

Wirbelschichtdruckvergasung – eine zukunfts-orientierte Technik zur thermischen Nutzung von Biomasse

Von Bernhard Puchner, Graz; Tobias Pröll, Wien; Richard Zweiler, Hermann Hofbauer, Wien

Mit 5 Abbildungen und 7 Tabellen

(Eingelangt am 5. Oktober 2006)



Dipl.-Ing.
Bernhard Puchner



Dipl.-Ing. Dr.
Tobias Pröll



Dipl.-Ing. Dr.
Richard Zweiler



Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.
Hermann Hofbauer

Kurzfassung

Die Biomassevergasung stellt einen Prozessschritt zur Umwandlung des festen Energieträgers Biomasse zu einem vielseitig einsetzbaren gasförmigen Energieträger dar. Die heute schon absehbaren Anwendungen reichen von der gekoppelten Wärme- und Stromerzeugung (KWK) über die Produktion von synthetischen flüssigen Kraftstoffen bis hin zur Erzeugung von Wasserstoff.

Viele dieser Anwendungen benötigen ein hochreines Produktgas bei hohen Temperaturen und hohen Drücken. Daher hat das Austrian Bioenergy Centre in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Wien eine Anlage zur Biomassevergasung unter Druck konzipiert und gebaut.

In diesem Artikel werden, neben der Beschreibung der Anlage sowie der Präsentation erster Ergebnisse, ein Überblick über den Stand der Technik im Bereich der Druckvergasung gegeben und die Vor- und Nachteile sowie das Potential des Prozesses diskutiert.

Abstract

Biomass gasification is one step of thermal conversion of a solid to a gaseous energy carrier. At this stage there are several foreseeable applications like Combined Heat and Power (CHP) production, the production of synthetic liquid fuels or even pure hydrogen.

Many of these applications require a pressurised gas at high temperatures with low impurities. Therefore, the Austrian Bio-

energy Centre in cooperation with the Vienna University of Technology designed and constructed a pressurized gasification pilot plant.

In this paper, besides the description of the pressurized gasification pilot plant the state-of-the-art of pressurized gasification, its assets and drawbacks as well as the potential of the process are presented.

1. Einleitung

Das Austrian Bioenergy Centre beschäftigt sich intensiv mit der Nutzung von Biomasse zur Energiebereitstellung. In den letzten Jahren wurde daher neben den umfangreichen Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Biomassefeuerung auch die Biomassevergasung als eine zukunftsorientierte Technologie im Zentrum etabliert. Ein wesentliches Projekt, das gemeinsam mit dem Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften der Technischen Universität Wien durchgeführt wird, sind Grundlagenuntersuchungen zur Vergasung der Biomasse unter Druck, was gegenüber dem derzeitigen Stand der Technik bei der Vergasung von Biomasse wesentliche Vorteile mit sich bringt. Eine Reihe von zukünftig wichtigen Verfahren, wie beispielsweise die Stromherstellung aus Biomasse mittels Gasturbinen oder Brennstoffzellen, die Herstellung von SNG (Substitue Natural Gas), die Herstellung von flüssigen synthetischen Bio-Treibstoffen über die Fischer Tropsch Synthese arbeiten unter Druck, sodass eine Druckvergasung erhebliche verfahrenstechnische Vorteile ergibt [1]. Daher war es nahe liegend über die Entwicklung eines Vergasungsprozesses unter Druck nachzudenken und grundlegende Untersuchungen durchzuführen.

2. Überblick über den Stand der Technik

Die Biomassevergasung bei Umgebungsdruck kann heute als Stand der Technik angesehen werden. In Güssing wurde eine Biomassevergasungsanlage zur gekoppelten Wärme und Stromerzeugung demonstriert und hat im Jahr 2005 bereits Verfügbarkeiten über 90 % erreicht. Die Anlage besitzt eine Brennstoffleistung von ca. 8 MW, wobei 2 MW_{el} und 4,5 MW_{th} Wärme ausgekoppelt werden [2].

Im Bereich der Kohlevergasung sind Anlagen, die unter Druck arbeiten, bereits Stand der Technik. Auch gibt es erste Erfahrungen im großtechnischen Maßstab im Bereich der kombinierten Biomasse/Kohle-Vergasung (GUD-Anlage „Willem-Alexander“ in Buggenum, Holland), wo ca. 10 % Biomasse zur Kohle zugemischt werden.

Druckvergasungen von reiner Biomasse im industriellen Maßstab wurden in Värnamo im Rahmen eines IGCC-Kraftwerkes (Integrated Gasification Combined Cycle) für holzartige Biomasse [3] sowie im Zuge des Renugas Projekts auf Hawaii zur Vergasung von Zuckerrohrbagasse [4] in den 90-er Jahren des vorigen Jahrhunderts verwirklicht. Beide Anlagen haben Wirbelschichten als Vergasungsreaktoren verwendet, wobei Luft als Fluidisierungsmittel diente. Die Anlagen sind heute nicht mehr in Betrieb. Die Anlage in Värnamo wurde als Demonstrationsanlage errichtet und konnte nach erfolgreicher Durchführung des F&E Programms stillgelegt werden. Die Anlage auf Hawaii

war als kommerzielle Anlage konzipiert, scheiterte aber an technischen Problemen insbesondere bei der Beschickung des Brennstoffes in den Druckreaktor.

Vor der Erstellung eines Konzepts für eine Versuchsanlage zur Druckvergasung im Austrian Bioenergy Centre wurde eine detaillierte Literaturrecherche über bereits durchgeführte Untersuchungen im Labor- und Technikumsmaßstab zur Vergasung von Biomasse unter Druck durchgeführt.

Die meisten Forschungseinrichtungen, die sich mit der Vergasung von Biomasse unter Druck beschäftigen, verwenden dazu einen Wirbelschichtreaktor, wobei Vergasungstemperaturen von 600 bis 1000°C, sowie Drücke zwischen 1.2 und 30 bar zur Vergasung verwendet wurden. Das Wirbelschichtprinzip scheint auf den ersten Blick aufwendig, gewährleistet jedoch konstante und kontrollierbare Reaktionsbedingungen im Vergasungsreaktor. Wirbelschichten zeichnen sich zum Unterschied von Festbettreaktoren durch eine hohe Brennstoffflexibilität aus, was gerade im Bereich der Biomasse mit den bekannten unterschiedlichen Arten und Qualitäten ein wichtiger Faktor ist.

Eine Reihe von renommierten Universitäten und Forschungsinstitute wie z.B. die Universitäten Lund [6] und KTH [7], [8] in Schweden, IVD Stuttgart in Deutschland gemeinsam mit der TU Delft in Holland [9], [10], [11], VTT in Finnland [12], Cratech in Texas [5] und IGT in Chicago[4] besitzen Einrichtungen zur Forschung auf dem Gebiet der Biomassevergasung in druckaufgeladenen Wirbelschichten.

Die in der Literatur dargestellten Versuchsergebnisse weisen jedoch noch erhebliche Lücken auf und sind zum Teil auch widersprüchlich, wobei das Problem häufig jenes ist, dass vielfach die zur Beurteilung notwendigen Informationen in der Literatur bewusst oder auch unabsichtlich nicht angeführt werden. Um die erforderlichen Auslegungsgrundlagen für die zielgerichtete Entwicklung einer druckaufgeladenen Wirbelschicht zu erhalten, war es daher erforderlich, selbst eine Versuchsanlage zu errichten und die notwendigen systematischen Untersuchungen und Tests durchführen zu können.

3. Beschreibung der druckaufgeladenen Vergasungsanlage

Aufbauend auf den in der Literatur vorhandenen Informationen zum Bau und Betrieb derartiger Forschungseinrichtungen wurde im Austrian Bioenergy Centre eine Versuchsanlage für die druckaufgeladene Vergasung von Biomasse geplant und gebaut, um die Vergasung unter atmosphärischen Bedingungen mit jener unter Druck vergleichen zu können. In weiterer Folge sollen außerdem verschiedene Brennstoffe, Bettmaterialien, Vergasungsmedien und diverse Einsatzmöglichkeiten des Prozesses untersucht werden. Die realisierte Druckvergasungsanlage bietet die Möglichkeit ein Produktgas mit Temperaturen bis zu 500°C, sowie Drücken bis zu 10 bar zu erzeugen und dieses zu analysieren bzw. zu verwenden.

Mit der Versuchsanlage kann die Vergasung von Holzpellets als auch andere Brennstoffe, wie etwa Holz hackschnitzel, Sägemehl oder Stroh, mit den Vergasungsmedien Luft, Sauerstoff, Dampf oder Gemischen derselben bei Temperaturen von 600 - 1000°C durchgeführt werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit den Wirbelschichtreaktor zusätzlich mit Stickstoff oder einem anderen Gas zu fluidisieren. Die Versuchsanlage arbeitet als stationäre Wirbelschicht und erreicht im Betrieb bei einem Druck von 10 bar eine Brennstoffwärmeleistung von maximal 50 kW. In der Tabelle 1 sind wichtige Kenndaten der Versuchsanlage zusammenfassend dargestellt.

Das Vergasungsmedium wird mit Hilfe einer Vorwärmewirbelschicht vorgeheizt und anschließend in die Reaktorwirbelschicht eingeleitet, in der die Vergasung der Biomasse stattfindet. Das aus dem Vergasungsreaktor austretende Produktgas

wird mit Hilfe eines Zyklons vom Großteils der Partikel befreit und anschließend mittels eines neuartigen metallischen Hochtemperaturmembranfilters fein gereinigt.

Tabelle 1: Kenndaten der Druckvergasungsanlage

Vergasertyp	Stationäre Wirbelschicht
Vergasungstemperatur	600-900°C
Vergasungsmedien	Luft/Dampf/Sauerstoff
Bettmaterial	Quarzsand, Olivin, Dolomit
Brennstoff	Holzpellets, Hackgut, Sägemehl, Stroh
Brennstoffwärmeleistung	50 kW (bei 10 bar)
Betriebsdruck	1-10 bar

Die Vorwärmewirbelschicht, die Reaktorwirbelschicht, das Gasreinigungssystem, sowie das Heizsystem für die entsprechenden Anlagenteile befinden sich in einem Druckbehälter mit einem Volumen von 3.5 m³ (siehe Abbildung 1 und 2). Die Idee

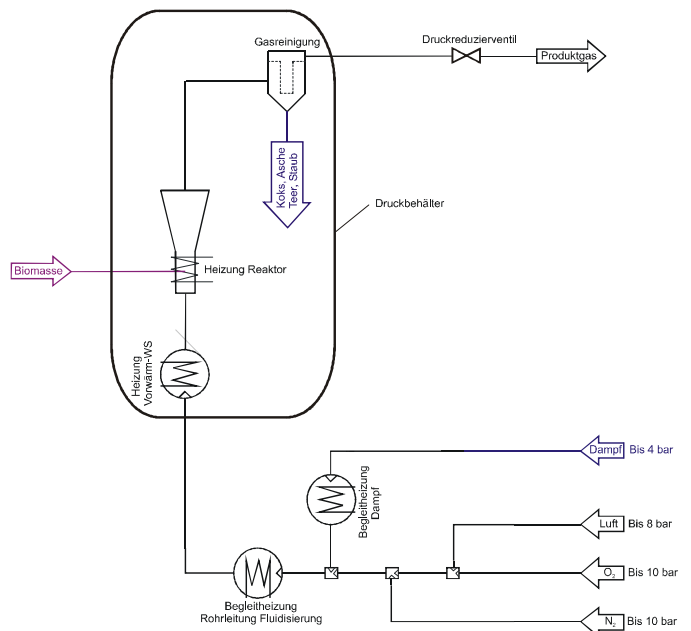


Abb. 1. Vereinfachtes Fließbild der Versuchsanlage

dieser Konstruktion beruht darauf, dass der äußere Mantel kalt ist und den Druck aufnimmt. Die Wand des Reaktors im Innern des Druckbehälters braucht praktisch keine Druckdifferenz aufnehmen, muss aber den hohen Temperaturen der Vergasung (600 - 900 °C) standhalten. Der Reaktor ist gegen den Druckbehälter Wärme gedämmt. Ein Wärmetauscher führt die Verlustwärme des Reaktors aus dem Druckbehälter ab, sodass der Raum im Druckbehälter außerhalb des Reaktors immer kühl bleibt.

Für Rohrdurchführungen und elektrische Leitungen durch den Druckbehälter sowie den Einbau zusätzlicher Gasreinigungssysteme oder die Erweiterung des Wirbelschichtreaktors auf eine Zweizonenwirbelschicht (Vergasungsprinzip Güssing) ist ausreichend Platz vorhanden. Die Biomasse wird im derzeitigen Versuchsprogramm dem Reaktor in Form von Holzpellets über Förderschnecken aus einem unter Druck stehenden Vorratsbehälter zugeführt. Weitere Details zur Ausführung und dem Anfahrbetrieb der Anlage können der Literatur entnommen werden [13, 14].



Abb.2. Ansicht der Versuchsanlage an der Technischen Universität Wien

Erläuterungen: Rechts: offener Druckbehälter (gelb) mit Vergasungsreaktor und Kühler zur Abfuhr der Wärme aus dem Druckbehälter (weiss); Links: Druckbehälter für Brennstoff (grau)

4. Ergebnisse

Nach Fertigstellung der Anlage wurden einige Vorversuche durchgeführt, um die Funktionstüchtigkeit der Versuchsanlage zu überprüfen. Dichtheitsproben, Förderkennlinien und Test der Vorheizung haben ergeben, dass die Anlage betriebsbereit ist. Daraufhin wurde begonnen, systematisch Vergasungsversuche durchzuführen. Im Folgenden wird beispielhaft ein Experiment mit einem kontinuierlichen Vergasungsbetrieb unter Druck (3 bar) mit dieser Versuchsanlage gezeigt.

Tabelle 2 zeigt die für dieses Experiment vorgegebenen Versuchsparameter. Als Brennstoff für dieses Experiment dienten Holzpellets und als Vergasungsmittel wurde Luft eingesetzt. Um die Sicherheit während des Betriebs zu gewährleisten, wurde der Biomassevorratsbehälter während des gesamten Vergasungsbetriebs mit Stickstoff gespült. Daraus ergibt sich für das Vergasungsmedium eine Zusammensetzung von Luft/N₂ mit dem Verhältnis 12/1. Das Luft/Brennstoff-Verhältnis wurde so eingestellt, dass sich eine Luftzahl von ca. 0,3 (30 % der Luft für eine theoretisch vollständige Verbrennung) ergab.

Die Messung der Produktgaszusammensetzung wird online mittels IR-Technik (Rosemount NGA 2000) durchgeführt.

Tabelle 2: Parameter des Experiments

Vergasungstemperatur	ca. 940°C
Vergasungsmedien	Luft/N ₂ (12/1)
Brennstoff	Holzpellets
Betriebsdruck	3 bar
λ	0,3

Abbildung 3 zeigt Temperatur- und Druckverläufe für diesen Vergasungsbetrieb. Es ist zu sehen, dass Temperatur und Druck nach einer noch sichtbaren Aufwärmung weitgehend konstant gehalten werden konnten. Die Vergasungstemperatur der Wirbelschicht lag etwa bei 940 °C, während im darüber liegenden Freiraum der Wirbelschicht etwa 800 °C gemessen wurden. Die Temperatur im anschließenden Feinfilter betrug am Ende des dargestellten Versuchsausschnittes etwa 530 °C. Der Vergasungsdruck wurde mittels Druckregler auf 3 bar eingestellt und auch konstant gehalten.

In Abbildung 4 ist des Weiteren zu sehen, dass im kontinuierlichen Vergasungsbetrieb bei 3 bar die Produktgaszusammensetzung einen konstanten Verlauf aufweist. Ca. 50 % des Produktgases sind Stickstoff aus der Luft, die als Vergasungsmittel verwendet wurde. Die nutzbaren Gaskomponenten sind im Wesentlichen Wasserstoff (H₂), Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄)

Tabelle 3 zeigt die durchschnittliche Produktgaszusammensetzung während des kontinuierlichen Betriebs der Versuchsanlage beim Versuchsbetrieb mit den Parametern in Tabelle 2.

Tabelle 3: Durchschnittliche Produktgaszusammensetzung

H ₂	14,3	[vol%]
CO ₂	13,7	[vol%]
CO	18,6	[vol%]
CH ₄	3,4	[vol%]
N ₂	50,0	[vol%]

Bei der Biomassevergasung treten im Produktgas auch noch in geringen Mengen unerwünschte Kohlenwasserstoffe auf. Man fasst diese Komponenten, etwas vereinfacht häufig unter dem Begriff „Teer“ zusammen. Die Teermessungen erfolgen gemäß des an der TU Wien entwickelten Teerprotokolls, um einen Vergleich der Messwerte mit Messungen bei anderen Vergasungsanlagen zu gewährleisten. Tabelle 4 zeigt den durchschnittlichen Teer- und Staubgehalte, die bei den bisherigen Experimenten erhalten wurden. Der jeweilige Staubgehalt wurde nach dem Versuch über die abgeschiedenen Staubmengen ermittelt. Die Werte liegen in der üblichen Größenordnung für Produktgase aus einer Wirbelschichtvergasung.

Tabelle 4: Durchschnittlicher Teer- und Staubgehalt im Produktgas

Teer	1,0 – 1,6	[g/Nm ³ tr. PG]
abgeschiedener Staub	ca. 10	[g/kg Biomasse]

5. Anwendungen und Potenzial

Druckbetriebene Vergasungsanlagen werden dann eingesetzt, wenn das erzeugte Produktgas unter Druck Verwendung finden

kann. Eine Druckanlage hat gegenüber einer atmosphärisch betriebenen Anlage folgende grundlegende Vorteile:

- Reduzierung der Anlagengröße in linearer Abhängigkeit des Drucks
- Verbesserter Wärmeaustausch in der Wirbelschicht
- Keine Verdichtung des Produktgases notwendig
- Energetischer Vorteil in Verbindung mit einer Hochtemperaturgasreinigung

Dem gegenüber stehen natürlich auch einige Nachteile, wie etwa

- höherer technischer Aufwand und
- höhere Komplexität bei der Hochtemperaturgasreinigung.

In der Folge sollen exemplarisch zwei Anwendungen der druckbetriebenen Biomassevergasung kurz dargestellt werden, die sicherlich in absehbarer Zeit in Form von Demonstrationsanlagen erwartet werden können.

5.1 Gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung aus Biomasse

Derzeit wird die gekoppelte Wärme- und Stromerzeugung über den Weg der Biomassevergasung meist mittels Gasmotoren und daran gekoppelte Generatoren durchgeführt. Biomassevergasung ermöglicht weitere Optionen zur Stromerzeugung in Form von Brennstoffzellen und in Form von Kombiprozessen als IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle).

An der Technischen Universität Wien wurde ein umfassendes Prozesssimulationsmodell für eine Biomassevergasung gekoppelt mit einer Hochtemperaturbrennstoffzelle (MCFC) entwickelt. Innerhalb dieses Simulationsmodells wurden ein atmosphärischer und ein druckaufgeladener Vergasungsprozess gekoppelt mit einer Brennstoffzelle miteinander verglichen. Dabei zeigt sich, dass der elektrische Wirkungsgrad der simulierten Anlagen in etwa 30% für den atmosphärischen und ca. 37.5% für den druckaufgeladenen Prozess beträgt. Als Gesamtwirkungsgrad in Tabelle 5 wird das Verhältnis der Energie

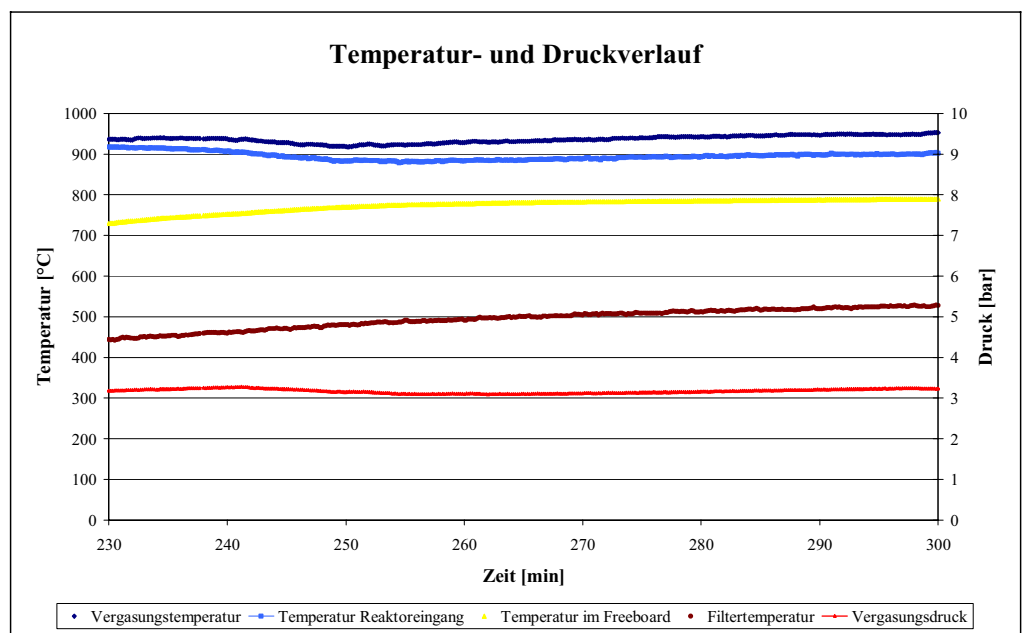


Abb.3. Temperatur und Druckverlauf während des kontinuierlichen Betriebs der Versuchsanlage

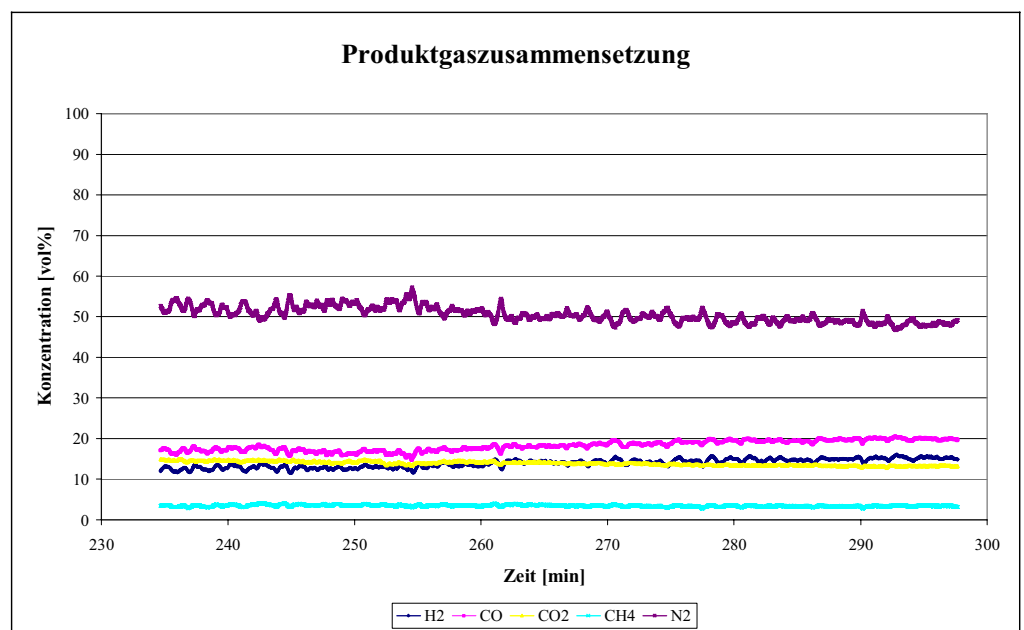


Abb.4. Produktgaszusammensetzung während des kontinuierlichen Betriebs der Versuchsanlage

im eingesetzten Brennstoff zur Energie im erzeugten elektrischen Strom und in der Wärme verstanden.

Der Betrieb eines Gaserzeugers unter Druck verursacht einen wesentlichen apparativen Zusatzaufwand (Materialfestigkeit/Druckbehälter, Brennstoffeinbringung, etc.), der durch Vorteile in der Energie-Effizienz des Gesamtprozesses gerechtfertigt werden muss. Solche Vorteile ergeben sich für Anwendungen, bei denen das Produktgas bei erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur gebraucht wird. Dazu zählen vor allem Kombiprozesse in Form des Gasturbinenprozesses (Integrated Gasification Combined Cycle – IGCC) und Hochtemperatur-Brennstoffzellenkonzepte in Kombination mit einem Gasturbinenprozess (ca. 5-10 bar).

Mithilfe eines Simulationsprogramms wurden je ein Gasturbinenprozess (15 bar) und ein Hybridprozess aus Gasturbine und oxidkeramischer Brennstoffzelle (Solid Oxide Fuel Cell – SOFC, 5 bar) untersucht. In Tabelle 6 sind die Ergebnisse für die druckaufgeladene Wirbelschicht-Dampf-Vergasung und Sauerstoff-Dampf-Vergasung gegenübergestellt. Dampf anstelle von Luft als Vergasungsmittel ermöglicht die Erzeugung eines stickstofffreien Produktgases.

Tabelle 5: Zusammenfassung der Ergebnisse des Simulationsmodells

	atmosphärische Vergasung	druckaufgeladene Vergasung
Elektrischer Wirkungsgrad	30.2	37.6
Gesamtwirkungsgrad	57.5	59.8

Beim Dampfvergasungskonzept wird die zur thermischen Umwandlung des Brennstoffes notwendige Energie über einen zirkulierenden Bettmaterialstrom zugeführt. Das Bettmaterial wird zusammen mit den darin verteilten Koksrückständen aus dem Vergaser in einem zweiten Wirbelschichtreaktor (Brennkammer) geleitet. Dort wird mit Luft fluidisiert und die Verbrennung des Restkokes heizt das Bettmaterial auf bevor es wieder in den Gaserzeuger zurückgelangt. Beim Sauerstoff-Dampf-Vergasungskonzept handelt es sich um ein autothermes Verfahren, bei dem reiner O₂ zusammen mit Wasserdampf in den Vergaser eingebracht wird. Der externe Verbrennungsteil kann dadurch entfallen und es wird nur ein Wirbelschichtreaktor benötigt.

Bei druckaufgeladenen Systemen kann diese apparative Vereinfachung, die andererseits mit höheren Betriebskosten (Luftzerlegung für O₂-Bereitstellung) verbunden ist, bereits bei klei-

neren Anlagenkapazitäten ökonomisch vorteilhaft sein. Diese kritische Anlagengröße beträgt für die untersuchten Szenarien etwa 10 MW_{th}. Allgemein lässt sich sagen, dass die Vorteile einer Druckvergasung bei hoher Temperatur der Gasreinigung stärker ausgeprägt sind. Muss die Produktgasreinigung auf Grund des gewählten Verfahrens (z.B. Nasswäsche) bei tiefen Temperaturen (< 100 °C) stattfinden, ist vom energetischen Gesichtspunkt eine atmosphärische Gaserzeugung mit anschließender Abkühlung, Reinigung und Verdichtung des Produktgases ebenfalls konkurrenzfähig.

5.2 Syntheseprodukte aus Biomasse

Neben der Wärmeerzeugung und Stromerzeugung aus Biomasse sind zukünftig auch die Nutzung der Biomasse zur Herstellung von gasförmigen und/oder flüssiger Energieträgern von Interesse. Die Herstellung kann über alte Verfahren erfolgen, die bereits vor der Nutzung von Erdöl und Erdgas bekannt waren. Dabei wird mittels Vergasung der feste Brennstoff Biomasse in ein Gas (Synthesegas) überführt und in einer Synthese zum gewünschten Produkt umgewandelt. Diese Synthesereaktionen laufen günstig in einem Temperaturbereich zwischen 200 – 400 °C und bei erhöhten Drücken ab. Damit diese Reaktionen für eine technische Anwendung schnell genug von statten gehen, benötigt man Katalysatoren. Tabelle 7 gibt einen Überblick über derzeit häufig diskutierte Produkte.

Das folgende Blockschaltbild zeigt beispielhaft einen Verfahrensablauf zur Herstellung von flüssigen Treibstoffen über die Fischer-Tropsch Synthese aus Biomasse. Dabei wird nicht unbedingt die Kraftstoffausbeute maximiert, sondern gleichzeitig auch Wärme und Strom erzeugt. Bei derartigen Anlagen spricht man von „Polygenerationanlagen“. Für Biomasse erscheinen derartige Anlagen günstiger, da sie einerseits einfacher ausgeführt werden können und andererseits aus mehreren Produkten Erlöse erzielt werden können.

6. Conclusio und Ausblick

Die bisherigen Ergebnisse der an der Versuchsanlage durchgeführten Experimente zeigen, dass mit dem zur Verfügung stehenden Equipment exakte und validierte Daten erhalten werden können, um in weiterer Folge ein verlässliches Simulationsmodell für die Vergasung von Biomasse bei verschiedenen Drücken zu generieren.

Im Rahmen dieses Projekts werden daher Vergasungsversuche mit Variationen der Parameter Druck, Vergasungstemperatur

Tabelle 6: Leistungsdaten verschiedener Konzepte zur Strom-erzeugung.

Konzept	Wirbelschicht-Dampfvergasung		Sauerstoff/Dampf-Vergasung	
	GT 15 bar	SOFC/GT 5 bar	GT 15 bar	SOFC/GT 5 bar
Brennstoffwärmeleistung [kW]	3600	3600	3600	3600
Gasleistung (Basis Heizwert) [kW]	2163	2150	2615	2528
Elektrische Leistung [kW]	1101	1537	1063	1487
Kaltgaswirkungsgrad [%]	60,1	59,7	72,6	70,2
Elektrischer Wirkungsgrad [%]	30,6	42,7	29,5	41,3

Tabelle 7: Betriebsparameter technischer Synthesen

Produkt	H ₂ /CO*	Katalysatoren	Druck in bar	Temperatur in °C
Fischer-Tropsch Kraftstoff	1,5	Fe/Cu/Mo	25 – 40	250 - 350
Methanol	2	Zn/Cr, Cu/Zn	50 - 300	220 - 450
SNG	3	Ni/Mg	1 - 10	300 - 450

Erläuterungen: * Im praktischen Betrieb wird meist ein Überschuss an H₂ gefahren, SNG ... Substitute Natural Gas

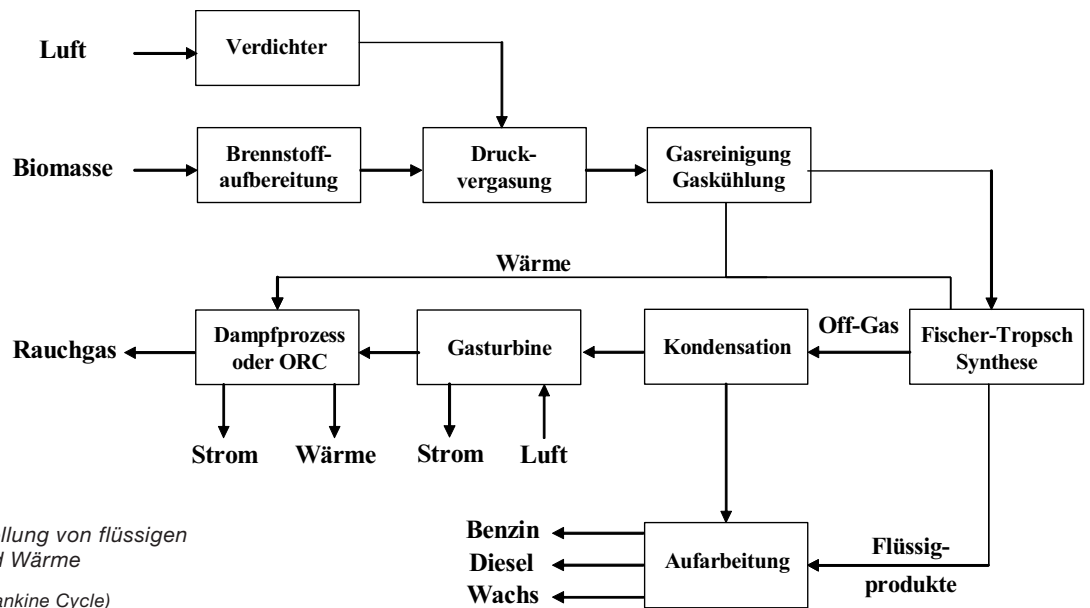


Abb.5. Fließschema zur Herstellung von flüssigen Treibstoffen, Strom und Wärme

Erläuterungen: (ORC ... Organic Rankine Cycle)

und Vergasungsmedium durchgeführt, um den Einfluss dieser Parameter auf die Vergasungsreaktionen und die Eigenschaften des erzeugten Produktgases zu untersuchen und die Ergebnisse mit bereits publizierten Daten anderer Versuchsanlagen zu vergleichen.

Die flexible Konstruktion der Anlage lässt außerdem die Möglichkeit offen, den Wirbelschichtreaktor zu einer Zwei-Zonen-Wirbelschicht (System Güssing) zu erweitern, sowie ein Gasreinigungssystem in die Versuchsanlage zu integrieren.

Die aus dieser Druckvergasungsanlage gewonnenen Erkenntnisse sollen als Grundlage für die Entwicklung größerer Versuchsanlagen sowie schließlich als Basis zur Auslegung von Demonstrationsanlagen dienen.

7. Danksagung

Die vorgestellten Ergebnisse wurden im Rahmen eines Projekts des Kplus-Programmes erarbeitet, das mit Mitteln der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft, des Amtes der Steirischen Landesregierung, der Steirischen Wirtschaftsförderungsgesellschaft, der Stadt Graz und des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung gefördert wird. Unser Dank gebührt besonders auch den am Projekt beteiligten Firmenpartnern (repotec, Biomassekraftwerk Güssing, GST-Systeme) und dem wissenschaftlichen Partner (Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften, Arbeitsgebiet Chemische Verfahrenstechnik und Energietechnik).

8. Literatur

- [1] T. MARQUARD-MÖLLENSTEDT, P. SICHLER, M. SPECHT, M. MICHEL, R. BERGER, K.R.G. HEIN, E. HÖFTBERGER, R. RAUCH, H. HOFBAUER, 2004: New Approach for Biomass Gasification to Hydrogen, 2nd World Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Rome, Italy, May 2004
- [2] H. HOFBAUER, 2005, Circulating Fluidized Bed Steam Gasification of Biomass, 14th European Biomass Conference, Paris, Oktober 2005.
- [3] LUNDQVIST, RAGNAR G., 1993: The IGCC demonstration plant at Varnamo, Bioresource Technology, 1993, 49-53.
- [4] LAU, FRANCIS S. AND CARTY, RONALD H., 1994: Development of the IGT RENU GAS process, Proceedings of the Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, 1994, 1549-54.
- [5] CRAIG, JOE D. AND PURVIS, CAROL R., 1996: Development of a New Generation of Small Scale Biomass-fueled Electric Generating Power Plants, Research and Development, [Report] EPA, 1996, 4/7-4/16.

- [6] WALLIN, MATS AND PADBAN, NADER, 1996: Pressurized Fluidized Bed Gasification of Biomass, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, June, 1996, Band 2, 1996, 1392-1397.
- [7] CHEN, GUANXING, SJOESTROEM, KRISTER AND BJOERNBOM, EMILIA., 1992: Pyrolysis/gasification of Wood in a Pressurized Fluidized Bed Reactor, Ind. Eng. Chem. Res., 1992, 2764-68.
- [8] CHEN, GUANXING, YU, QIZHUANG, SJOESTROEM, KRISTER AND BJOERNBOM, EMILIA, 1994: Pyrolysis/gasification of Biomass in Presence of Dolomite in a Pressurized Fluidized Bed, Adv. Thermochem. Biomass Convers., [Ed. Rev. Pap. Int. Conf.], 3rd, 1994, 1197-204.
- [9] DE JONG, W., ÜNAL, Ö., HOPPESTEYN, P., ANDRIES, J. AND HEIN, K. R. G., 2001: Pressurized Gasification of Biomass and Fossil Fuels in Fluidized Bed Gasifiers, Hot Gas Cleanup Using Ceramic Filters and Pressurized Product Gas Combustion, in Bridgewater, Hg., Progress in Thermochemical Biomass Conversion, Band 1, Blackwell Science Ltd: Oxford, 2001.
- [10] DE JONG, W., ÜNAL, Ö., ANDRIES, J., HEIN, K. R. G. AND SPLIETHOFF, H., 2003: Biomass and Fossil Fuel Conversion by Pressurized Fluidized Bed Gasification Using Hot Gas Ceramic Filters as Gas Cleaning, Biomass and Bioenergy, 2003 July, 59 - 83.
- [11] DE JONG, W., ÜNAL, Ö., HEIN, KLAUS R. G. AND SPLIETHOFF, H., 2001: Pressurized Fluidized Bed Gasification Experiments of Biomass and Fossil fuels, The 3rd International Symposium for South-east European Countries (SEEC) on Fluidized Beds in Energy Production, Chemical and Process Engineering and Ecology, Sinia, Romania, Bucharest, 2001, 231 - 138.
- [12] KURKELA, E., STAHLBERG, P., LAATIKAINEN, J. AND SIMELL, P., 1993: Development of Simplified IGCC Processes for Biofuels: Supporting Gasification Research at VTT, Bioresource Technology, 1993, 37-47.
- [13] ZWEILER R., 2005: Konstruktion und Aufbau einer druckaufgeladenen Versuchsanlage zur Biomassevergasung, Dissertation, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften, TU Wien,
- [14] PUCHNER B., ZWEILER R., MOSER W., RAUCH R., HOFBAUER H., 2005: Design, Engineering, Construction and first Results of a Pressurized Bubbling Fluidized Bed Process Research Unit for the Gasification of Biomass, 14th European Biomass Conference & Exhibition Biomass for Energy Industry and Climate Protection, Paris, Oktober 2005.

Dipl.-Ing. Bernhard Puchner
Austrian Bioenergy Centre GmbH
Inffeldgasse 21b
A-8010 Graz

Dipl.-Ing. Dr. Tobias Pröll
Dipl.-Ing. Dr. Richard Zweiler
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hermann Hofbauer
Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik
und technische Biowissenschaften
Getreidemarkt 9/166
A-1060 Wien