



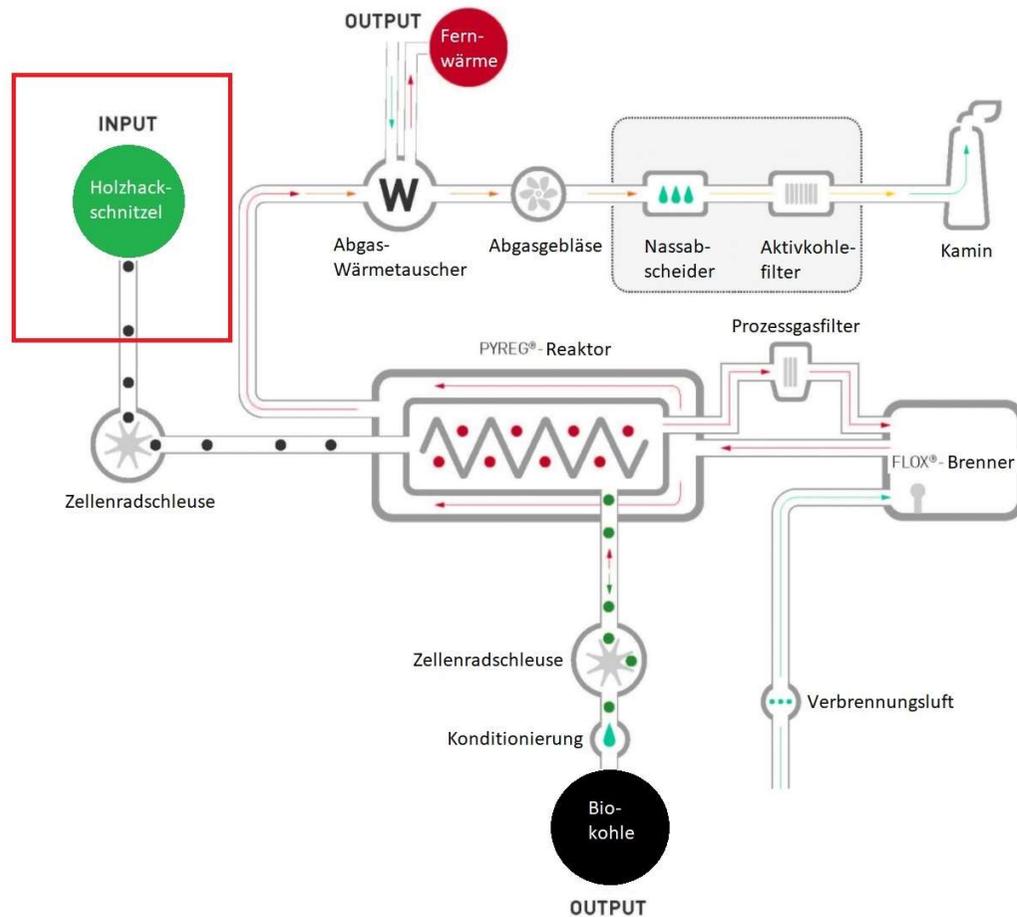
**green innovations**

**Fernwärme  
ohne CO<sub>2</sub>-Emissionen**

# Pyrolyse statt Verbrennung (Oxidation)

- Pyrolyse ist ein thermochemischer Umwandlungsprozess, bei dem organische Verbindungen unter Ausschluss von Sauerstoff bei hohen Temperaturen gespalten werden.
- Ausgangsstoff ist Biomasse mit den folgenden Eigenschaften
  - Wassergehalt < 20%
  - Partikelgröße < 30mm
  - Brennwert > 10MJ/kg
- Endprodukte sind Kohle und Wärme.

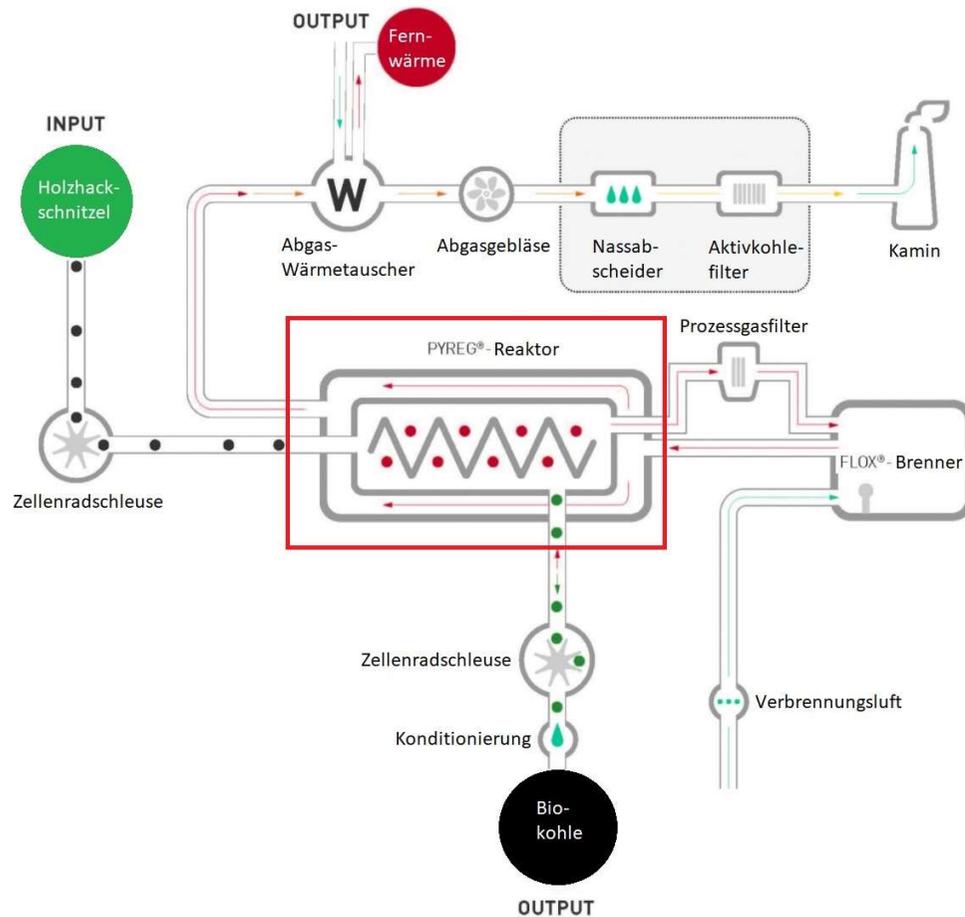
# Das Pyrolyseverfahren



Als Biomasse werden z.B. Holzhack-schnitzel mit einer Restfeuchte von ca. 15% eingesetzt.

Die Trocknung der Holzackschnitzel erfolgt durch Abwärme aus der Biogas-anlagen oder Solartrocknungsanlagen.

# Das Pyrolyseverfahren

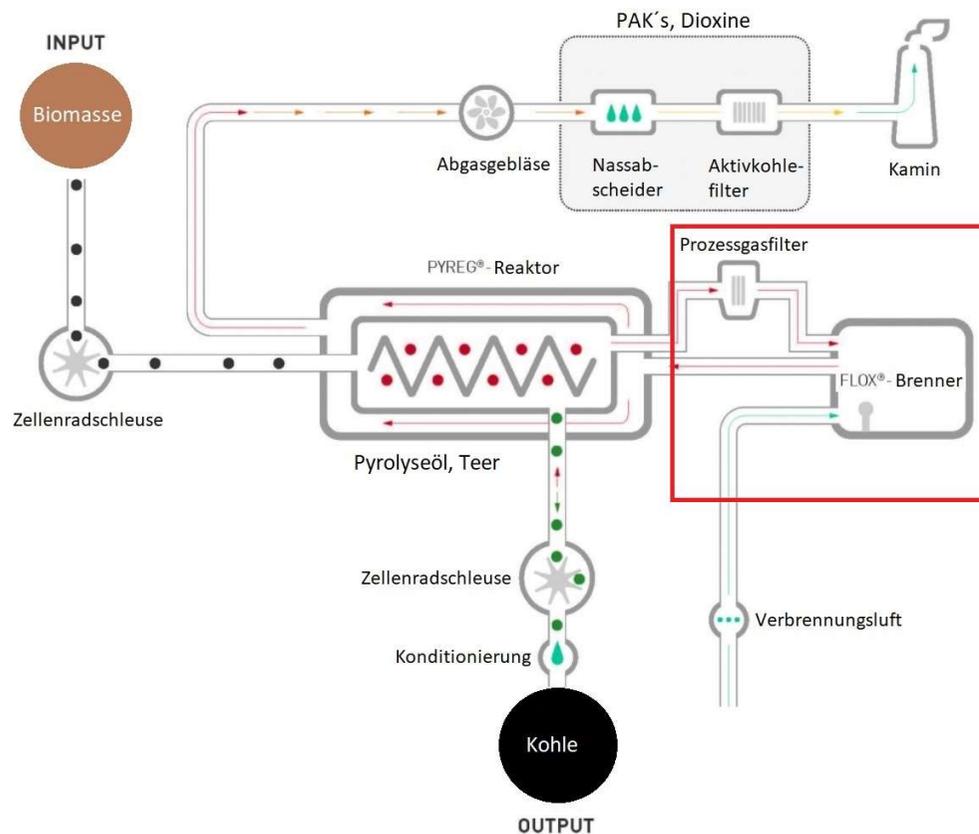


Die Biomasse wird im Reaktor unter Sauerstoffabschluss auf ca. 750 °C erhitzt.

Dadurch werden die organischen Verbindungen im Ausgangstoff aufgebrochen.

Es entsteht Kohle als Feststoff und Pyrolysegas.

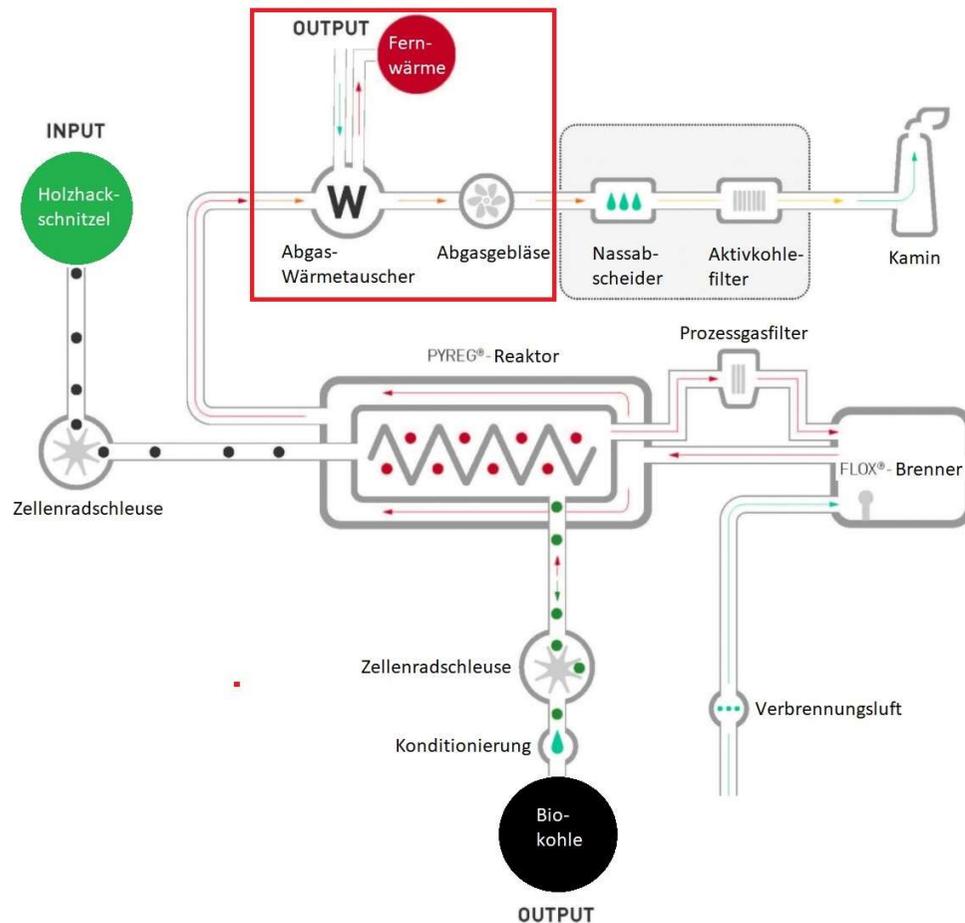
# Das Pyrolyseverfahren



Das Pyrolysegas wird aus der Brennkammer entzogen und anschließend in einer zweiten Brennkammer (FLOX-Brenner) verbrannt.

Die Wärme aus dieser Verbrennung wird genutzt um das nachfolgende Ausgangsmaterial aus Prozesstemperatur zu erhitzen.

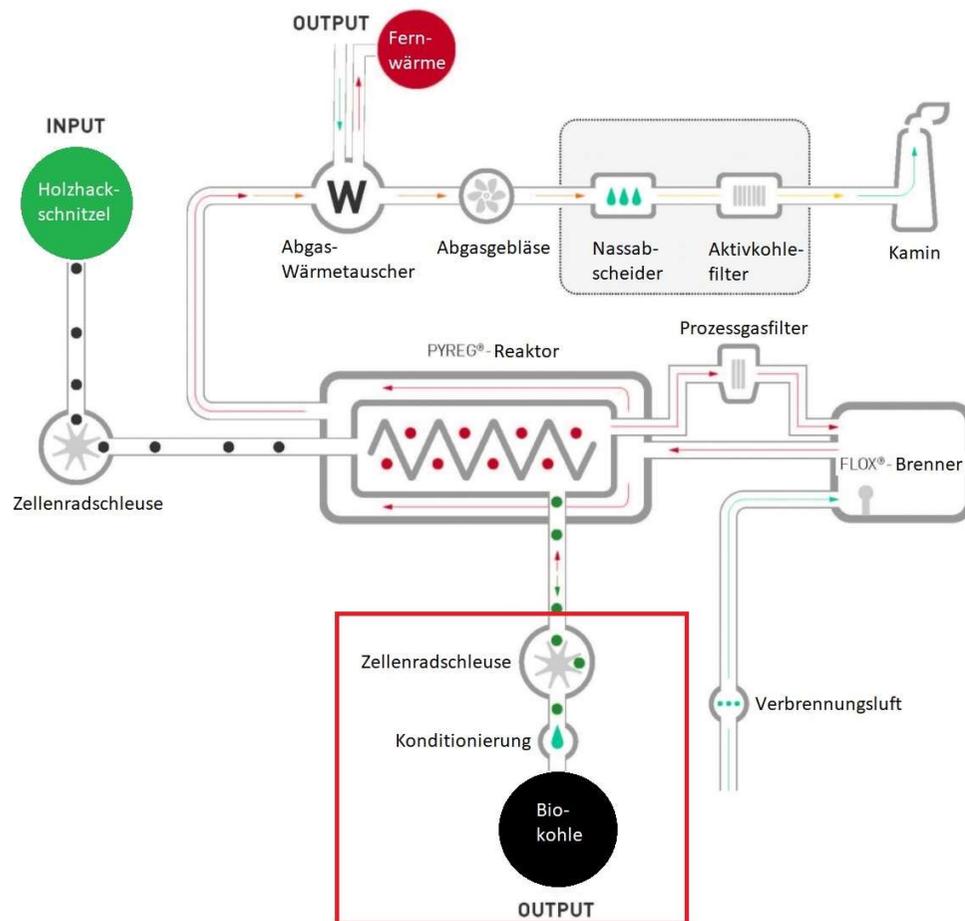
# Energetische Optimierung der Pyrolyse



Über einen Wärmetauscher wird die Abwärme des Prozesses an ein Fernwärmenetz übergeben.

Übergabetemperatur: 90 - 105°C  
Wärmeleistung: ca. 500kW  
Wärmemenge: 4,0 GWh / Jahr

# Das Pyrolyseverfahren



Durch die Pyrolyse von reinen Hackschnitzeln entsteht Biokohle in Agrar- und Futterqualität als zusätzliches Endprodukt.

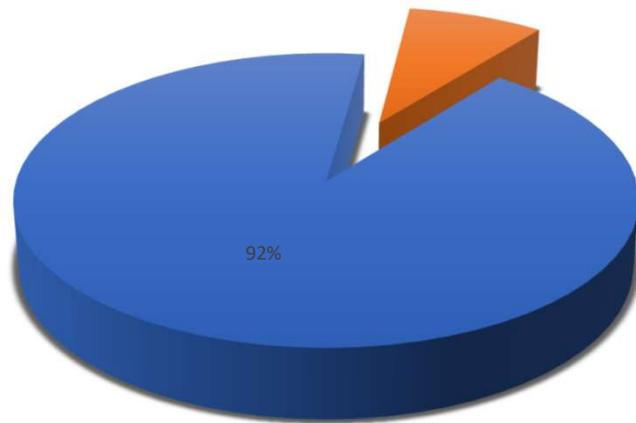
Der Kohlenstoff wird nicht an die Atmosphäre abgegeben, sondern verbleibt in der Biokohle.

Die Biokohle wird in der Landwirtschaft eingesetzt und dadurch bleibt der darin enthaltene Kohlenstoff dauerhaft im Boden gespeichert.

Somit wird der Kohlenstoffgehalt der Atmosphäre real reduziert => Kohlestoff-Senke!

# CO<sub>2</sub>-Bilanz der Pyrolyse

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



■ CO<sub>2</sub> Äquivalent des in der Biokohle gespeicherten Kohlenstoffs[t/a]

■ CO<sub>2</sub> Emission [t/a]

Von dem im Holz gespeicherten Kohlenstoff wird nur ca. 8% über die Verbrennung des im Pyrolysegas CO als CO<sub>2</sub> emittiert.

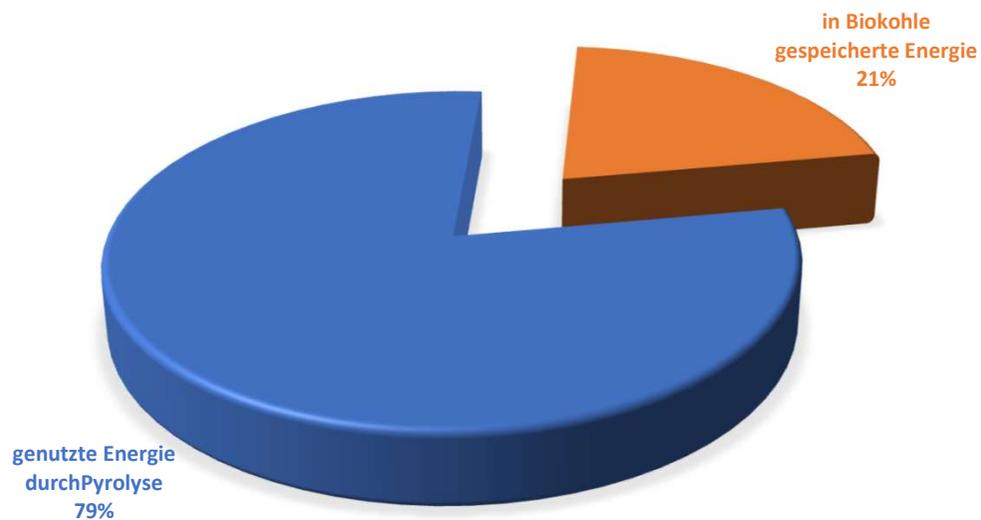
Ungefähr 92% des Kohlenstoffs aus der Biomasse bleibt in der Biokohle gespeichert.

Eine 500kW Pyrolyseanlage entzieht der Atmosphäre jährlich ca. 1.600t CO<sub>2</sub>.

Somit handelt es sich bei der Pyrolyse um eine effektive CO<sub>2</sub>-Senke!

# Wirtschaftlichkeit der Pyrolyse

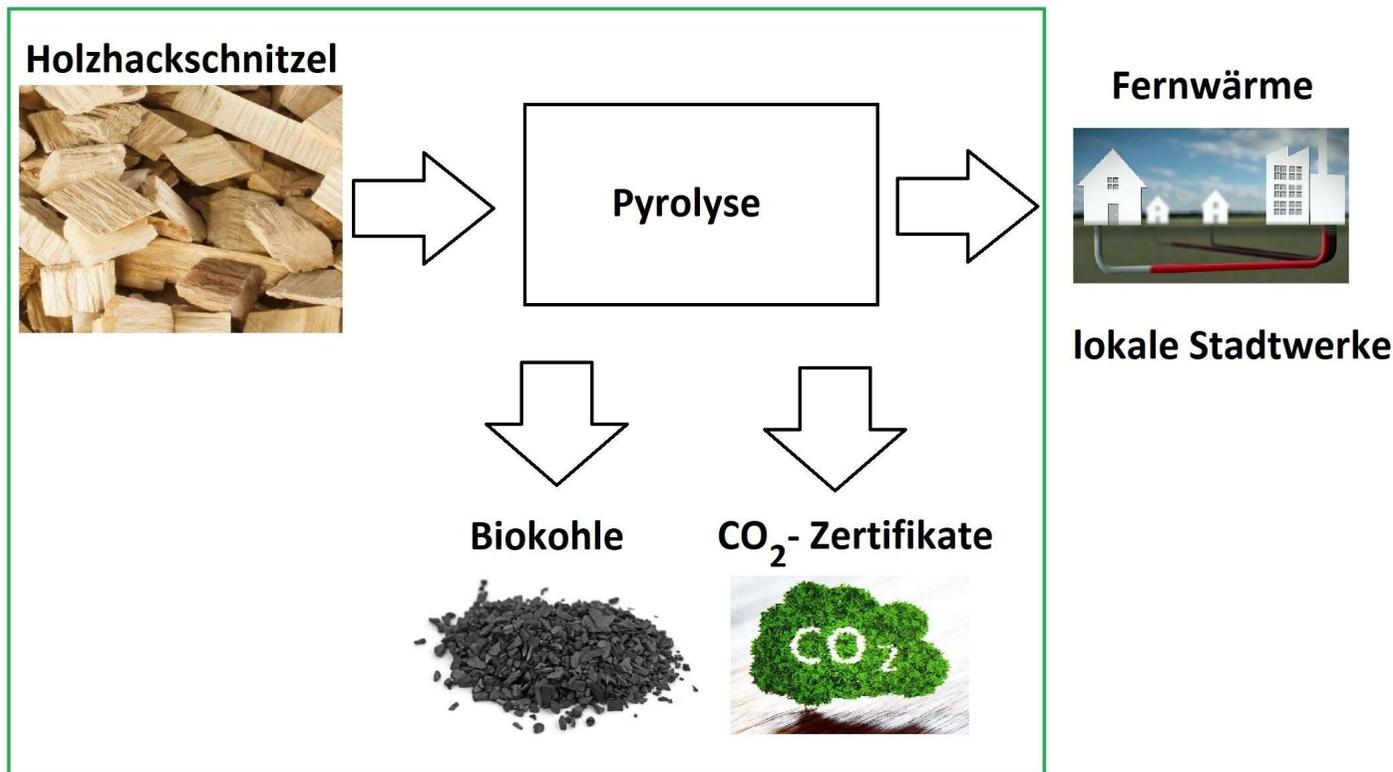
## Nutzung des im Holz enthaltenen Brennwertes



Durch den bewussten Verzicht auf die Verbrennung des im Holz enthaltenen Kohlenstoffs, ist der Wirkungsgrad der Pyrolyse um ca. 21 % schlechter als der eines Holzvergasers mit gleicher Wärmeleistung.

Nur durch den Verkauf aller 3 Endprodukte Biokohle, Wärme und CO<sub>2</sub>-Zertifikate wird die Pyrolyse wirtschaftlich rentabel.

# Voll-Service-Konzept

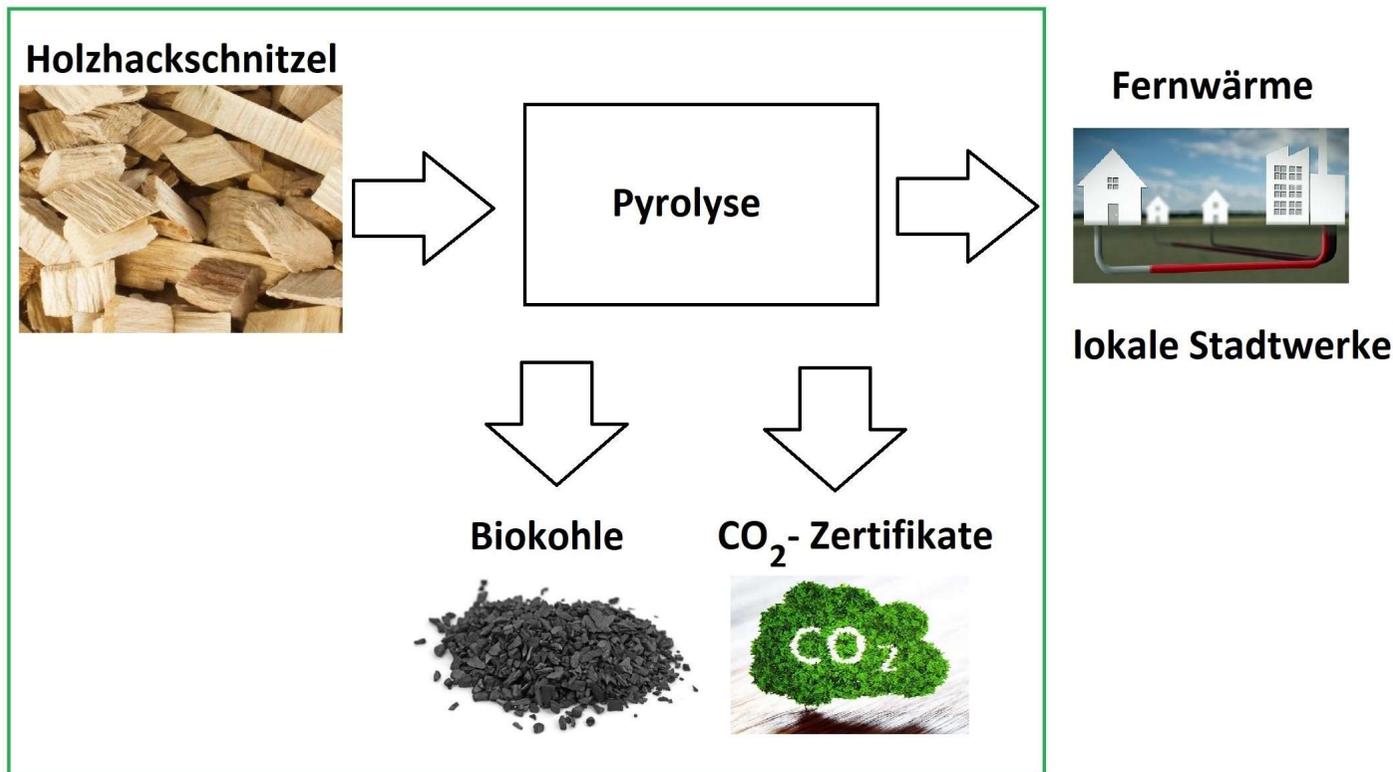


## Green Innovations bietet ein Voll-Service-Konzept:

- Planung, Finanzierung und Bau der Pyrolyse-Anlagen
- Einkauf der Holzackschnitzel
- Betrieb der Pyrolyse-Anlagen
- Lieferung einer konstanten Wärmemenge in das Wärmenetz
- Verkauf der Biokohle an Landwirte
- Zertifizierung und Verkauf der CO<sub>2</sub>-Zertifikate über zertifizierte Plattformen

**Green Innovations**

# Voll-Service-Konzept

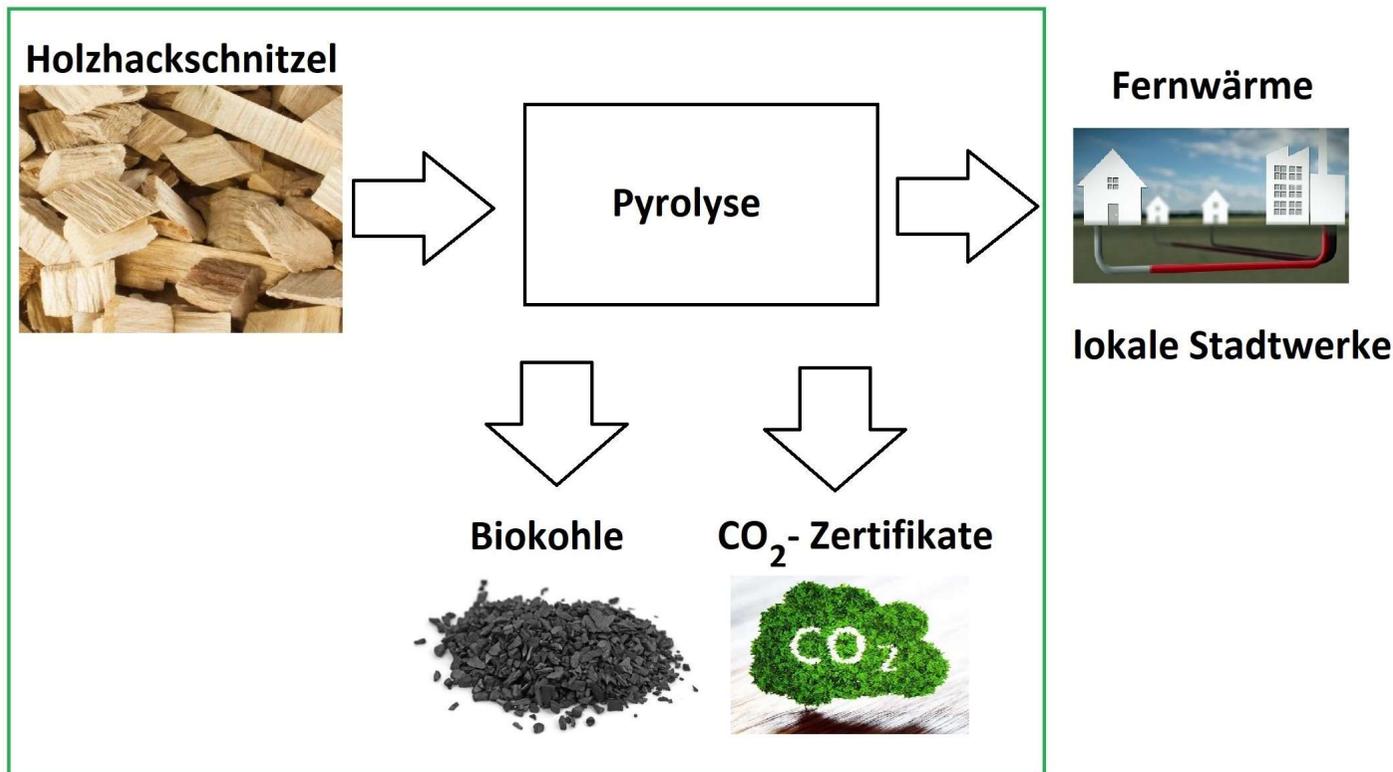


## Vorteile für die Stadtwerke:

- keine Investitionen in neue Anlagen notwendig
- kein Personalaufwand für den Betrieb der Anlagen
- keine Beschäftigung mit Holzackschnitzel, Biokohle oder CO<sub>2</sub>-Zertifikaten notwendig
- Nutzung von Wärme aus einer regenerativen Energiequelle

**Green Innovations**

# Voll-Service-Konzept



## Wärmepreis:

Der Verkauf der Biokohle und der CO<sub>2</sub>-Zertifikate durch Green Innovations bezuschusst den Abgabepreis der Wärme in das Wärmenetz.

Der aktuelle Wärmepreis beträgt 0,05€ bis 0,07/kWh bezogen auf einen Einkaufspreis von 125,-€ pro Tonne Waldhackschnitzel.

**Green Innovations**

# Pyrolyseanlagen



## Pyrolyseanlage 1:

- Eingangsmaterial: Hackschnitzel, Agrarreste, Klärschlamm
- Betriebsstunden: 8.500 h/a
- Thermische Nennleistung: 500 kW
- Wärmemenge: 4,25 GWh pro Jahr
- Temperaturniveau: 85 – 105°C
- Stromproduktion: nicht rentabel
- Stromverbrauch: 3,5kW
- Abmaße: L=12m, B=3,5m, H= 3,5m

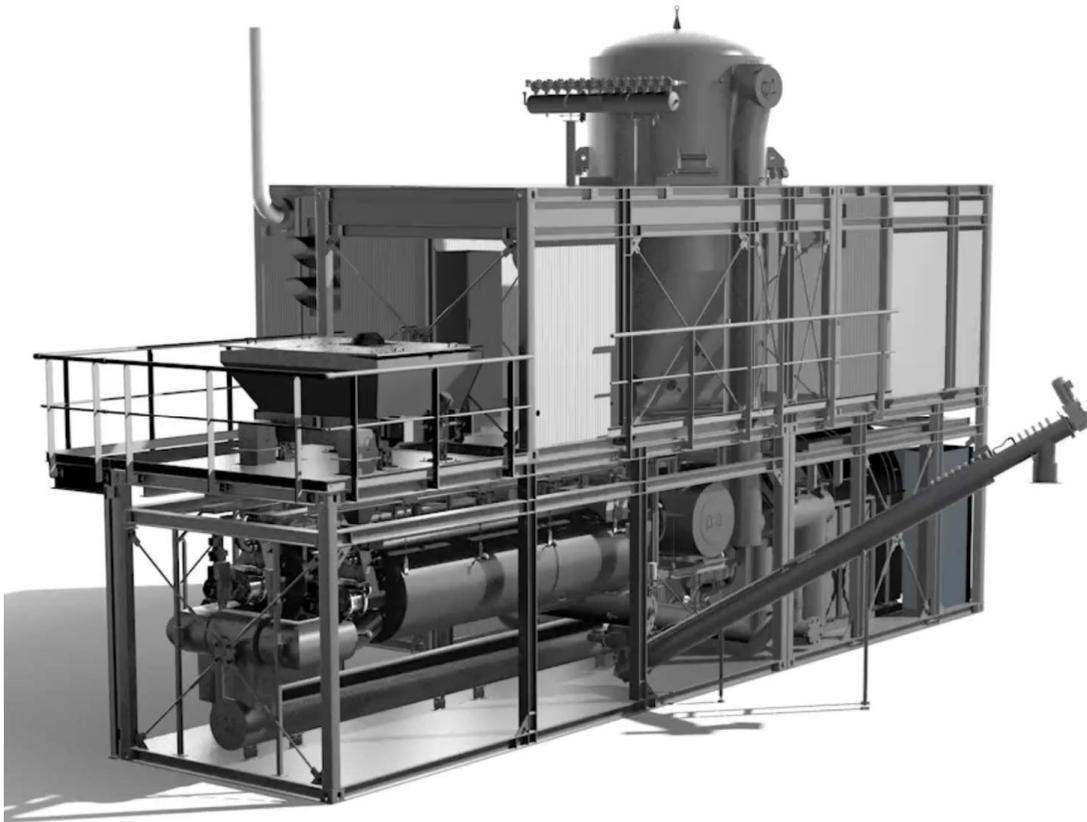
# Pyrolyseanlagen



## Pyrolyseanlage 2:

- Eingangsmaterial: Waldhackschnitzel, Agrarreste
- Betriebsstunden: 7.500 h/a
- Thermische Nennleistung: 1,0 MW
- Wärmemenge: 7,5 GWh pro Jahr
- Temperaturniveau: 80 – 95°C
- Stromproduktion: 120kW netto
- Stromverbrauch: 63kW
- Abmaße: L=20m, B=20m, H= 9,5m

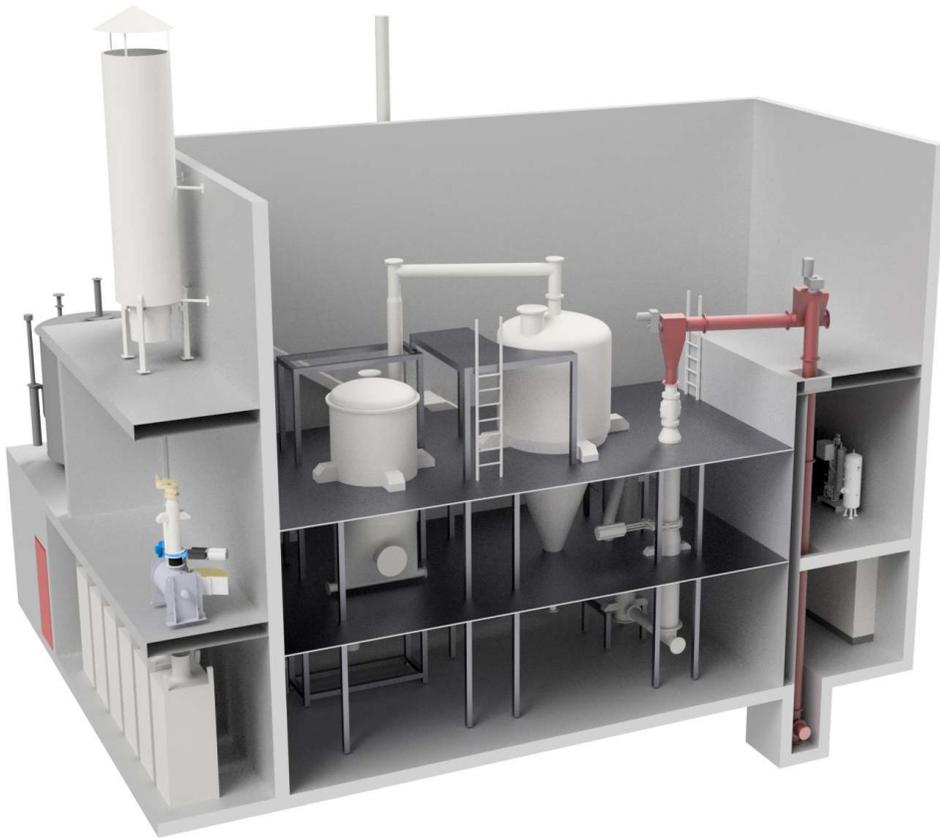
# Pyrolyseanlagen



## Pyrolyseanlage 3:

- Eingangsmaterial: Holzhackschnitzel, Klärschlamm
- Wärmeleistung: 700kW
- Betriebsstunden: 7.500 h/a
- Wärmemenge: 5,25 GWh
- Abgabetemperatur: 140°C
- Stromproduktion: nicht rentabel
- Stromverbrauch: 40kW
- Abmaße: L=19m, B=3m, H= 9,8m

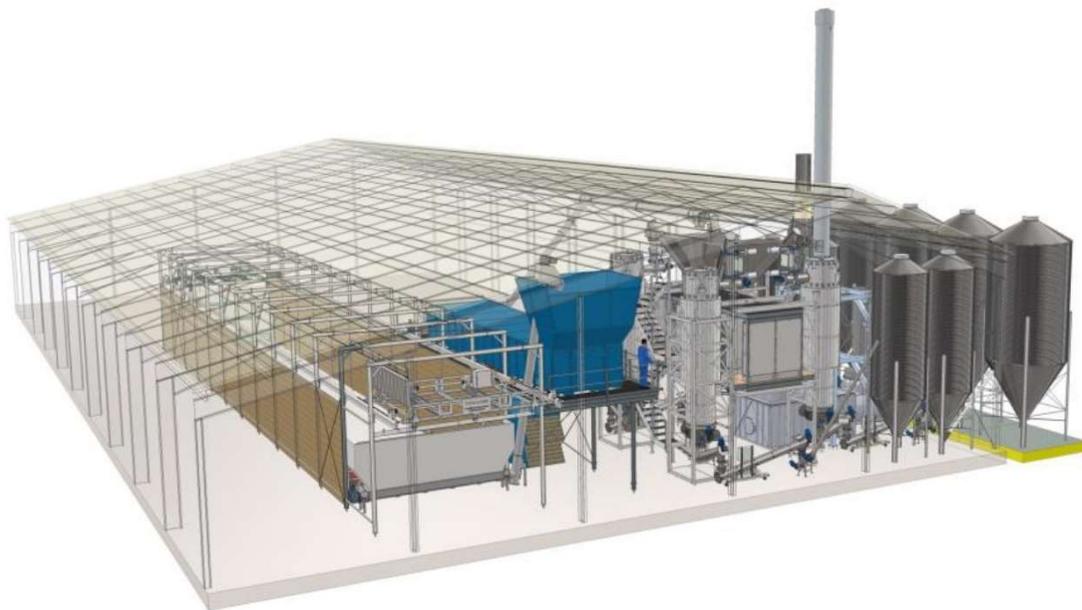
# Pyrolyseanlagen



## Pyrolyseanlage 4:

- Eingangsmaterial: Waldhackschnitzel
- Betriebsstunden: 7.500 h/a
- elektrische Leistung: 500kW
- Wärmeleistung bei 90°C: 740kW
- Wärmeleistung bei 50°C: 240kW
- Gebäudefläche: ca. 600m<sup>2</sup>

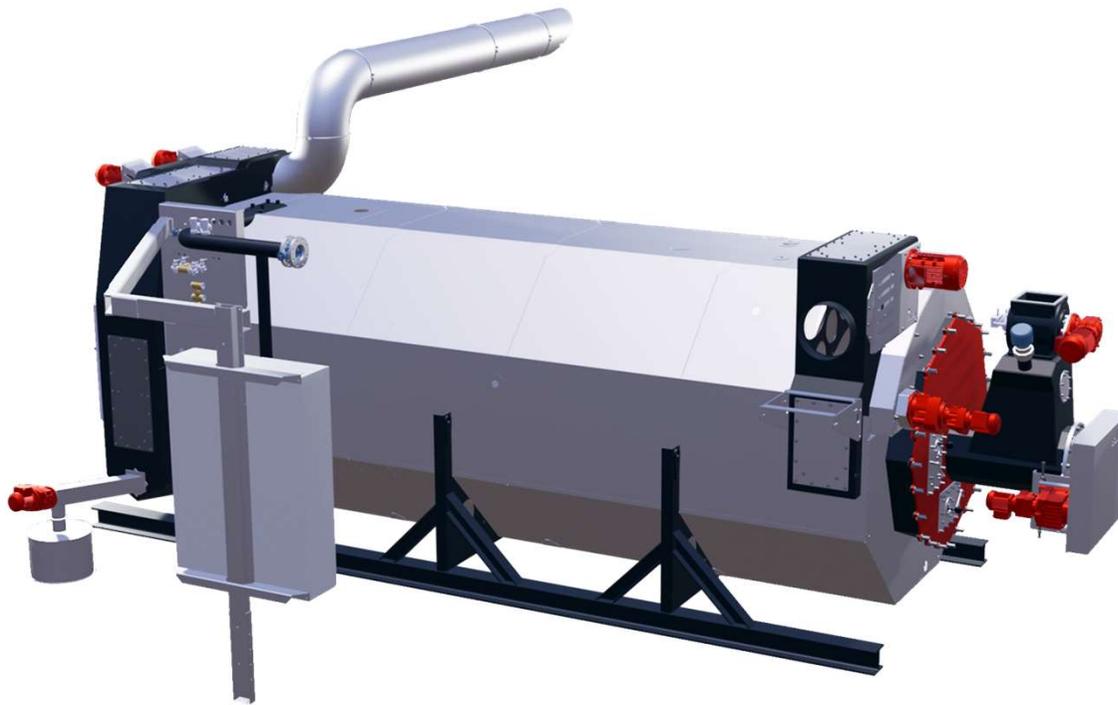
# Pyrolyseanlagen



## Pyrolyseanlage 5:

- Eingangsmaterial: Waldhackschnitzel, Agrarreste
- Betriebsstunden: 7.500 h/a
- Thermische Nennleistung: 2,0 MW
- Wärmemenge: 15 GWh pro Jahr
- Temperaturniveau: 80 – 95°C
- Stromproduktion: 240kW netto
- Stromverbrauch: 128kW
- Abmaße: L=50m, B=40m, H= 12m

# Genehmigungsverfahren

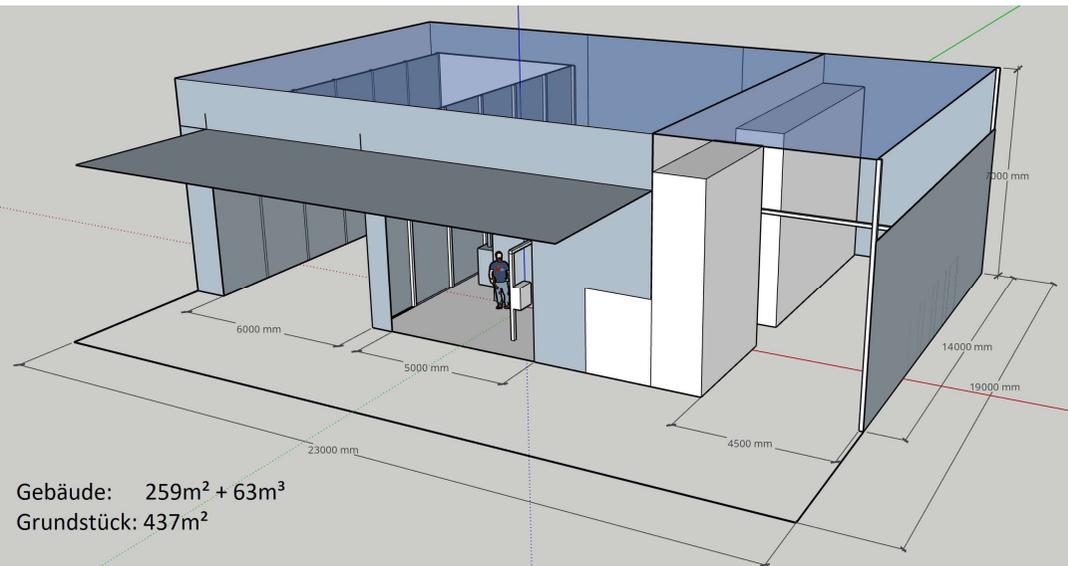


## **Betriebsgenehmigung nach BImSchG:**

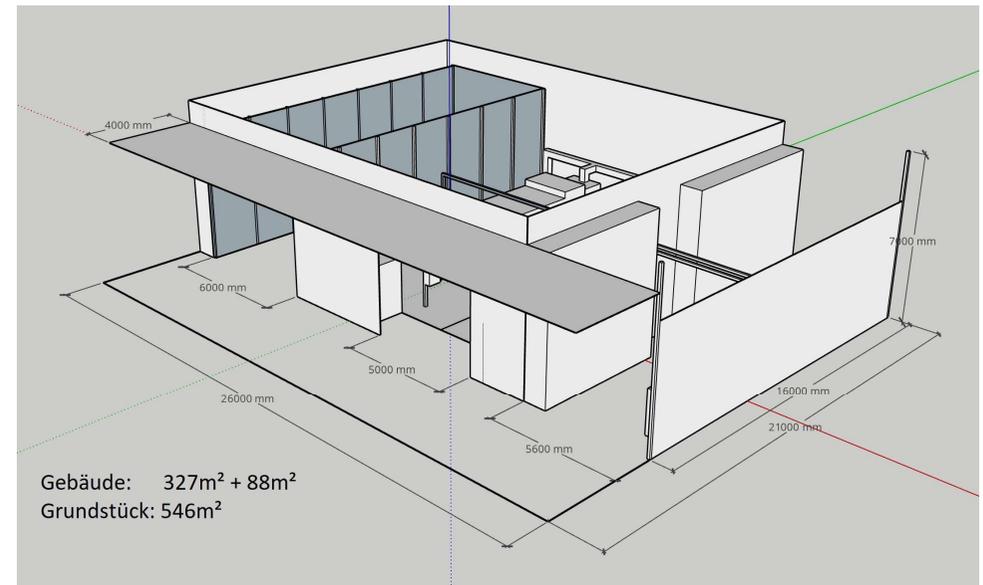
Betriebsgenehmigung notwendig nach  
4. BImSchV Nr. 8.1.1.4

„Vereinfachtes Genehmigungsverfahren zur  
Behandlung von nicht gefährlichen Abfällen bis  
3t/h.“

# Gebäude und Grundstücke



Einfachanlage 500kW:  
Gebäudefläche: ca.  $322\text{m}^2$   
min. Grundstücksfläche: ca.  $440\text{m}^2$

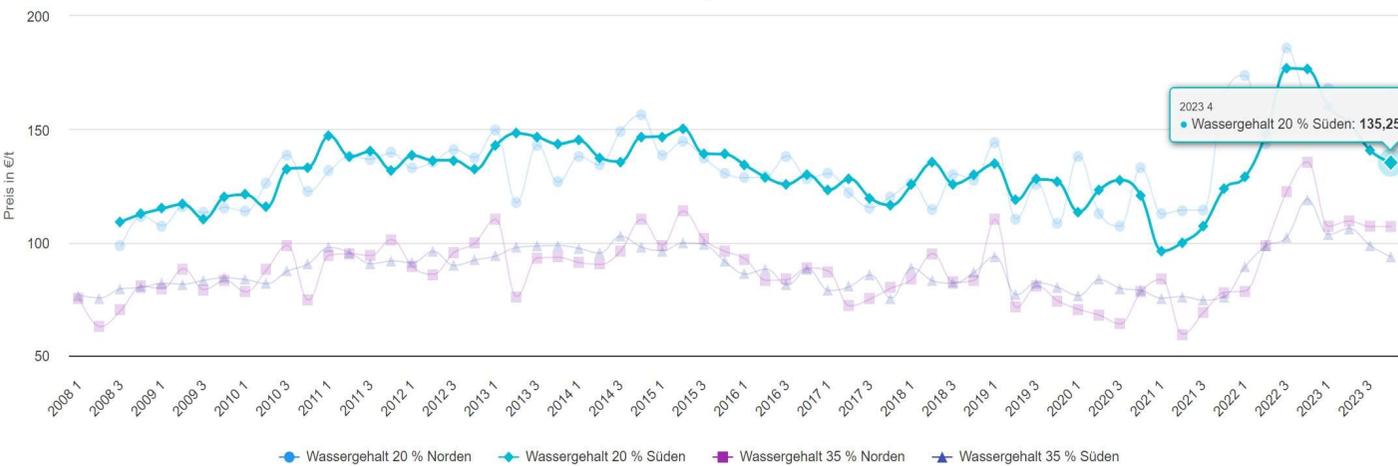


Doppel-Cluster 2 x 500kW:  
Gebäudefläche: ca.  $420\text{m}^2$   
min. Grundstücksfläche: ca.  $550\text{m}^2$

# Hackschnitzel

Hackschnitzelpreise Deutschland

nach Regionen



CARMEN eV

## Wärmepreis:

Der aktuelle Wärmepreis von 0,05 bis 0,07€/kWh basiert auf einem Einkaufspreis für Waldhackschnitzel von 125,-€ pro Tonne.

Auf Grund der hohen Reserven an Bruch- und Schadholz in Süd-Deutschland ist mit weiterhin relativ stabilen Preisen zu rechnen.

# Hackschnitzel



Holzhackschnitzel  
Güteklasse: A1



Waldhackschnitzel  
Restholz

## Verfügbarkeit von Waldhackschnitzeln:

Die Waldhackschnitzel werden von lokalen Waldbauernvereinigungen bezogen.

Die Trocknung der Waldhackschnitzel erfolgt mittels der Abwärme von Biogasanlagen oder solarbetrieben.

# Alternative Biomassen

## Alternative Biomassen für die Pyrolyse

Neben Hackschnitzeln können auch andere Biomassen zur Pyrolyse genutzt werden, z.B.:

- Erntereste
- Spelzen
- Kerne
- Nussschalen
- Stroh von Blühwiesen
- Grünschnitt
- Straßenbegleitgrün
- Gärreste aus Biogas-Anlagen
- Siebreste aus Kompostierung
- Papierschlamm
- Filterzellstoff
- Klärschlamm

# Miscanthus Giganteus (Elefantengras)



Bis zu 4m Wachstumshöhe

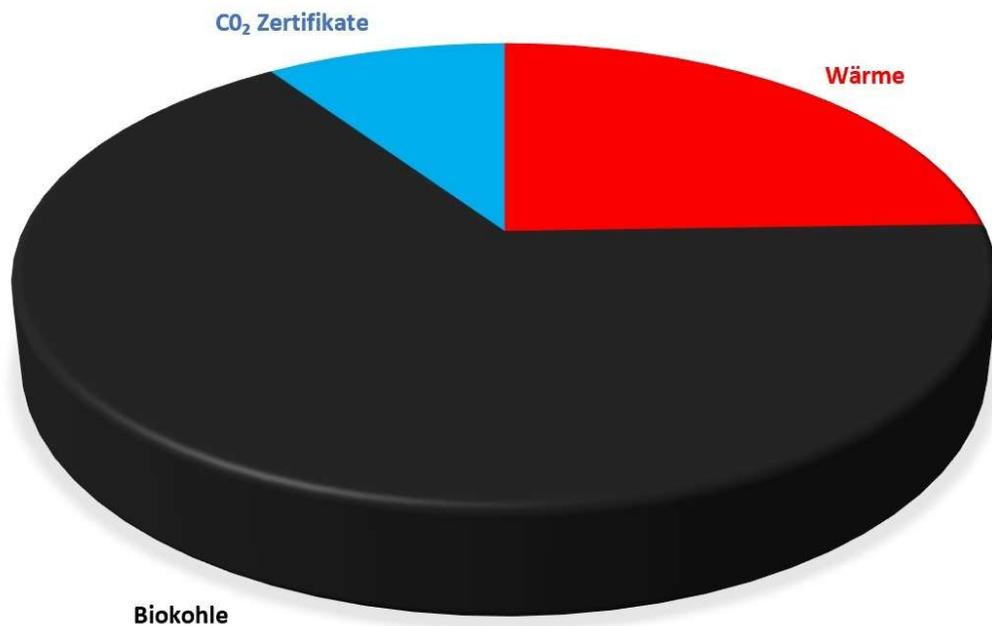


Im Frühjahr erntereif und trocken (ca. 15% Feuchte)

## Miscanthus als Biomasse:

- mehrjährige Pflanze
- erntereif am dem 2. Jahr
- bis zu 15 - 25t/ha Ertrag
- keine Trocknung notwendig
- keine Düngung notwendig
- bis zu 2cm Humusaufbau pro Jahr

# Einnahmenstruktur



## Einnahmestruktur von Green Innovations:

66% der Einnahmen von Green Innovations stammen aus dem Verkauf der produzierten Biokohle.

24% der Einnahmen von Green Innovations stammen aus dem Verkauf der Wärme.