomethan BHKW 7.5:

- Vorlauftemperatur: 90 °C
- Leistung: 20 kW<sub>th</sub>
- Biomethanbedarf: 110.000 kWh<sub>Hi</sub>
- Volllaststunden: 4.000 h/a

# 4.1 Wirtschaftlichkeit Energieversorgung

## Variante 5: Fernwärme über Stadtwerke München 100 kW



### Nach Sanierung:

➤ Wärmebedarf: 126.000 kWh<sub>th</sub>

### Fernwärme SW München:

➤ Vorlauftemperatur max. 90 °C

➤ Leistung: 100 kW<sub>th</sub>

➤ Volllaststunden: 1.260 h/a

1. PV-Simulation
2. Brauchwassermessung
3. Wärmebedarf Bunker
4. Wirtschaftlichkeit Energieversorgung
  - 4.1 Versorgungsvarianten
  - 4.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
  - 4.3 CO<sub>2</sub>-Bilanz

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Anlehnung an die VDI 2067:

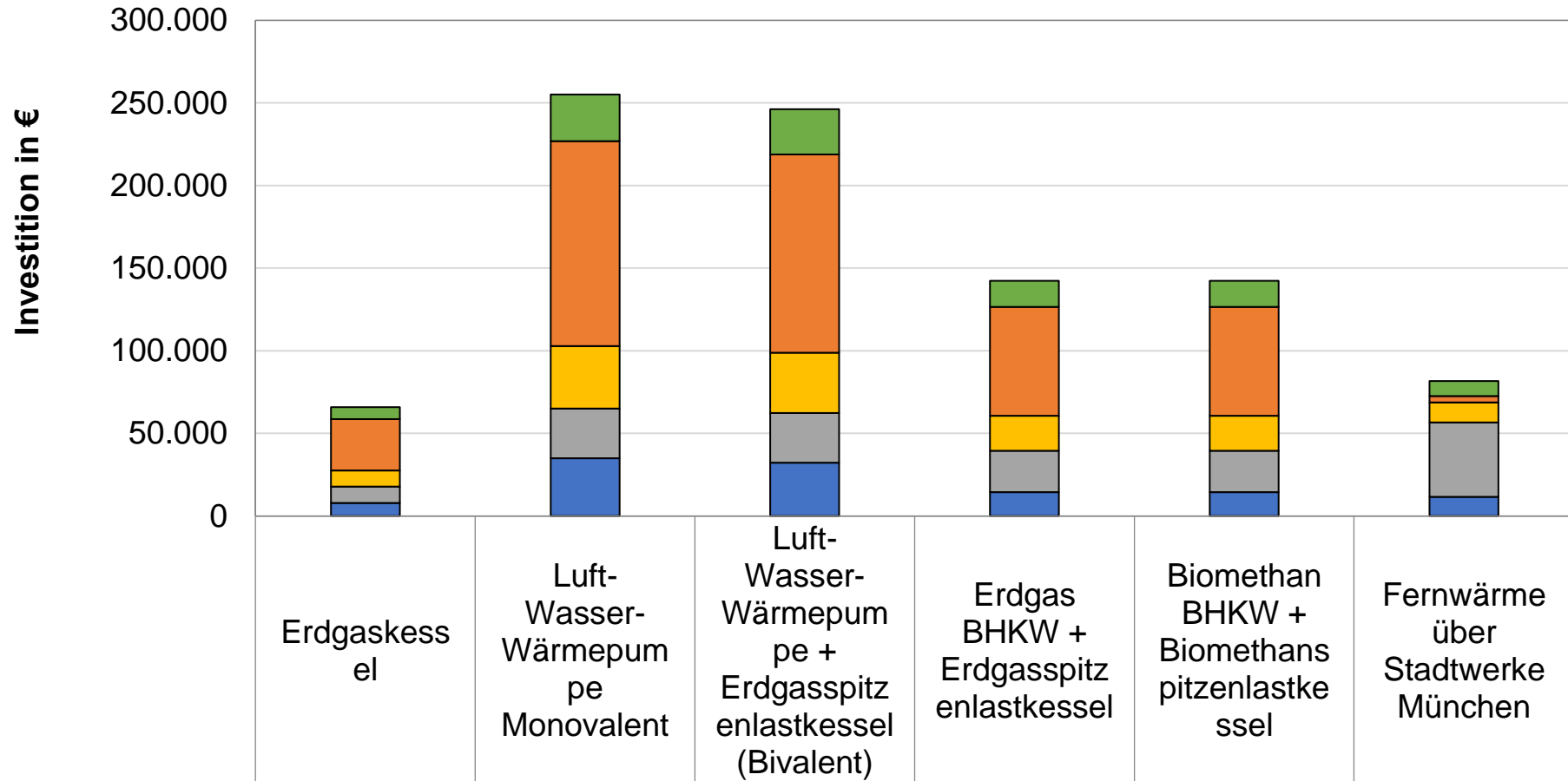
- Kapitalwertmethode
- Betrachtungszeitraum: 20 Jahre
- Sanierungskosten: 1.091.500 € Netto (nur Gebäudehülle)
- Basiszinssatz: 3,62 %
- Annuitätskreditrechnung: 3,9 %  
(nach der Umlaufrenditen inländischer Inhaberschuldverschreibungen (8-15 Jahre) zzgl. 150 BPS)
- Max. Fördersatz: 20 %
- Förderfähige Kosten: 60.000 € pro Wohneinheit



### Energiekosten:

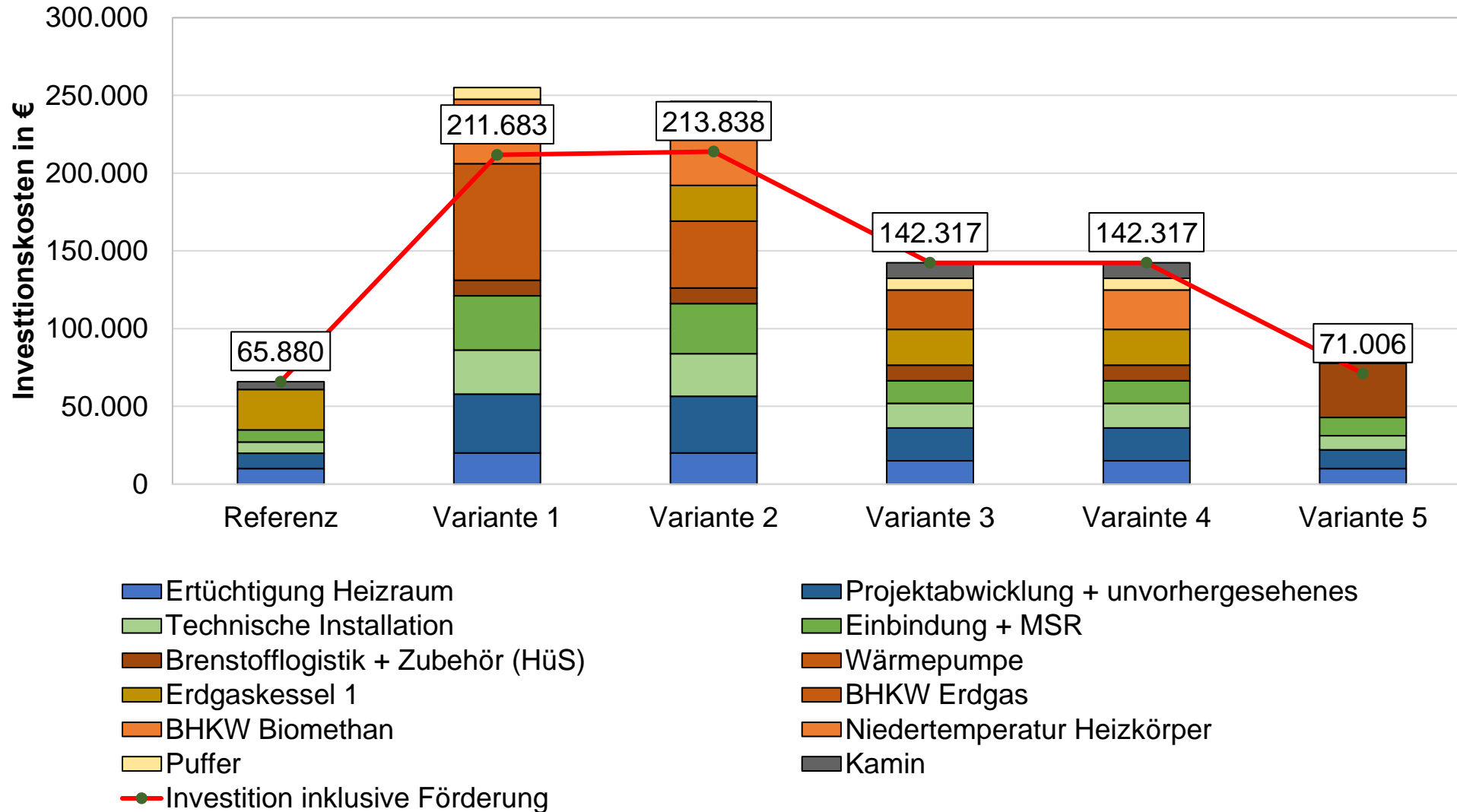
- |                           |             |  |
|---------------------------|-------------|--|
| ➤ Strompreis:             | 20 ct/kWh   | (+Jährliche Preissteigerung 3%)                |
| ➤ Erdgaspreis:            | 9,3 ct/kWh  | (+Jährliche Preissteigerung 3%)                |
| ➤ Biomethanpreis:         | 13,4 ct/kWh | (+Jährliche Preissteigerung 5%)                |
| ➤ Fernwärmepreis:         | 12,1 ct/kWh | (+Preissteigerung nach Auflage SW München)     |
| ➤ CO <sub>2</sub> -Abgabe | 65 €/Tonne  | (In Sensitivitätsanalyse bis 350 €/t variiert) |

## 4.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Investitionskosten der Heizvarianten ohne Förderung

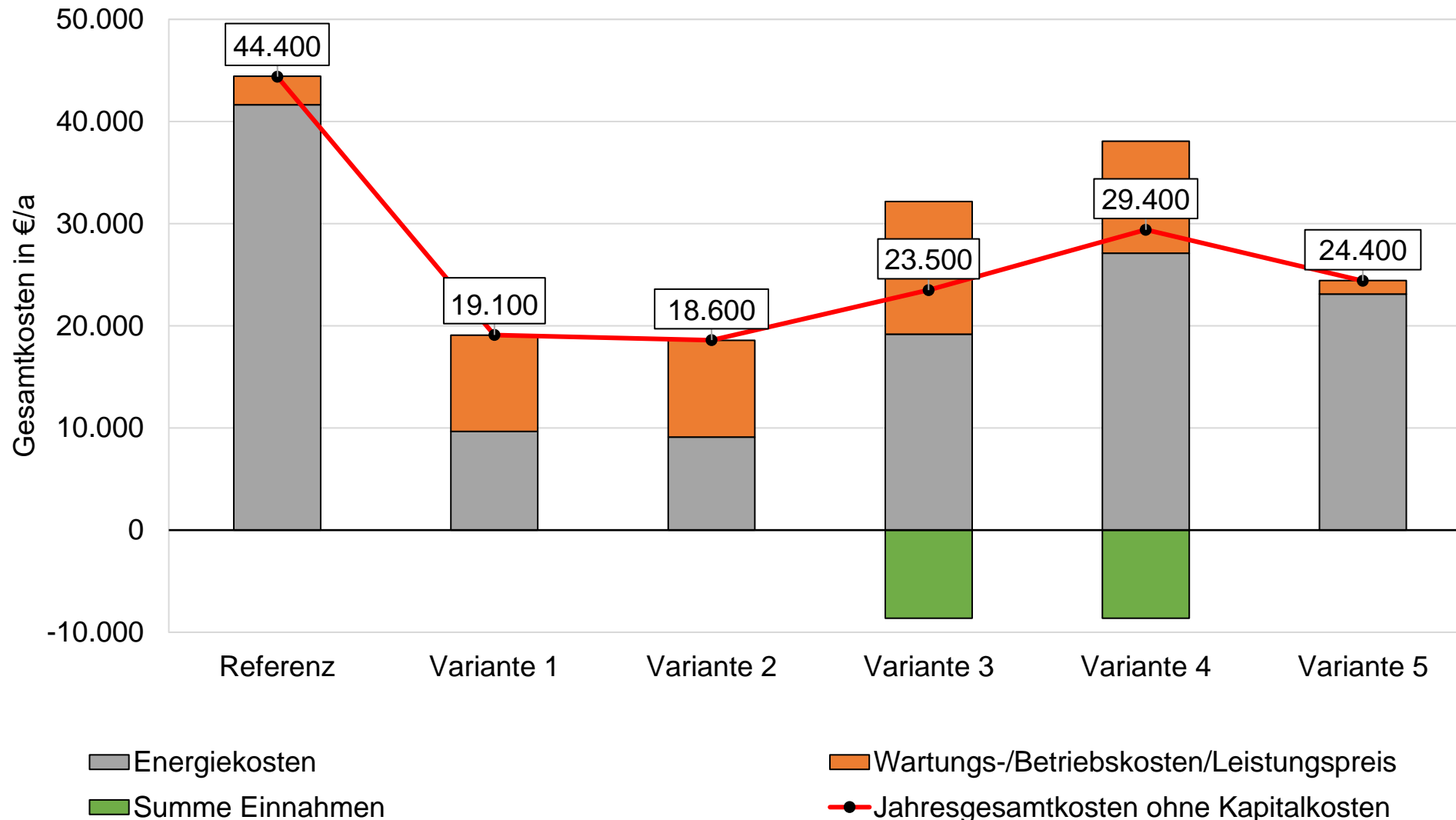


■ Technische Installation	7.300	28.300	27.300	15.800	15.800	9.100
■ Wärmeerzeuger und Anlagenteile	31.000	124.000	120.000	65.900	65.900	3.800
■ Projektentwicklung + unvorhergesehenes	9.800	37.800	36.500	21.100	21.100	12.100
■ Bauliche Maßnahmen	10.000	30.000	30.000	25.000	25.000	45.000
■ Einbindung und MSR	7.800	35.000	32.300	14.500	14.500	11.600

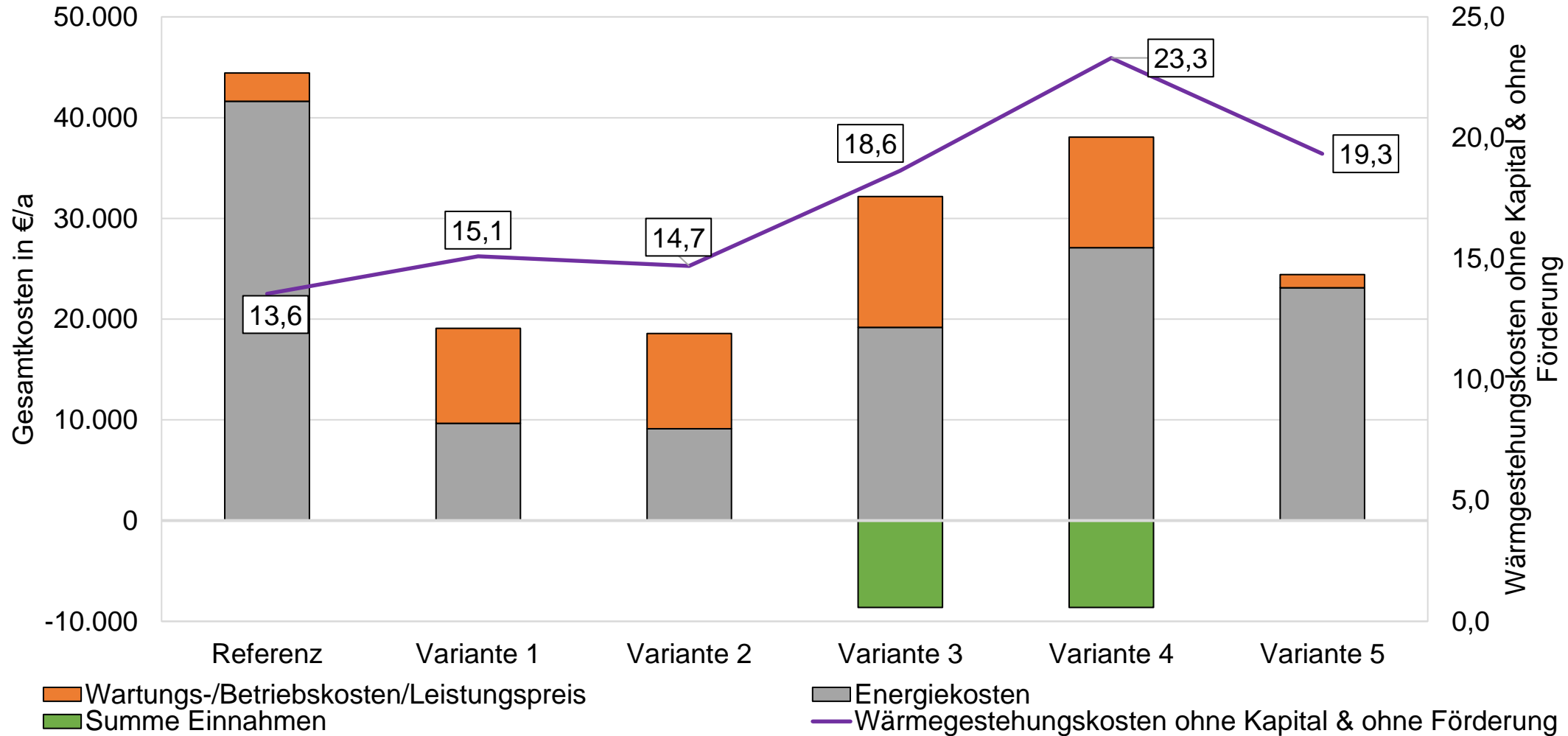
## 4.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Investitionskosten der Heizvarianten mit Förderung



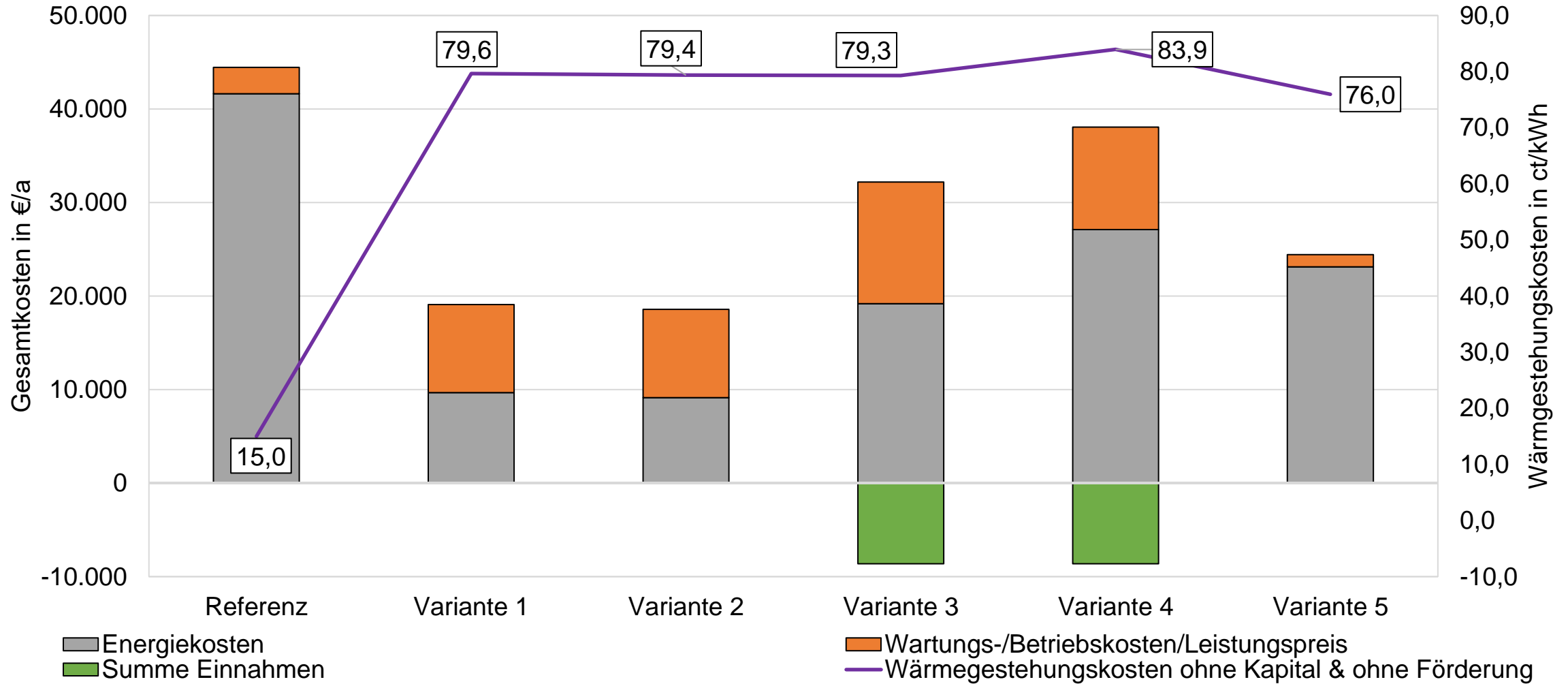
## 4.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Jahresgesamtkosten ohne Kapitalkosten



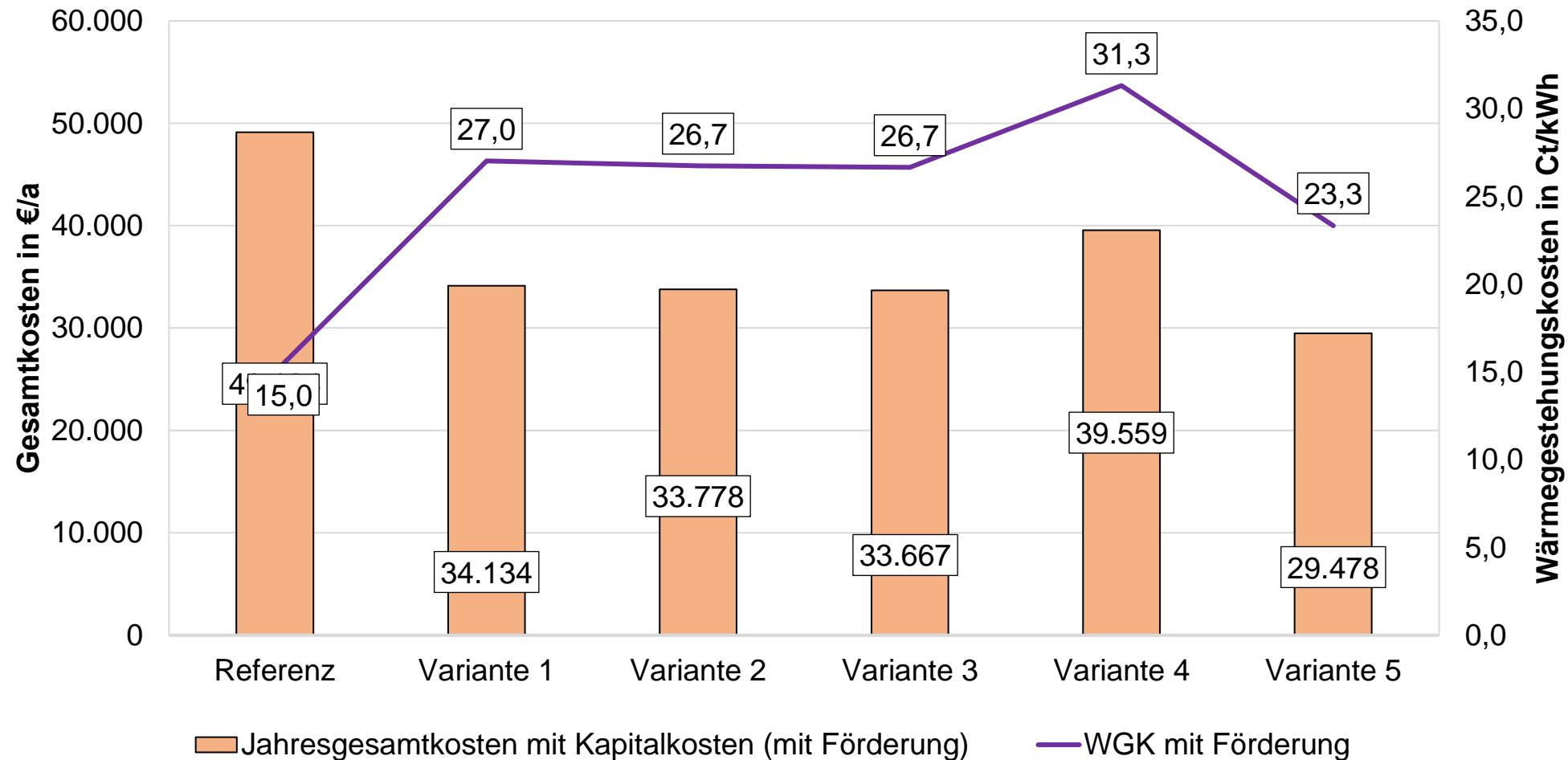
## 4.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Jahresgesamtkosten & Wärmegestehungskosten ohne Kapital, ohne Förderung



## 4.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmegestehungskosten mit Kapitalkosten und Förderung



## 4.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Jahresgesamtkosten & Wärmegestehungskosten mit Förderung



## 4.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

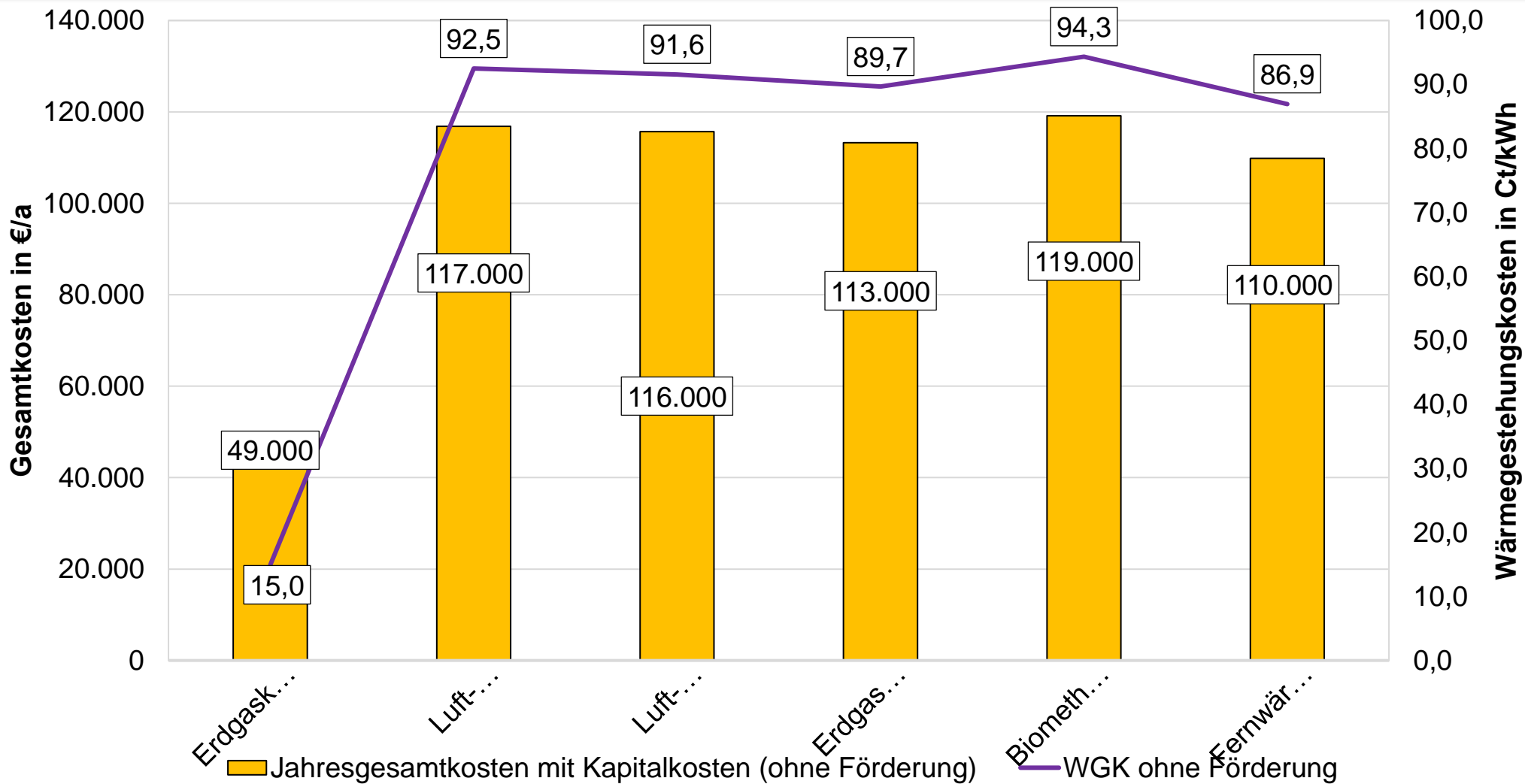
### Förderfähige Kosten für Gebäudesanierung

- Förderung: BEG-Einzelmaßnahme
- Max. förderfähige Kosten: 60.000 € pro Wohneinheit
- Max. Förderung: 20 %
- Annuitätsfaktor (3,9 %): 0,0729

Szenarien	Kreditsumme Netto	Max förderfähige Kosten	Max Förderung (20%)	Investition	Jährliche Kapitalkosten
<b>Referenz</b>	-	-	-	-	-
<b>Sanierung – ohne Förderung</b>	1.091.500 €	-	-	1.091.500 €	79.600 €/a
<b>Sanierung - Förderung 10 Wohneinheiten</b>	1.091.500 €	600.000 €	120.000 €	971.500 €	70.850 €/a
<b>Sanierung - Förderung 15 Wohneinheiten</b>	1.091.500 €	900.000 €	180.000 €	911.500 €	66.500 €/a

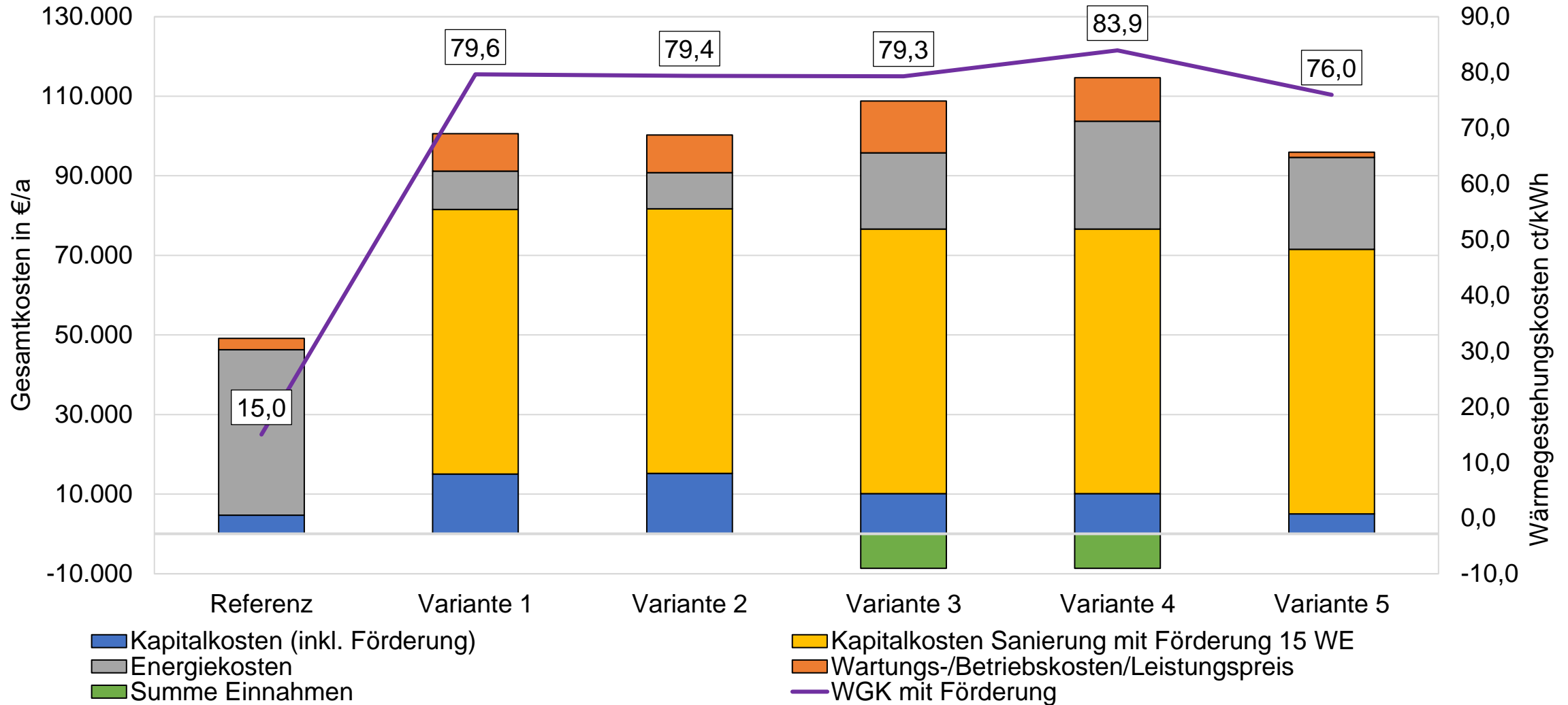


## 4.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Jahresgesamtkosten & Wärmegestehungskosten ohne Förderung

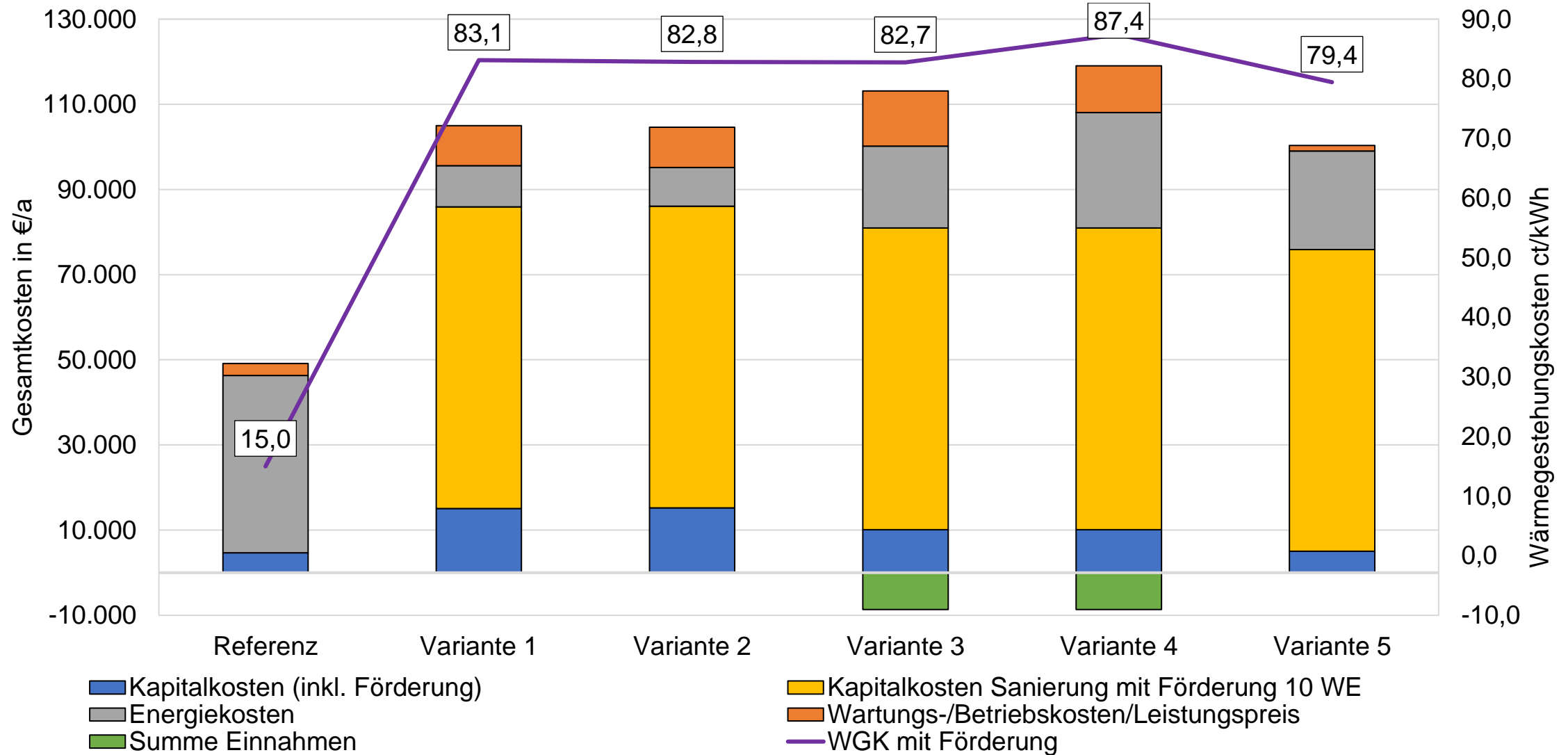


# 4.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

## JGK mit Kapitalkosten & WGK inkl. Förderung für 15 Wohneinheiten



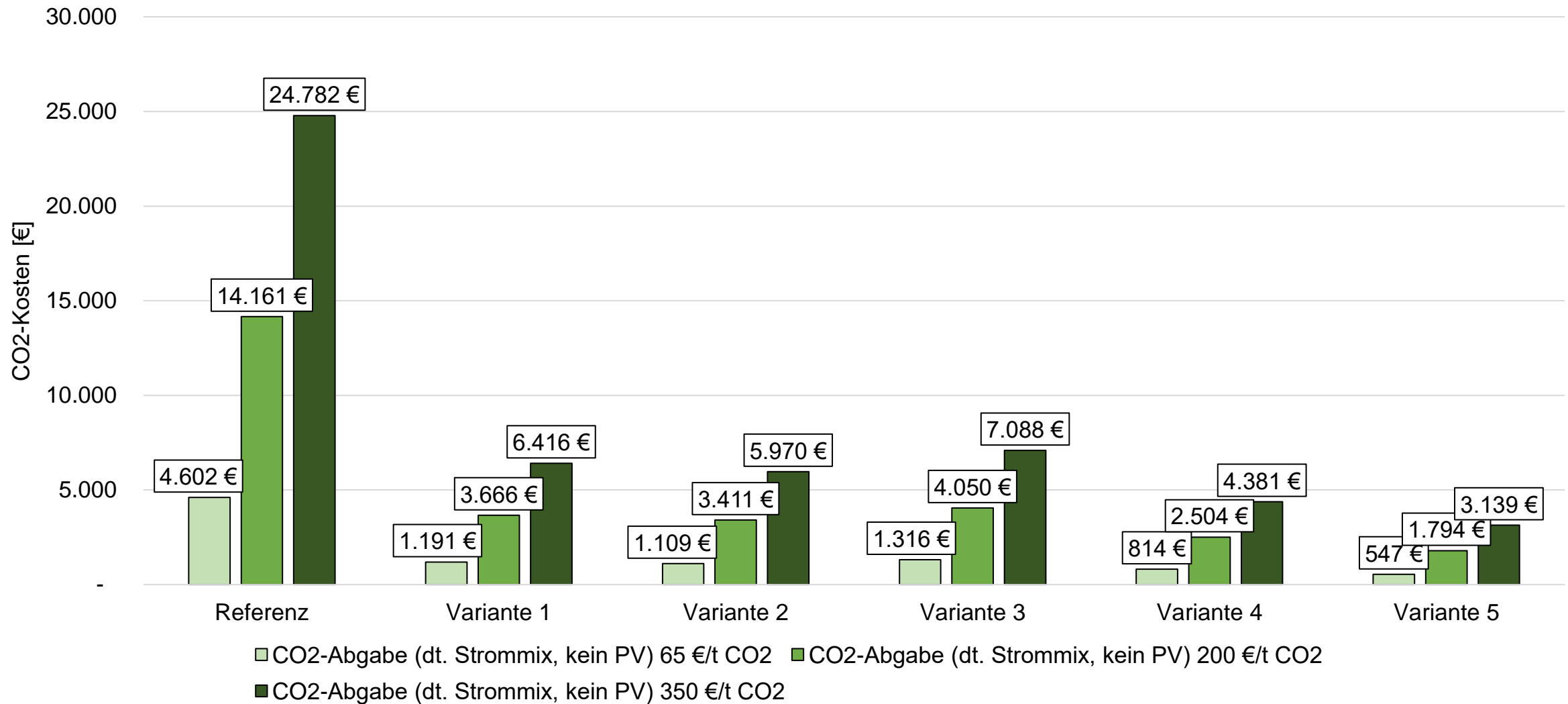
## 4.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung JGK mit Kapitalkosten & WGK inkl. Förderung für 10 Wohneinheiten



1. PV-Simulation
2. Brauchwassermessung
3. Wärmebedarf Bunker
4. Wirtschaftlichkeit Energieversorgung
  - 4.1 Versorgungsvarianten
  - 4.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
  - 4.3 CO<sub>2</sub>-Bilanz

## 4.3 CO<sub>2</sub>-Bilanz

### Jährliche CO<sub>2</sub>-Emissionen in Abhängigkeit von verschiedenen CO<sub>2</sub>-Bepreisungen



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Besuchen Sie uns doch auf...

[www.ifeam.de](http://www.ifeam.de)



[www.facebook.com/ifeam.de](https://www.facebook.com/ifeam.de)

