

Energiekonzept Neubau: Städtischer Bauhof Burgdorf

Christoph Vögerl

22.06.2021

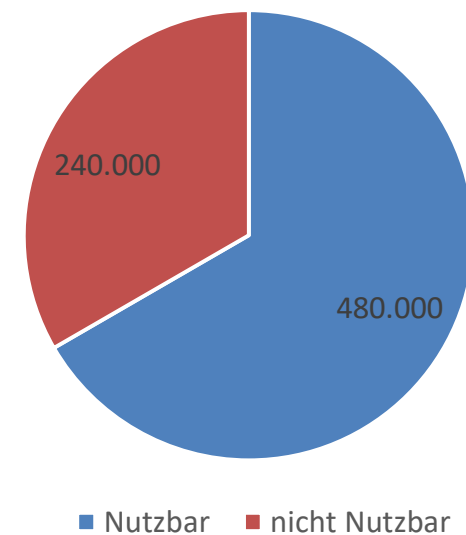
1. Ermittlung Potenzial städtische Biomasse
2. Auswertung Ist-Zustand Kläranlage
3. Dezentrale Energieversorgung Bauhof
4. Energieverbund Kläranlage und Bauhof
5. Fazit

- 1. Ermittlung Potenzial städtische Biomasse**
2. Auswertung Ist-Zustand Kläranlage
3. Dezentrale Energieversorgung Bauhof
4. Energieverbund Kläranlage und Bauhof
5. Fazit

Vorhandene Biomasse zur thermischen Verwertung

vorhandene Biomasse Stadt Burgdorf		
Aus Landschaftspflegemaßnahmen		240.000
davon Baum und Strauchschnitt belaubt	[kWh/a]	140.000
davon Baum und Strauchschnitt unbelaubt	[kWh/a]	100.000
Aus Durchforstung (im „Standard“-Kessel nutzbar)	[kWh/a]	483.000
davon Stammholz (Verlosung)	[kWh/a]	334.000
davon Totholz (Annahme 15% von 2020)	[kWh/a]	149.000
Prognose Wärmebedarf Bauhof	[kWh/a]	167.000

nutzbare Holzmengen
„Standardkessel“ in kWh

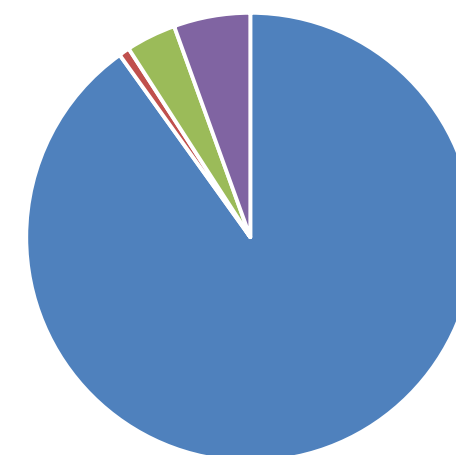


1. Ermittlung städtische Biomasse
- 2. Auswertung Ist-Zustand Kläranlage**
3. Dezentrale Energieversorgung Bauhof
4. Energieverbund
5. Fazit

Ist-Zustand Kläranlage Wärmebedarf und Überschüsse

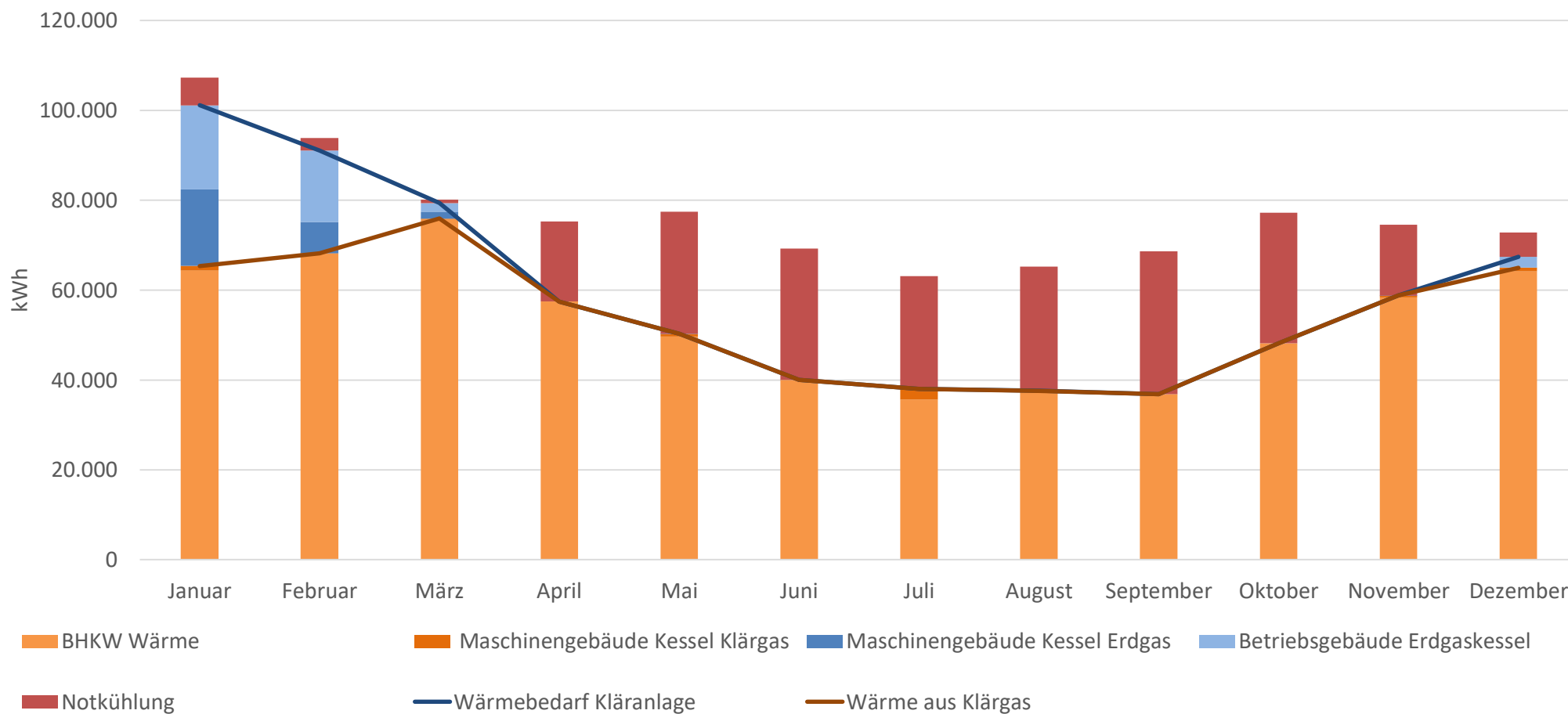
Bilanz 2020		Kläranlage Burgdorf	
Wärmebedarf	[kWh/a]	706.000	100%
Wärme aus BHKW	[kWh/a]	636.000	90%
Wärmemenge Masch. Geb. Klärgas	[kWh/a]	5.500	1%
Wärmemenge Masch. Geb. Erdgas	[kWh/a]	25.500	4%
Betriebsgebäude Erdgaskessel	[kWh/a]	39.000	5%
Wärme Notkühlung BHKW	[kWh/a]	219.000	26% BHKW
Betrieb Gasfackel	[kWh/a]	101.000	5% Klärgas

Wärmeversorgung Kläranlage 2020



- Heizwasser BHKW
- Klärgasverbrauch heizung
- Erdgasverbrauch Faulung
- Erdgas Betriebsgebäude

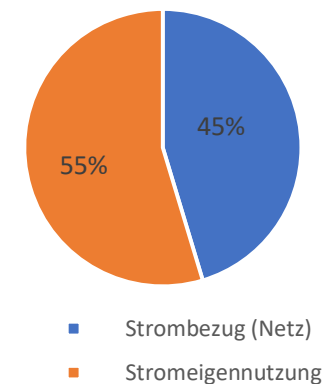
Ist-Zustand Kläranlage Wärmebedarf und Überschüsse



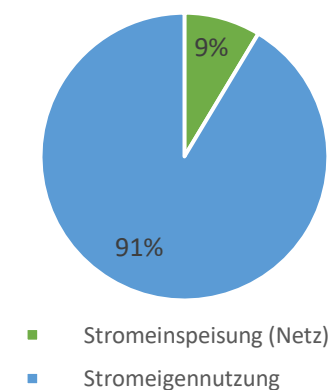
Ist-Zustand Kläranlage Strombedarf

2020		Kläranlage Burgdorf	Prozent
Strombedarf	[kWh _{el} /a]	1.025.000	100%
Strombezug (Netz)	[kWh _{el} /a]	465.000	45%
Stromeigennutzung	[kWh _{el} /a]	560.000	55%
Stromerzeugung BHKW	[kWh _{el} /a]	611.000	100%
Stromeinspeisung	[kWh _{el} /a]	53.000	9%
Stromeigennutzung	[kWh _{el} /a]	560.000	91%
Leistungsspitze Bezug	[kW]	312	[-]
Strompreis (ohne Fixkosten)	[Cent/kWh]	18,425	[-]
Stromkosten netto	[€/a]	87.000	[-]
CO ₂ -Emissionen	[t/a]	200	[-]

Strombedarf



BHKW



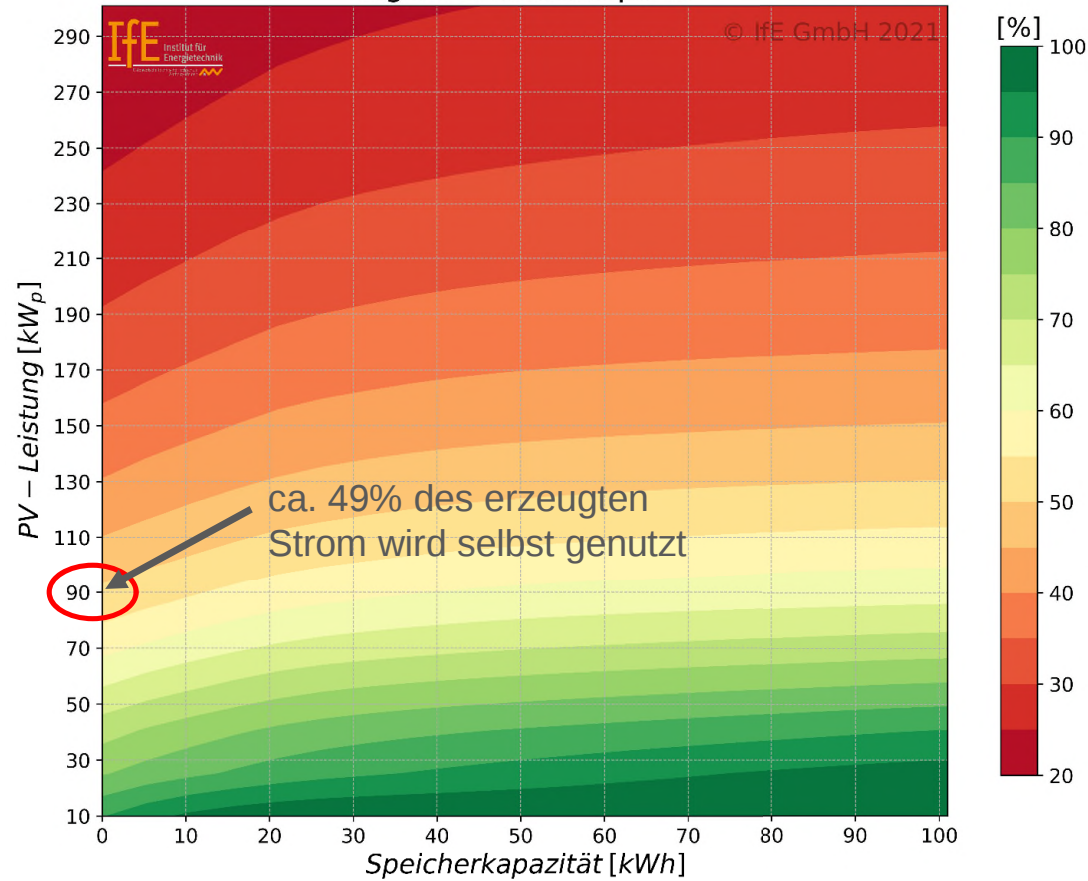
1. Ermittlung städtische Biomasse
2. Auswertung Ist-Zustand Kläranlage
- 3. Dezentrale Energieversorgung Bauhof**
 - a) **Prognose Energiebedarf**
 - b) Energieversorgungsvarianten
 - c) Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
 - d) CO₂-Bilanz
4. Energieverbund
5. Fazit

Prognose Energiebedarf Bauhof

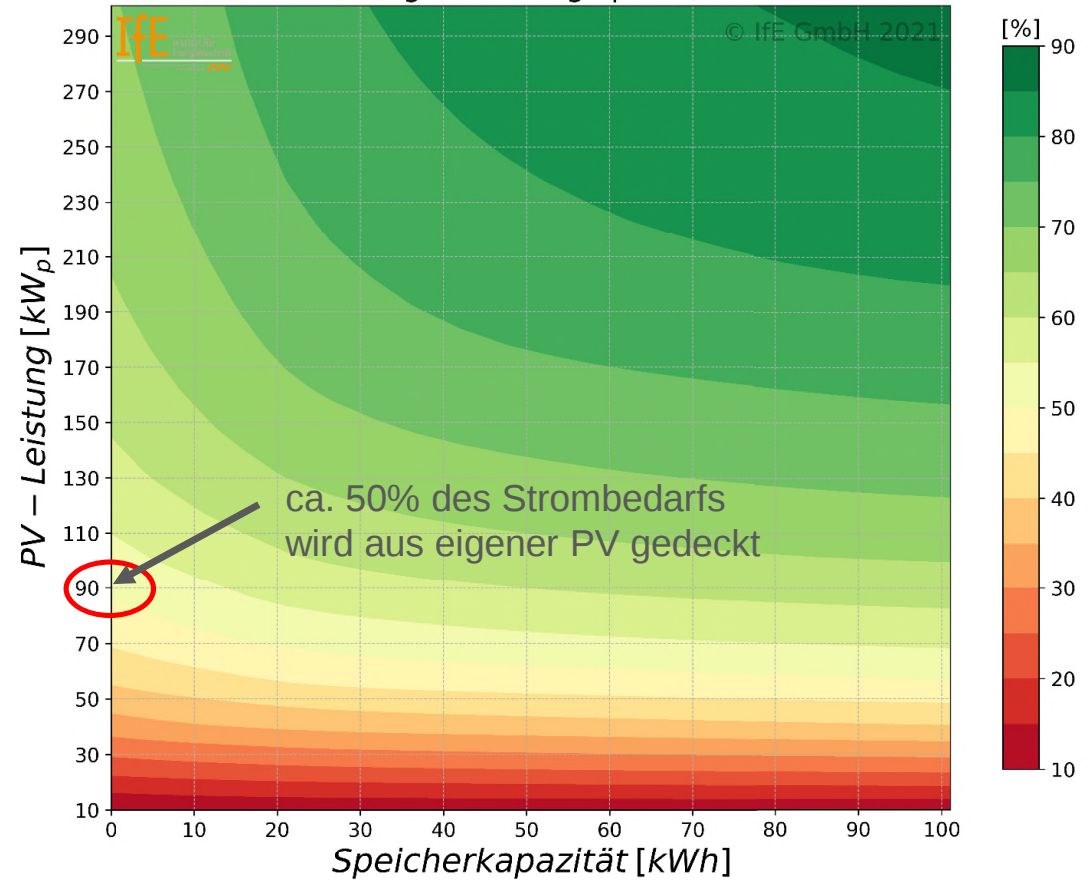
- Prognose des zukünftigen Strom- und Wärmebedarfs:
 - Stromverbrauch: ca. 88.000 kWh/a (ohne zusätzliche E-Fahrzeuge)
 - Wärmebedarf: ca. 167.000 kWh/a (inkl. Warmwasserbedarf Duschen)

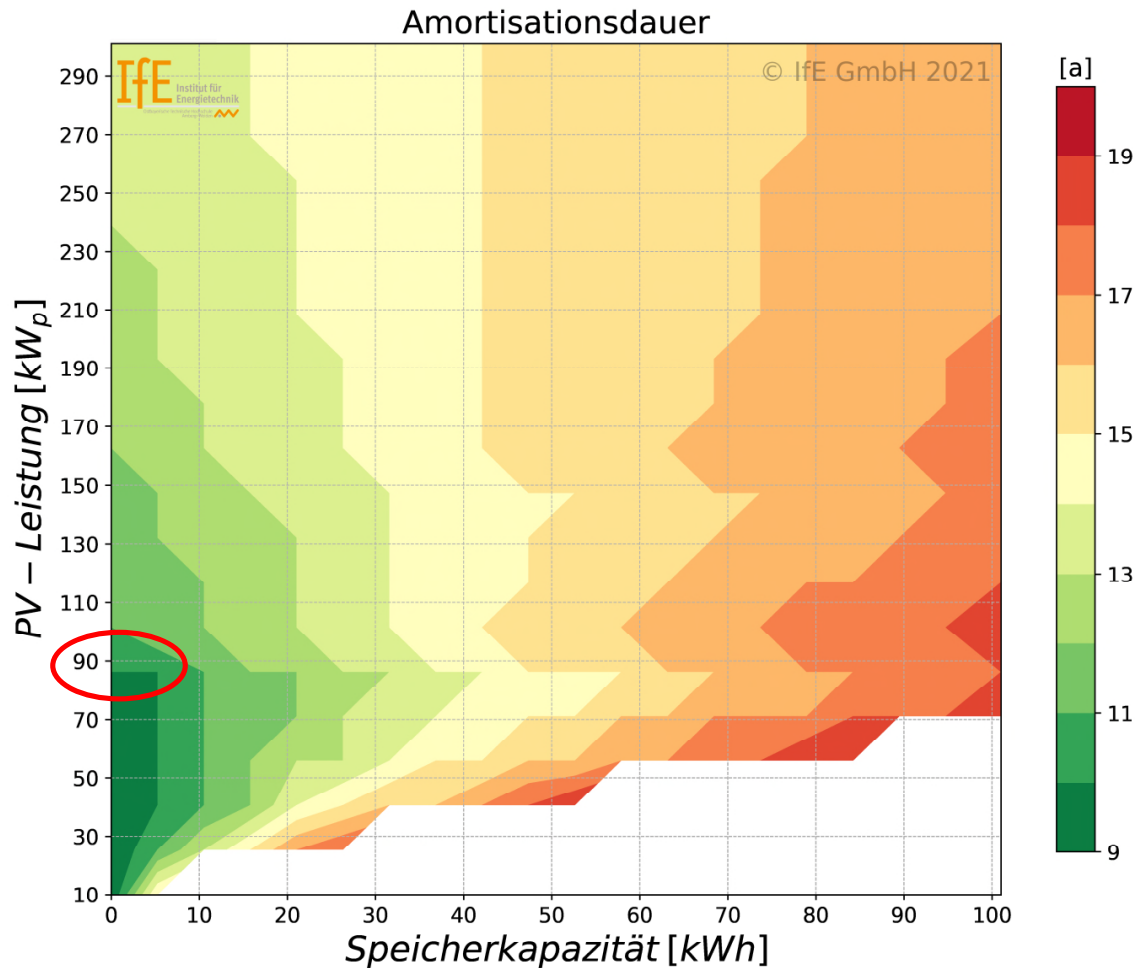
1. Ermittlung städtische Biomasse
2. Auswertung Ist-Zustand Kläranlage
- 3. Dezentrale Wärmeversorgung Bauhof**
 - a) Prognose Energiebedarf
 - b) Energieversorgungsvarianten**
 - c) Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
 - d) CO₂-Bilanz
4. Energieverbund
5. Fazit

Eigenverbrauchsquote



Eigendeckungsquote





- Bei ca. 90 kWp guter Kompromiss aus Eigendeckungsquote, Eigenverbrauchsquote und Rendite
- Die Amortisationszeit liegt bei rund 10 Jahren (fremdfinanziert: 1%)
- Investitionskosten: ca. 85.000 €
- Überschuss nach 20 Jahren: 98.000 €

Betrachtung der dezentralen Energieversorgungsvarianten:

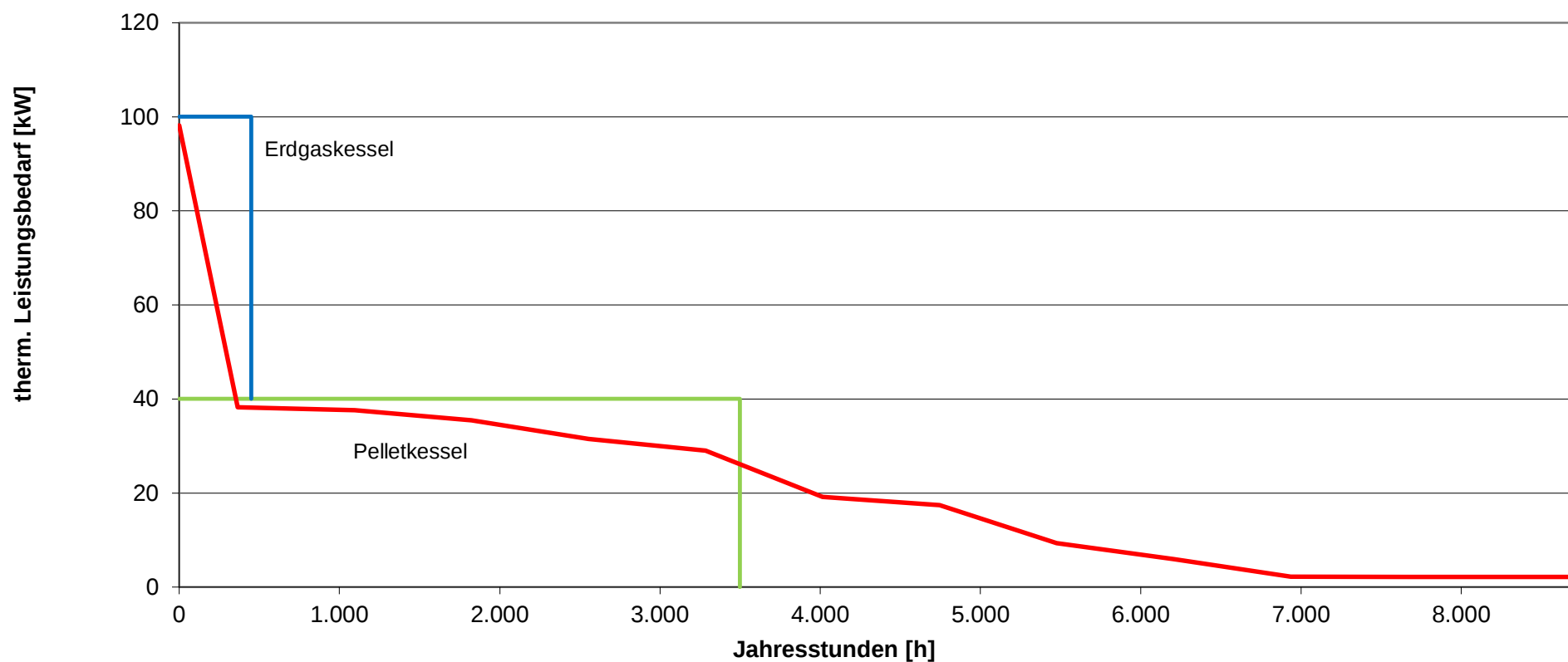
- **Var. 1.1:** Holzpelletkessel mit Erdgasspitzenlastkessel
- **Var. 1.2:** 2 x Holzpelletkessel
- **Var. 1.3:** Hackgutkessel mit Erdgasspitzenlastkessel
- **Var. 1.4:** 2 x Hackgutkessel
- **Var. 1.5*:** Erdgas-BHKW (20 kW_{el}), Erdgas-Spitzenlastkessel*

- **In allen Varianten: Photovoltaikanlage 90 kW_p**

**Effizienzstandard nach Effizienzgebäude 55 oder 40 schwieriger zu erreichen; Zuschuss zwischen 15% und 22,5% auf Gesamtmaßnahme)*

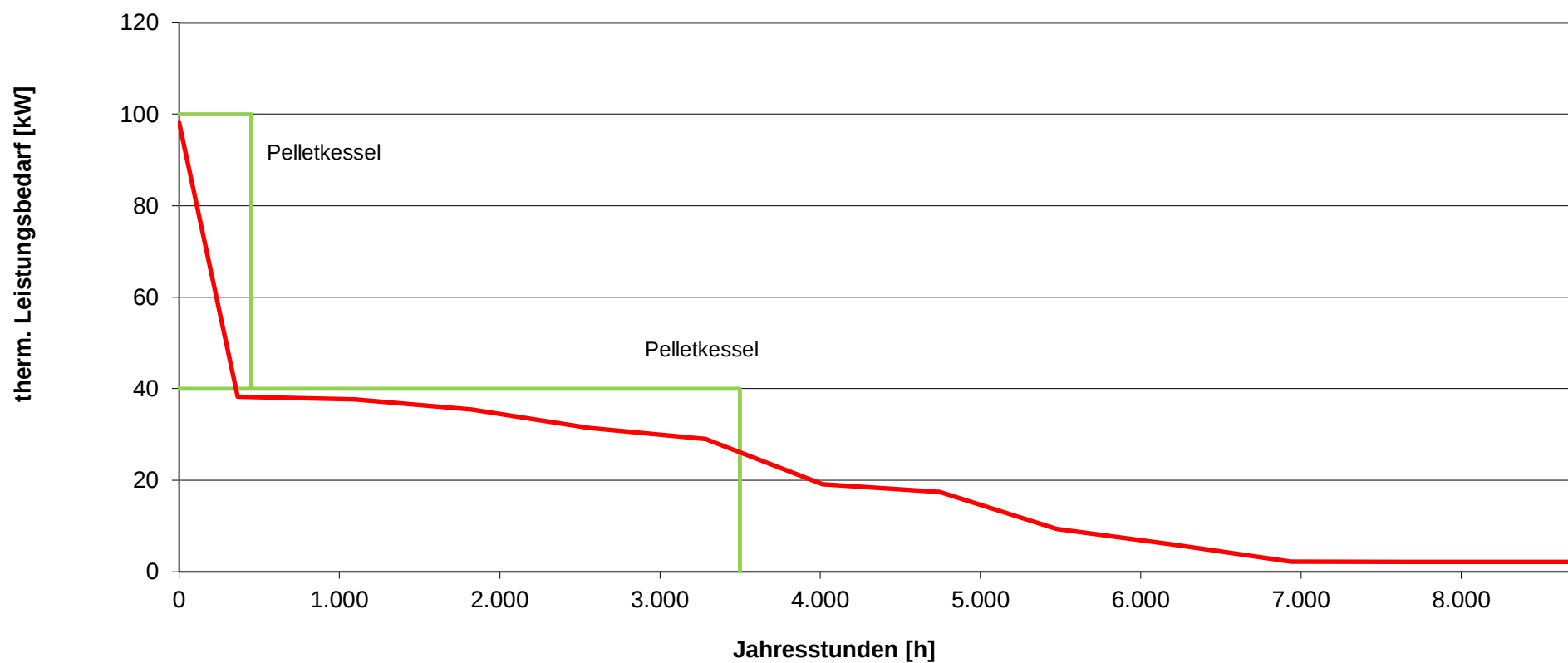
Energieversorgungsvarianten

Variante 1.2



Energieversorgungsvarianten

Variante 1.3



1. Ermittlung städtische Biomasse
2. Auswertung Ist-Zustand Kläranlage
- 3. Dezentrale Wärmeversorgung Bauhof**
 - a) Prognose Energiebedarf
 - b) Energieversorgungsvarianten
 - c) Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**
 - d) CO₂-Bilanz
4. Energieverbund
5. Fazit

- Ermittlung der Wärmegestehungskosten nach Annuitätenmethode in Anlehnung an die VDI 2067
- Bezugsjahr ist 2021; Betrachtungszeitraum 20 Jahre
- Alle Preise sind Nettopreise
- Kosten ab Wärmeverteilung etc. sind nicht berücksichtigt, da in allen Varianten gleich
- Der kalkulatorische Zinssatz beträgt für Fremdkapital konstant 1,0 % über 20 Jahre
- Die Brennstoffkosten bleiben im Betrachtungszeitraum konstant
- Berücksichtigung der CO₂-Steuer auf fossile Energieträger

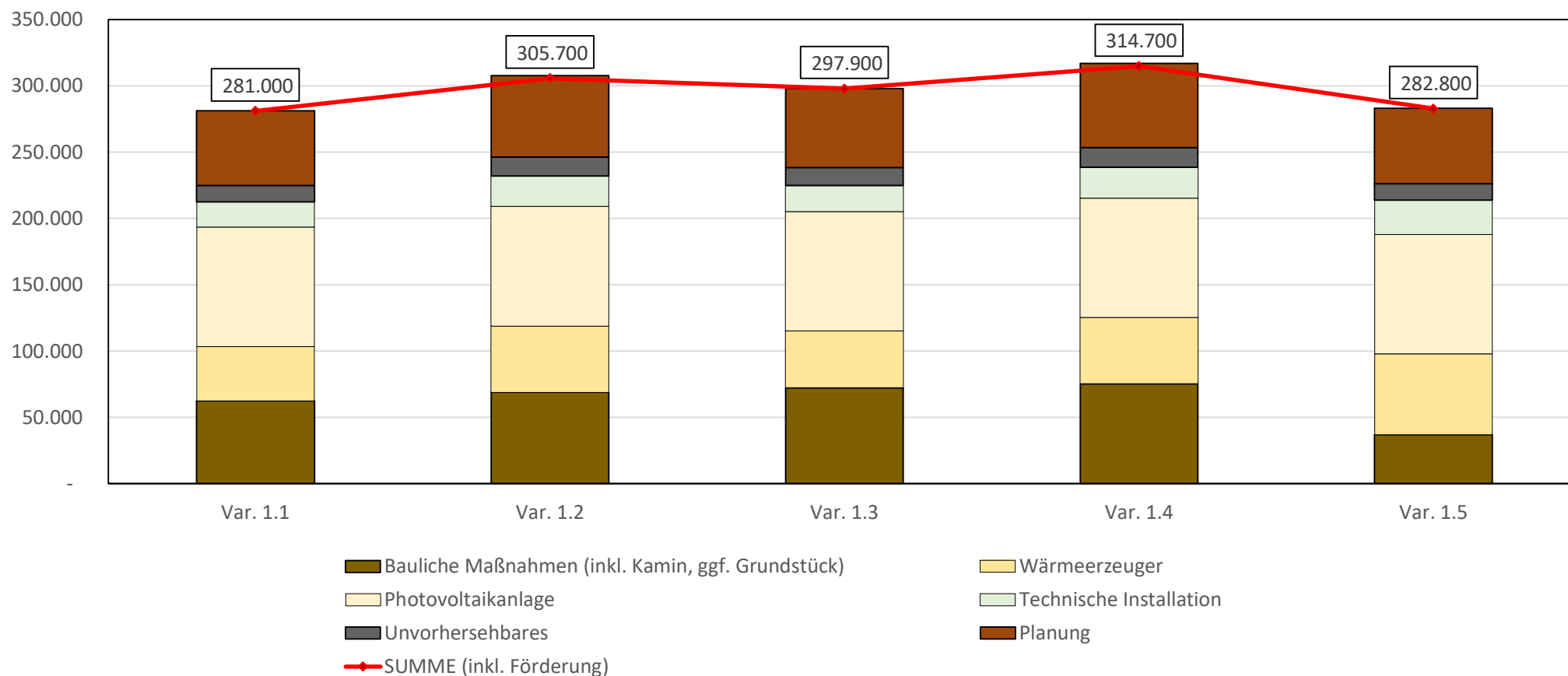
Energiekosten:

Netto

- | | | |
|-------------------------|----------------------------|--|
| • Erdgas | 3,5 Cent/kWh _{Hi} | (aktueller Preis Kläranlage) |
| • Holzpellets | 210 Euro/t | (Heizwert 4,9 kWh _{Hi} /kg) |
| • Hackschnitzel | 130 Euro/t | (Heizwert 3,3 kWh _{Hi} /kg) |
| • Hackschnitzel (Stadt) | 120 Euro/t | (Heizwert 3,2 kWh _{Hi} /kg) |
| • Strompreis: | 18,4 Ct/kWh _{el} | (aktuelle Stromabrechnung, ohne Fixkosten) |

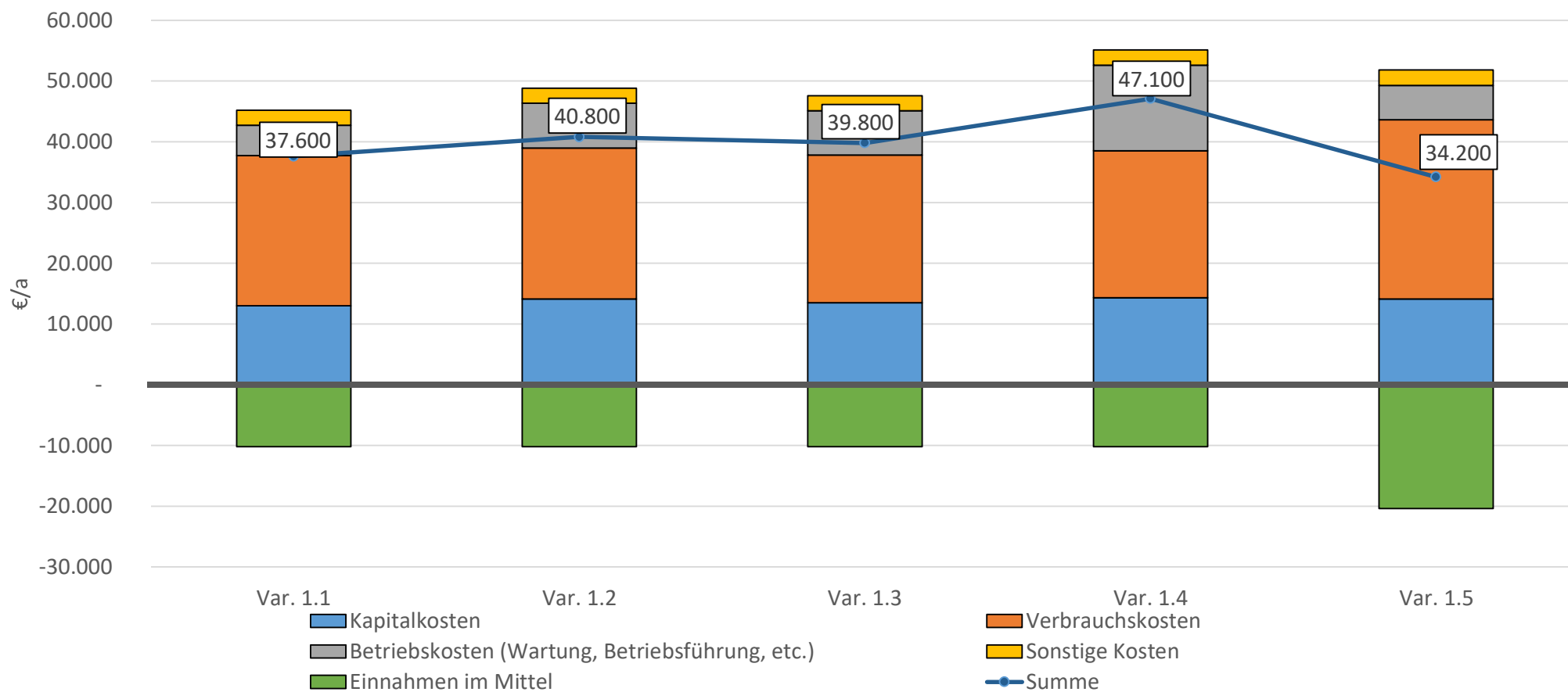
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Investitionskosten



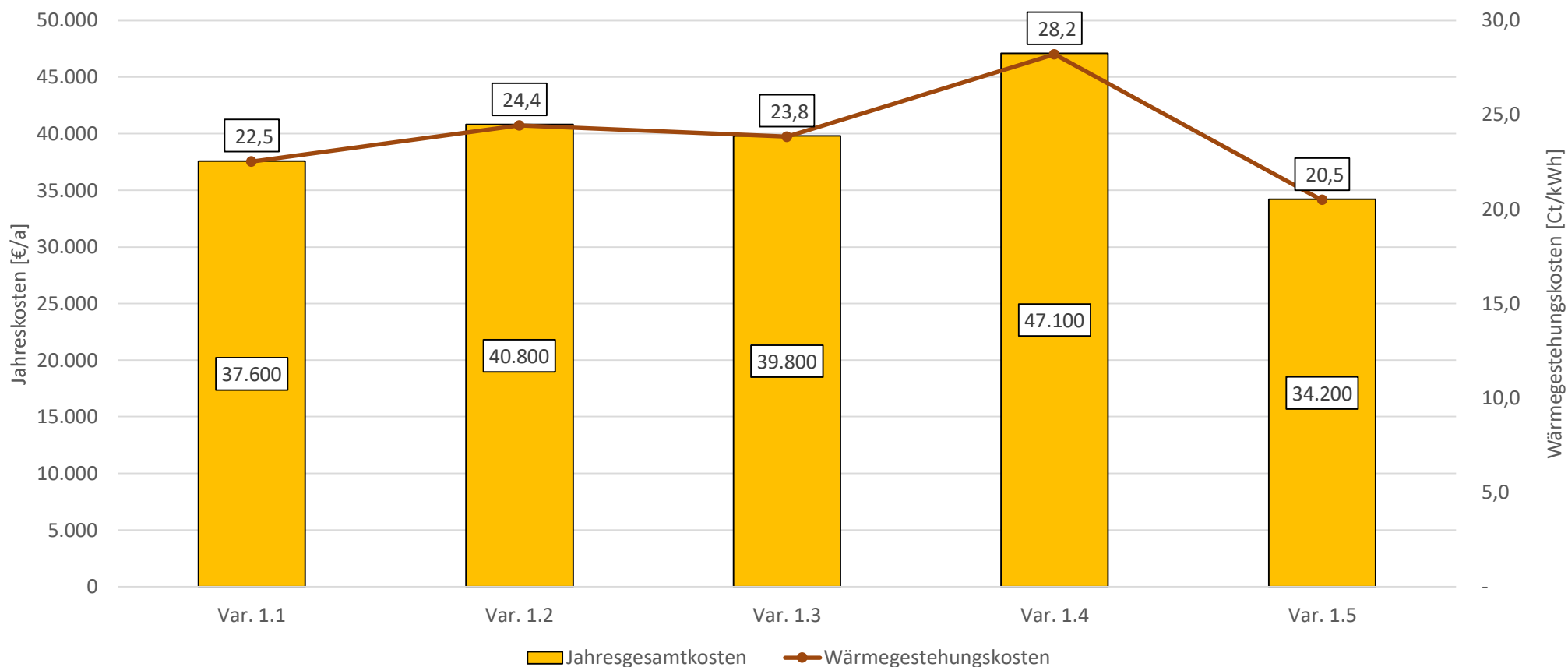
Var. 1.1	Var. 1.2	Var. 1.3	Var. 1.4	Var. 1.5
Holzpelletkessel	Holzpelletkessel	Hackschnitzelkessel	Hackschnitzelkessel	Dachs Erdgas BHKW
Erdgaskessel	Holzpelletkessel	Erdgaskessel	Hackschnitzelkessel	Erdgaskessel

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Jahresgesamtkosten



Var. 1.1	Var. 1.2	Var. 1.3	Var. 1.4	Var. 1.5
Holzpelletkessel	Holzpelletkessel	Hackschnitzelkessel	Hackschnitzelkessel	Dachs Erdgas BHKW
Erdgaskessel	Holzpelletkessel	Erdgaskessel	Hackschnitzelkessel	Erdgaskessel

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten



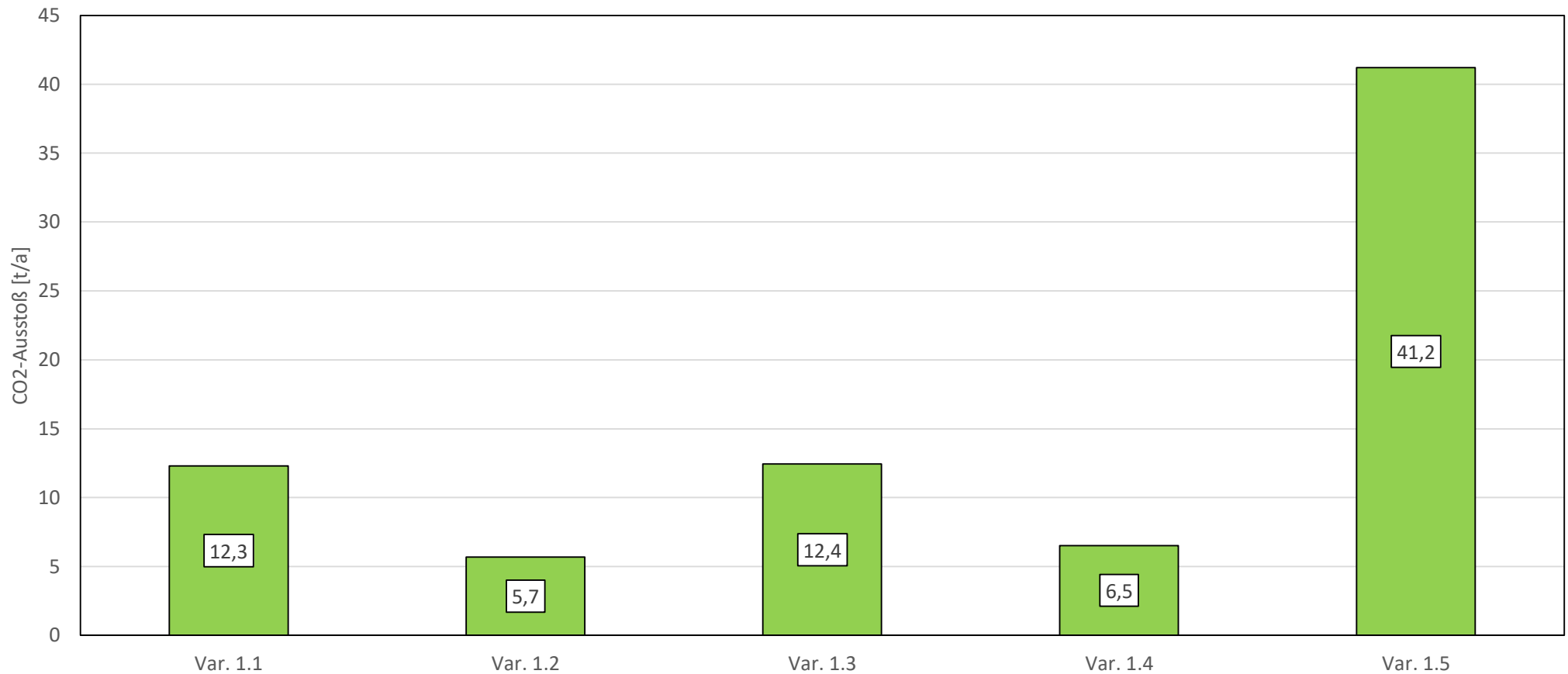
Var. 1.1	Var. 1.2	Var. 1.3	Var. 1.4	Var. 1.5
Holzpelletkessel	Holzpelletkessel	Hackschnitzelkessel	Hackschnitzelkessel	Dachs Erdgas BHKW
Erdgaskessel	Holzpelletkessel	Erdgaskessel	Hackschnitzelkessel	Erdgaskessel

1. Ermittlung städtische Biomasse
2. Auswertung Ist-Zustand Kläranlage
- 3. Dezentrale Wärmeversorgung Bauhof**
 - a) Prognose Energiebedarf
 - b) Energieversorgungsvarianten
 - c) Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
 - d) CO₂-Bilanz**
4. Energieverbund
5. Fazit

- CO₂-Bilanzierung der eingesetzten Energieträger
- Emissionsfaktoren nach Anlage 9 - Gebäudeenergiegesetz (GEG) bzw. CO₂-Emissionen Energiemix Deutschland*
 - Klärgas: 0 g CO₂-Äquivalent pro kWh
 - Erdgas: 240 g CO₂-Äquivalent pro kWh
 - Biomasse: 20 g CO₂-Äquivalent pro kWh
 - Strom: 352 g CO₂-Äquivalent pro kWh (CO₂-Emissionen Energiemix Deutschland*)
 - Stromerzeugung: -352 g CO₂-Äquivalent pro kWh (CO₂-Emissionen Energiemix Deutschland*)

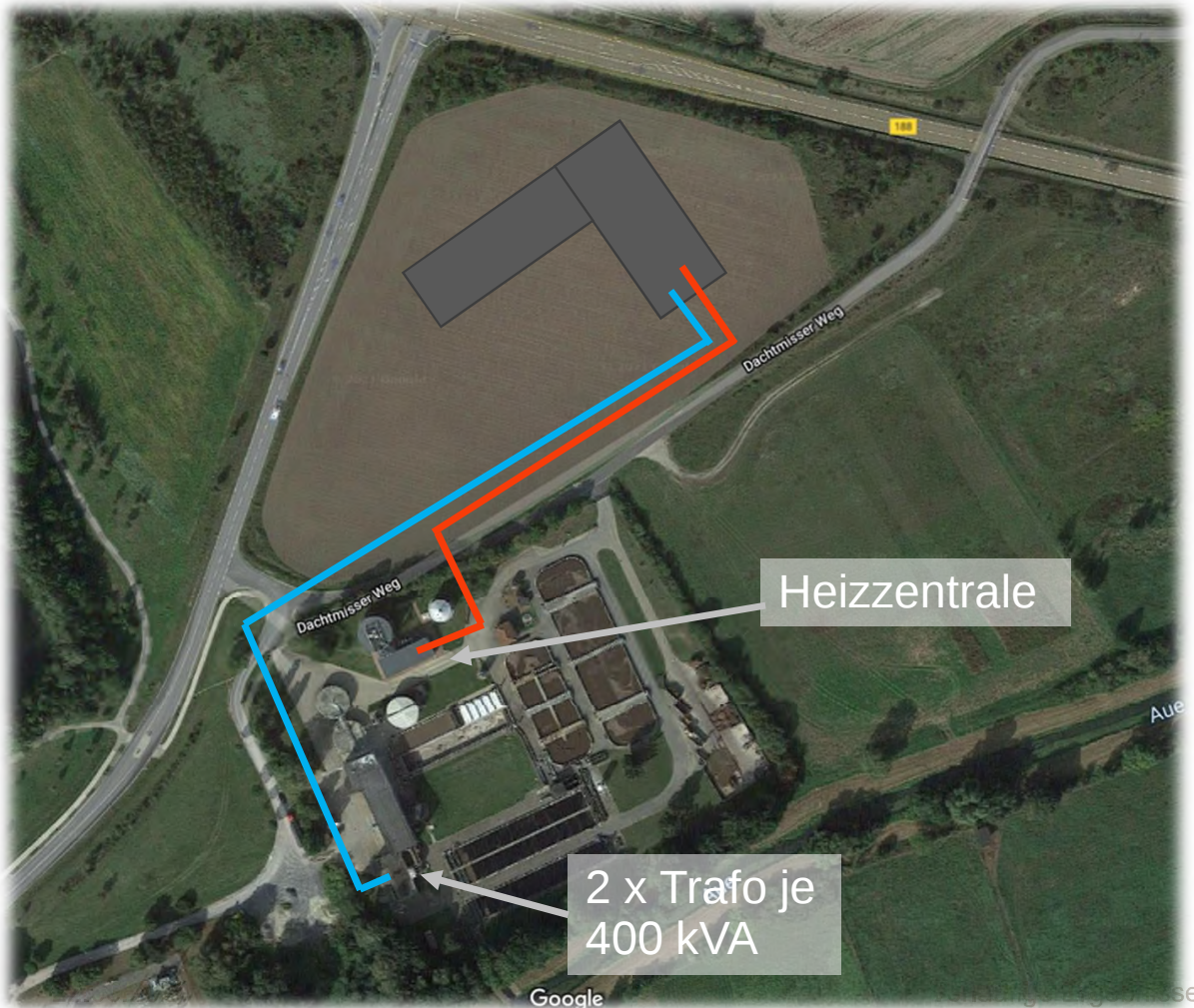
Quelle: Stadtwerke Burghdorf GmbH; <https://www.stadtwerke-burghdorf.de/strom-fuer-burghdorf/energiemix.html>

CO₂-Bilanz



Var. 1.1	Var. 1.2	Var. 1.3	Var. 1.4	Var. 1.5
Holzpelletkessel	Holzpelletkessel	Hackschnitzelkessel	Hackschnitzelkessel	Dachs Erdgas BHKW
Erdgaskessel	Holzpelletkessel	Erdgaskessel	Hackschnitzelkessel	Erdgaskessel

1. Ermittlung Potenzial städtische Biomasse
2. Auswertung Ist-Zustand Kläranlage
3. Dezentrale Wärmeversorgung Bauhof
- 4. Energieverbund**
 - a) Prognose Energiebedarf und nutzbare Energiemengen**
 - b) Energieversorgungsvarianten
 - c) Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
 - d) CO₂-Bilanz
5. Fazit



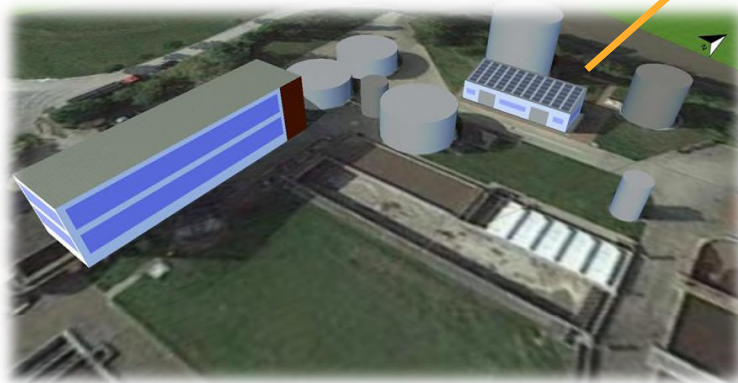
- Aufbau eines Wärme- und Stromverbundes
- Niederspannungsseitiger Stromverbund möglich
 - ein Letztverbraucher
 - direkte Stromeigennutzung aller Erzeugungsanlagen
- Standort Heizzentrale: Kläranlage
 - Eigenverbrauchsoptimierte Regelung der KWK-Anlage
 - Einbindung des 350 m³ Klärgasspeichers
 - Einbindung eines Pufferspeichers

Wärme

Wärmebedarf Kläranlage	700.000	[kWh/a]
Erdgasbezug Kläranlage	64.000	[kWh/a]
Wärmeüberschuss Kläranlage	<u>220.000</u>	[kWh/a]
Energiemengen Holz nutzbar	483.000	[kWh/a]
Prognose Wärmebedarf Bauhof	167.000	[kWh/a]

Strom

Strombedarf Kläranlage	1.000.000	[kWh _{el} /a]
Strombezug Kläranlage	465.000	[kWh _{el} /a]
Strombedarf Bauhof	88.000	[kWh _{el} /a]
PV Potenzial Kläranlage	25.000	[kWh _{el} /a]
PV Potenzial Bauhof	ca. 500.000*	[kWh _{el} /a]
Stromüberschuss Kläranlage	<u>53.000</u>	[kWh _{el} /a]



**überschlägige Ermittlung; abhängig von Dachfläche und Dachform (aktuell nicht bekannt)*

1. Ermittlung Potenzial städtische Biomasse
2. Auswertung Ist-Zustand Kläranlage
3. Dezentrale Wärmeversorgung Bauhof
- 4. Energieverbund**
 - a) Prognose Energiebedarf und nutzbare Energiemengen
 - b) Energieversorgungsvarianten**
 - c) Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
 - d) CO₂-Bilanz
5. Fazit

Betrachtung der Energieversorgungsvarianten als Verbund Bauhof und Kläranlage (Standort Wärmeerzeuger: Kläranlage):

- **Var. 2.0** **Referenzvariante – Ist-Zustand Kläranlage**

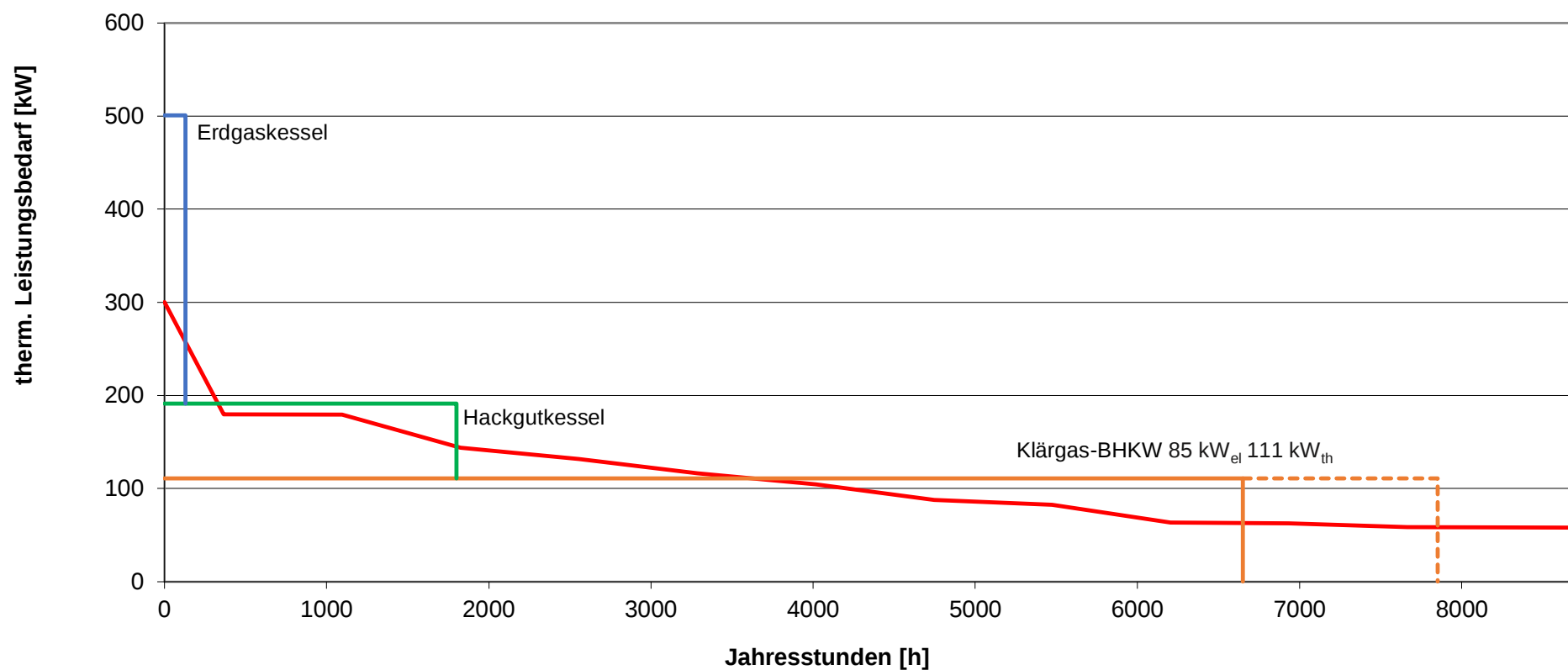
- **Var. 2.1:** Klärgas BHKW (Bestand 85 kW_{el}), Erdgaskessel (Bestand), Erdgaskessel
- **Var. 2.2:** Klärgas BHKW (Bestand 85 kW_{el}), Erdgaskessel (Bestand), Pelletkessel
- **Var. 2.3:** Klärgas BHKW (Bestand 85 kW_{el}), Erdgaskessel (Bestand), Hackgaskessel
- **Var. 2.4:** Klärgas BHKW (Bestand 85 kW_{el}), Erdgaskessel (Bestand), Hackgaskessel (städtisches Hackgut)

- **Var. 3.1:** neues Klärgas BHKW (100 kW_{el}), Erdgaskessel Bestand, Erdgaskessel
- **Var. 3.2:** neues Klärgas BHKW (100 kW_{el}), Erdgaskessel Bestand, Hackgaskessel (städtisches Hackgut)
- **Var. 3.3:** neues Klär-/**Erdgas** BHKW (**160 kW_{el}**), Erdgaskessel Bestand, Erdgaskessel

- **In allen Varianten: Photovoltaikanlage 300 kW_p Bauhof + 26 kW_p Kläranlage**

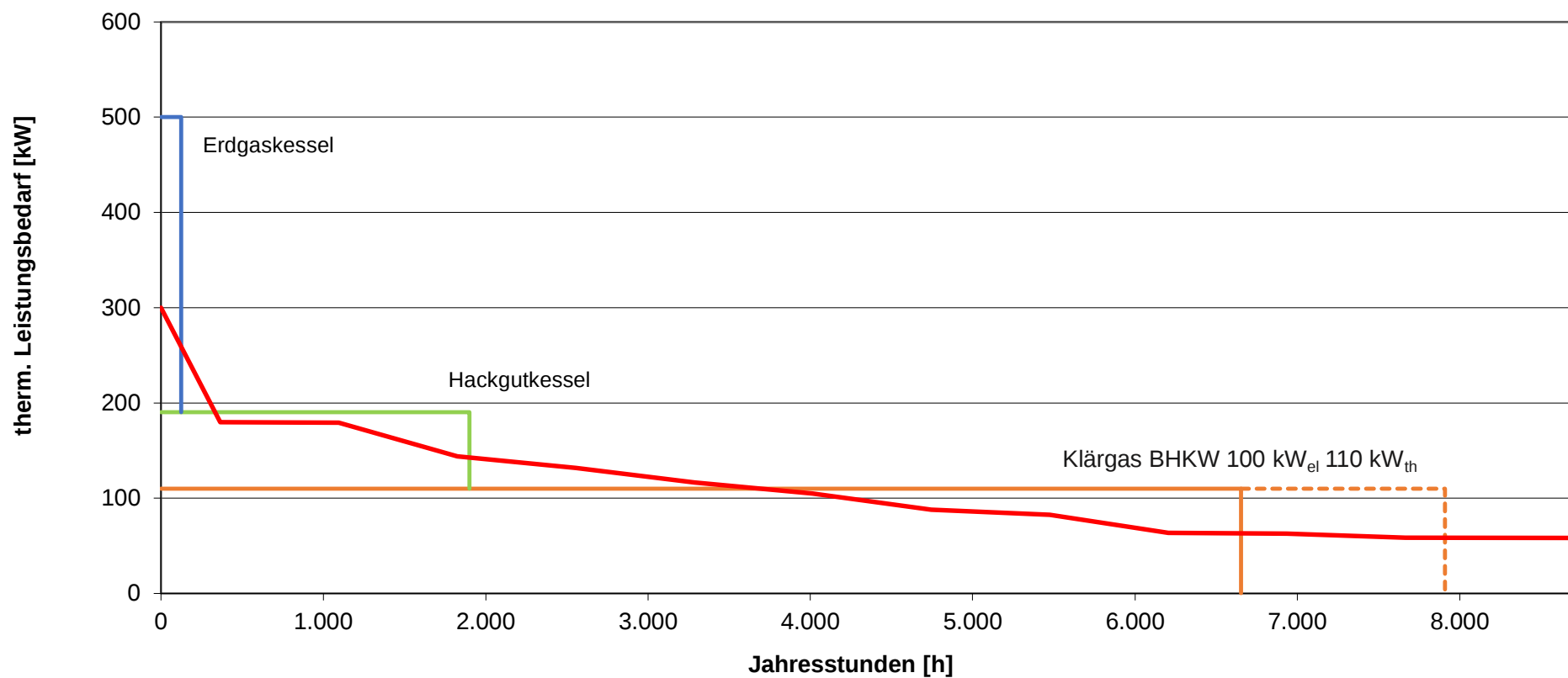
Energieversorgungsvarianten

Variante 2.4



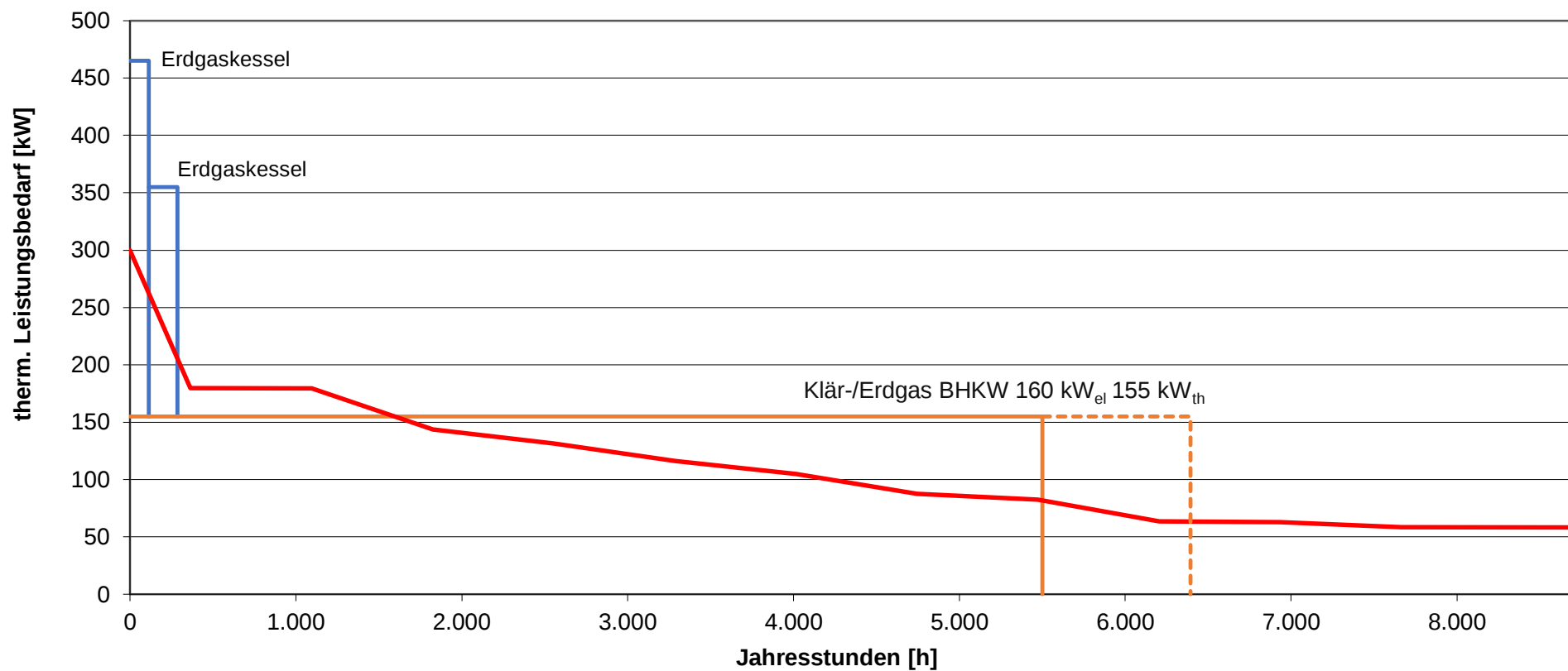
Energieversorgungsvarianten

Variante 3.2



Energieversorgungsvarianten

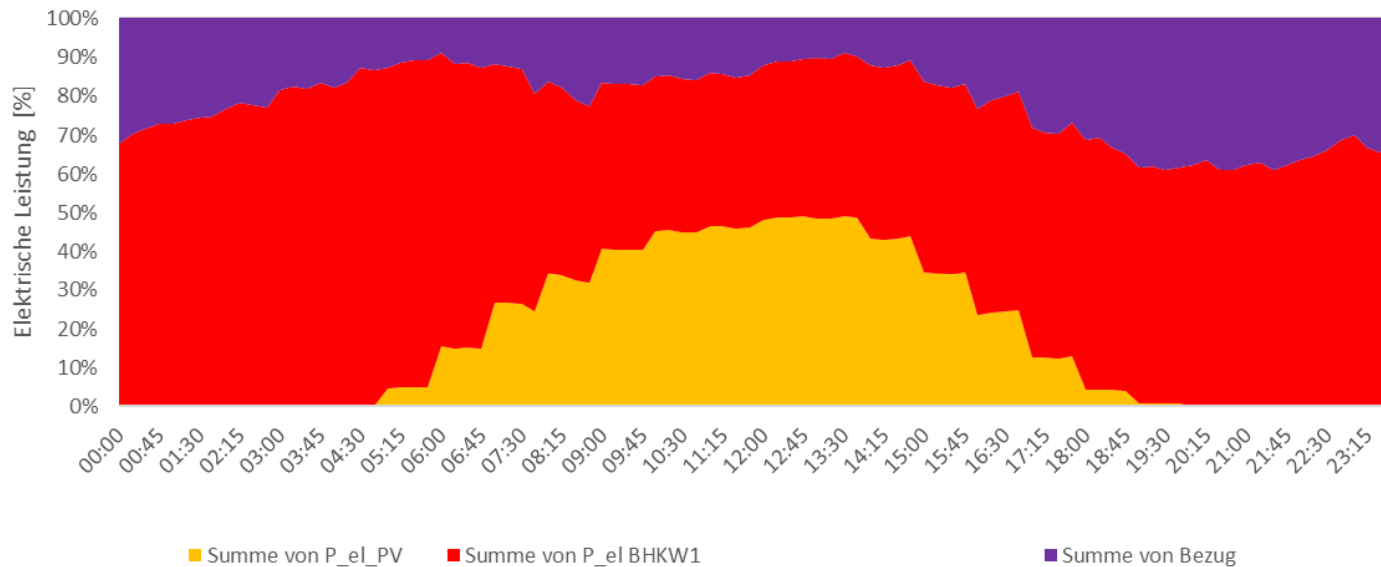
Variante 3.3



Energieversorgungsvarianten

Beispiel Simulation Eigenverbrauch Variante 3.3

Durchschnittlicher Energieverbrauch



- Stromverbund aus Bauhof und Kläranlage
- 326 kW_p PV-Anlage
(300 kW_p Bauhof + 26 kW_p Kläranlage)
- 160 kW_{el} Erdgas-Klärgas-BHKW

1. Ermittlung Potenzial städtische Biomasse
2. Auswertung Ist-Zustand Kläranlage
3. Dezentrale Wärmeversorgung Bauhof
- 4. Energieverbund**
 - a) Prognose Energiebedarf und nutzbare Energiemengen
 - b) Energieversorgungsvarianten
 - c) Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**
 - d) CO₂-Bilanz
5. Fazit

- Analog Bauhof
- Die Abschreibung für das bestehende BHKW beträgt ca. 31.000,- €/a. Für 1,5 Jahre Restnutzungsdauer bei Außerbetriebnahme in 2025 werden außerplanmäßig 46.500,- € angesetzt.

Energiekosten:

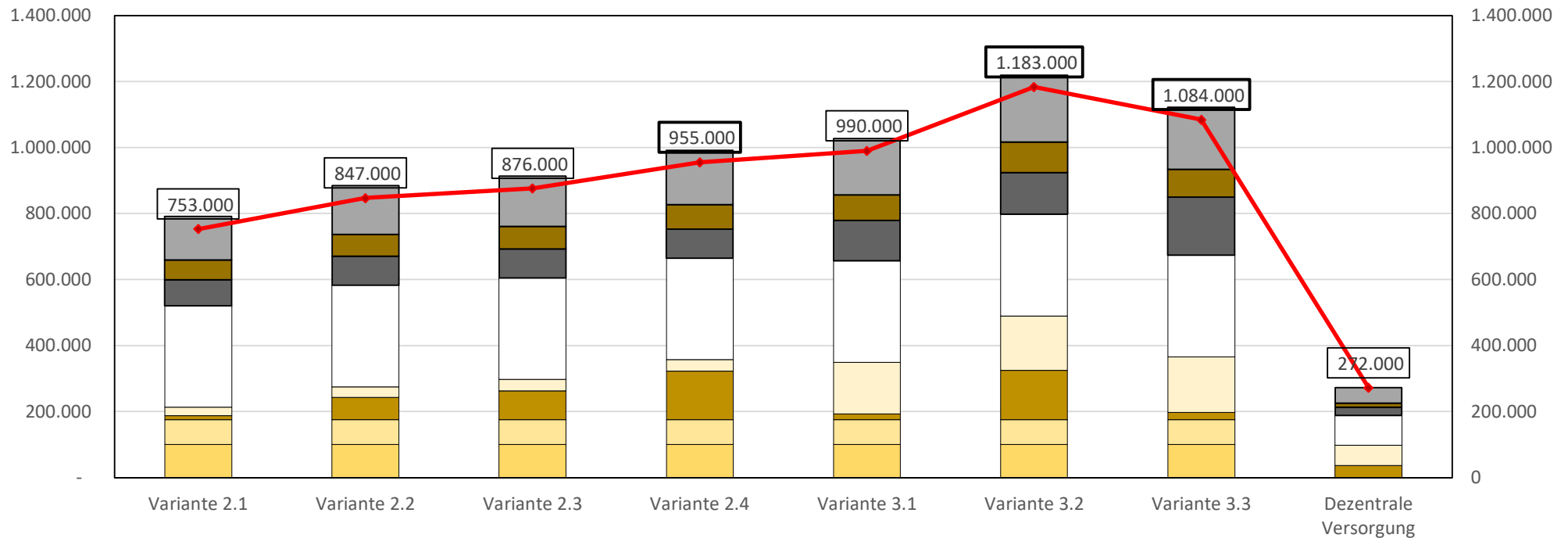
Netto

- | | | |
|-------------------------|----------------------------|--|
| • Erdgas | 3,5 Cent/kWh _{Hi} | (aktueller Preis Kläranlage) |
| • Holzpellets | 210 Euro/t | (Heizwert 4,9 kWh _{Hi} /kg) |
| • Hackschnitzel | 130 Euro/t | (Heizwert 3,3 kWh _{Hi} /kg) |
| • Hackschnitzel (Stadt) | 121 Euro/t | (Heizwert 3,2 kWh _{Hi} /kg) |
| • Strompreis: | 18,4 Ct/kWh _{el} | (aktuelle Stromabrechnung, ohne Fixkosten) |

	Ist-Zustand Kläranlage	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3	Dezentrale Versorgung
	BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW 100	BHKW 100	BHKW 160	BHKW Bestand
	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Pellet	Hackgut	Hackgut Stadt	Erdgaskessel	Hackgut	Erdgaskessel	Bauhof: BHKW 20
BAFA Wärmenetz	-	34.000	34.000	34.000	34.000	34.000	34.000	34.000	-
BAFA Wärmespeicher	-	3.700	3.700	3.700	3.700	3.700	3.700	3.700	-
Summe	-	37.700	37.700	37.700	37.700	37.700	37.700	37.700	-
KWK-Zuschlag						127.000	127.000	146.000	72.000

- Evtl. weitere Fördermittel über das BEG bzw. Leuchtturmrichtlinie möglich.
Dies betrifft insbesondere die Varianten 2.1 bis 3.3

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Investitionskosten

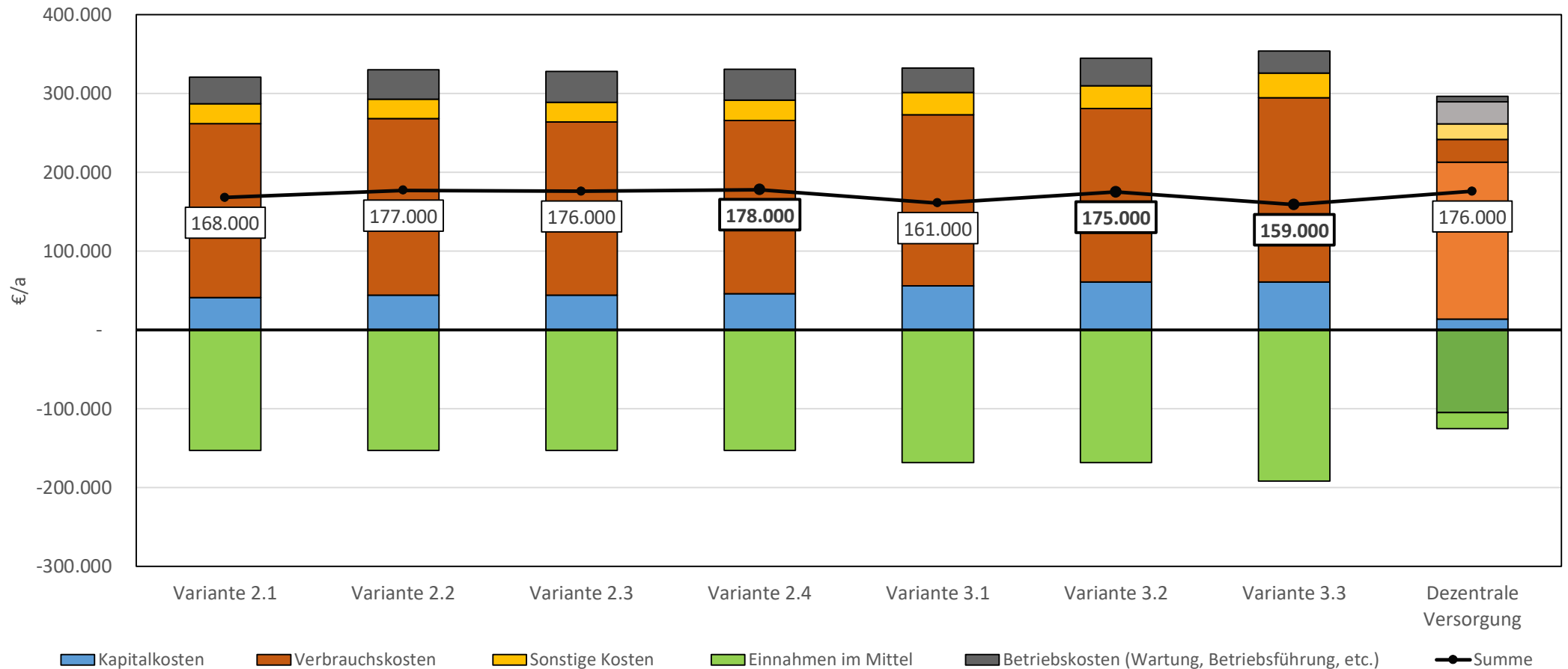


- Wärmenetz (inkl. Netzpumpen/Druckhaltung)
- Bauliche Maßnahmen (inkl. Kamin, ggf. Grundstück)
- Photovoltaikanlage
- Unvorhersehbares
- SUMME (inkl. Förderung)

- Stromverbund und Umbau Trafostation / Anschluss
- Wärmeerzeuger
- Technische Installation
- Planung

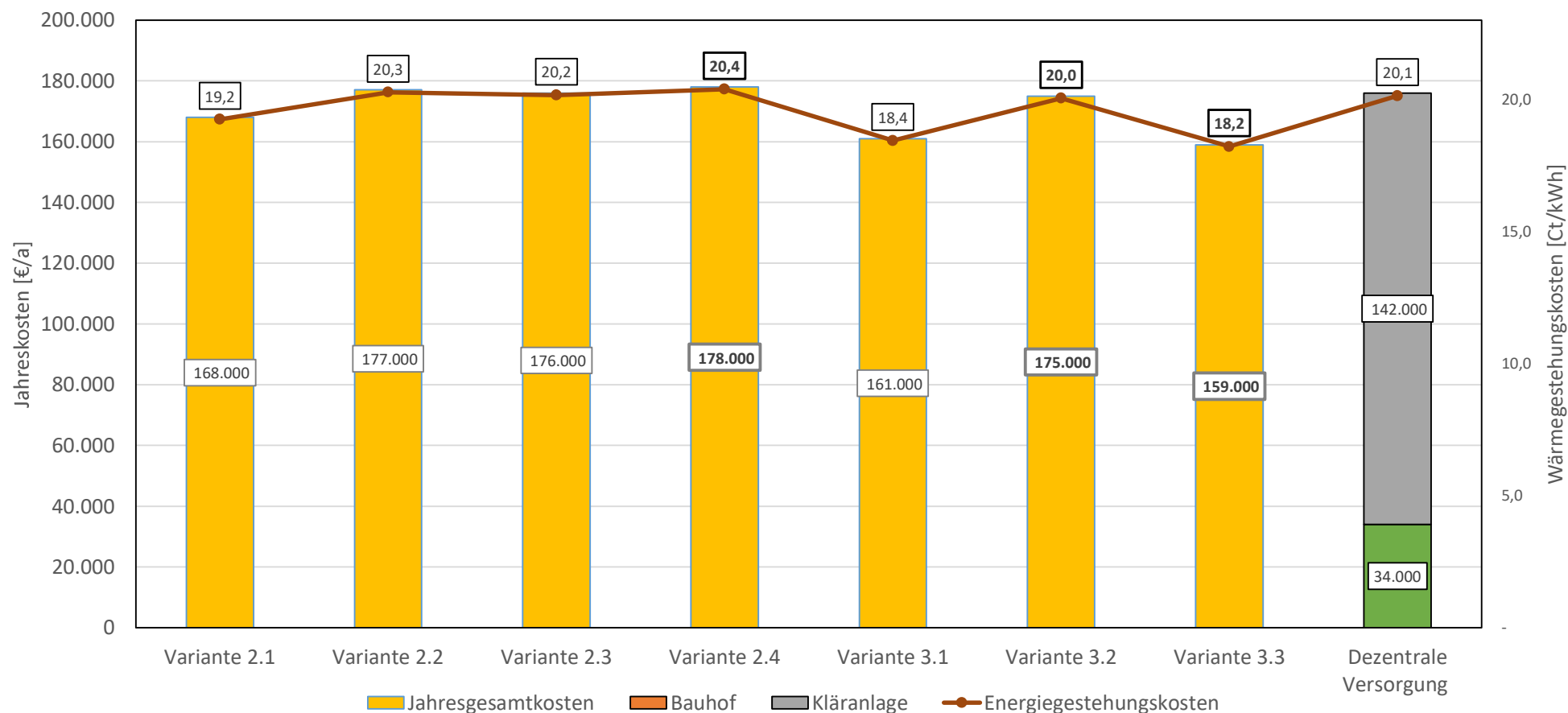
Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3	Dezentrale Versorgung
BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW 100	BHKW 100	BHKW 160	BHKW Bestand
Erdgaskessel	Pellet	Hackgut	Hackgut Stadt	Erdgaskessel	Hackgut	Erdgaskessel	BHKW 20

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Jahresgesamtkosten



Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3	Dezentrale Versorgung
BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW 100	BHKW 100	BHKW 160	BHKW Bestand
Erdgaskessel	Pellet	Hackgut	Hackgut Stadt	Erdgaskessel	Hackgut	Erdgaskessel	BHKW 20

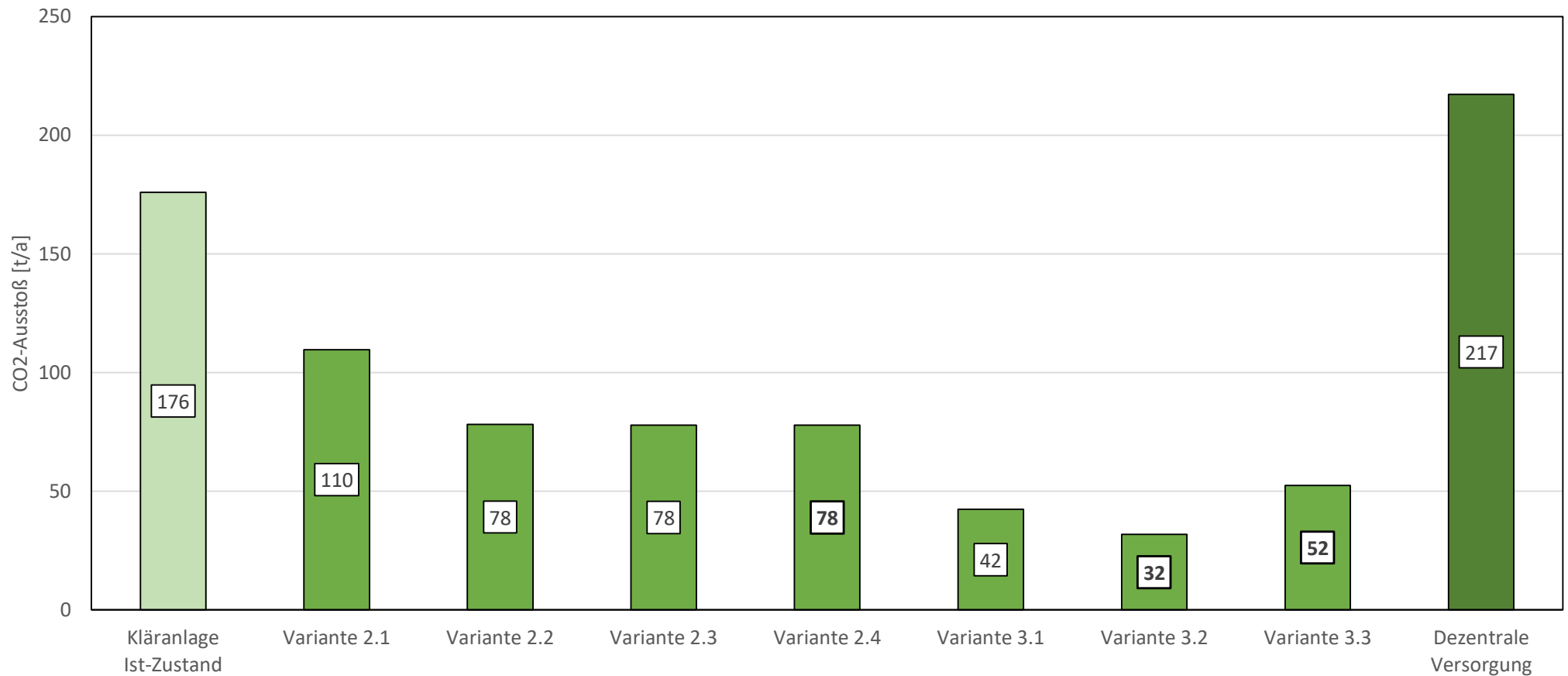
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Jahresgesamt- und Energiegestehungskosten



Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3	Dezentrale Versorgung
BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW 100	BHKW 100	BHKW 160	BHKW Bestand
Erdgaskessel	Pellet	Hackgut	Hackgut Stadt	Erdgaskessel	Hackgut	Erdgaskessel	BHKW 20

1. Ermittlung Potenzial städtische Biomasse
2. Auswertung Ist-Zustand Kläranlage
3. Dezentrale Wärmeversorgung Bauhof
- 4. Energieverbund**
 - a) Prognose Energiebedarf und nutzbare Energiemengen
 - b) Energieversorgungsvarianten
 - c) Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
 - d) CO₂-Bilanz**
5. Fazit

CO₂-Bilanz (analog Folie 23)



Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3	Dezentrale Versorgung
BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW 100	BHKW 100	BHKW 160	BHKW Bestand
Erdgaskessel	Pellet	Hackgut	Hackgut Stadt	Erdgaskessel	Hackgut	Erdgaskessel	BHKW 20

1. Ermittlung Potenzial städtische Biomasse
2. Auswertung Ist-Zustand Kläranlage
3. Dezentrale Wärmeversorgung Bauhof
4. Energieverbund
- 5. Fazit**

- Vor allem im Bereich der Belüftung der Kläranlage vsl. große Einsparpotenziale
- Durch das anfallende Klärgas kann ein großer Anteil des Gesamtwärmebedarfs gedeckt werden (ca. 85%)
- Biomasseverwertung:
 - Aufgrund der geringen Kesselgröße keine Nutzung des Landschaftspflegematerials (schlechte Qualität) möglich
 - Die nutzbaren Stammhölzer reichen zur Versorgung der beiden Liegenschaften aus
- Mit dem Energieverbund ergeben sich wärme- und vor allem stromseitig gute Synergieeffekte
 - PV-Potenzial Bauhof $\leftrightarrow$ Wärmeüberschuss BHKW Kläranlage
 - Es könnte eine Stromautarkie von 78% erreicht werden (Variante 3.3)

		Energieverbund						Dezentrale Versorgung
		Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3
		BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW Bestand	BHKW 100	BHKW 100	BHKW 160
		Erdgaskessel	Pellet	Hackgut	Hackgut Stadt	Erdgaskessel	Hackgut	Erdgaskessel
Stromautarkie	%	67%	67%	67%	67%	70%	70%	78%
bilanzielle Stromautarkie	%	84%	84%	84%	84%	95%	95%	113%
Investitionskosten (inkl. Förderung)	€	753.000	847.000	876.000	955.000	990.000	1.183.000	1.084.000
Jahresgesamtkosten	€/a	168.000	177.000	176.000	178.000	161.000	175.000	159.000
ROI	a	13	19	20	22	12	19	13
CO ₂ -Bilanz	t/a	110	78	78	78	42	32	52

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Besuchen Sie uns doch auch auf...

www.ifeam.de



www.facebook.com/ifeam.de



www.t1p.de/ifeam

