

Teil-Energienutzungsplan

Im Auftrag des Landkreises Erlangen-Höchstadt

Gemeinde Bubenreuth (Bauhof inkl. Gebietsumgriff)

Gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

1. Bauhof Bubenreuth

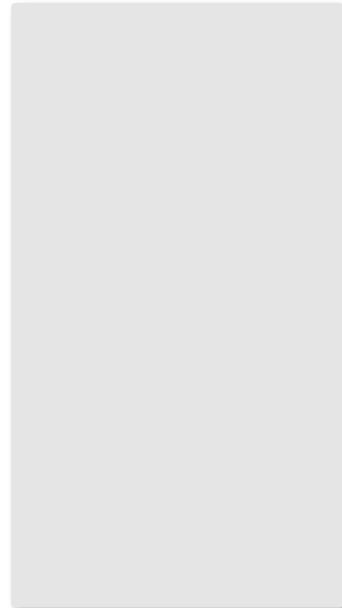
- a. Bestandsaufnahme
- b. Sanierungsoptionen
- c. Energieversorgung
- d. Zusammenfassung

2. Nahwärmeverbund im Gebietsumgriff

- a. Bestandsaufnahme
- b. Energieversorgung
- c. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (VDI 2067)
- d. CO₂-Bilanz
- e. Zusammenfassung

3. Dezentrale Energieversorgung

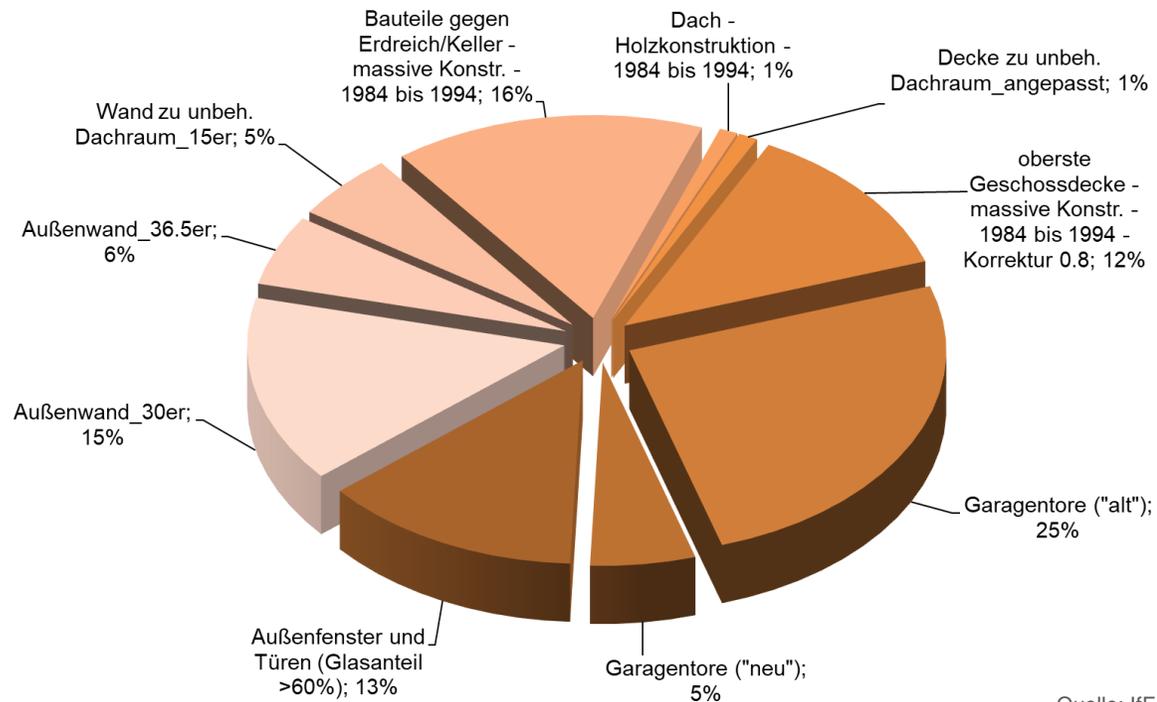
4. Zusammenfassung / Ausblick



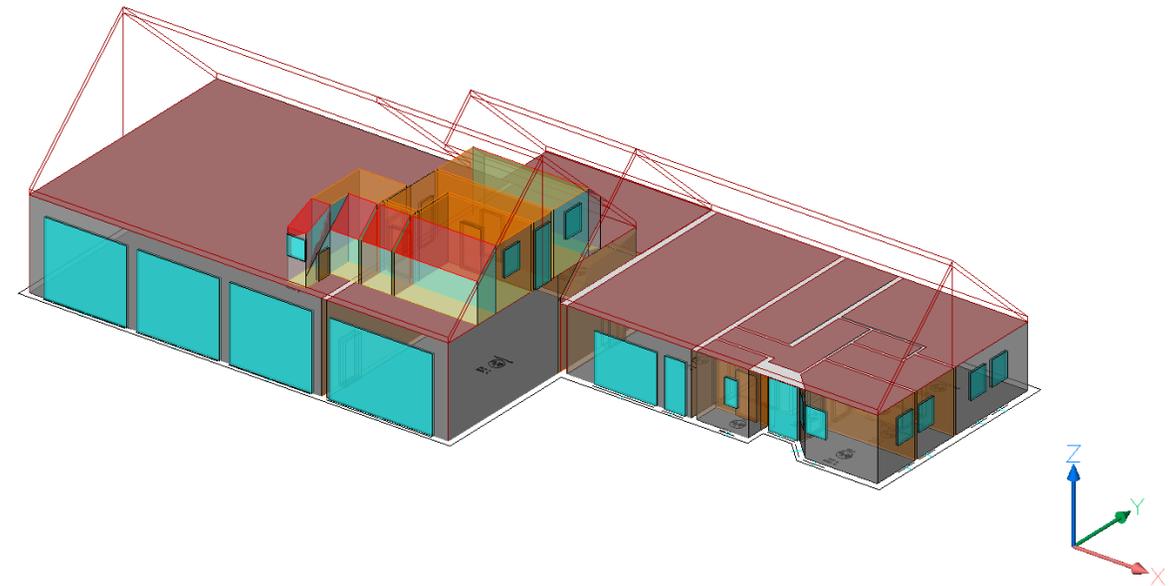
Gebäudehülle

Energetische Sanierung
Beheizte Nutzfläche
U-Werte

Teilweise Austausch Garagentore / keine
ca. 463 m²
nach Baujahr (1988) / Bauteilaufbau



Quelle: IfE – Sven Schuller



Ansicht aus Nord-Ost
Quelle: IfE – Sven Schuller

Gesamtenergiebedarf Bauhof – Hauptgebäude

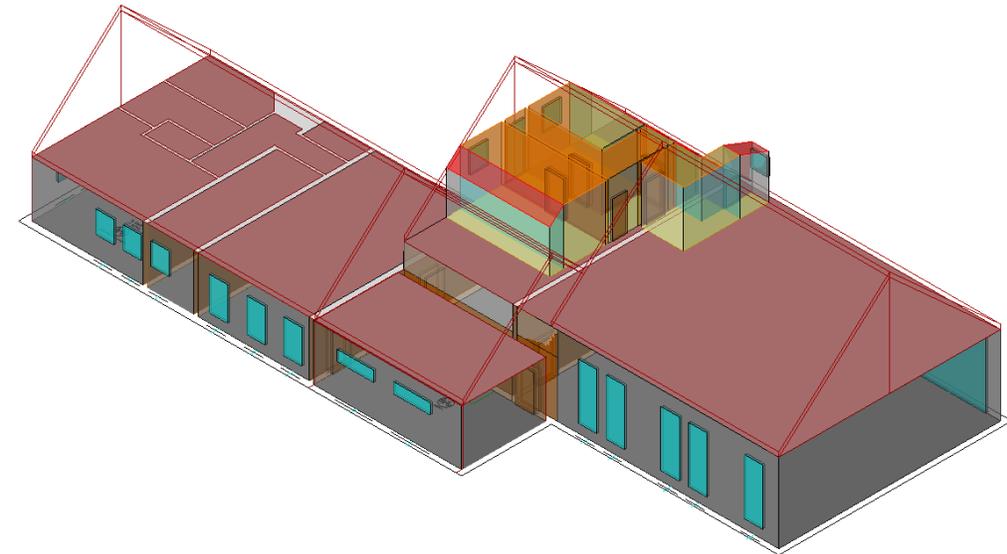
Gesamtwärmeverbrauch im IST-Zustand (Ø 2014 – 2018)

→ ca. **69.200** kWh_{th}/a

Stromverbrauch im IST-Zustand (Ø 2014 – 2018)

→ ca. **4.700** kWh_{el}/a

→ Alle weiteren Berechnungen zum **Sanierungspotenzial** und zur Betrachtung einer künftigen **Energieversorgung** beziehen sich auf diese Werte.



Ansicht aus Süd-West
Quelle: IfE – Sven Schuller

1. Bauhof Bubenreuth

- a. Bestandsaufnahme
- b. Sanierungsoptionen**
- c. Energieversorgung
- d. Zusammenfassung

2. Nahwärmeverbund im Gebietsumgriff

- a. Bestandsaufnahme
- b. Energieversorgung
- c. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (VDI 2067)
- d. CO₂-Bilanz
- e. Zusammenfassung

3. Dezentrale Energieversorgung

4. Zusammenfassung / Ausblick

Aktuelle Anforderungen

- Vorgaben der EnEV (Energieeinsparverordnung)
 - In Form von fest vorgegebenen Werten (z. B. Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert))
- Vorgaben der KfW (Sanierung zum Effizienzgebäude)
 - KfW-EG 100; KfW-EG 70 = Unterschreitung der Vorgaben aus der EnEV für die Parameter Primärenergiebedarf und mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten
- Vorgaben des EEWärmeG (Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz)
 - In Form von zu erfüllenden Mindestanteilen zur Nutzung regenerativer Energien oder entsprechenden „Ersatzmaßnahmen“ (z. B. höhere Dämmung, Lüftungsanlage)

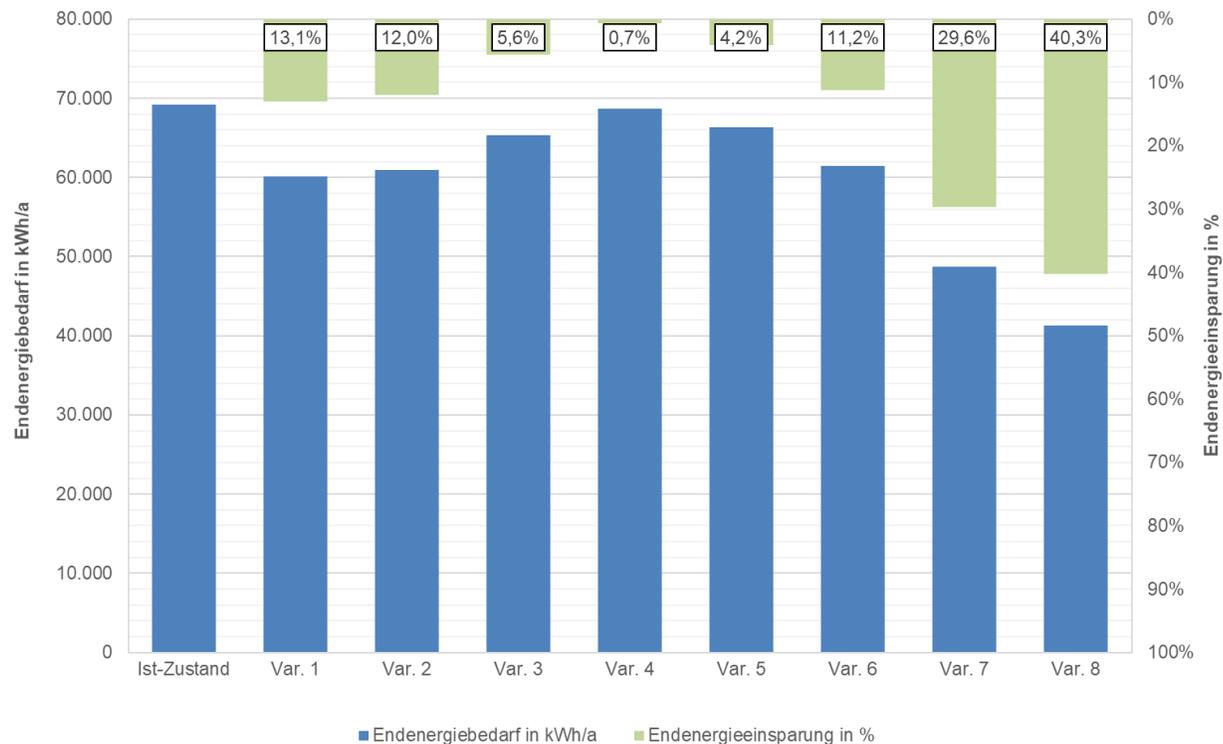
Kombination folgender Maßnahmen wurde für eine mögliche **Gesamtsanierung** geprüft

- Erneuerung der „alten“ Garagentore
- Austausch der Fenster und Türen (3-fach-Wärmeschutzverglasung; Türen im OG gedämmt)
- Dämmung der obersten Geschossdecken
- Dämmung der Wände zum unbeheizten Dachraum im OG
- Dämmung der Außenwände mittels Wärmedämmverbundsystem (WDVS)
- Austausch der Heizungsanlage (nachfolgendes Kapitel)

→ Daraus hervorgehend verschiedene Kombinationen zur Gesamtsanierung

→ **ZIEL:** KfW-Effizienzgebäude unter Nutzung regenerativer Energien

Rechnerische Energieeinsparung



- Variante 7 – Gesamtanierung: Var. 1 – Var. 5 (ohne WDVS)
- Variante 8 – Gesamtanierung: Var. 1 – Var. 6 (inkl. WDVS)

Variante 0	Ist-Zustand
Variante 1	Garagentore
Variante 2	Dämmung OGD
Variante 3	Austausch Außenfenster und Türen
Variante 4	Dämmung OGD-OG
Variante 5	Dämmung Wände OG
Variante 6	Außenwände WDVS
Variante 7	Gesamtanierung ohne WDVS
Variante 8	Gesamtanierung mit WDVS

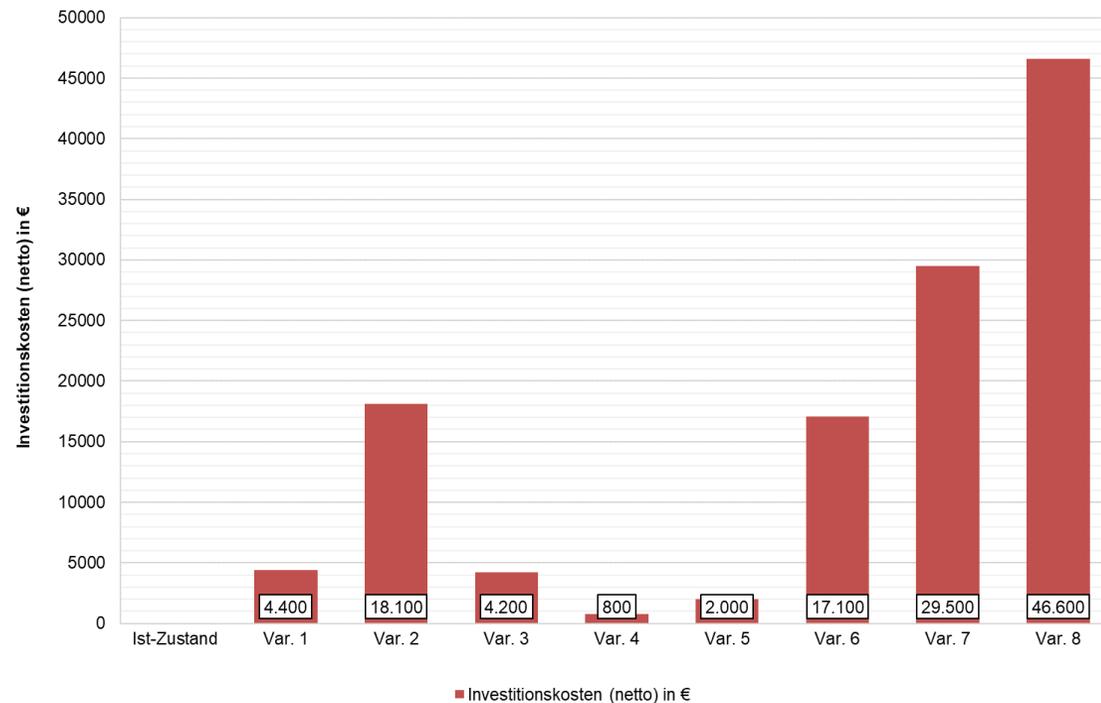
**Gesamtanierung in zwei Optionen
(Variante 7 & 8)**

In Summe ergibt sich ein mögliches Einsparpotenzial von **bis zu (30) 40 %** bezogen auf den rechnerischen Endenergiebedarf.

Wirtschaftlichkeit – Marktdurchschnittspreise – **energiebedingte Mehrkosten (netto)**

Fenster und Türen (Glasanteil > 60%)	50 €/m ²
Neue Industrietoranlagen	100 €/m ²
Türen im OG	750 €/m ²
Fassadendämmung (14 cm WDVS)	60 €/m ²
Oberste Geschossdecke (begehbar)	50 €/m ²
Oberste Geschossdecke (nicht begehbar)	20 €/m ²
Dämmung von Wänden zu Abseiten / unbeh. Dachraum	25 €/m ²
Brennstoffkosten (Heizöl-Preis) IST-Zustand	6 Cent/kWh _{th}
Brennstoffkosten (Heizöl-Preis) Hochpreis	8 Cent/kWh _{th}

Prognostizierte Investitionskosten – energiebedingte Mehrkosten



→ Ohne Berücksichtigung etwaiger Fördermittel
(im Einzelfall zu prüfen)

Variante 0	Ist-Zustand
Variante 1	Garagentore
Variante 2	Dämmung OGD
Variante 3	Austausch Außenfenster und Türen
Variante 4	Dämmung OGD-OG
Variante 5	Dämmung Wände OG
Variante 6	Außenwände WDVS
Variante 7	Gesamtsanierung ohne WDVS
Variante 8	Gesamtsanierung mit WDVS

**Gesamtsanierung in zwei Optionen
(Variante 7 & 8)**

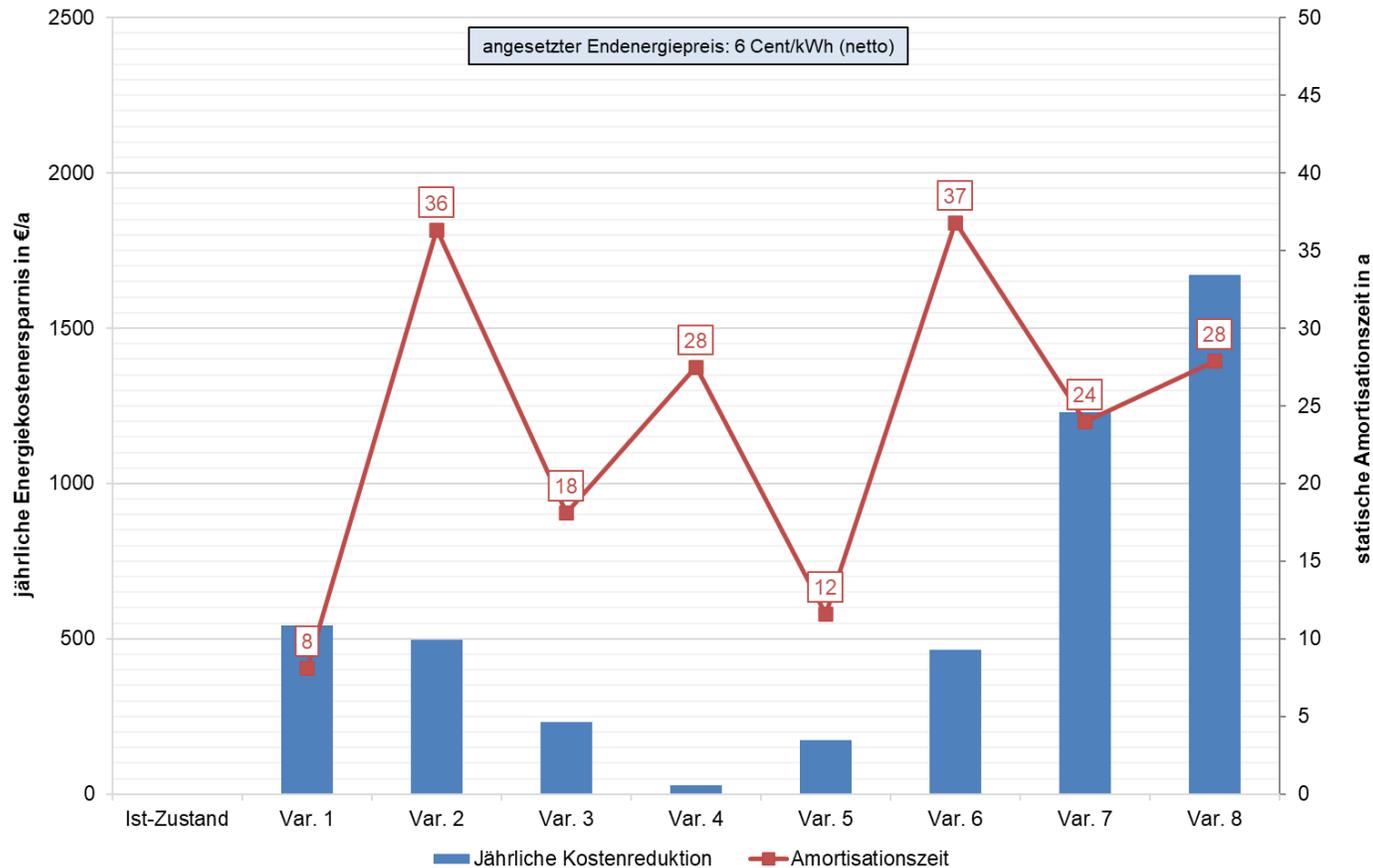
→ Variante 7 – Gesamtsanierung: Var. 1 – Var. 5 (ohne WDVS)

→ Variante 8 – Gesamtsanierung: Var. 1 – Var. 6 (inkl. WDVS)

Kesseltausch (Erneuerung Wärmeerzeuger)

→ **Separate Betrachtung folgendes Kapitel**

Energiekosteneinsparung – Statische Amortisation (energiebed. Mehrkosten)



→ **Ohne Berücksichtigung etwaiger Fördermittel**
 (im Einzelfall zu prüfen)

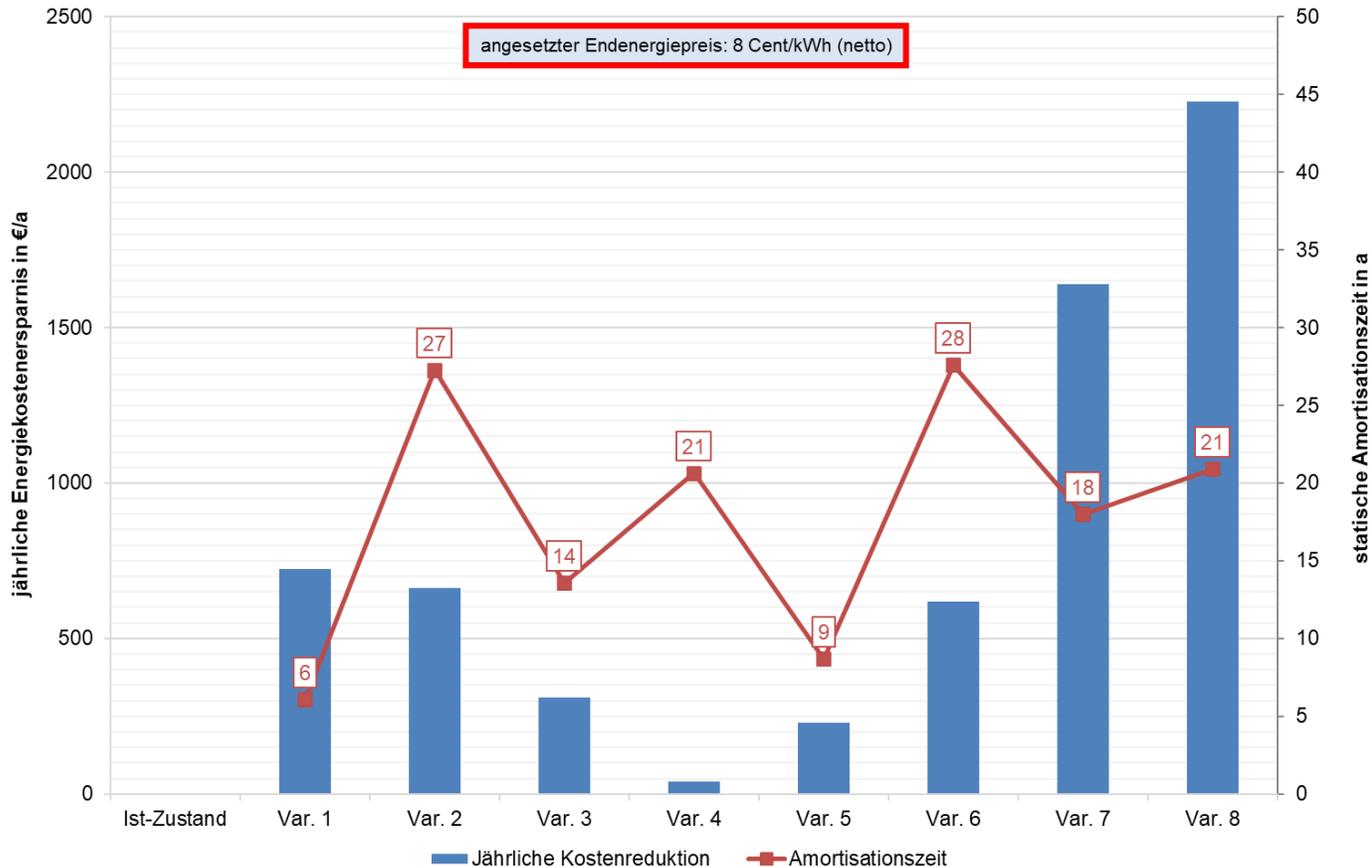
Variante 0	Ist-Zustand
Variante 1	Garagentore
Variante 2	Dämmung OGD
Variante 3	Austausch Außenfenster und Türen
Variante 4	Dämmung OGD-OG
Variante 5	Dämmung Wände OG
Variante 6	Außenwände WDVS
Variante 7	Gesamtsanierung ohne WDVS
Variante 8	Gesamtsanierung mit WDVS

Gesamtsanierung in zwei Optionen
(Variante 7 & 8)

Kesseltausch (Erneuerung Wärmeerzeuger)

→ **Separate Betrachtung folgendes Kapitel**

Energiekosteneinsparung – Statische Amortisation (energiebed. Mehrkosten) – **Hochpreis**



→ **Ohne Berücksichtigung etwaiger Fördermittel**
 (im Einzelfall zu prüfen)

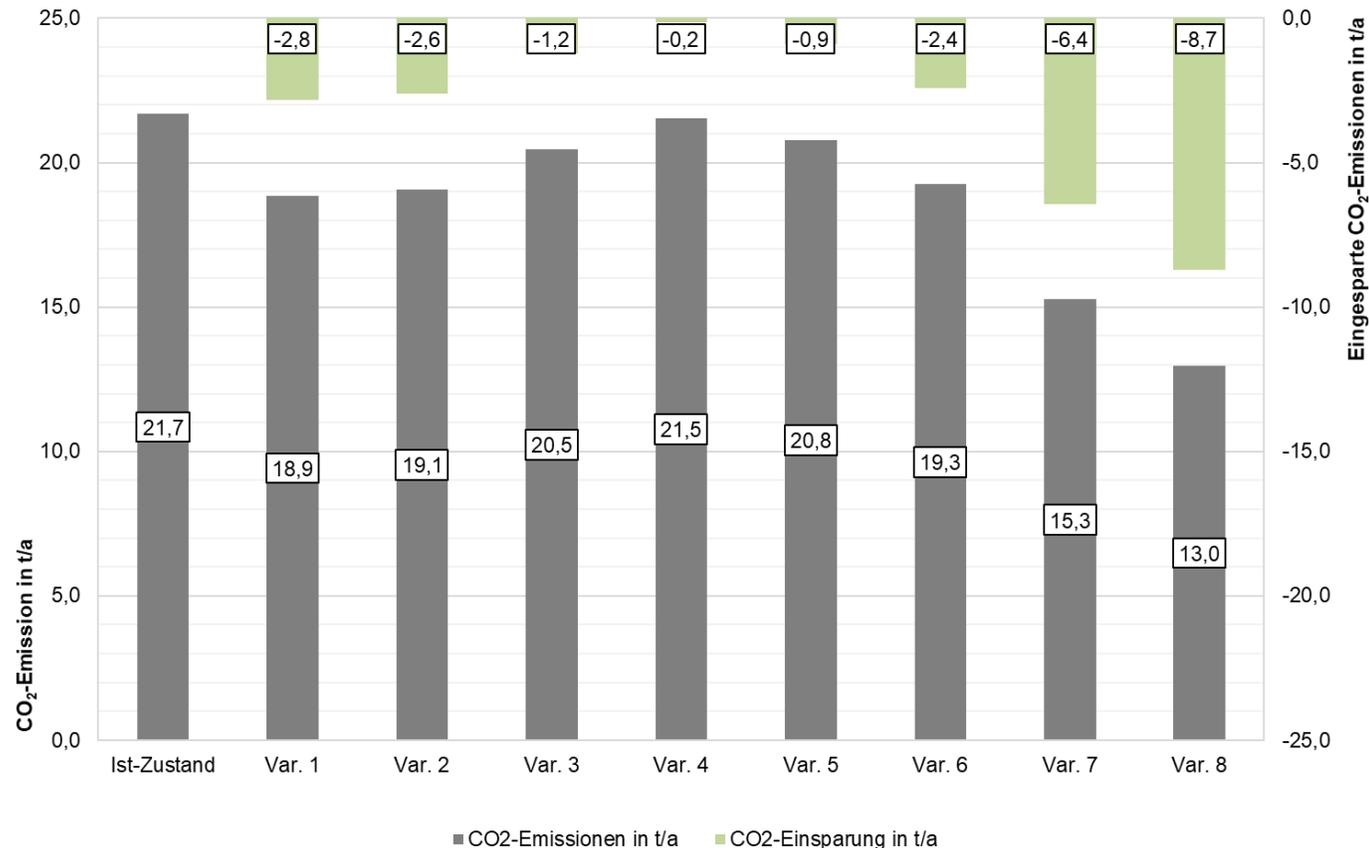
Variante 0	Ist-Zustand
Variante 1	Garagentore
Variante 2	Dämmung OGD
Variante 3	Austausch Außenfenster und Türen
Variante 4	Dämmung OGD-OG
Variante 5	Dämmung Wände OG
Variante 6	Außenwände WDVS
Variante 7	Gesamtsanierung ohne WDVS
Variante 8	Gesamtsanierung mit WDVS

Gesamtsanierung in zwei Optionen
(Variante 7 & 8)

Kesseltausch (Erneuerung Wärmeerzeuger)

→ **Separate Betrachtung folgendes Kapitel**

CO₂-Einsparpotenzial nach Sanierungsvariante / Bauteil



Variante 0	Ist-Zustand
Variante 1	Garagentore
Variante 2	Dämmung OGD
Variante 3	Austausch Außenfenster und Türen
Variante 4	Dämmung OGD-OG
Variante 5	Dämmung Wände OG
Variante 6	Außenwände WDVS
Variante 7	Gesamtsanierung ohne WDVS
Variante 8	Gesamtsanierung mit WDVS

**Gesamtsanierung in zwei Optionen
(Variante 7 & 8)**

Kesseltausch (Erneuerung Wärmeerzeuger)

→ Separate Betrachtung folgendes Kapitel

1. Bauhof Bubenreuth

- a. Bestandsaufnahme
- b. Sanierungsoptionen
- c. Energieversorgung**
- d. Zusammenfassung

2. Nahwärmeverbund im Gebietsumgriff

- a. Bestandsaufnahme
- b. Energieversorgung
- c. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (VDI 2067)
- d. CO₂-Bilanz
- e. Zusammenfassung

3. Dezentrale Energieversorgung

4. Zusammenfassung / Ausblick

Künftiger Gesamtenergiebedarf zur Wärmebereitstellung:

- Wärmeverbrauch **IST**
Ø 69.200 kWh_{th}/a
spez. ca. 149 kWh_{th}/(m²*a)
- **Wärmebedarf SANIERT***
Ø 48.700 kWh_{th}/a (→ ca. – 30%)
spez. ≈105 kWh_{th}/(m²*a)

Gesamtverbrauch an elektrischer Energie:

- Stromverbrauch bleibt gleich
Ø 4.700 kWh_{el}/a

*Einsparpotenzial bei Gesamtanierung (Var. 7) rechnerisch bis zu 30% - Heizlastberechnung empfehlenswert / entsprechende Anpassungen nötig



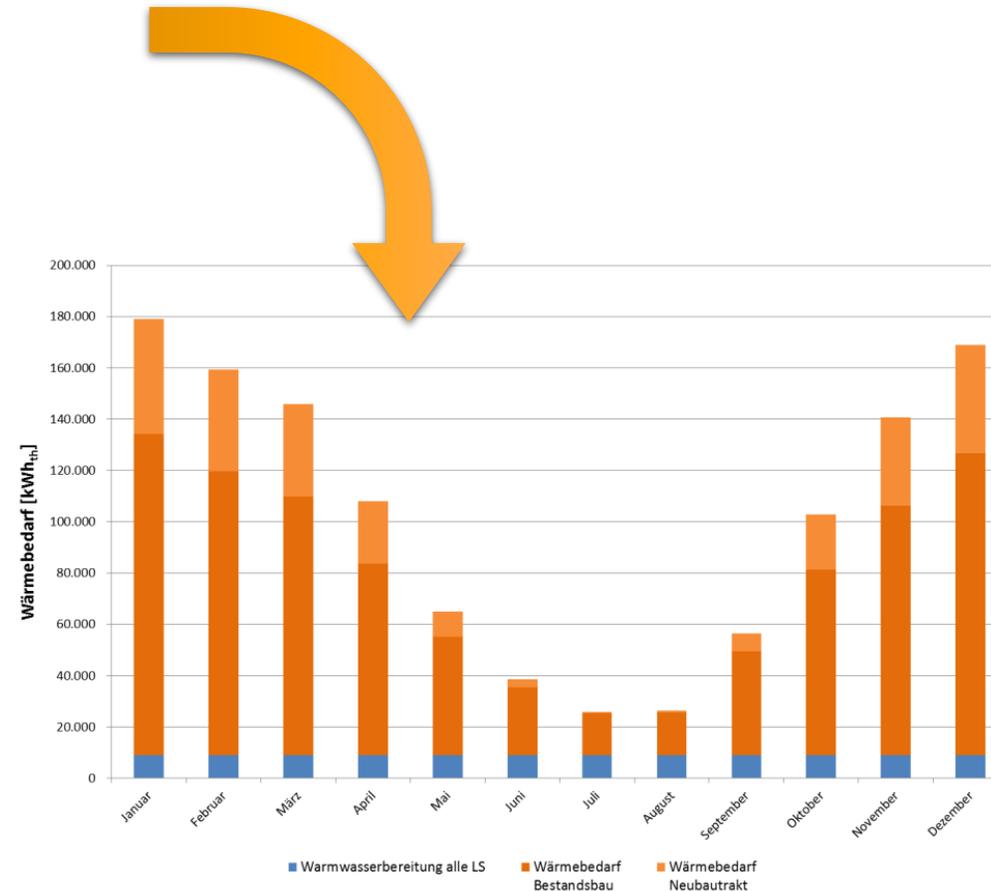
Quelle: IfE GmbH – Sven Schuller

Verteilung der benötigten Wärmeenergie über die Monate eines Jahres anhand der Gradtagszahlen des dt. Wetterdienstes.

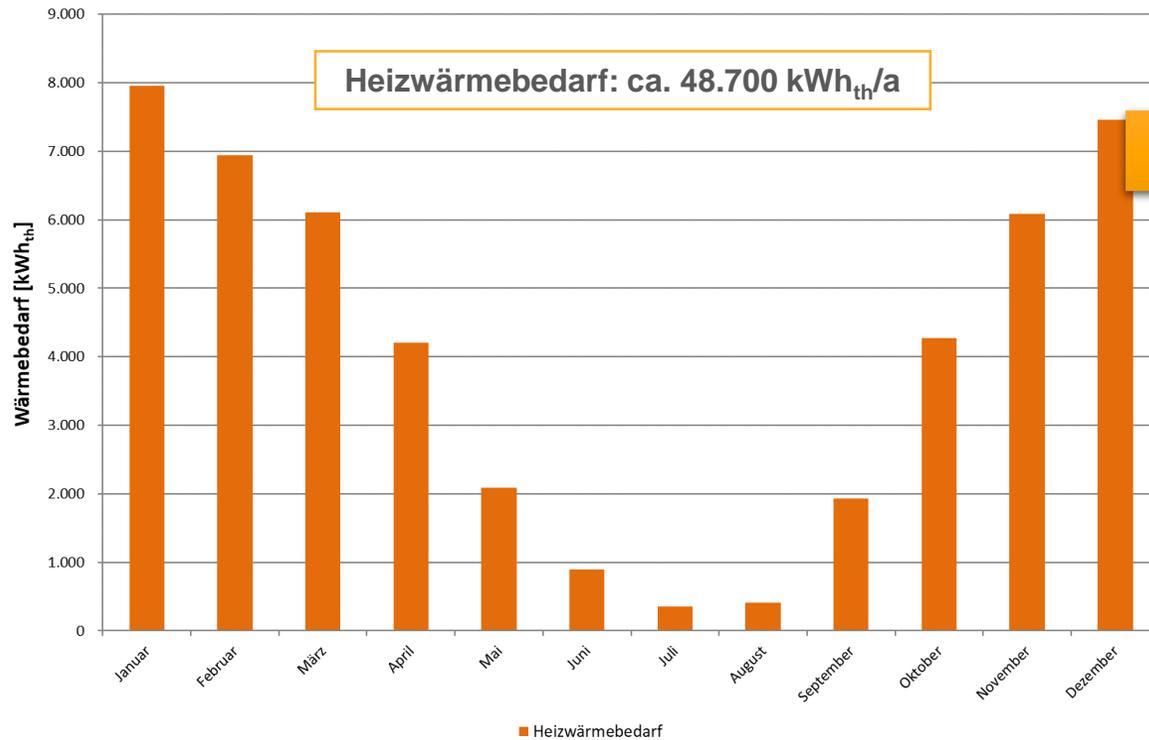
Auf Grundlage der genannten Zahlen zum zukünftigen Wärmebedarf in der Liegenschaft wird im Anschluss mittels der sogenannten Gradtagmethode auf den monatlichen Heizwärmebedarf rückgerechnet.

Diese zu Grunde gelegten „Gradtagzahlen“ werden vom Deutschen Wetterdienst seit 1970 für verschiedene Standorte in Deutschland aufgezeichnet und ausgewertet.

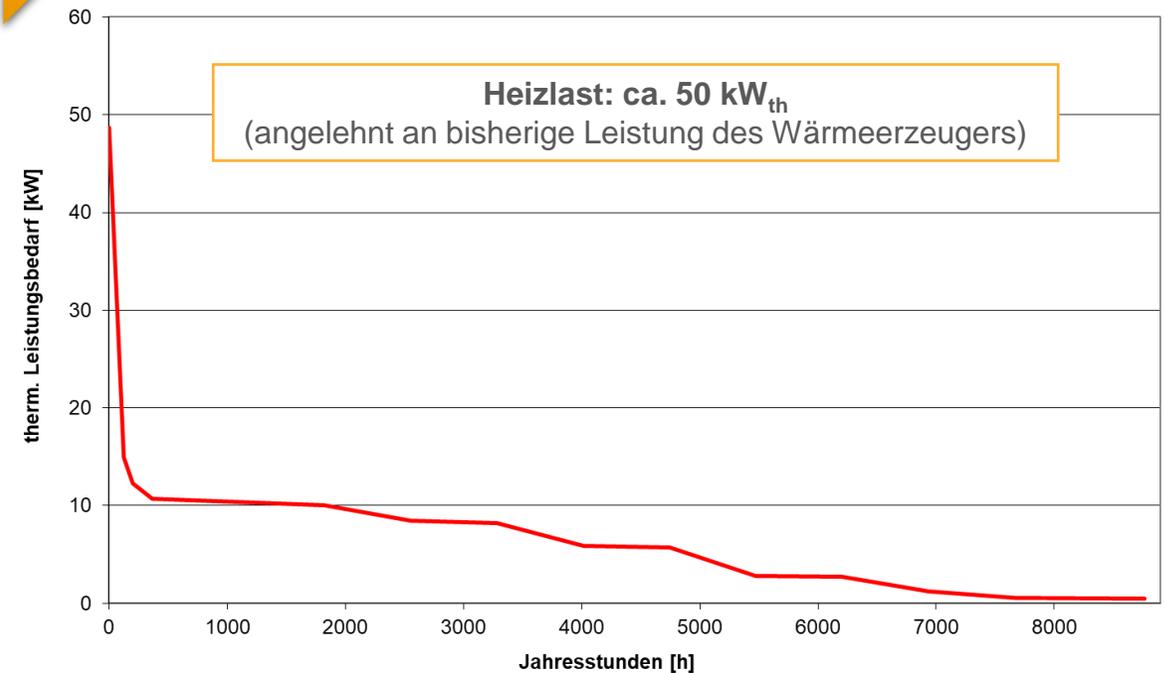
Mit Hilfe der Gradtagzahlen kann auf die Monatswerte zurückgeschlossen und so der monatliche Verlauf des Heizwärmebedarfs für die zu betrachtende Liegenschaft erstellt werden.



Wärmebedarf der Liegenschaft über das Jahr hinweg mit anschließender Heizlastabschätzung



Heizlastabschätzung auf Basis der Heizgradtage / Bestand



Energieversorgungsvarianten

- Variante 1.0: Heizölbrennwertkessel*
(Erneuerung der aktuellen Wärmeerzeugung als Referenz)
- Variante 1.1: Erdgasbrennwertkessel*
- Variante 1.2: Pelletkessel

Wärmepumpen nicht sinnvoll einsetzbar – Temperaturniveau Heizkreise (z. B. Warmluftheizung Garagen)

Hackgutkessel entfällt – ggf. größere Umbauten am Gebäude nötig (Platzbedarf; Lagerhaltung) → Betrachtung über Nahwärmeverbund

Einbindung Solarthermie entfällt – WW-Deckung dezentral; Wärmebedarf im Sommer sehr niedrig

Einbindung KWK-Lösung entfällt – Strombedarf in der Liegenschaft sehr niedrig; Wärmebedarf im Sommer sehr niedrig

*Einhaltung EnEV / EEWärmeG durch die Wärmeversorgung bei Gebäudesanierung u. U. möglich;
Detailbetrachtung auf Basis der angedachten (Teil-)Sanierungsschritte wird empfohlen

Wirtschaftlichkeitsberechnung (VDI 2067)

- Bezugsjahr ist 2020; Betrachtungszeitraum 20 Jahre
- Lineare Abschreibung über 20 Jahre
- Alle Preise sind Nettopreise
- Der kalkulatorische Zinssatz für Fremdkapital beträgt konstant 2,0 %
- Die Brennstoffkosten bleiben im Betrachtungszeitraum konstant, Preisänderungen werden gesondert über eine Sensitivitätsbetrachtung erfasst
- Berücksichtigung der sog. „CO₂-Abgabe“ als mittlerer Preis in Höhe von 55 €/t_{CO2} (fossile Energieträger HEL/Erdgas)
- Beispielhaft erfolgt die Darstellung der Wärmegestehungskosten im „Hochpreisszenario HEL“
- Kostenfaktoren sind an die in der VDI 2067 hinterlegten Richtwerte angelehnt (z. B. Bedienzeiten, Faktoren für Wartung und Instandhaltung etc.)

Energiekosten

Nettopreise

- Heizöl: 45,7 Cent/Liter
(Ø 5 Jahre; Destatis)
- Erdgas: 5,4 Cent/kWh_{Hi}*
(Ø 5 Jahre; Destatis)
- Pellets: 214 Euro/t
(Ø 5 Jahre; CARMEN.eV; Heizwert >5 kWh_{Hi}*/kg)
- Allgemeinstrom: 23,7 Cent/kWh_{el}
(Aktuelle Durchschnittspreise)

Hochpreisszenario:

76,3 Cent/Liter

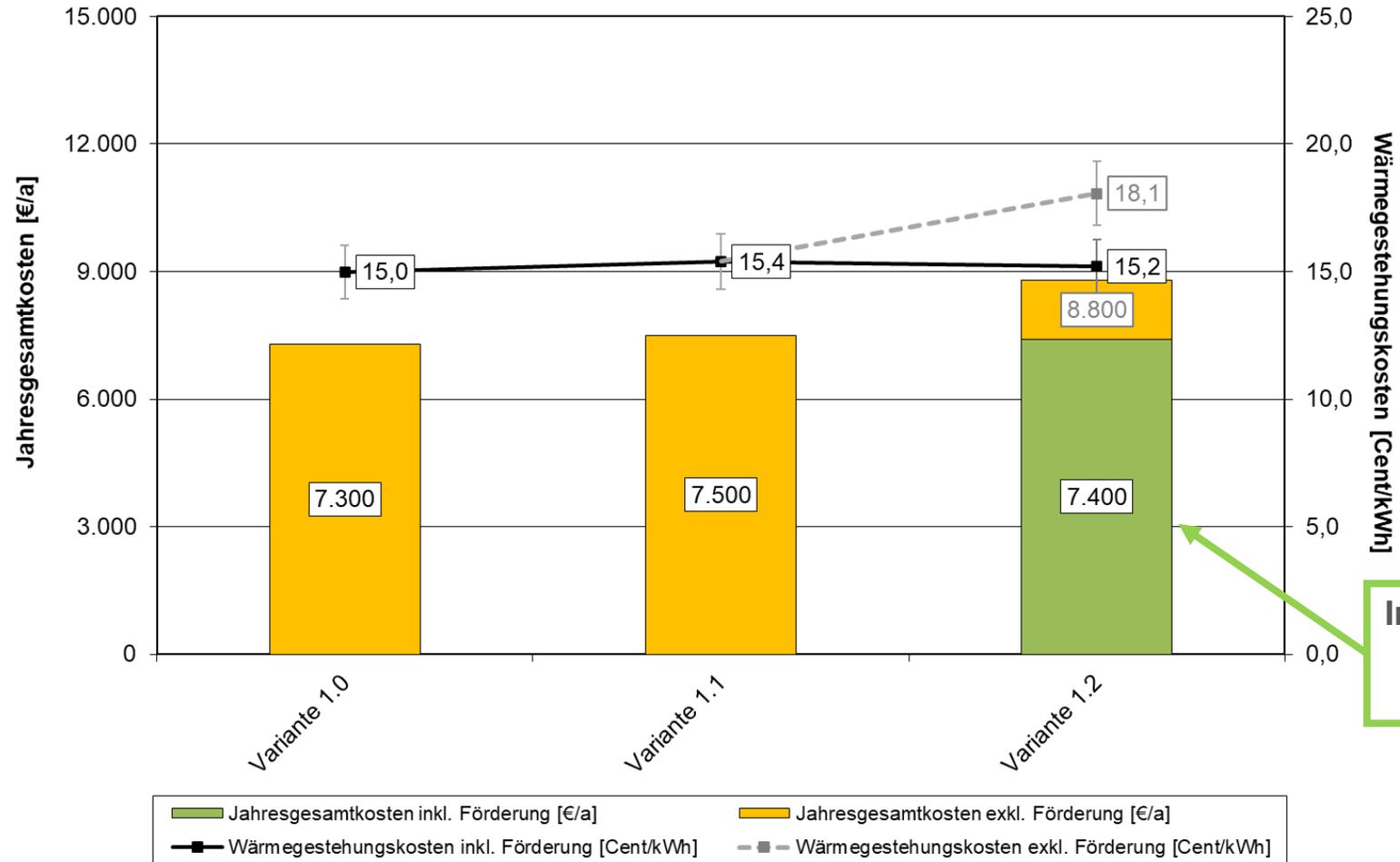
(max. Preis HEL)

= 4,3 Cent/kWh_{Hi}*

*H_i: Heizwert

Bauhof Bubenreuth – Energieversorgung

Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten



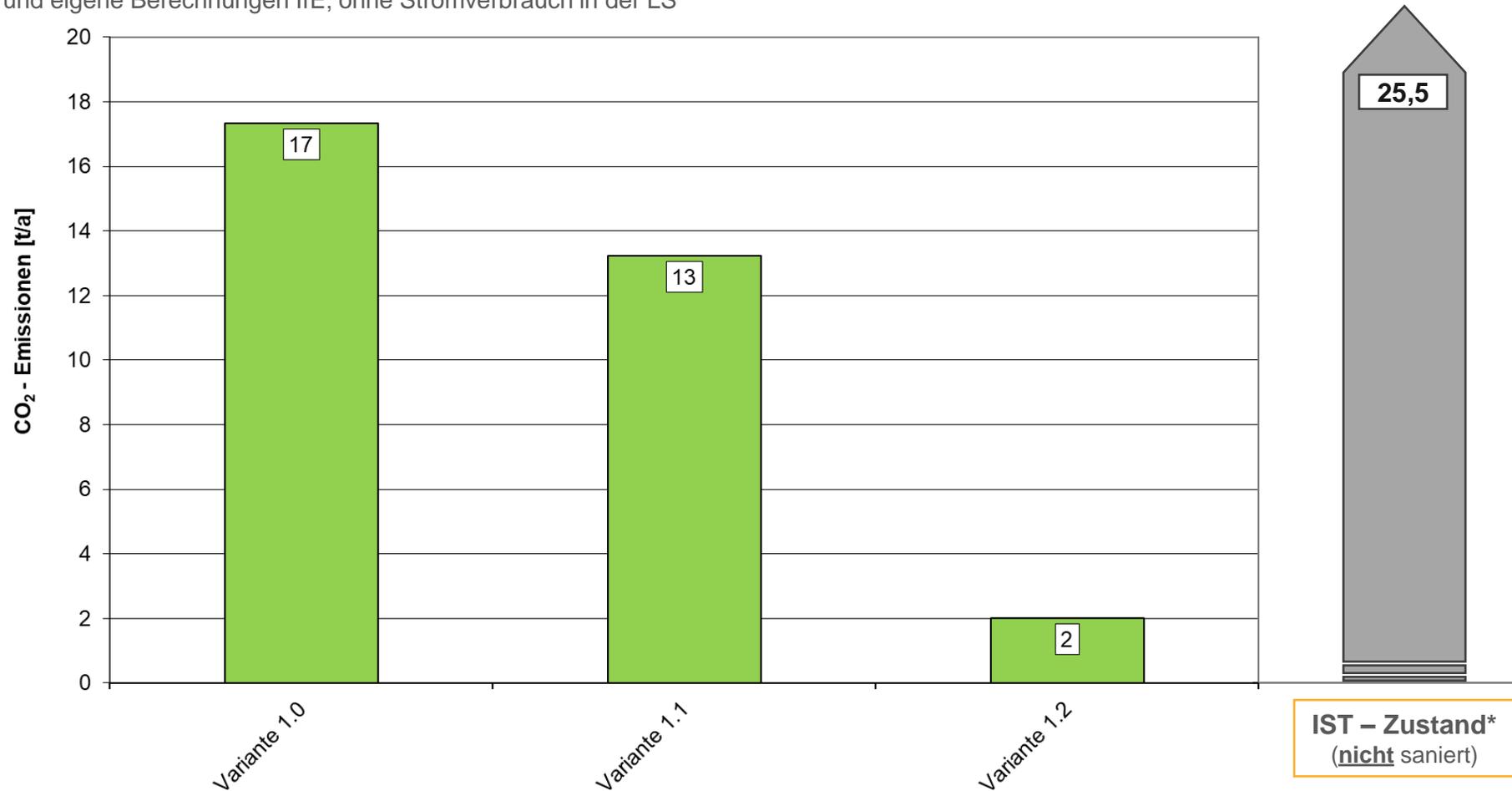
Inkl. Berücksichtigung von Fördermitteln des BAFA (Marktanreizprogramm)

Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2
Heizölkessel	Erdgaskessel	Pelletkessel

Bauhof Bubenreuth – Energieversorgung

CO₂ – Bilanz*

*nach GEMIS 4.95 und eigene Berechnungen IfE; ohne Stromverbrauch in der LS



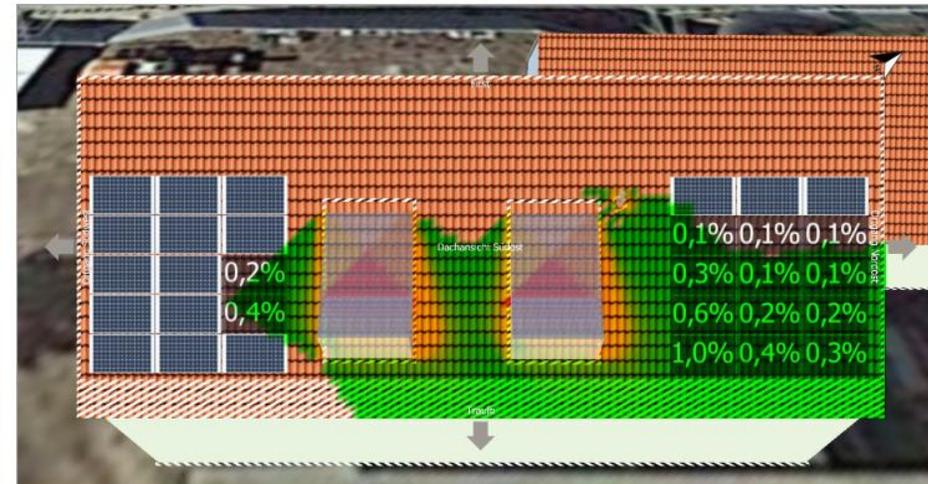
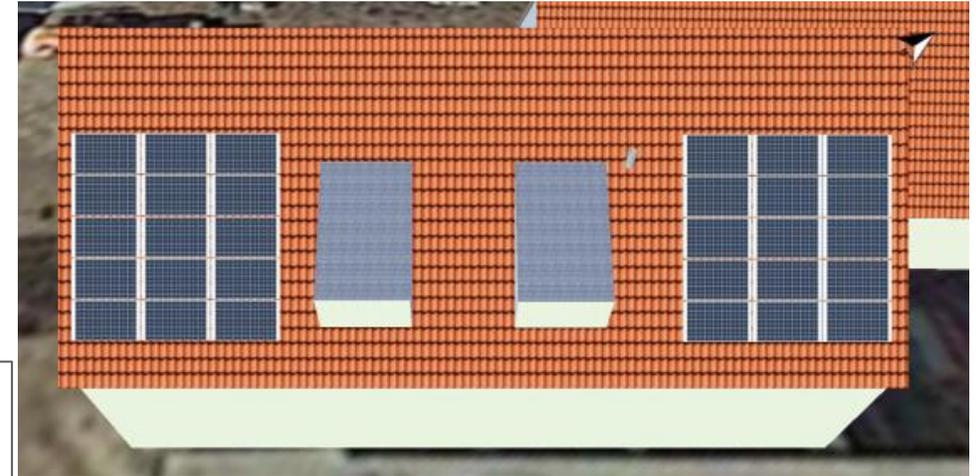
Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2
Heizölkessel	Erdgaskessel	Pelletkessel

M.Eng. Sven Schuller

Einbindung PV-Anlage auf Hauptgebäude

Anlagenleistung	9,9 kW _{peak}
Belegung	dachparallel, horizontal
PV-Modul	Monokristallin; 330 W _{peak}
Modulneigung	40°
Wechselrichter	2
Spez. Jahresertrag	ca. 910 kWh _{el} /kW _{peak}
Jahresertrag	ca. 9.000 kWh _{el}
Eigenverbrauch	≈ 19 %
Autarkie	≈ 43 %
Vermiedene CO ₂ -Emissionen	5 Tonnen/a

Modulbelegung
und
Verschattung



Quelle: IfE GmbH;
PV-Sol

Einbindung PV-Anlage auf Hauptgebäude

Leistung	9,9 kW _{peak}
Leistungsdegression	0,5 %/a
Spez. Investkosten	1.200 €/kW _{peak}
Investitionskosten	12.000 €
Zinssatz	1,0 % p.a.
Mischvergütung	9,44 Cent/kWh _{el} (Einspeisevergütung - ab 01.04.2020)
Laufende Kosten	166 €/a (Reparatur, Versicherung, Zählermiete, ...)
Strombezugspreis	19,44 Cent/kWh _{el} (lt. Stromabrechnung)
Amortisationszeitraum	ca. 15 – 16 Jahre

Vergütungssätze in Cent/kWh - Feste Einspeisevergütung:				
Inbetriebnahme	Wohngebäude, Lärmschutzwände und Gebäude nach § 48 Absatz 3 EEG			Sonstige Anlagen bis 100 kWp
	bis 10 kWp	bis 40 kWp	bis 100 kWp	
ab 01.04.2020 ⁴	9,44	9,18	7,21	6,50

4) Degressionsberechnung nach § 49 EEG 2017 (anzulegender Wert abzüglich 0,4 Cent/kWh nach § 53 EEG 2017)



Quelle: IfE GmbH; PV-Sol

1. Bauhof Bubenreuth

- a. Bestandsaufnahme
- b. Sanierungsoptionen
- c. Energieversorgung
- d. **Zusammenfassung**

2. Nahwärmeverbund im Gebietsumgriff

- a. Bestandsaufnahme
- b. Energieversorgung
- c. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (VDI 2067)
- d. CO₂-Bilanz
- e. Zusammenfassung

3. Dezentrale Energieversorgung

4. Zusammenfassung / Ausblick

Ergebnisse – SANIERTER-Zustand (Variante 7) + Nahwärme regenerativ – lt. Normberechnung

Anforderungen EnEV / KfW-Effizienzgebäude					
	Ist-Wert	mod. Altbau EnEV	Effizienzgebäude 100	Effizienzgebäude 70	Abweichung zu EnEV-100%
Jahres-Primärenergiebedarf Q_p [kWh/m ² a]	42,09	169,33	120,95	84,67	-65%

→ Bewertungskriterium lt. Norm = Primärenergiebedarf

Einhaltung gesetzlicher Vorgaben / Fördervorgaben:

☑ EnEV

☑ EE-WärmeG

☑ KfW-Effizienzgebäude (EG 100)

Kosten und mögliche Fördermittel bei Gesamtsanierung auf KfW-EG 100 – Niveau:

→ Zu erwartende **Vollkosten ca. 73.000 €** (+ Energieversorgung; **energiebed. Mehrkosten ca. 29.500 €**)

→ Bis zu **20 % Tilgungszuschuss** über KfW-Programm IKK 217/218 – Nichtwohngebäude

Anpassung der Energieversorgung – regenerativer Energieträger (hier Nahwärme regenerativ / Hackgut; Alternativ: Pelletkessel → zusätzliche Förderung BAFA möglich)

		Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2
		Heizölkessel	Erdgaskessel	Pelletkessel
		Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2
		REFERENZ ←		
ohne mögliche Förderungen				
Investitionskosten	[€]	34.000	38.000	52.000
Jahresgesamtkosten	[€]	8.000	8.000	9.000
Wärmegestehungskosten	[€-Cent/kWh]	15,0	15,4	18,1
mit möglichen Förderungen				
maximale Projektförderung	[€]	0	0	23.300
Jahresgesamtkosten	[€]	8.000	8.000	8.000
Wärmegestehungskosten	[€-Cent/kWh]	15,0	15,4	15,2
CO ₂ -Emissionen	[t/a]	17	13	2

Entwicklung „HOCHPREIS-SZENARIO“

Wärmegestehungskosten
REFERENZVARIANTE

→ **18,3 €-Cent/kWh_{th}**

→ **Ökonomische und ökologische Lösung = Pelletkessel**

Ökonomische Energieversorgungsvariante: Heizölkessel (1.0)

Ökologische Energieversorgungsvariante: Pelletkessel (1.2)

→ Zusätzlich Installation einer PV-Anlage zur Eigenstromversorgung empfehlenswert

Anmerkung:

→ Berücksichtigung von Standardfördermitteln (im vorliegenden Fall: BAFA); keine Berücksichtigung von Tilgungszuschüssen (KfW-Einzelmaßnahmen) und Zusatz- oder Innovationsförderungen (da stark projekt- und umsetzungsbezogen)

1. Bauhof Bubenreuth

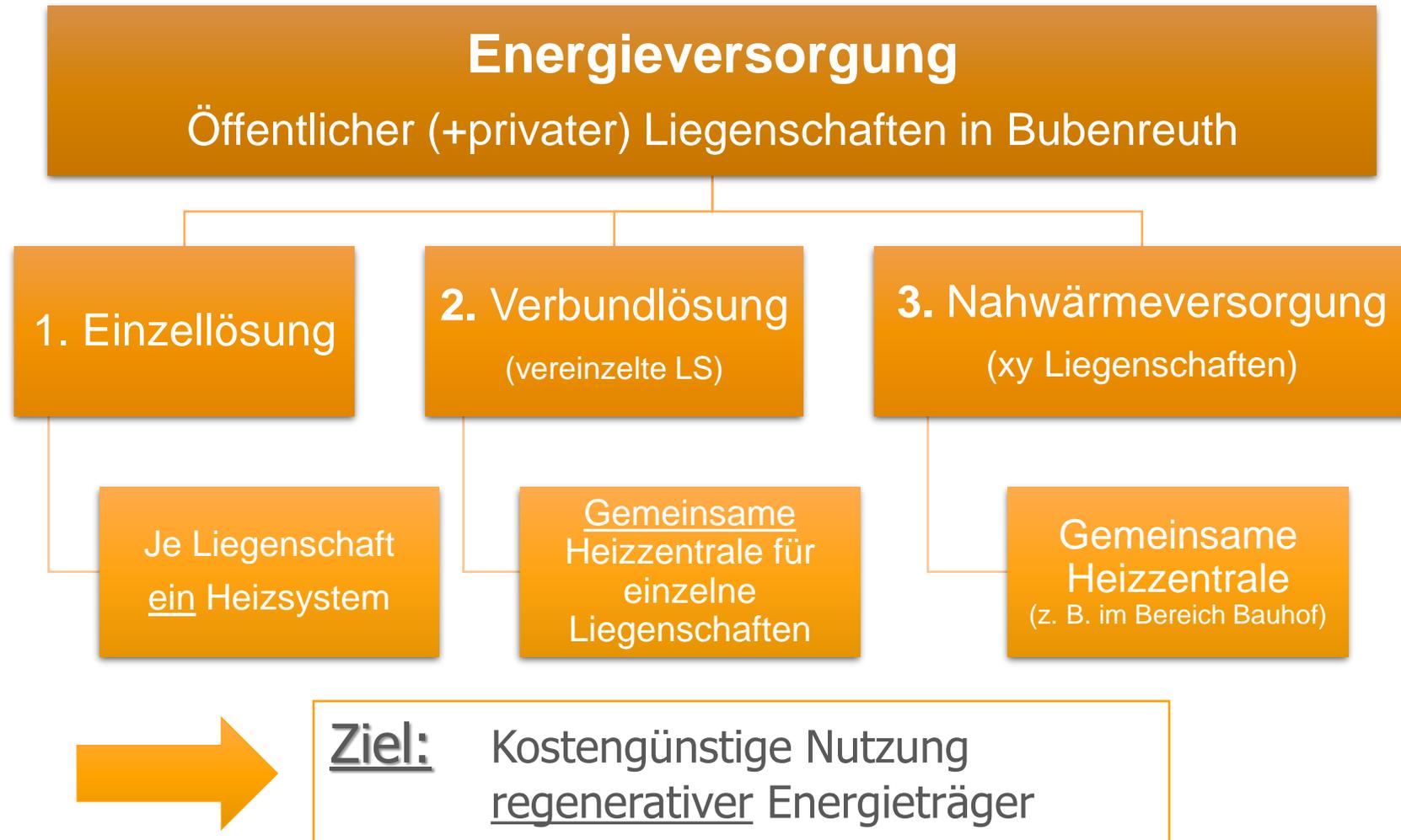
- a. Bestandsaufnahme
- b. Sanierungsoptionen
- c. Energieversorgung
- d. Zusammenfassung

2. Nahwärmeverbund im Gebietsumgriff

- a. Bestandsaufnahme**
- b. Energieversorgung
- c. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (VDI 2067)
- d. CO₂-Bilanz
- e. Zusammenfassung

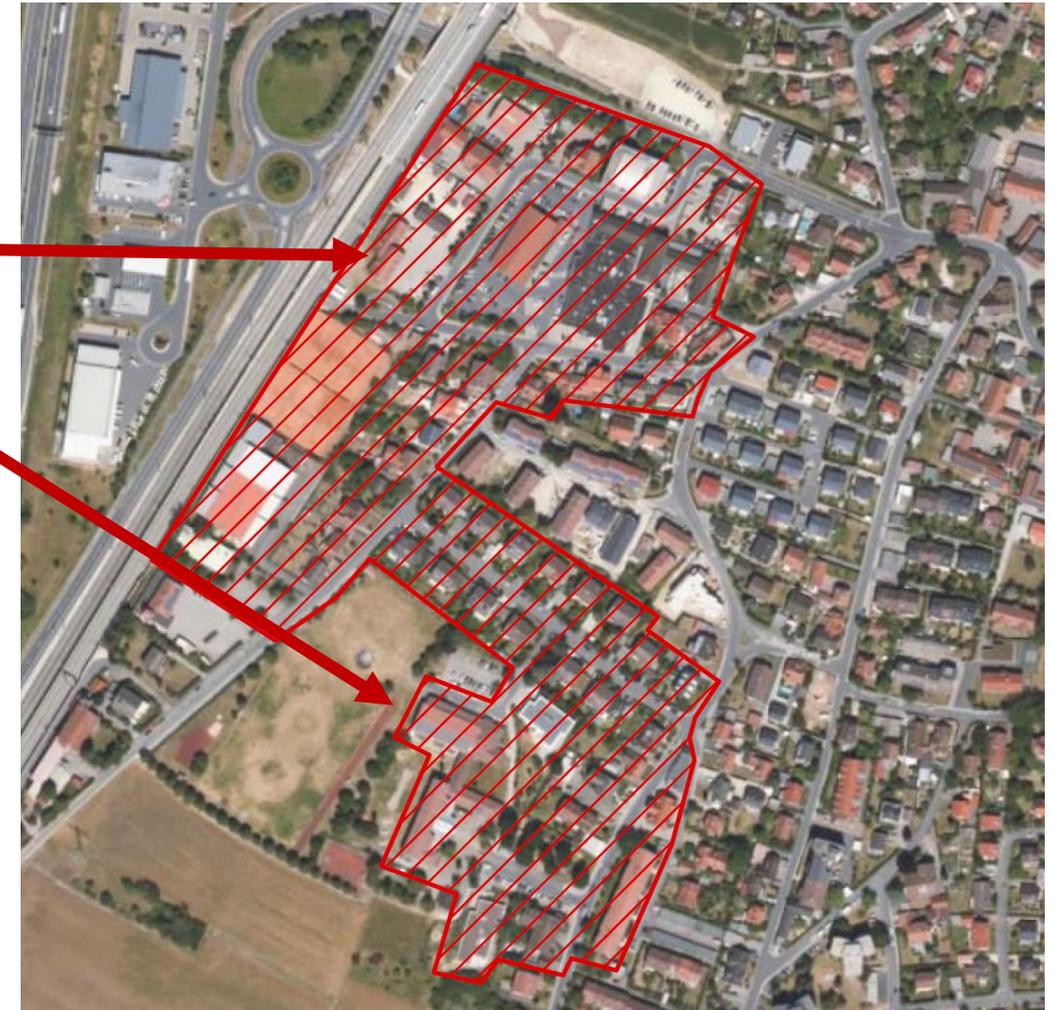
3. Dezentrale Energieversorgung

4. Zusammenfassung / Ausblick



Gebietsumgriff (Beauftragung LRA)

- Vorerst kleinerer Gebietsumgriff
- Ausgehend von der Liegenschaft **Bauhof Bubenreuth**
- Einbindung **öffentlicher Liegenschaften** (Schule, Turnhalle, Kiga+Kita, Sportverein)
- Energieverbrauchsdaten öffentliche LS
- **Straßenzüge:** Frankenstraße, Am Bauhof, Jahnstraße, Emmi-Pikler-Weg, Binsenstr.
- Einbindung **privater** und **gewerblicher** LS
- **Datenerhebung** mittels Fragebogen
- **Anschlussquote* 55 %** bei privaten LS ohne Rückmeldung über Fragebogen

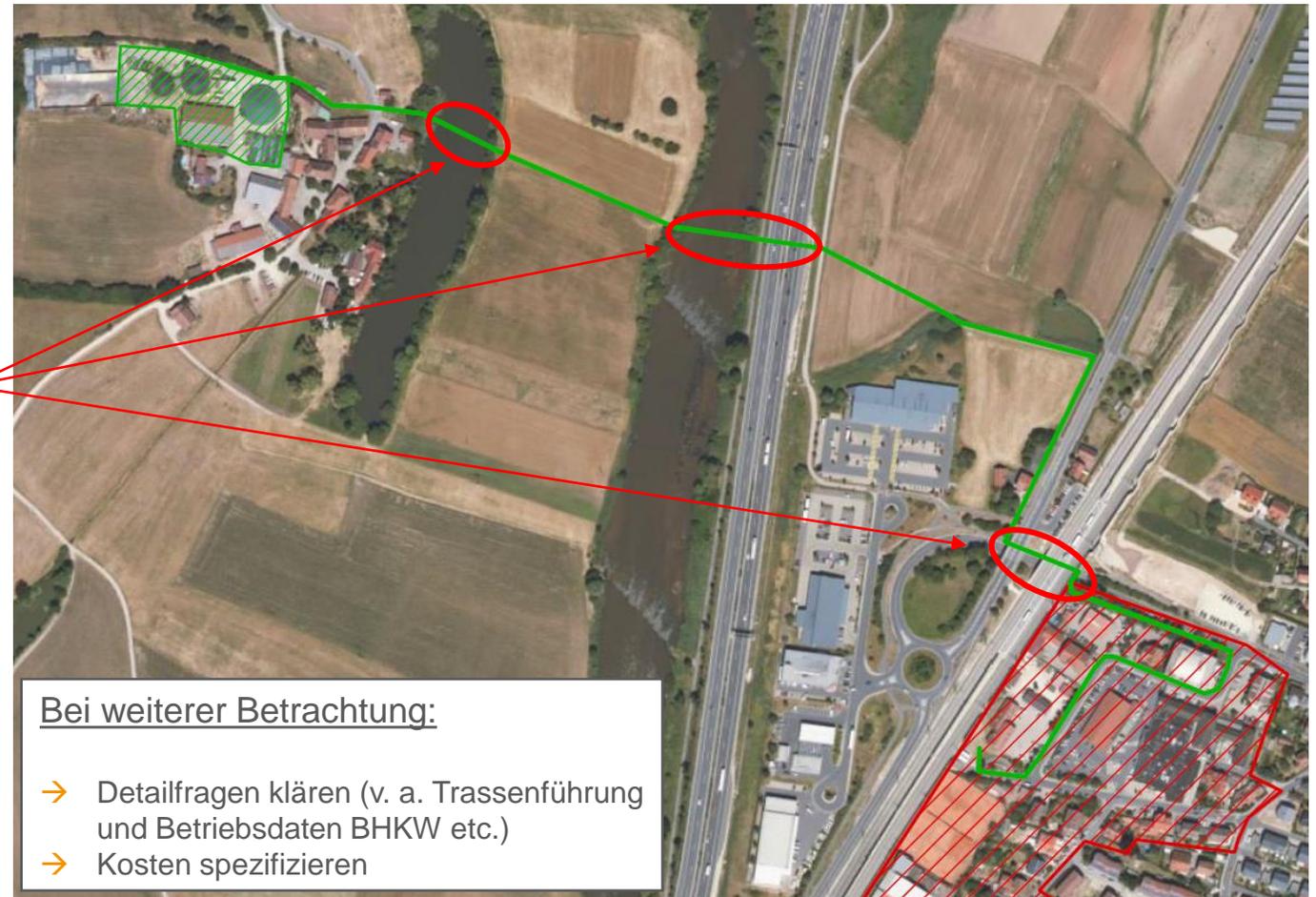


*in Anlehnung an Interessenverteilung aus der Befragung (siehe Kapitel 4 – Ausblick)

Anbindung Biogasanlage (Oberndorf)

- Entfernung bei möglichem Trassenverlauf ca. 1,5 km
- Thermische Leistung ca. 300 kW_{th}
- Hindernisse:
 - stehendes Gewässer, Regnitz,
 - Bundesautobahn A73, Staatsstraße St2244,
 - Bahntrasse Erlangen-Bamberg
- Wärmeverluste bei Anbindung mittels Nahwärmetrasse ca. 270.000 kWh/a
- Alternativ: Niederdruckgasleitung + Satelliten-BHKW am Standort Bauhof
- Kosten Anbindung (Prognose)
 - Wärmeleitung: 560.000 €
 - Gasleitung + Verdichter*: 400.000 €

*(ohne Satelliten-BHKW/Gebäude/umsetzen bestehendes BHKW-Modul)



Datenquelle: Bayerische Vermessungsverwaltung –
www.geodaten.bayern.de

Gebietsumgriff (Beauftragung LRA)

Kenndaten Wärmenetz und Trassenverlauf

Anzahl Anlieger gesamt	70
Anzahl Anlieger nach Anschlussquote	51
Netzlänge	ca. 1.600 m
Wärmeverluste	ca. 260 MWh _{th} /a
Wärmeverluste relativ	ca. 12 %
Nutzwärmebedarf	ca. 2.200 MWh _{th} /a
Heizleistung	ca. 1.300 kW _{th}



Aus Datenschutzgründen
ausgeblendet!

Wärmebelegungsdichte ca. 1.360 kWh_{th}/(m*a)

Energieversorgung im Verbund – Bestandsaufnahme

Trassenverlauf & Anlieger



Schule / Turnhalle



**Bauhof +
Standort
Heizentrale**

Datenquelle:
Gemeinde Bubenreuth;
Bearbeitung IfE GmbH

Wärmeabsatz im Verbund

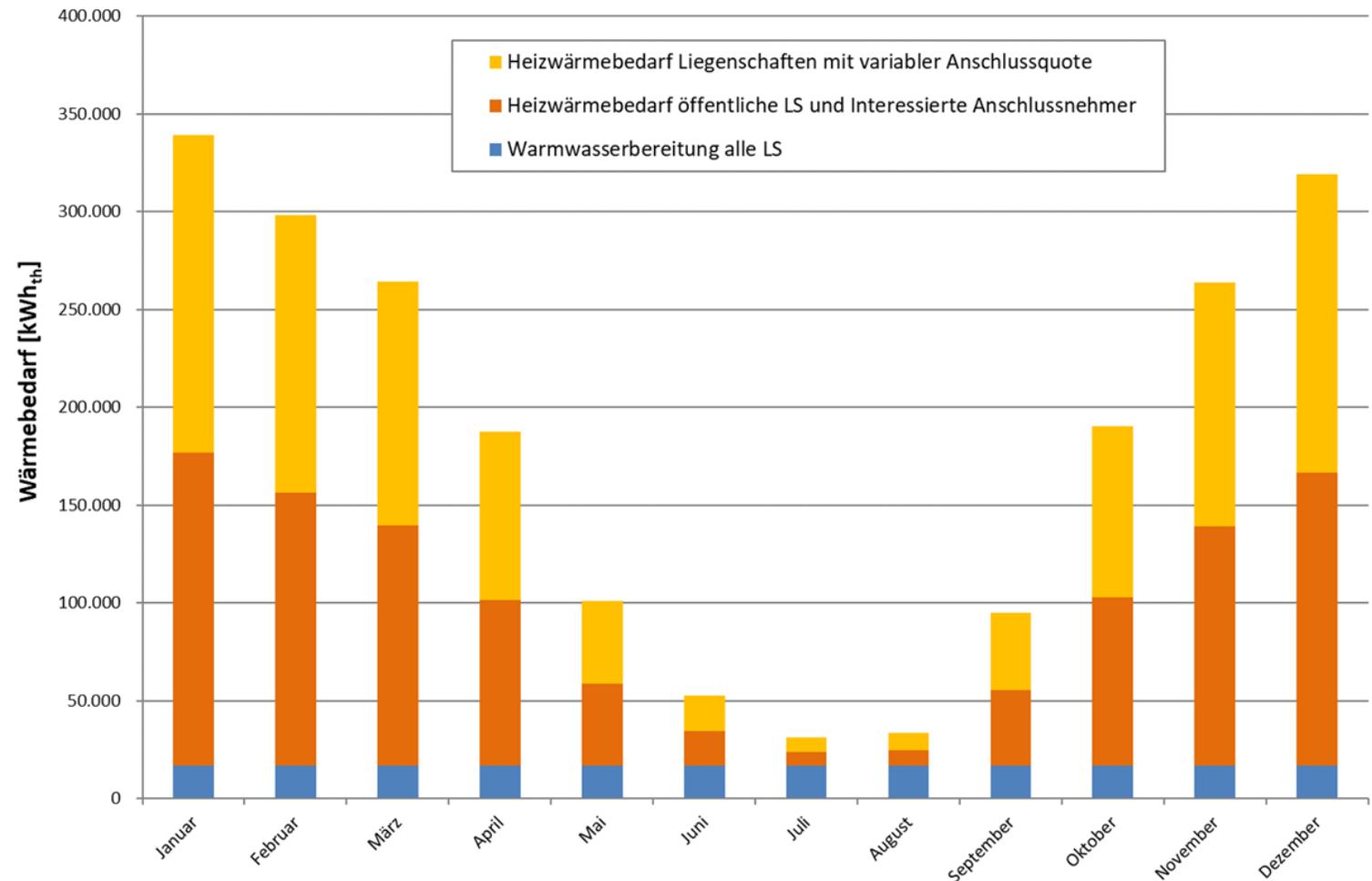
Variable Anschlussquote 55 %

- in Anlehnung an die Interessenverteilung aus der Datenerhebung (Bubenreuth Nord vgl. Kapitel 4 – Ausblick)
- Anlieger ohne bisherige Rückmeldung

Interessierte Anschlussnehmer und öffentliche Liegenschaften

Warmwasserbereitung alle LS

- 10 – 15 % am Wärmebedarf je nach LS



Wärmeabsatz im Verbund

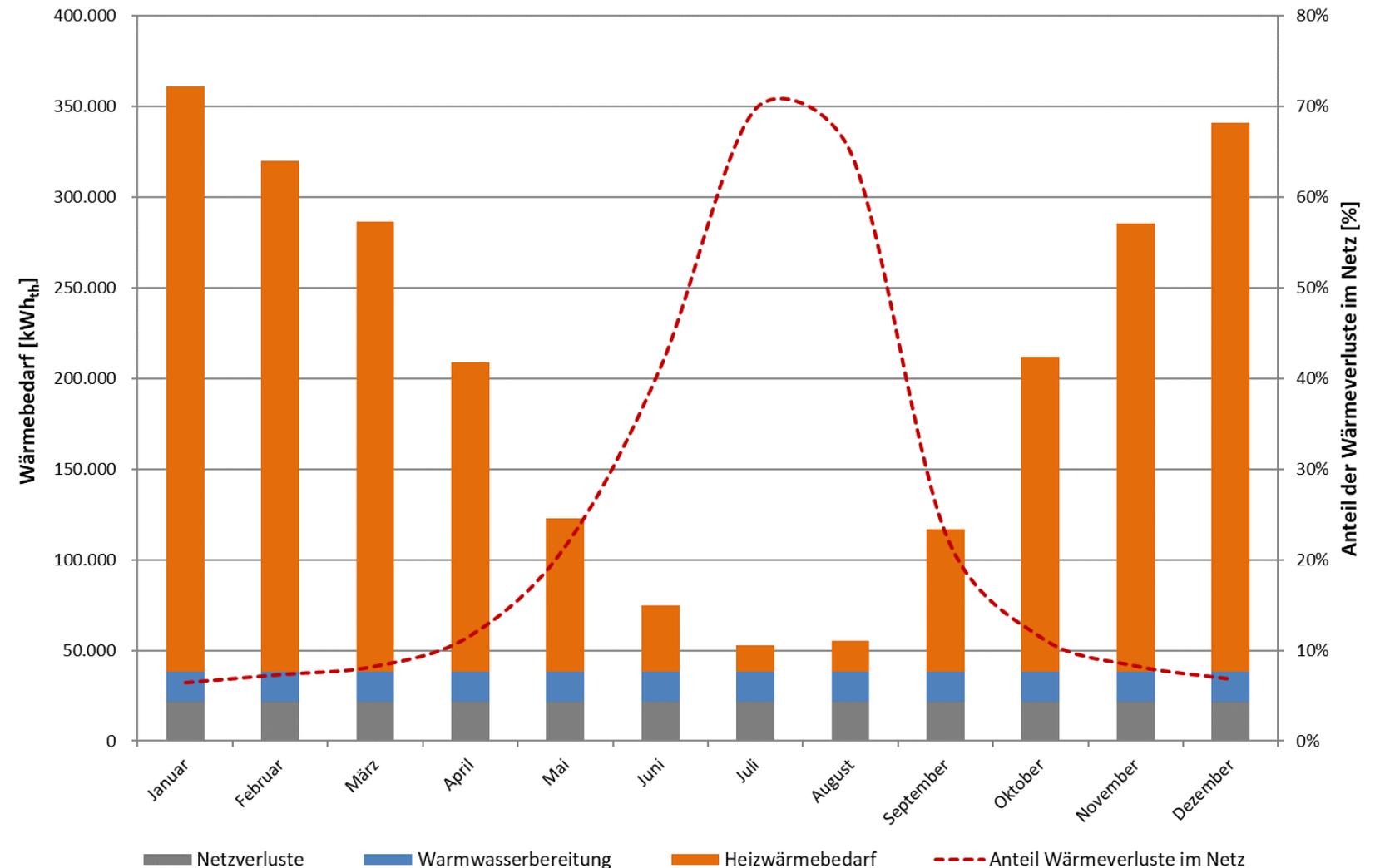
Wärmeverluste im Netz

→ ca. 260 MWh_{th}/a

→ Im Mittel \varnothing 12 %/a

Prozentuale Darstellung:

Wärmeverluste bezogen auf den
Nutzwärmeabsatz im Wärmeverbund

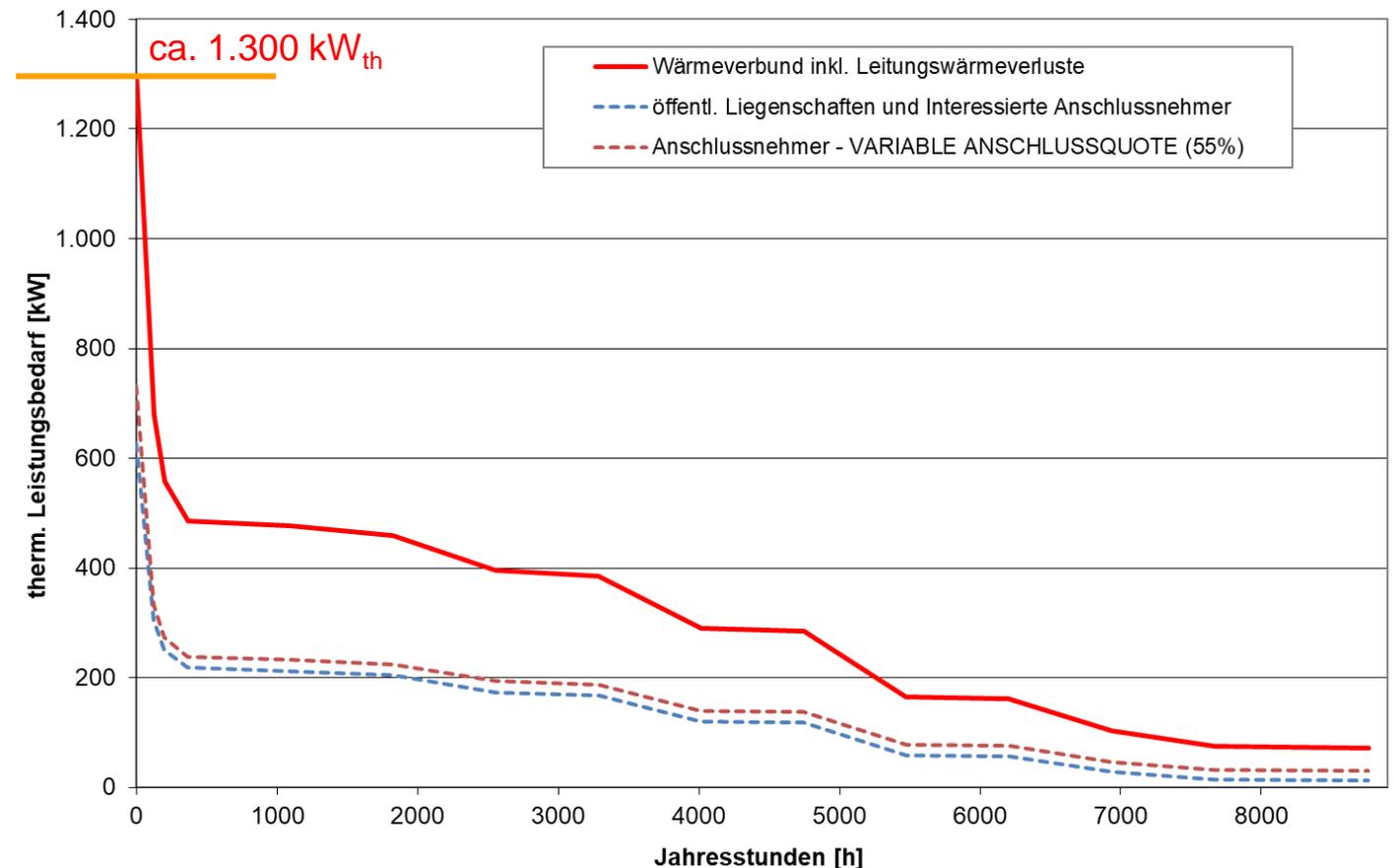


Prognostizierter therm. Leistungsbedarf im Verbund

Erwartete Spitzenlast
im Wärmeverbund $1.300 \text{ kW}_{\text{th}}$

Berücksichtigte
Gleichzeitigkeit 85%

→ Detailliertere Heizlast durch Berechnung
aller Liegenschaften bei Umsetzung



1. Bauhof Bubenreuth

- a. Bestandsaufnahme
- b. Sanierungsoptionen
- c. Energieversorgung
- d. Zusammenfassung

2. Nahwärmeverbund im Gebietsumgriff

- a. Bestandsaufnahme
- b. Energieversorgung**
- c. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (VDI 2067)
- d. CO₂-Bilanz
- e. Zusammenfassung

3. Dezentrale Energieversorgung

4. Zusammenfassung / Ausblick

Standort Heizzentrale

- Heizzentrale auf dem Areal des **Bauhofgeländes**
- **Größe** variiert je nach Energieversorgungsvariante und eingesetztem Energieträger
- **Zufahrt** über Staatsstraße, Neue Straße und Nebenstraße „Am Bauhof“
- **Anlieferung** von Biomasse mittels LKW möglich
- Beachtung **TA-Luft** da Feuerungswärmeleistung $> 1 \text{ MW}_{\text{th}}$

Aus Datenschutzgründen ausgeblendet!

Energieversorgungsvarianten

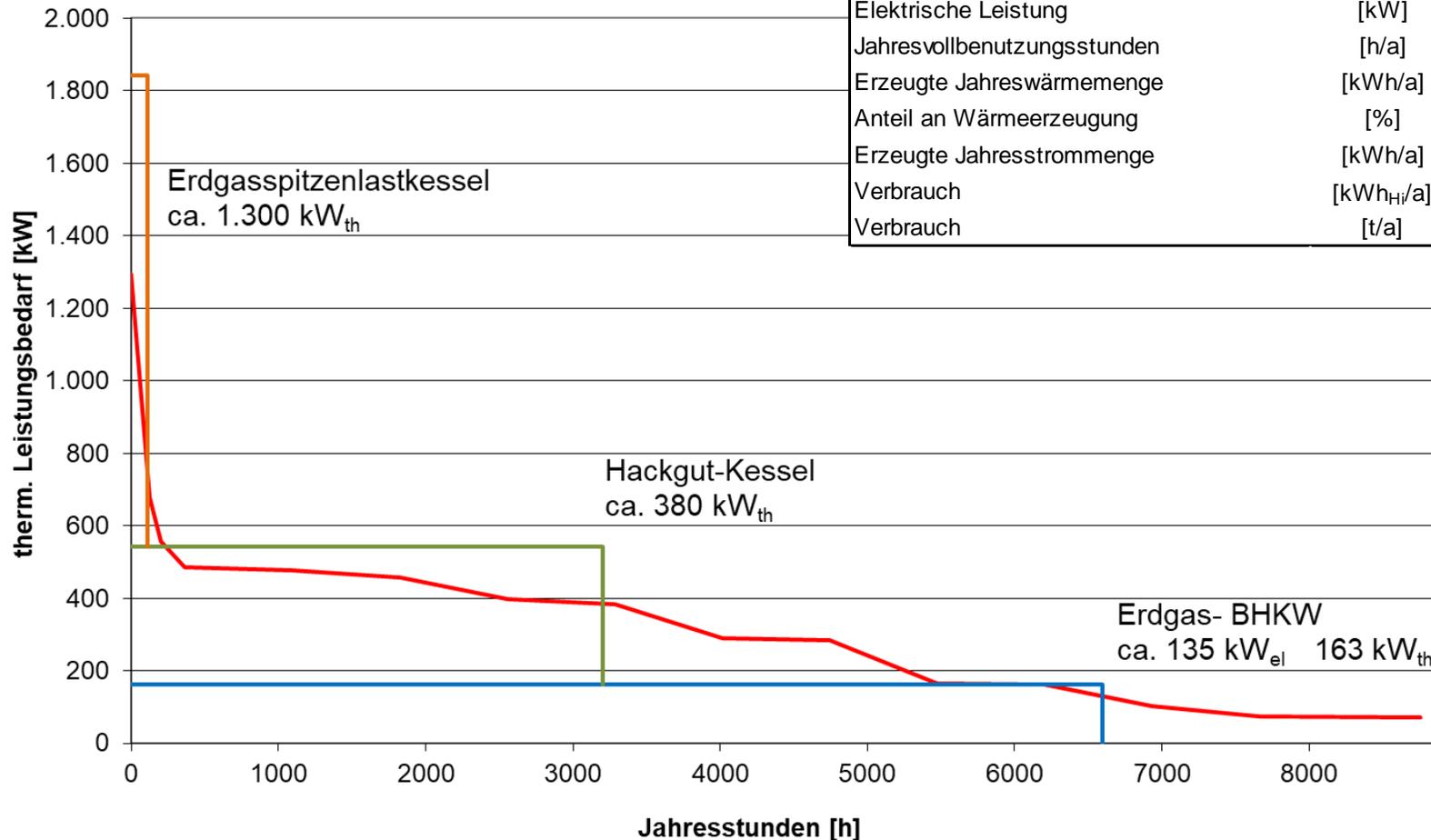
	Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4
Grundlast	Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Holzvergaser
Mittellast	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel
Spitzenlast	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

- Hoher Anteil regenerativer Energieträger (v. a. Biomasse)
- Innovativer Lösungsansatz mittels Holzvergaseranlage als regenerative KWK-Anlage
- CO₂ – Einsparpotenzial
- Anbindung öffentlicher, gewerblicher und privater Liegenschaften
- Regionale Wertschöpfung und Nutzung von Synergieeffekten
- Vorerst keine Anbindung der Biogasanlage und des Solarparks
(ggf. im Rahmen einer deutlichen Vergrößerung des Betrachtungsgebiets)
- ...

Energieversorgung im Verbund – Variantenübersicht

Variante 1.1

Wärmeerzeuger		Erdgas-BHKW	Hackgutkessel	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	163	380	1.300
Elektrische Leistung	[kW]	135	-	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	6.600	3.200	100
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	1.076.000	1.216.000	145.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	44	50	6
Erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	891.000	-	-
Verbrauch	[kWh _{Hi} /a]	2.189.000	1.382.000	153.000
Verbrauch	[t/a]	-	395	-



1. Bauhof Bubenreuth

- a. Bestandsaufnahme
- b. Sanierungsoptionen
- c. Energieversorgung
- d. Zusammenfassung

2. Nahwärmeverbund im Gebietsumgriff

- a. Bestandsaufnahme
- b. Energieversorgung
- c. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (VDI 2067)**
- d. CO₂-Bilanz
- e. Zusammenfassung

3. Dezentrale Energieversorgung

4. Zusammenfassung / Ausblick

Wirtschaftlichkeitsberechnung (VDI 2067 – Randbedingungen)

- Bezugsjahr ist 2020; Betrachtungszeitraum 20 Jahre
- Lineare Abschreibung über 20 Jahre
- Alle Preise sind Nettopreise
- Der kalkulatorische Zinssatz für Fremdkapital beträgt konstant 2,0 %
- Berücksichtigung einer CO₂-Abgabe auf fossile Energieträger (Ø 55 €/t_{CO2})
- Die Brennstoffkosten bleiben im Betrachtungszeitraum konstant, Preisänderungen werden gesondert über eine Sensitivitätsbetrachtung erfasst und grafisch dargestellt
- Kostenfaktoren sind an die in der VDI 2067 hinterlegten Richtwerte angelehnt (z. B. Bedienzeiten, Faktoren für Wartung und Instandhaltung etc.)
- Die Wärmetrasse und das Heizgebäude werden mit einer mittleren Standzeit von 50 Jahren anteilig mit dem zuzuordnenden Restwert bei linearer Abschreibung berücksichtigt
- Vergütung von selbst erzeugtem Strom (BHKW) nach den derzeit gültigen Vorgaben des KWKG (zu beachten: **Neufassung des KWKG mit geänderten Bedingungen Mitte des Jahres zu erwarten**)

Energiekosten

Nettopreise

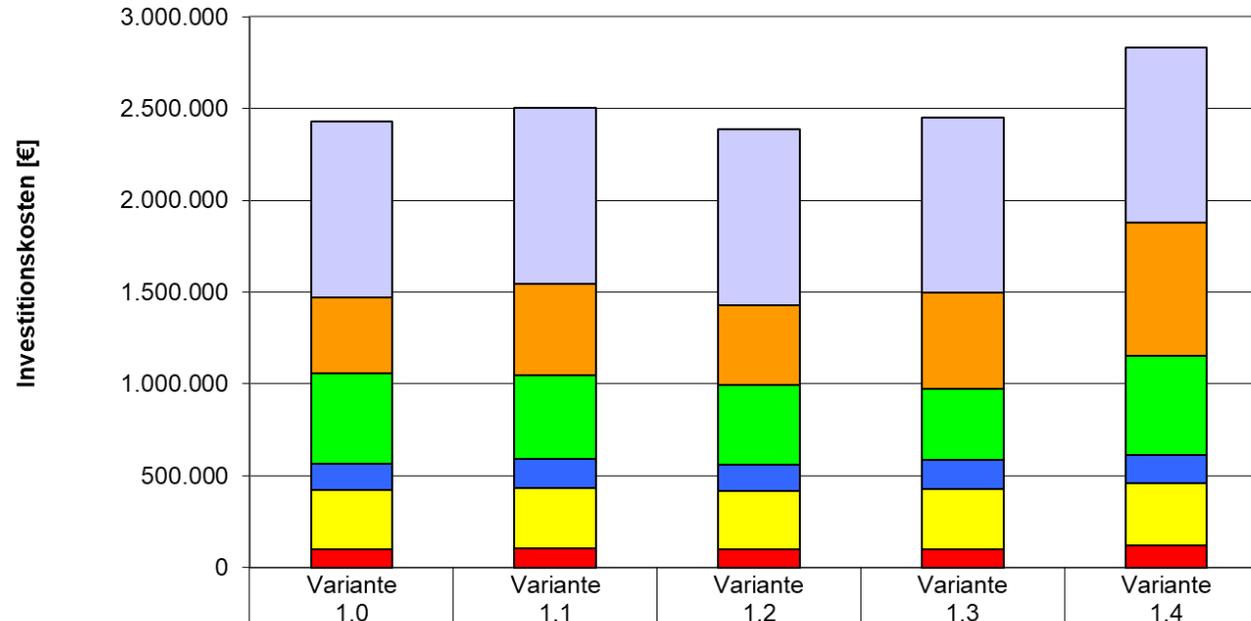
- Erdgas: 4,3 Cent/kWh_{Hi*}
(Ø 5 Jahre; Destatis)
- Hackgut: 81 Euro/t = 2,3 Cent/kWh_{Hi*}
(Ø 5 Jahre; C.A.R.M.E.N. e.V.; Heizwert ≥3,5 kWh_{Hi*}/kg)
- Pellets: 182 Euro/t = 3,6 Cent/kWh_{Hi*}
(Ø 5 Jahre; C.A.R.M.E.N. e.V.; Heizwert ≥5 kWh_{Hi*}/kg)
- Allgemestrom: 19,9 Cent/kWh_{el}
(Aktuelle Durchschnittspreise)

Annahme: Preisgestaltung für Großabnehmer (z. B. ≈ 80 – 85 % vom regulären Marktpreis)

*H_i: Heizwert

Energieversorgung im Verbund – Wirtschaftlichkeit

Investitionskostenprognose



Mittlere Investitionskosten Wärmeverbund:

Für die notwendigen Materialien sowie Erdarbeiten zur Erstellung des Nahwärmeverbundes (Wärmetrasse inkl. Hausanschlüsse) wird mit mittleren, spezifischen Investitionskosten in Höhe von **ca. 450 €/m** kalkuliert.

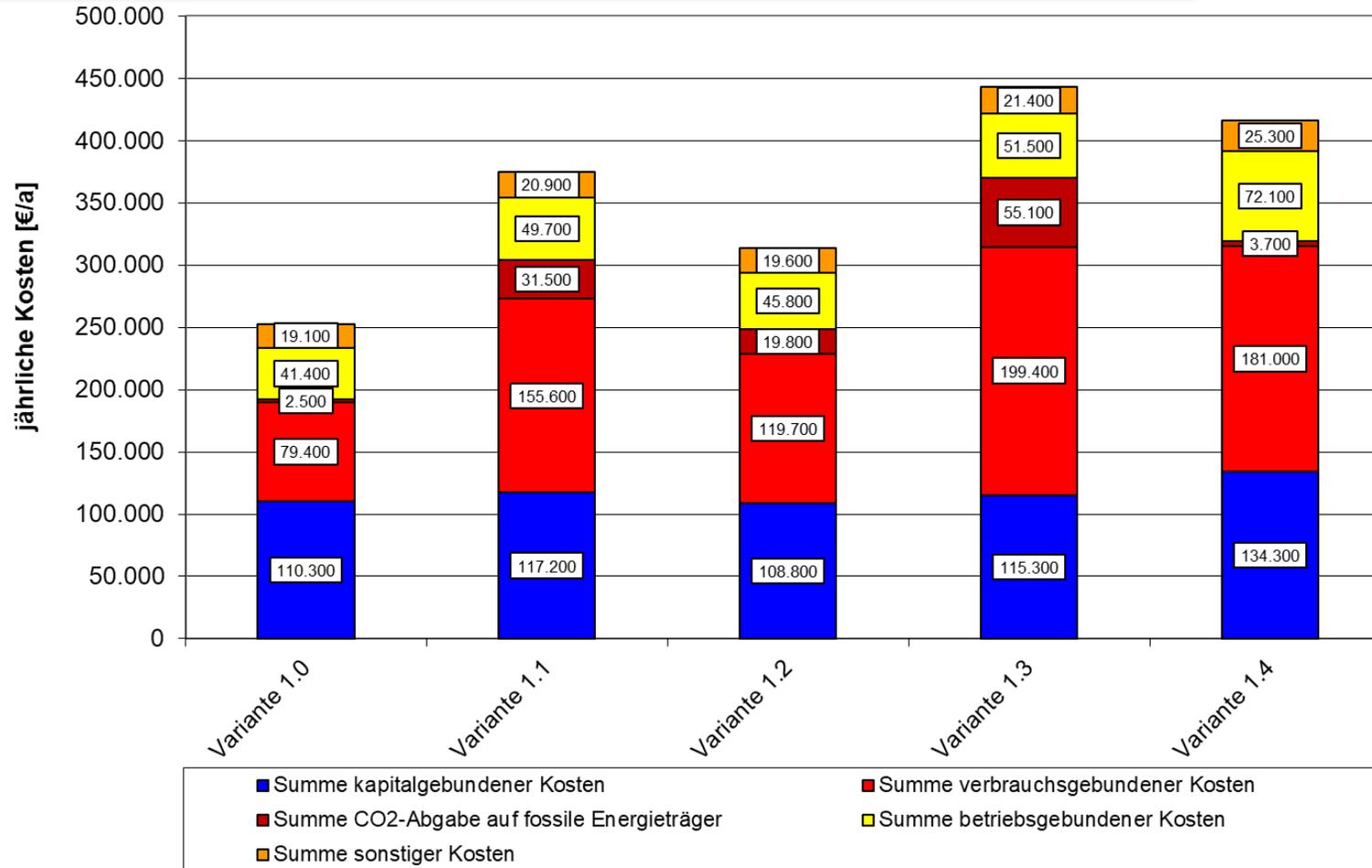
Dies stellt eine erste Schätzung anhand von Richtpreisen dar. Eine entsprechende Schwankungsbreite ist zu berücksichtigen und bei Vorlage erster Angebote zu verifizieren.

	Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4
□ Nahwärmeleitungen und Übergabestationen	955.000	955.000	955.000	955.000	955.000
■ Wärmeerzeuger und Anlagenteile	415.000	502.000	437.000	526.000	724.000
■ Bauliche Maßnahmen	494.000	455.000	433.000	386.000	541.000
■ Technische Installation	143.000	156.000	146.000	160.000	151.000
■ Projektentwicklung	321.000	331.000	315.000	324.000	342.000
■ Unvorhergesehenes	100.000	103.000	99.000	101.000	119.000
SUMME	2.428.000	2.502.000	2.385.000	2.452.000	2.832.000

	Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4
Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Holzvergaser
Hackgutkessel	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel
Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

Energieversorgung im Verbund – Wirtschaftlichkeit

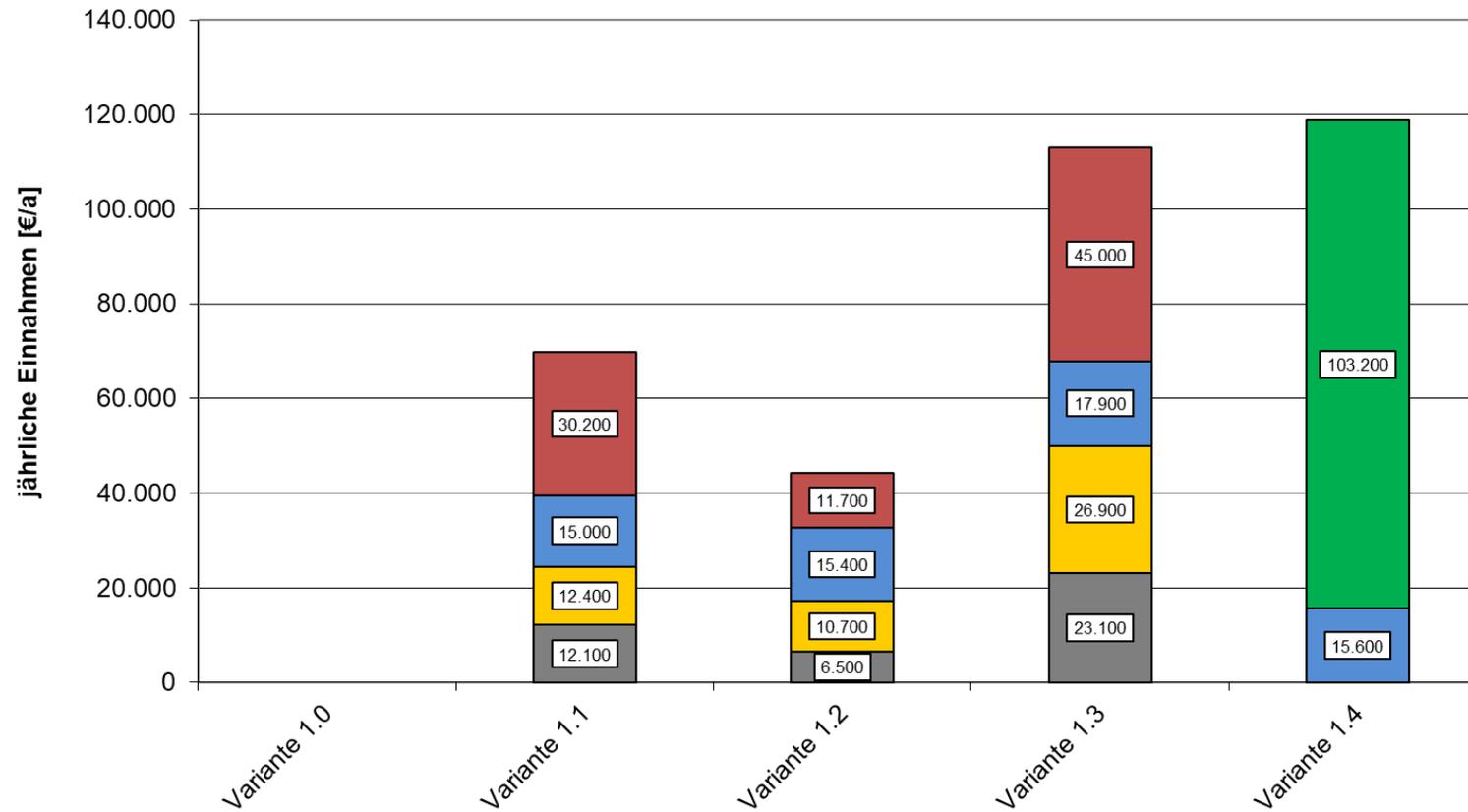
Jährliche Ausgaben



Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4
Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Holzvergaser
Hackgutkessel	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel
Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

Energieversorgung im Verbund – Wirtschaftlichkeit

Jährliche Einnahmen

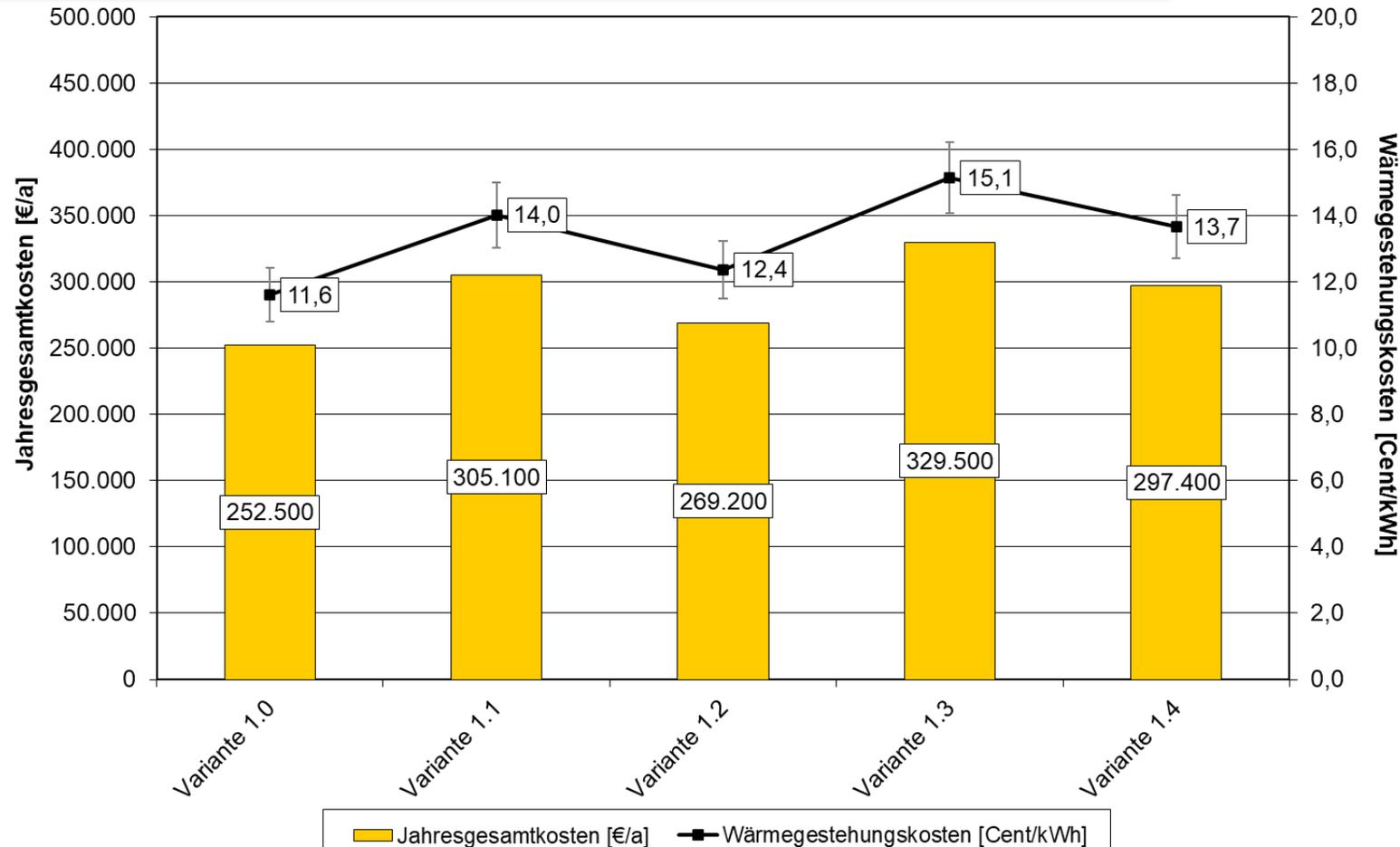


■ Steuerrückerstattung
 ■ KWKG-Vergütung
 ■ Eigenstromnutzung
 ■ Stromeinspeisung
 ■ EEG-Vergütung

Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4
Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Holzvergaser
Hackgutkessel	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel
Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

Energieversorgung im Verbund – Wirtschaftlichkeit

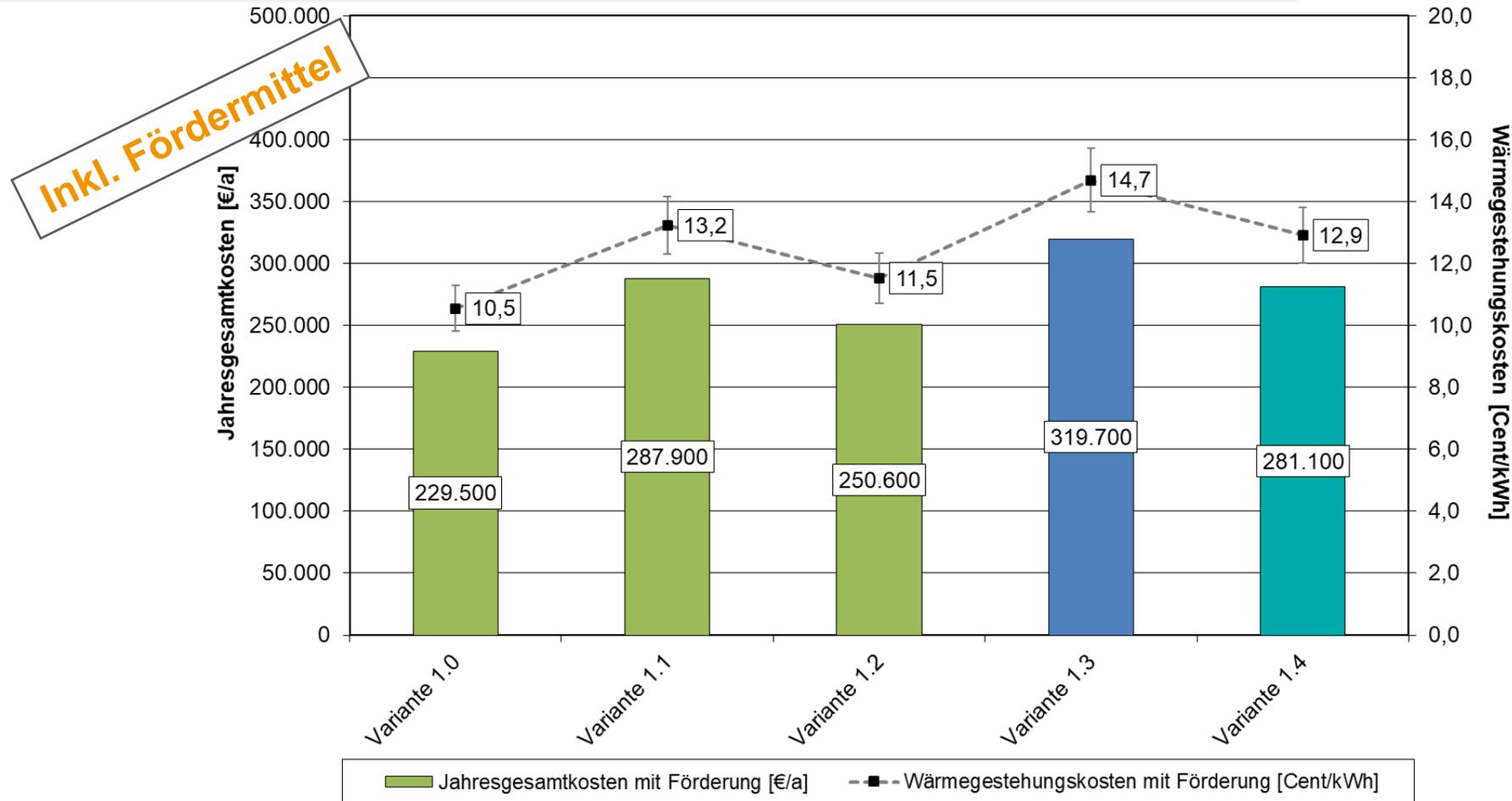
Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten



Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4
Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Holzvergaser
Hackgutkessel	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel
Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

Energieversorgung im Verbund – Wirtschaftlichkeit

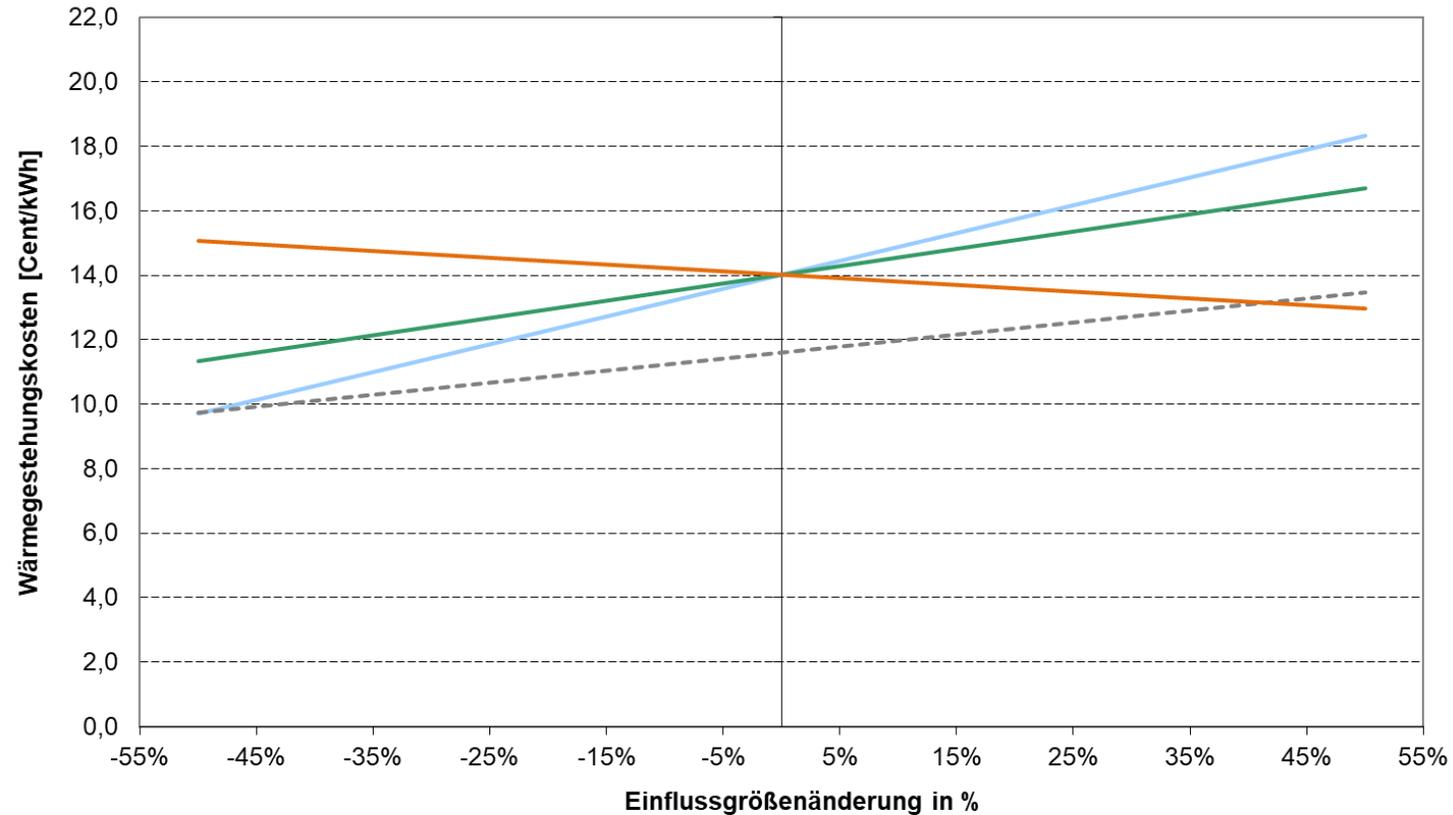
Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten



Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4
Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Holzvergaser
Hackgutkessel	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel
Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

Energieversorgung im Verbund – Wirtschaftlichkeit

Sensitivitätsanalyse – Variante 1.1



— Brennstoffkosten — Kapitalkosten - - - Brennstoffkosten Referenzvariante — Gutschrift Stromeinspeisung

Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4
Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Holzvergaser
Hackgutkessel	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel
Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

1. Bauhof Bubenreuth

- a. Bestandsaufnahme
- b. Sanierungsoptionen
- c. Energieversorgung
- d. Zusammenfassung

2. Nahwärmeverbund im Gebietsumgriff

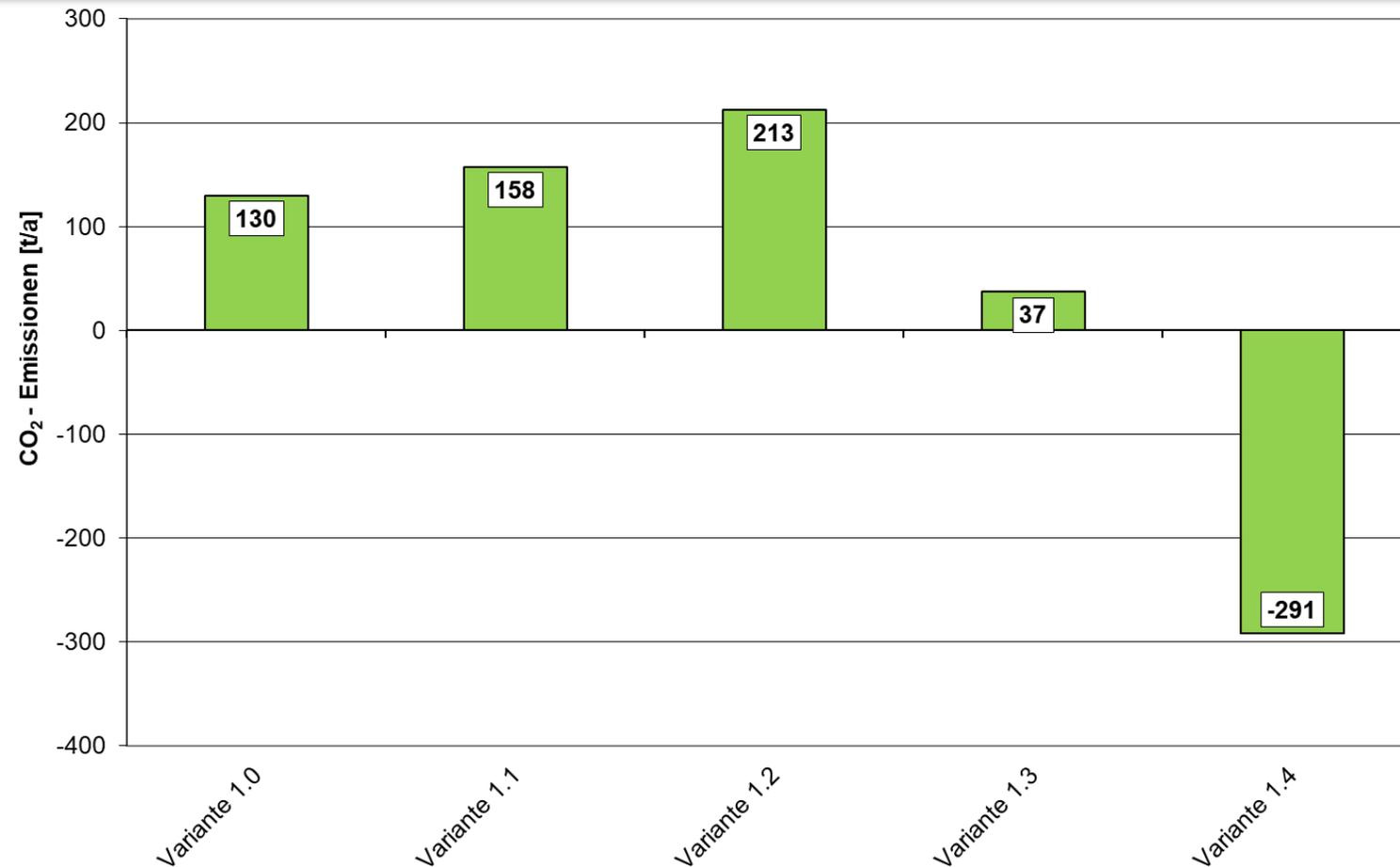
- a. Bestandsaufnahme
- b. Energieversorgung
- c. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (VDI 2067)
- d. CO₂-Bilanz**
- e. Zusammenfassung

3. Dezentrale Energieversorgung

4. Zusammenfassung / Ausblick

Energieversorgung im Verbund – CO₂ – Bilanz

(nach GEMIS 4.95 und eigene Berechnungen IfE; ohne Stromverbrauch in der LS)



Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4
Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Holzvergaser
Hackgutkessel	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel
Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

ca. 1.100 t/a



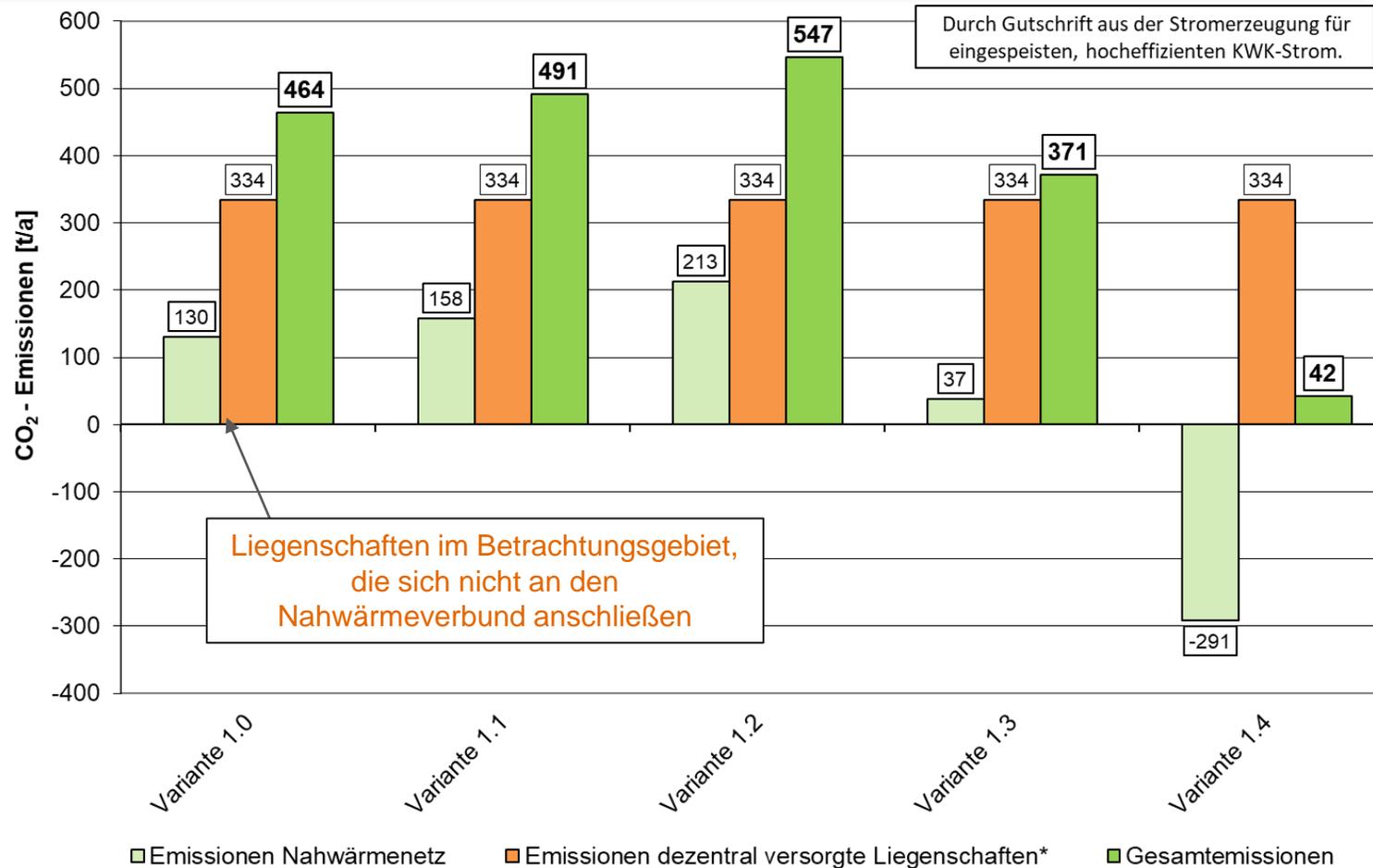
Dezentrale CO₂-Emissionen

Dezentrale Versorgung

*basierend auf Energieträgerverteilung
aus Datenerhebung (Hochrechnung)

Energieversorgung im Verbund – CO₂ – Bilanz

(nach GEMIS 4.95 und eigene Berechnungen IfE; ohne Stromverbrauch in der LS)



ca. 1.100 t/a



Dezentrale CO₂-Emissionen

Dezentrale Versorgung*

*basierend auf Energieträgerverteilung aus Datenerhebung (Hochrechnung)

Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4
Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Holzvergaser
Hackgutkessel	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel
Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

1. Bauhof Bubenreuth

- a. Bestandsaufnahme
- b. Sanierungsoptionen
- c. Energieversorgung
- d. Zusammenfassung

2. Nahwärmeverbund im Gebietsumgriff

- a. Bestandsaufnahme
- b. Energieversorgung
- c. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (VDI 2067)
- d. CO₂-Bilanz
- e. Zusammenfassung**

3. Dezentrale Energieversorgung

4. Zusammenfassung / Ausblick

Energieversorgung im Verbund – Zusammenfassung

		Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4
		Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Holzvergaser
		Hackgutkessel	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel
		Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel
		Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4
ohne mögliche Förderungen						
Investitionskosten	[€]	2.428.000	2.503.000	2.385.000	2.454.000	2.831.000
Jahresgesamtkosten	[€]	253.000	305.000	270.000	330.000	298.000
Wärmegestehungskosten*	[€-Cent/kWh]	11,6	14,0	12,4	15,1	13,7
mit möglichen Förderungen						
maximale Projektförderung	[€]	376.000	280.000	304.000	160.000	265.000
Jahresgesamtkosten	[€]	230.000	288.000	251.000	320.000	282.000
Wärmegestehungskosten*	[€-Cent/kWh]	10,5	13,2	11,5	14,7	12,9
CO ₂ -Emissionen	[t/a]	130	158	213	37	-291

*REFERENZ: Dezentrale Wärmegestehungskosten je nach Gebäudegröße (siehe Vergleich)

Ökonomische Energieversorgungsvariante:

Hackgutkessel (1.0)

Ökologische Energieversorgungsvariante:

Pellet-Holzvergaser + Pelletkessel (1.4)

→ Berücksichtigung von Standardfördermitteln (im vorliegenden Fall: BAFA, KWKG, KfW-EE-Premium); keine Berücksichtigung von Zusatz- oder Innovationsförderungen (da stark projekt- bzw. anlagenbezogen) und Fördermittel des Landes in Form der Richtlinie BioKlima

→ Wirtschaftlichste Variante:

- Ohne Fördermittel: Variante 1.0 $\approx 11,6 \text{ Cent/kWh}_{th}$
- Mit Fördermittel: Variante 1.0 (+ 1.2) $\approx 10,5 (11,5) \text{ Cent/kWh}_{th}$

→ Ökologischste Variante:

Variante 1.4 $\approx 97 \% \text{ THG-Einsparung (rechnerisch)}$

→ Empfehlung KWK-Anlage:

Aufgrund des niedrigen Eigenstromanteils im Vergleich kostenintensiver

→ Im Hinblick auf eine künftige Gebäudesanierung sind alle Varianten empfehlenswert (Fördermittel und energetischer Standard; sowohl öffentliche als auch private LS betreffend)

→ Einfacher Anlagenbetrieb:

Variante 1.3 (Personalintensität; Vollwartungsvertrag)

Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4
Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Erdgas-BHKW	Holzvergaser
Hackgutkessel	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel
Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

1. Bauhof Bubenreuth

- a. Bestandsaufnahme
- b. Sanierungsoptionen
- c. Energieversorgung
- d. Zusammenfassung

2. Nahwärmeverbund im Gebietsumgriff

- a. Bestandsaufnahme
- b. Energieversorgung
- c. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (VDI 2067)
- d. CO₂-Bilanz
- e. Zusammenfassung

3. Dezentrale Energieversorgung

4. Zusammenfassung / Ausblick

Kosten der dezentralen Wärmeversorgung

- Betrachtung von **4 unterschiedlichen Gebäudegrößen/-kategorien**
- Gestaffelt nach Wärmebedarf (Gebäudetyp, Gebäudealter etc.)
- Kosten nach Energieträger / Anlagentechnik
 - Pelletkessel
 - Luft-/Wasser-Wärmepumpe
 - Sole-/Wasser-Wärmepumpe
 - Heizölbrennwertkessel (Variation: Aktueller und hoher Heizölbezugspreis)
 - Gasbrennwertkessel/-therme
 - Gasbrennwertkessel/-therme + Solarthermie

Reihen-, Doppel- oder Einfamilienhaus	15.000 kWh _{th} /a
Ein- oder Zweifamilienhaus	25.000 kWh _{th} /a
Kleines Mehrfamilienhaus / Kleingewerbe	40.000 kWh _{th} /a
Mehrfamilienhaus / Gewerbe	60.000 kWh _{th} /a

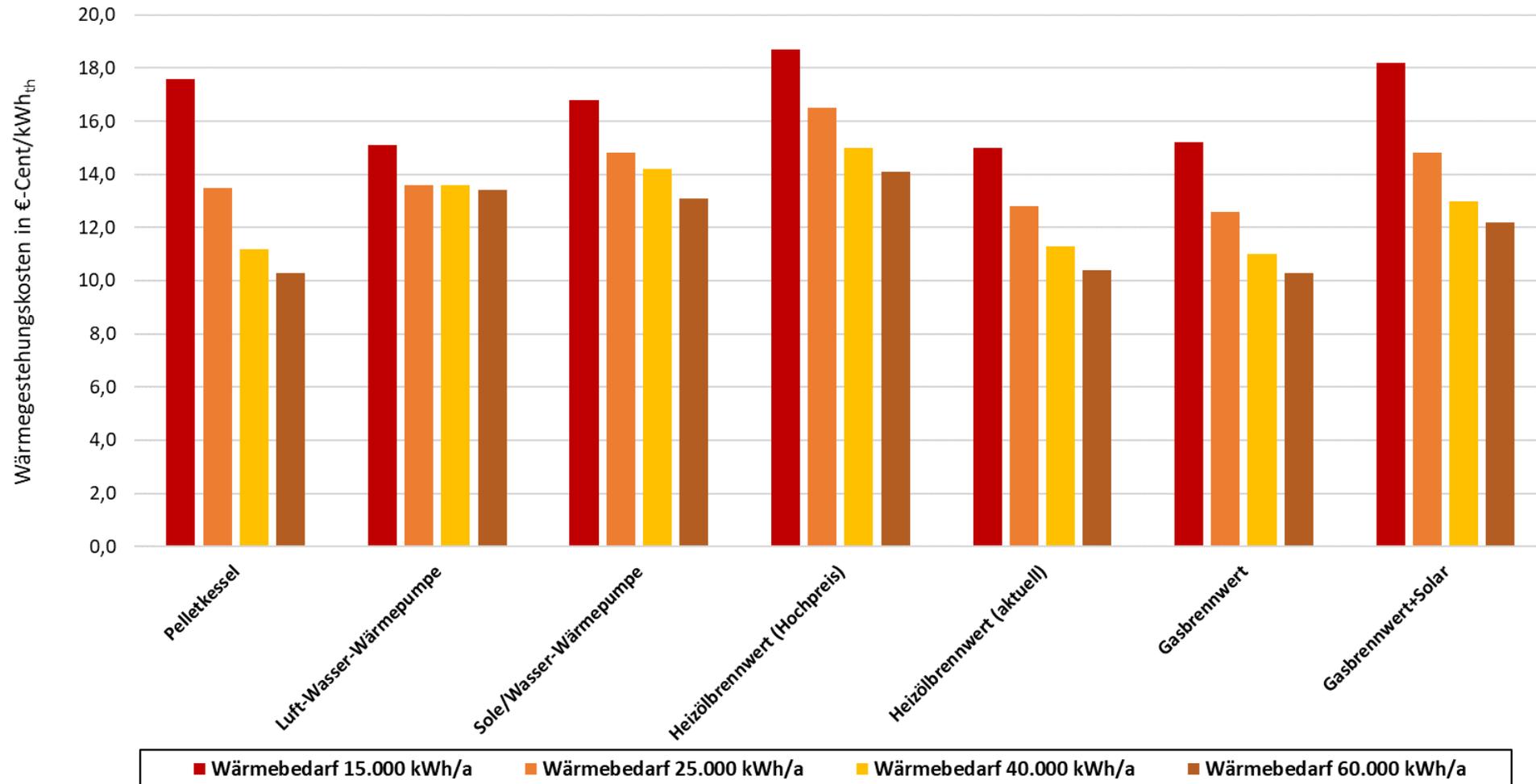
Ziel:

Veranschaulichung möglicher, dezentraler Wärmeversorgungsvarianten und deren Kostenniveau.

Die Berechnungen stellen eine mittlere Abschätzung der Wärmegestehungskosten im privaten / gewerblichen Sektor dar.

Die Kalkulation orientiert sich hierbei ebenfalls an den Vorgaben der VDI 2067 sowie mittleren Marktpreisen. Diese Richtpreise beziehen sich nicht nur auf die Anlagentechnik sondern umfassen auch die gemittelten Energiepreise lt. den Angaben des Destatis. Ebenso werden Fördermittel des BAFA für den Gebäudebestand berücksichtigt (keine Innovations-/Zusatzförderungen).

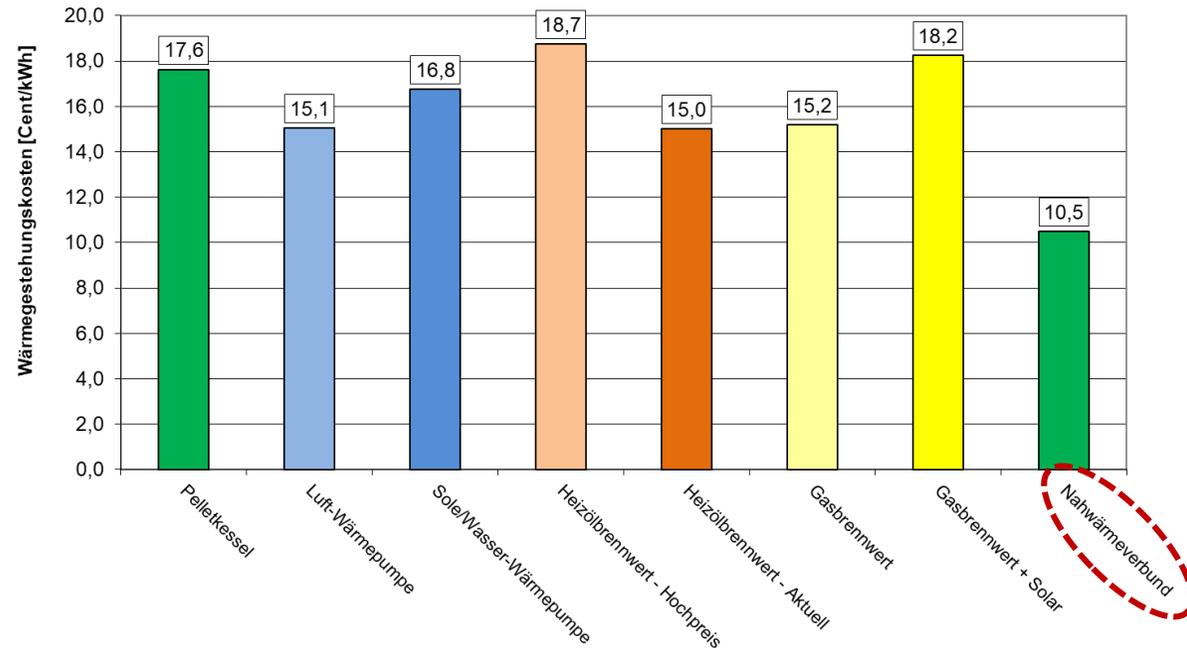
Kosten der dezentralen Wärmeversorgung



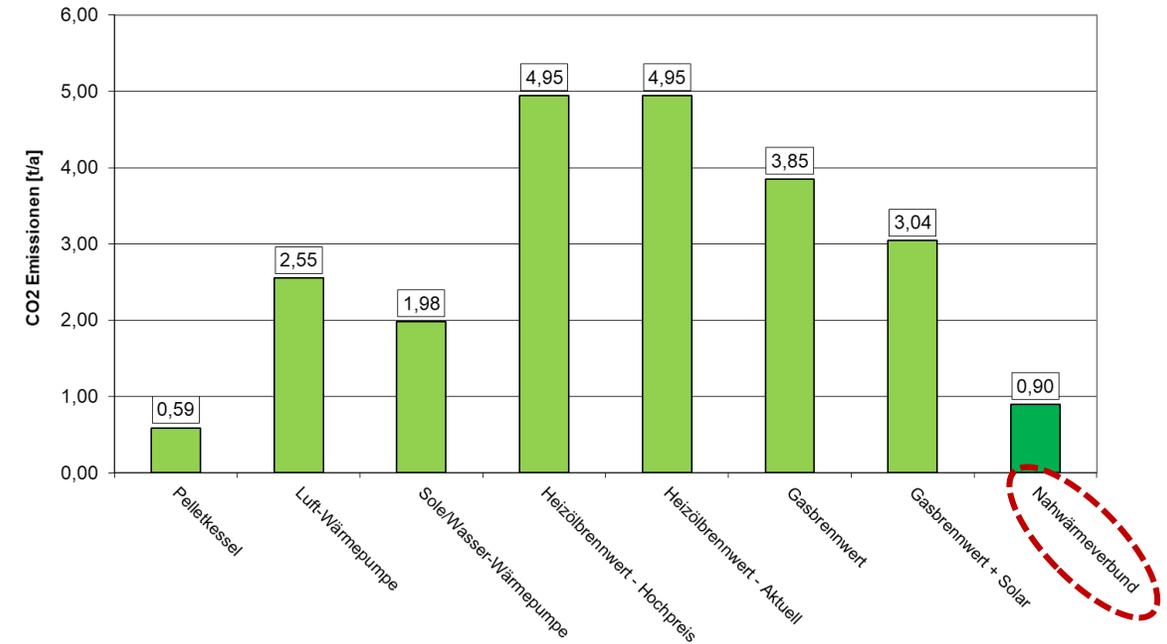
Ergebnis – Gebäudekategorie 1 (15.000 kWh_{th}/a; RH / DHH / EFH)

Beispielhafte Darstellung der Wärmegestehungskosten und der CO₂-Emissionen verschiedener Energieversorgungsvarianten

Wärmegestehungskosten:



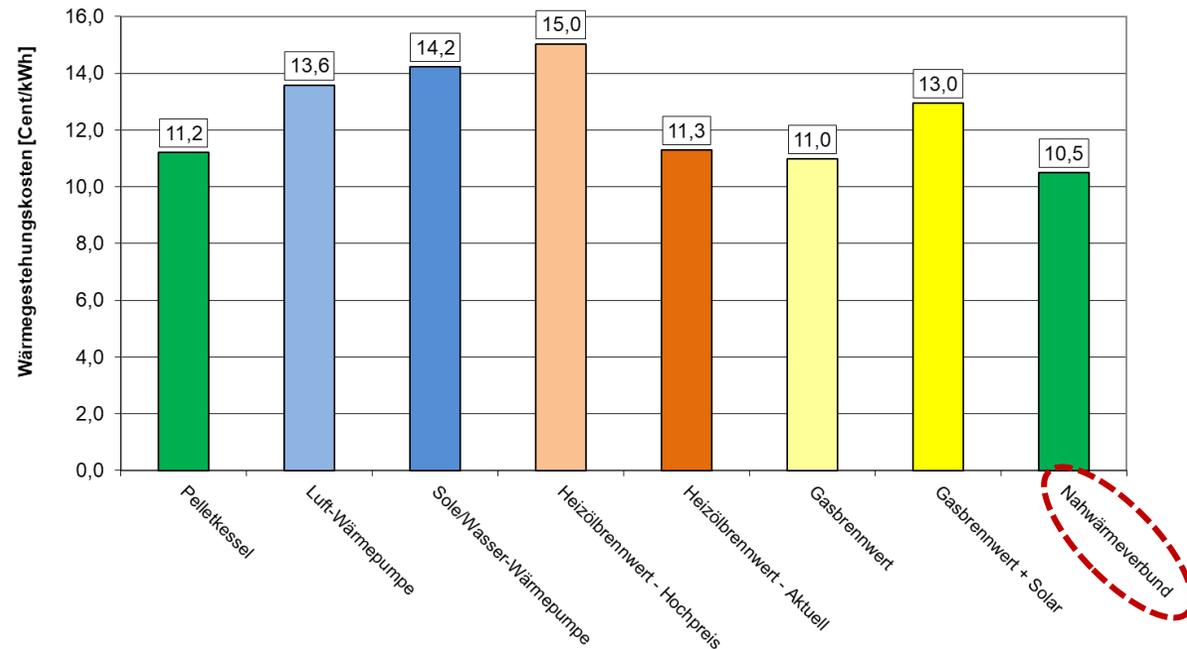
CO₂-Emissionen:



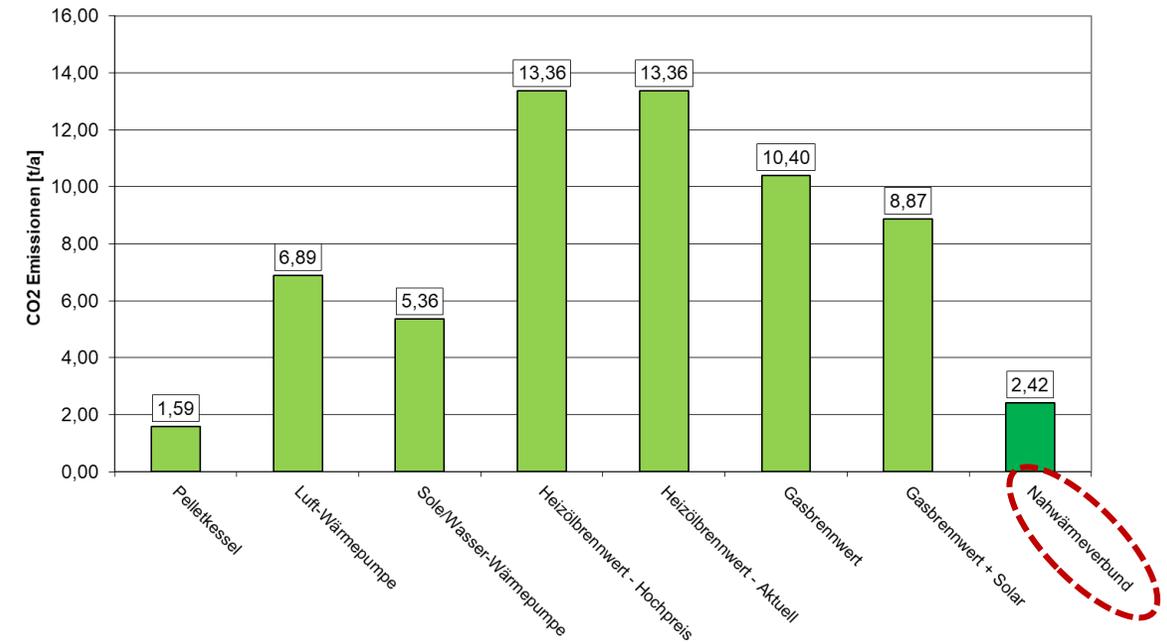
Ergebnis – Gebäudekategorie 3 (40.000 kWh_{th}/a; Mehrparteienhaus / Gewerbe)

Beispielhafte Darstellung der Wärmegestehungskosten und der CO₂-Emissionen verschiedener Energieversorgungsvarianten

Wärmegestehungskosten:



CO₂-Emissionen:



1. Bauhof Bubenreuth

- a. Bestandsaufnahme
- b. Sanierungsoptionen
- c. Energieversorgung
- d. Zusammenfassung

2. Nahwärmeverbund im Gebietsumgriff

- a. Bestandsaufnahme
- b. Energieversorgung
- c. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (VDI 2067)
- d. Sensitivitätsanalyse
- e. CO₂-Bilanz

3. Dezentrale Energieversorgung

4. Zusammenfassung / Ausblick

Vergleich Zentrale Versorgung Dezentrale Versorgung Bauhof

- Günstigste Variante 1.0 – Hackgutkessel
- Nahezu 100 % regenerative Versorgung
- CO₂-Emissionen im niedrigen Bereich
- Wärmegestehungskosten ohne Rücklagen / Gewinne

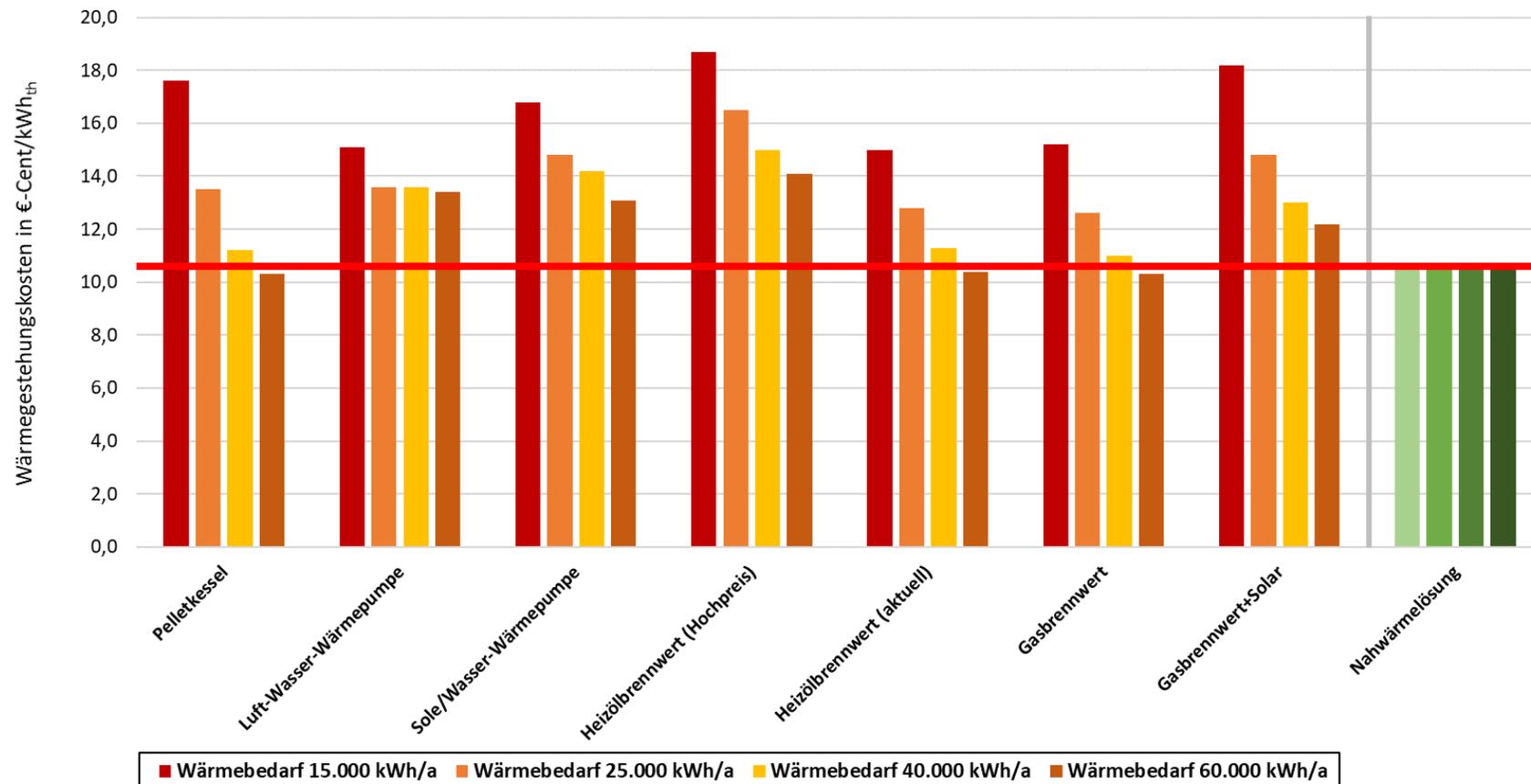
Variante 1.0
Hackgutkessel
Hackgutkessel
Erdgaskessel

	Variante 1.0
ohne mögliche Förderungen	
Investitionskosten [€]	2.428.000
Jahresgesamtkosten [€]	253.000
Wärmegestehungskosten [€-Cent/kWh]	11,6
mit möglichen Förderungen	
maximale Projektförderung [€]	376.700
Jahresgesamtkosten [€]	230.000
Wärmegestehungskosten [€-Cent/kWh]	10,5
CO ₂ -Emissionen [t/a]	130

- Nachhaltige Lösung inkl. Fördermittel = Pelletkessel
- WGK deutlich höher als bei Nahwärmelösung

	Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2
	Heizölkessel	Erdgaskessel	Pelletkessel
ohne mögliche Förderungen			
Investitionskosten [€]	34.000	38.000	52.000
Jahresgesamtkosten [€]	8.000	8.000	9.000
Wärmegestehungskosten [€-Cent/kWh]	15,0	15,4	18,1
mit möglichen Förderungen			
maximale Projektförderung [€]	0	0	23.300
Jahresgesamtkosten [€]	8.000	8.000	8.000
Wärmegestehungskosten [€-Cent/kWh]	15,0	15,4	15,2
CO ₂ -Emissionen [t/a]	17	13	2

Vergleich Zentrale Versorgung Dezentrale Versorgung Privat / Gewerbe



REFERENZKOSTEN

Nahwärmeversorgung
10,5 €-Cent/kWh_{th}



Im Vergleich zu den
mittleren, dezentralen
Wärmegestehungskosten

WICHTIG:

Energieträger in der
Nahwärmeversorgung zu
>90 % regenerativ (Hackgut)

Handlungsempfehlungen

→ Bauhof:

- (Teilweise) energetische Sanierung mit kurz- bis mittelfristiger Amortisation
- Installation einer PV-Anlage (min. zur Eigenstromversorgung)
- Anschluss an einen regenerativen Nahwärmeverbund zur Wärmeversorgung (alternativ: Umstellung auf Holzpelletanlage)

→ Wärmeverbund:

- Mitunter starkes Interesse der Bevölkerung anhand der Rücklaufquote der Fragebogenaktion belegbar
- Wirtschaftlicher Betrieb eines regenerativen Wärmeverbundes darstellbar
- Einsatz von bis zu 90% regenerativer Energien möglich (bi- oder multivalent)
- Hohes CO₂-Minderungspotenzial
- Weiterentwicklung mit Gebietserweiterung sinnvoll

→ Allgemein:

- Mögliche positive Auswirkungen auf bisherige Ergebnisse durch Vergrößerung des Untersuchungsgebiets

Gebietsumgriff

ERWEITERT

- Prüfung einer nahezu **gesamten** Versorgung von Bubenreuth (Nord)
- Einbindung **Solarpark / Wärmespeicher**
- Einbindung neuer Bebauungsflächen (alternativer Standort Heizzentrale)
- Ausblick: Wärmenetze 4.0 (Solar + Biomasse + KWK + Umweltwärme etc.)
- Mögliche Einbindung von **FF Solarthermie** und/oder **Biogasanlage (Satelliten-BHKW)**
- etc...



Datenquelle: Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de

Umsetzungsbegleitung

für den erweiterten Gebietsumgriff (bis gesamt Bubenreuth-Nord)

- Konkrete Weiterentwicklung des Teil-Energienutzungsplanes
- Verschiedene Verbundnetze bis hin zur Gesamtversorgung
- Mögliche positive Auswirkungen auf bisherige Ergebnisse durch Vergrößerung des Untersuchungsgebiets
- Ggf. Einbindung weiterer Energieträger (Solar, Biogas)
- hohes CO₂-Minderungspotenzial nach den Ergebnissen des Teil-ENP auf erweiterten Gebietsumgriff übertragen
- **Förderung** durch das Bay. Staatsministerium für Wirtschaft u. Medien, Energie u. Technologie mit **70% der ansatzfähigen Kosten**
- Gesamtkosten lt. vorliegendem Angebot 21.250 € = **Eigenanteil der Gemeinde = 6.375 €**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Besuchen Sie uns doch auch auf...

www.ifeam.de



www.facebook.com/ifeam.de



www.t1p.de/ifeam



Preisentwicklung versch. Brennstoffe pro 1.000 kWh (\approx 100 Liter Heizöl)