

**Abstract Titel:**

**Poster zur Forschungsarbeit an einem Kohlevergasungskraftwerk im Gas- und Dampfprozess (GuD) mit CO<sub>2</sub>- Nutzung (BECCU)**

**Problemstellung:**

Thema dieses Posters ist die Nutzung von CO<sub>2</sub> aus den Abgasen von Kraftwerken.

Aus den chemischen Wissenschaften ist die Reaktionsformel  $C+1/2O_2 \rightarrow 2CO$  bekannt.

Dies würde bedeuten, dass sich das klimaschädliche CO<sub>2</sub> in bestimmten vergasungstechnischen Reaktoren unter Luftabschluss zu Kohlenstoff reduziert und dieses CO in Kraftwerksmotoren bzw. Turbinen verwendet werden kann.

Stand der Technik hierzu ist das Kohlevergasungskraftwerk, das sinnvollerweise in einem sogenannten Gas- und Dampfprozess (GuD) zur Gewinnung von elektrischen Strom genutzt wird.

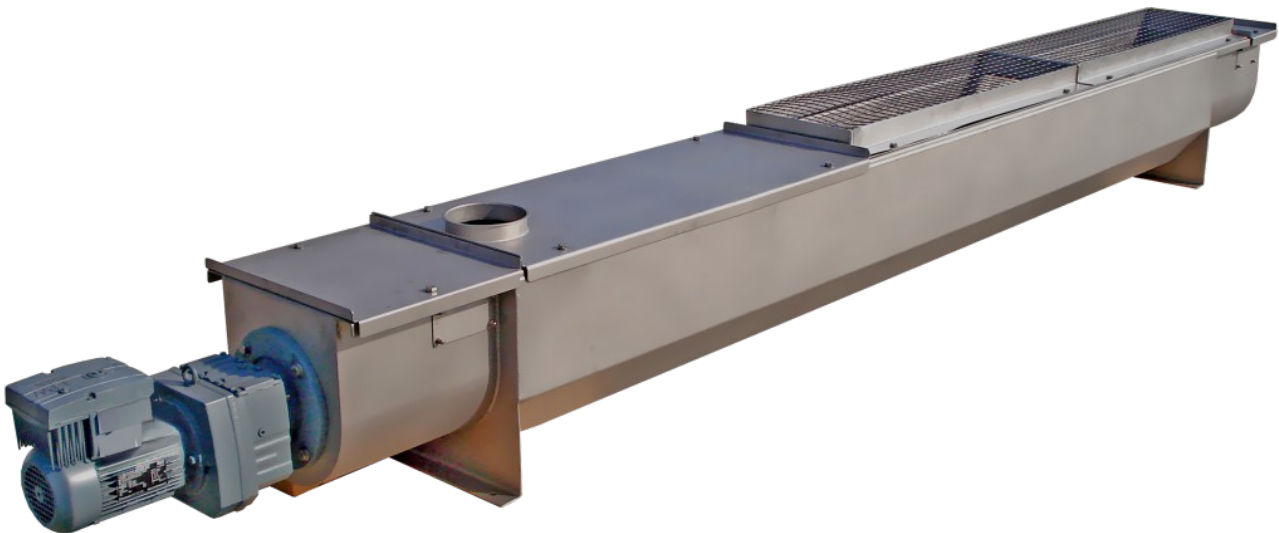
**Das oben genannte Verfahren benötigt zwei wesentliche Teilkomponenten, die auf dem Markt erhältlich sind:**

**1. Eine Gasturbine/Gasmotor mit angeflanschem Stromgenerator , die mit dem erzeugten Synthesegas aus der Kohlevergasung angetrieben wird.**

**2. Einen „geschlossenen Pyrolysereaktor“ für Rohkohle, Holzschnitzel und andere Biomasse.**

Zu 2.) Unter einem „geschlossenen Pyrolysereaktor“ ist ein Vergasungsreaktor zu verstehen, der unter Luftabschluss Biomasse oder Kohle vergast.

Abbildung 1: „Geschlossener Pyrolysereaktor“ (4)



Zitat (4): “Die [abgebildete] Technologie ist ein (-) Verfahren zur thermischen Behandlung von Schüttgut.

Es ist mit einer Schnecke ausgestattet, die durch einen Niederspannungsstrom beheizt wird.

Die Verweilzeit des behandelten Materials wird durch Einstellen der Schneckendrehzahl reguliert“.

Die Temperatur der Schnecke kann auf bis zu 800 Grad Celsius eingestellt und gehalten werden. Der Pyrolysereaktor ist luftdicht abgeschlossen.

Als Schüttgut kann Biomasse, Plastikmüll u.a., eventuell auch stückige Kohle verwendet werden, wobei die Verwendung von Kohle in dieser Technologie m.W. noch nicht erforscht wurde.

**In dem Beitrag von WIKIPEDIA (<https://de.wikipedia.org/wiki/Kokereigas> ) zur Verkokung (Pyrolyse)**

### von Kohle wird dazu folgendes dargelegt:

„In der Pyrolyse („trockene Destillation“) fallen etwa 25% der eingesetzten Kohle als flüchtige Bestandteile an. (–) [und zwar]: 55% Wasserstoff, 25% Methan, 10% Stickstoff und 5% Kohlenmonoxyd“. (– –)

„Diese Destillationsprodukte strömen mit etwa 700 Grad Celsius aus dem Reaktor aus und werden in der Vorlage gesammelt.

Es folgen die Gas-Vorkühler, in denen die Temperatur auf 30 Grad Celsius abgesenkt wird und Teer und Wasser größtenteils auskondensiert werden.

Zur Entteerung des Rohgases haben sich seit den 1950er Jahren Elektrofilter durchgesetzt und es werden Restteergehalte im Reingas von 20mg/kubikmeter erzielt.“

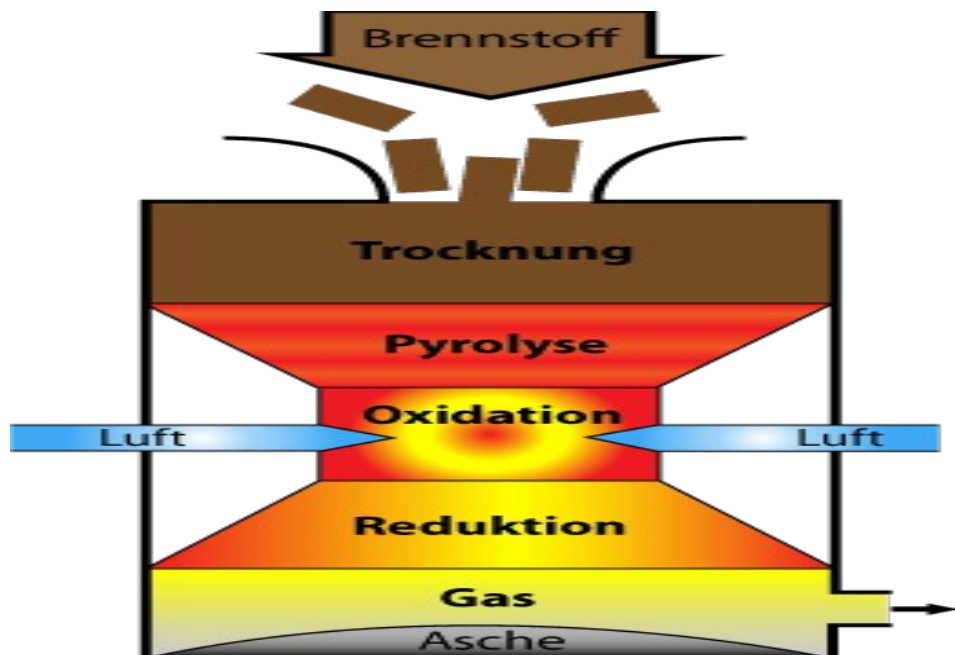
Beim „autothermen Festbett-Gleichstromvergaser“ (3) s.u. laufen fast gleiche Prozesse ab.

Allerdings ergibt sich eine andere Produktgas-Zusammensetzung bei der Pyrolyse trockener Biomasse an einem „Beispiel gemessen“ (Zitat:(7)): %Volumen:

15% H<sub>2</sub>, 26%CH<sub>4</sub>, 3%C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>, 35%CO, 17%CO<sub>2</sub>, 4% N; 2600 kWh pro Tonne Schüttgut.

Würde nun forschungsmäßig CO<sub>2</sub> in diesen Reaktor mit eingeblasen, so würde sich gemäß der Reaktionsformeln sehr viel mehr CO bilden.

**Abbildung 2: „Autothermer Festbett-Gleichstromvergaser“(Quelle 3)**



### Beschreibung:

„Oben am Kopfende des Vergasers befindet sich die „Brennstoffzuleitung“ in diesem Fall Holzschnitzel.

In der Mitte befindet sich die „Oxidationszone“, in die, nach erfolgter Anzündung, Luft eingeblasen wird. In dieser Zone herrscht eine Temperatur von 1200 Grad Celsius.

Die Hitze dieser Zone verbreitet sich nach oben in die „Pyrolysezone“ und zurück nach unten in die „Reduktionszone“ aus.

In der „Pyrolysezone“ werden das chemisch gebundene Wasser und andere Destillate ausgetrieben. Dabei entsteht ein „Schwelgas“, welches hauptsächlich aus langkettigen Kohlenwasserstoffen und CO<sub>2</sub> besteht.“<sup>3</sup>

In der Reduktionszone (die sauerstoffarm ist), wird dieses CO<sub>2</sub> und weiteres CO<sub>2</sub> aus der „Oxidationszone“ zu CO reduziert, gemäß der chemischen Reaktionsformel:  $C + 1/2O_2 \rightarrow 2CO$ ,

**was beweist, dass CO<sub>2</sub> tatsächlich in einem nennenswerten Maße in einem Vergaser zu CO umgewandelt und damit z.B. in der Mikrogasturbine oder einem Gasmotor „verwertet“ werden kann, in welcher Menge dies möglich ist, muss noch erforscht werden.**

Wenn nun in einem zu erforschenden Umfang zusätzliches CO<sub>2</sub> in Form des Abgases aus der Mikrogasturbine diskontinuierlich durch eine Rohröffnung in die „Pyrolysezone“ des Vergasers eingeblasen wird, könnte noch mehr CO<sub>2</sub> zu CO reduziert werden.

„Diskontinuierliches Einblasen“ von CO<sub>2</sub> ist deswegen notwendig, weil das CO<sub>2</sub> die Hitze in der Oxidationzone minimiert und bevor das Feuer erlischt, die CO<sub>2</sub> - Zufuhr kurzfristig gestoppt werden muss.

Dieses Stoppen der CO<sub>2</sub> -Zufuhr ist ein Nachteil gegenüber den oben erwähnten geschlossenen Pyrolyse-Vergaser, der keine offene Flamme zur Vergasung benutzt, sondern eine bis zu 800 Grad Celsius heiße „Schnecke“, die sich zwar auch bei der Einleitung von CO<sub>2</sub> abkühlt, jedoch nicht erlöschen kann. Hier findet eine genauere Steuerung der CO<sub>2</sub> -Zuführung statt.

**Zu 1. s.o. Die Synthesegas-Turbine:** (Abbildung 3 aus (6))

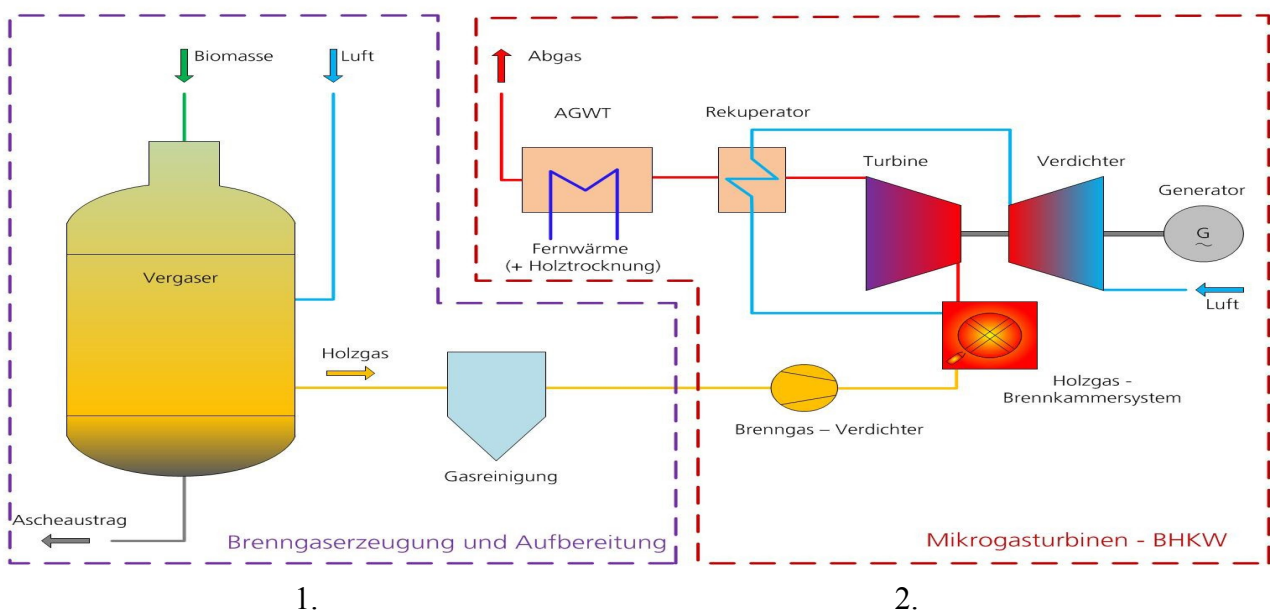


Zur „Synthesegas - Turbine“ wird im Lexikon unter [www.gammel.de/lexikon/Mikrogasturbine/](http://www.gammel.de/lexikon/Mikrogasturbine/)

folgendes von einer sogenannten Mikrogasturbine berichtet: „Neben der kleinen Leistung im Bereich zwischen 30 und 500 kW zeichnen sich die Turbinen durch eine einfache Technik aus. Die niedrige Turbineneintrittstemperatur lässt ungekühlte Schaufeln zu. Um den Wirkungsgrad anzuheben, verwenden Mikrogasturbinen Rekuperatoren, die die verdichtete Luft vor dem Eintritt in die Brennkammer mit der Wärme des Abgases vorwärmen. Hierdurch sind Wirkungsgrade um 30 Prozent möglich.“

**„Nachhaltiges dezentrales Holzvergaserkraftwerk mit gekoppelter Mikrogasturbine (DeHoGas)“<sup>42</sup>**

(Abbildung 4) :<sup>2</sup>



Ein „nachhaltiges dezentrales Holzvergaserkraftwerk mit gekoppelter Mikrogasturbine (DeHoGas)“<sup>2</sup> wurde von Timo Zornek und Thomas Monz aufgebaut und getestet. Das Anlagen-Schema lässt sich in zwei Bereiche aufteilen: 1. Brenngaserzeugung und Aufbereitung mit oben beschriebenen Vergaser und Gasreinigung, 2. Mikrogasturbinen-BHKW mit Brenngas – Verdichter, Holzgas-Brennkammersystem, Verdichter, Turbine, Rekuperatur, Generator, Abgaswärmetauscher (AGWT, Fernwärme + Holz Trocknung)

**In seiner eingehenden Darstellung der Ergebnisse schrieb T. Zornek:**

“Unter Berücksichtigung der nutzbaren Abwärme beträgt die Gesamteffizienz der Anlage 78%. (–) Die berechneten Stromgestehungskosten liegen (–) bei 21 cent/kWh.“<sup>2</sup>

*Diese genannten Werte würden –insbesondere in der CO<sub>2</sub>-Bilanz– günstiger ausfallen, wenn CO<sub>2</sub> in den o.g. Holzvergaserreaktor mit eingeblasen worden wäre.*

Zitat<sup>2</sup>: “Der überwiegende Teil der Kosten [wird] durch die Brennstoffkosten und die Investitionskosten verursacht.“<sup>2</sup>

Bei seiner Wirtschaftlichkeitsanalyse hat Timo Zornek 135,00 € für eine Tonne getrockneter Hackschnitzel angesetzt.

„Mit Holzgas erreichte die [optimierte] Turboc T100 [s.o.] einen maximalen Wirkungsgrad von 31,5% bei 92% Drehzahl. (–)

Es ergab sich ein „höheren“ Wirkungsgrad im Vergleich zu Erdgas.“<sup>2</sup>

Die Investitionskosten für eine Gasturbine, bei einer erst am Anfang stehenden Serienproduktion, sind sicherlich noch unverhältnismäßig hoch.

Größere, auf Synthesegas ausgelegte Gasturbinen, ausgestattet mit dem von den DLR-Forschern vom Stuttgarter Institut für Verbrennungstechnik entwickelten Brennkammersystem nach dem Prinzip der „flammenlosen Oxidation (FLOX (R))“,

würden sehr wahrscheinlich höhere elektrische Wirkungsgrade erzielen und damit einen günstigeren Stromgestehungspreis als 21 cent pro kWh erzielen.

### **Summary:**

Im Zusammenhang mit dem Thema: „Carbon Capture (CCS) und CO<sub>2</sub> –Nutzung (BECCU) konnten Ansatzpunkte für das Ziel einer CO<sub>2</sub> – Nutzung innerhalb eines Gas- und Dampfkraftwerks (GuD) gefunden werden, in das ein Holz- oder auch Rohkohlevergaser integriert ist.

Dieser integrierte Kohlevergaser produziert unter der Bedingung der sogenannten Pyrolyse (trockene Destillation) ein Synthesegas (H<sub>2</sub>, CO, N) mit relativ hohem CO –Gehalt, wenn an geeigneter Stelle CO<sub>2</sub> zugeführt wird, wobei folgende Reaktionsgleichung gilt:



### **Quellenangabe der Zitate und Abbildungen:**

1. -

2. Nachhaltiges dezentrales Holzvergaserkraftwerk mit gekoppelter Mikrogasturbine; Eingehende Darstellung; Autoren: Timo Zornek et.al. S.12, 2017

3. Abbildung 2: Bio-Power-Development; [www.bio-power.com/vergaser.html](http://www.bio-power.com/vergaser.html) S.3

4. E.T.A.-Company, [www.etia.fr](http://www.etia.fr)

5. Firma Fröling Grieskirchen, [www.froeling.com/de/de/lexikon/Mikrogasturbine](http://www.froeling.com/de/de/lexikon/Mikrogasturbine) 4752?

6. Gammel Engineering, [www.gammel.de/de/lexikon/](http://www.gammel.de/de/lexikon/)

7. Biogreen Patented Technologies, [www.biogreen-energy.com/syngas/](http://www.biogreen-energy.com/syngas/)

\* Lexikon der Chemie [www.spektrum.de/lexikon/chemie/synthesegas/8953](http://www.spektrum.de/lexikon/chemie/synthesegas/8953)