

## **Untersuchungen an einem zweistufigen Festbettvergaser mit nachgeschalteter Gasreinigung**

Dipl.-Ing. (FH) **R. Böhme**, Prof. Dr.-Ing. **M. Beckmann**, Dr.-Ing. **D. Böhning**, TU Dresden, Prof. für Verbrennung, Wärme- und Stoffübertragung, Dresden

### **Kurzfassung**

Die Vergasung von Biomasse in kleinen dezentralen Anlagen ist bereits seit vielen Jahrzehnten mit wechselnder Intensität Gegenstand der Forschung und Entwicklung. Ein erhöhter Entwicklungsbedarf besteht nach wie vor hinsichtlich der Bereitstellung einer Gasqualität durch Primär- und Sekundärmaßnahmen, die den Betrieb eines BHKW's in wirtschaftlicher Weise erlaubt. Der vorliegende Beitrag befasst sich mit zwei Maßnahmen zur Teerreduktion. Zunächst wird der Aufbau eines kombinierten Gegen- und Gleichstromvergasers vorgestellt. Dieser wurde auf Grundlage des IUTA-Vergaserprinzips [1], weiterentwickelt und optimiert. Weiter wird auf die nachgeschaltete Gasreinigung als sekundäre Teerreduktionsmaßnahme eingegangen. Diese arbeitet nach dem Prinzip einer nicht-katalytischen partiellen Oxidation mit regenerativer Wärmerückgewinnung.

Die vorliegenden wissenschaftlichen Untersuchungen wurden im Rahmen eines Kooperationsprojektes zwischen der TU-Dresden und der Nagel Ingenieurbau GmbH durchgeführt. Gefördert wird dieses Projekt durch die Sächsische Aufbaubank (SAB) mit Fördermitteln aus dem Europäischen Fond für regionale Entwicklung (EFRE).

### **1. Möglichkeiten der Prozesssteuerung von Vergasungsprozessen**

Entscheidend für die Optimierung eines Vergasungsprozesses, ist die Kenntnis über Niveau und Steuerungsmöglichkeit der prozessspezifischen Einflussgrößen und ihrer direkten Abhängigkeit zur Anlagen- und Apparatekonfiguration. Ein dahingehend entscheidender Parameter im Vergasungsprozess, ist die Heterogenität der eingesetzten Brennstoffe. So führen Schwankungen im Wassergehalt oder der Brennstoffstückigkeit häufig zu Störungen des Betriebszustandes. Reduziert man diese Störungen durch geeignet Maßnahmen, führen diese oftmals zu einem niedrigeren Brennstoffausnutzungsgrad und damit zu einem direkten Wirkungsgradverlust. Zur Reduzierung dieser Probleme durch eine sensiblere Prozesssteuerung müssen die Teilprozesse, welche sich unmittelbar bedingen, entkoppelt werden. Aus diesen Überlegungen heraus, ergibt sich die Stufung des Vergasungsprozesses welcher im Nachgang eingehender betrachtet wird. Der entsprechend konzipierte Reaktor

vereint die Vorteile zweier Vergasungsverfahren und stellt durch seinen gestuften Aufbau, eine optimale Möglichkeit zur Steuerung der Haupteinflussgrößen des Vergasungsprozesses dar.

## **2. Aufbau und Betriebsweise der kombinierten Festbettvergaseranlage**

Der untersuchte Festbettvergaser ist aus einem Gegen- mit einem nachgeschaltetem Gleichstromvergaser aufgebaut. Ein Schnittbild des Reaktors sowie die nachgeschaltete Gesamtanlage sind in Bild 1 dargestellt. Beide Reaktoren werden autotherm betrieben und erreichen, bei einem Brennstoffmassenstrom von ca. 25 kg/h und unter Zugabe von Luft als Vergasungsmittel, eine Gesamtfeuerungswärmeleistung von 100 kW. Die Beschickung des Gegenstromreaktors erfolgt über ein Doppelschiebersystem am oberen Reaktorende. Anschließend durchläuft die Biomasse entsprechend ihrer Bewegungsrichtung und dem vorliegenden Temperaturniveau die Zonen der Trocknung, Pyrolyse, Reduktion und Oxidation. Das in der Verbrennungszone entstandene Abgas, wird in der Reduktionszone über heterogene und homogene Reaktionen [2] reduziert und somit zu einem schwachkalorischen Brenngas gewandelt. Im Nachgang durchströmt das Gas unter fortschreitender Abkühlung die Pyrolysezone. Innerhalb dieser kommt es bei 280 °C bis 400 °C zur Bildung der sogenannten primären Teere [3]. Diese werden mit dem Gasstrom durch die Trocknungszone, in der es zur Bildung von aromatischen Verbindungen wie z.B. Phenol und Toluol kommt, zum Absaugrohr am oberen Ende des Reaktors transportiert. Durch diese Schwachgasführung ergeben sich für den Prozess der Gegenstromvergasung typische hohe Teergehalte von 6 g bis 150 g Teer je Kubikmeter Gas im Normzustand [4]. Um den Teergehalt im Gas zu reduzieren wird der Schwachgasstrom nach Verlassen des Gegenstromreaktors in den nachgeschalteten Gleichstromreaktor eingeleitet. Innerhalb dieses Reaktors durchströmt das Gas in absteigender Richtung und unter Zugabe von Luft eine glühende Holzkohleschüttung. Aufgrund der sich durch Oxidations- und Reduktionsreaktionen einstellenden hohen Temperaturen von ca. 900 °C bis 1000 °C werden die langkettigen Kohlenwasserstoffe gecrackt und in Abhängigkeit der vorliegenden reaktionskinetischen Parameter in brennbare Gasbestandteile umgewandelt. Neben dem Vorteil der Teerreduktion, kann durch den Einsatz des nachgeschalteten Gleichstromvergasers der Gesamtkohlenstoffumsatzgrad des kombinierten Vergasers erhöht werden, da zur Erzeugung der heißen Glutzone im Gleichstromreaktor, die anfallende Restholzkohle aus dem Gegenstromreaktor genutzt wird. Das erzeugte Produktgas wird anschließend unterhalb des Glutbettes abgezogen, zur Abtrennung von Staub- und Kohlenstoffpartikeln über einen Heißgaszyklon geführt und anschließend einer Gasreinigung

zugeführt. Nach Durchlaufen dieser sekundären Teerreduktionsmaßnahme wird das Produktgas über einen Wäscher und zur Erlangung einer motorisch nutzbaren Gastemperatur über einen nachgeschalteten Wärmeübertrager geführt.

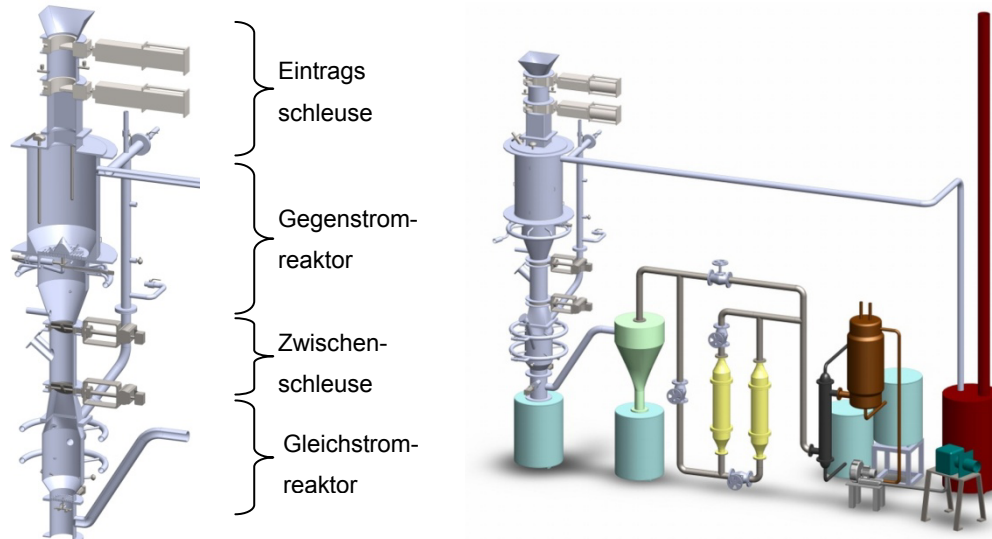


Bild 1: Schnittbild des Festbettvergasers (links), Aufbau der Gesamtanlage (rechts)

### 3. Aufbau und Betriebsweise der Gasreinigung

Die in den Gasreinigungsreaktoren ablaufende Teerreduktion beruht auf dem Prinzip der nichtkatalytischen partiellen Oxidation (s. Bild 2). Dabei wird das teerbeladene Rohgas aus dem Vergasungsreaktor in eine hochtemperierte Bettschüttung eingeleitet und mit einem Reaktionsgas versetzt. Die sich einstellende Oxidation von nichtkondensierbaren Bestandteilen des Gases dient zur Erzeugung des erforderlichen Temperaturniveaus für die Teerkonversion. Parallel dazu findet nach Überschreiten einer Starttemperatur die Entteerung statt. Die durch die Reaktionen entstehende heiße Bettzone bewegt sich anschließend in Strömungsrichtung durch die Schüttung.

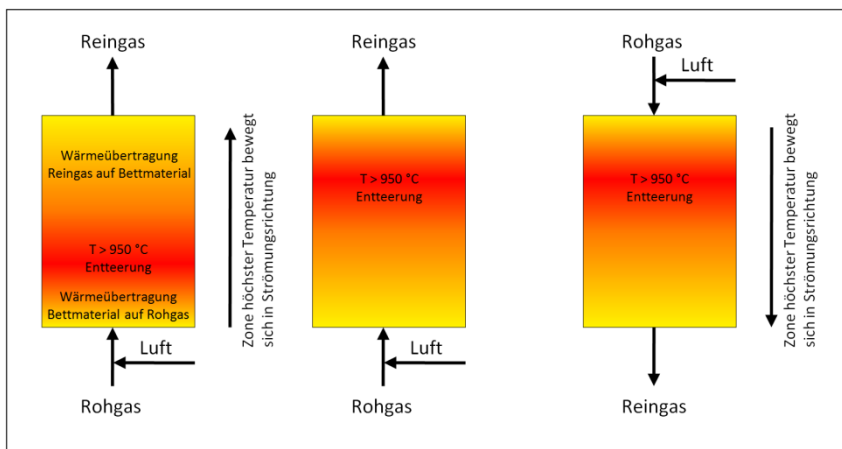


Bild 2: Prinzip der partiellen Oxidation mit integrierter regenerativer Wärmeübertragung

#### 4. Versuchsergebnisse

Die bis dato durchgeführten Versuche zeigten, dass durch die kombinierte Verschaltung der Reaktoren die Erzeugung eines heizwertreichen Brenngases (Bild 3) bei gleichzeitig hohem Brennstoffausnutzungsgrad realisiert werden kann. Der erhöhte O<sub>2</sub>-Anteil im Brenngas ist auf Falschlufteinbrüche am Eintragungssystem und eine nicht optimale Vergasung in der zweiten Stufe zurückzuführen. Die Lösung dieser Probleme ist derzeit in Arbeit. In weiterführenden Untersuchungen soll die in Abschnitt 3 beschriebene Gasreinigung in den Prozess integriert werden, und mittels dieser sekundären Teerreduktionsmaßnahme eine motorentaugliche Gasqualität erreicht werden. Erste Teermessungen mittels Extraktionshülsen unmittelbar nach dem Vergaser zeigten Teermengen von 1 bis 6 g<sub>Teer</sub>/Nm<sup>3</sup>. Für weiterführende Ergebnisse sei an dieser Stelle auf den Posterbeitrag 132 verwiesen.

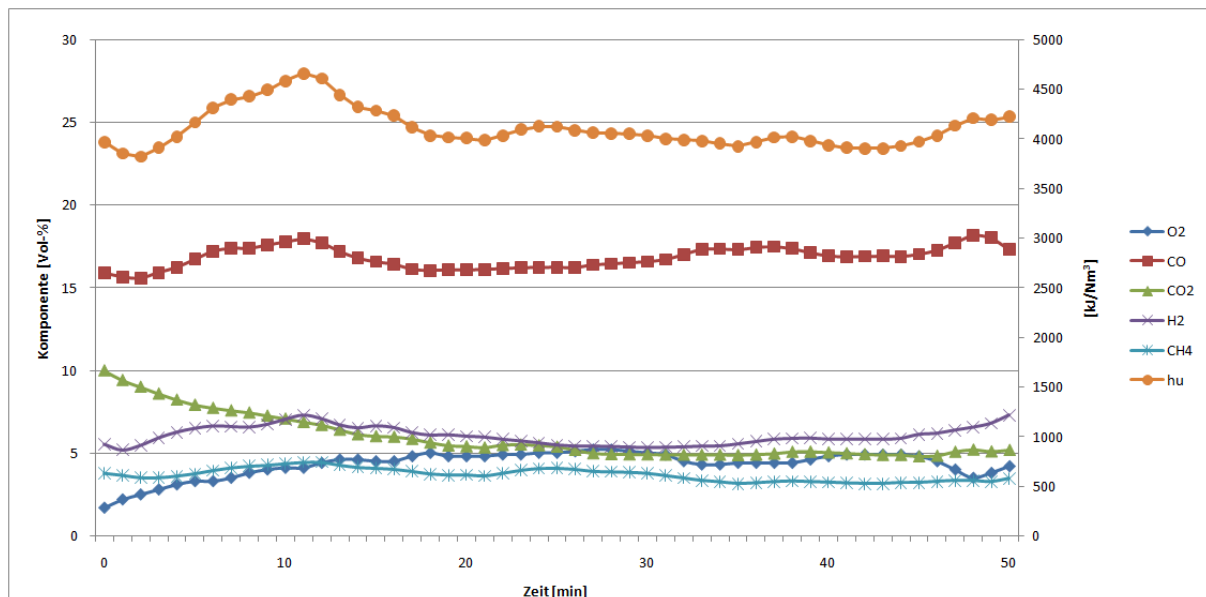


Bild 3: Gaszusammensetzung und Heizwert des Rohgases nach Reaktorstufe 2

#### 5. Quellen

- [1] DE-P 197 18 184 C 2
- [2] Scholz, R.; Beckmann, M.; Schulenburg, F.: Abfallbehandlung in thermischen Verfahren; B.G. Teubner Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden; 2001; S. 94; ISBN 3-519-00402-X
- [3] Böhning, D.: Katalytisch partielle Oxidation polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe in Brenngasen aus der Biomassevergasung - Modellierung und experimentelle Untersuchung, Dissertation, TU Dresden, 2010
- [4] Bühler, R.; Hasler, Ph.: Stand und Entwicklung der Vergasungstechnik; Thermische Biomassenutzung - Technik und Realisierung VDI Berichte 1319; VDI-Gesellschaft Energietechnik; Düsseldorf; 1997, S 81