


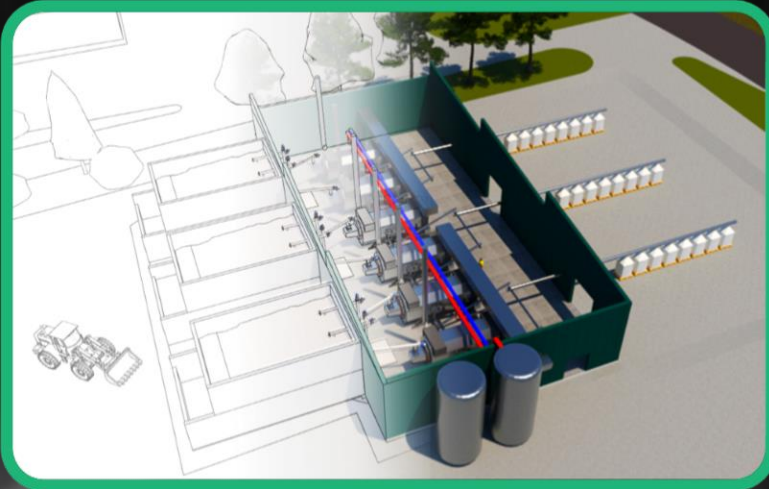
# URBANE CO<sub>2</sub> SENKE

Realisierung von CO<sub>2</sub>-neutralen Städten und Kommunen durch den Einsatz von CO<sub>2</sub>-negativen Technologien



Erlangen, 28.09.24  
2. Regionalkonferenz „Energiezukunft gestalten. Gemeinsam!“  
Thomas Jakob Hoffmann - Geschäftsführer

## Unsere Services:



**Pyrolyse  
Anlagen  
Planung &  
Beratung**



**Anlagenauto-  
matisierung &  
Daten  
Monitoring**



**Industrie  
Pyrolyse  
Test**



**Prototypen  
Entwicklung  
& Fertigung**

## Inhalt:

1. Exkurs negative Emissionen
2. Was kann Pyrolyse? Was nicht?
3. Erlangen und die urbane CO<sub>2</sub> Senke
4. Ein Praxis Beispiel
5. Fazit



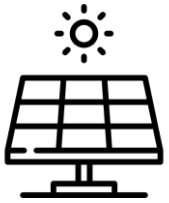
# Exkurs CO<sub>2</sub> Reduzierung und Entnahme:

Zu reduzierende  
Emissionen

Restemissionen

Restemissionen (5-10% laut IPCC)

CO<sub>2</sub> Entnahme



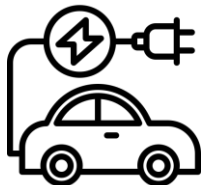
Solar



Wind



Biogas



Elektromobilität

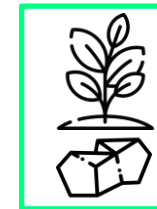


Energieeffizienz



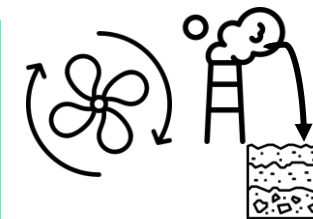
Geothermie

BCR



Aufforstung

BECCS

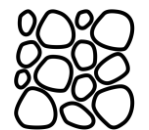


DAC

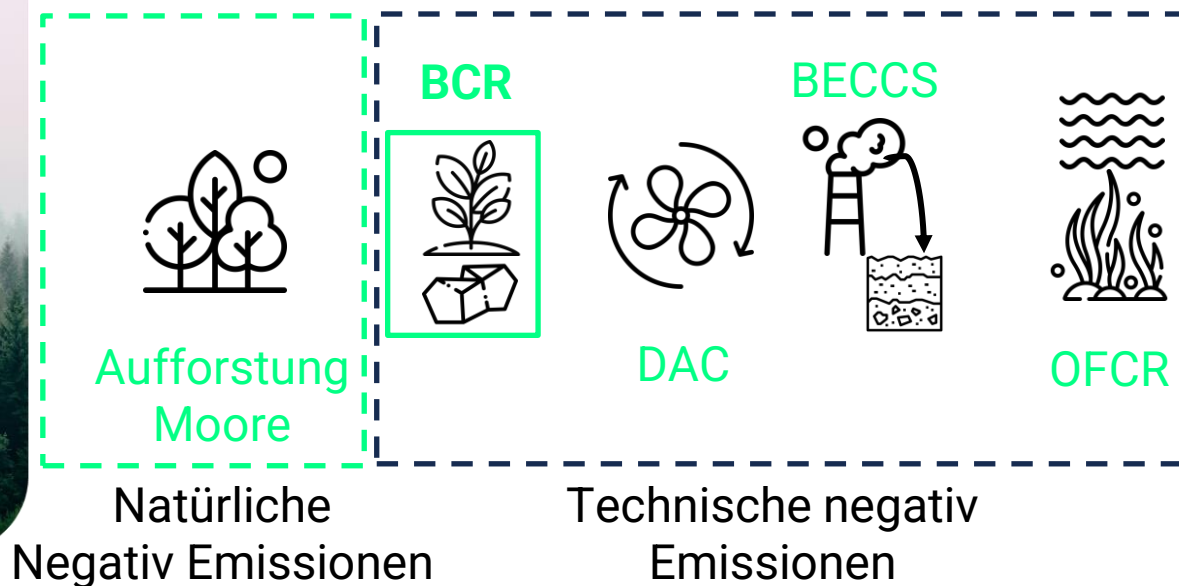
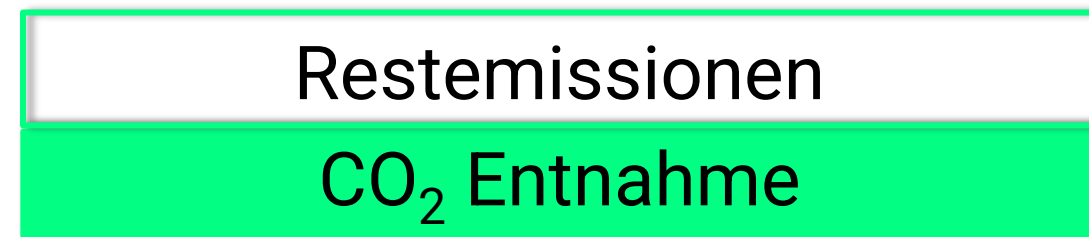


OFCR

Mineralisierung



# Aktueller Stand: Exkurs CO<sub>2</sub> Reduzierung und Entnahme:



## Erlangen und die urbane CO<sub>2</sub> Senke (Fahrplan Klima-Aufbruch Erlangen)

- **Wärmeplan 2025**
  - *Bisweilen ohne Senken Potenziale*
- **CO<sub>2</sub> neutral bis 2030**  
(Aktuell ca.900.000 tCO<sub>2</sub>/a THG-Emissionen)
  - *Ca. 25.000tCO<sub>2</sub>/a Restemissionen berücksichtigt*
- **„Eine Anrechnung durch CO<sub>2</sub>-Kompensation ist nicht zugelassen.“**
- **Pyrolyse Anknüpfungspunkte:**
  - *Prüfung von Pyrolyseanlagen - DemoPyro*

# Erlangen und die urbane CO<sub>2</sub> Senke (Fahrplan Klima-Aufbruch Erlangen)

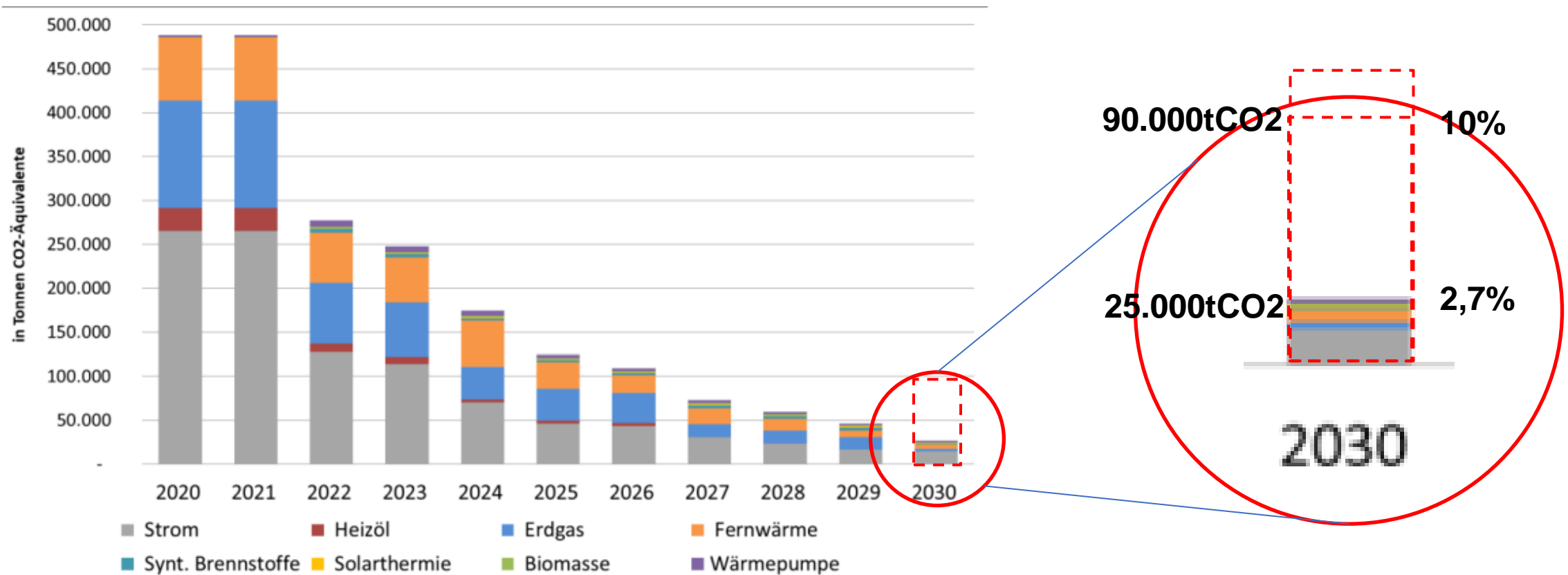
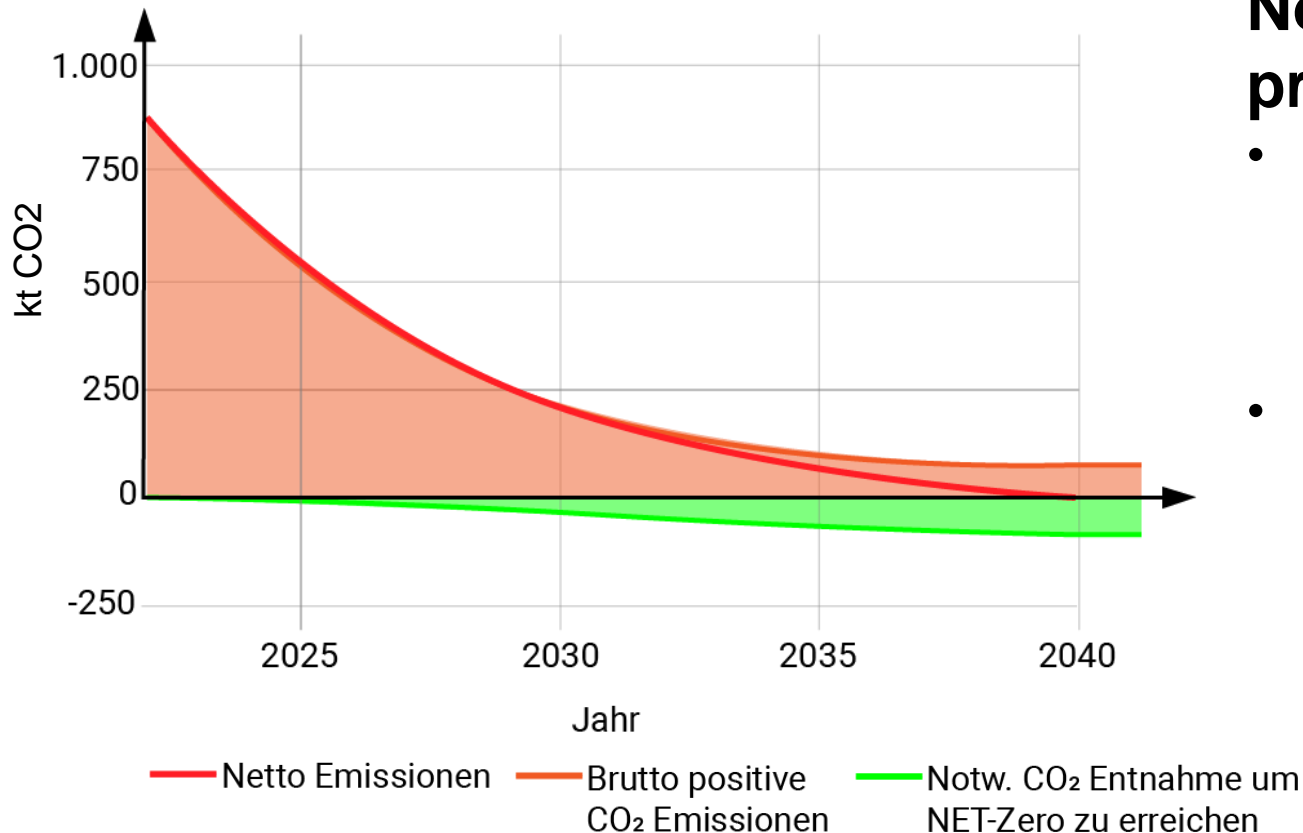


Abbildung 1-1: THG-Emissionen im 1,5-Grad-Szenario

# Erlangen und die urbane CO<sub>2</sub> Senke (Fahrplan Klima-Aufbruch Erlangen)

CO<sub>2</sub> Emissionen mit notwendiger CO<sub>2</sub> Entnahme,  
um NET-ZERO bis 2040 zu erreichen

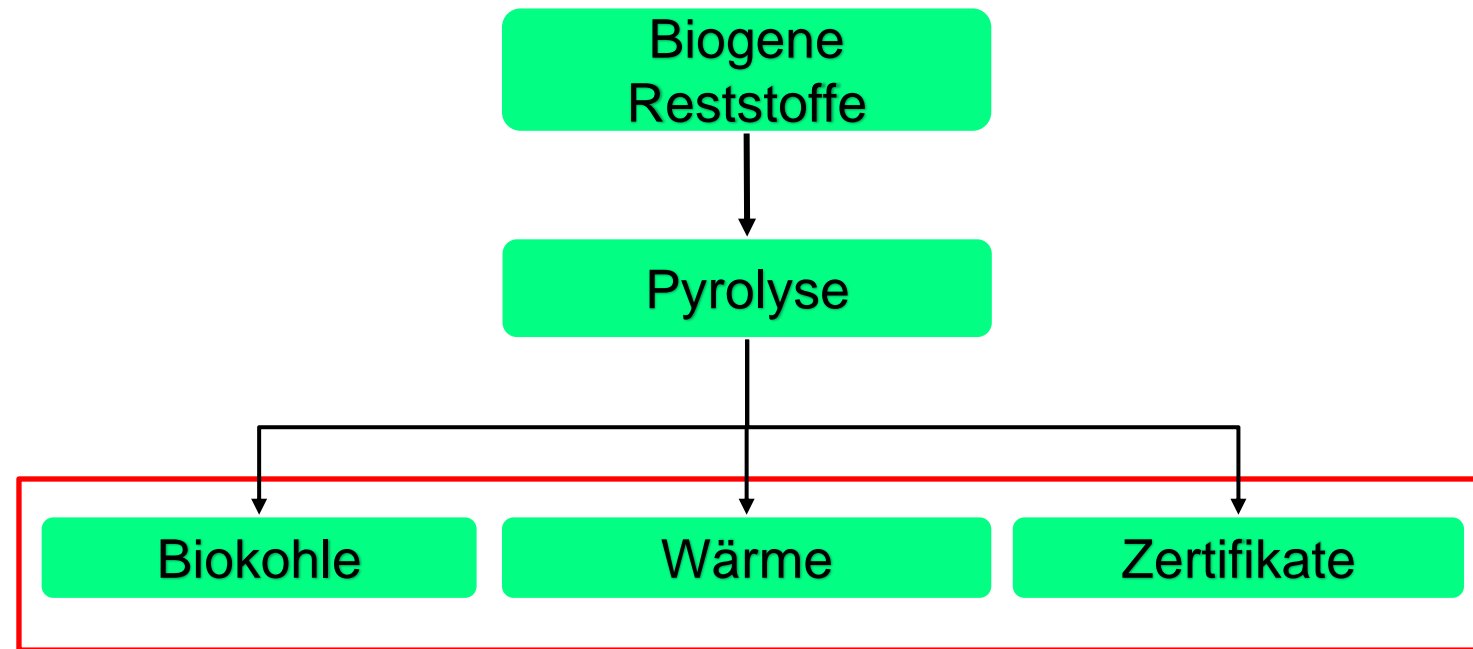


## Notwendige negative Emissionen pro Jahr bis 2040:

- 45.000 tCO<sub>2</sub>/a  
5% der Emissionen 2019 – (KK 2021 Report)
- Bis**
- 90.000 tCO<sub>2</sub>/a (10% der Emissionen 2019 – IPCC Scenario < 2°C)



# Was kann Pyrolyse bzw. was kann Pyrolyse nicht?



**3 Standbeine**

# Was kann Pyrolyse bzw. was kann Pyrolyse nicht?



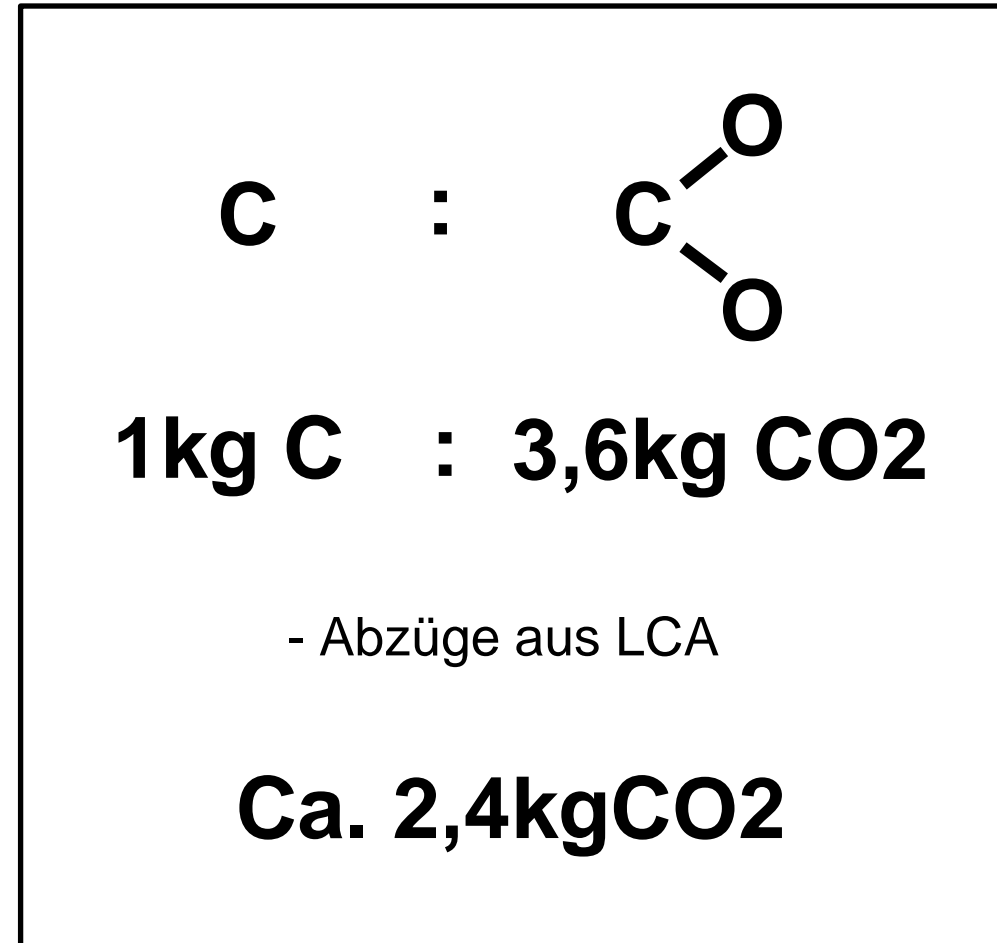
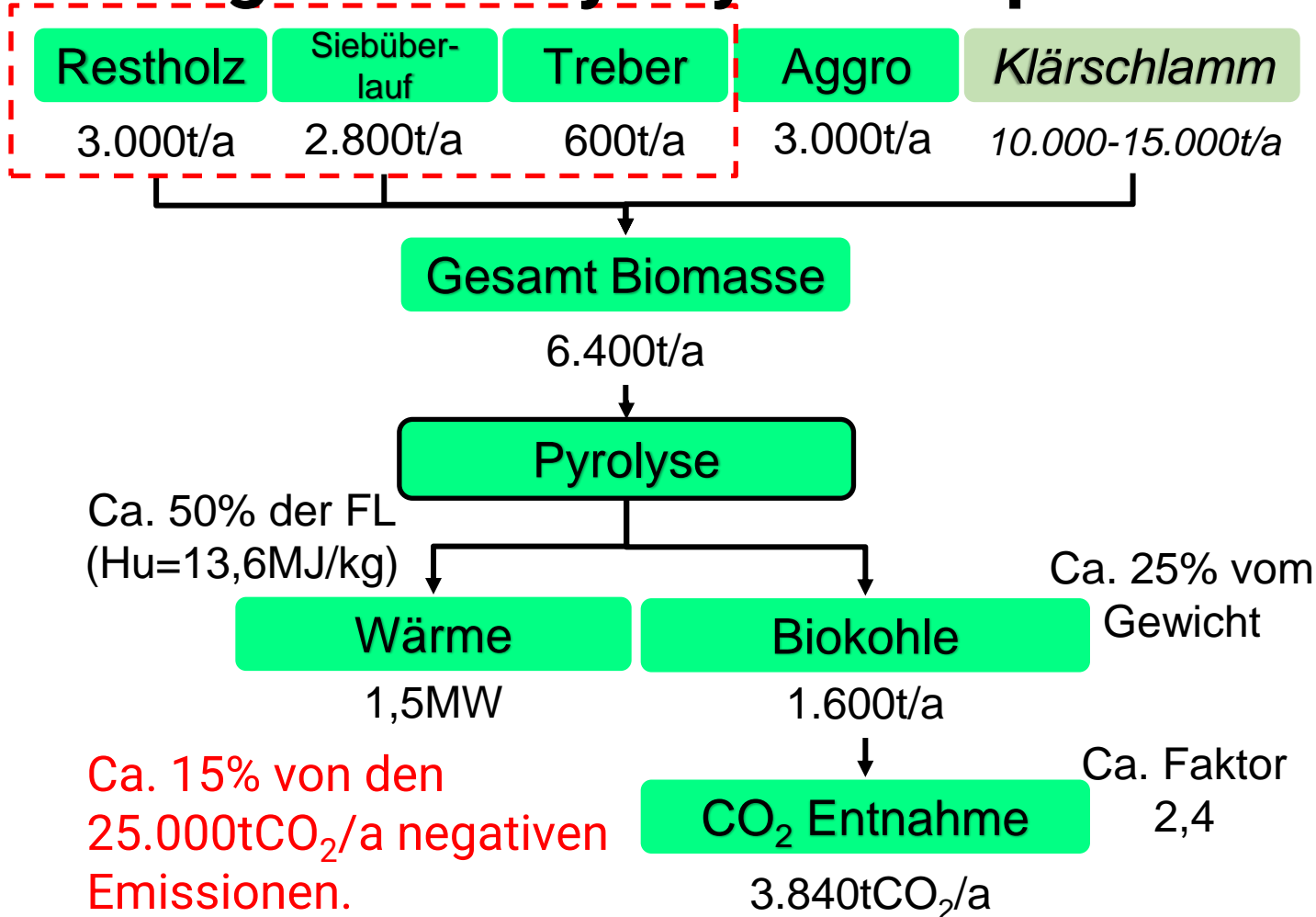
# Die Kernfragen für die Planung von Pyrolyseanlagen

1. Wer soll die Anlage betreiben?
2. Wie groß ist meine Wärmesenke?
3. Welche Biomasse habe ich zur Verfügung und wieviel?
4. Was soll mit der Biokohle passieren (verkaufen, aufwerten & verkaufen)
5. Welchen Standort habe ich zur Verfügung?

# Erlangen und die urbane CO<sub>2</sub> Senke



# Erlangen: Ein Pyrolyse Beispiel



# Erlangen: Ein Pyrolyse Beispiel

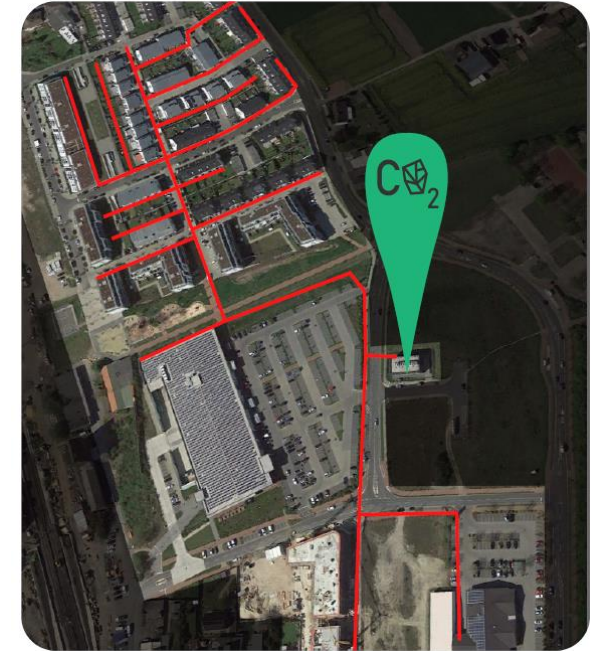
- Wohngebiet + 2 Supermärkte + Gewerbe
- 25GWh
- 1,8 MW Pyrolysekessel für Grundlast  
+ Biomassekessel für dynamische Last
- 6.600 Volllaststunden

• **Eintrag (20% RF)** **6.400t/a**  
**Restholz+Rebholz**

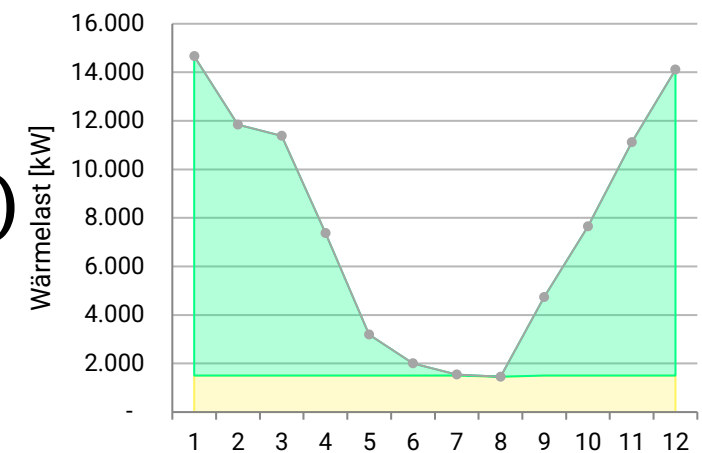
• **Wärmeproduktion Grundl.:** **12,1GWh (@3,8kWh/kg)**

• **Biokohleproduktion:** **1.600t/a**

• **CO<sub>2</sub> Entnahme:** **3.840tCO<sub>2</sub>/a**



Modell Wärmelast Profil



# Erlangen: Ein Pyrolyse Beispiel



## Klimaneutrale Holzverarbeitung:

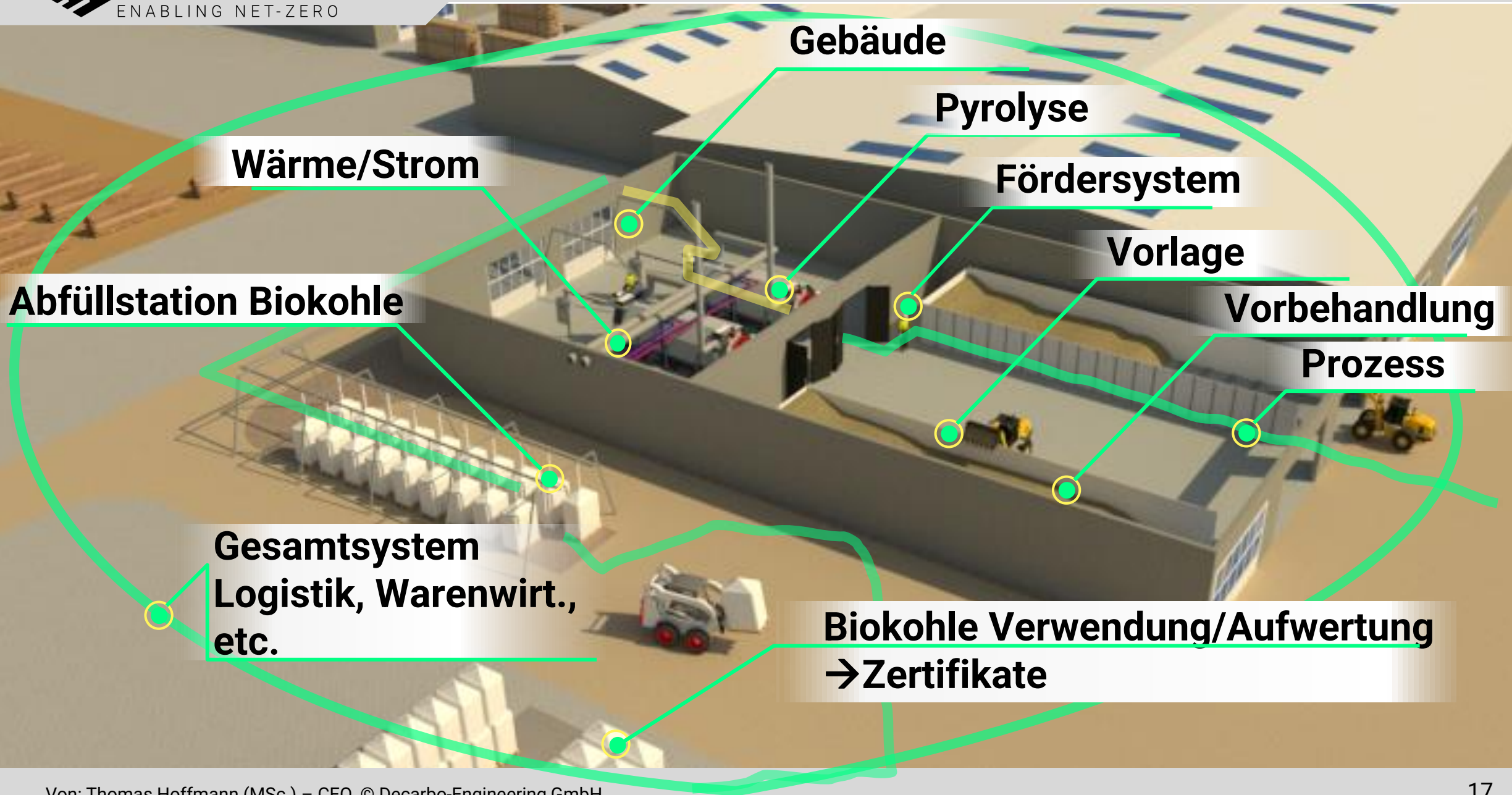
- 1,5MW Pyrolysekessel
- Eintrag Kap.: 6.400t/a
- Biokohleprod. Kap.: 1.600t/a
- CO<sub>2</sub> Speicher Kap.: 3.840tCO<sub>2</sub>/a

Warmwasser KL - Vorlauf

Zuluft

Brennstoff Eintrag

Biokohle Austrag





# Erlangen: Ein Pyrolyse Beispiel

## Klimaneutrales Nahwärmenetz:

- 1 x 224kW Pyrolysekessel
- Eintrag Kap.: 1.100t/a
- Biokohleprod. Kap.: 187t/a
- CO<sub>2</sub> Speicher Kap.: 450tCO<sub>2</sub>/a



Kamin

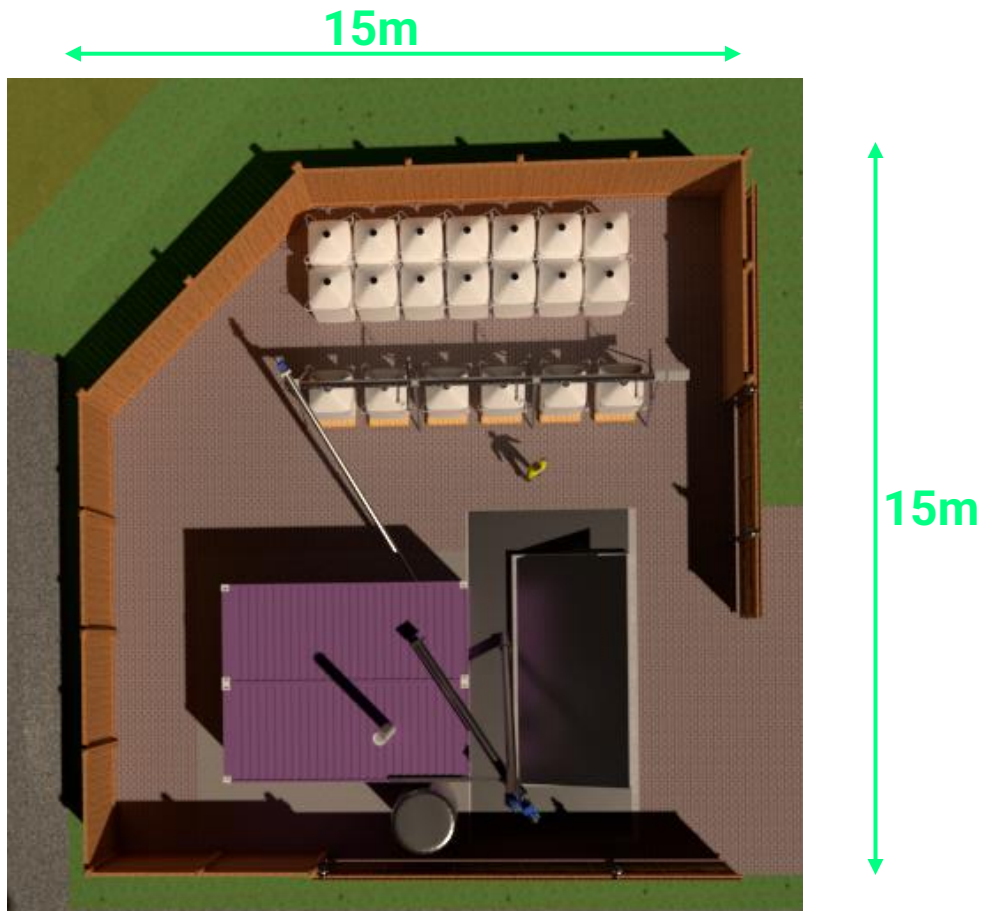
Warmwasser Vorlauf

Brennstoff Eintrag

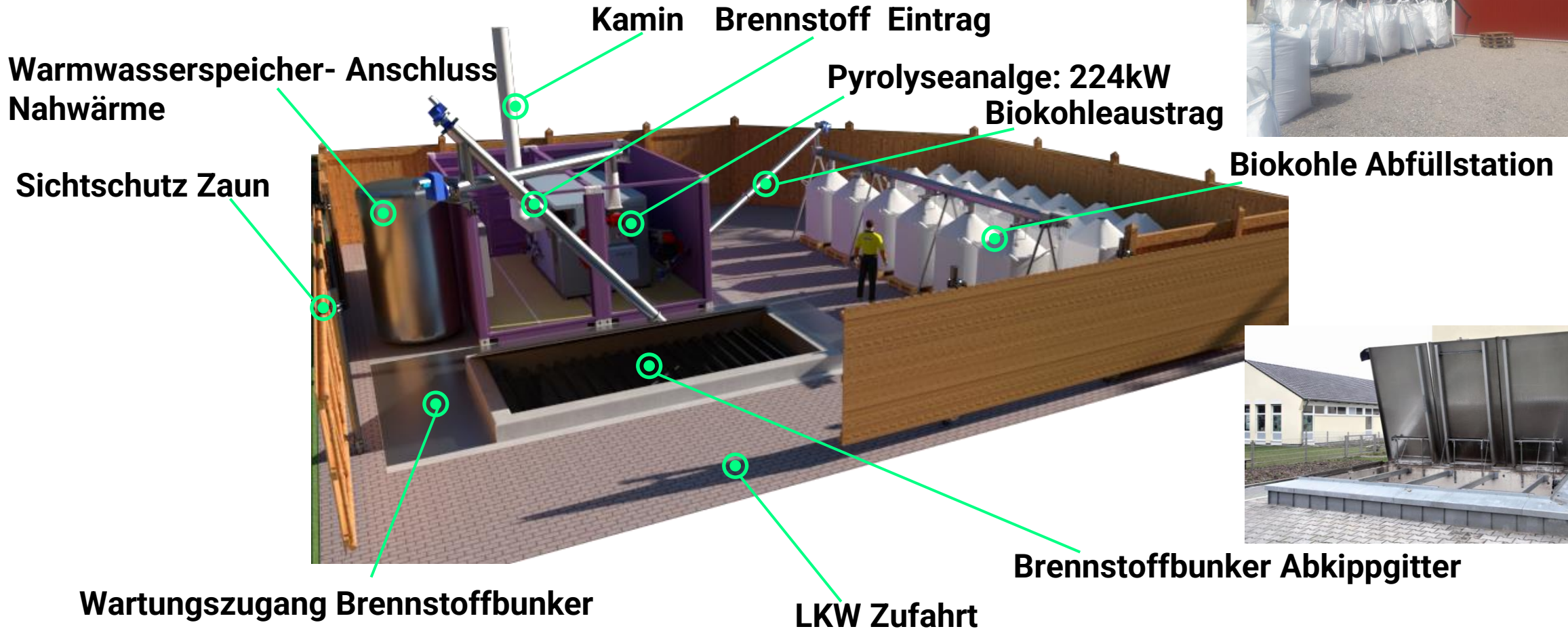
Steuerung

Warmwasser KL RL

# Erlangen: Ein Pyrolyse Beispiel



# Erlangen: Ein Pyrolyse Beispiel



# Erlangen: Ein Pyrolyse Beispiel

## Grundlegende Wirtschaftlichkeitsdaten

- Wärmepreis: ca. 6€ct/kWh 627T€ (@12,1GWh)
- Biokohlepreis: 250€/t-500€/t (unbehandelt) 640T€ (@400€/t)
- Zertifikatepreis: 160€/tCO<sub>2</sub> Entnahme 460T€ (@3.840tCO<sub>2</sub> x 75%)
- **Umsatzpotenzial:** **1.728T€/a**
  
- **Betriebskosten** **ca. 850T€/a**
- Brennstoff, Strom, Lohn, Marketing etc.
  
- **Investitionskosten:** **ca. 3Mio€**
  
- $ROI = \frac{Investitionskosten}{Umsatz - Betriebskosten} = \frac{3Mio€}{1,73Mio€ - 0,85Mio€} = 3,4 \text{ Jahre (3 - 4 Jahre)}$

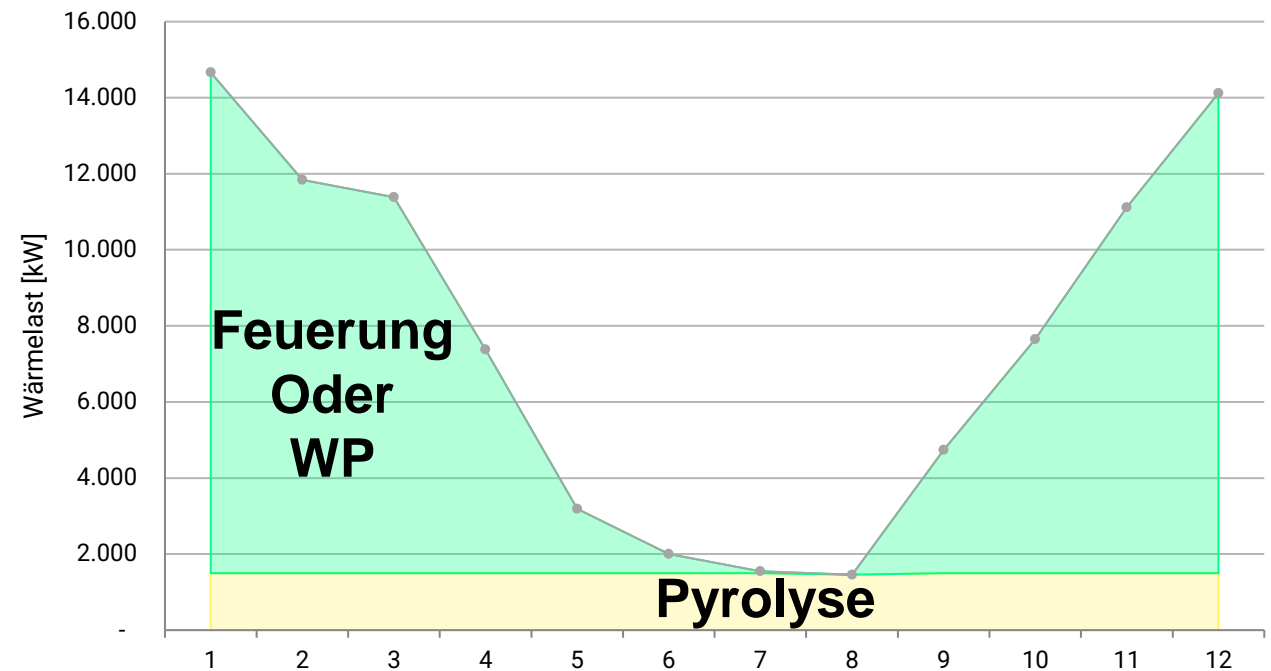
# Pyrolyse+ Grundlast und CO2 Senke

- WP/HHK Spitzenlast  
+Pyrolyse als Grundlast  
und Fokus negativ  
Emissionen

- Restbiomassen

**Pyrolyseanlagen und  
Wärmepumpen/  
Hackschnitzelkessel  
ergänzen sich perfekt!**

## Modell CO2 negatives Wärmelast Profil



## Fazit:


- Pyrolyse Anlagen befähigen Kommunen und Städte ihre Restemissionen zum Teil selbst auszugleichen → **Wärmeplan+CO<sub>2</sub>Senkenplan**
- Pyrolyseanlagen sind modular und können in der Stadt dezentral umgesetzt werden
- Pyrolyse- und spitzenlastfähige Wärmesysteme ergänzen sich und tragen zur Erreichung der NET-ZERO Ziele bei.
- **Hierfür muss der Ausbau von Pyrolyse Anlagen als CO<sub>2</sub> Negativ Technology jetzt beginnen.**



# URBANE CO<sub>2</sub> SENKE

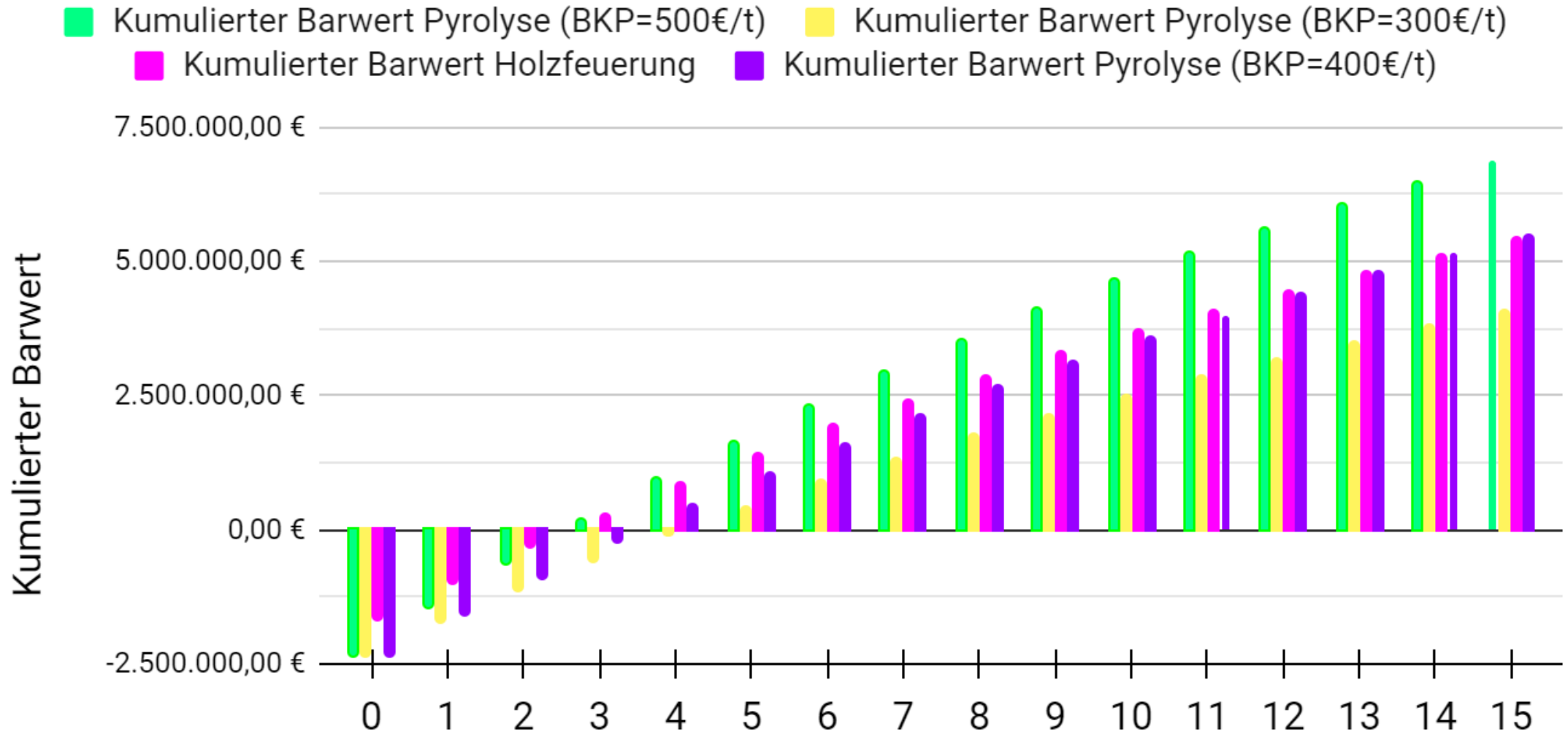
Vielen Dank!

F&A



Thomas Hoffmann – Geschäftsführer  
Decarbo Engineering GmbH  
Date: 28.09.2024  
Contact: [th@decarbo-engineering.com](mailto:th@decarbo-engineering.com)  
Web: [www.decarbo-engineering.com](http://www.decarbo-engineering.com)

## Kumulierter Barwert Pyrolyse und Holzfeuerung

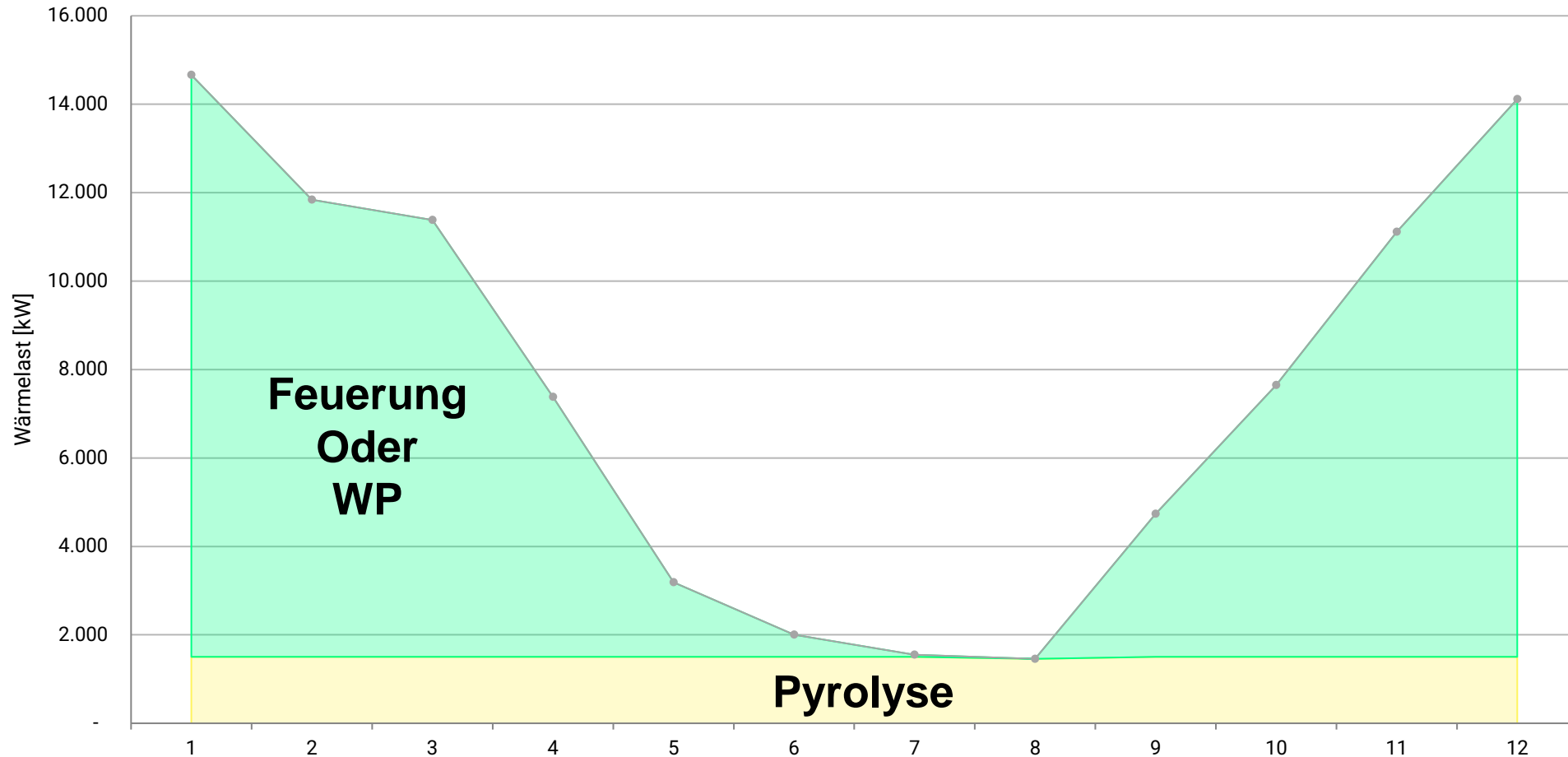




<b>Grundannahmen:</b>	
- Biokohleverkaufspreis	300,00 €/t
- Zertifikatepreis	170,00 €/tCO <sub>2</sub>
- Wärmepreis	0,06 €/kWh(th)
- Strompreis	0,25 €/kWh(el)
- Personalaufwand	12,00 h/d
- Lohnkosten	35,00 €/h
- Brennstoffkosten Aufbereitung	80,00 €/t

	<b>Pyrolyse</b>	<b>Verbrennung</b>
<b>Technische Daten Pyrolyse</b>		
- Thermische Nennleistung	1.574 kW	3.149 kW
- Volllaststunden	7.000 h/a	7.000 h/a
<b>- Substrat Bedarf</b>	<b>5.800,00 t/a</b>	<b>5.800,00 t/a</b>
- PK Produktion	1.450,00 t/a	
<b>- Netto CO<sub>2</sub> Senkenleistung</b>	<b>3.480,00 tCO<sub>2</sub>/a</b>	
- Brutto Nutzwärme	11.020 MWh/a	22.040 MWh/a
- Trocknungswärme	1.020 MWh/a	2.040 MWh/a
<b>- Netto Nutzwärme</b>	<b>10.000 MWh/a</b>	<b>20.000 MWh/a</b>
- Strombedarf	560.000 kWh/a	280.000 kWh/a

## Modell Wärmelast Profil

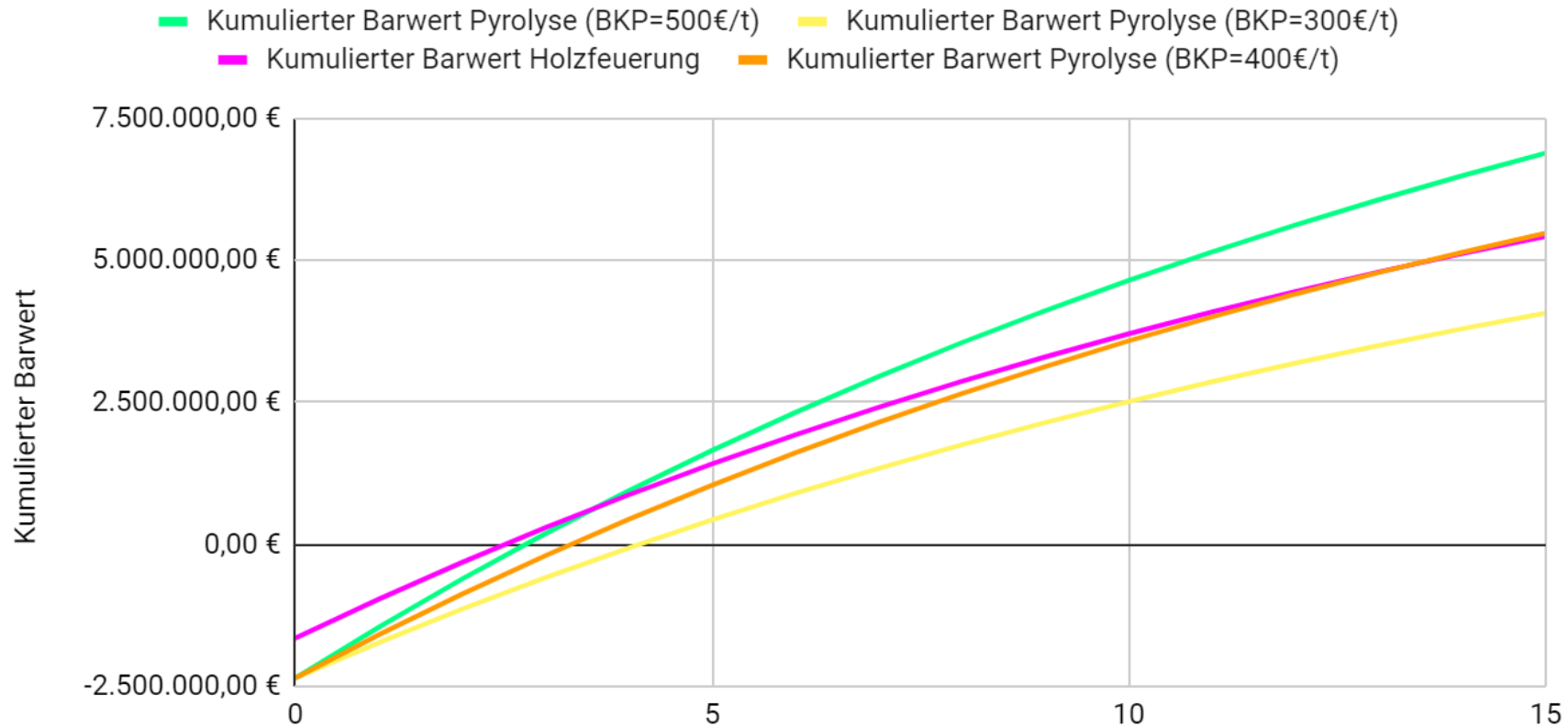


# Wirtschaftliche Machbarkeit



# Wirtschaftliche Machbarkeit

## Kumulierter Barwert Pyrolyse & Holzfeuerung

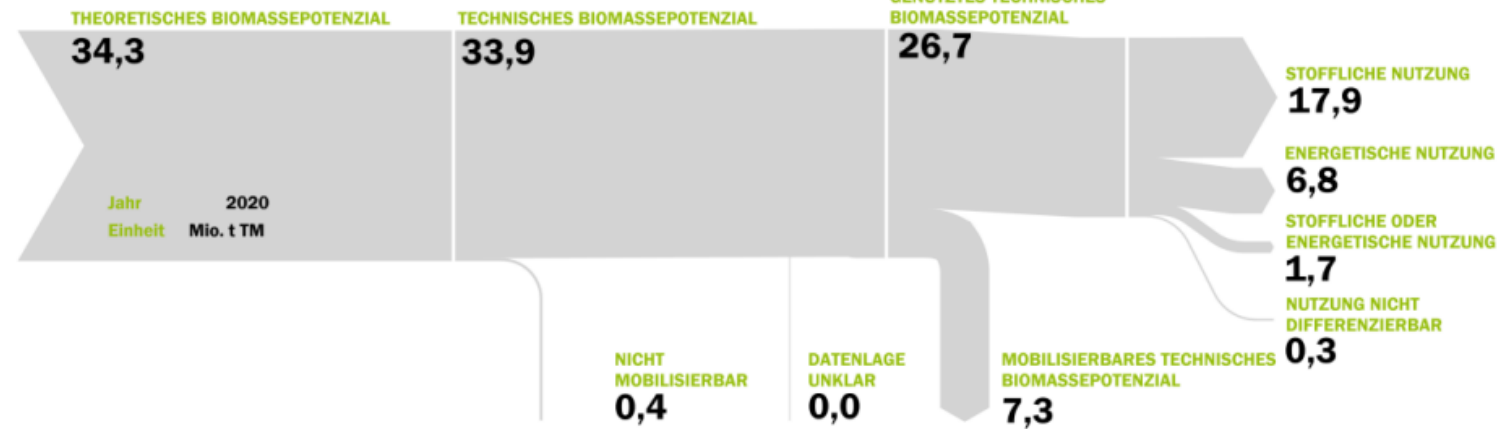


# Wirtschaftliche Machbarkeit

## BIOGENE RESTSTOFFE IN DEUTSCHLAND

### MITTELWERTE

11 EINZELBIOMASSEN



### Monitoring der Bioökonomie Ressourcenbasis und Nachhaltigkeit

Arbeitsgruppe Biomassereststoffmonitoring (AG BioRestMon)

Quelle: DBFZ Ressourcendatenbank 12/2023



Abbildung 3: Biomassepotenzial und Nutzung von Siedlungsabfällen und Klärschlamm in Deutschland für das Jahr 2020.

# Erlangen und die urbane CO<sub>2</sub> Senke (Fahrplan Klima-Aufbruch Erlangen)

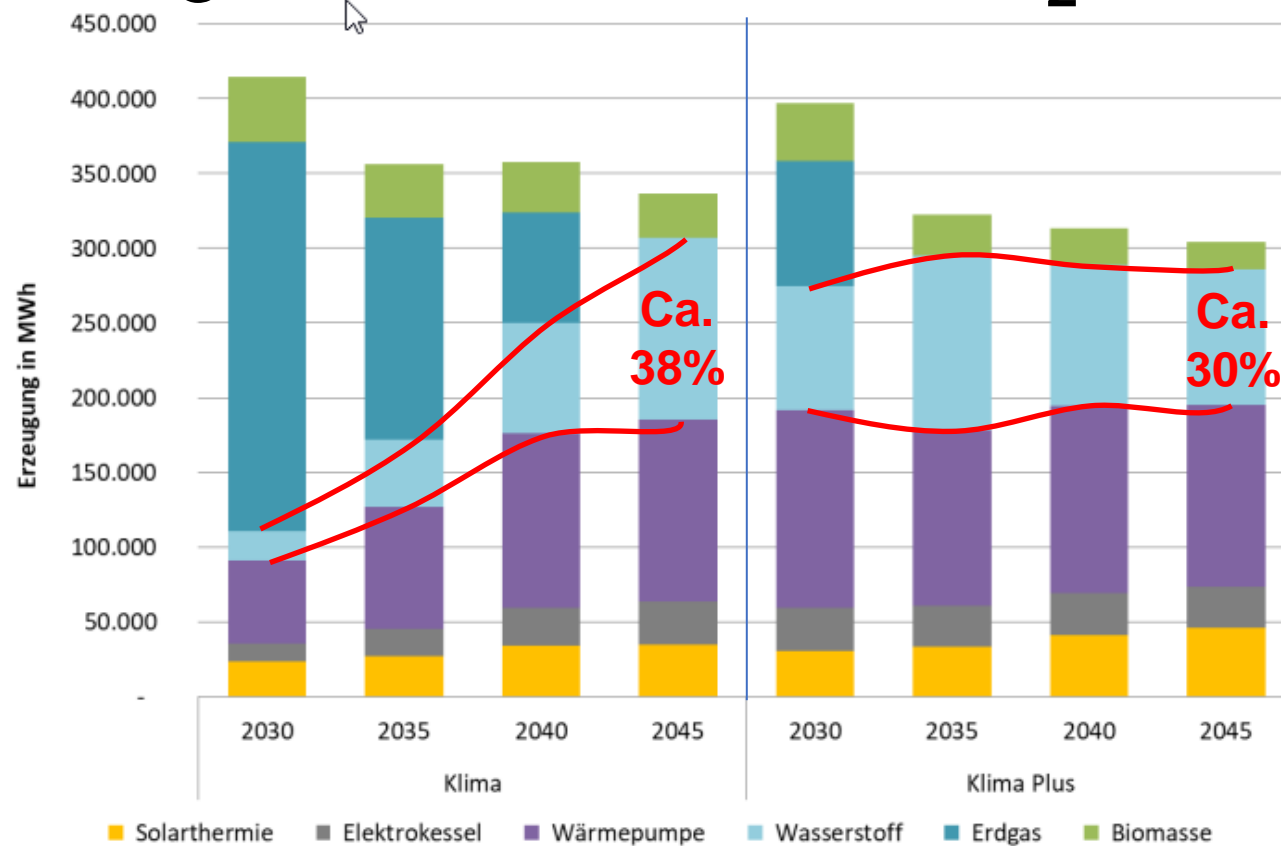


Abbildung 3-8: Fernwärmeerzeugung im Klima- und Klima-Plus-Szenario

## 2.2 Projektentwicklung

