

# Die PYROFORCE® - Technologie zur Holzverstromung

Martin Schaub, Herbert Gemperle,  
Pyroforce Conzepte AG, Schweiz

# Inhalt

- Einführung
- Hintergrund
- Vergaser Design
- Synthesegasreinigung
- Motor
- Nebenprodukte
- Prozess
- Betriebserfahrungen
- Wirtschaftlichkeit
- Modulgrößen

# Einführung

- Pyroforce® entwickelte einen Kleinvergaser für
  - Altholz
  - Frischholz
  - Grösse: 100 bis 600 kW (el)
- Seit mehreren Jahren wird eine Pilot- und Demonstrationsanlage betrieben in Spiez (Schweiz)
- Auf Grund der positiven Betriebsergebnisse konnten 2 Anlagen verkauft werden, welche im Bau sind
  - Anlage 1: Österreich            1x 300 kW
  - Anlage 2: Schweiz                2x 600 kW

## Einführung

- Eine Erstanlage (Demo-Anlage) wurde 2000/2001 in in Spiez (Schweiz) gebaut und seit her betrieben und optimiert
- Grösse: 150 kW (el), 200 kW (thermisch, Heisswasser)
- Betrieb mit Altholz und Frischholz



# Inhalt

- Einführung
- **Hintergrund**
- Vergaser Design
- Synthesegasreinigung
- Motor
- Nebenprodukte
- Prozess
- Betriebserfahrungen
- Wirtschaftlichkeit
- Modulgrößen

## Hintergrund

- Strom aus Holz ist ein altes Postulat und mit Dampfturbine machbar
- Für kleine Leistungen ist die Dampfturbine zu teuer
- Vergasung mit Motor führt bei tieferen Kosten zu
  - Höherem Wirkungsgrad
  - KWK ohne Erniedrigung des Stromwirkungsgrades

Vergasung krankte an schlechter Verfügbarkeit und zu hohem Unterhaltsaufwand

## Hintergrund

- Kleine Vergasungsanlagen geeignet für kleineren Wärmebedarf  
 → optimale Anwendung der KWK
- EEG fördert die kleinen Vergasungsanlagen
  - NawaRo-Bonus
  - Technologiebonus
  - Geeignet für KWK Bonus
- Modellreihe der PYROFORCE® - Holzverstromungsanlagen angepasst an den ‚Kleinbedarf‘

–	Strom	Wärme	Holzbedarf (jato)
– Model 150	150 kW	180 kW	920
– Modell 300	300 kW	370 kW	1800
– Modell 450	450 kW	550 kW	2650
– Modell 600	600 kW	790 kW	3550

# Inhalt

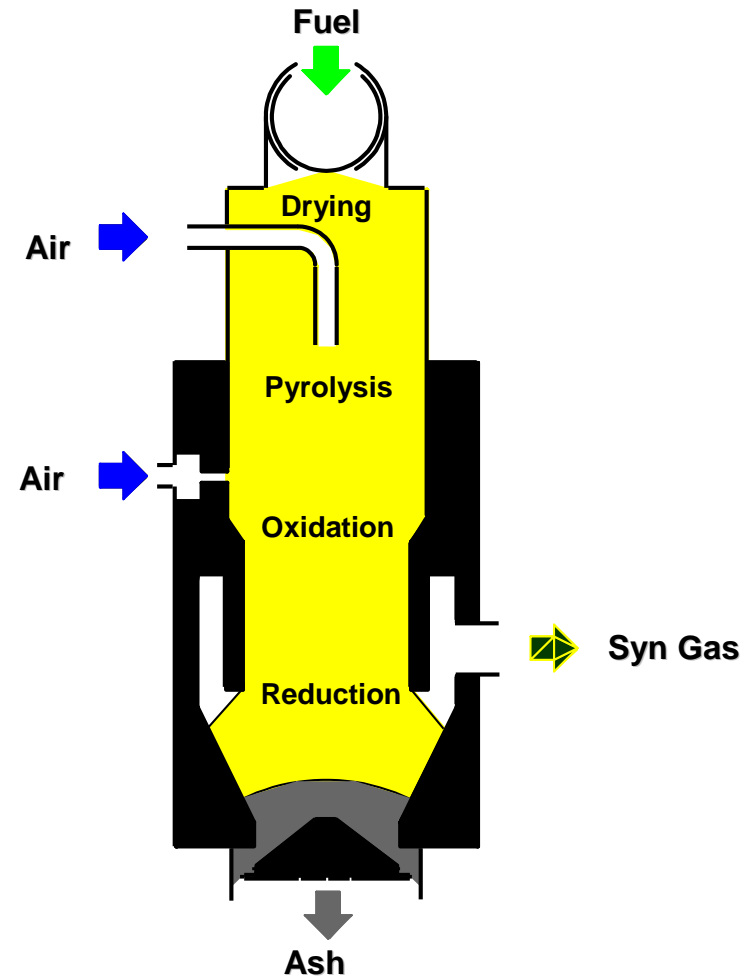
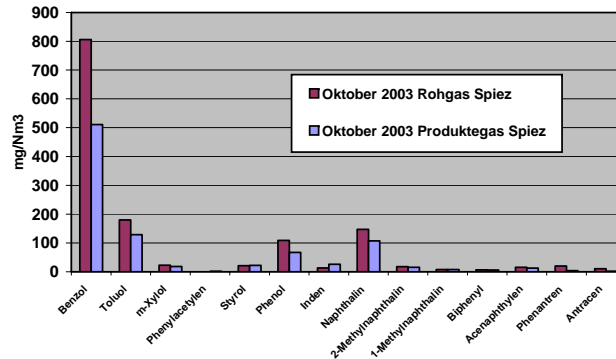
- Einführung
- Hintergrund
- **Vergaser Design**
- Synthesegasreinigung
- Motor
- Nebenprodukte
- Prozess
- Betriebserfahrungen
- Modulgrößen
- Wirtschaftlichkeit
- Schlussfolgerungen



# Vergaser Design

- Festbett, Ko-Kreuzstrom
- Pyrolyse Gas fließt durch heiße Zone → sehr wenig Teer
- Hohe Verbrennungstemperatur (ca. 1300°C) → wenig Teer
- Gasentnahme nach Reduktionszone und Vorwärmung bei ca. 600°C

Oktober 2003 Pyroforce - Vergaser AC Zentrum Spiez



# Inhalt

- Einführung
- Hintergrund
- Vergaser Design
- **Synthesegasreinigung**
- Motor
- Nebenprodukte
- Prozess
- Betriebserfahrungen
- Modulgrößen
- Wirtschaftlichkeit
- Schlussfolgerungen

## **Synthesegas Reinigung Anforderungen**

- Zu entfernende Vergasungsprodukte (Motor, Emissionen):
  - Asche (Staub)
  - Russ
  - Teere
  - Ammoniak?
  - H<sub>2</sub>S?
  - Wasser
- Zu entfernende Giftige Produkte von Altholz
  - Schwermetalle (vor allem Quecksilber)
  - Chlor (HCl) von PVC Beschichtungen und Holzschutzmitteln
- Tiefe Temperatur für Motor

## Synthesegas Reinigung Approach

- Stufe 1: Kühlung auf ca. 160°C  
→ verhindern von Verstopfungen durch Teer/Russ wichtig!
- Stufe 2: Filtern mit Precoating  
→ Entfernen von Feststoffen  
→ Entfernen von Säuren  
→ Entfernen von Schwermetallen mittels zusätzlichem Adsorbens  
→ Entfernen von klebrigen (hoch siedenden) Teeren
- Stufe 3: Weitere Kühlung in Waschkolonne  
→ Reduktion des Wasseranteils  
→ Kondensation/Absorption von schweren KW  
→ Partielle Absorption von Ammoniak möglich

# Inhalt

- Einführung
- Vergaser Design
- Synthesegasreinigung
- **Motor**
- Nebenprodukte
- Prozess
- Betriebserfahrungen
- Modulgrößen
- Wirtschaftlichkeit
- Schlussfolgerungen

## Motor

- Standard GE-JENBCHER Gasmotor (J208/JMS312/316/320)
- Adaptation des Zwischendruckes wegen des Schwachgases
- Adaptation des Zwischenkühlers wegen des Schwachgases
- Sonst keine wesentlichen Änderungen nötig
- Abgaskatalysator für CO Reduktion, eventuell für NO Reduktion (falls tiefer als 500mg/Nm<sup>3</sup> verlangt)

# Inhalt

- Einführung
- Hintergrund
- Vergaser Design
- Synthesegasreinigung
- Motor
- **Nebenprodukte**
- Prozess
- Betriebserfahrungen
- Modulgrößen
- Wirtschaftlichkeit
- Schlussfolgerungen

## Nebenprodukte

- Mehrere Nebenprodukte entstehen in der Vergasung
  - Asche aus dem Vergaser → sehr tiefer Restkohlenstoffgehalt (<5%)
  - Russ/Teer aus Zyklon → kann recycelt werden
  - Asche aus dem Filter → kann (nur) für Frischholz recycelt werden
  - Öl/Teer aus Wäscher → Kann recycelt werden
  - Kondensat aus Wäscher → kann nur durch Vortrocknung entsorgt werden („Übertrocknung“)
- Pelletisierung der Produkte ermöglicht Recyclierung!

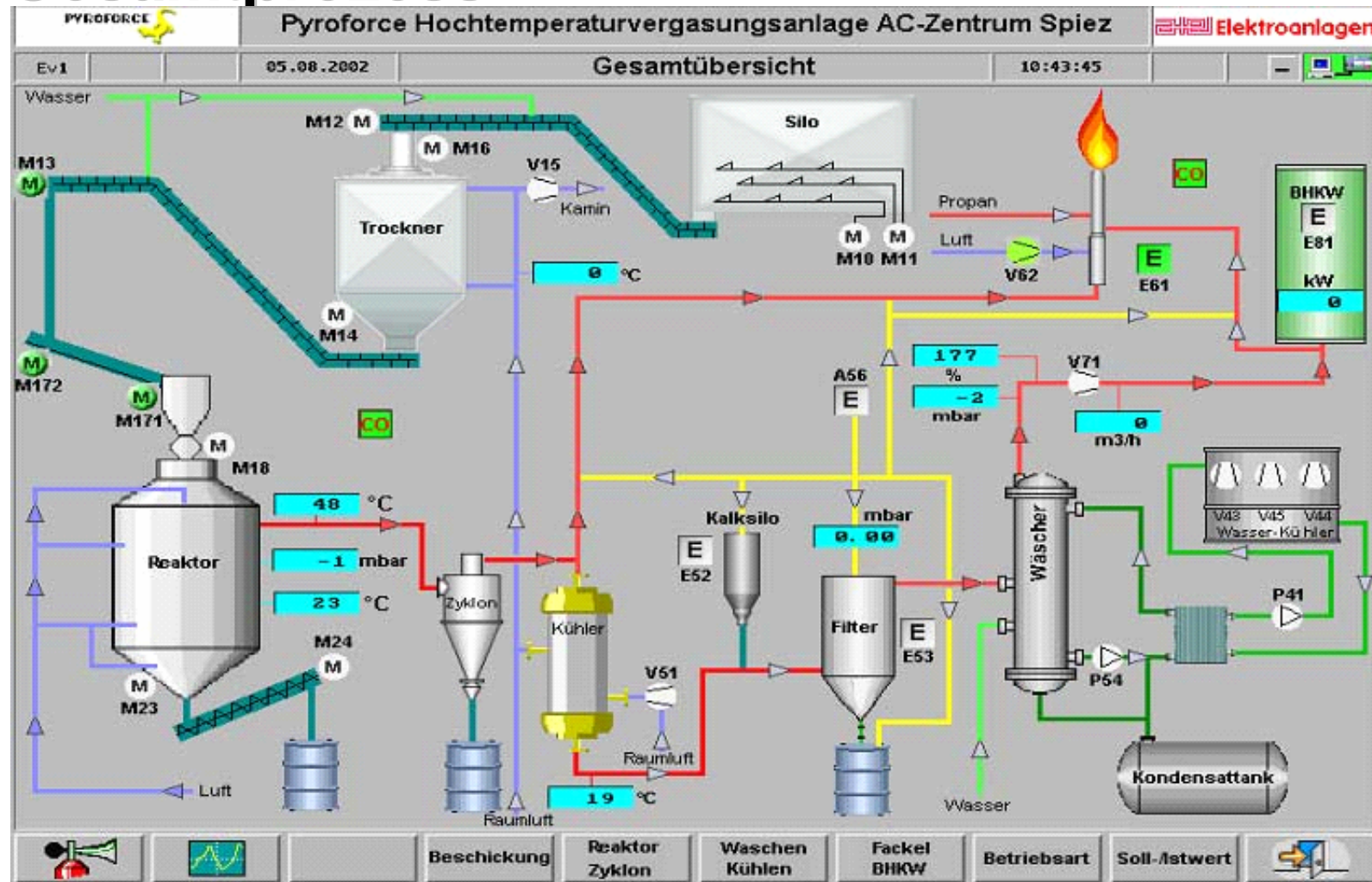




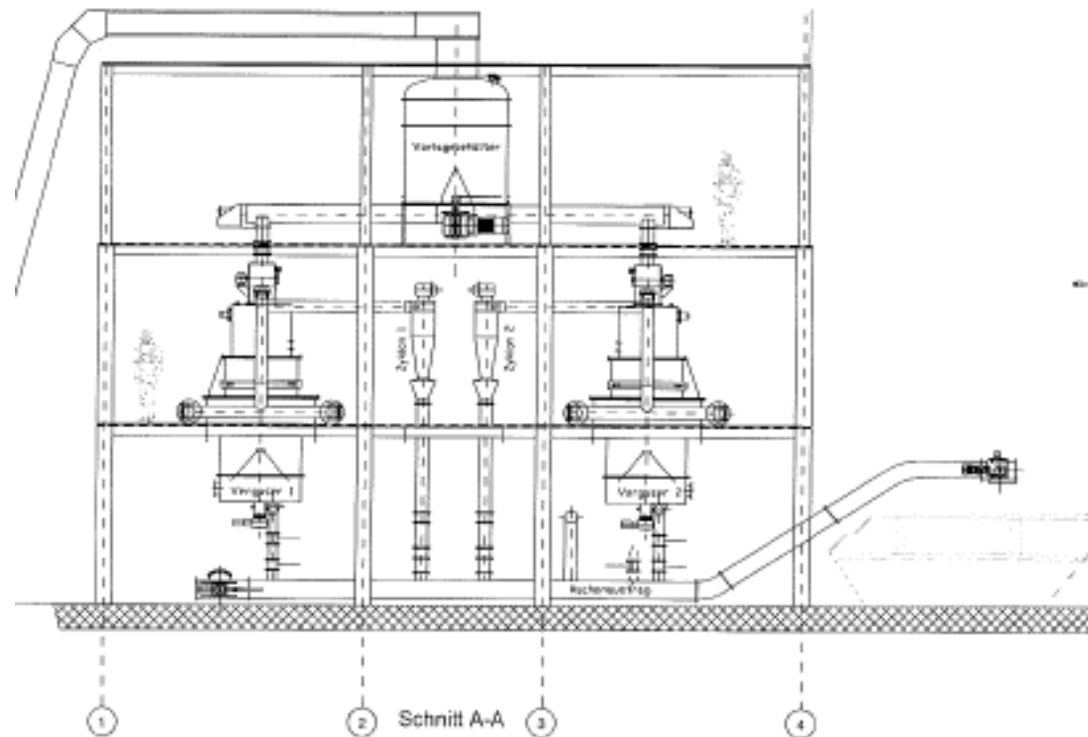
# Inhalt

- Einführung
- Hintergrund
- Vergaser Design
- Synthesegasreinigung
- Motor
- Nebenprodukte
- **Prozess**
- Betriebserfahrungen
- Modulgrößen
- Wirtschaftlichkeit
- Schlussfolgerungen

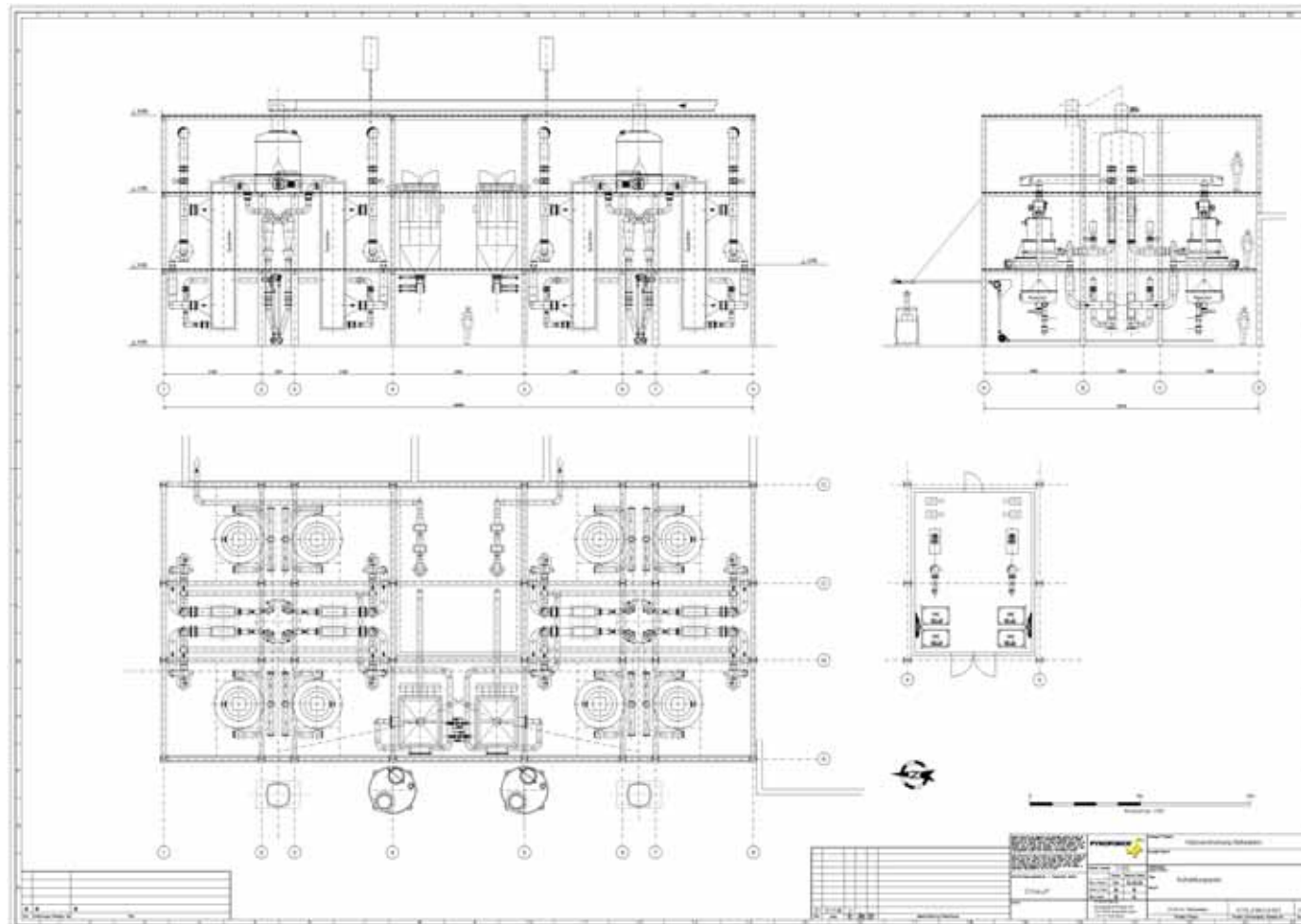
# Gesamtprozess



# Aufstellungsplan 300 kW



# Ansichten 2x600 kW



# Inhalt

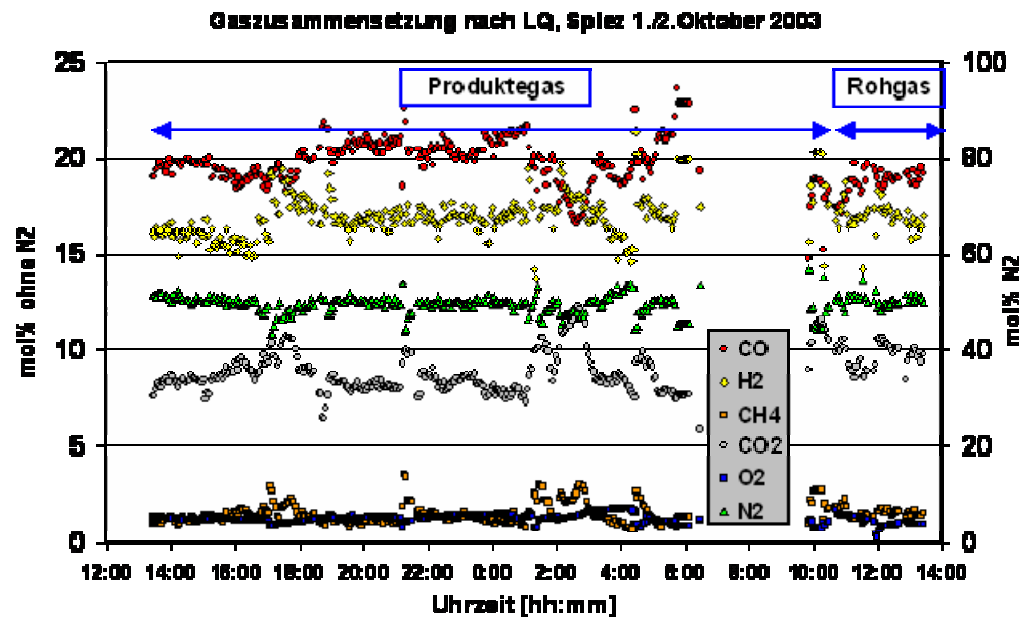
- Einführung
- Vergaser Design
- Synthesegasreinigung
- Motor
- Nebenprodukte
- Prozess
- **Betriebserfahrungen**
- Modulgrößen
- Wirtschaftlichkeit
- Schlussfolgerungen

## Betriebsleistung

- Motor in Demo-Anlage ist seit über 14000 h gelaufen
- Viele Starts/Stops wegen Mo-Fr-Betrieb
- Sehr wenige Abschaltungen wegen des Motors
- Sehr wenige Abschaltungen wegen der Gasreinigung nach der Inbetriebnahmezeit
- Zeit zwischen Reinigungen heute: > 2500 h
- Schmierölwechsel Motor: > 3000 h  
(vorhergesagt: < 1000 h)
- Ammoniak muss nicht abgeschieden werden → keine Einschränkung des Motors / Öls
- Hauptprobleme heute: Holzzufuhrsystem (Verklemmungen), Instrumente (Fehlschaltungen)

# Betriebserfahrungen

- Wichtige Parameter:
  - Holzfeuchte → In line Trockner
  - Grösse der Schnitzel
  - Schmelzpunkt der Asche (Altholz)



# Inhalt

- Einführung
- Hintergrund
- Vergaser Design
- Synthesegasreinigung
- Motor
- Nebenprodukte
- Prozess
- Betriebserfahrungen
- **Modulgrößen**
- Wirtschaftlichkeit
- Schlussfolgerungen



## Modulgrößen

- | Grösse (el) | Abwärme (th) | Motortyp |
|-------------|--------------|----------|
| 150 kW      | 180 kW       | J208     |
| 300 kW      | 370 kW       | JMS 312  |
| 450 kW      | 550 kW       | JMS 316  |
| 600 kW      | 790 kW       | JMS 320  |

Jede Kombination weiter möglich (2x450 kW mit 1x JMS 612) etc.

# Zusicherungen

- Strom- und Wärmeleistung
- Verfügbarkeit
- Bauzeit- / Inbetriebnahmezeit

# Inhalt

- Einführung
- Hintergrund
- Vergaser Design
- Synthesegasreinigung
- Motor
- Nebenprodukte
- Prozess
- Betriebserfahrungen
- Modulgrößen
- **Wirtschaftlichkeit**
- Schlussfolgerungen

## Wirtschaftlichkeit

- System in Schweiz durch KWK (Wärmeverkauf) und Stromverkauf wirtschaftlich mit Strompreis 16 Rp/kWh (=10ct/kWh)
- In Deutschland mit NawaRo-Boni bis 20.5ct/kWh realisierbar → Wirtschaftlichkeit gesichert
- Wärmeverkauf ist Schlüssel, da nur damit KWK-Bonus erwirkt werden kann → kleinere Systeme sind besser geeignet, da grosse Wärmeabnehmer schwierig zu finden
- Grössere Anlagen sind wirtschaftlicher als kleinere (Deutschland)
  - Typisch bei 300 kW: Rückzahlung in 8-9 Jahren
  - Typisch bei 600 kW. Rückzahlung in 6-7 Jahren

# Inhalt

- Einführung
- Hintergrund
- Vergaser Design
- Synthesegasreinigung
- Motor
- Nebenprodukte
- Prozess
- Betriebserfahrungen
- Modulgrößen
- Wirtschaftlichkeit
- **Schlussfolgerungen**

## Schlussfolgerungen

- Vergasung war immer erwünscht, scheiterte aber an der Verfügbarkeit
- Es ist gelungen, ein System zu entwickeln, welches hohe Verfügbarkeit aufweist und wenig Nebenprodukte erzeugt
- Die PYROFORCE® - Holzverstromungsanlagen sind heute reif für die industrielle Anwendung
- Erste kommerzielle Systeme im Bau, viele Projekte in D/A/CH im Bewilligungsverfahren
- Die Wirtschaftlichkeit ist gegeben, insb. Dank dem EEG (inkl. NawaRo-Bonus)

# Die PYROFORCE® Technologie ist reif!