21. Österreichischer Biomassetag & Heizwerke-Betreibertag; Kufstein, 07.11.18

# Innovatives Verfahren zur Biokohleproduktion in Holzheizkraftwerken

Prof.Univ.-Doz.Dipl.-Ing.Dr. Ingwald Obernberger

**BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH**

Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz, Austria

TEL.: +43 (316) 481300; FAX: +43 (316) 4813004

E-MAIL: office@bios-bioenergy.at

HOMEPAGE: http://www.bios-bioenergy.at

# Rahmenbedingungen (I)

## Warum Biokohle produzieren?

- In Österreich sowie im gesamten EU-Raum besteht ein erheblicher Bedarf an Biokohle
- Die Anwendungsbereiche von Biokohle sind vielfältig: Grillkohle, Aktivkohleproduktion, Tierfutterergänzungsmittel, Biokohle für die Pharmaindustrie, Biokohlenutzung in Böden, industrielle Anwendungen, etc.
- Trotz vorhandener Rohstoffressourcen wird der Großteil der Kohle derzeit aus dem Ausland importiert (Eigenbedarfsabdeckung in Österreich und Deutschland ca. 10%) und meist sehr ineffizient und emissionsintensiv erzeugt. Bezugsquellen in Europa sind Polen, Serbien und Bosnien-Herzegowina und außerhalb Europas Afrika und Südamerika.
- Im nächsten Jahrzehnt wird eine deutliche Nachfragesteigerung bzgl. Biokohle erwartet (schrittweiser Umstieg von fossilen auf biogene Rohstoffe).
- Die Biokohleproduktion lässt sich optimal mit einer Strom- und Wärmeerzeugung aus Biomasse kombinieren, was den Gesamtprozess hoch effizient macht.

# Rahmenbedingungen (II)

## Verfahrensoptimierung im Rahmen eines Entwicklungsprojektes:

- BIOS arbeitet derzeit gemeinsam mit Polytechnik Luft- und Feuerungstechnik GmbH an einem im Rahmen von EFRE durchgeführten und vom NÖ Wirtschafts- und Tourismusfonds geförderten F&E-Projekt an der Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Einsatzmaterial-flexiblen, emissionsarmen und effizienten Herstellung von qualitativ hochwertiger und bezüglich der Produktionskosten wettbewerbsfähiger Biokohle und gleichzeitiger Erzeugung von Strom und Wärme aus Biomasse.

POLYTECHNIK Biomass Energy

Amt der NÖ Landesregierung
NÖ Wirtschafts- und Tourismusfonds

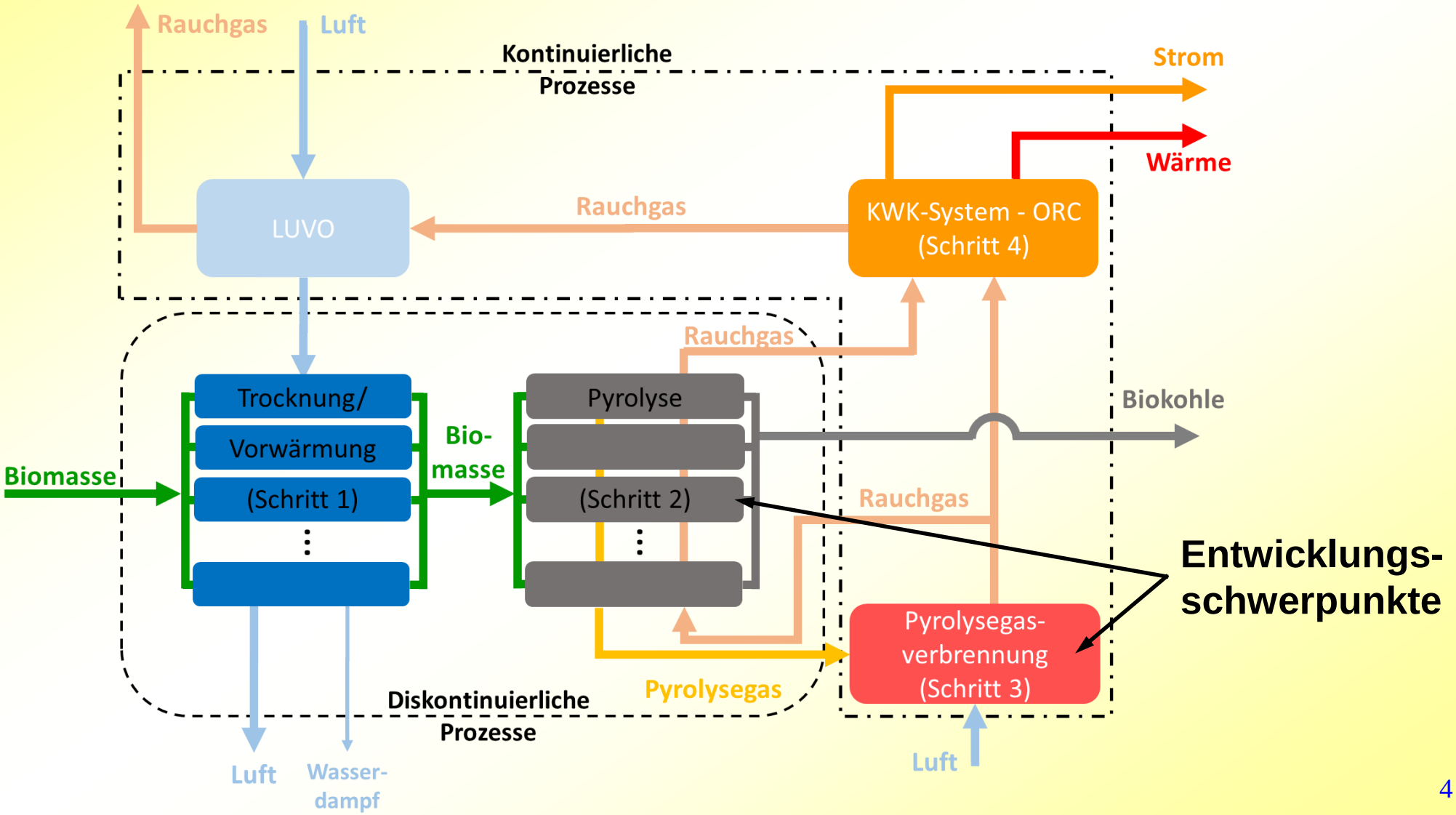
Europäische Union Investitionen in Wachstum & Beschäftigung. Österreich.

- In diesem Projekt soll durch Entwicklung einer neuen Pyrolyse- und Pyrolysegasverbrennungstechnologie ein optimierter Gesamtprozessablauf erreicht werden, der im Vergleich zu aktuellen Biokohle-Herstellungsverfahren eine höhere und genau steuerbare Produktqualität, sehr niedrige Emissionen und einen höheren Gesamtwirkungsgrad aufweist.

- Dazu ist eine effiziente Kopplung von diskontinuierlichen und kontinuierlichen Prozessschritten vorgesehen, um die Vorteile beider Betriebsweisen auszunutzen.

BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

# Verfahrensbeschreibung (I)

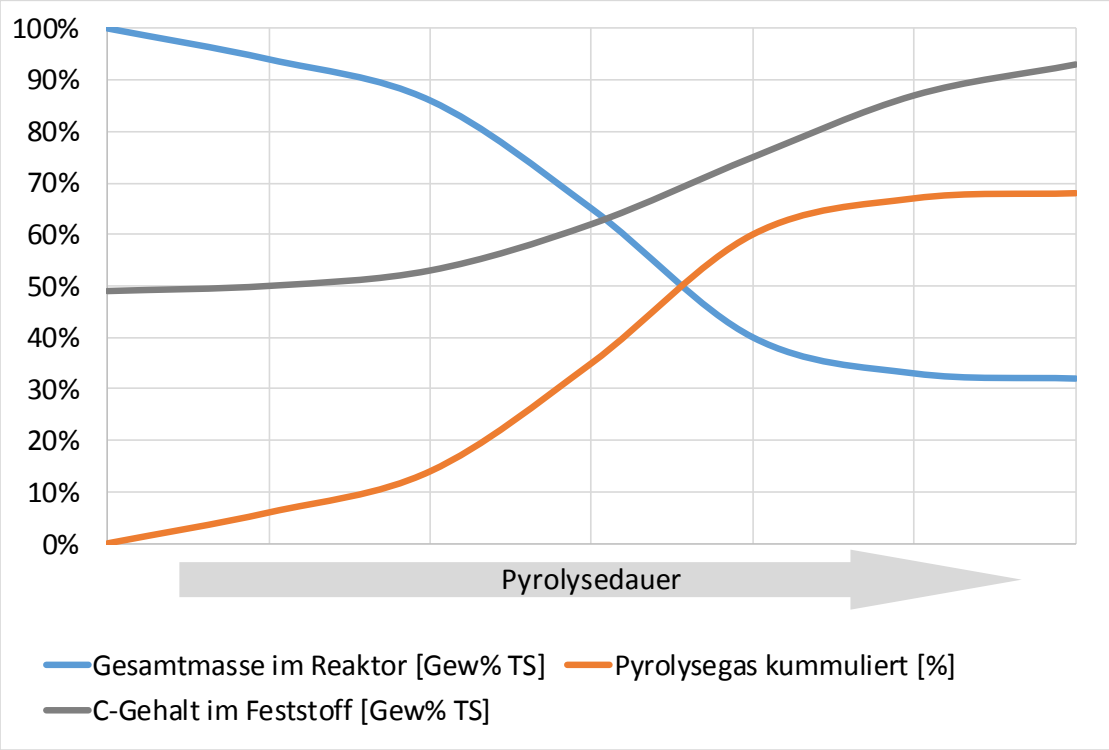


# Verfahrensbeschreibung (II)

- Beim Batch-Pyrolyseprozess in einem Pyrolysereaktor mit indirekter Beheizung wird die Biomasse durch thermo-chemische Umwandlung der organischen Verbindungen unter Luftabschluss in eine feste Phase (Holzkohle) und eine gasförmige Phase (Pyrolysegas) übergeführt.
- Die Pyrolyse ist ein annähernd isothermer Prozess, für dessen Aktivierung jedoch ein Temperaturniveau der Biomasse von zumindest 300°C erforderlich ist. Dieses wird über das Rauchgas aus dem Pyrolysegasbrenner bereitgestellt.
- Die Holzkohle verbleibt im Pyrolysereaktor wo hingegen das Pyrolysegas aus dem Reaktor abgeführt wird.

# Verfahrensbeschreibung (III)

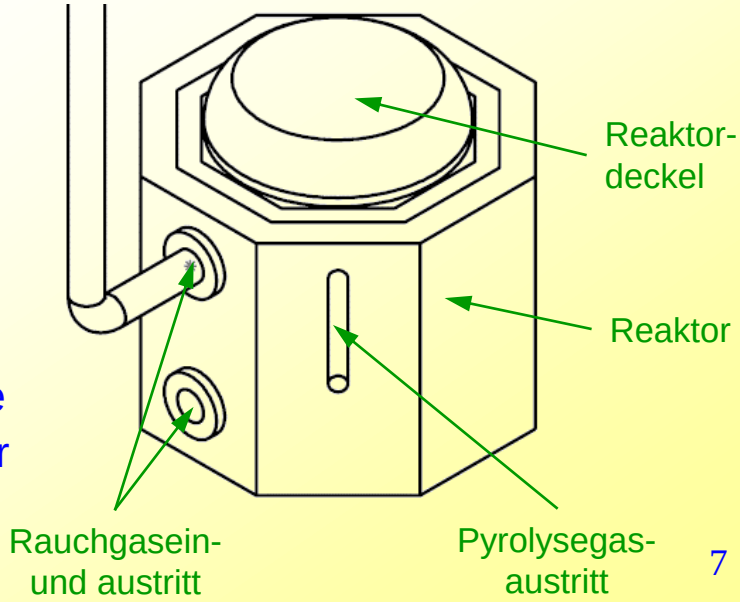
- **Die Zusammensetzung und der Massenstrom des Pyrolysegases ändern sich wesentlich über die Batchdauer.**
- **Um für die nachfolgenden Prozessschritte einen kontinuierlichen Betrieb zu ermöglichen, werden mehrere Pyrolysereaktoren, zeitlich versetzt, betrieben.**



# Entwicklung und Optimierung der Pyrolyse (I)

## Entwicklung eines optimierten Pyrolysereaktors:

- **Herzstück des Verfahrens ist die Pyrolyse, die in chargenweise betriebenen und speziell konzipierten Reaktoren stattfindet.**
- **Vorteile der batchweisen Pyrolyse von Biomasse:**
  - Gezielte Prozesskontrolle bzgl. Temperatur und Verweilzeit (optimierte Umwandlung der Biomasse und Einstellung der gewünschten Biokohlequalität für jede einzelne Charge möglich)
  - Hohe Einsatzmaterial-Flexibilität (z.B. hinsichtlich der Stückigkeit und Art der Biomasse) durch die chargenweise Pyrolyse
  - Sehr geringer Abrieb und somit sehr niedrige Staubfreisetzungen durch die indirekte Beheizung und das ruhende Kohlebett; zusätzlich kann durch die genaue Temperaturkontrolle die Freisetzung flüchtiger Aerosolbildner minimiert werden

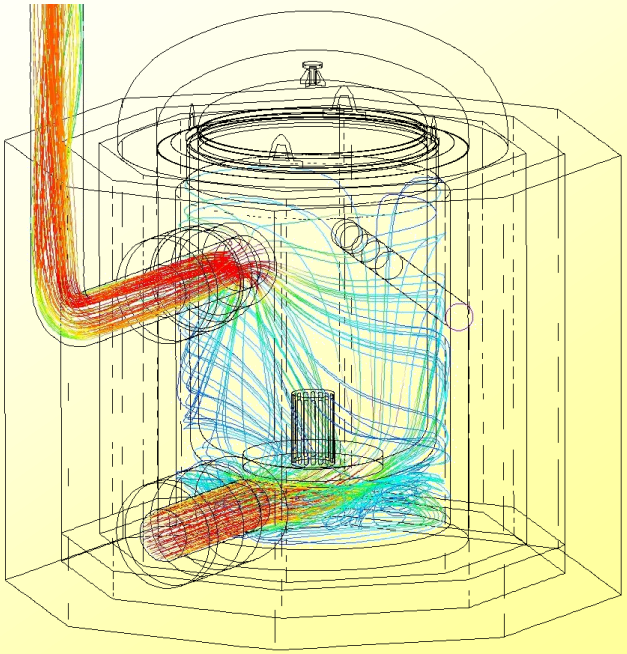


# Entwicklung und Optimierung der Pyrolyse (II)

## Entwicklung eines optimierten Pyrolysereaktors:

- **Entwicklungsschwerpunkte:**
  - Entwicklung und Optimierung der Reaktorgeometrie (Volumenmaximierung bei möglichst rascher und homogener Pyrolyse der Biomasse) auf Basis eines neuentwickelten CFD-Simulationsmodells mit welchem die Pyrolyse in Festbett-Batch-Reaktoren nachgebildet werden kann.
  - CFD-gestützte Optimierung der Rauchgasführung für einen guten und effizienten Wärmeübergang vom Rauchgas auf den Reaktor
  - Integrierte Beheizung des produzierten Pyrolysegases um Kondensation von Teeren zu verhindern
  - Instationäre CFD-Simulation des Gesamtprozesses im Reaktor, um in Abhängigkeit vom eingesetzten Material, dem Wassergehalt und der Rauchgastemperatur die Batchdauer sowie die zeitabhängige Pyrolysegas-zusammensetzung zu ermitteln

Design des patentierten Pyrolysereaktors; Stromlinien eingefärbt nach der Geschwindigkeit [m/s]

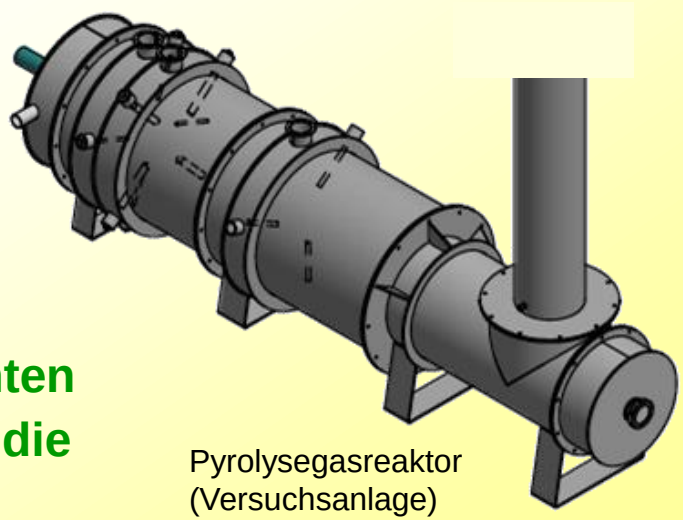


BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

# Entwicklung und Optimierung der Pyrolysegasverbrennung (I)

## Neuentwicklung eines Pyrolysegasbrenners:

- **Die aus dem Pyrolyseprozess austretenden Gase werden verbrannt, um den Eigenenergiebedarf des Gesamtprozesses zu decken und die Restwärme energetisch zu nutzen.**
- **Herausforderungen bei der Entwicklung des Pyrolysegasbrenners:**
  - Pyrolysegase weisen vergleichsweise geringe Heizwerte auf (Schwachgas)
  - Pyrolysegase enthalten hohe Teergehalte
  - Durch den quasi-kontinuierlichen Prozess unterliegt die Zusammensetzung und der Massenstrom des Pyrolysegases einer gewissen Schwankung



Pyrolysegasreaktor (Versuchsanlage)

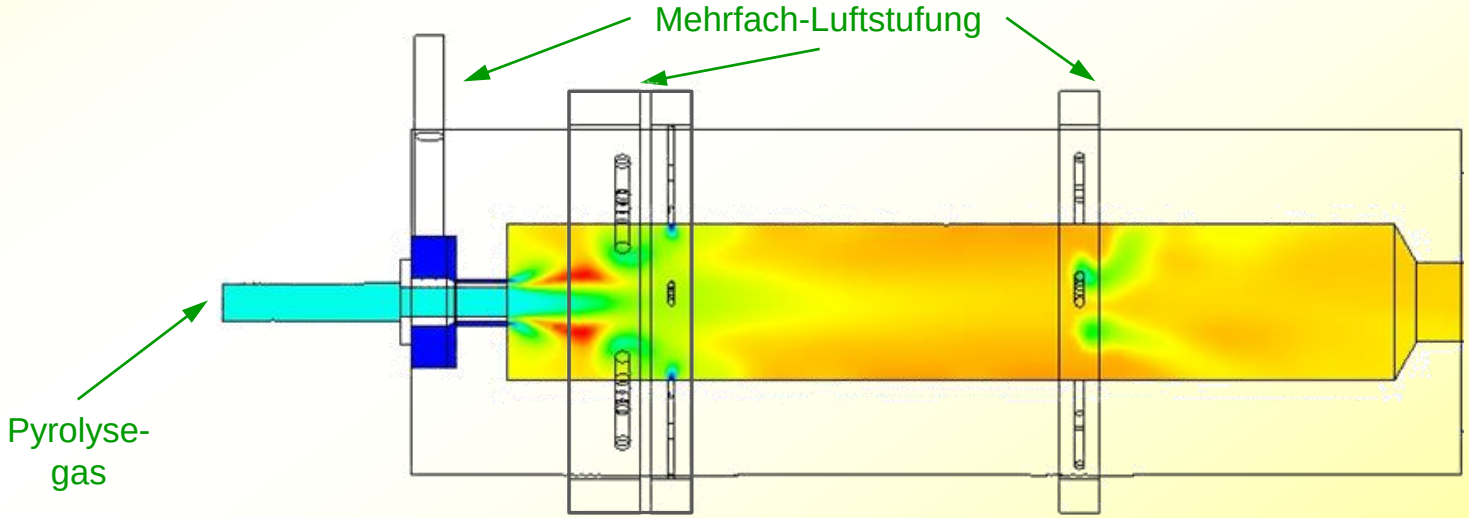
**→ Ziel ist die Entwicklung eines robusten und effizienten Low-Emission-Schwachgasbrenners, der speziell auf die Eigenschaften des Pyrolysegases abgestimmt ist**

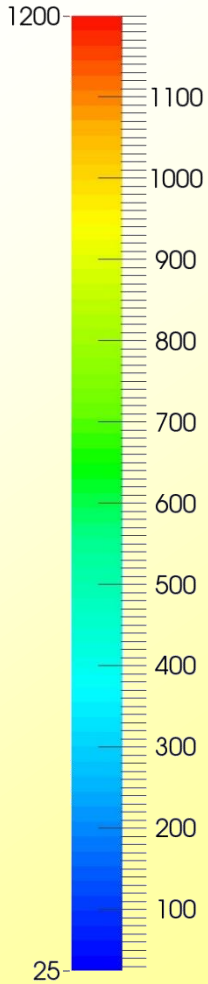
BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

# Entwicklung und Optimierung der Pyrolysegasverbrennung (II)

## Neuentwicklung eines Pyrolysegasbrenners:

- **Entwicklungsziele:**
  - CFD-gestützte Brennerentwicklung unter spezieller Berücksichtigung der Teerkonversion und $NO_x$-Bildung
  - Vollständiger Ausbrand des Gases
  - Low-$NO_x$- und Zero-Dust-Betrieb




Isoflächen der Rauchgas- Luft- und Pyrolysegastemperaturen [°C] in Mittelschnitt

# Umweltrelevanz

- **Das Ziel der Entwicklung ist es, mit der neuen Pyrolysetechnologie eine hoch effiziente, ökologische sowie nachhaltige Produktion von hochwertiger Biokohle sicherzustellen.**

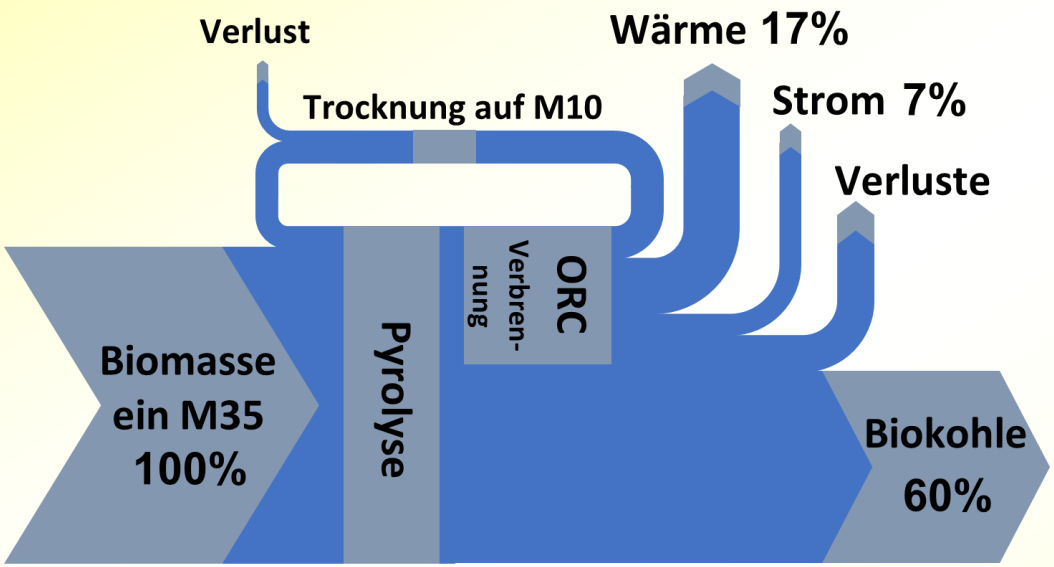
- **Positive Auswirkungen auf die Umwelt sind:**
  - Hoher energetischer Gesamtwirkungsgrad von rund 85% (bez. auf Hu Einsatzstoff)
    → Einsparung von Biomasse-Ressourcen und Emissionen
  - Dezentrale und saisonaler Einsatz von lokal verfügbarer Biomasse durch die hohe Einsatzstoff-Flexibilität der neuen Anlagentechnik
    → Verkürzung der Transportwege und damit Einsparung von Emissionen
  - Neuentwickelter Pyrolysegasbrenner mit extrem niedrigen Emissionen
    → Fast vollständige Vermeidung von Staubemissionen, CO und org.C Emissionen und deutliche Reduktion von $NO_x$-Emissionen.
  - Substitution fossiler Kohle bzw. von fossil erzeugter Energie durch grüne Wärme-, Strom und Biokohle
    → Reduktion der Treibhausgas-Emissionen

BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

# Stoff- und Energiebilanz

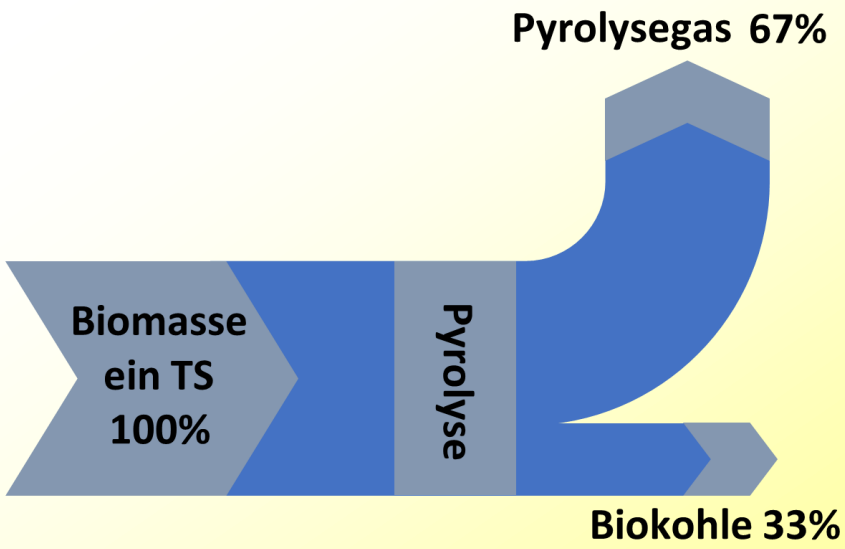
## Energieflussdiagramm

Basis: zugeführte Energie der Biomasse (kW Heizwert)




## Massenflussdiagramm

Basis: zugeführte Biomasse-TS



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

# Qualität der Holzkohle und erzielbare Wertschöpfung

## Vergleich der erreichbaren Holzkohlequalität mit Grenzwerten:

| | | Holzkohle Analysenergebnisse | DIN-EN 1860-2 | European Biochar Certificate | European Biochar Certificate |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Buche** | | Holzkohle-Qualität basic | Holzkohle-Qualität premium |
| Wassergehalt | Gew% FS | **0.63** | < 8,0 | | |
| Aschegehalt | Gew% TS | **1.75** | < 8,0 | | |
| Kohlenstoff C | Gew% TS | **88.0** | > 75 | > 50 | > 50 |
| Wasserstoff H | Gew% TS | **2.9** | | | |
| Stickstoff N | Gew% TS | **0.22** | | | |
| Sauerstoff O *) | Gew% TS | **7.1** | | | |
| Zn | mg/kg TS | **7.9** | | < 400 | < 400 |
| Cd | mg/kg TS | **<0.15** | | < 1,5 | <1,0 |
| Pb | mg/kg TS | **<2.5** | | < 150 | < 120 |
| Cr | mg/kg TS | **17.6** | | < 90 | < 80 |
| Cu | mg/kg TS | **4.4** | | < 100 | < 100 |
| Ni | mg/kg TS | **11.9** | | < 50 | < 30 |
| Hg | mg/kg TS | **n.b.** | | < 1,0 | < 1,0 |
| flüchtige Bestandteile | Gew% TS | **12.3** | | | |
| Rohdichte **) | kg/m³ | **153.0** | > 130 | | |
| H/Corg | - | **0.40** | | < 0,7 | < 0,7 |
| O/Corg | - | **0.06** | | < 0,4 | < 0,4 |

*) rechnerisch ermittelt; **) vor Nachbehandlung; n.b. … nicht bestimmt

DIN-EN 1860-2: Grill-Holzkohle und Grill-Holzkohlebriketts –Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung 2005

→ **Hoher Kohlenstoffgehalt erzielbar; wenn gewünscht auch über 90%**

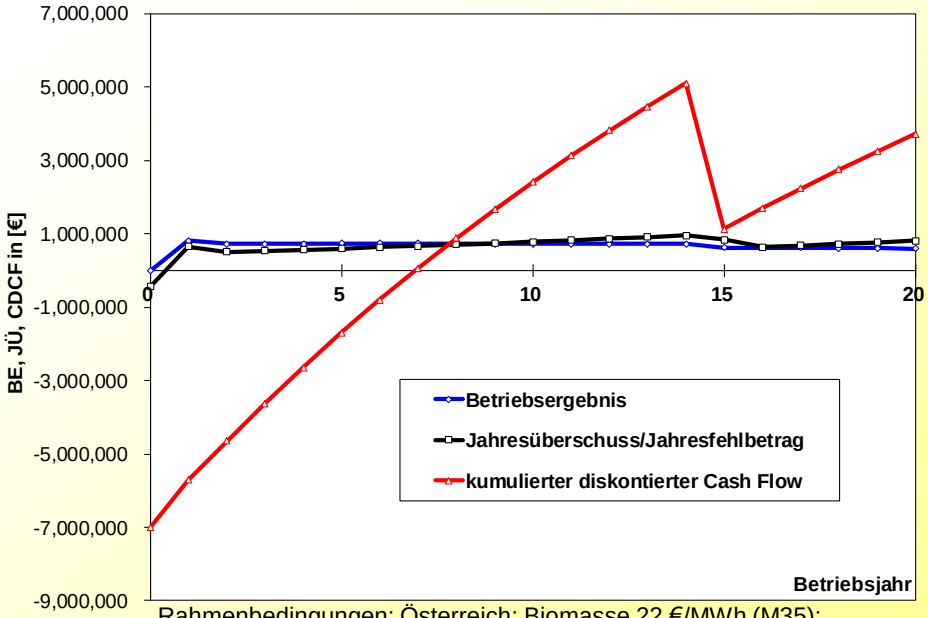
→ **Alle Grenzwerte bzgl. Grill-Holzkohle, Biochar Certificate einhaltbar**

→ **Hohe Wertschöpfung: Holzkohlepreise von 400 bis 800 €/t erzielbar (je nach Qualität)**

## Weiterentwicklung des Pyrolysereaktors:

- Durch die gekoppelte Produktion von Holz/Industriekohle in Kombination mit Wärme und Strom lässt sich ein deutlicher Mehrwert im Vergleich zu konventionellen Biomasse-KWK- bzw. Wärmeerzeugungsanlagen generieren.
- Für eine Biokohleproduktionsanlage gekoppelt mit einer 500 kW ORC-KWK-Anlage belaufen sich die Investitionskosten auf rund 7 Mio. Euro.
- Bei einem Biomasseeinsatz von 19.500 t/a werden rund 4.200 t/a Holzkohle sowie 3,8 GWh/a Ökostrom und 9,8 GWh/a Nutzwärme erzeugt.
- Durch den hohen Wert der Holz- bzw. Industrie-kohle lassen sich dynamische Amortisationszeiten im Bereich von 6-8 Jahren bzw. ein ROI von rund 14% erreichen.

**→ deutlich besser als die Wirtschaftlichkeit einer konventionellen Biomasse-KWK-Anlage**
(dynamische Amortisationszeiten 9-12 Jahren)




Rahmenbedingungen: Österreich; Biomasse 22 €/MWh (M35); Volllaststunden 7.500 h/a; Erlöse Biokohle 500 €/t; Erlöse Wärme 35 €/MWh; Reinvestition im Jahr 15

# Zusammenfassung

## Highlights der neuen Verkohlungstechnologie mit integrierter Wärme- und Stromerzeugung:

- Optimierung der Wertschöpfung durch gekoppelte Produktion von Biokohle und grüner Energie (Strom und Wärme)
- Hocheffiziente Bioraffinerie → insbesondere für Biomasseheizwerke und Biomasseheizkraftwerke interessant
- Hohe Einsatzstoff-Flexibilität und verbesserte Qualitätssicherung durch genaue Chargenverfolgung sowie Kontrolle der Pyrolysetemperatur und Dauer durch Batchbetrieb der Pyrolysereaktoren
- Prozessoptimierung durch Wärmerückgewinnung und effiziente Nutzung aller verfügbaren Wärmepotentiale → hoher Gesamtwirkungsgrad
- Fast Zero-Emission Prozess → CO, OGC und Staub fast 0, $NO_x$ deutlich reduziert (im Vergleich zur konventionellen Biomasseverbrennung)

# Ausblick

- **Entwicklungsprojekt:**
  Derzeit wird eine Versuchsanlage mit dem neu entwickelten Hauptkomponenten Pyrolysereaktor und Pyrolysegasbrenner gebaut.

  → Verifikation der Simulationsergebnisse

  → Schrittweise technische Optimierung

  → Untersuchung relevanter Einflussgrößen auf die Kohlequalität

- **Demoprojekt:**
  Ist derzeit in Vorbereitung und soll 2019 in Österreich starten.

**Kontakt: Prof.Univ.-Doz.Dipl.-Ing.Dr. Ingwald Obernberger**

**BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH**

**Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz, Austria**

**TEL.: +43 (316) 481300; FAX: +43 (316) 4813004**

**E-MAIL: office@bios-bioenergy.at**

**HOMEPAGE: http://www.bios-bioenergy.at**