

# Umsetzungsbegleitung Prüfung möglicher Nahwärmeverbundlösungen für die Stadt Pegnitz

Abschlusspräsentation

Stadtratssitzung  
17.04.2024

# 1. Netz: Innenstadt

- I. Festlegung Gebietsumfang
- II. Ergebnisse Umfrageaktion
- III. Standort Heizzentrale
- IV. Thermische Jahresdauerlinie (JDL)
- V. Netzdimensionierung
- VI. Energieversorgungsvarianten
- VII. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- VIII. CO<sub>2</sub>-Bilanz
- IX. Fazit und Ausblick

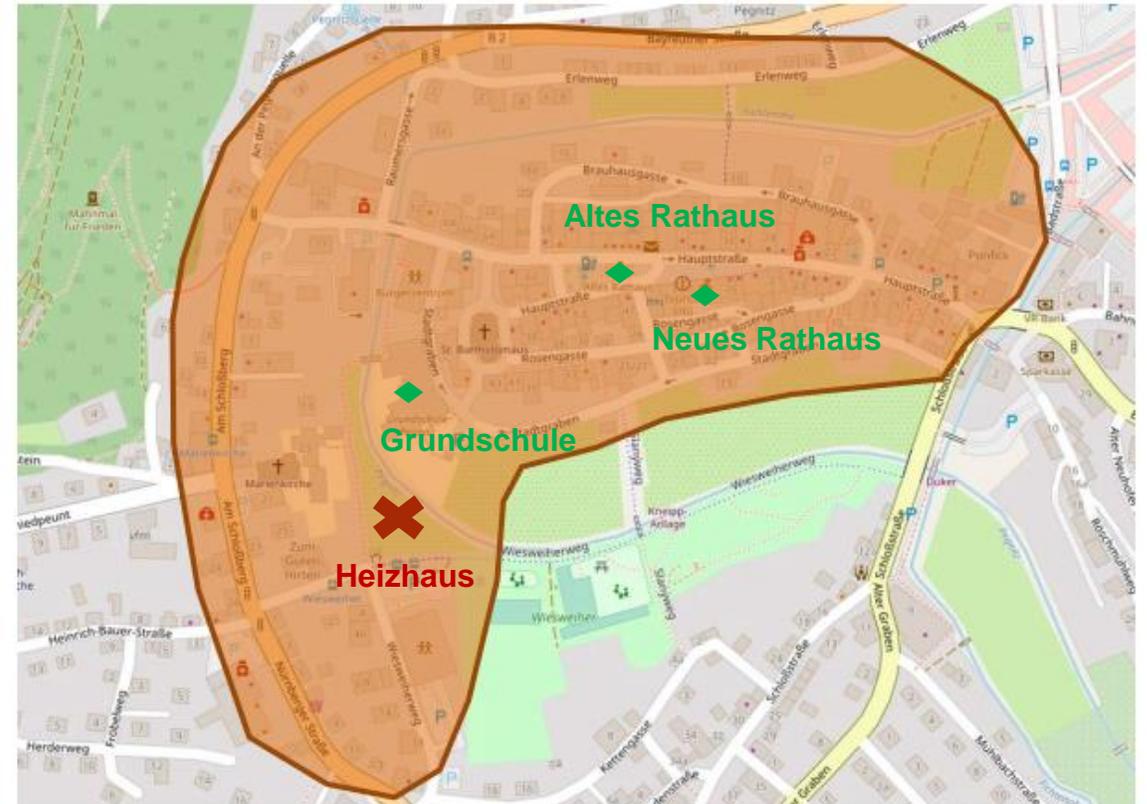
# 2. Netz: Gewerbegebiet

## Gebietsumgriff Innenstadt

- Betrachtung von kommunalen und kirchlichen Liegenschaften im innerstädtischen Bereich
- Außerdem alle privaten Interessenten im Gebietsumgriff mittels Umfrageaktion

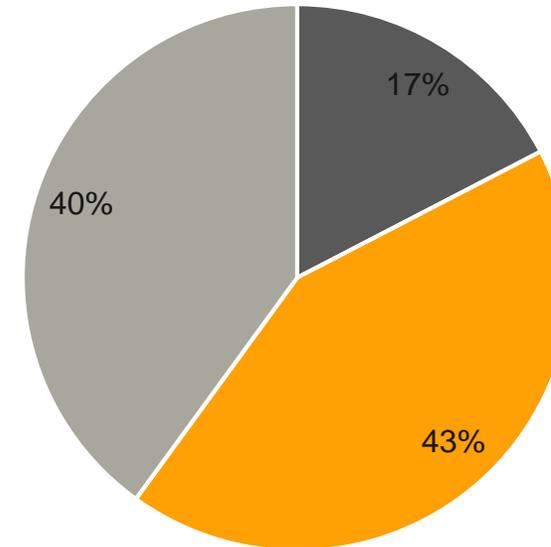
Konkret umfasst das Betrachtungsgebiet Teile aus folgenden Straßenzügen:

- Am Schloßberg
- Bahnhofsteig (im Laufe der Bearbeitung ausgeschlossen)
- Brauhausgasse
- Erlenweg (im Laufe der Bearbeitung ausgeschlossen)
- Hauptstraße
- Heinrich-Bauer-Straße
- Nürnberger Straße
- Rosengasse
- Stadtgraben
- Wiesweiherweg



## Umfrageaktion April 2023

- Potenzielle Abnehmer: 190 Stück
- Rückläufer: 114 Stück
  
- Interessenten: 81 Stück
- Nicht Interessiert: 33 Stück
- Keine Rückmeldung: 76 Stück



■ Nicht Interessiert ■ Interessiert ■ Keine Rückmeldung

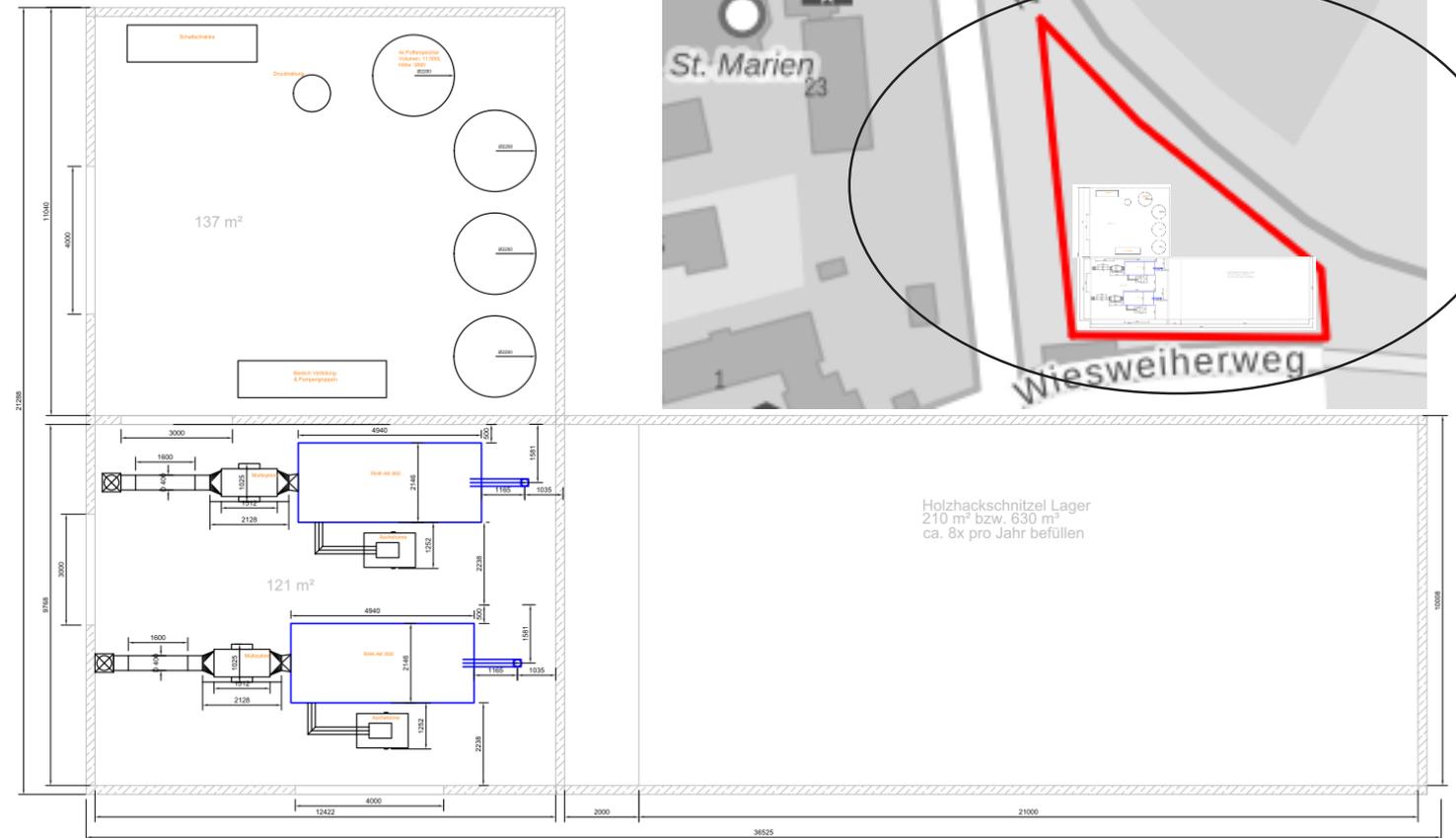
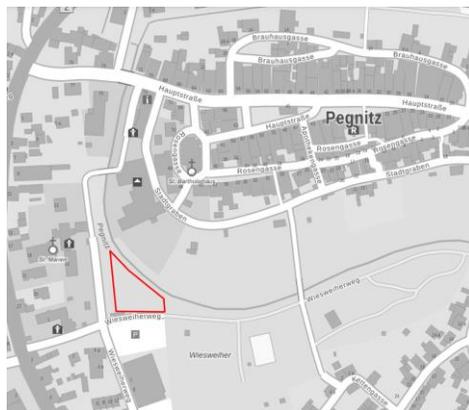
Anteil Energieträger im Ist-Zustand*	
Erdgas	71%
Heizöl	25%
Heizstrom	3%
Pellets/Hackschnitzel	1%

\*Bezogen auf den Angaben aller Rückläufer

## Flächenbedarf für Heizzentrale und Brennstoffbunker – Reine Hackschnitzelvariante 1.1

- Fläche Heizzentrale: 260 m<sup>2</sup>
- Fläche Brennstoffbunker: 210 m<sup>2</sup>

**Zur Verfügung stehende Fläche sollte ausreichend sein**



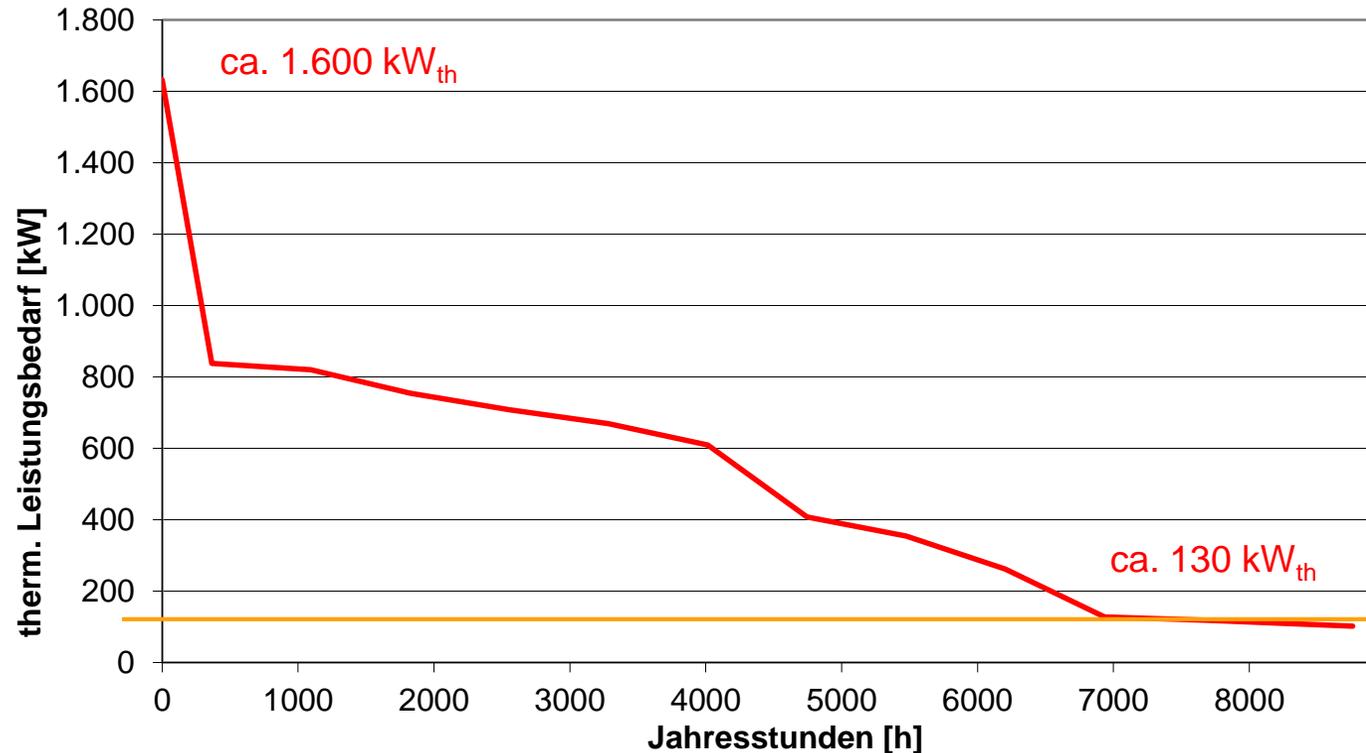
## Leistungsbedarf im Verbund

### Anpassung Berechnungsansatz:

- Basis: Verbrauchs – und Wetterdaten aus 2022
- Auslegung anhand Standardlastprofilen für Ein- und Mehrfamilienhäuser

Erwartete Spitzenlast im Wärmeverbund **ca. 1.600 kW<sub>th</sub>**

Erwartete Grundlast im Wärmeverbund **ca. 130 kW<sub>th</sub>**



- **Kalkuliertes Rohrsystem Isoplus**
  - Einzelrohr für Versorgungsleitungen
  - Doppelrohr für Hausanschlussleitungen
- Größendimensionierung und Wärmeverlustberechnung basieren auf diesen Rohrtypen
- Wärmedämmung 2-fach verstärkt
- **Kalkulierte Hausübergabestationen (HÜS) Enerpipe**
  - Inkl. Ultraschall Wärmemengenzähler
  - Anlage nach GEG wärmegeklämt

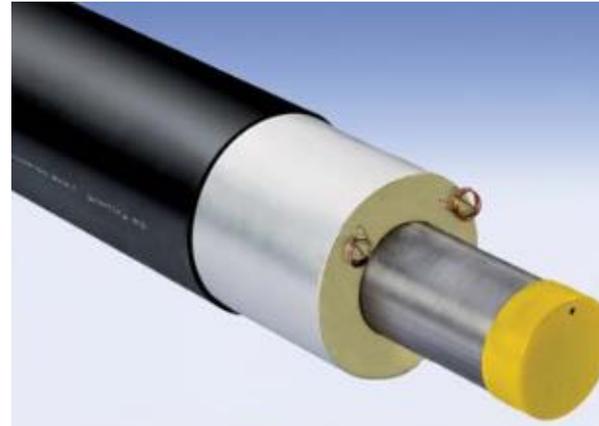


Abbildung: isoplus starres Einzelrohr  
Quelle: isoplus

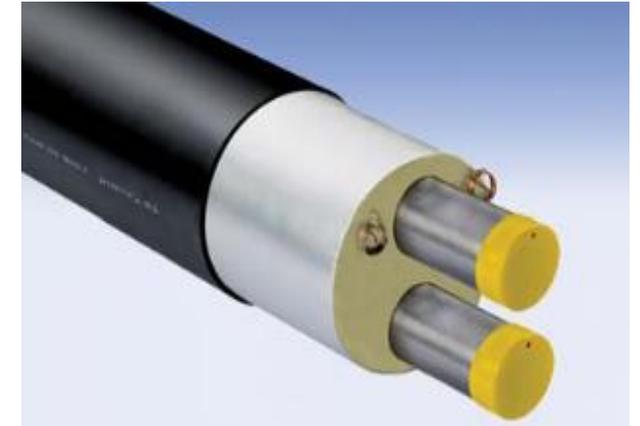


Abbildung: isoplus starres Doppelrohr  
Quelle: isoplus



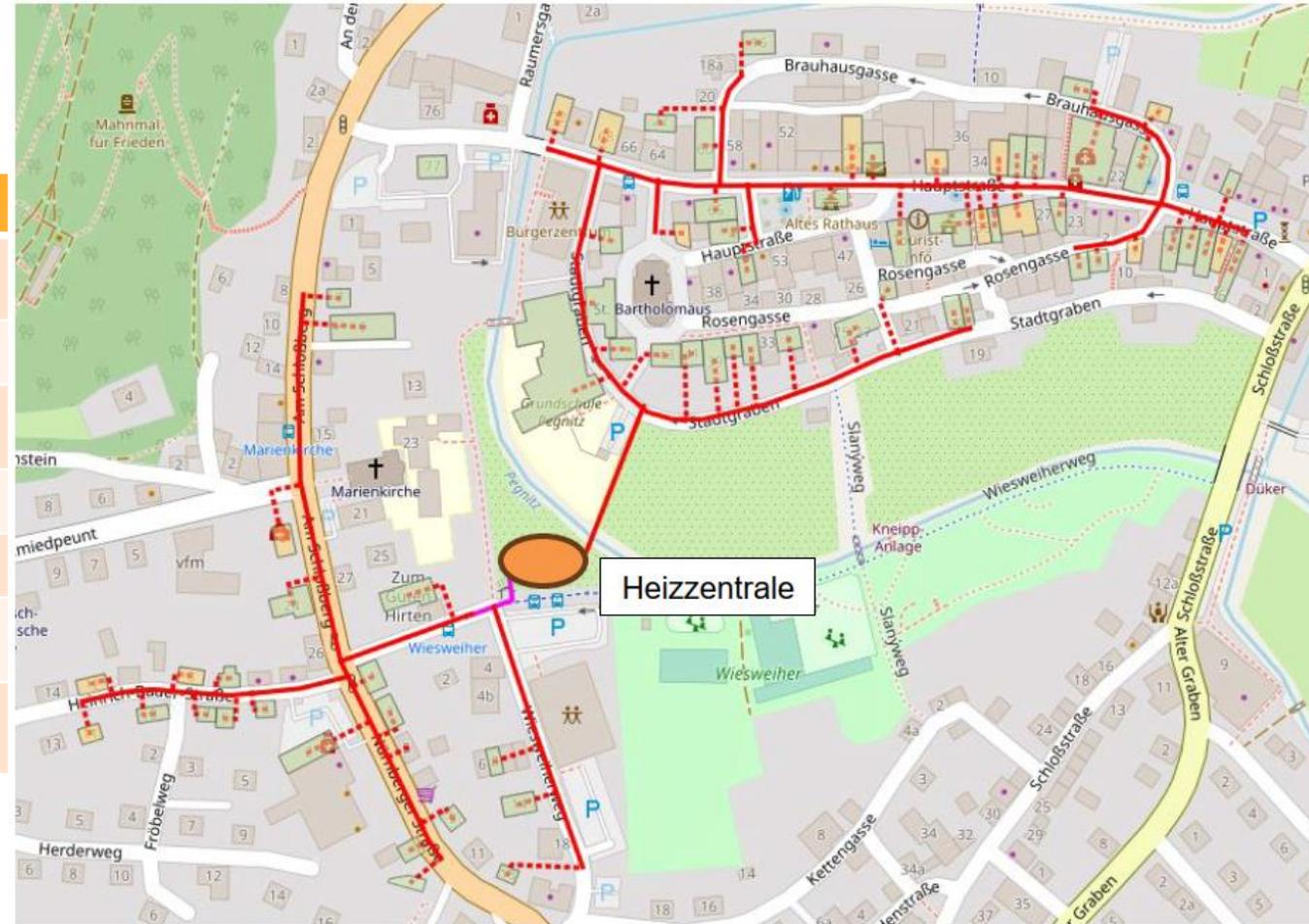
Abbildung: Übergabestation Typ 15 - 40  
Quelle: Enerpipe



Abbildung: Großstation ab 80 kW  
Quelle: Enerpipe

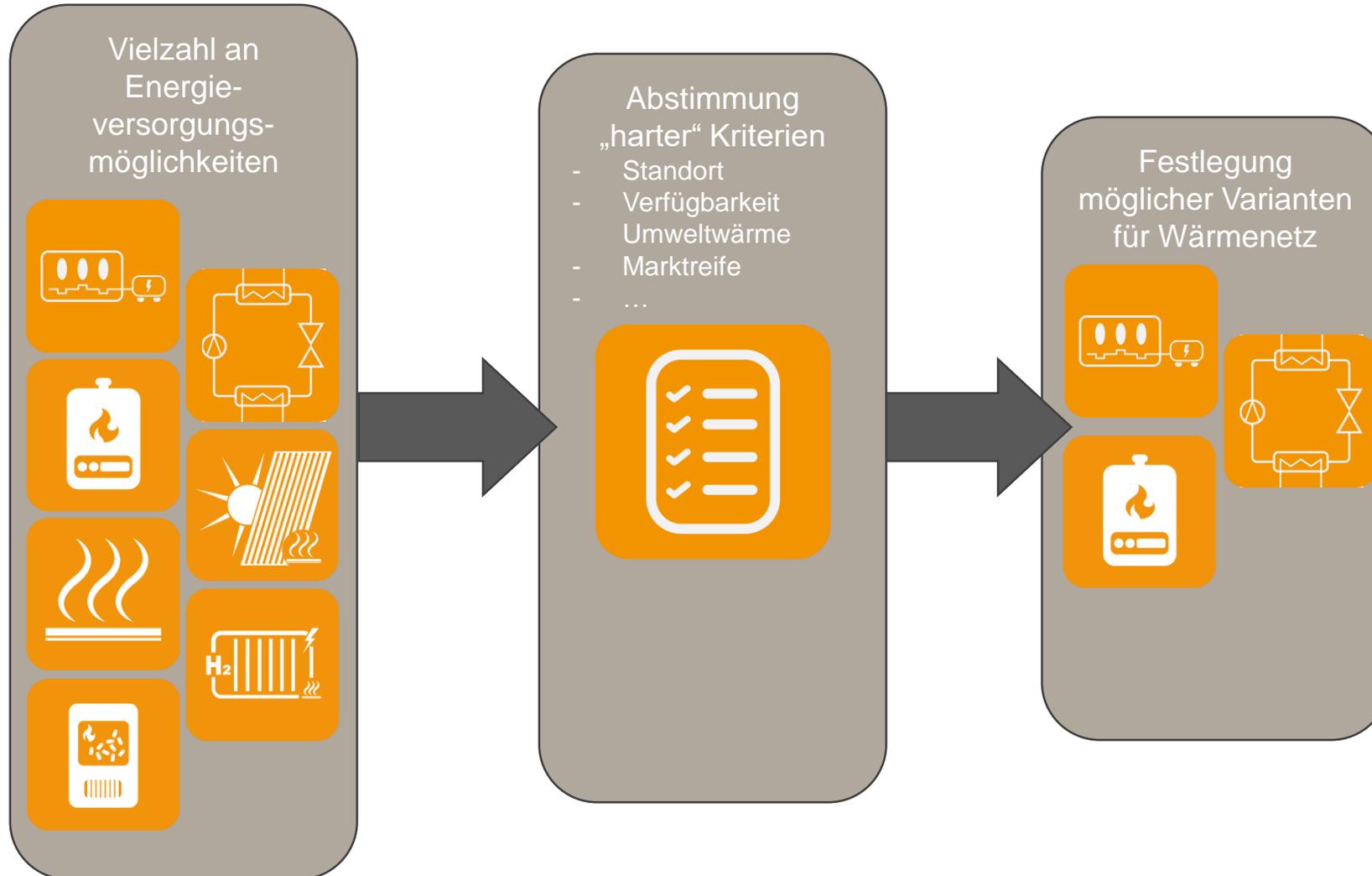
### Kenndaten Wärmenetz und Trassenverlauf

Anzahl Abnehmer	72 Stück
Trassenlänge inkl. Hausanschlüsse	3.090 m
Wärmebedarf der Abnehmer*	3.920.000 kWh <sub>th</sub> /a
Benötigte Heizleistung*	1.600 kW <sub>th</sub>
<b>Wärmebelegungsichte</b>	<b>1.270 kWh<sub>th</sub>/(m*a)</b>
Vorlauf – und Rücklauftemperaturen	80°C / 60°C
Wärmeverluste	280.000 kWh <sub>th</sub> /a ( $\cong$ 7 %)



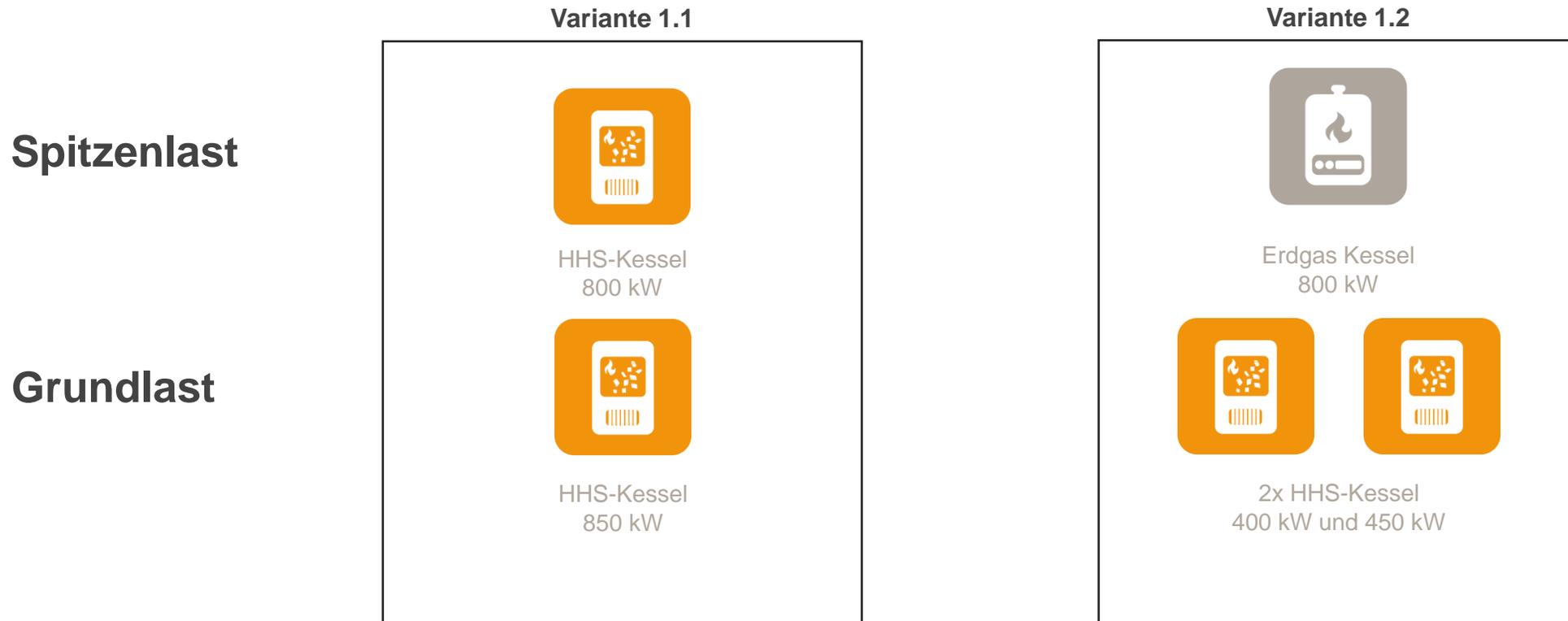
# Auswahl Energieversorgungsvarianten

## Vorgehensweise



Es wurden zehn Varianten genauer betrachtet:

Varianten 1 mit Biomasse:



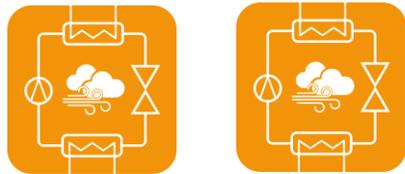
## Varianten 2 mit Luft-Wärmepumpen:

**Spitzenlast**

**Variante 2.1**



Erdgas Kessel  
1.300 kW

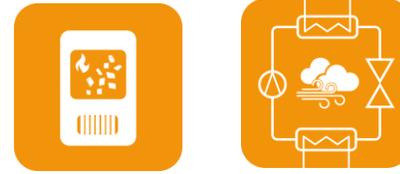


2x Luft-WP (bis -20°C)  
Mittlere Leistung je 280 kW  
Paralleler Betrieb

**Variante 2.2**



HHS-Kessel  
1.000 kW



HHS-Kessel 650 kW    Luft-WP (bis -5°C)  
Mittlere Leistung 218 kW  
Paralleler Betrieb

**Variante 3.2**



HHS-Kessel  
850 kW



HHS-Kessel 800 kW    Luft-WP (bis +5°C)  
Mittlere Leistung 218 kW  
Alternativer Betrieb

**Grundlast**

## Varianten 3 mit Grundwasser-Wärmepumpen:

**Spitzenlast**

Variante 3.1



Grundwasser-WP  
376 kW

Variante 3.2



HHS-Kessel  
1.000 kW

Variante 3.3



Erdgas Kessel  
700 kW

**Grundlast**



Grundwasser-WP  
679 kW



Grundwasser-WP  
679 kW



Grundwasser-WP  
679 kW



Grundwasser-WP  
574 kW



Grundwasser-WP  
375 kW

## Variante 4 mit Flusswasser-Wärmepumpe:

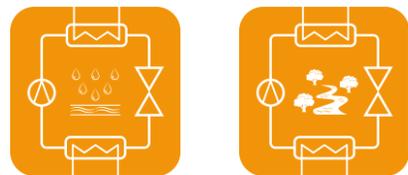
## Variante 5 mit Grundwasser und Luft Wärmepumpe als Kombi:

**Spitzenlast**

Variante 4.1



Erdgas Kessel  
1.000 kW



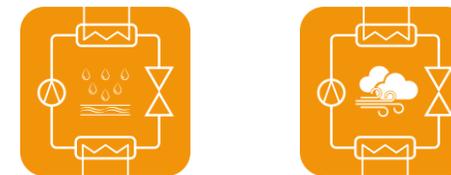
Grundwasser-WP 679 kW    Flusswasser-WP  
Mittlere Leistung 287 kW  
(ab 7°C Flusstemperatur)

**Grundlast**

Variante 5.1



Erdgas Kessel  
1.000 kW



Grundwasser-WP 679 kW    Luft-WP (bis +5°C)  
Mittlere Leistung 218 kW  
Alternativer Betrieb

## Wirtschaftlichkeitsberechnung (in Anlehnung an VDI 2067 – Randbedingungen)

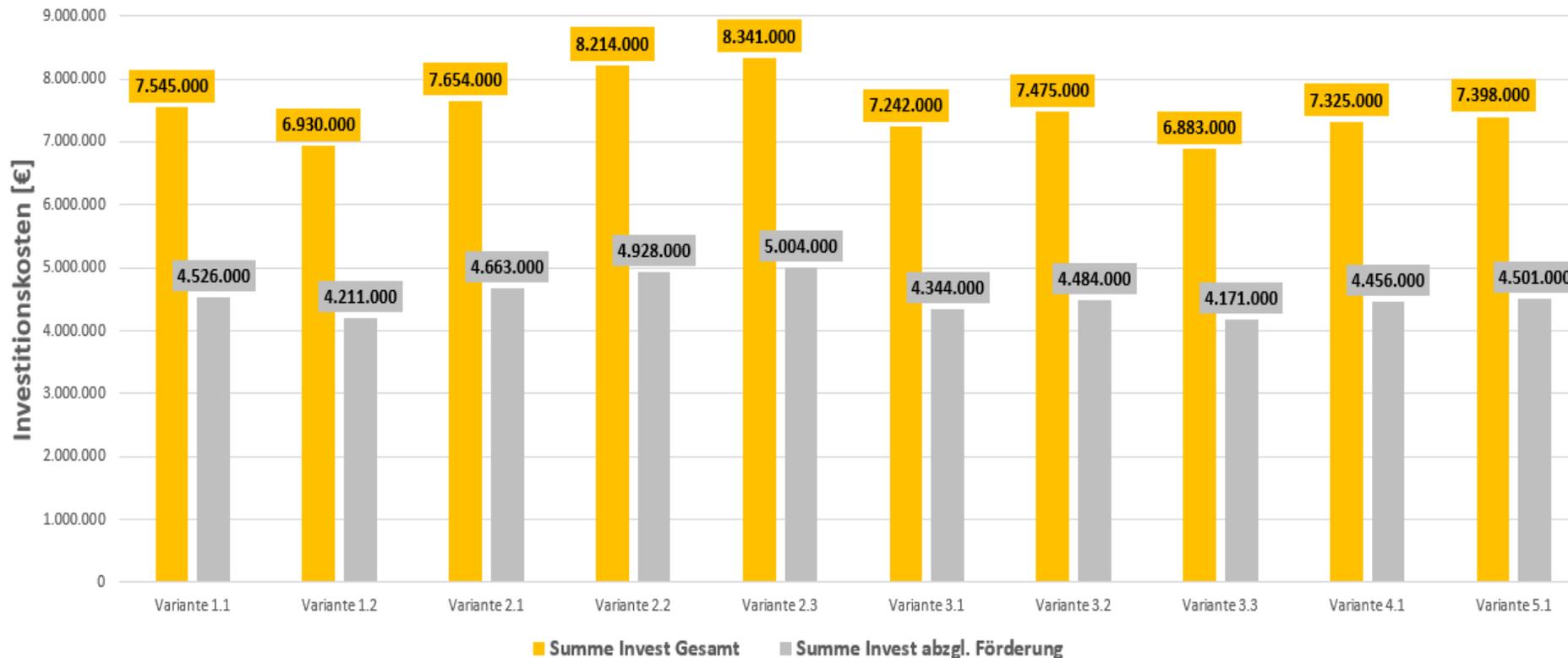
- Vollkostenrechnung aus **Kapitalkosten** / **Verbrauchskosten** / **Betriebskosten** / **Sonstige Kosten**
- Bezugsjahr ist 2023; Betrachtungszeitraum 20 Jahre
- Lineare Abschreibung nach spezifischen Vorgaben (Wärmenetz = 40a, Restliche Anlagentechnik = 20a)
- Alle Preise sind Nettopreise
- Der kalkulatorische Zinssatz für Fremdkapital beträgt konstant 4,0 %
- Kostenfaktoren sind an die in der VDI 2067 hinterlegten Richtwerte angelehnt (z. B. Bedienzeiten, Faktoren für Wartung und Instandhaltung etc.)
- Verwendete Förderprogramme (Stand 09/2023): BEW (Investitionskostenförderung und Betriebskostenförderung für WP) und BEG-Gewerbenetz (Stand 2023)

### Energiekosten

- Erdgas: 12 Cent/ kWh<sub>Hs</sub>\*  
(Aktuelle Durchschnittspreise)
- CO<sub>2</sub>-Abgabe: 55 €/t CO<sub>2</sub>
- Hackgut: 120 €/t (WGH 30 %)
- Allgemein- und Wärmepumpenstrom: 30,0 Cent/kWh<sub>el</sub>
- Messkosten in Anlehnung an bekannte Kosten von bestehenden Fernwärmenetzen berücksichtigt.

\*Hs: Brennwert

Summe Investition Gesamt



### BEW-Förderprogramm verwendet:

- Größer 16 Gebäude!
- 40% Investkostenförderung
- Investitionskosten leicht schwankend zw. den Varianten
- Geringste Investkosten V.3.3 GW-WP
- Höchste Investkosten V.2.3 bzw. V.2.2 Hackgut – Luft-WP Kombination

Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3	Variante 4.1	Variante 5.1
HHS-Kessel	HHS-Kessel	Luft-WP (bis -20 °C)	HHS-Kessel	HHS-Kessel	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP	Flusswasser WP	Luft-WP (bis +5 °C)
HHS-Kessel	HHS-Kessel	Luft-WP (bis -20 °C)	HHS-Kessel	HHS-Kessel	Grundwasser-WP	HHS-Kessel	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP
Erdgas Kessel	Erdgas Kessel	Erdgas Kessel	Luft-WP (bis -5 °C)	Luft-WP (bis +5 °C)	Grundwasser-WP		Erdgas Kessel	Erdgas Kessel	Erdgas Kessel

# Netz: Innenstadt

Ergebnisse Wirtschaftlichkeit | Jahresgesamt – und Wärmegestehungskosten

Jahresgesamtkosten Wärme



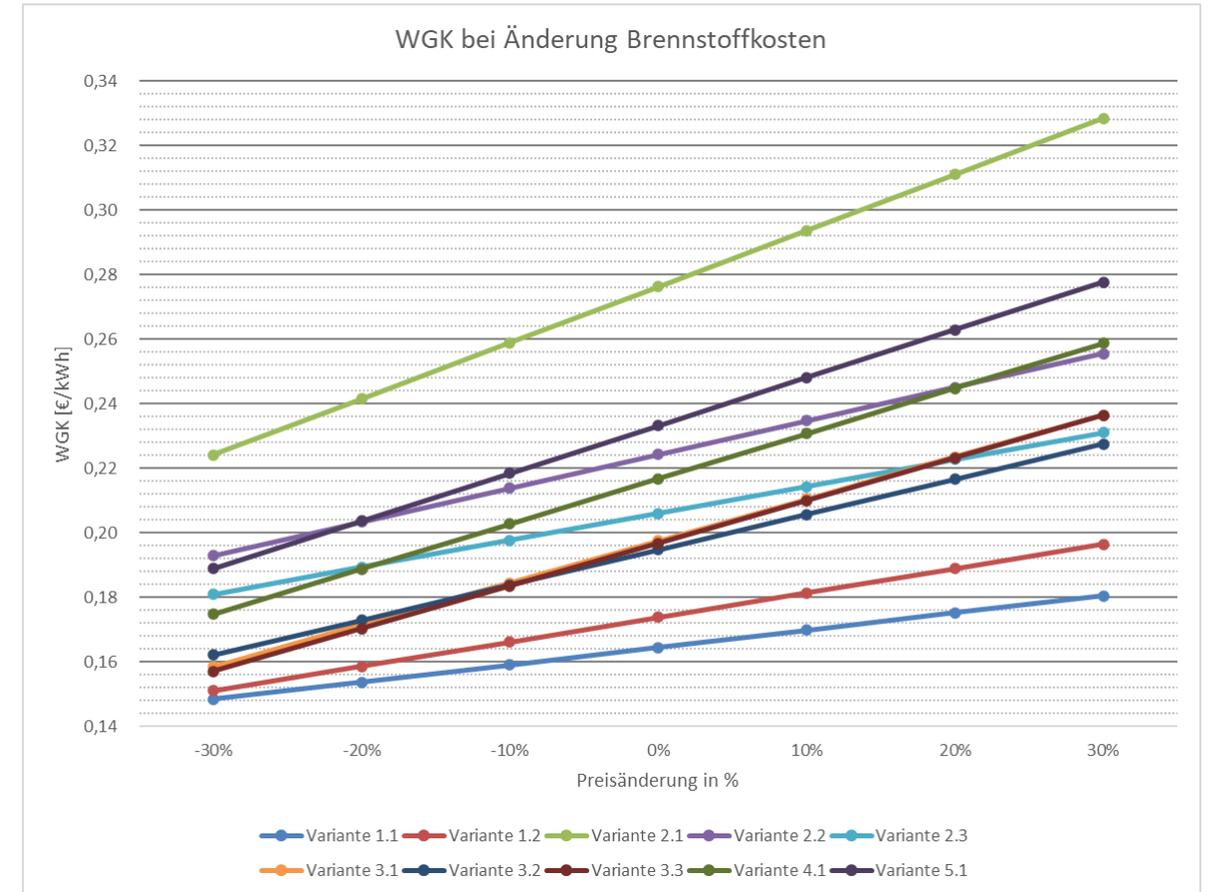
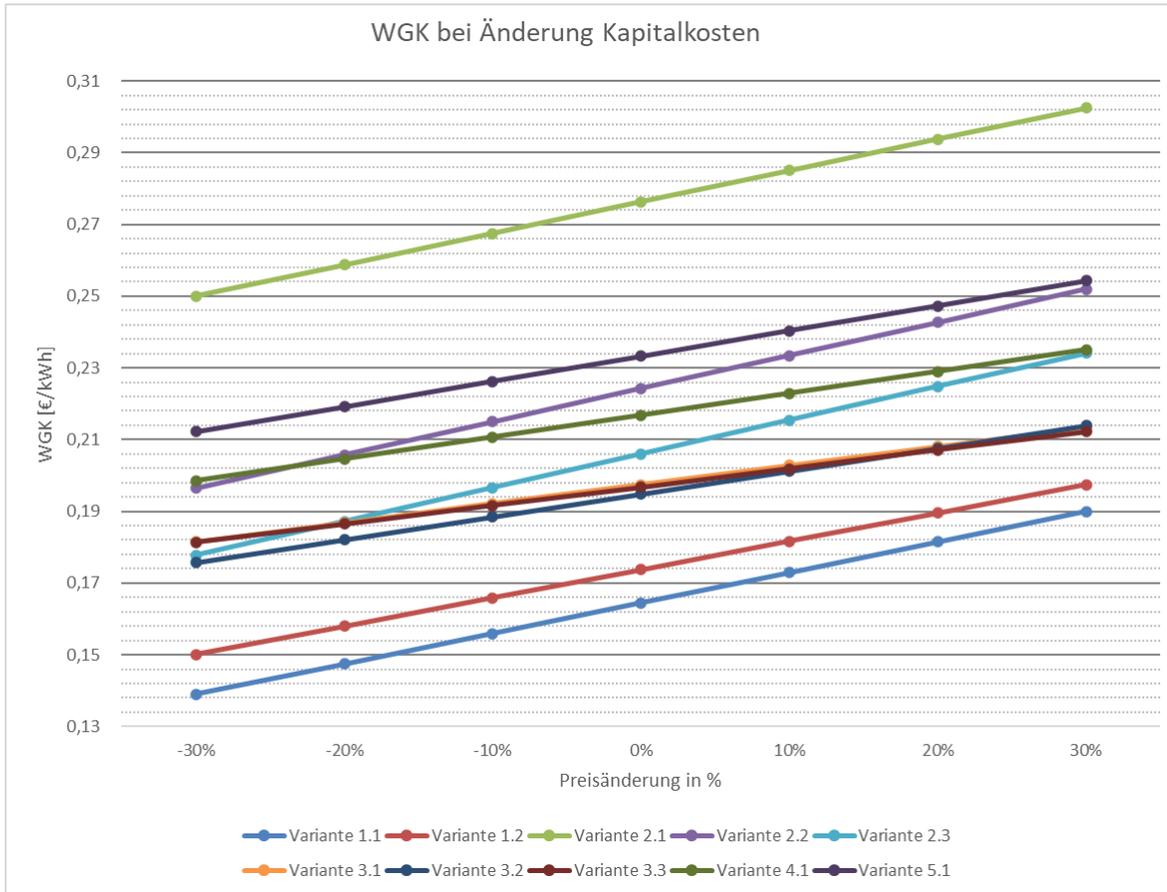
Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3	Variante 4.1	Variante 5.1
HHS-Kessel	HHS-Kessel	Luft-WP (bis -20 °C)	HHS-Kessel	HHS-Kessel	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP	Flusswasser WP	Luft-WP (bis +5 °C)
HHS-Kessel	HHS-Kessel	Luft-WP (bis -20 °C)	HHS-Kessel	HHS-Kessel	Grundwasser-WP	HHS-Kessel	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP
	Erdgas Kessel	Erdgas Kessel	Luft-WP (bis -5 °C)	Luft-WP (bis +5 °C)	Grundwasser-WP		Erdgas Kessel	Erdgas Kessel	Erdgas Kessel

## BEW-Förderprogramm verwendet:

- **Größer 16 Gebäude!**
- Reine Hackgutvariante 1.1 weist günstigste WGK auf (Variante 1.2 nahezu gleich) (günstige Verbrauchskosten)
- Kombi Luft-WP und Erdgas-Spitzenlastkessel Variante 2.1 am teuersten (hohe Kapitalkosten, keine Betriebskostenförderung)
- Geringe Schwankungen zwischen Varianten 2.2 – 5.1

# Netz: Innenstadt

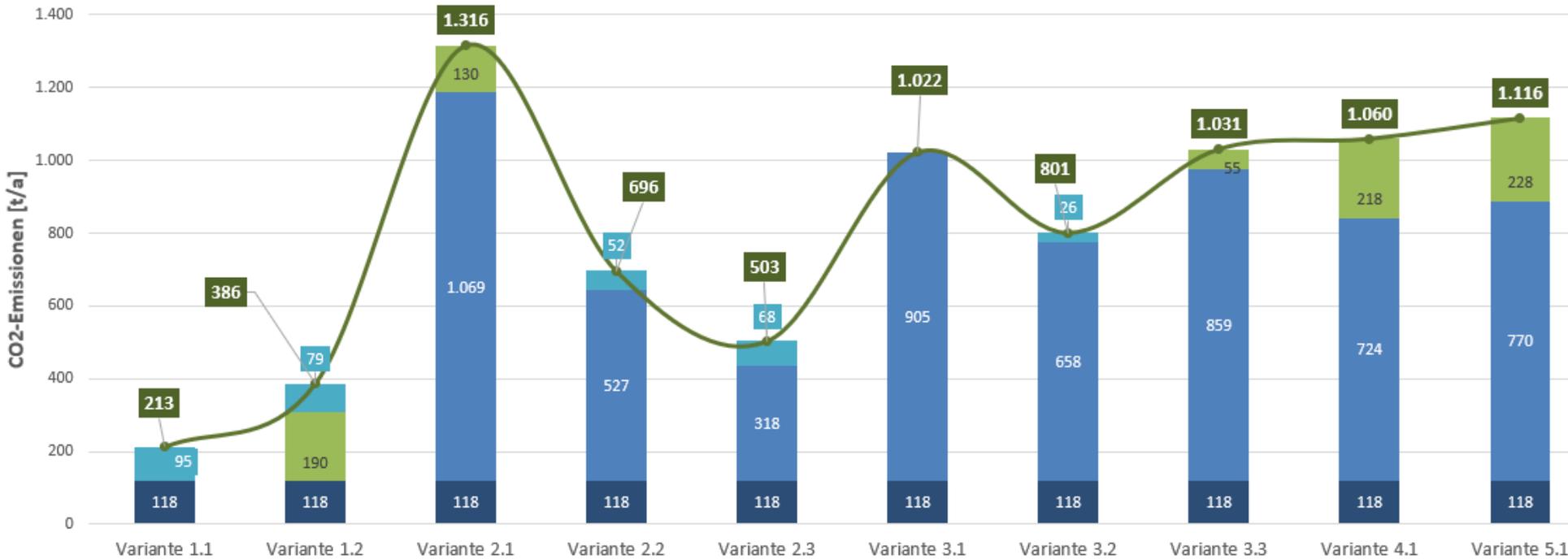
## Ergebnisse Wirtschaftlichkeit - Sensitivitätsanalyse



Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3	Variante 4.1	Variante 5.1
HHS-Kessel	HHS-Kessel	Luft-WP (bis -20 °C)	HHS-Kessel	HHS-Kessel	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP	Flusswasser WP	Luft-WP (bis +5 °C)
HHS-Kessel	HHS-Kessel	Luft-WP (bis -20 °C)	HHS-Kessel	HHS-Kessel	Grundwasser-WP	HHS-Kessel	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP
	Erdgas Kessel	Erdgas Kessel	Luft-WP (bis -5 °C)	Luft-WP (bis +5 °C)	Grundwasser-WP		Erdgas Kessel	Erdgas Kessel	Erdgas Kessel

# Netz: Innenstadt

## CO<sub>2</sub>-Bilanz – Gesamtemissionen



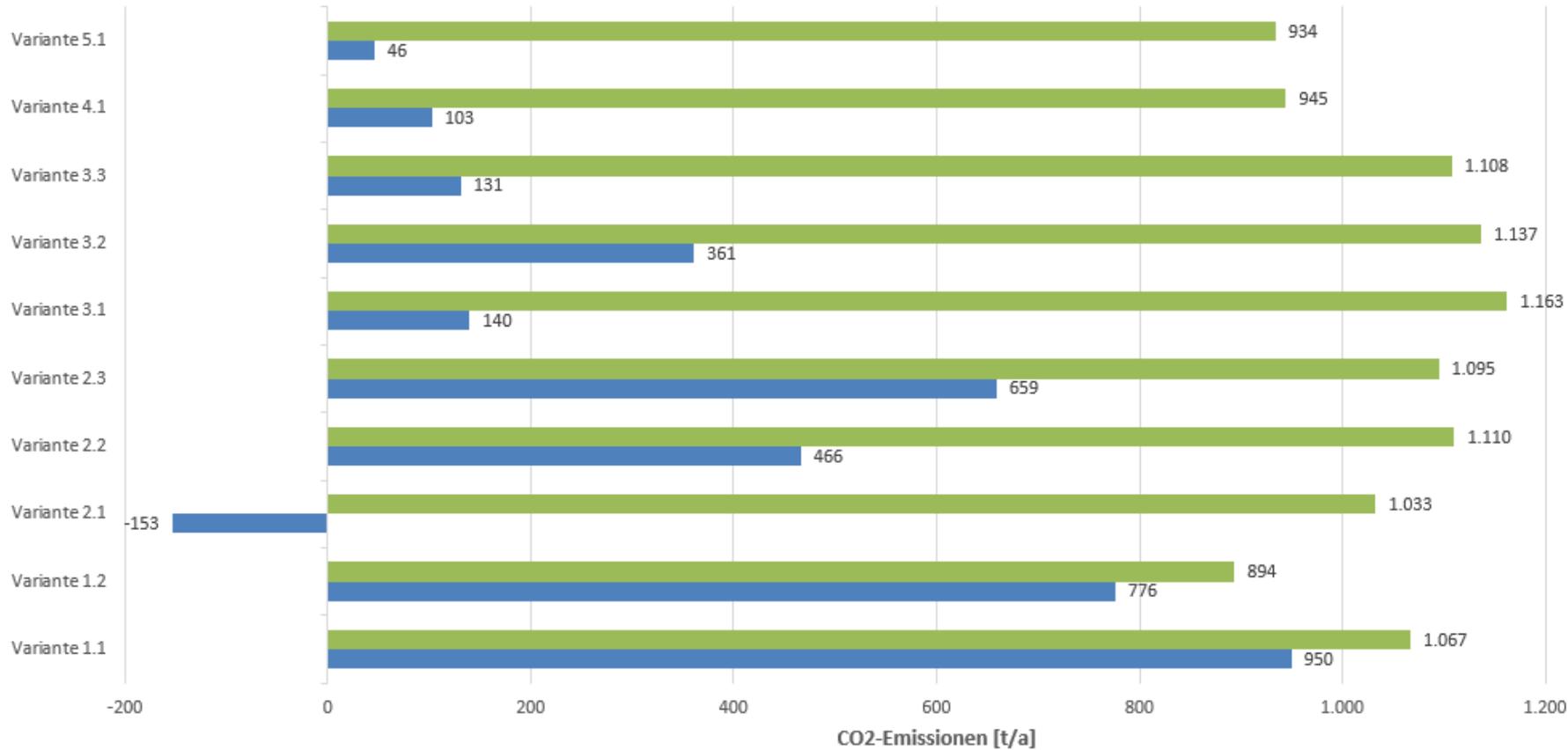
- V 1.1 ökologischste Variante gerechnet mit Bundesstrommix
- Wärmepumpenvarianten mit geringem Erdgasanteil und Ökostrombetrieb ökologisch von Vorteil

■ CO<sub>2</sub>-Ausstoß Strombezug EVU Hilfsstrom     
 ■ CO<sub>2</sub>-Ausstoß Strombezug EVU Wärmeerzeuger t/a     
 ■ CO<sub>2</sub>-Ausstoß Erdgas  
■ CO<sub>2</sub>-Ausstoß Pellets/Hackschnitzel     
 —●— CO<sub>2</sub>-Gesamt mit Bundesstrommix

Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3	Variante 4.1	Variante 5.1
HHS-Kessel	HHS-Kessel	Luft-WP (bis -20 °C)	HHS-Kessel	HHS-Kessel	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP	Flusswasser WP	Luft-WP (bis +5 °C)
HHS-Kessel	HHS-Kessel	Luft-WP (bis -20 °C)	HHS-Kessel	HHS-Kessel	Grundwasser-WP	HHS-Kessel	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP
	Erdgas Kessel	Erdgas Kessel	Luft-WP (bis -5 °C)	Luft-WP (bis +5 °C)	Grundwasser-WP		Erdgas Kessel	Erdgas Kessel	Erdgas Kessel

# Netz: Innenstadt

## CO2-Bilanz – Vergleich reine dezentrale Erdgasversorgung



- Gerechnet mit Bundesstrommix bis zu 950 t/a Einsparung ggü. reine Erdgasversorgung (V 1.1)
- Gerechnet mit Ökostrom bis zu 1.163 t/a Einsparung ggü. reine Erdgasversorgung (V.3.1)

■ CO2-Einsparung gegenüber reiner Erdgasversorgung bei Ökostrom t/a

■ CO2-Einsparung gegenüber reiner Erdgasversorgung t/a

Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3	Variante 4.1	Variante 5.1
HHS-Kessel	HHS-Kessel	Luft-WP (bis -20 °C)	HHS-Kessel	HHS-Kessel	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP	Flusswasser WP	Luft-WP (bis +5 °C)
HHS-Kessel	HHS-Kessel	Luft-WP (bis -20 °C)	HHS-Kessel	HHS-Kessel	Grundwasser-WP	HHS-Kessel	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP	Grundwasser-WP
	Erdgas Kessel	Erdgas Kessel	Luft-WP (bis -5 °C)	Luft-WP (bis +5 °C)	Grundwasser-WP		Erdgas Kessel	Erdgas Kessel	Erdgas Kessel

- **Ergebnis aus Vorkonzept: Wirtschaftlicher Betrieb eines Nahwärmeverbunds möglich**
- **Ökologisch und Ökonomisch beste Variante: reine Hackgutvariante 1.1: 2x HHS-Kessel**

Netz - WBD: **1.270 kWh/m a**

WGK: **16,4 Cent/kWh** mit Förderung

CO<sub>2</sub>: **213 t/a** (- 950 t/a ggü. reiner Erdgasversorgung)

- **Bei weiterer Verfolgung des Projekts:**

→ Start in die BEW – Projektphase | Förderantrag Modul 1, um Förderung zu erhalten

- Erstellung BEW – Machbarkeitsstudie: Schärfung der technisch – und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen
- Erarbeitung Betreibermodell: ggf. Contractor
- Weiterführende Planungen Richtung Umsetzung

# 1. Netz: Innenstadt

## 2. Netz: Gewerbegebiet

- I. Festlegung Gebietsumgriff
- II. Standort Heizzentrale
- III. Thermische Jahresdauerlinie (JDL)
- IV. Netzdimensionierung
- V. Energieversorgungsvarianten
- VI. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- VII. CO<sub>2</sub>-Bilanz
- VIII. Fazit und Ausblick

## Betrachtung Unternehmen im Gewerbegebiet

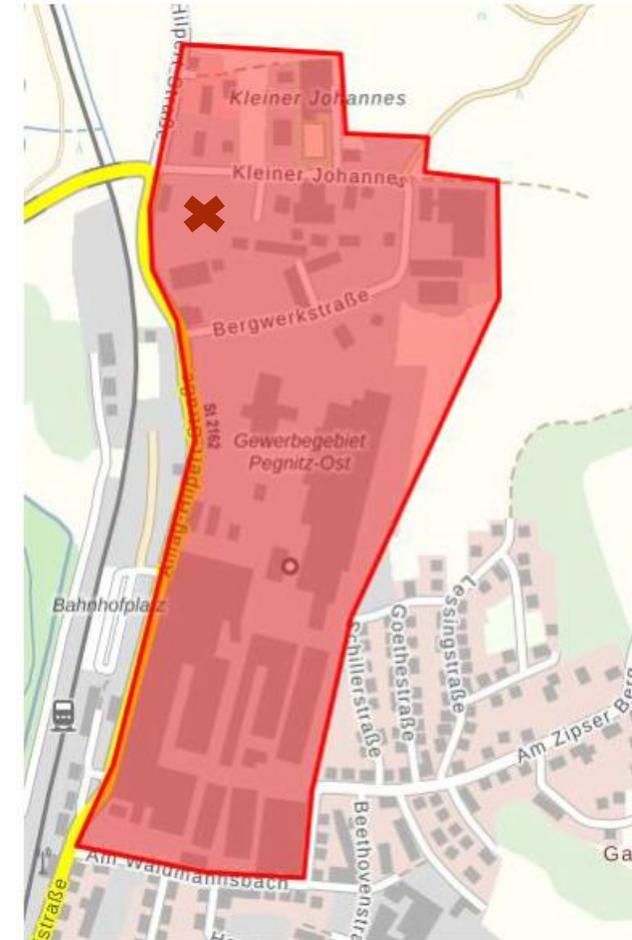
- Gebietserweiterung Zipser Berg und Ortelsteil Buchau nicht sinnvoll
- Größter Abnehmer kein Interesse
- 2 Firmen haben Abwärmepotenzial -> nicht genauer definiert

Konkret umfasst das Betrachtungsgebiet die folgenden Straßenzüge:

- Kleiner Johannes
  - Bergwerkstraße
  - Amag-Hilpert-Straße (teilweise)
- 
- **Umfrageaktion April 2023**
    - Potenzielle Abnehmer: 5 Stück
    - Interessenten: 4 Stück
    - Nicht Interessiert: 1 Stück

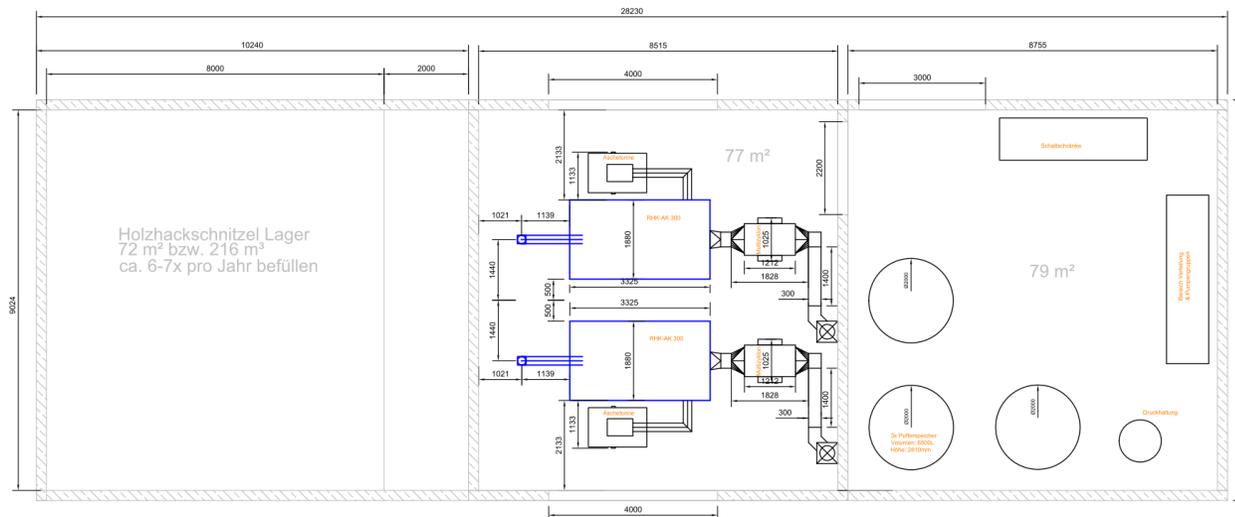
Anteil Energieträger im Ist-Zustand*	
Erdgas	94%
Heizöl	6%

\*Bezogen auf den Angaben aller Rückläufer



## Flächenbedarf für Heizzentrale und Brennstoffbunker – Reine Hackschnitzelvariante 1.1

- Fläche Heizzentrale: 156 m<sup>2</sup>
- Fläche Brennstoffbunker: 72 m<sup>2</sup>



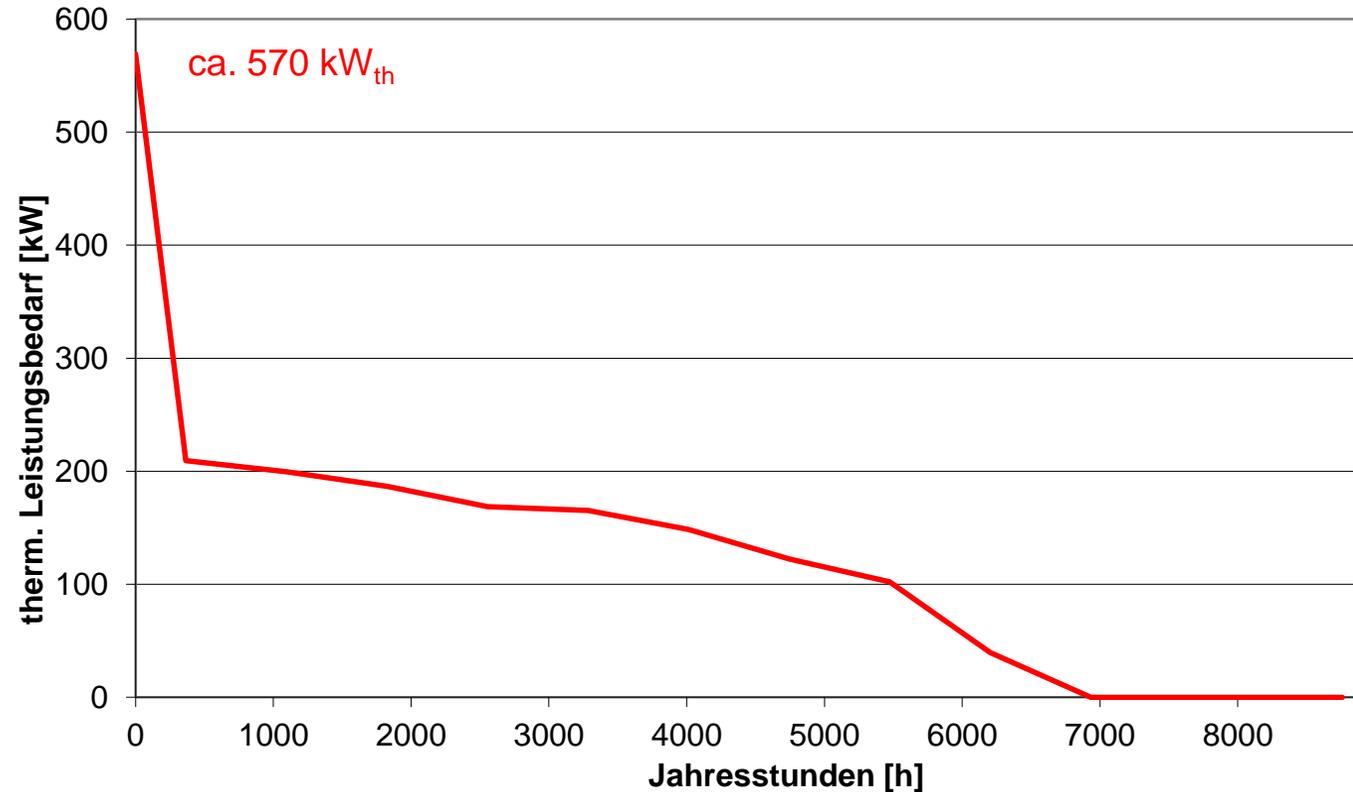
## Leistungsbedarf im Verbund

### Anpassung Berechnungsansatz:

- Basis: Verbrauchs – und Wetterdaten aus 2022

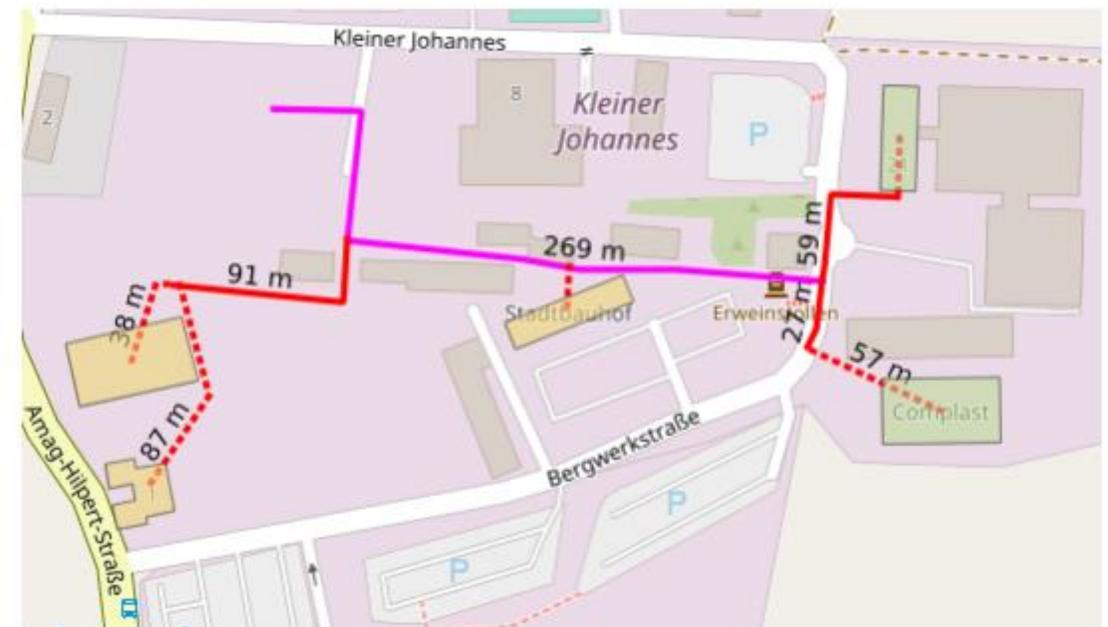
Erwartete Spitzenlast im Wärmeverbund **ca. 570 kW<sub>th</sub>**

Nur Raumwärme keine WW-Bereitstellung  
(Netzbetrieb September – Mai)



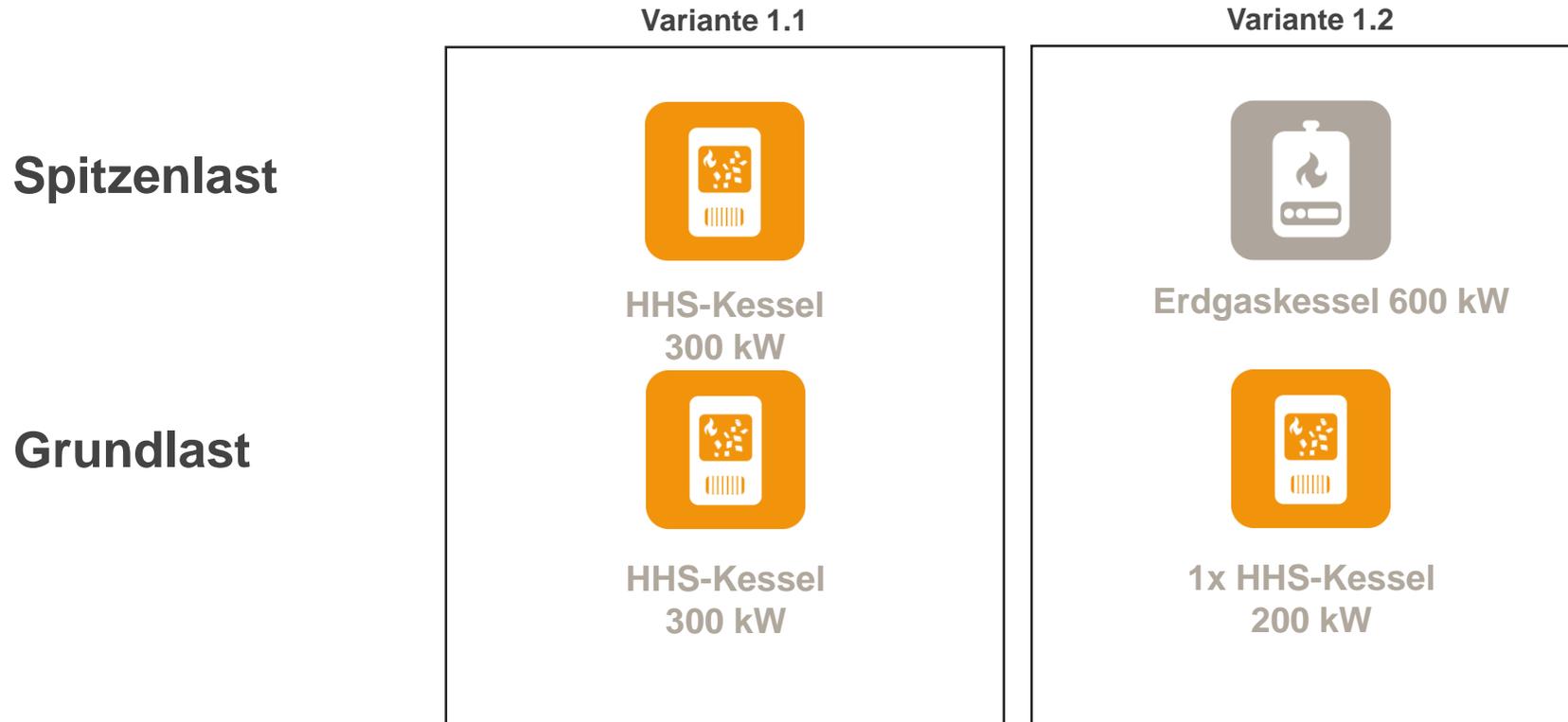
## Gebietsumgriff kleiner Johannes

Kenndaten Wärmenetz und Trassenverlauf	
Anzahl Abnehmer	5 Stück
Trassenlänge inkl. Hausanschlüsse	670 m
Wärmebedarf der Abnehmer*	950.000 kWh <sub>th</sub> /a
Benötigte Heizleistung*	570 kW <sub>th</sub>
<b>Wärmebelegungsichte</b>	<b>1.420 kWh<sub>th</sub>/(m*a)</b>
Vorlauf – und Rücklauftemperaturen	80°C / 60°C
Wärmeverluste	26.500 kWh <sub>th</sub> /a ( $\cong$ 3 %)

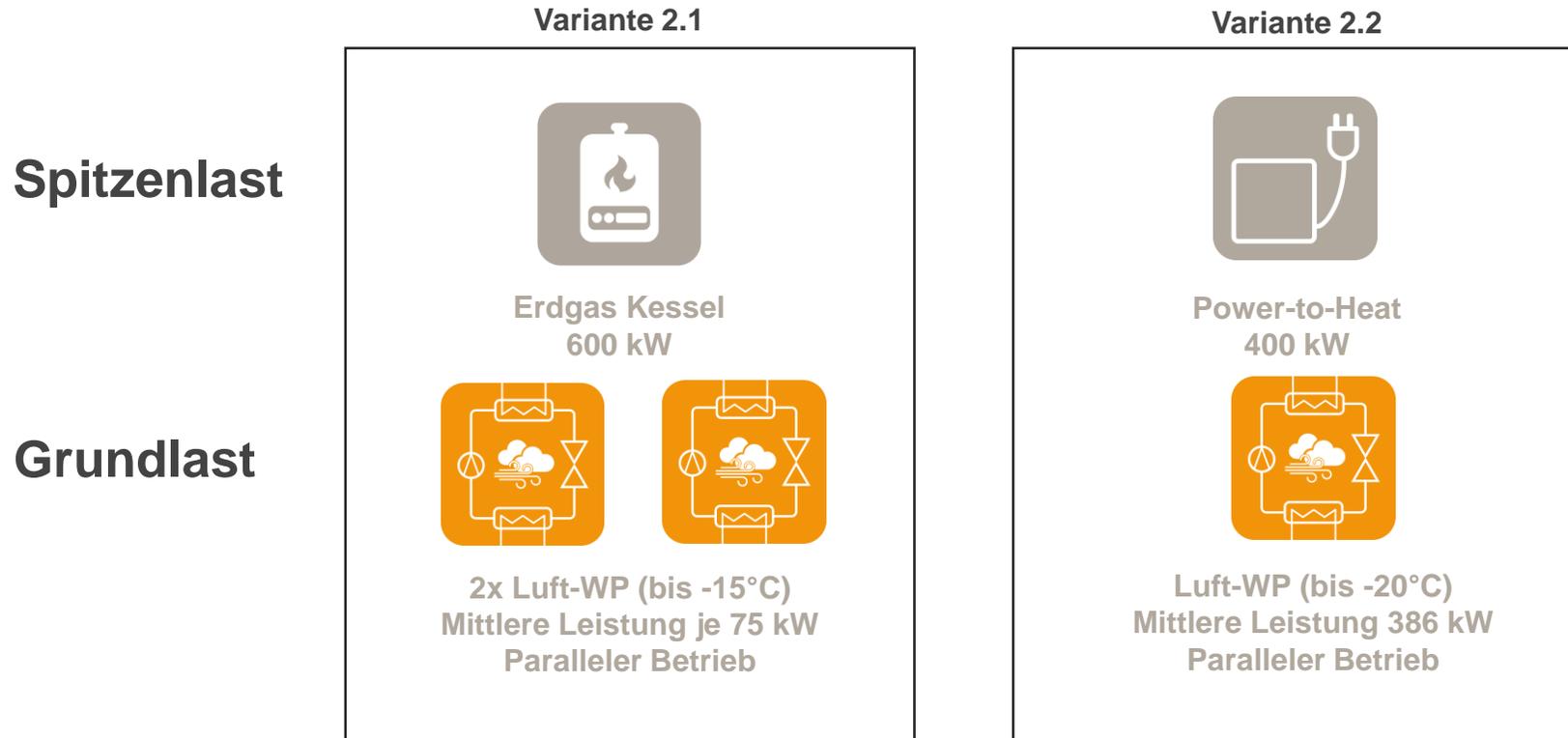


Es wurden sechs Varianten genauer betrachtet:

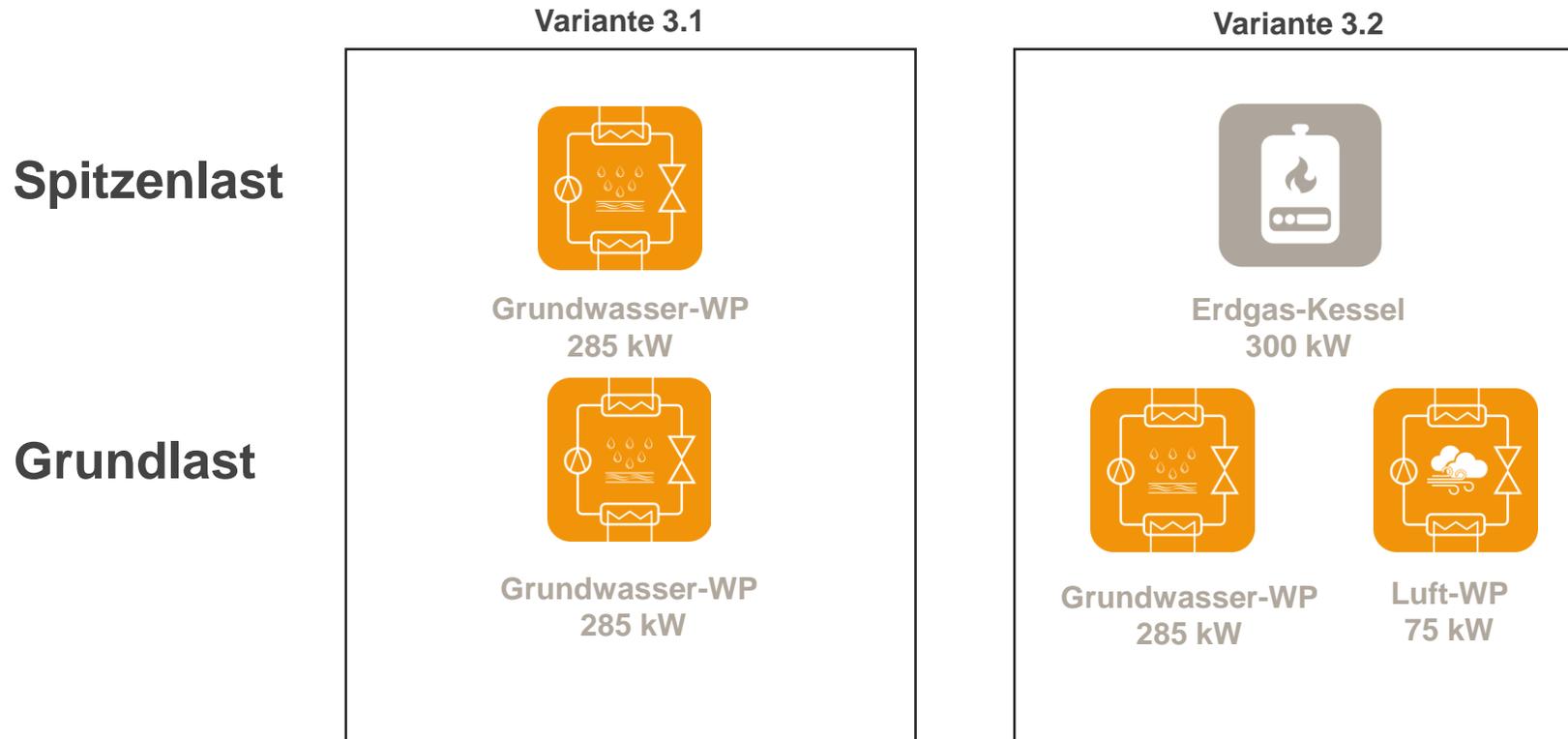
Varianten 1 mit Biomasse:

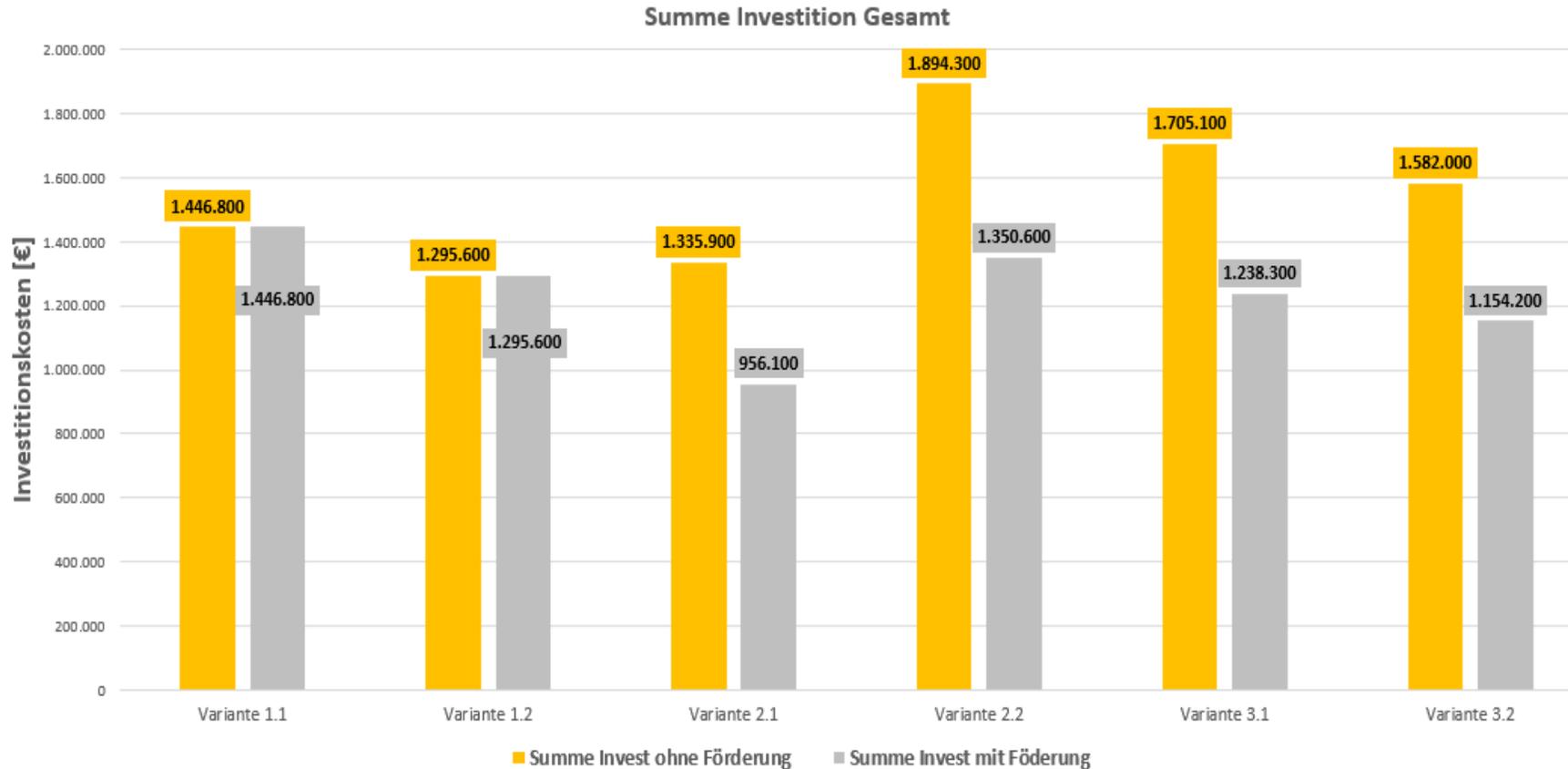


## Varianten 2 mit Luft-Wärmepumpen:



## Varianten 3 mit Grundwasser-Wärmepumpen:





Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 3.1	Variante 3.2
Hackschnitzelkessel 1	Hackschnitzelkessel 1	Luft-WP 1	Luft WP 1	Grundwasser-WP 1	Luft WP 1
Hackschnitzelkessel 2	Erdgaskessel 1	Luft-WP 2	Power to Heat	Grundwasser-WP 2	GrundwasserWP
		Erdgaskessel	0		Erdgaskessel

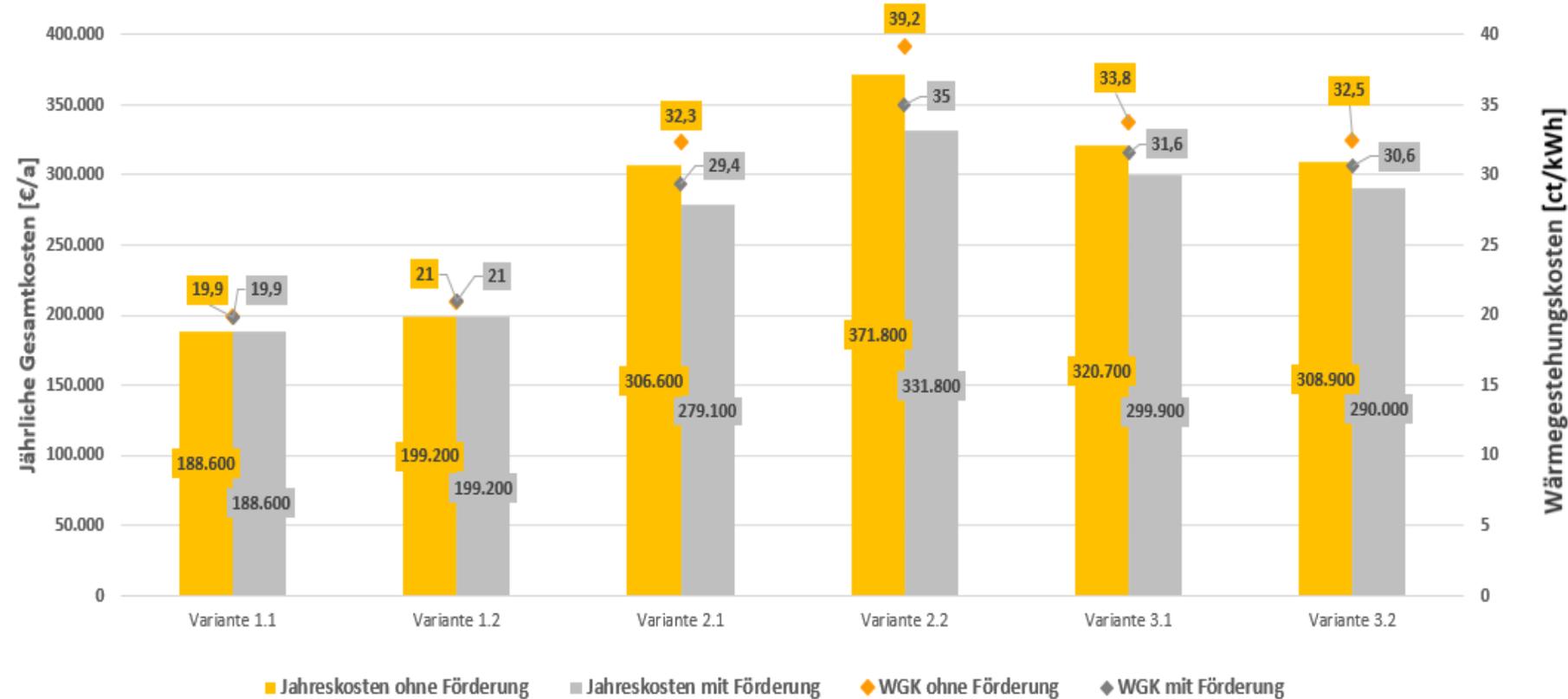
### BEG-Förderprogramm verwendet:

- Da kleiner 16 Gebäude!
  - Novelliert zum 1.1.24
  - Variante 1.1 und 1.2 jetzt förderfähig
- Geringste Investkosten V.2.1 Luft-WP mit Erdgaskessel (gute Förderquoten / Stand 2023)
  - Höchste Investkosten V.1.1 reine Hackgutvariante (hohe Kapitalkosten, Stand 2023 keine BEG-Fördermöglichkeit)

# Netz: Gewerbegebiet

Ergebnisse Wirtschaftlichkeit | Jahresgesamt – und Wärmegestehungskosten

Jahresgesamtkosten Wärme

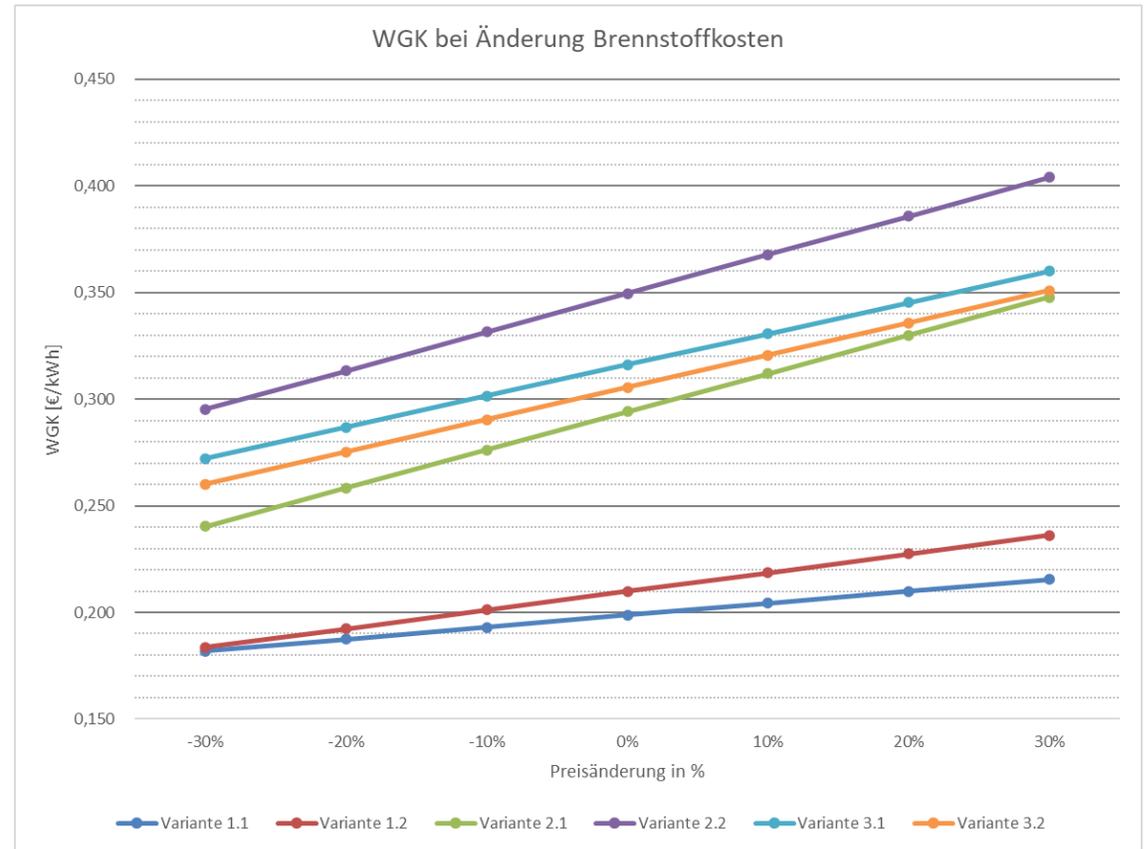
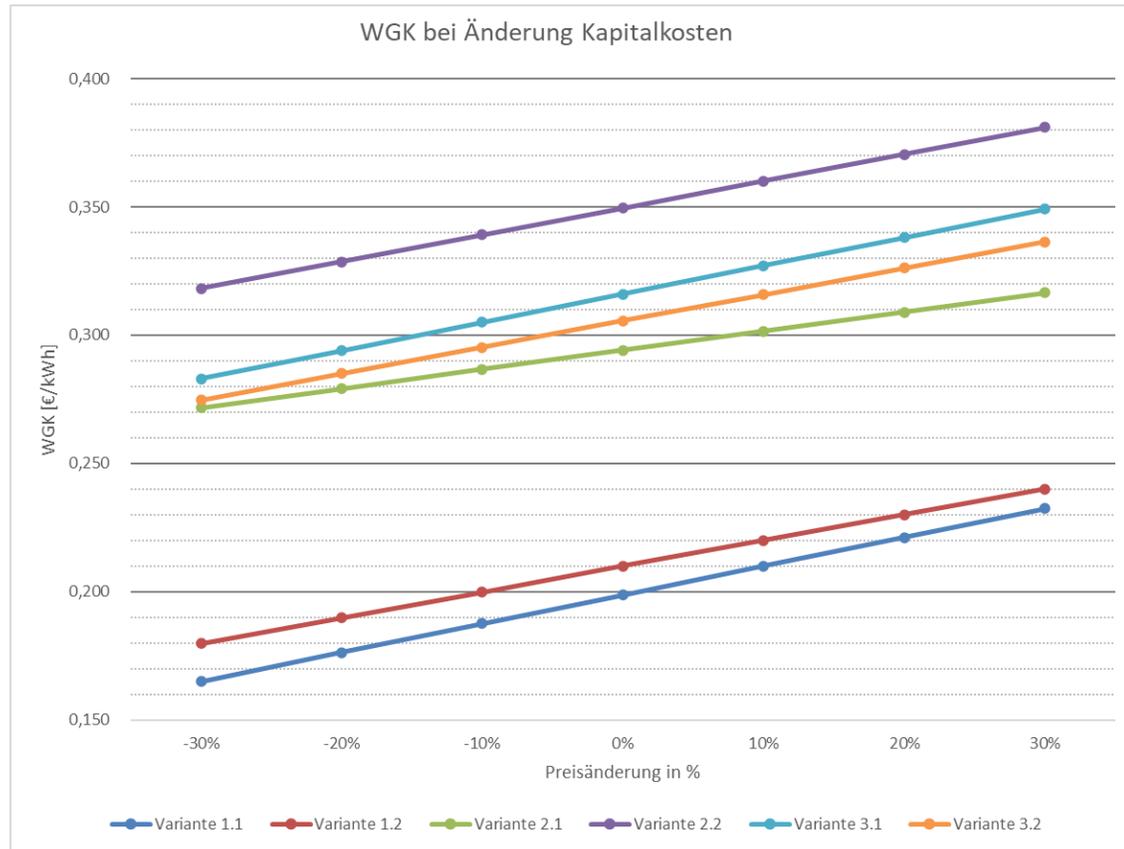


- Reine Hackgutvariante 1.1 weist günstigste WGK auf (Variante 1.2 nahezu gleich)
- Kombi Luft-WP und PtH-kessel Variante 2.2 am teuersten (hohe Kapitalkosten)
- Geringe Schwankungen zwischen Varianten 2.1, 3.1 und 3.2

Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 3.1	Variante 3.2
Hackschnitzelkessel 1	Hackschnitzelkessel 1	Luft-WP 1	Luft WP 1	Grundwasser-WP 1	Luft WP 1
Hackschnitzelkessel 2	Erdgaskessel 1	Luft-WP 2	Power to Heat	Grundwasser-WP 2	GrundwasserWP
		Erdgaskessel	0		Erdgaskessel

# Netz: Gewerbegebiet

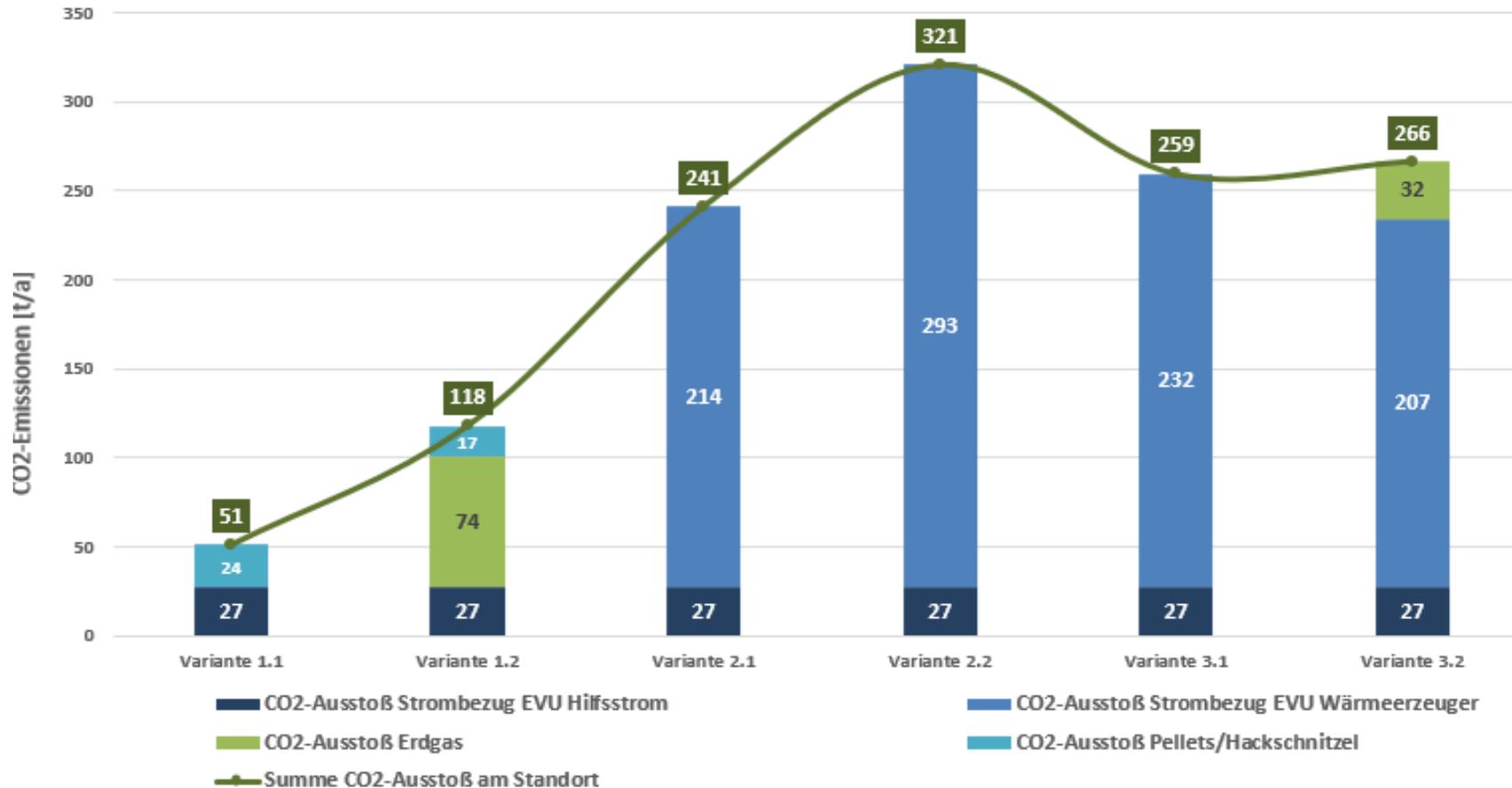
## Ergebnisse Wirtschaftlichkeit - Sensitivitätsanalyse



Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 3.1	Variante 3.2
Hackschnitzelkessel 1	Hackschnitzelkessel 1	Luft-WP 1	Luft WP 1	Grundwasser-WP 1	Luft WP 1
Hackschnitzelkessel 2	Erdgaskessel 1	Luft-WP 2	Power to Heat	Grundwasser-WP 2	GrundwasserWP
		Erdgaskessel	0		Erdgaskessel

# Netz: Gewerbegebiet

## CO2-Bilanz - Gesamtemissionen

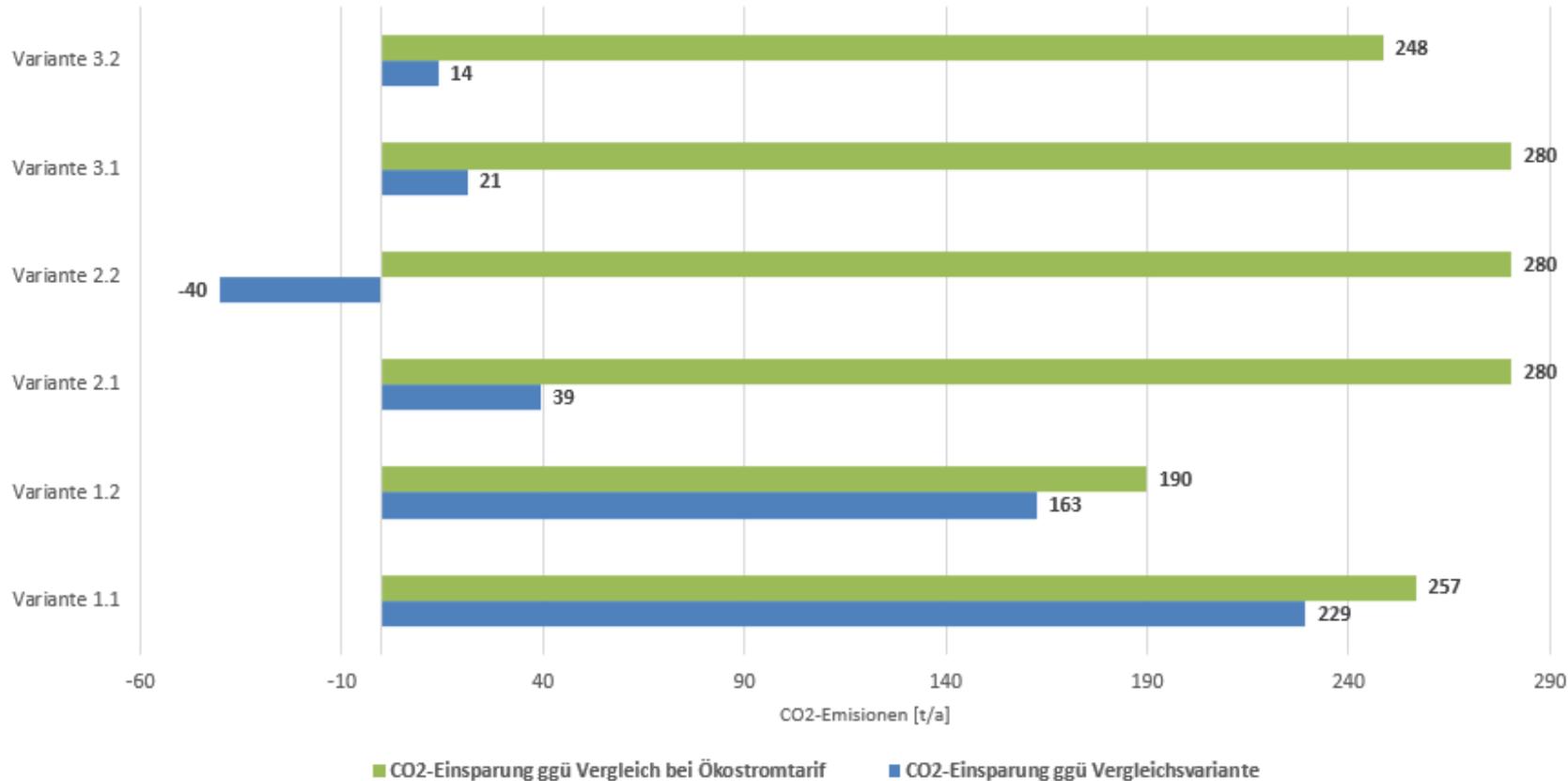


- V 1.1 ökologischste Variante gerechnet mit Bundesstrommix
- Wärmepumpenvarianten mit geringem Erdgasanteil und Ökostrombetrieb ökologisch von Vorteil

Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 3.1	Variante 3.2
Hackschnitzelkessel 1	Hackschnitzelkessel 1	Luft-WP 1	Luft WP 1	Grundwasser-WP 1	Luft WP 1
Hackschnitzelkessel 2	Erdgaskessel 1	Luft-WP 2	Power to Heat	Grundwasser-WP 2	GrundwasserWP
		Erdgaskessel	0		Erdgaskessel

# Netz: Gewerbegebiet

## CO2-Bilanz - Vergleich reine dezentrale Erdgasversorgung



- Gerechnet mit Bundesstrommix bis zu 229 t/a Einsparung ggü. reiner Erdgasversorgung (V 1.1)
- Gerechnet mit Ökostrom bis zu 280 t/a Einsparung ggü. reine Erdgasversorgung (V.2.1, V 2.2, V 3.1)

Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 3.1	Variante 3.2
Hackschnitzelkessel 1	Hackschnitzelkessel 1	Luft-WP 1	Luft WP 1	Grundwasser-WP 1	Luft WP 1
Hackschnitzelkessel 2	Erdgaskessel 1	Luft-WP 2	Power to Heat	Grundwasser-WP 2	GrundwasserWP
		Erdgaskessel	0		Erdgaskessel

- **Ergebnis aus Vorkonzept: Mit Rahmenbedingungen aus 2023 nur bedingt wirtschaftlich!**

- **Ökologisch und Ökonomisch beste Variante: reine Hackgutvariante 1.1: 2x HHS-Kessel**

Netz - WBD: **1.420 kWh/m a**

WGK: **19,9 Cent/kWh**

CO<sub>2</sub>: **51 t/a** (-230 t/a ggü. reiner Erdgasversorgung)

- **Mögliche weitere Vorgehensweise:**

→ Festlegung, ob kleines Gewerbenetz weiter verfolgt werden soll

→ Stadt agiert als Wärmeversorger (Ausfallsicherheit gewährleisten!) oder Contractinglösung

→ Alternativ: Dezentrale Wärmeversorgung des Bauhofs ohne Anbindung weiterer Abnehmer

→ Umsetzung durch Stadt Pegnitz oder ebenfalls Contractinglösung möglich

→ Update der Förderbedingungen (Stand 2024) -> Senkung der Wärmegestehungskosten

# 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)

