

# Biomassenutzung durch Flugstrom-Druckvergasung von Pyrolyseprodukten

E. Henrich,  
E. Dinjus;  
Forschungszentrum  
Karlsruhe

D. Meier;  
BFH-Institut für Holzchemie  
edmund.henrich@  
itc-cpv.fzk.de

## Energiepotenzial von Biomasse

Biomasse trägt zum Primärenergiemix weltweit derzeit etwa 10 % bei, in der EU-15 knapp 4 %. Bis 2010 will die EU ihren Biomassebeitrag etwa verdoppeln. Für dieses Jahrhundert wird auch eine Verdopplung des Weltenergieverbrauchs prognostiziert und man erwartet, dass trotzdem bis zu 20 % des Welt-Energiebedarfs durch Biomasse dauerhaft gedeckt werden können ohne Energieplantagen oder Raubbau zu betreiben. Ein so hoher Beitrag ist nur erreichbar, wenn neben Holz aus der Forstwirtschaft auch Restbiomasse aus der Landwirtschaft, hauptsächlich überschüssiges Getreidestroh, verwertet wird. Im Gegensatz zu Holz enthält die schneller wachsende Biomasse aus der Landwirtschaft mehr Asche, Kalium und Chlor, und die Verwertungstechnologie ist nicht so gut entwickelt.

## Synthesegas aus aschereicher Biomasse

Die Umwandlung in ein Synthesegas ist gerade für derart schwierige Biobrennstoffe flexibler, effizienter und umweltverträglicher als die direkte Verbrennung. Besondere Priorität kommt dabei der Biomasse als einzigem erneuerbarem C-Rohstoff zu. Im Forschungszentrum Karlsruhe wurde ein neues Verfahren ausgearbeitet, mit dem trockene, zerkleinerte Biomasse via Synthesegas in hochwertige Produkte wie Kraftstoff, Chemikalien und Strom umgewandelt werden kann. Die Verfahrenskonzeption berücksichtigt von vornherein auch die Eignung für die aschereiche Restbiomasse aus der Landwirtschaft und führt die Prozesse schon frühzeitig in eine wirtschaftlicher arbeitende

Großanlage über. Das Verfahren ist nachfolgend kurz beschrieben.

### **Regionale Schnellpyrolyse**

In ländlichen Regionen der EU kann die überschüssige Hälfte der Getreidestroh-Ernte aus maximal etwa 25 km Umkreis noch problemlos angeliefert werden; daraus ergibt sich eine Anlagengröße von ca. 100.000 Jahrestonnen. In diesen regionalen Anlagen wird der feste Biobrennstoff durch Schnellpyrolyse verflüssigt. Dazu wird zerkleinerte, trockene Biomasse wie beispielsweise Stroh- oder Heuhäckseln, Sägemehl, Altpapier-/Pappe-Schnipsel u.a. zuerst bei normalem Druck unter Luftausschluss mit einem Überschuss an heißem Sand vermischt, in etwa einer Sekunde auf 500 °C aufgeheizt und thermisch zersetzt. Durch schnelle Kondensation der Dämpfe lässt sich ein dunkelbraunes, rauchig riechendes Pyrolyseöl (=Rohteer) mit über 50 % Ausbeute gewinnen und man erhält nur wenig Koks und Brenngas. Der Sand wird wieder aufgeheizt und im Kreis geführt.

### **Slurryherstellung**

Der poröse, spröde Pyrolysekoks lässt sich leicht pulverisieren und bis zu einem Gewichtsanteil von etwa 1/3 im Pyrolyseöl aufschlämmen. Solche Slurries enthalten bis zu 90 % der ursprünglichen Biomasseenergie und ihre Energiedichte entspricht pro Liter etwa 65 % derjenigen von Heizöl. Sie lassen sich pumpen, in Tanks lagern und im Gegensatz zur lockeren Rohbiomasse in Bahnkesselwagen relativ preisgünstig über weite Strecken zu einer großen, zentralen Vergasungsanlage transportieren. Dort kann die Slurryvergasung und die weitere Syngas-Umwandlung in Biokraftstoff und Strom wesentlich effizienter, umweltverträglicher und kostengünstiger erfolgen als in vielen kleinen Regionalanlagen. Hier wäre "small" nicht "beautiful", sondern teuer. Das

Konzept sieht ein Netz aus ca. 25 regionalen Schnellpyrolyseanlagen mit etwa  $50 \text{ MW}_{\text{th}}$  Leistung vor, die eine zentrale ca.  $\geq 1 \text{ GW}_{\text{th}}$  Großanlage zur Syngas-Erzeugung und Nutzung mit Slurries beliefern.

### Zentrale Flugstrom-Druckvergasung

Die Wahl eines speziellen Flugstrom-Druckvergasers mit gekühltem Strahlungsschirm für aschereiche Brennstoffe ist ein entscheidendes Charakteristikum des neuen Verfahrenskonzepts. Dieser sog. GSP-Vergaser ist mit anderen Einsatzstoffen im Sekundärrohstoff-Verwertungszentrum (SVZ) Schwarze Pumpe seit etwa 15 Jahren erfolgreich in Betrieb. Der Vergasertyp wurde vor etwa 25 Jahren vom DBI, Freiberg, unter anderem für mitteldeutsche Salzbraunkohle entwickelt, die ähnlich wie Stroh hohe Asche- und Alkalichlorid-Gehalte aufweist. Die Slurries werden mit Schlamm-pumpen in den Flugstromvergaser gefördert und nach dem Zerstäuben mit einer unterstöchiometrischen Menge Sauerstoff in einer Vergaserflamme bei hoher Temperatur und hohem Druck so gut wie vollständig zu einem praktisch teerfreien Synthesegas aus CO und  $\text{H}_2$  umgesetzt.

Bei entsprechend hohem Druck kann die anschließende Syngas-Aufbereitung und Kraftstoffsynthese ohne aufwändige Zwischenkompression in einem Druck erfolgen. Wenn man statt der einfach pumpbaren Slurries ein trockenes, lockeres Biomassepulver durch periodisches Spannen und Entspannen von großvolumigen Druckschleusen in den Vergaser eindosieren wollte, wäre der technische Aufwand weitaus größer. Bisher hat man bei der Schnellpyrolyse und bei anschließenden Aufbereitungsprozessen erheblichen Aufwand betrieben um so reine Pyrolyseöle herzustellen, dass sie direkt als Kraftstoffe für stationäre Diesel und Turbinen brauchbar sind. Vor einer Flugstrom-Druckvergasung ist dieser Aufwand unnötig, weil sogar der Koks mit den

anorganischen Aschebestandteilen für die Beschlackung des Strahlungsschirms gebraucht wird. Bei der hohen Reaktionstemperatur schmilzt die Asche zu einem Schlackepelz, der die Innenwand des Reaktors vor Korrosion schützt. Daher kann auch der Aufwand bei der Schnellpyrolyse reduziert werden.

### **Verwertung des Hochdruck-Synthesegases**

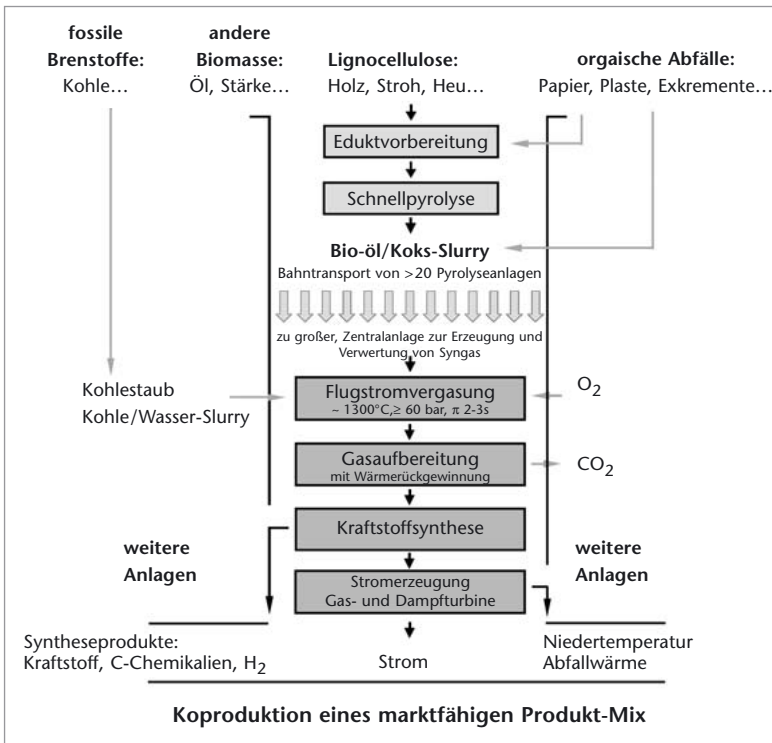
Die großtechnische Herstellung von CH-Kraftstoffen nach Fischer-Tropsch (FT) oder von Methanol via Syngas aus Kohle wurde in Deutschland schon vor und während des 2. Weltkriegs praktiziert und dann durch die billigeren Erdölprodukte ersetzt. Nach den beiden Ölkrisen von 1973 und 1980 wurden diese Techniken wieder weiterentwickelt und das Eduktspektrum um Biomasse und organische Abfälle erweitert. Die Synthese-Kraftstoffe sind frei von Schwefel und sonstigen Spurenverunreinigungen sowie von Aromaten, weil sonst die empfindlichen und hochselektiven Synthesekatalysatoren vergiftet würden. Methanol ist ein universeller Chemie- und Energierohstoff:  $\text{CH}_3\text{OH}$  kann (1) direkt als Kraftstoff verwendet werden, (2) durch katalytische Spaltung mit  $\text{H}_2\text{O}$  als  $\text{H}_2$ -Speicher dienen und (3) durch die sog. MTG-, MTO- und MTA-Verfahren über Zeolith-Katalysatoren je nach Bedarf sehr effizient in Grundchemikalien oder Kraftstoffe umgewandelt werden. Statt hohe Syntheseausbeuten anzustreben, ist es meist wirtschaftlicher, den schwerer umsetzbaren Rest des Syngases zu verstromen.

### **Laufende Entwicklungsarbeiten**

Die wesentlichen chemischen und verfahrenstechnischen Aspekte des neuen Verfahrens werden derzeit vom Labor bis in den Pilotmaßstab untersucht. Auf der Basis einer technischen Analyse der Verfahrensmerkmale wurde für die Schnellpyrolyse von Biomasse wie beispielsweise Strohhack-

sel ein sog. LR-Mixer Reaktor gewählt, der von der Firma Lurgi schon seit einigen Jahrzehnten bei der Pyrolyse verschiedener Erdölprodukte eingesetzt wird. Der Reaktor besteht aus 2 gleichlaufenden Förderschnecken; sie kämmen ineinander und reinigen sich so selbst. Für die Prüfung und Weiterentwicklung des Schnellpyrolyseprozesses wurde eine kontinuierlich betreibbare Versuchsanlage für einen Durchsatz von ca. 10 kg/h Strohhäcksel oder Sägemehl aufgebaut. Sie wird derzeit in Betrieb genommen. Die laufenden Untersuchungen zu Herstellung und Eigenschaften der Slurries werden fortgesetzt. Der entscheidende neue Verfahrensschritt ist die Flugstrom-Druckvergasung von Pyrolyse-Öl/Koks-Slurries.

Diese Prozessstufe wurde vom Forschungszentrum Karlsruhe an einem Pilot-Vergaser bei BBP Power Plants, Freiberg, erfolgreich mit 0.5 t/h Slurrydurchsatz (3 MW) erprobt. Dabei wurde auch die von BBP entwickelte pneumatische Slurryzerstäubung mit reinem Sauerstoff bei hohem Druck erstmals praktiziert. Der Vergaserdruck lag bei 26 bar, die Vergasertemperatur wurde durch geregelte O<sub>2</sub>-Einspeisung etwa zwischen 1.600 und 1.200 °C variiert. Die Slurries wurden aus Produkten der kommerziellen Buchenholz-Pyrolyse (Holzkohlenproduktion) hergestellt; der Feststoffanteil wurde bis auf 29 Gew. % gesteigert, darunter auch 3 % Strohasche. Während der Versuchskampagnen wurden rund 20 t Slurries mit verschiedener Zusammensetzung bei verschiedenen Betriebsbedingungen durchgesetzt; dabei wurde fast immer ein nahezu vollständiger Brennstoffumsatz erreicht. Die Syngas-Zusammensetzung entspricht der Erwartung: etwa die Hälfte ist CO, ca. 30 % H<sub>2</sub>, ca. 15+ % CO<sub>2</sub>, Inertgas. Das Rohsynthesegas ist praktisch teerfrei, der Methangehalt ist niedrig, meist unter 0.1 %.



### Ausblick

Das Gesamtverfahren ist in der folgenden Abbildung skizziert. Die technische Weiterentwicklung des Gesamtverfahrens und der verschiedenen Verfahrensschritte und Apparate wird von mehreren Arbeitsgruppen fortgesetzt. In Ergänzung dazu werden Modellierungsarbeiten und systemanalytische Untersuchungen zur Technik und Marktsituation durchgeführt.

*Abbildung:  
Anlage zur  
Biomasseveredelung;  
Verschiedene Biomassen  
und organische Stoffe*

Danksagung: Wir danken dem Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum, Baden-Württemberg für finanzielle Unterstützung.