



Energiekonzept Bauhof und Wasserwerk  
St. Georgen  
Abschlusspräsentation  
24.04.2024

AutenSys GmbH

# ENERGIEKONZEPT ST. GEORGEN

## AGENDA

1. Ist-Zustand
2. Wärmeerzeugungsvarianten
3. Fazit und Empfehlung



# ENERGIEKONZEPT ST. GEORGEN

## NACHHALTIGE ENERGIEVERSORGUNG

Zielsetzung: Bestimmung nachhaltiger Versorgung für

-  Bauhof - Wärme und Stromversorgung
-  Wasserwerk – Stromversorgung
-  Mitbetrachtung der geplanten Dach-PV-Anlagen

Liegenschaft	Wärmebedarf kWh/a	Strombedarf kWh/a	Ertrag PV-Anlage kWh/a
Wasserwerk		335.000	45.000
Bauhof inkl. Gewächshaus	750.000	44.000	188.500

Wasserwerk (rot), Bauhof (orange)



# ENERGIEKONZEPT ST. GEORGEN

## AGENDA

1. Ist-Zustand
2. Wärmeerzeugungsvarianten
3. Fazit und Empfehlung



# HOLZHACKSCHNITZEL KESSEL

## ZU EMPFEHLEN IN GRUNDLAST UND SPITZENLAST

-  \*Nutzung von Grüngut und Waldholz möglich (Heizwert > 10 MJ/kg)
-  \*Vortrocknung nötig (< 20 % Wassergehalt im Brennstoff)
-  \*Häckselung der Biomasse nötig (<30 mm)
-  Eigener Brennstoff in ausreichender Menge vorhanden
-  Hohe Zuverlässigkeit, Teillast bis 30 %
-  Stufenrosttechnologie, 24 h Wärme bereitstellen
-  Keine Genehmigung erforderlich, wenn Brennstoff und zulässige Schadstoffemissionen von Feuerungen den Anforderungen 1. BImSchV entsprechen
-  Elektrostatische Partikelabscheider => geringer Feinstaub aus Holzverbrennung



Nachhaltigkeit	Wirtschaftlichkeit	Betriebsaufwand
		
Bilanziell Emissionsarm	Eigener Brennstoff	Mehr als Gaskessel

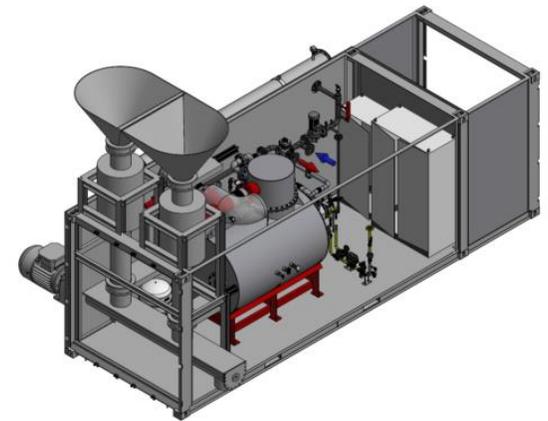
\*Gemeinsame Anforderungen wie bei Pyrolyseanlage

# PYROLYSE

## BEDINGT ZU EMPFEHLEN

- ⚙️ Genehmigungsprozess aufwändig (BImSchV vs. KrWG)
- ⚙️ Doppelte Menge an Biomasse für gleiche Wärmemenge im Vergleich zu Holzhackschnitzelkessel -> vgl. Brennstoffangebot knapp
- ⚙️ Arbeitsaufwand (2 h/Tag)\*
- ⚙️ Geringe Zuverlässigkeit, Teillast bis 50 % -> Redundanz nötig
- ⚙️ Pflanzenkohle nicht automatisch als Dünger verwendbar (Verarbeitung 20:80 Verhältnis Pflanzenkohle zu Kompost)
- ⚙️ Erfordert jährliche (European Biochar Certificate System) Zertifizierung
- ⚙️ Vermarktung der Pflanzenkohle mit Marketingaufwand verbunden
  - Contracting empfohlen
- ⚙️ Verkauf der CO<sub>2</sub>-Zertifikate über zertifizierte Plattformen

Nicht nur ein Heizungstausch!!!  
=> Gewisse Herausforderungen und wirtschaftliche Risiken



Nachhaltigkeit	Wirtschaftlichkeit	Betriebsaufwand
Emissionsarm & CO <sub>2</sub> Senke	Hoher Invest	Definitiv aufwändiger als HHS-Kessel

\* teilautomatisiert Anlage befühlen, Austausch von Pflanzenkohle, manuelle Qualitätsprüfung

# HOLZVERGASER KWK ZU EMPFEHLEN

- ☼ Nutzung von Grüngut und Waldholz möglich
- ☼ Häckselung der Biomasse nötig: mittelgrob G30-G40
- ☼ Vortrocknung der Waldholz nötig: max. 10 % Restfeuchte im Brennstoff
- ☼ Aus 0,9 kg Holzhackschnitzel werden 1 kWh Strom- und 2 kWh Wärme erzeugt
- ☼ Qualität der Biomasse beeinflusst die Betriebs- und Wartungsarbeiten sowie die erzeugten Energiemengen
- ☼ Betriebs- und Wartungsarbeiten intensiver als bei Holzkessel
- ☼ Fazit: Im Vergleich zu Erdgas-BHKW ist der Wirkungsgrad etwas geringer, der Betrieb aufwändiger und die Geräte selbst sind häufiger zu warten. Allerdings steht der Ökobilanz des BHKWs günstiger da.

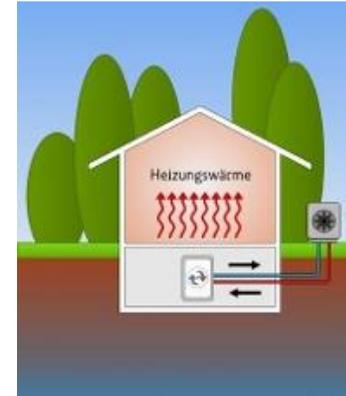


Nachhaltigkeit	Wirtschaftlichkeit	Betriebsaufwand
		
Emissionsarm	Hoher Invest	Aufwändiger als HHS-Kessel

# LUFT-WASSER-WÄRMEPUMPEN ZU EMPFEHLEN ALS HYBRIDES SYSTEM

## Luft-Wasser Wärmepumpe

- Bei hohen Vorlauftemperaturen ( $> 65\text{ °C}$ ) sinkt der COP-Wert
- aus einer Einheit Strom werden ca. 2 Einheiten Warmwasser erzeugt
- Wärmepumpe ist universell einsetzbar
- Lautstärke ist zu beachten



Nachhaltigkeit	Wirtschaftlichkeit	Betriebsaufwand
Nur strombasierte Emissionen	Hohe Verbrauchskosten	Gering

# FLUSS-WASSER-WÄRMEPUMPEN NICHT ZU EMPFEHLEN

Rahmenbedingungen  
ungeeignet für  
Fluss-Wasser-  
Wärmepumpe

- ⊕ Fluss-Wärmepumpen Standortbedingungen:
  - Niedrige Durchflussmengen von etwa 23 l/s
  - Flusstemperatur von 3 - 4 °C in den Wintermonaten
 => Vereisungsgefahr an dem Wärmetauscher bei unter 3 °C Auskühlung
  
- ⊕ Einsatz von 2-stufiger Wasser-Wasser-Wärmepumpe:
  - Zu erwarteter COP ca. 2: aus einer Einheit Strom werden weniger als ca. 2 Einheiten Warmwasser erzeugt
  
- ⊕ Im Vergleich zu Luft-Wärmepumpe
  - zusätzliche Kosten von Wärmetauscher, Zwischenkreislauf, Flussuferanpassung
  - Genehmigung für Flusswasser-Wärmepumpe erforderlich



Nachhaltigkeit	Wirtschaftlichkeit	Betriebsaufwand
Nur strombasierte Emissionen	Hohe Verbrauchskosten	Mittel

# WÄRME- UND STROMVERSORGUNG

## 3 KONZEPTVARIANTEN

V1	V2	V3	V4
<p>Grundlastversorgung: Holzhackschnitzelkessel + Luft-Wärmepumpe</p> <p>Spitzenlastversorgung: Holzhackschnitzelkessel+ Pufferspeicher</p> <p>Temperaturniveau: 75/60 °C</p>	<p>Grundlastversorgung: Holzhackschnitzelkessel</p> <p>Spitzenlastversorgung: Pufferspeicher</p> <p>Temperaturniveau: 75/60 °C</p>	<p>Grundlastversorgung: Holzvergaser-BHKW</p> <p>Spitzenlastversorgung: Holzhackschnitzelkessel Pufferspeicher</p> <p>Temperaturniveau: 75/60 °C</p>	<p>Grundlastversorgung: Pyrolyse-Anlage + Holzhackschnitzelkessel</p> <p>Spitzenlastversorgung: Pufferspeicher</p> <p>Temperaturniveau: 75/60 °C</p>
<p><b>Stromversorgung: PV-Anlagen + Netz</b></p>	<p><b>Stromversorgung: PV-Anlagen + Netz</b></p>	<p><b>Stromversorgung: PV-Anlagen + BHKW+ Netz</b></p>	<p><b>Stromversorgung: PV-Anlagen + Netz</b></p>
<p>Betreibermodelle: Eigener Invest + Betrieb</p>	<p>Betreibermodelle: Eigener Invest + Betrieb</p>	<p>Betreibermodelle: Eigener Invest + Betrieb</p>	<p>Betreibermodelle: Contracting Invest + Betrieb</p>

# ERGEBNISSE VARIANTENVERGLEICH

## VORGESCHLAGENE TECHNIK UND LEISTUNG

Anlagentechnik	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Holz-Vergaser BHKW		-	49 kW <sub>el</sub> 107 kW <sub>th</sub>	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	120 kW <sub>th</sub>			
Holzhackschnitzel	370* kW <sub>th</sub>	370 kW <sub>th</sub>	370 kW <sub>th</sub>	210 kW <sub>th</sub>
Pyrolyse Anlage				160 kW <sub>th</sub>
Heizleistung	490 kW <sub>th</sub>	370 kW <sub>th</sub>	477 kW <sub>th</sub>	370 kW <sub>th</sub>

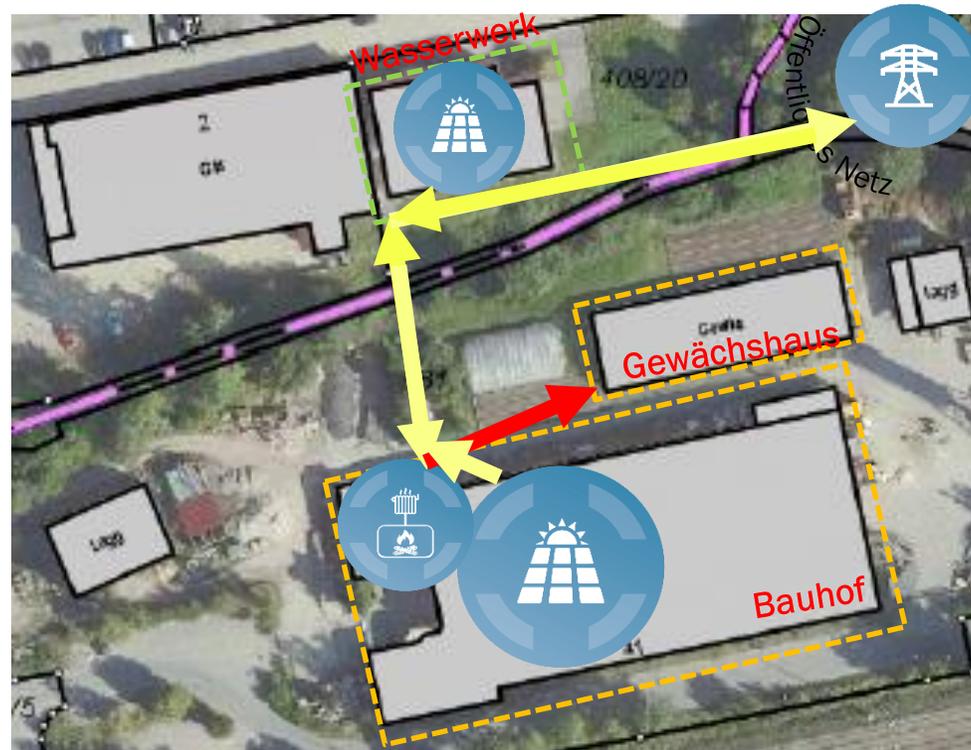
\*Holzkessel wird die gesamte Leistung in Wintermonaten abdecken, um Wärmebedarf für Gewächshaus zu decken

# WÄRME- UND STROMVERSORGUNG KONZEPTVARIANTEN

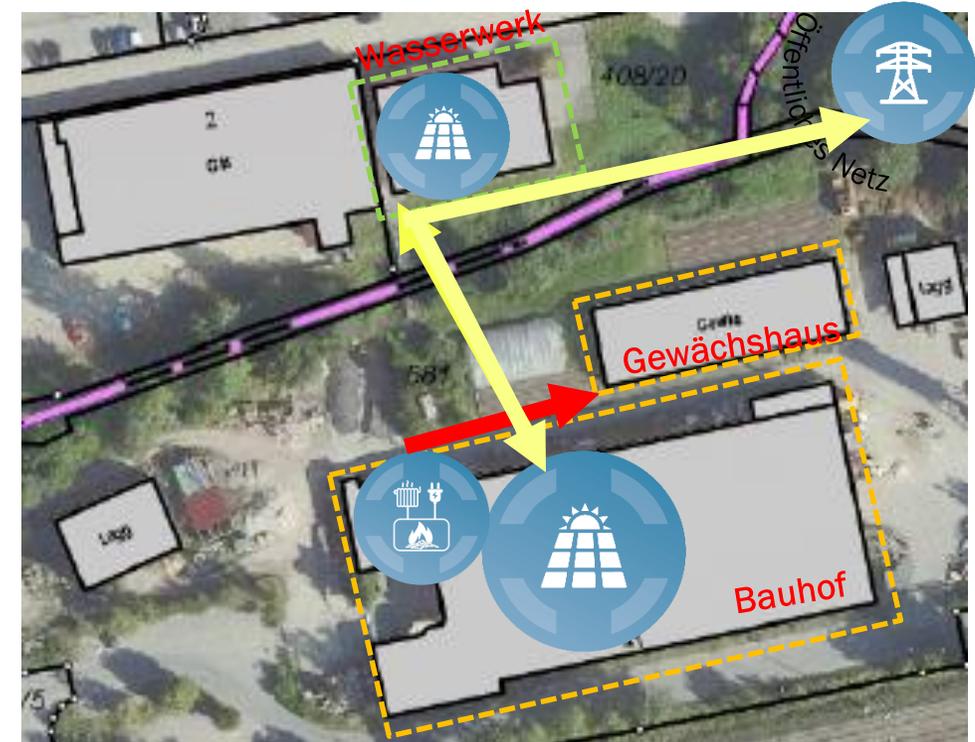
Vorschlag:  
Netzanschlusspunkt  
zusammenlegen



Wärmeerzeugung: V1, V2 bzw. V4  
Stromerzeugung: PV-Anlagen



Wärmeerzeugung: V3 (Vergaser BHKW & Holzkeessel)  
Stromerzeugung: PV-Anlagen und Vergaser-BHKW



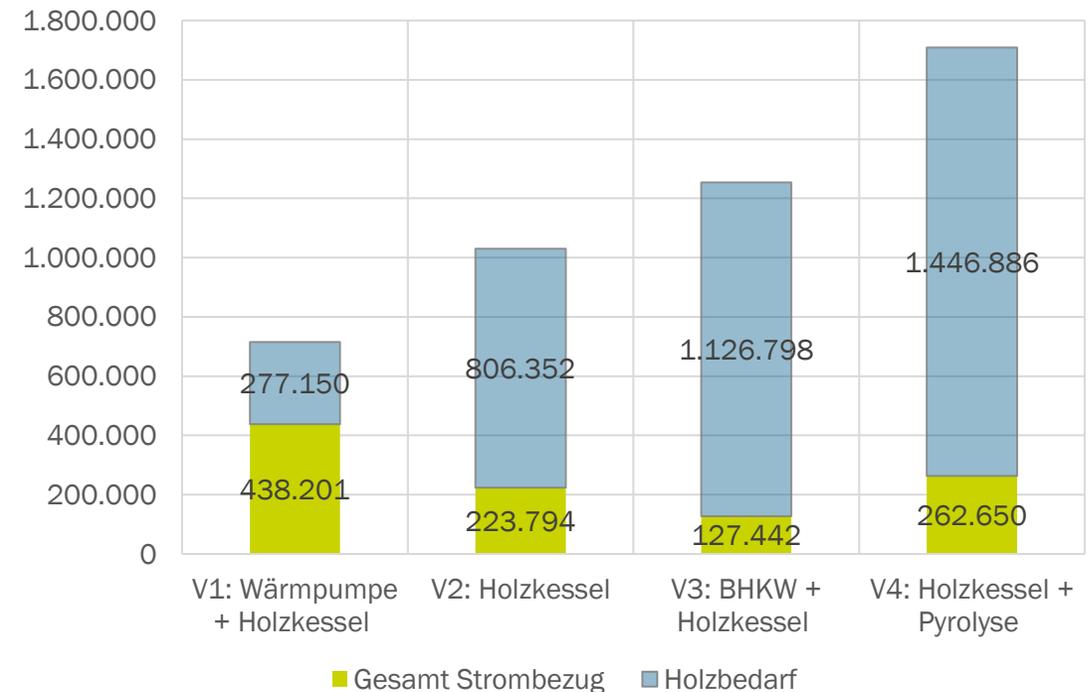
# ERGEBNISSE VARIANTENVERGLEICH

## ENDENERGIEBEDARF

-  **Varianten 1 und 2** können erhebliche Mengen **Endenergie\*** einsparen, da **Wärmepumpe und Holzkessel im Vergleich zur Pyrolyse effizienter arbeiten.**
-  Über die Wärmepumpe wird bei Variante V1 ein **Großteil der Wärmemenge aus der Umgebung** (Außenluft) gewonnen. Effizienz-Faktor (COP) beträgt etwa 2, d.h. aus einer Einheit Strom werden etwa 2 Einheiten Wärmeenergie erzeugt. Dadurch wird mehr Strom aus dem Netz bezogen im Vergleich zu anderen Varianten.
-  Durch **Wärme- und Stromerzeugung der V3** ergibt sich ein **höherer Holzbedarf im Vergleich zu V2.**
-  Endenergiebedarf der **Variante 4** ist am **höchsten** aufgrund der hohen Brennstoffbedarfe. Doppelte Menge an Holz für Pyrolyse im Vergleich zu Holzkessel.

\*Endenergie ist eine eingesetzte Energie in Form von Brennstoffen oder elektrischer Energie

Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/a



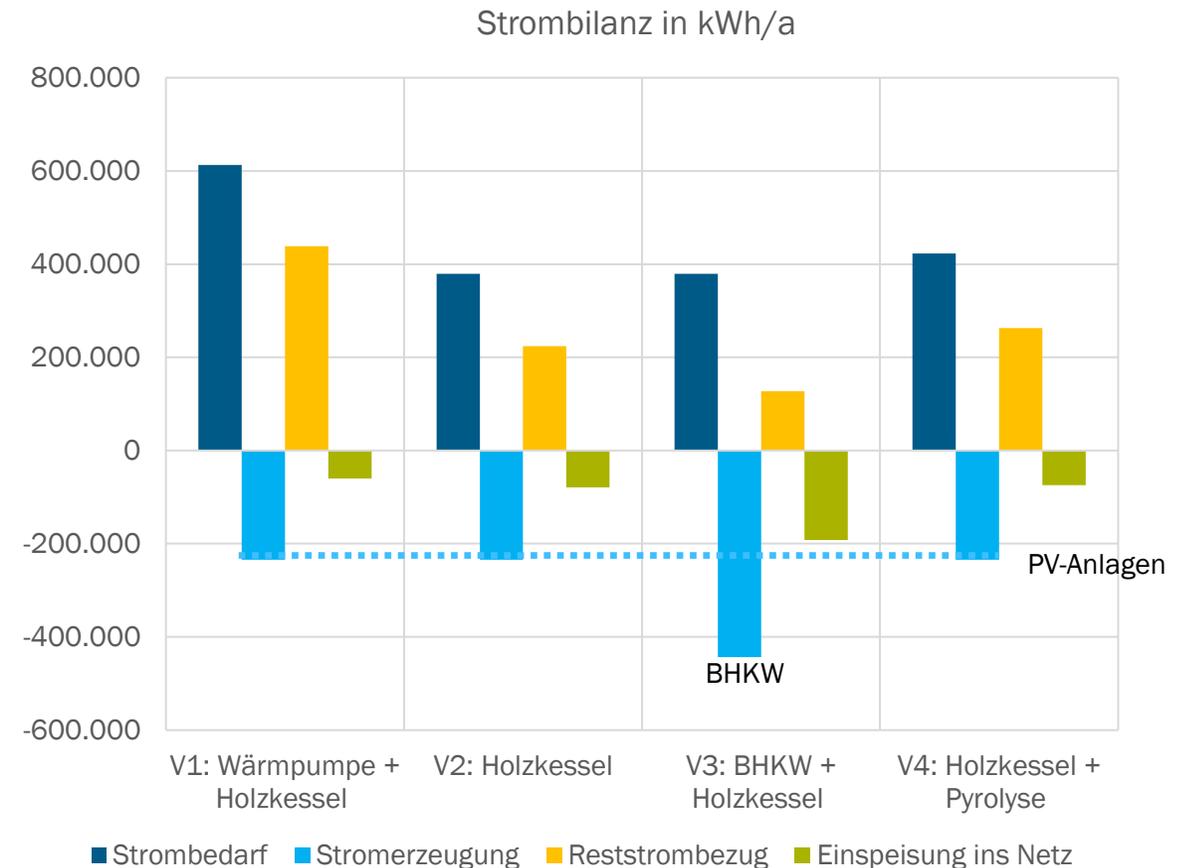
Holz hackschnitzelpotenzial:

- kom. Wald: 900 - 1200 MWh/a
- Privatwald: 450 MWh/a
- Grüngut: 100 MWh/a

# ERGEBNISSE VARIANTENVERGLEICH

## STROMBILANZ

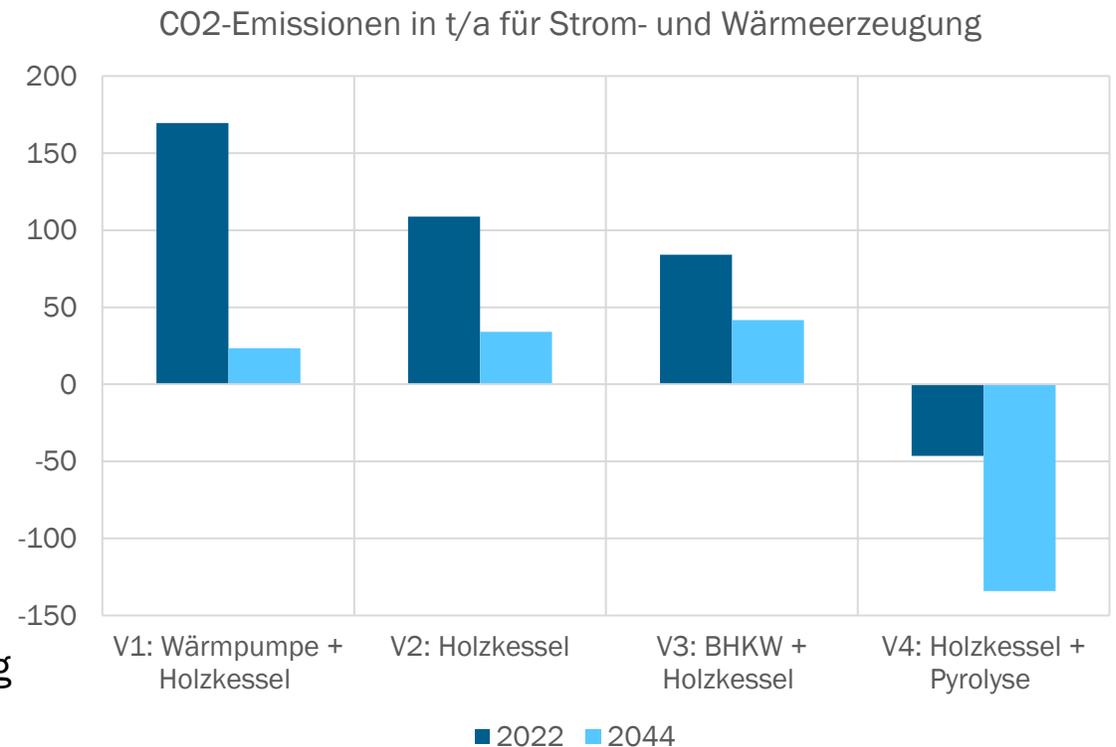
- Stromerzeugung erfolgt in allen Varianten über Dach-PV-Anlagen sowie zusätzlich über BHKW bei Variante 3
- Durch die hohe Stromerzeugung bei V3 ist der Stromrestbezug aus dem öffentlichen Netz im Vergleich zu anderen Varianten niedrig
- Bei Variante 1 ist der Strombedarf und Reststrombezug am höchsten aufgrund des Betriebs der Luft-Wärmepumpe



# ERGEBNISSE VARIANTENVERGLEICH

## TREIBHAUSGAS (THG)-EMISSIONEN

- Alle Varianten können im Vergleich zu den fossilen Energieträgern erhebliche **THG-Emissionen einsparen**.
- Variante 4** schneidet **am besten** ab, da hier ca. 92 % des Kohlenstoffs aus der Biomasse in der Pflanzenerde gespeichert bleiben.
- Bei Variante 3 schneiden die CO<sub>2</sub>-Emissionen in 2044 am höchsten ab. Der Grund dafür ist der hohe Holzbedarf, dessen CO<sub>2</sub>-Faktor konstant bleibt, während der CO<sub>2</sub>-Faktor für den Strommix in 2044 niedriger wird - trotz des höheren Strombezugs der Varianten 1, 2 und 4.
- Da die Treibhausgasintensität des Strommixes mittelfristig deutlich reduziert wird, wird die strombasierte Variante 1 (Luft-Wärmepumpe) deutlich ökologischer abschneiden.



### CO<sub>2</sub>-Faktoren:

Strom 2022 = 366 g CO<sub>2</sub>/kWh, Strom 2044 = 32 g CO<sub>2</sub>/kWh

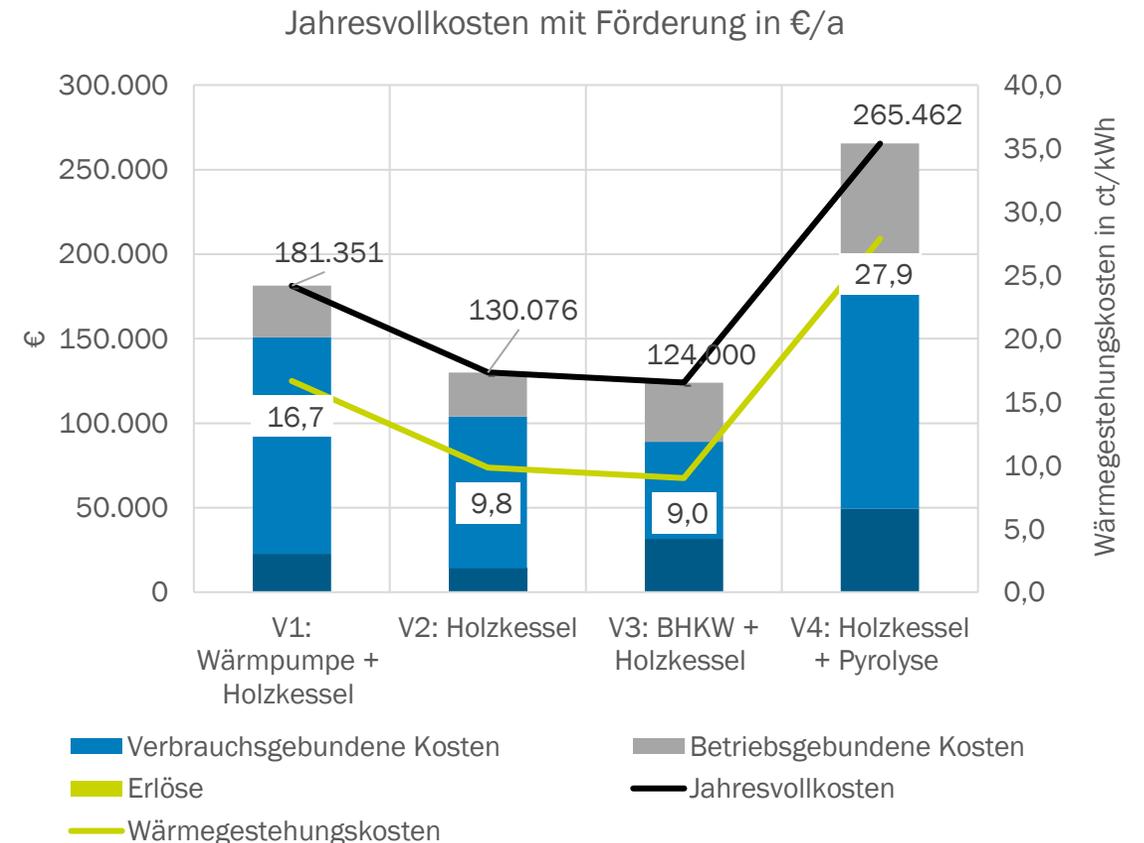
Holz = 33 g CO<sub>2</sub>/kWh

Annahmen: Pro Tonne Pflanzenkohle können etwa 3 t CO<sub>2</sub> gespeichert werden

# ERGEBNISSE VARIANTENVERGLEICH

## WIRTSCHAFTLICHKEIT MIT BEG-FÖRDERUNG

- Bei Variante 1 sind die Kosten aufgrund des weniger effizienten Betriebs der Luft-Wärmepumpe (hohe Vorlauftemperaturen) und dem hohen Invest vergleichsweise hoch.
- Variante 2 erzielt niedrige Kosten aufgrund geringerem Invest und vergleichsweise niedrigen Verbrauchskosten.
- Variante 3 mit BHKW schneidet wegen der KWKG-Förderung für Stromeinspeisung und -verbrauch am besten ab.
- Höhere Anschaffungs-, Betriebskosten und Contracting-Marge bei V4 macht diese sehr teuer. Bei Pyrolyse-Varianten können die Kosten über Vermarktung der Pflanzenerde und Verkauf der CO<sub>2</sub>-Zertifikate abgefangen werden.



\*BEG: Bundesförderung effiziente Gebäude, EM-Einzelmaßnahme, Stand 2024, Bei Nichtwohngebäuden ist die Förderung auf 30 % der gestaffelten Höchstgrenze bezogen auf Nettogrundfläche gedeckelt  
 \*Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG 2023), [https://www.buzer.de/7\\_KWKG\\_2023.htm](https://www.buzer.de/7_KWKG_2023.htm)

# ENERGIEKONZEPT ST. GEORGEN

## AGENDA

1. Ist-Zustand und Voranalyse
2. Wärmeerzeugungsvarianten
3. Fazit und Empfehlung



## ZUSAMMENFASSUNG

### HANDLUNGSEMPFEHLUNG

- 
 Unter den örtlichen Gegebenheiten (geringer Wärmebedarf) ist die Variante 4 nicht zu empfehlen.
- 
 Variante 2 weist die zweit-geringsten Jahresvoll- sowie Wärmegestehungskosten auf und ist am einfachsten umzusetzen und zu betreiben.
- 
 Mit der Variante 3 wird neben Wärme auch Strom erzeugt, wodurch der Reststrombezug am niedrigsten ist. Dabei weist die Variante 3 die niedrigsten Jahresvoll- sowie die Wärmegestehungskosten auf, wenn die KWKG-Zuschläge in Anspruch genommen wird.

Empfehlung:

Variante 3 für Strom und Wärmeerzeugung

# IHRE ANSPRECHPARTNERIN

## KONTAKT



Ihr Ansprechpartnerin:

Beata Śliz-Szkliniarz

Dr. rer. nat. • Energieingenieurin

Telefon 0162 / 2163573

b.sliz-szkliniarz@autensys.de

## ENERGIE NEU DENKEN

AUTENSYS GmbH • Karlstr. 52 -54 • 76133 Karlsruhe • Telefon +49 (0)721 27 66 90 00 • [info@autensys.de](mailto:info@autensys.de) • [www.autensys.de](http://www.autensys.de)

Sitz der Gesellschaft: Karlsruhe • Amtsgericht Mannheim • HRB Nr. B 725449 • Geschäftsführer: Michael Birg – Jan Stöckemann

Bankverbindung: Volksbank pur eG • BIC GENODE61KA1 IBAN DE 11 6619 0000 0010 4512 72 • USt-IdNr. DE308837017 • Steuernummer 35005/15599

# UNSERE KUNDEN

## EINE ÜBERSICHT

