

## **Erzeugung von Wasserstoff und Treibstoffen aus erneuerbaren Energien**

Manfred Schingnitz, Dirk Volkmann

---

Sehr geehrte Damen und Herren!

Die FUTURE ENERGY GmbH ist ein mittelständiger Betrieb und gehört als Schwesterfirma zur Boreas-Gruppe Dresden. Die BOREAS-Gruppe befasst sich mit der Nutzung regenerativer Energien, insbesondere mit der Nutzung von Windenergie und Biomasse . Der Standort der FUTURE ENERGY GmbH befindet sich in Freiberg in Nachbarschaft zum Deutschen Brennstoffinstitut (Bild 1).

Die FUTURE ENERGY GmbH hat das vergasungstechnische Know How der Babcock-Gruppe Oberhausen sowie die dazugehörigen Versuchs- und Demonstrationsanlagen übernommen (Bild 2).

Ihre Mitarbeiter sind Erfahrungsträger in der Vergasungstechnik. Sie haben die Entwicklung dieser Technologie als ehemalige Mitarbeiter in der Babcock-Gruppe, in der BBP Power Plants GmbH, dem Gaskombinat „Schwarze Pumpe“ und dem Deutschen Brennstoffinstitut jahrzehntelang vorangetrieben . .

Das Aufgabengebiet der FUTURE ENERGY GmbH umfasst die Vergasung von konventionellen Brennstoffen, von Rest- und Abfallstoffen besonders aus der chemischen Industrie sowie von Biomassen mit unterschiedlichen Eigenschaften. Grundlage aller Aktivitäten ist die GSP-Flugstromvergasung, die ihren Ursprung im Deutschen Brennstoffinstitut und im Gaskombinat "Schwarze Pumpe" hat.

Sie zeichnet sich durch die in Tafel 1 genannten Vorzüge aus.

---

Dipl.-Bw. Dirk Volkmann  
Geschäftsführer, FUTURE ENERGY GmbH

Dr.-Ing. Manfred Schingnitz, Beratender Ingenieur  
Consulting & Management Friess GbR

Die FUTURE ENERGY GmbH bietet ein System von Reaktoren an, es, das neben konventionellen Brennstoffen, Rest- und Abfallstoffen aus Industrie, Haushalt und Gewerbe auch Biomassen unterschiedlicher Provenienz nutzt. Ihre Philosophie ist dabei, neben der energetischen auch eine stoffliche Verwertung zu ermöglichen. Das bei der Flugstromvergasung entstehende Rohgas wird durch entsprechende Gasreinigungs- und Konditionierungsstufen in Reingas für spezielle Synthesen oder in technischen Wasserstoff veredelt.

Bild 3 zeigt erprobte Reaktorkonzepte der FUTURE ENERGY GmbH mit Kühlschirm und Kühlwand, die in mehreren großtechnischen Anlagen erfolgreich betrieben werden.

Der Reaktor mit Kühlwand ist für Einsatzstoffe mit einem geringen Aschegehalt entwickelt worden. Bei Einsatzstoffen mit einem Aschegehalt  $< 1\text{Ma}\%$ , kann eine hohe Standzeiten des Feuerfestmaterials und damit eine hohe Verfügbarkeit des Reaktors gewährleistet werden. Der Übergang vom Vergasungsbereich zum Quencher ist gekühlt ausgeführt, um in diesem sensiblen Bereich den Abtrag von Feuerfestmaterial selbst durch geringe Mengen flüssiger Schlacke vermeiden zu können. Das Gas und die geringen Mengen an Schlacke werden durch Einspritzen von Wasser beispielsweise auf  $800^\circ\text{C}$  gekühlt. Dabei wird die Schlacke granuliert und im unteren Wasserbad gesammelt. Das Rohgas verlässt den Quenchraum mit den angegebenen Temperaturen (wo angegeben??) und wird einem Wärmetauscher zur Hochdruckdampferzeugung zugeführt. Dieser Reaktortyp wurde unter anderem errichtet, um stickstofforganische Rückstände aus der Acrylnitril- und Caprolactamproduktion vergasen.

Die relativ hohen Aschegehalte der Biomassen von 1 bis mehr als  $5\text{Ma}\%$  mit einem Alkalianteil von  $15\text{-}20\text{Ma}\%$  (Tafeln 2 und 3) erfordern einen Reaktortyp ohne feuerfeste Auskleidung, um die Bildung von Eutektika mit dem Mauerwerk und den damit verbundenen schnellen Verschleiß zu verhindern. Aus diesem Grund wird für diesen Einsatzstoff ein Kühlschirmreaktor eingesetzt. Die Biobrennstoffe werden gemeinsam mit Sauerstoff dem Kopf des Reaktors zugeführt., Der Umsatz vollzieht sich in einer Flammenreaktion bei Temperaturen von  $900 - 1.300^\circ\text{C}$ ., Heißes

Rohgas und flüssige Schlacke gelangen gemeinsam in einen nachgeordneten Kühlraum, wo durch Einspritzen von Wasser eine Abkühlung auf Sättigungstemperatur erreicht wird., Dabei kann der Vergasungsdruck bis zu 80bar betragen. Der Vergasungsraum ist durch einen Kühlschirm geschützt (s. Bild 4). Er besteht aus einem gasdicht verschweißten Rohrsystem, dessen Rohre bestiftet und mit einer dünnen Stampfmasseschicht belegt sind. Die Rohre sind wassergekühlt. Die in der Vergasungsflamme verflüssigte Schlacke kühlt an der inneren Oberfläche ab, verfestigt sich und bildet eine eigene Schutzschicht. Sie wächst so lange auf bis sie die Schmelztemperatur erreicht hat. Dann fließt die weiter aufgeworfene Schlacke an der eigenen Schlackewand ab. Dieses regeneriert sich selbst.

Um die Vergasbarkeit von Biomassen im Flugstrom zu testen, wurden bereits 1995 erste Versuche mit fein zerkleinertem Stroh mit pneumatischem Eintrag in der halbtechnischen Versuchsanlage [s. Bild 5] in Freiberg durchgeführt. Das Ergebnis war für die Vergasung sehr zufriedenstellend. Die Tafeln 2 und 3 zeigen die Eigenschaften der eingesetzten Biomassen umfassend , Tafel 4 zeigt die Vergasungsergebnisse im Vergleich zu anderen Vergasungsstoffen .

Die Ergebnisse der Vergasung haben gezeigt, dass auch mit Biomasse niedrigen Heizwerts anwendungsfähige Synthesegase erzeugt werden können.

Eine Installation größerer Kapazitäten ist jedoch durch den hohen Energieaufwand für die Strohzerkleinerung sowie durch die hohen Transportkosten, bedingt durch die geringe Energiedichte, unwirtschaftlich (s. Tafel 5). Weitere negative Eigenschaften der Biomasse sind

hoher Sauerstoffgehalt in der organischen Matrix  
und hoher Alkaligehalt in der Brennstoffasche.

Das Forschungszentrum Karlsruhe hat jetzt ein Verfahren entwickelt, das eine wirtschaftliche Nutzung der Biomasse doch noch ermöglicht. In dezentralen Schnellpyrolyseanlagen werden aus der Biomasse Bioöl und -koks erzeugt , die eine

ca. 15fach höhere Energiedichte zulassen. Damit ist ein Transport in eine zentrale Vergasungs- und Syntheseanlage möglich. Unter Einbeziehung des Flugstromvergasers mit Kühlschirm der FUTURE ENERGY GmbH Freiberg wird dieses Konzept zur technischen Reife entwickelt [Bild 6].

Die Schnellpyrolyse von Stroh ergibt eine Zusammensetzung aus Pyrolyseöl und – koks,

die als Slurry stabil transportiert und der Druckvergasung zugeführt werden kann. Diese Slurries können aus 20-40 dezentralen Pyrolyseanlagen per Kessel- oder Tanklastwagen zu einer großen, zentralen Vergasungs- und Syntheseanlage transportiert werden. In der Flugstromvergasung entsteht ein von Kohlenwasserstoffen und Teer freies Syntheserohgas, das sich durch bewährte Aufbereitungs- und Konditionierungsverfahren zu Reinsynthesegasen für die Fischer-Tropsch- oder Methanolsynthese sowie zu Wasserstoff aufbereiten lässt.

Tafel 6 zeigt die Ergebnisse von Vergasungstests mit Slurries aus Biokoks und Bioöl. Nach der Konvertierung eines Teils des CO und der CO<sub>2</sub>-Entfernung besteht eine Relation von H<sub>2</sub>:CO in einem Verhältnis von 2:1, wie es für nachfolgende Synthesen benötigt wird .

Die Verwendung von Wasserstoff als Eingangsenergie für dezentrale Klein- und Heizkraftwerke auf Brennstoffzellenbasis oder als Treibstoff nimmt zu.

Neben Methanol und Flüssigtreibstoff wird dadurch auch zunehmend mehr Wasserstoff am Markt gefragt sein. Dieser Bedarf kann durch dezentrale Wasserstofferzeugung gedeckt werden .

Um die Wirtschaftlichkeit bei der Produktion von Biomasse zu erhöhen, ist es sinnvoll, den Plantagenanbau von z.B. Miscanthus mit der Installation von Windkonvertern zu verbinden. Auf diese Weise wird die Fläche optimal ausgenutzt.

Die Windenergie kann zur Erzeugung von Wasserstoff und Sauerstoff durch Wasserelektrolyse verwendet werden. Bild 7 zeigt das Fließschema. Prinzipiell stehen alle Teiltechnologien von der Flugstromvergasung bis zur CO<sub>2</sub>-Entfernung, wie bereits erwähnt, großtechnisch erprobt zur Verfügung. Schwerpunkt ist die

Entwicklung geeigneter Schnellpyrolyseverfahren, um die Biomasse in ein auch bei höherem Druck vergasbares Biokoks-Bioöl-Slurry umzuwandeln. Die Zuführung von Fremdwasserstoff aus einer mit Elektroenergie aus Windkonvertern betriebenen Wasserelektrolyse erlaubt insofern höhere Ausbeuten, weil auf die CO-Konvertierung verzichtet und damit der gesamte Kohlenstoff der Biomasse und damit des Rohgases in das Methanol überführt werden kann. Gleichzeitig werden erhebliche CO<sub>2</sub>-Emissionen vermeiden. Das konvertierte Rohgas enthält, wie auf Tafel 6 zu sehen,

31,8 Vol.% CO<sub>2</sub>, das ausgewaschen und ohne Fremdwasserstoffzufuhr in die Atmosphäre abgegeben werden muss. Die Tafeln 7 und 8 zeigen als Beispiele Szenarien eines Energieparks für die Methanol- oder Wasserstofferzeugung aus Biomasse. Es wurde eine Fläche von 2 km<sup>2</sup> ausgewählt, auf der Miscanthus angebaut und Windkonverter errichtet werden. Diese Fläche erbringt einen Methanolertrag von 1.860 T/a (Tafel 7), wobei Elektroenergie zusätzlich im Überschuss produziert und exportiert werden kann. Hierbei wird der gesamte CO-Gehalt des Vergasungsgases genutzt.

Bei der Erzeugung von Wasserstoff (Tafel 8) werden bei gleichen Flächenverhältnissen 6,16 Mio Nm<sup>3</sup>/a erzeugt, wobei 1,9 Mio Nm<sup>3</sup>/a aus Biomasse und 4,26 Mio Nm<sup>3</sup>/a aus Windstrom erzeugt werden. Hier ist natürlich eine vollständige Konvertierung des CO im Vergasungsrohgas erforderlich.

## Verzeichnis der Bilder und Tafeln

Bild 1	Standort der FUTURE ENERGY
Bild 2	Versuchsanlagen der FUTURE ENERGY
Bild 3	Flugstromreaktoren zur Biomassevergasung
Bild 4	Kühlschirm des Reaktors
Bild 5	Fließschema der Versuchsanlage
Bild 6	Wasserstofferzeugung aus Biomasse
Bild 7	Erzeugung von Wasserstoff und Synthesegas aus Biomasse und Windstrom
Tafel 1	Vorteile der Flugstromvergasung
Tafel 2	Elementaranalysen der Bioenergieträger
Tafel 3	Ascheanalysen der Bioenergieträger
Tafel 4	Rohgaszusammensetzung
Tafel 5	Nachteilige Eigenschaften der Biomasse
Tafel 6	Ergebnisse der Vergasung von Bioöl-Biokoks-Slurries
Tafel 7	Szenario eines Energieparks für Methanolerzeugung
Tafel 8	Szenario eines Energieparks für Wasserstofferzeugung