



**green innovations**

The background of the lower half of the slide is a dense, vibrant green forest canopy. Sunlight filters through the leaves, creating a bright, airy atmosphere. The leaves are various shades of green, from light to dark, and the branches are thin and dark.

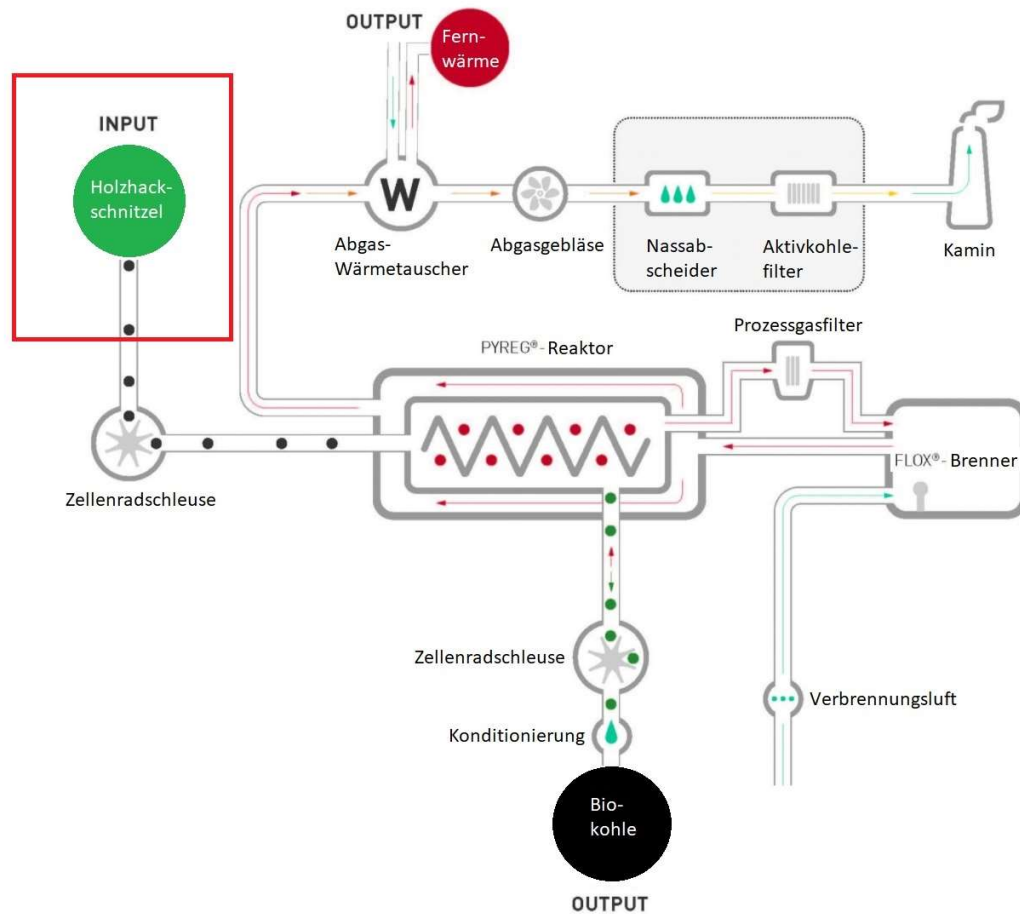
# **Pyrolyse und Pflanzenkohle**

# 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.



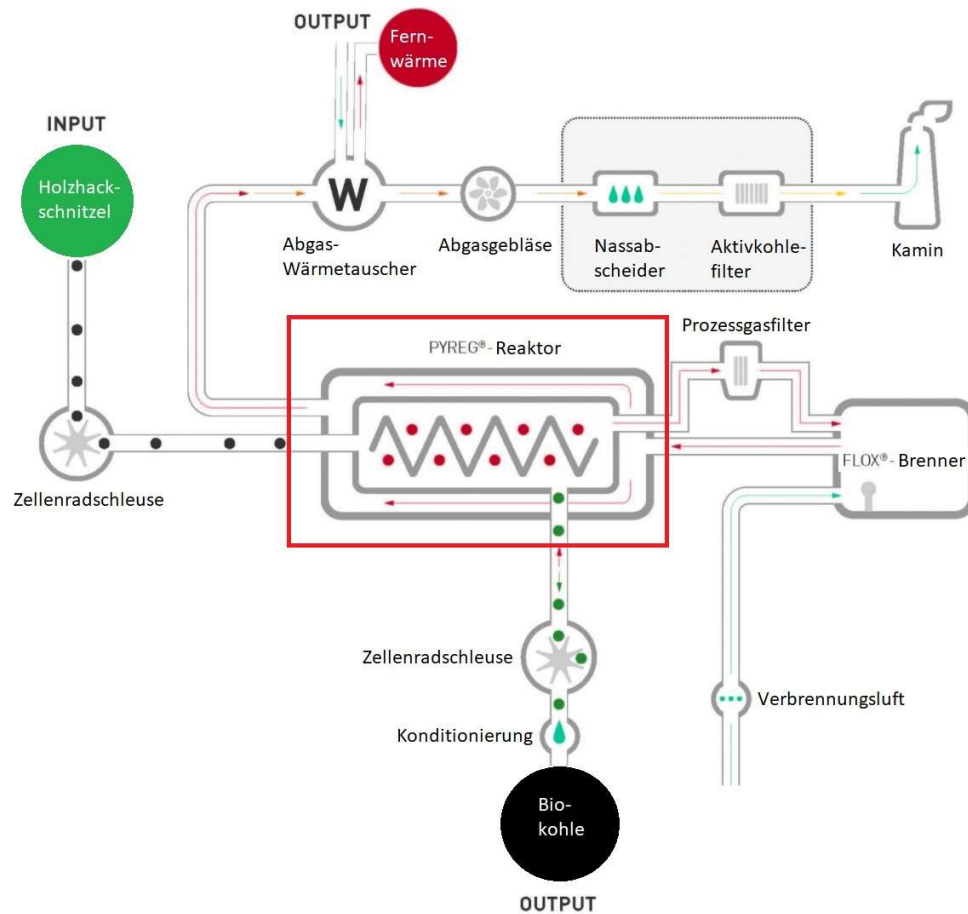
# Das Pyrolyseverfahren



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



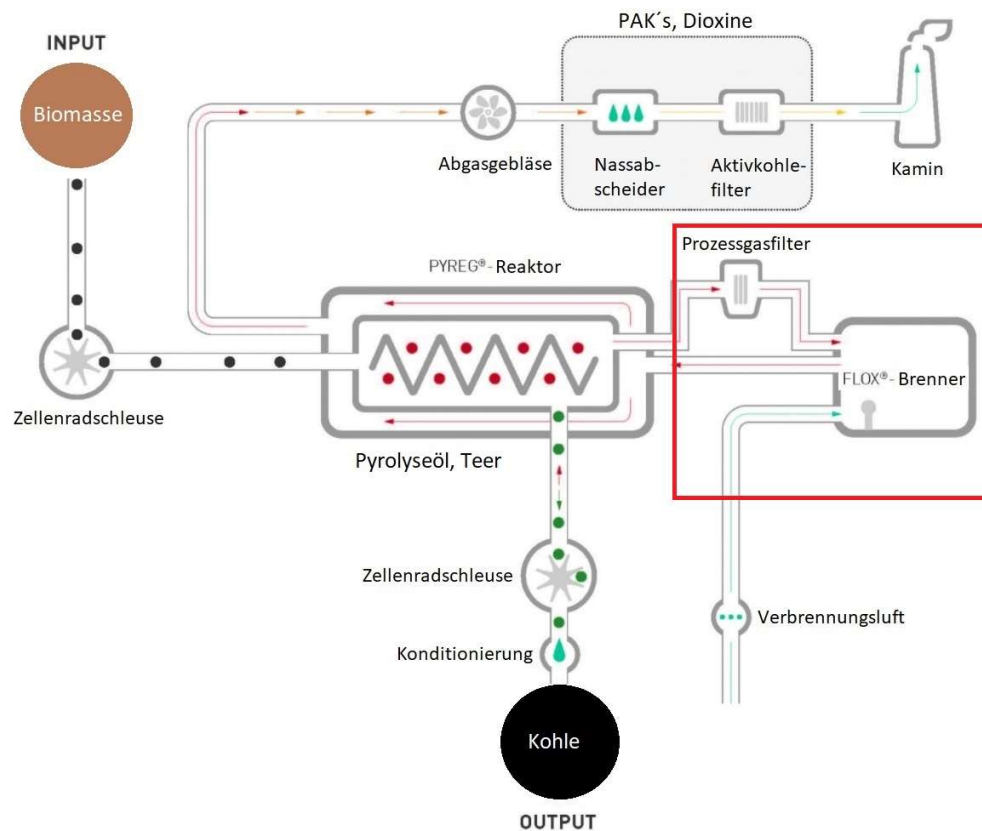
Die Biomasse wird im Reaktor unter Sauerstoffabschluss auf ca. 750 °C erhitzt.

Dadurch werden die organischen Verbindungen im Ausgangstoff aufgebrochen.

Es entsteht Kohle als Feststoff und Pyrolysegas.



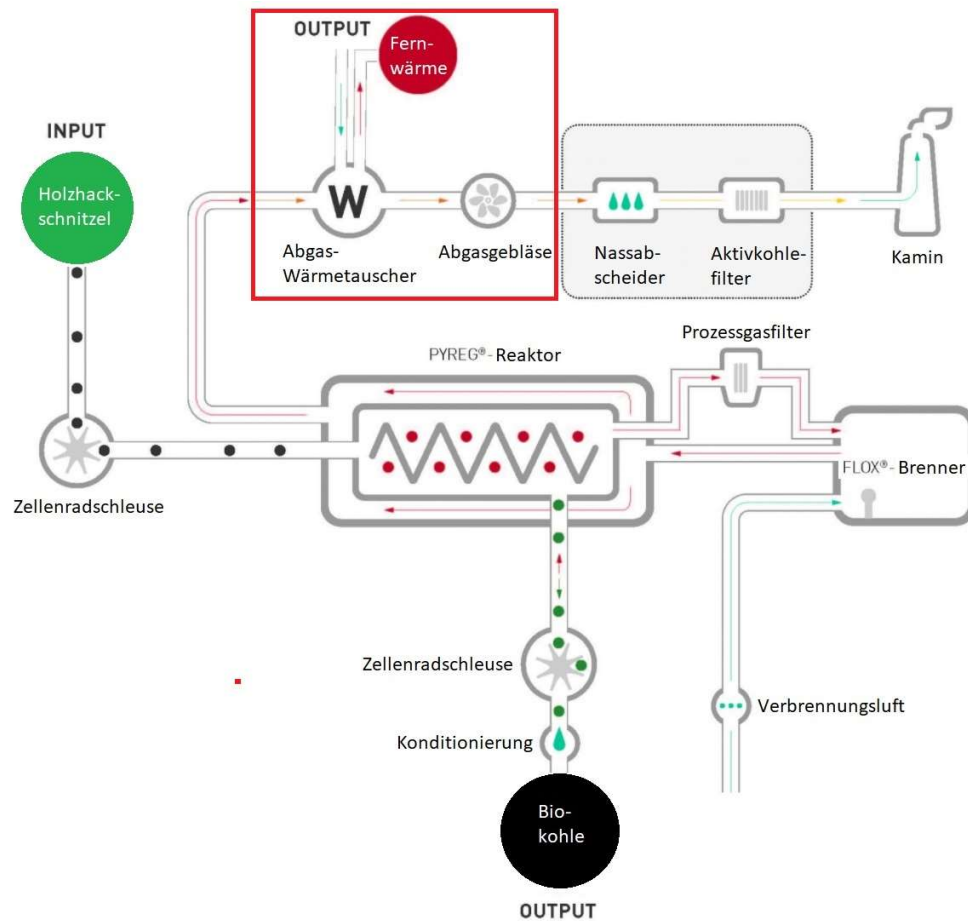
# Das Pyrolyseverfahren



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.

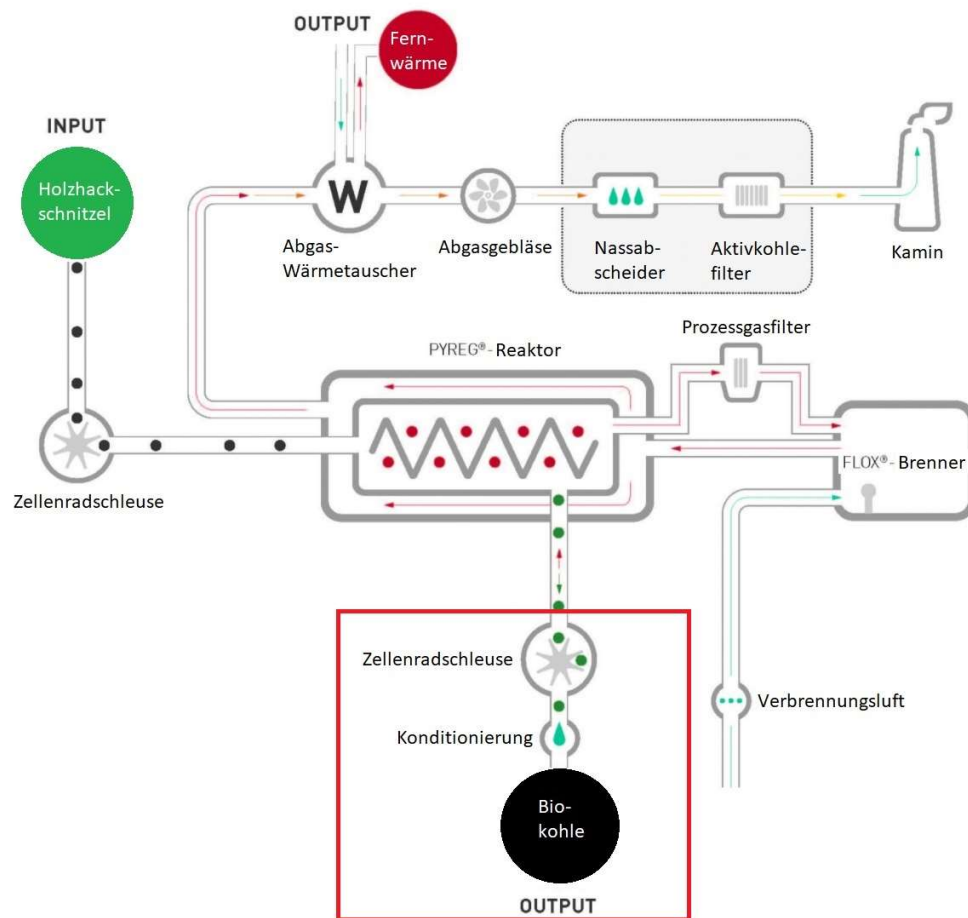
# Energetische Optimierung der Pyrolyse



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.

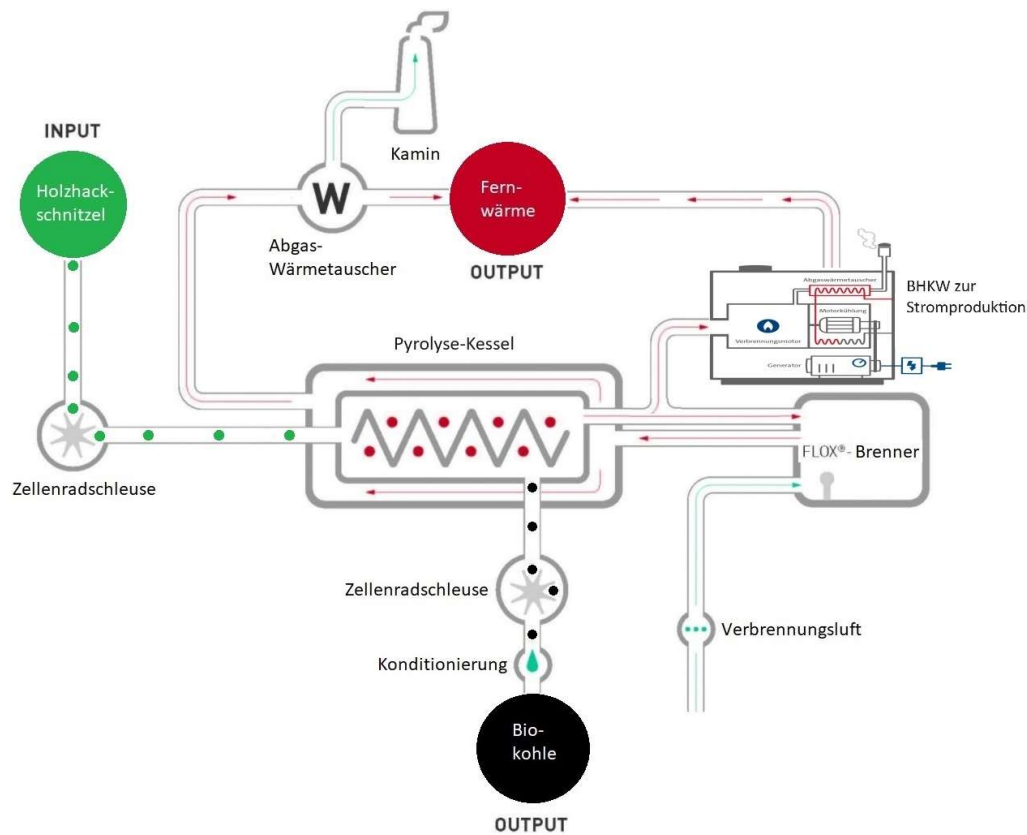
Der Kohlenstoff wird nicht an die Atmosphäre abgegeben, sondern verbleibt in der Biokohle.

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!



# Kombinationsverfahren



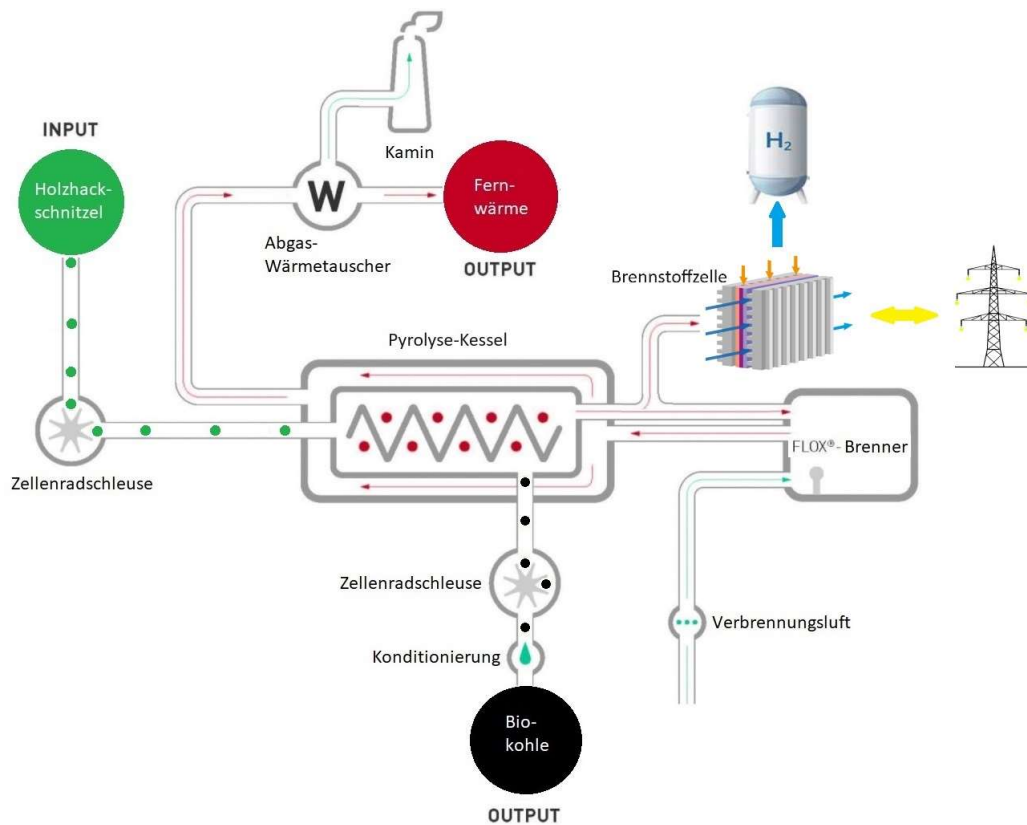
## Kombination mit BHKW für Strom + Wärme:

Das Pyrolysegas wird nur teilweise im Kreisprozess genutzt. Der Hauptanteil des Pyrolysegases wird in ein BHKW geleitet.

## Vorteil:

Zusätzlich zur Wärme kann Strom produziert werden.

# Kombinationsverfahren



## Kombination mit Brennstoffzelle für Strom:

Das Pyrolysegas wird in einer Brennstoffzelle zur Stromproduktion genutzt.

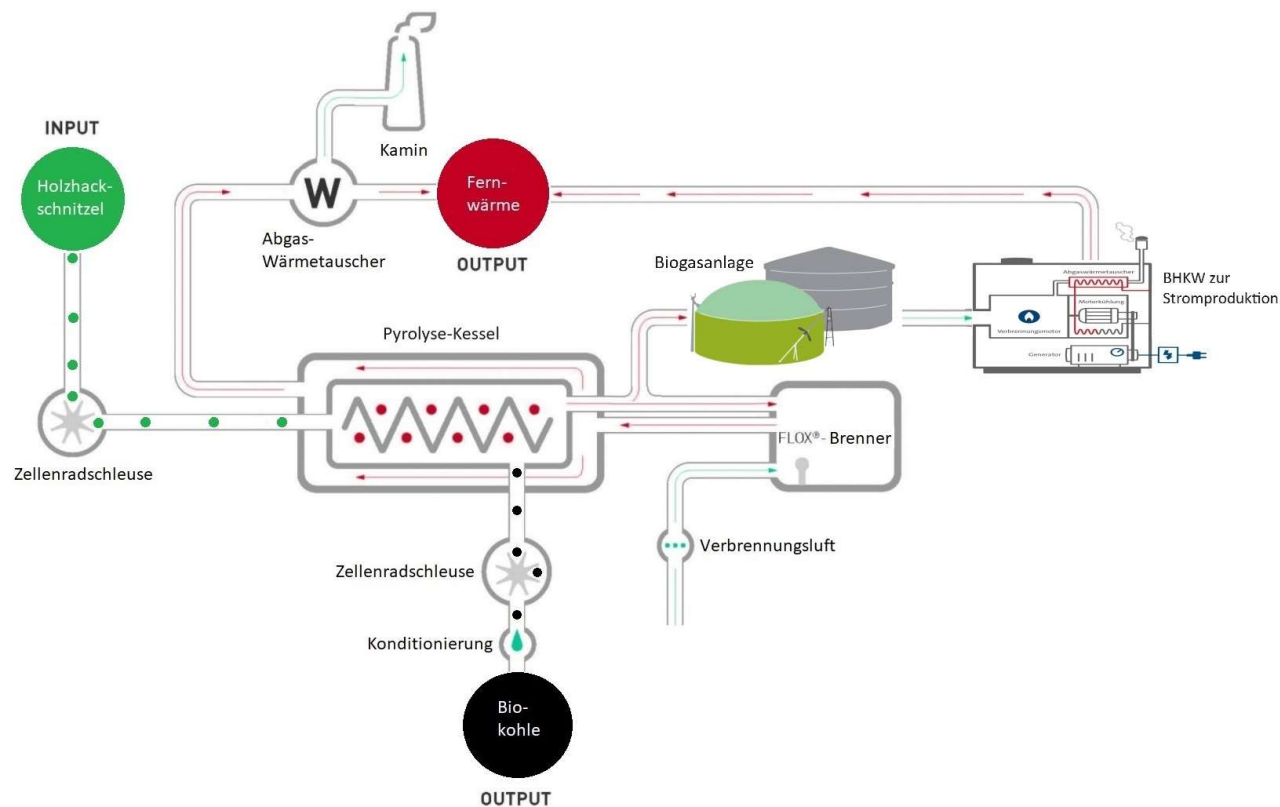
### Vorteile:

- Sehr hoher Wirkungsgrad bei der Stromerzeugung.
- In Zeiten geringer Strompreise (Überschussstrom aus PV oder Wind) kann im Reversierbetrieb der Brennstoffzelle Wasserstoff produziert werden.





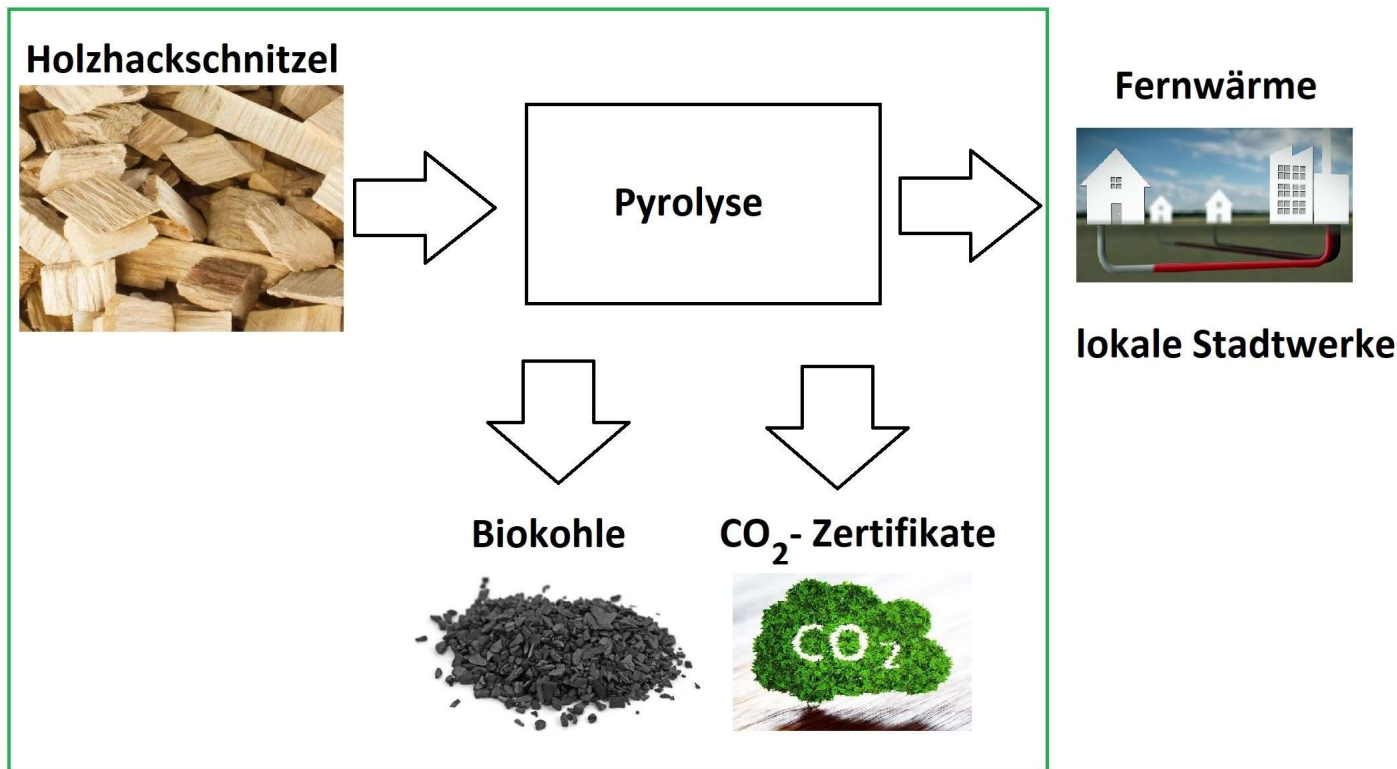
# Kombinationsverfahren



## Weitere Vorteile:

- Methanbildende Microorganismen im Fermenter werden und somit Methanproduktion gesteigert.
- Der Wasserstoff im Pyrolysegas steigert die Methanisierung auf über 90% (normal 60%) => man erhält einspeisungsfähiges Biogas ohne eine zusätzliche CO<sub>2</sub>-Abscheidung

# Voll-Service-Konzept

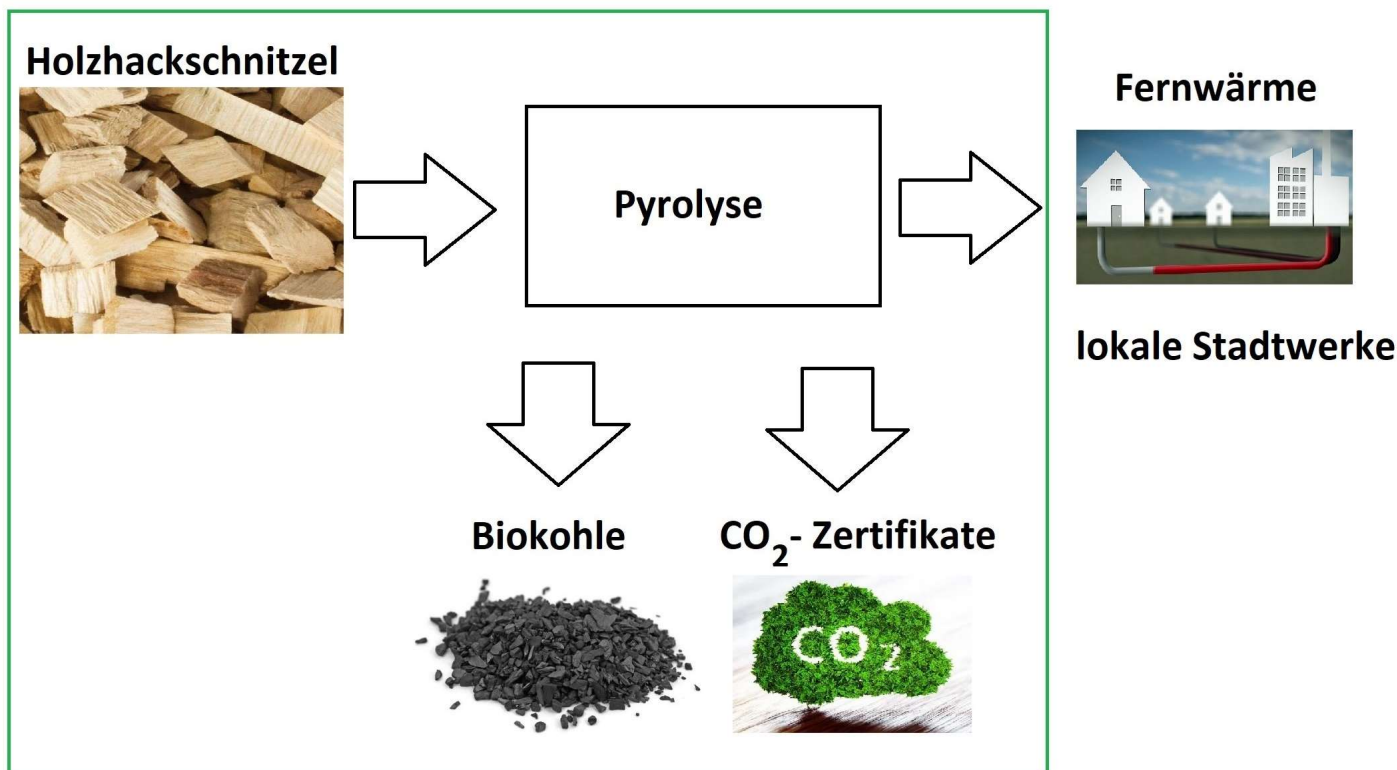


## Green Innovations bietet ein Voll-Service-Konzept:

- 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 Holzhack-schnitzel, Biokohle oder CO<sub>2</sub>-Zertifikaten notwendig
- Nutzung von Wärme aus einer regenerativen Energiequelle

**Green Innovations**



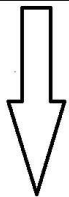
# Firmenstruktur



**green innovations**

kommunale Wärmeplanung

Projektakquise und Planung regenerativer Heizzentralen und Wärmenetze



**Green Energy  
Innovations e.G.**

Genossenschaft zur Finanzierung  
und Betrieb der Heizzentralen und  
Wärmenetze



**charley**

Vertrieb von Pflanzenkohle



**Harald Ley**

- Geb. 19.01.1966
- Dipl.-Ing. Maschinenbau (1996)
- Aufbaustudium Energie und Umwelttechnik (2018)
- Inhaber / GS der Green Innovations GmbH
- Vorstand der Green Energy Innovations e.G.



**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: Hackschnitzel, Agrarreste, Klärschlamm
- Betriebsstunden: 8.500 h/a
- Thermische Nennleistung: 650 kW
- Wärmemenge: 5,5 GWh pro Jahr
- Temperaturniveau: 85 – 300°C
- Stromproduktion: flexibel über Pyrolysegas
- Stromverbrauch: 1,5kW
- Abmaße: in 40" Container



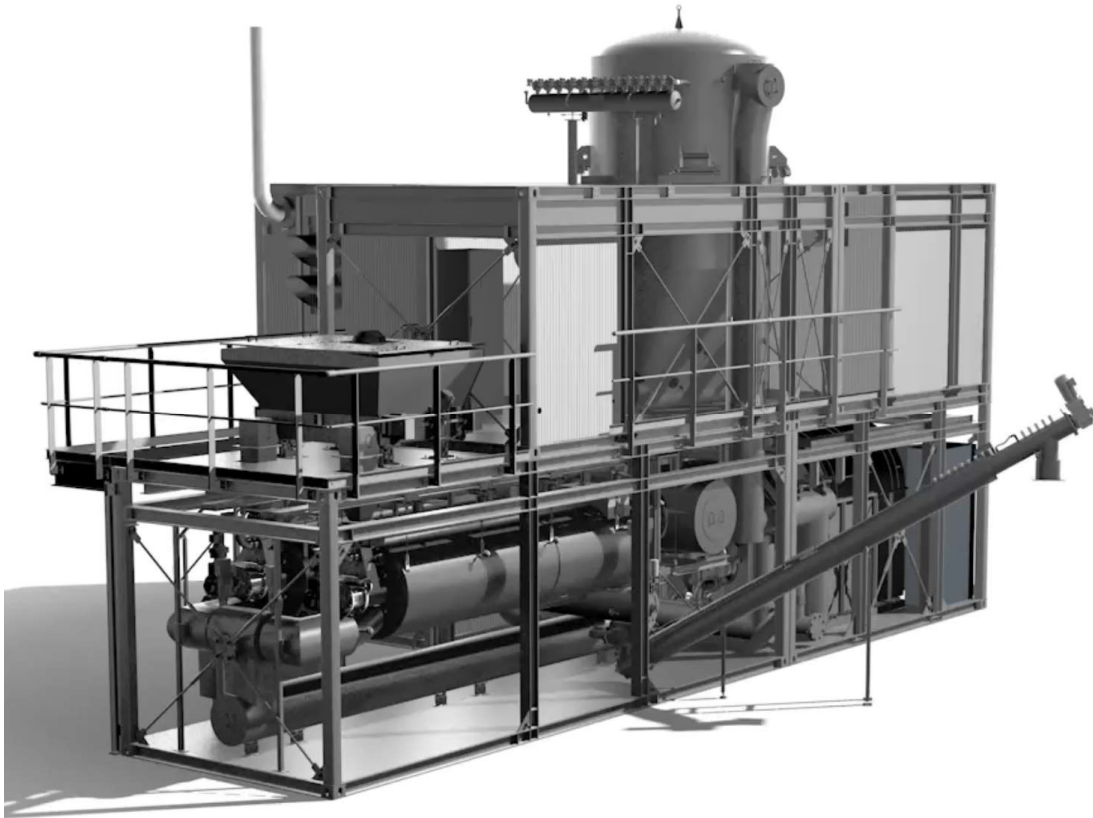
# Pyrolyseanlagen



## Pyrolyseanlage 3:

- 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

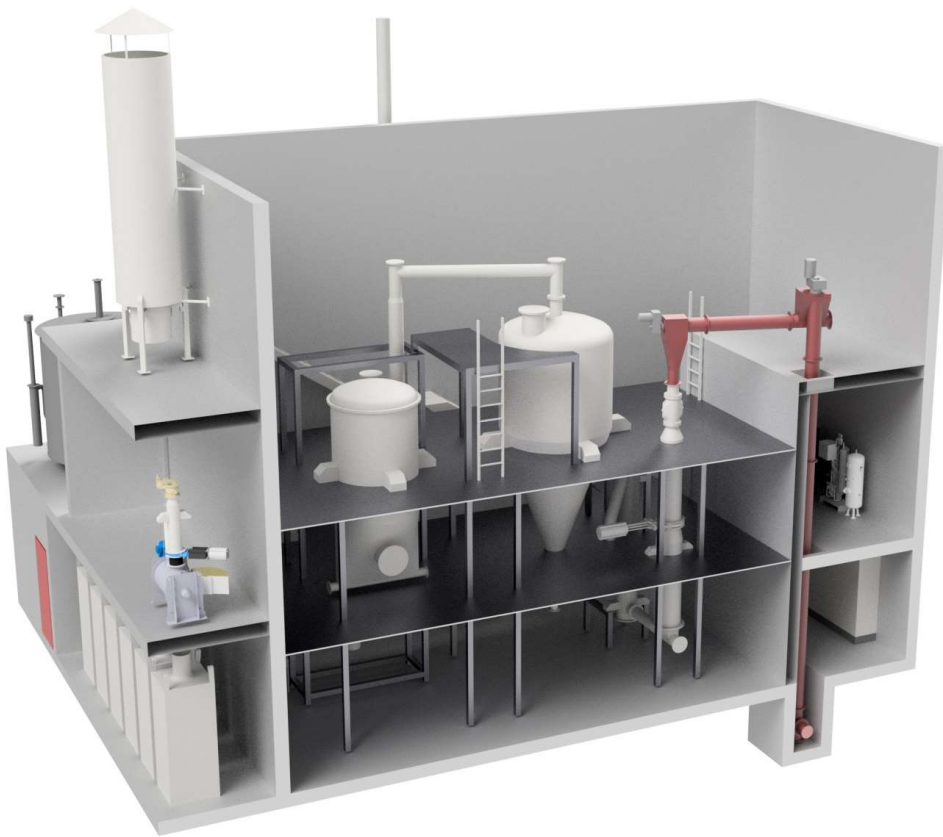


## Pyrolyseanlage 4:

- 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

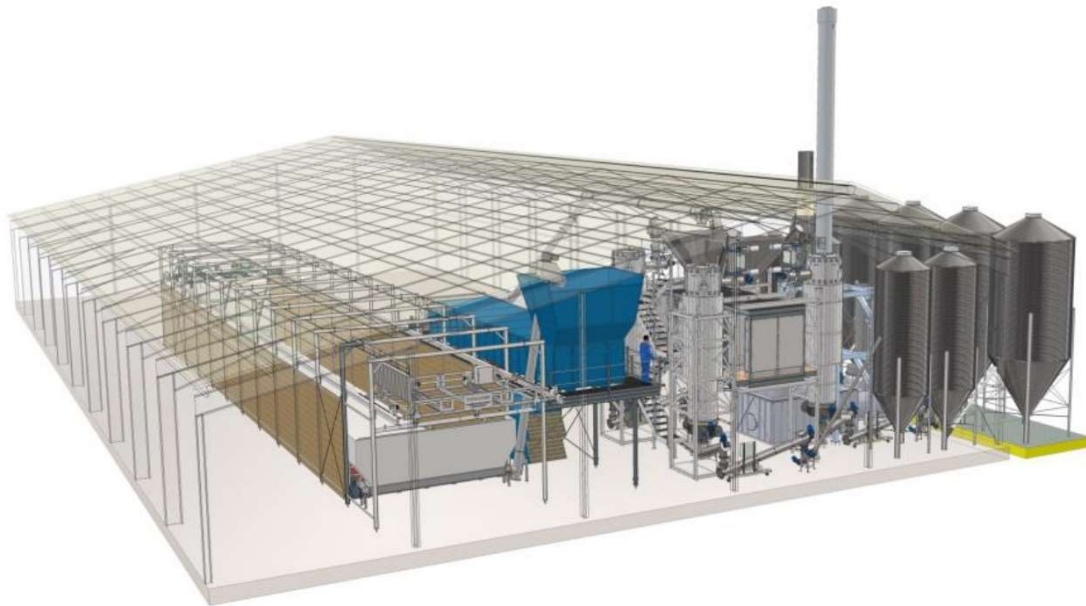


## Pyrolyseanlage 5:

- 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>



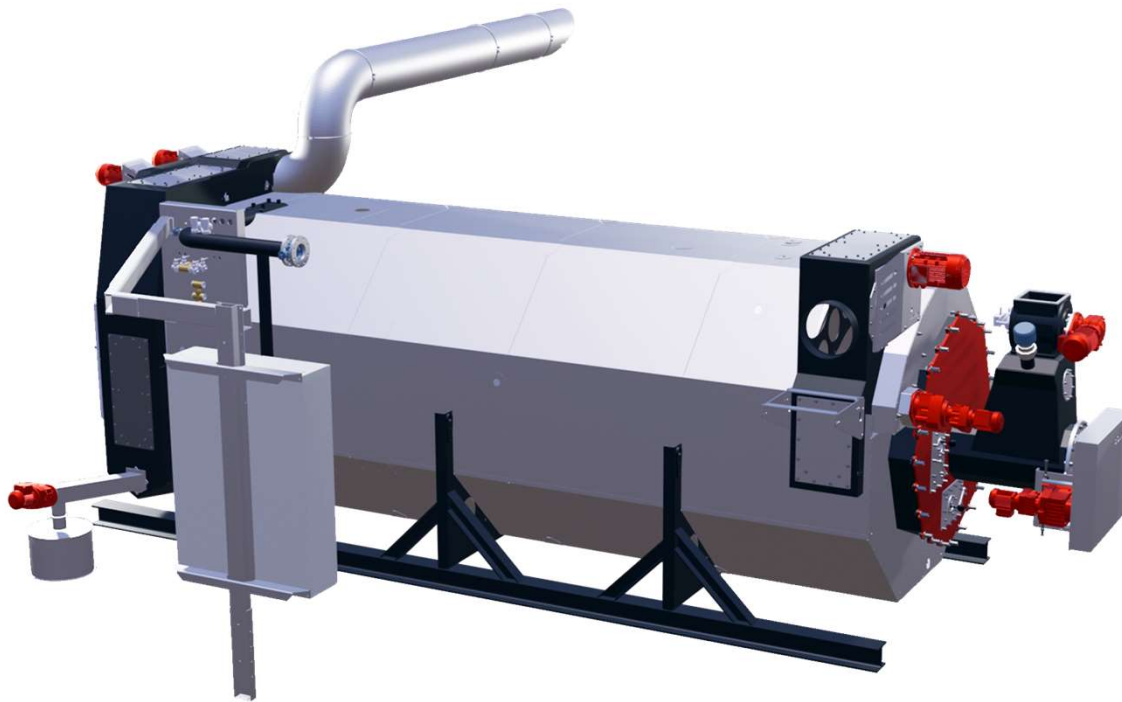
# Pyrolyseanlagen



## Pyrolyseanlage 6:

- 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

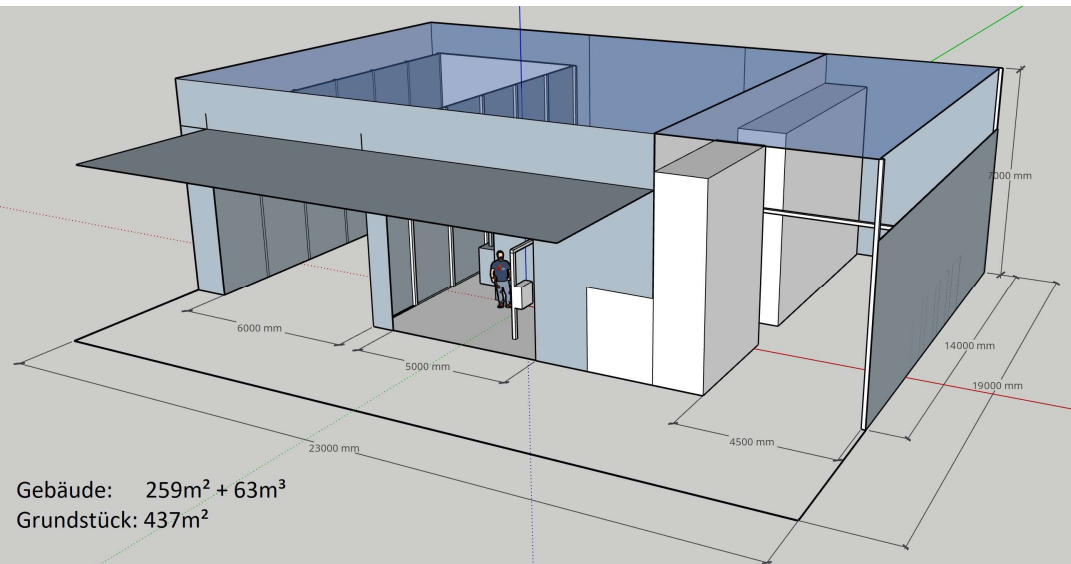


## **Betriebsgenehmigung nach BImSchG:**

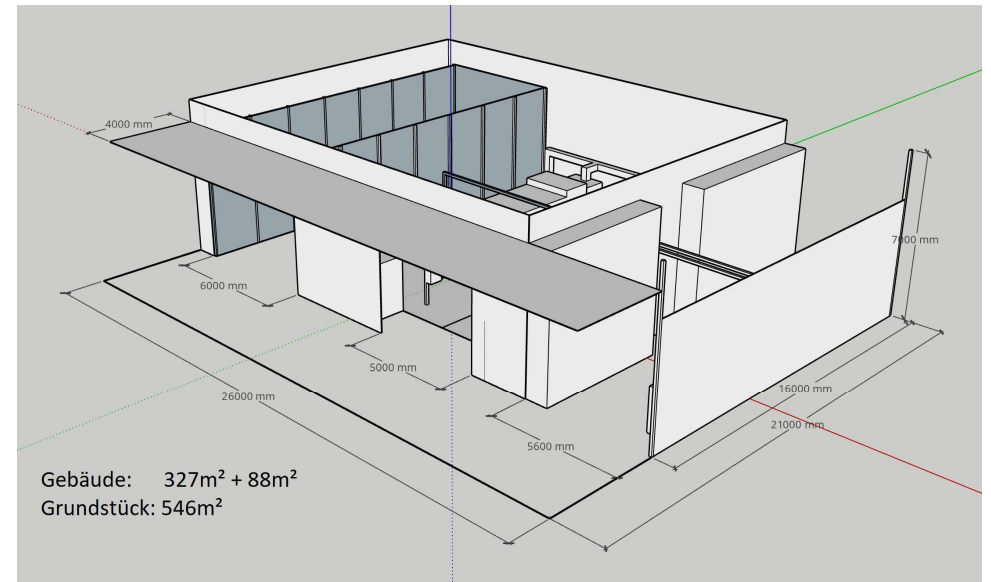
Betriebsgenehmigung notwendig nach  
4. BImSchV Nr. 8.1.1.4

„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



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)

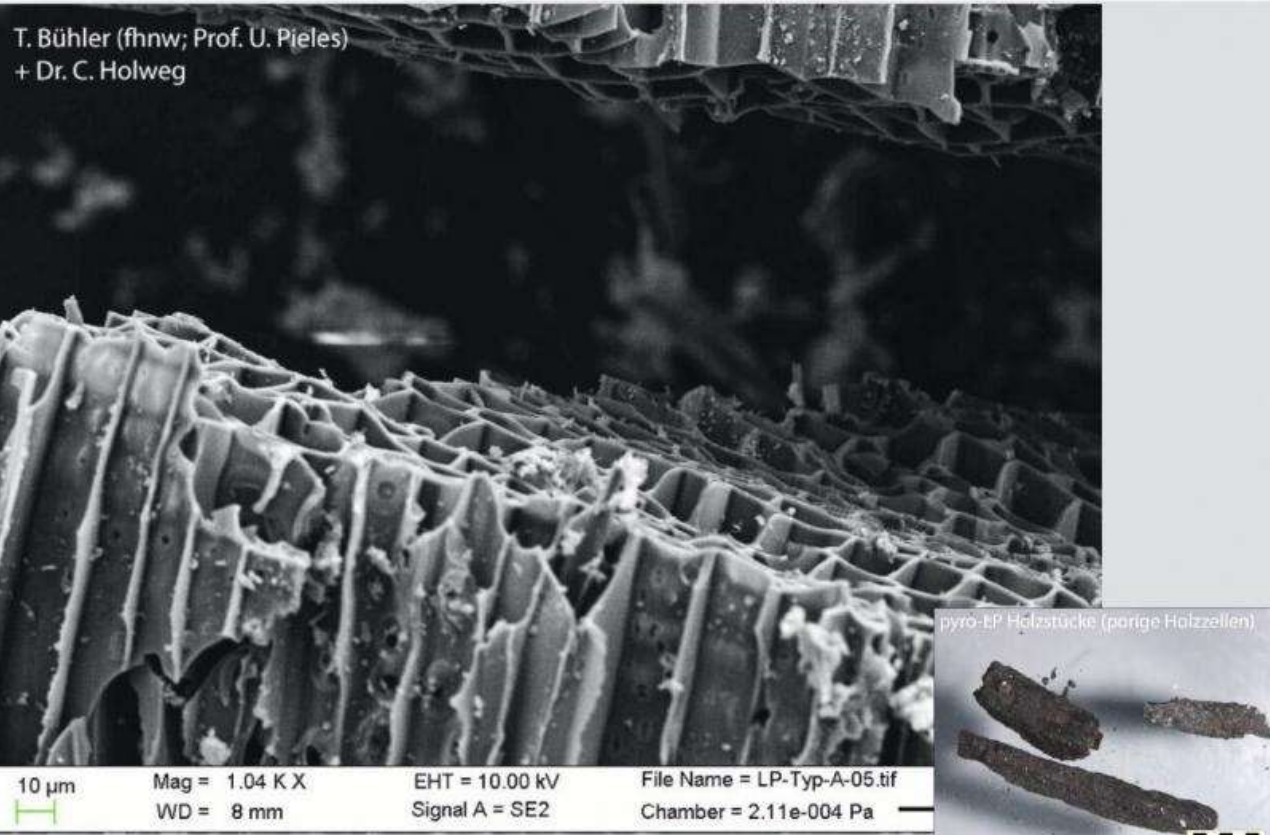
## Miscanthus als Biomasse:

- 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



# Eigenschaften von Pflanzenkohle

T. Bühler (fhnw; Prof. U. Pieleles)  
+ Dr. C. Holweg

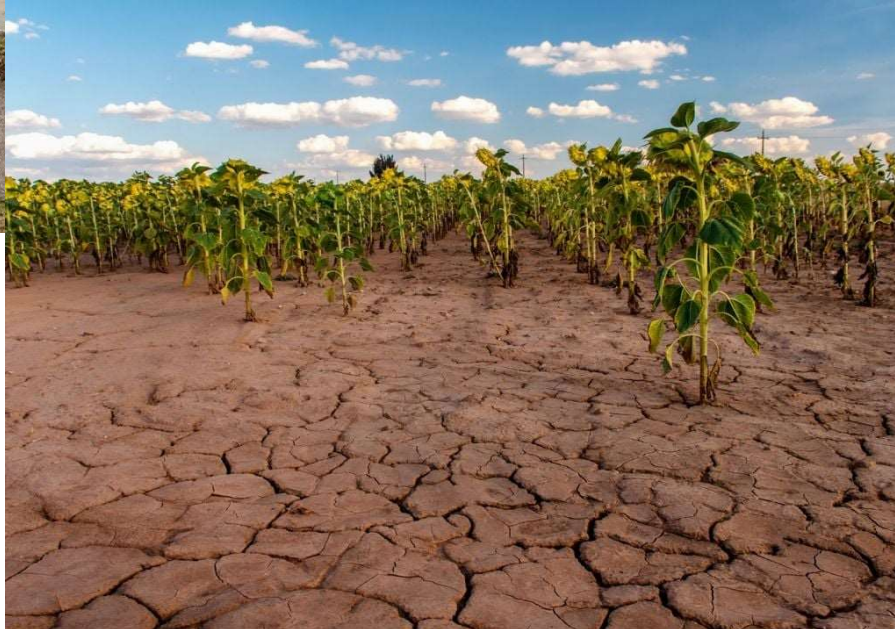


## Porosität:

- Kohlenstoffstruktur des Ligninanteils in der Biomasse bleibt erhalten und bildet Kohle mit einer sehr großen inneren Oberfläche
- Innere Oberfläche 500 – 700 m<sup>2</sup>/g
- Wasserspeicherfähigkeit: 5 x Eigengewicht = Adsorptionskapazität für hydrophobe Stoffe z.B. wasserlösliche Nährstoffe

=> Pflanzenkohle ist ein Wasser und Nährstoffspeicher !

# Eigenschaften von Pflanzenkohle



## Wasserhaushalt der Böden:

- Schnelle Wasseraufnahme bei Regen – Verhinderung von Überschwemmungen und Bodenerosion
- Wasserspeicherung in Dürreperioden – keine Bewässerung notwendig

=> Pflanzenkohle kann den Wasserhaushalt der Böden deutlich verbessern



# Eigenschaften von Pflanzenkohle



## Reduktion von Nährstoffauswaschungen:

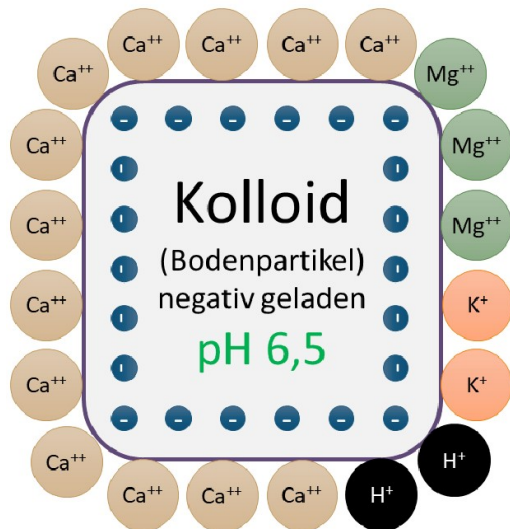
- Vermischung der Gülle mit Pflanzenkohle verhindert nach der Ausbringung auf dem Feld ein Auswaschen der Nährstoffe
- Reduktion der Belastung des Grund- und Oberflächenwassers  
=> Einhaltung der DÜV-20
- Langfristige Düngung der Pflanzen



# Eigenschaften von Pflanzenkohle

## Schwerer Boden GUT

ideale Kationen Belegung



65 - 70% Ca<sup>++</sup>

10 - 15% Mg<sup>++</sup>

2,5 - 7,5% K<sup>+</sup>

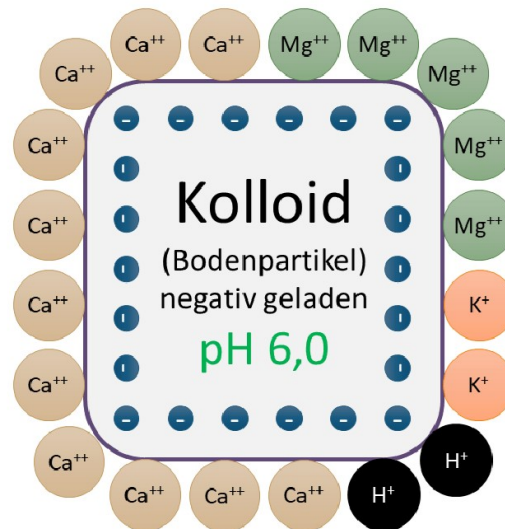
10 - 15% H<sup>+</sup>

0,5 - 3% Na<sup>+</sup>

Summe 80%

## Leichter Boden GUT

ideale Kationen Belegung



60 - 65% Ca<sup>++</sup>

15 - 20% Mg<sup>++</sup>

2,5 - 7,5% K<sup>+</sup>

10 - 15% H<sup>+</sup>

0,5 - 3% Na<sup>+</sup>

Summe 80%

## Kationenaustauschkapazität (KAK):

- Beschreibt die Fähigkeit eines Bodens Nährstoffe zu binden und wieder freizusetzen.
- Ein höherer KAK-Wert bedeutet eine höhere potenzielle Menge an den pflanzenverfügbaren Nährstoffen wie **Calcium, Magnesium und Kalium**
- Verhinderung des Auswaschens von organischen und mineralischen Nährstoffen

# Eigenschaften von Pflanzenkohle



Verdichtung des Bodens verhindert den Wasserabfluss

## **Bodenauflockerung:**

- Die Beimischung von Pflanzenkohle in die obere Bodenschicht lockert den Boden auf und sorgt für eine bessere Durchlüftung des Bodens
- Verhinderung der Verdichtung des Bodens
- Besseren Wurzelwachstum der Pflanzen



# Eigenschaften von Pflanzenkohle



## Humusbildung / Terra Preta:

- Pflanzenkohle bietet Pilzen und Bakterien ein geschütztes Microhabitat

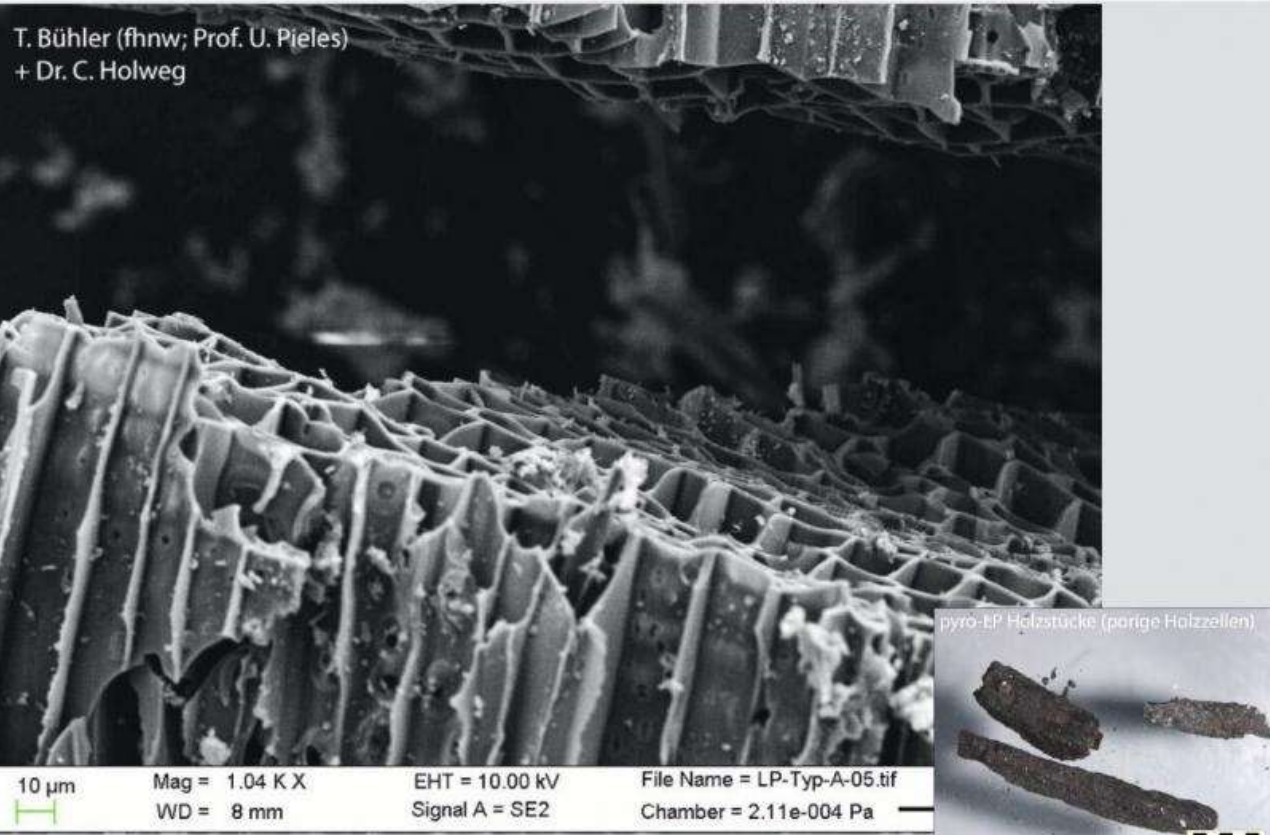
=> Humusausbau wird gefördert

=> höhere Anzahl von Mykorrhizen (Symbiose von Pilzen und Pflanzen) sorgt für Verbesserung der Wasser- und Nährstoffaufnahme der Pflanzen und einem stärkeren pflanzeneignen Schutz gegen Schädlinge



# Eigenschaften von Pflanzenkohle

T. Bühler (fhnw; Prof. U. Pieleles)  
+ Dr. C. Holweg



## Weitere Speicher- und Filterfunktion:

- Bindung von PFAS im Boden  
PFAS-Rückhaltevermögen: 99%
- Bindung von Kupferionen (z.B. beim Hopfenanbau)
- Filterung von Microplastik

# Eigenschaften von Pflanzenkohle



## Wissenschaftliche Studien:

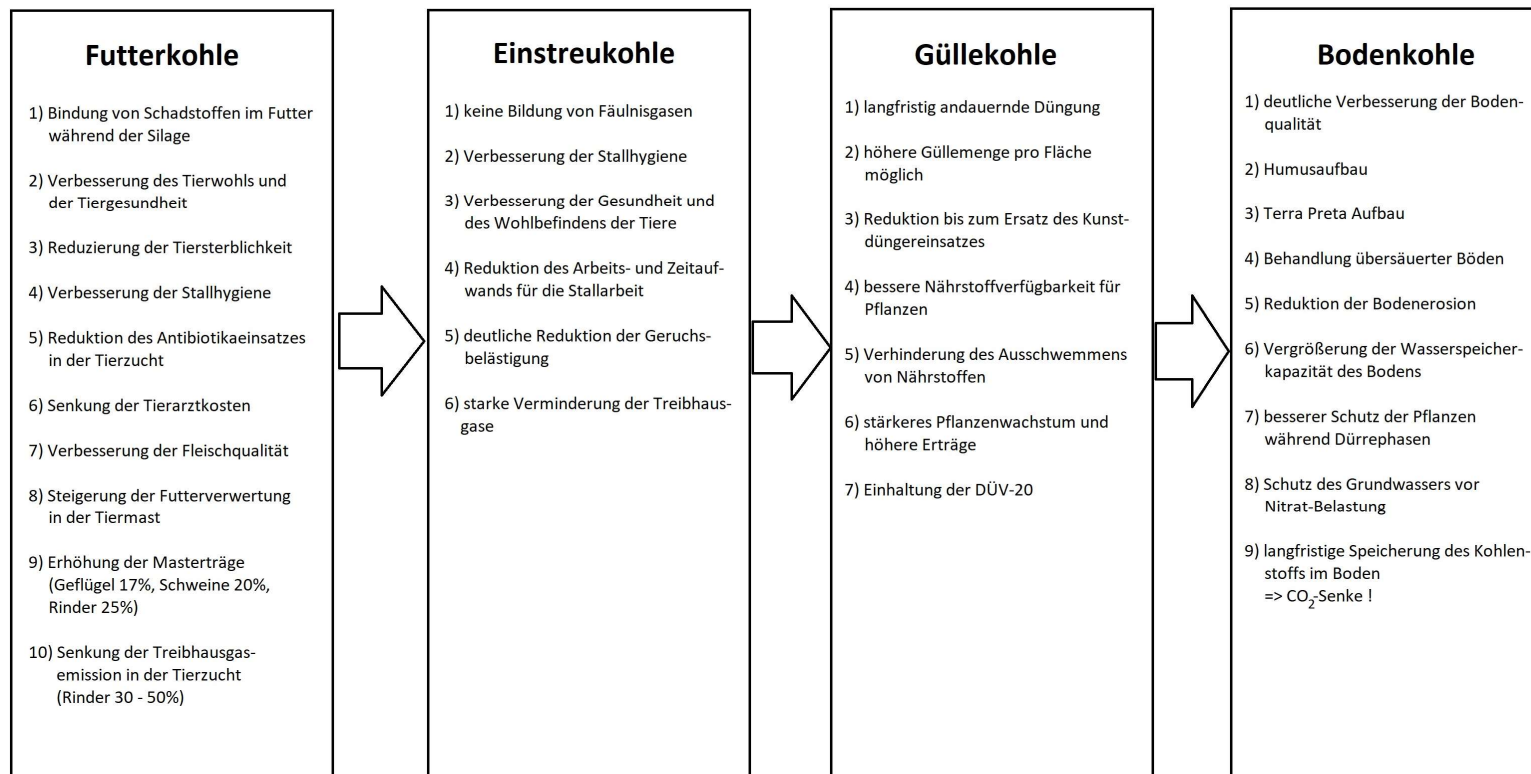
- Frau Prof. Dr. Claudia Kamman und Herr Prof. Dr. Bruno Glaser
- Metha-Studie als Zusammenfassung von über 17.000 weltweiten Studien zur Wirkung von Pflanzenkohle bestätigt die Wirkung der Pflanzenkohle
- Wissenschaftliche sind die bodenverbessernden Wirkungen weltweit unbestritten

=> wissenschaftlich sind alle Nachweise erbracht,  
in Deutschland fehlt die Umsetzung !



# Biokohle in der Landwirtschaft

## Vorteile durch den Einsatz von Biokohle in der Landwirtschaft





# Futterkohle



## Futterkohle bei Silagenfutter:

- Durch Kondensationseffekte entsteht Wasser im Futtersilo und damit Schimmel
- Nach Schätzung der FAO (Food and Agriculture Organisation der UNO) sind mehr als 25% der weltweiten Futterernte mit Schimmelpilzsporen belastet
- Eine Beimischung von 5% Pflanzenkohle bindet Mykotoxine und andere Schadstoffe z.B. Glyphosat

# Futterkohle



## Futterkohle in der Geflügelzucht:

- Bindung von Krankheitskeimen
- Reduktion der Methanproduktion im Stall
- Förderung der Verdauungsprozesse und Stabilisierung der Magen-Darm-Flora
- Dosierung: 1,5 – 2,0 kg pro Tonne Mastfutter
- Kosten: ca. 0,08€ pro Tier während der gesamten Mastphase



# Futterkohle



Hühnerfutter mit Pflanzenkohle





# Futterkohle



## Futterkohle in der Schweinemast:

- Verbesserung der Verdauung und Futtermittelverwertung
- Reduktion der Methanproduktion im Stall
- Steigerung des Wachstums und der Fleischqualität
- Dosierung: 15kg pro Tonne Mastfutter
- Kosten: ca. 10,80€ pro Tier während der gesamten Mastphase



# Futterkohle

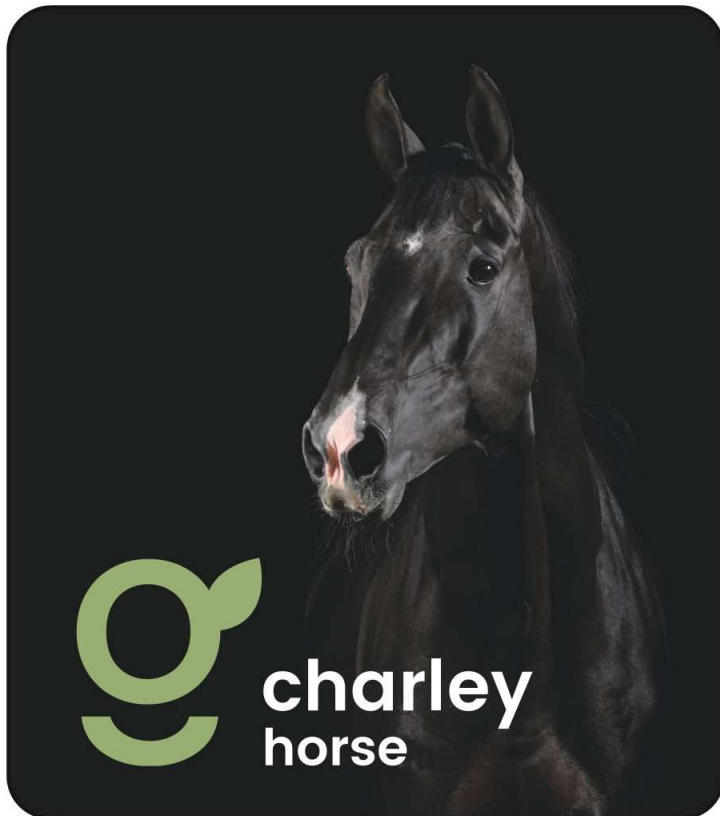


## Futterkohle in der Rinderzucht:

- 20 – 25% schnelleres Wachstum bei Kälbern (Ithaka Report)
- Steigerung des Protein- und Fettgehalts in der Milch
- Reduktion von Tierarztkosten
- Dosierung: 15kg pro Tonne Mastfutter
- Kosten: ca. 0,48€ pro Tier am Tag



# Futterkohle



## Futterkohle für Pferde:

- Vorbeugung und Behandlung von Koliken und Kotwasserproblemen
- Steigerung des Muskelwachstums
- Reduktion von Tierarztkosten
- Dosierung: 160ml pro Tag

# Futterkohle



## Futterkohle für Pferde:

- Vorbeugung und Behandlung von Magen-Darm-Reizungen
- Behandlungen von Durchfall und Blähungen
- Reduktion von Tierarztkosten
- Dosierung: 20ml pro Tag



# Einstreukohle



## Einstreukohle:

- Trennung der festen und flüssigen Ausscheidungen  
=> Reduktion der Methanemission im Stall
- Steigerung des Tierwohls
- Speicherung der Nährstoffe
- Dosierung: 2-3 mal wöchentlich 1Liter auf 10m<sup>2</sup>

# Güllekohle



## Güllekohle:

- Zumischung von Pflanzenkohle in die Gülle
- Speicherung der Nährstoffe
- Geruchsreduktion
- Dosierung: 1m<sup>3</sup> Pflanzenkohle auf 100m<sup>3</sup> Gülle



# Kompostierung



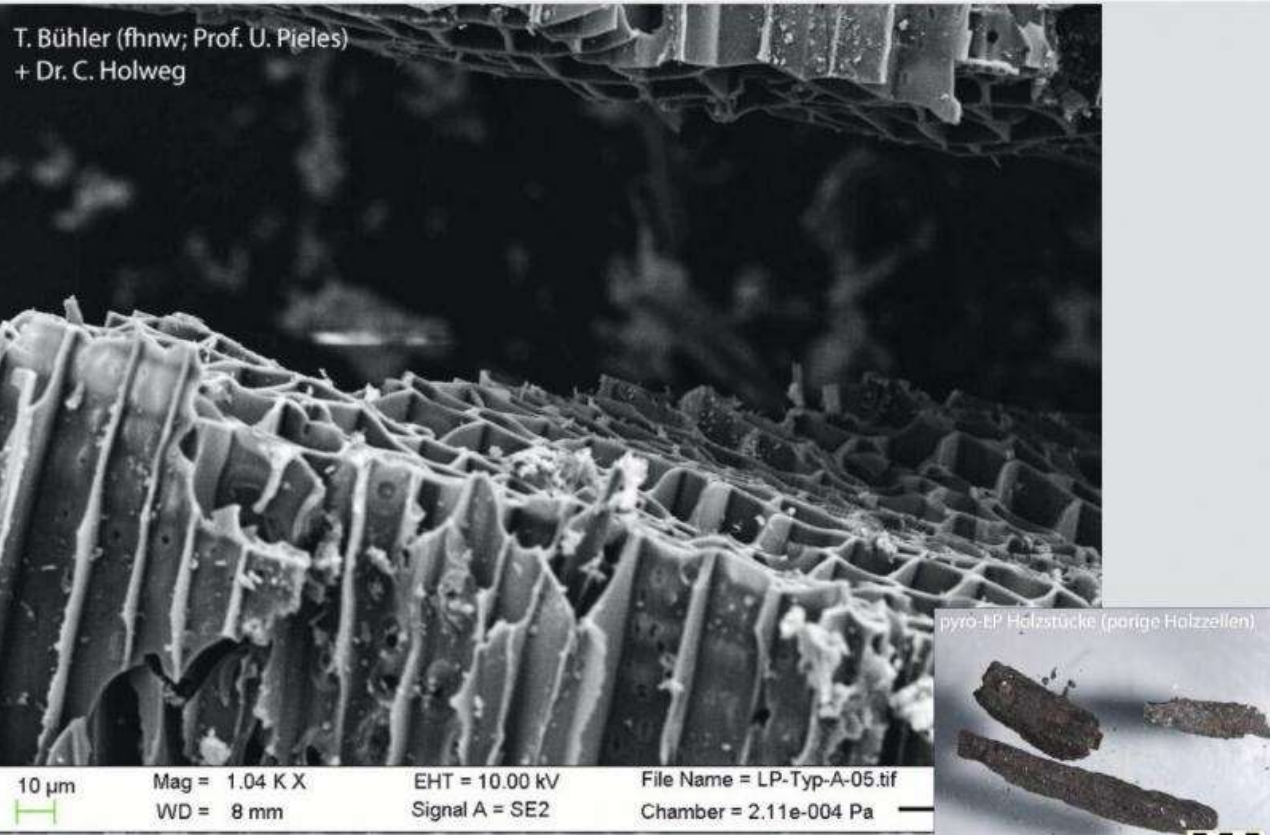
## Pflanzenkohle in der Kompostierung:

Die Zumischung von mindestens 5% Vol. Biokohle zur Biomasse => 10% im Endsubstrat

- Prozess der Heißrotte dauert länger an
- Kompostierungsdauer um 20 – 30% verkürzt
- bis zu 80% der Organik in Humus umgesetzt
- durch höheren Sauerstoffgehalt in den Mieten führt zu einer Reduktion der anaeroben Bakterien  
=> bis zu 40% geringere Methanemissionen

# Kompostierung

T. Bühler (fhnw; Prof. U. Pieleles)  
+ Dr. C. Holweg



## Pflanzenkohle in der Kompostierung:

- Während der Kompostierung bildet sich ein biologisch aktiver Microfilm auf dem Kohlenstoff, ähnlich einer „Alterung“ von 5-10 Jahren im Boden.

=> Steigerung der Kationenaustauschkapazität !

=> Steigerung der Nährstoffverfügbarkeit !



# Pflanzenzucht

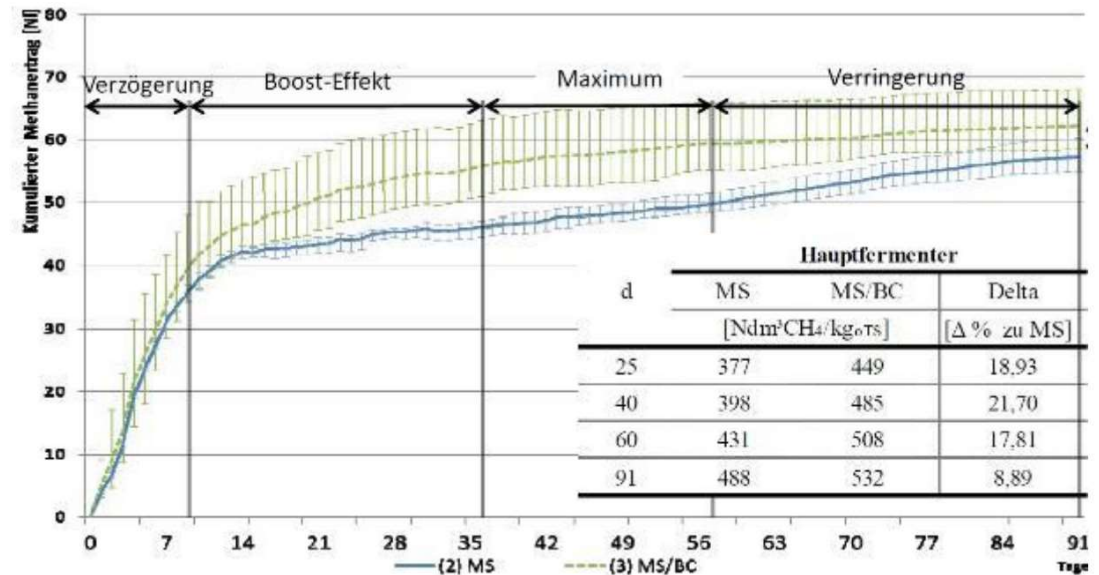


## Einsatz von Pflanzenkohle in der Pflanzenzucht:

Die Zumischung von 20% Biokohle zur Pflanzenerde ermöglichen

- 50% geringeren Wasserbedarf
- Unterdrückung von Pilzbefall
- besseres Wurzelwachstum
- reduzierter Düngemittelbedarf

# Pflanzenkohle in Biogasanlagen



## Einsatz von Pflanzenkohle in Biogasanlagen:

Mehrere internationale Studien zeigen eindeutig, dass die Zumischung von ca. 2,5% Biokohle zur Frischmasse zu einer Steigerung des Gasertrags von ca. 20% ermöglicht.



# Garten- und Landschaftsbau



## Rollrasen:

Einarbeitung von Pflanzenkohle in die oberste 15 – 30cm dicke Bodenschicht

- bessere Wasserspeicherung
- schnelleres Anwachsen
- kräftigeres und tiefer reichendes Wurzelwachstum
- reduzierter Düngemittelbedarf
- längere Nutzbarkeit bei Regen (z.B. bei Sportplätzen)

Dosierung: 6 Liter Pflanzenkohle pro 1m<sup>2</sup>



# Garten- und Landschaftsbau



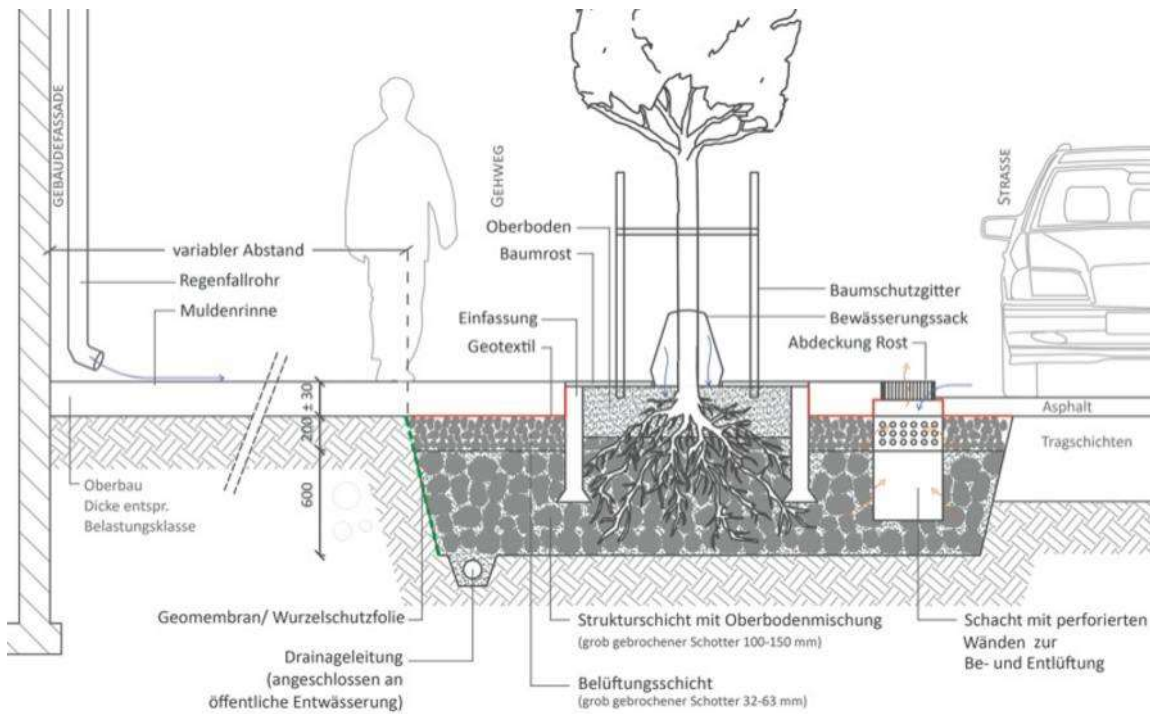
## Dachbegrünungen:

- bessere Wasserspeicherung
- schnelleres Anwachsen
- besseres Wurzelwachstum
- reduzierter Flächengewicht

Dosierung: 6 Liter Pflanzenkohle pro 1m<sup>2</sup>



# Garten- und Landschaftsbau

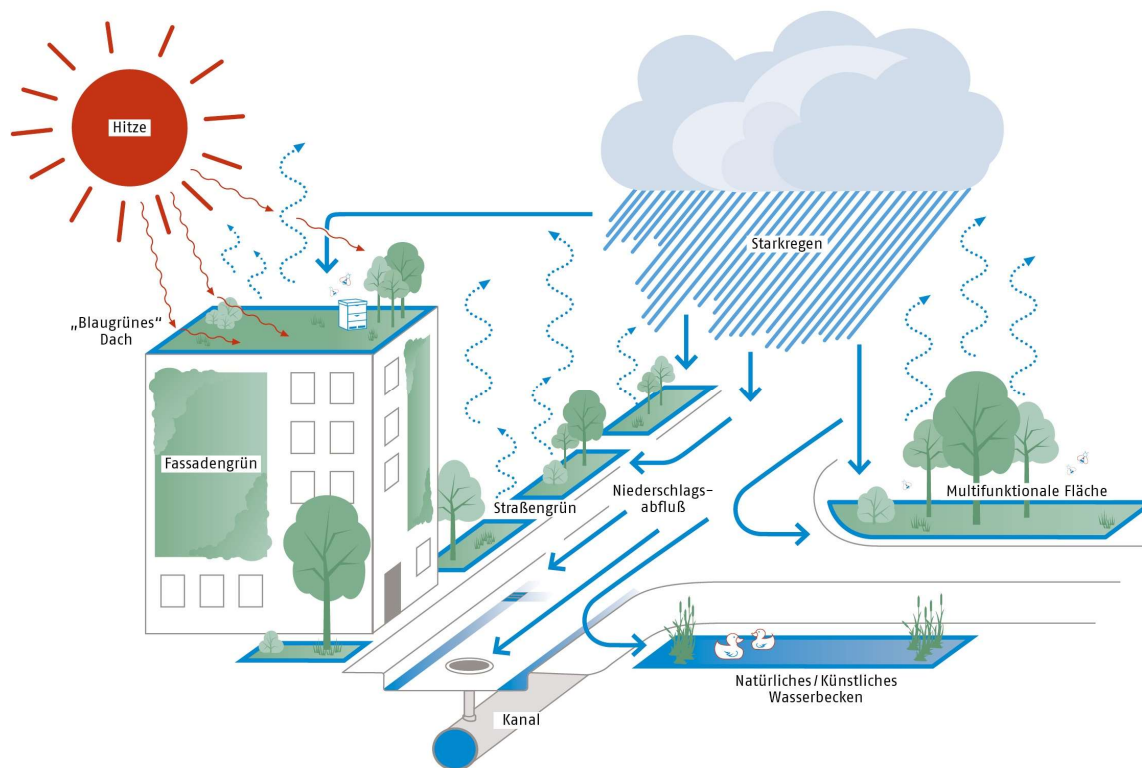


## Stadtbäume:

Aufbau der Pflanzgrube nach „Stockholmer-Modell“

- Bildung eines strukturstabilen Bodens mit Luft und Wasserbindung für die Versorgung der Pflanze
- Zürich: beste Ergebnisse mit 10% Pflanzenkohle + Kompost zwischen groben Schotter eingeschwämmt
- Pflanzenkohle hilft bei salzgestressten Bäumen (Pflanzenkohle kann Kalium transportieren, dieses reagiert mit NaCl)

# Schwammstadt



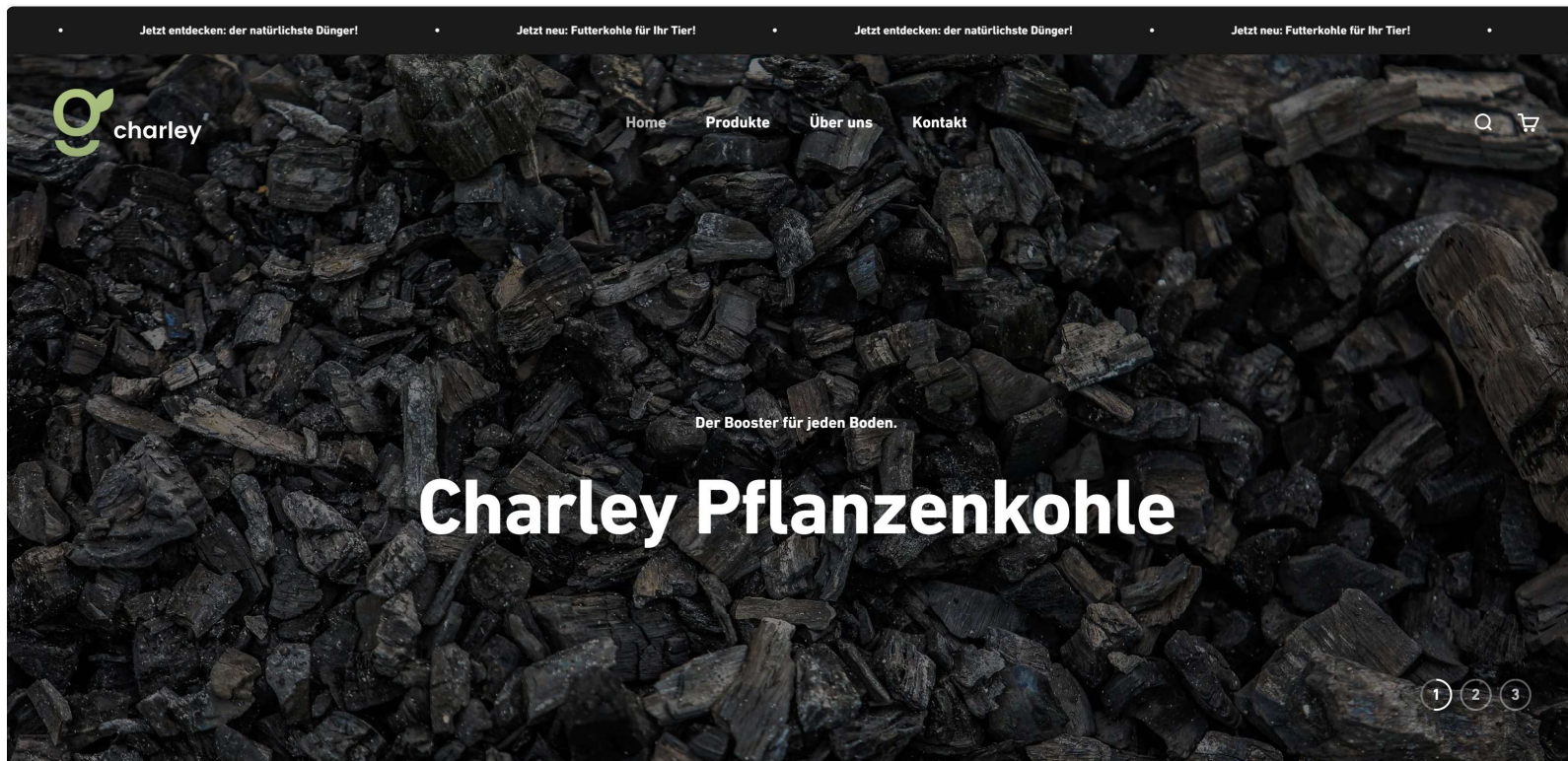
## Schwammstadt-Modell:

Konzept in dem ein möglichst großer Teil des Regen- bzw. Oberflächenwassers direkt dort versickert oder gespeichert werden soll, wo es anfällt.

- Boden soll auch nach Dürreperioden schnell große Mengen an Wasser aufnehmen können
- gespeichertes Wasser soll langsam an die Pflanzen abgegeben werden
- künstliche Bewässerung soll möglichst reduziert werden



# Charley Online-Shop



Unser Online-Shop: [www.charley.de](http://www.charley.de)



# Beteiligung an Genossenschaft

[HOME](#) [PYROLYSE](#) [BIOKOHLE](#) [FERNWÄRME](#) [PLANUNG](#) [KLÄRSCHLAMM](#) [KONTAKT](#)



## Green Innovations leistet einen wichtigen Beitrag zur CO<sub>2</sub> Reduktion

Wir planen, kaufen und betreiben Pyrolyse Anlagen in welchen wir Holzhackschnitzel aus Schadh Holz, Bruchholz oder Restholz zu hochreiner Biokohle (= Pflanzenkohle) karbonisiert und gleichzeitig Wärme erzeugen, ohne dabei Schadstoffe oder Treibhausgase zu emittieren.

Die produzierte Biokohle kann danach sowohl in der Landwirtschaft, in Biogas-Anlagen, als auch im Bauwesen eingesetzt werden. Dadurch bleibt der Kohlenstoff in der Biokohle dauerhaft über Jahrhunderte gebunden. Dies ist ein bedeutender Beitrag zur Reduktion des CO<sub>2</sub> Gehalts in der Atmosphäre und somit zu Reduzierung der globalen Erwärmung. Eine Pyrolyseanlage bindet jährlich genauso viel CO<sub>2</sub>, wie das jährliche Wachstum von ca. 120.000 Bäume.

Außerdem erzeugt eine Pyrolyseanlage genügend Energie um ca. 200 Haushalte mit Fernwärme zu versorgen. Dadurch werden zusätzlich Emissionen und Treibhausgase verhindert.

## Beteiligung an Genossenschaft:

Jeder kann sich an der Green Energy Innovations e.G. beteiligen und den Bau neuer Pyrolyseanlagen unterstützen:

- Rendite: 6% p.a.
- Auszahlungen pro Quartal
- keine minimale Laufzeit
- Anteilsschein: 2.500,-€

Ab Mai ist der Link zur Zeichnung auf unserer Webseite verfügbar.

