

# **Autotherme Flugstromvergasung von HTC-Kohle im kleinen Leistungsbereich**

## **Experimenteller Konzeptnachweis**

Dipl.-Ing. **L. Briesemeister**; M.Sc. **M. Kremling**, TU München - Lehrstuhl für Energiesysteme, Garching;  
Prof. Dr.-Ing. **M. Gaderer**, TU München – Regenerative Energiesysteme, Straubing;  
Prof. Dr.-Ing. **H. Spliethoff**, TU München - Lehrstuhl für Energiesysteme / ZAE Bayern, Garching

## **Kurzfassung**

In dieser Arbeit wird eine industrienaher Versuchsanlage vorgestellt, die zur Untersuchung der Flugstromvergasung von hydrothermal karbonisierten Biomassen (HTC Kohle) an der TU München aufgebaut wurde. Die Anlage ist für einen autothermen Druckbetrieb bis 1.500 °C ausgelegt. Der Brennstoff wird mittels einer pneumatischen Dichtstromförderung bei sehr hohen Beladungen von bis zu 50 kg/Nm<sup>3</sup> Traggas über einen Drallbrenner eingebracht und mit vorgeheizten Gasen vergast. Es werden online Prozessparameter (Kaltgaswirkungsgrad, Koks-Umsatz, etc.) berechnet. Das Produktgas wird mittels online-Gasanalyse, sowie einem GC-WLD untersucht. Eine Messung der Teerbeladung und -zusammensetzung wird mittels SPA-Probenahme realisiert. Zur Untersuchung der Flammenstabilität und -charakteristik kommt eine gekühlte Feuerraumsonde zum Einsatz.

## **1. Zielsetzung und Hintergrund**

Aktuell werden Verfahren entwickelt, mit denen bisher wenig genutzte biogene Reststoffe energetisch verwertet werden können. Für eine effiziente und flexible Nutzung kommt der Vergasung der Biomasse eine wichtige Rolle zu. Bisherige Ansätze setzen dabei hauptsächlich auf Festbett- und Wirbelschichtvergasung. Diese Verfahren weisen bedingt durch niedrige oder ungleichmäßige Prozesstemperaturen hohe Teergehalte im Produktgas auf. Durch eine vorgeschaltete Aufwertung des Brennstoffs mittels hydrothormaler Karbonisierung (HTC) kann ein staubförmiger Brennstoff gewonnen werden, der eine Anwendung der Flugstromvergasung ermöglicht. Durch die hohen Prozesstemperaturen kann ein weitgehend teerfreies Produktgas gewonnen werden. Weitere Vorteile sind die im

Vergleich zur Wirbelschicht, vereinfachte Prozessführung, sowie die Anwendbarkeit von Technologien, die aus der Kohlevergasung hinlänglich bekannt sind.

Für die energetische Nutzung des erzeugten Produktgases ist eine motorische Nutzung vorgesehen, hierfür muss die Gasqualität den in Tab. 1 aufgelisteten Anforderungen genügen. Mit der in dieser Arbeit vorgestellten Versuchsanlage ist eine Untersuchung der Flugstromvergasung hinsichtlich den genannten Kriterien möglich. Dadurch wird es möglich eine entsprechende Gasreinigung zu definieren.

Tabelle 1: Anforderungen an die Gasqualität für die Produktgasnutzung in einem Verbrennungsmotor [1-3]

Partikelkonzentration	Partikelgröße	Teere	Ammoniak	Schwefelwasserstoff
mg/Nm <sup>3</sup>	µm	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>
< 50	< 10	< 100	< 55	< 1.150

## 2. Beschreibung von Versuchsanlage und Messtechnik

Die verwendete Versuchsanlage ist ein Druck-Flugstromvergaser für bis zu 100 kW<sub>th</sub> Brennstoffeintrag und ist für einen industrienahen, autothermen Betrieb bis 5 bar<sub>g</sub> geeignet. Der Brennraum besteht aus einer mehrschichtigen Ausmauerung und ist für Temperaturen bis 1.500 °C ausgelegt. Der Brennstoff wird mittels einer pneumatischen Dichtstromförderung bei hohen Beladungen von bis zu 50 kg/Nm<sup>3</sup> Traggas über einen Drallbrenner eingebracht und mit vorgeheizten Gasen (bis 500 °C) vergast. Um eine stabile Förderung zu erreichen, ist die Dosierung mit einer pneumatisch zyklisch bewegten Auflockerungsmechanik oberhalb des Wirbelbetts versehen. Damit kann eine Brücken-/Kanalbildung verhindert werden.

Eine gekühlte Brennraumkamera ermöglicht es die Gleichmäßigkeit des Brennstoffeintrags und die Flammenausbildung zu visualisieren. Partikel- und Produktgasproben werden über eine temperierte Lanze nach variierbaren Verweilzeiten aus dem Brennraum abgezogen. Das Produktgas wird mittels online-Gasanalyse, sowie einem GC-WLD auf seine Hauptkomponenten, sowie den H<sub>2</sub>S-Gehalt untersucht. Die Teeranalytik wird mittels SPA-Probenahme aus dem heißen Produktgas und Auswertung mittels GC-FID realisiert. Das Produktgas wird in einem Keramikkerzenfilter von Partikeln befreit und in einer Fackel abgebrannt. Bild 1 zeigt eine schematische Darstellung des Versuchsaufbaus.

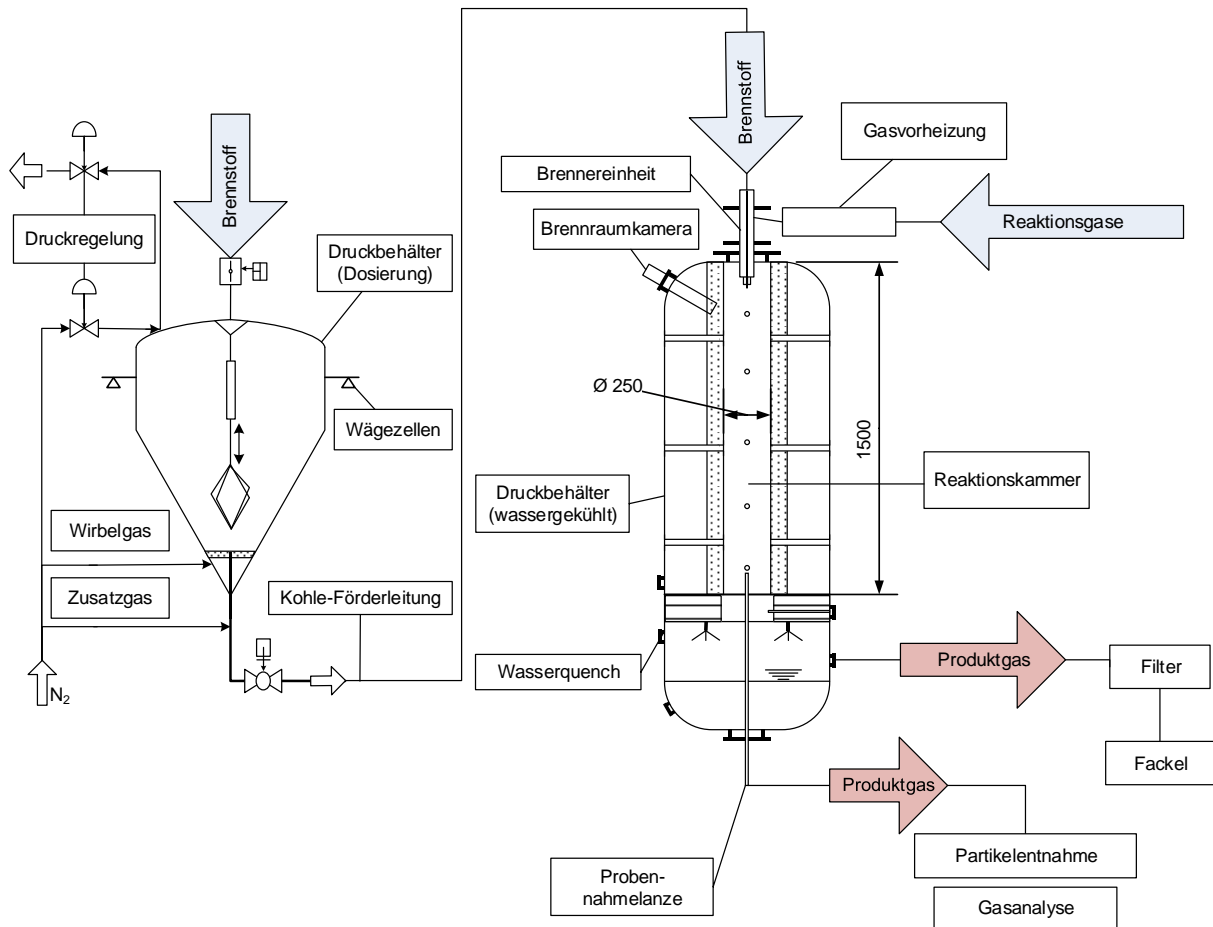


Bild 1: Schematische Darstellung der Versuchsanlage mit der Dichtstromfördereinheit (links) und dem Flugstromvergaser (rechts).

### 3. Versuchsdurchführung und Ergebnisse

Ein Schwerpunkt bei den bisherigen Versuchen lag darin einen stabilen Betriebspunkt hinsichtlich Flammenstabilität und Förderrate zu erreichen. Hierzu wird der Reaktor zunächst elektrisch auf 1.000 °C aufgeheizt, wodurch eine sichere Selbstzündung der Kohle erreicht wird. Zum Erreichen einer Flammenstabilisierung wird ein 3-Registerbrenner mit einstellbarem Drall verwendet. In Bild 2 ist der Zündvorgang in zeitlicher Abfolge dargestellt, es bildet sich im Nahbrennerbereich eine stabile Flamme aus.

Für die Teeranalytik wurde eine beheizte Lanze verwendet, um heiße Gase direkt und ohne Kondensation aus dem Brennraum abziehen zu können. Die verwendete Methodik zur Probenahme wurde in [4] näher beschrieben. Es zeigte sich in ersten Versuchsläufen, dass insbesondere tertiäre Teere (z.B. Toluol, Naphthalin) identifiziert werden konnten. Primär- und Sekundärteere konnten erwartungsgemäß aufgrund der hohen Produktgastemperaturen (> 950 °C) nicht nachgewiesen werden.

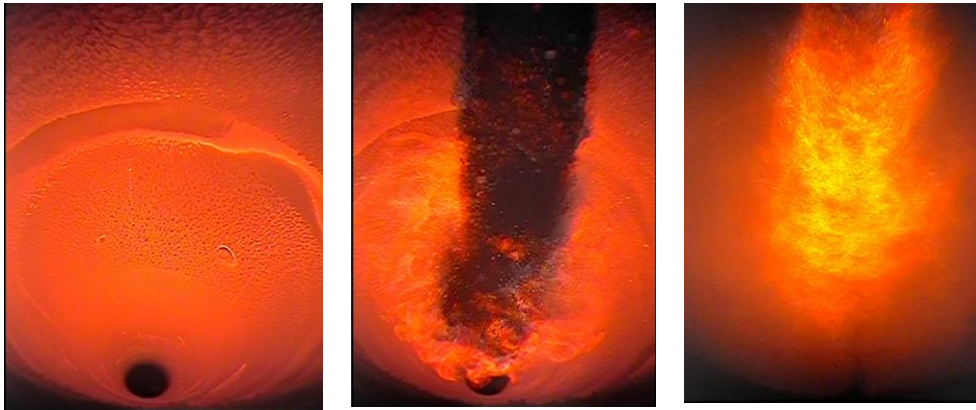


Bild 2: Sicht von oben in den Feuerraum vor (links) und während der Zündung (Mitte), sowie bei ausgeprägter Drallflamme (rechts)

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick

Ziel der vorgestellten Arbeiten ist es die Eignung von HTC-Kohle hinsichtlich der Verwendung im Flugstromvergaser für den kleinen Leistungsbereich zu untersuchen. Dabei liegt der Fokus insbesondere auf der gasmotorischen Nutzbarkeit des Produktgases in Hinsicht auf den Heizwert und die Gasreinheit. Es wurde eine Versuchsanlage vorgestellt mit der die wesentlichen Parameter erfasst werden können. Erste Versuchsreihen bestätigen, dass sowohl eine stabile Kohleförderung, als auch eine stabile Flamme erreicht werden konnten. Zukünftig soll neben der Variation der Anlagenparameter der Einfluss der Ausgangsbiomasse, sowie der Bedingungen während der HTC auf das Vergasungsverhalten untersucht werden.

#### Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die finanzielle Unterstützung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (FKZ: 03KB074B).

- [1] Milne, T.A; Evans, R.J: Biomass Gasifier “Tars”: Their Nature, Formation, and Conversion. National Renewable Energy Laboratory, 1998
- [2] Hasler, P.; Nussbaumer, Th.: Gas cleaning for IC engine applications from fixed bed biomass gasification. In: Biomass and Bioenergy 16, S. 385–395, 1999
- [3] Nussbaumer, Thomas: Luftreinhaltung und Explosionsschutz bei Holzfeuerungen und Stand der Technik der Holzvergasung. 7. Holzenergie-Symposium. ETH Zürich. Zürich, 2002
- [4] Mayerhofer, M.: Teerentstehung und Teerminderung bei allothermer Wirbelschichtvergasung, TU München, Dissertation 2014