

Velen VII

»Energetische Nutzung von Biomassen«

Bericht über die Fachtagung vom 24. bis 26. April 2006 im westfälischen Velen (Teil 1)

Der Fachbereich Kohlenveredlung in der Deutschen Wissenschaftlichen Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e. V. (DGMK), Hamburg, veranstaltet seit 1994 im Zweijahres-Rhythmus im westfälischen Velen eine Tagungsreihe [1–6], mit dem Ziel, einen Austausch von Experten zu ermöglichen. Die Teilnehmer haben sich einerseits im DGMK-Arbeitskreis mit Erfahrungen – vorwiegend aus der Kohlenveredlung – zusammen gefunden und beschäftigen sich andererseits in Industrie, Hochschule, Forschungsanstalten oder Behörden mit neuen Anwendungen traditioneller Verfahren, vor allem auch der Biomassenumwandlung. Die diesjährige Tagung, die vom 24. bis 26. April 2006 stattfand, stand unter dem Titel »Energetische Nutzung von Biomassen« und wurde in Zusammenarbeit mit der Fördergesellschaft Erneuerbare Energien (FEE), Berlin, dem Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT), Oberhausen, und der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH), Hamburg, durchgeführt, die auch in einigen der früheren Tagungen Mitveranstalter waren.

Die diesmal 89 Teilnehmer diskutierten in 43 Beiträgen (Vorträge und Poster) die Themenbereiche Pyrolyse, Vergasung, Verbrennung sowie Bio-Kraftstoffe, wobei über die Vergasung allein in vier Sektionen berichtet wurde. Es wurde über Fortschritte bei Prozessentwicklungen, vergleichende technisch-wirtschaftlich-ökologische Studien der verschiedenen Strategien, neue Ansätze, analytische Probleme bis hin zu ersten technischen Anwendungen entweder allein oder im Co-Betrieb referiert.

Während früher vorwiegend über die Bereitstellung von Gasen für Heizzwecke und als direkter Motorentreibstoff berichtet wurde, war bei dieser Tagung eine deutliche Verschiebung hin zur Herstellung veredelter flüssiger Kraftstoffe aus Biomassen (vor allem Fischer-Tropsch-Produkte) oder von Methanol oder SNG aus erneuerbaren Rohstoffen zu erkennen.

Dr. J. Mühlen (D.M.2 Projekt GmbH), der Leiter des DGMK-Arbeitskreises Kohlenveredlung, eröffnete die Tagung, begrüßte die Teilnehmer und dankte den Partnerorganisationen, die wieder am Zustandekommen der Tagung mitgewirkt haben. Er stellte fest,

dass aufgrund des inzwischen gültigen Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG) die Nutzung der Biomassen einen wahren Boom erlebt und derzeit ca. 2.000 Anlagen zur Erzeugung von Biogas im Bau oder ersten Betrieb seien. Mit dem Dank an die Organisatoren für die sorgfältige Vorbereitung der Tagung und dem Wunsch zu intensiver Diskussion unter allen Teilnehmern und einer guten Tagungs-Atmosphäre leitete der Arbeitskreis-Vorsitzende die Vortragsreihe ein.

Übersichtsvorträge

Dr. J. Schmalfeld (Consultant, früher LURGI) leitete die Sektion Übersichtsvorträge. Die Eröffnung machte Dr. G. Justinger (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, BMELV) mit seinem Bericht über »Aktuelle Entwicklungen bei der Bioenergie in Deutschland«. Er begann seinen Vortrag mit dem Hinweis, dass derzeit die Medien voll sind mit Berichten zu Energie und Biomasse, wobei die Versorgungssicherheit ein besonders wichtiges Thema ist. Der Aspekt der Verbesserung der Versorgungssicherheit hat sogar dazu geführt, dass auch die USA jetzt erneuerbare Energien stärker nutzen wollen.

Seit der letzten Tagung Velen VI in 2004 hat die Änderung des Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG) von 2004 zu stark verstärkter Bautätigkeit bei Biogasanlagen geführt mit dem Nachteil, dass auch einige nicht ausreichend qualifizierte Planer, Anlagenbauer und -betreiber aufgetreten sind. Die Steuerbefreiung für Biotreibstoffe auch in Mischungen hat dazu geführt, dass Ende 2005 ca. 2 Mio. t Biofuels in Deutschland verbraucht wurden; einige größere Projekte zur Herstellung synthetischer Treibstoffe auf Biomassenbasis sind auf dem Wege an den Markt.

Die EU-Kommission hat eine Direktive erlassen, nach der der Einsatz von Biotreibstoffen bis 2010 auf 5,75 % steigen soll. Darüber hinaus will sie aber auch eine Abstimmung der Energiepolitiken der Mitgliedsländer erreichen. Obwohl dies als eine Kompetenzüberschreitung von vielen kritisiert wurde, hat sich der deutsche Bundespräsident nachdrücklich zu einem solchen Ziel bekannt. Auch die Bundeskanzlerin hatte Anfang April einen (nationalen) »Energiegipfel« einberufen, auf dem Fragen der Versorgungssicherheit, Bezahlbarkeit und Di-

versifizierung der Bezugsquellen für Energie mit beteiligten Kreisen erörtert wurde und eine Innovationsinitiative zur Effizienzsteigerung der Energieverbrauchs gestartet wurde. Etwa 2 Mrd. Euro sollen insgesamt in der nächsten Zeit in das neue System investiert werden.

In ihrem Koalitionsvertrag haben sich die Regierungsparteien zu einer nachhaltigen Energiepolitik verpflichtet, bei der die Nutzung der erneuerbaren Energien weiter ausgebaut werden soll. So soll der Anteil der Erneuerbaren an der Stromerzeugung bis 2010 auf mindestens 12,5 % und bis 2020 auf mindestens 20 % steigen. Bis 2020 soll der Anteil am deutschen Gesamtenergieverbrauch 10 % betragen und dann kontinuierlich weiter steigen. Auch der Biomasseanteil am Primärenergieverbrauch soll deutlich steigen, ohne dass allerdings ein Zielwert festgeschrieben worden ist.

Die Strategie der Substitution erdölstämmiger Kraftstoffe durch Derivate von Biomassen wird weiter entsprechend der EU-Direktive gefördert, dabei werden aber zunehmend auch Synthesekraftstoffe eingesetzt. Begleitend wird die Landwirtschaft aufgefordert und gefördert, sich an den Bemühungen zu beteiligen und entsprechende Rohstoffe bereitzustellen. In diesem Bereich sieht die Bundesregierung noch erhebliche Potenziale. Auch die Forschung in diesem Bereich wird ressortübergreifend forciert.

Derzeit hat Deutschland sein Ausbaziel für Erneuerbare an der Primärenergie von 4,2 % für 2010 bereits 2005 übertroffen, so dass die Zielmarke von 10 % für 2020 sicher erreicht werden wird. Vor allem im Wärmesektor leisteten Bioenergien (davon zu 68 % Holz) einen bedeutenden Beitrag. Bei der Stromerzeugung lag der Anteil der Erneuerbaren bei rd. 10 %, bei den Treibstoffen bei ca. 19 %. Die wirtschaftliche Bedeutung spiegelt sich in dem Umsatz wider, der 2005 5,8 Mrd. Euro betrug.

Das im Jahre 2005 fortgeschriebene Energieforschungsprogramm der Bundesregierung beläuft sich auf 53,6 Mio. Euro zur Förderung von FuE, Demonstration und Markteinführung bei nachwachsenden Rohstoffen. Daneben gibt es das Marktanzreizprogramm des BMU für erneuerbare Energien mit einem Volumen von 180 Mio. Euro. Das Programm ist außerordentlich gut angenommen worden. Zur Weiterführung wurden die Fördersätze um 20 % gekürzt,

was aber andererseits angesichts der gestiegenen Brennstoffkostenpreise, die dem Begünstigten über die jeweilige Einsparung zugute kommen, gerechtfertigt scheint. Das BMELV fördert speziell BtL-Kraftstoffe, so z. B. das Engineering einer Pilotanlage der TU Bergakademie Freiberg in Kofinanzierung mit der Industrie.

Das Wettbewerbsrecht der EU erlaubt nur den Ausgleich von Mehrkosten durch Beimischung von Biotreibstoffen über eine teilweise Befreiung von der Mineralölsteuer. Durch die Preissteigerungen ändern sich diese Mehrkosten ständig, und es kann zu einer Überkompensation kommen, die nicht statthaft ist. Daher wird überlegt, national eine Beimischungspflicht einzuführen. Die Einzelheiten der Regelung sind aber noch nicht festgelegt.

Im internationalen Rahmen beteiligt sich die Bundesregierung u. a. am »Bioenergy Implementation Agreement« der Internationalen Energieagentur (IEA), durch das in 12 sog. »Tasks« ein wissenschaftlicher Austausch von Erfahrungen auf internationaler Ebene ermöglicht wird. Zudem wurde in der G-8-Gipfelerklärung zum Klimawandel: »Global Bioenergy Partnership« vereinbart, die Bioenergieaktivitäten auf hohem politischen Level abzustimmen und Entwicklungsländer bei ihren Bemühungen zur Mobilisierung der einheimischen Bioenergiequellen zu unterstützen.

Zur Eröffnung der Diskussion äußerte Dr. Schmalfeld die Hoffnung, dass die Bundeskanzlerin als Physikerin der Energiepolitik eine höhere Aufmerksamkeit schenken möge, als das bisher der Fall war. Er fragte dann, welche Vorstellung die Bundesregierung vom zukünftigen Energiemix habe, insbesondere, wo denn dabei die Kohle stehe und ob z. B. Co-firing von Biomassen und Kohlen auch gefördert werde. Dr. Justinger erwiderte, das sehe das EEG nicht vor, in anderen Ländern werde das aber gemacht. So seien deutsche Firmen in den Niederlanden beim Bau eines Kraftwerks für Co-firing tätig. Er wies auch darauf hin, dass aus Deutschland Holzpellets in großem Maße zu diesem Zweck in die Niederlande geliefert würden.

Prof. Collin (DECHEMA e. V.) fragte nach der Berechnungsgrundlage für die von Dr. Justinger zitierte CO₂-Reduktion in Höhe von 83 Mio. t durch Verwendung erneuerbarer Energie in Deutschland im Jahre 2004. Speziell wollte er wissen, ob die Biomassen dabei als völlig CO₂-neutral gerechnet seien. Dr. Justinger verwies darauf, dass die Zahl nach der Berechnungsmethode des BMU ermittelt sei. Diese Methode sei aber unstrittig.

Frau Dr. Stiehl (BASF AG) erkundigte sich nach der Definition der im Bericht genannten 1,4 Mio. ha Brachflächen, die noch für Biomassenanbau genutzt werden könnten. Dr. Justinger erläuterte dazu, dass es sich bei dieser Fläche nicht nur um derzeit tatsächlich brach liegende Flächen handele, son-

dern auch um solche, die zur Zeit noch bebaut würden, die aber in Zukunft voraussichtlich vorrangig zum Anbau von Biomassen genutzt werden könnten. Dem liegt die Überlegung zugrunde, dass der Minimalwert einer Biomasse sein Energiewert ist. Wenn der Energiepreis steigt, werde aber z. B. mehr Getreide als Energierohstoff genutzt. Darüber hinaus sei berücksichtigt, dass Pflanzen, z. B. Mais, zur Steigerung der Energieausbeute gezüchtet werden, die für die Ernährung nicht geeignet sind. In diesem Zusammenhang erläuterte er auch die ethische Haltung zum Verbrennen von Getreide: Man will Getreideüberschüsse nicht in Hungerländer exportieren, sondern verstärkt dort die i. a. besser geeigneten Produkte besorgen und deren Anbau fördern.

Im zweiten Übersichtsvortrag plädierte D. Bräkow (Fördergesellschaft Erneuerbare Energien, FEE) für eine »Vergleichende Bilanzierung von Bioenergie-Technologien am Beispiel der Biomassebereitstellung für BtL-Technologien«. Er führte aus, dass es in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte bei der technischen Entwicklung verschiedener BtL-Verfahren gegeben habe und daher eine vergleichende Bilanzierung zur Ermittlung der jeweiligen ökonomischen, ökologischen und energetischen Kennwerte der Verfahrenswege wünschenswert sei. Konkret beschränkte sich der Autor in seiner Überlegung auf die Herstellung von BtL-Kraftstoffen und bezog die Verfahren des ITC des Forschungszentrums Karlsruhe, des Blauen Turmes, von CUTEC, CHOREN, des IEC der TU Bergakademie Freiberg und die Direktverflüssigung organischer Substanzen nach dem HAW-Hamburg-Verfahren in seine Überlegungen ein. Er erwähnte aber auch die noch nicht so weit fortgeschrittenen Prozesse von AER, PyTEC und der TU München sowie die Umwandlung mit überkritischem Wasser des FZK.

Zur Ermittlung des Potenzials der Herstellung von Kraftstoffen aus Biomassen gab er zu Bedenken, dass daneben auch Chemierohstoffe nach diesen Verfahren hergestellt werden können, so dass sich der tatsächliche Mix nach Marktgegebenheiten einstellen wird. Die für die einzelnen Verfahren ermittelten Potenziale der Kraftstoffbereitstellung können daher nicht einfach addiert werden, um zu einer Gesamtmenge zu gelangen. Als Schwierigkeiten bei der Bilanzierung erwies sich – wie immer – die Definition eines für alle verbindlichen Bilanzrahmens sowie die Gewinnung verlässlicher Daten der einzelnen Verfahren, da Firmen-Know-how abgefragt werden müsse. Er schlug daher vor, den Bilanzrahmen sehr weit, d. h. vom Anbau der Biomassen auf dem Feld bis zum Verbraucher zu ziehen, so dass Detailangaben zu den Prozessen nicht erforderlich werden, ähnlich wie das bei Erdöl und Erdgas gemacht werde, bei denen vom Bohrloch bis zum Verbraucher eine Ökobilanz gezogen werde.

Er bot an, dass die FEE, die keine eigenen

Interessen bei der Verfahrensentwicklung verfolgt, als unparteiisches vermittelndes Netzwerk tätig werden könne, das die Studienansätze anderer Gruppen zusammenführen und auf eine gemeinsame Basis stellen kann.

Die besondere Notwendigkeit solcher Bilanzierungen gehe daraus hervor, argumentierte D. Bräkow, dass die bewirtschaftbare Landfläche zur Biomassenutzung in Deutschland eine Grenze bei der Menge der bereit zu stellenden Biomassen darstellt und Biomassen für die Treibstoffherstellung in Konkurrenz stehen zur Verwendung für andere Nutzungsarten, insbesondere Wärme und Strom.

Da konkrete Ergebnisse bei diesem Vortrag nicht vorgelegt wurden, fiel eine Diskussion aus.

Der dritte Übersichtsvortrag wurde von Dr. L. Leible vom Forschungszentrum Karlsruhe gehalten, er befasste sich mit »Synthesekraftstoff aus Stroh und Waldrestholz – ein Vergleich mit der Wärme und Stromgewinnung«. Ausgangspunkt der Überlegungen ist die Zielvorgabe der EU, bis 2010 den Anteil der erneuerbaren Energien auf 12 % des Energieverbrauches anzuheben (in Deutschland heute 4,6 %). Dabei soll der Anteil an der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energiequellen auf 22 % gesteigert und der Anteil der Biokraftstoffe auf 5,75 % gebracht werden. Gleichzeitig soll eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 8 % (bez. auf 1990) erzielt werden.

In Bezug auf die Biokraftstoffe – insbesondere auch die Forderung, diesen Anteil später noch wesentlich auszuweiten – erfordert diese Mengenausweitung, dass nicht mehr nur Vergärungsalkohol und veresterte Pflanzenöle eingesetzt werden können, sondern auch BtL-Kraftstoffe herangezogen werden müssen. Dabei ist aber zu bedenken, dass eine Reihe von Konkurrenzen in der Verwendung von Biomassen bestehen: einmal bei Aufkommen, wo Reststoffe gegen den gezielten Anbau von Biomassen betrachtet werden müssen, zum anderen bei der Verwendung, wo die stoffliche Nutzung von Biomassen (Nahrungsmittel, Futter, Chemierohstoff) mit der energetischen Verwendung (Wärme, Strom, Kraftstoffe) weit entfernt.

In Deutschland stehen derzeit rd. 70 Mio. t Biomassen (organische Trockensubstanz, oTS) jährlich zur Verfügung, das entspricht ca. 0,85 t oTS pro Kopf oder rd. 9 % des Primärenergieverbrauchs. Die Biomassen umfassen Waldrestholz, (Überschuss-)Stroh, Gülle, (Rest-)Hausmüll, Industrie-Restholz, Altholz, kommunalen Klärschlamm und Grünabfälle. Davon machen Waldrestholz und Stroh ca. 43 % aus. Diese wurden in der vorgetragenen Studie als Quelle für BtL-Kraftstoffe betrachtet.

Bei der Bereitstellung von Biomassen besteht allgemein das Problem, dass sie dezentral und räumlich sehr unterschiedlich anfallen, so dass eine ausgefeilte Logistik erforder-

derlich wird. Für zwei unterschiedliche Standorte wurde abgeschätzt, dass bei guter Infrastruktur ein Radius von 60–70 km erforderlich wird, um jährlich ca. 1 Mio. t oTS an Waldrestholz und Stroh bereitzustellen, wobei die Kosten mit 70–80 Euro/t TS zu Buche schlagen. Bei ungünstiger Infrastruktur wurde aber schon ein Radius von bis zu 150 km ermittelt. Des Weiteren wurde die dezentrale Weiterverarbeitung zu einem Pyrolyseöl mit zentraler Umwandlung in Kraftstoffe mit der integrierten Verarbeitung der Biomassen verglichen.

Es zeigte sich, dass die Kosten für Fischer-Tropsch-Produkte zwischen ca. 105 und 130 Euro/MWh liegen, entsprechend etwa 1,0 bis 1,25 Euro/l. Für kleinere Anlagen mit bis zu ca. 4.000 MW erwiesen sich integrierte Anlagen als kostengünstiger, wobei erst bei den größeren Anlagen die Wirkung der Größendegression und des höheren Wirkungsgrads die Transportkosten überkompensieren. Bei Anlagengrößen von mindestens ca. 1 Mio. t Treibstoff liegen die Kosten für die FT-Produkte (ohne Mineralölsteuer) etwa gleich wie die derzeitigen Kosten für Mineralölprodukte (mit Steuer).

Im Vergleich mit der Erzeugung von Wärme und Strom zeigte sich, dass die Wärmeerzeugung heute bereits ohne Subventionen konkurrenzfähig ist, die Stromerzeugung dagegen je nach eingesetzter Technik nahe and der Wirtschaftlichkeitsgrenze liegt (Co-Verbrennung), oder mit geringer Subvention betrieben werden kann, während die Kraftstoffherstellung auf den Verzicht der Steuer angewiesen ist.

Auch bei der CO₂-Minderung ist die Wärmeerzeugung der kostengünstigste Weg und bereits heute lohnend. Auch Stromerzeugung via Co-Verbrennung von Biomassen und fossilen Brennstoffen ist bereits in etwa lohnend, wenn man gemäß BMWi einen Betrag von 50–100 Euro/t CO₂-Äq zu Grunde legt. Die Herstellung von FT-Kraftstoffen ist auch hinsichtlich der CO₂-Minderung auf hohe Subventionen angewiesen.

Als Fazit der Untersuchung erläuterte Dr. Leible, dass die Strategie Biomassenpyrolyse kombiniert mit Vergasung des Pyrolyseöls vor allem in kombinierter chemisch-energetischer Nutzung zum Tragen kommen kann. In der Diskussion hob Prof. Dinjus (FZ Karlsruhe) hervor, dass für die Markteinführung der FT-Kraftstoffe ein Beimischungszwang nicht unbedingt erforderlich sei, da sie auch allein als überlegener Kraftstoff eingesetzt werden können. Dr. Leible betonte, dass das EEG einen bestimmten Anteil an Kraftstoffen aus erneuerbaren Energien fordert, so dass ein faktischer Beimischungszwang bestehe. Er wies aber darauf hin, dass bei dieser Regelung der tatsächliche Nutzer des Kraftstoffes bezahle und nicht der Steuerzahler allgemein. Prof. Reimert (Uni Karlsruhe) merkte an, dass im Grunde jeder doch schon gespürt habe, dass der einfachste Weg der Biomassenverwendung auch der billigste sei. Er betonte aber, dass der FT-Treibstoff vorteil-

haftere Eigenschaften als mineralölstämmige Produkte habe und andererseits bei der Verbrennung von Biomassen in Kleinanlagen neue und andersartige Probleme aufträten, die noch nicht ohne weiteres gelöst seien. Dr. Gehrke (Uhde GmbH) fragte, wie viele Anlagen denn gebaut werden sollten, um ganz Deutschland mit FT-Kraftstoffen zu versorgen. Dr. Leible entgegnete, dass es bei der Untersuchung nicht um eine Vollversorgung gegangen sei, sondern um das Aufzeigen möglicher und günstigster Wege. Dr. Meier (Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft) erkundigte sich, ob zur Sicherung der Biomassenversorgung einer größeren Anlage auch ein Import von Pyrolyseölen aus anderen Ländern vorgesehen sei. Dr. Leible schlug dagegen vor, die Technik gleich ganz zu exportieren und nur das Erzeugnis zu importieren. Um so etwas zu erreichen, müsse die Technik aber hier demonstriert werden.

Vergasung I

Nach der Pause eröffnete Dr. M. Ising (Fraunhofer UMSICHT e. V.) die erste der vier Sitzungen zum Themenkreis Vergasung. Die Eröffnung machte W. Urban (UMSICHT) mit seinem Beitrag »Technologien und Kosten der Erzeugung von SNG aus Biomasse«. Er berichtete über ausgewählte Ergebnisse einer Studie, die in Zusammenarbeit mehrerer Institute entstanden ist und sich der Verarbeitung von Biomasse durch Vergasung oder Fermentation mit dem Ziel der Herstellung eines Erdgas-Austauschgas widmet. Hierbei wurden die Alternativen Austauschgas zum Verschnitt (Zusatzgas) oder zum vollständigen Ersatz (Qualitätsgleichheit, SNG) untersucht.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass kleine Biogasanlagen ein sehr teures Gas liefern. Ab 250–300 MW_{el} lassen sich Gülle-basierte Anlagen aber wirtschaftlich betreiben. Anlagen auf Basis nachwachsender Rohstoffe (z. B. Mais) erfordern deutlich größere Anlagengrößen und liefern in jedem Falle teureres Gas. Bei Maissilagekosten von mehr als ca. 30 Euro/t ist ein wirtschaftlicher Betrieb auch bei großen Anlagen nicht zu erreichen.

Die hier vorgeschlagenen Methanisierung des Synthesegases aus der Biomassenvergasung ist bisher nur in Laboranlagen erprobt und noch nicht marktverfügbar. Sie kostet ca. 14 % Wirkungsgrad, würde aber wegen des gut ausgebauten Erdgasnetzes und dessen sehr großer Kapazität einen problemlosen Absatz in praktisch unbegrenzten Mengen ermöglichen. Um die damit verbundenen Kosten zu senken, müssten größere Anlagen gebaut werden. Im Vergleich zu BtL-Strategien ist der hier vorgeschlagene Weg technisch deutlich einfacher.

In der Diskussion wies Dr. Gottschau (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) darauf hin, dass die Gaseinspeisung nicht an jedem Standort möglich sei. W. Urban entgegnete, dass eine genaue Zuordnung, welche Orte in

Deutschland evtl. nicht geeignet seien, nicht untersucht worden ist. Es wurden aber einige Orte identifiziert, die sich besonders gut für diese Strategie eignen, z. B. Frankfurt/Oder. Dr. Mühlen (D.M.2 Projekt) wunderte sich über das etwas »kuriose Szenario«: Es werde ein teurer Vergaser und eine aufwändige Gaskonditionierung benötigt. Warum sollten für dieses Konzept nicht Großverbraucher gewonnen werden, die die Erdgasqualität gar nicht benötigen? W. Urban entgegnete darauf, dass der Einwand berechtigt sei, aber nicht immer ein entsprechender Großverbraucher gefunden werden könne. Hier werde das Produktgas auf genormte Werte gebracht, damit es in bestehender Infrastruktur genutzt werden kann. Frau Arnold (Wuppertal Institut) pflichtete Dr. Mühlen bei, ergänzte aber, dass die Aufgabenstellung für die Untersuchung anders lautete, da die universelle Nutzung des Gases angestrebt worden sei.

Mit dem gleichen Themenkreis, der SNG-Herstellung, beschäftigte sich der nächste Autor: A. van der Drift (Energy Research Centre of the Netherlands, ECN) berichtete über »SNG: a new biomass-based energy carrier«. In den Niederlanden werden ca. 48 % des Energiebedarfs durch Erdgas gedeckt, wovon rd. zwei Drittel in Form von Wärme benötigt werden. Der Anteil der Biomassen beläuft sich in den Niederlanden derzeit auf ca. 1,7 % und soll bis 2040 auf 30 % erhöht werden. ECN konzentriert sich bei den Forschungen daher auf große Anlagen zur Umwandlung von Biomassen in SNG, um eine universelle Verwendung dafür zu haben.

Es gibt zwei Wege der Umwandlung: erstens die Fermentation von Biomassen, wofür das Potenzial in den Niederlanden auf <60 PJ/a geschätzt wird, und zweitens die Vergasung mit nachfolgender Umwandlung. Für diese Strategie wird für die Niederlande mit einem fast unbegrenzten Potenzial gerechnet und Anlagen mit >240 PJ/a SNG werden avisiert. Allerdings ist die Biomassendichte in NL gering, so dass mit dem Import gerechnet werden muss.

Bei einem Vergleich verschiedener Vergasungsreaktoren wurde die allotherme Verfahrensweise wegen der hohen Ausbeuten als besonders aussichtsreich bewertet. Eine Versuchsanlage (MILENA) basierend auf dem Batelle-Vergasungskonzept mit einem Durchsatz von 5 kg/h ist bei ECN seit 2004 in Betrieb; eine größere Anlage mit 150 kg/h Durchsatz in Planung. Für die Entteerung des Rohgases ist eine Technik entwickelt worden (OLGA), die einen Teertau-punkt von <0 °C erreichen lässt. Die weitere Gasreinigung wird derzeit untersucht, die Methanisierung (noch) nicht. Die Kosten für das SNG werden auf 10–11 Euro/GJ gegen den heutigen Preis von ca. 7 Euro/GJ abgeschätzt.

Prof. Reimert (Uni Karlsruhe) äußerte in der Diskussion Verwunderung über die niedrigen Kosten für das SNG. Der Vortragende erklärte aber, es handele sich um eine eher

konservative Kostenschätzung. Auf die Nachfrage, wann der Druck für die Erdgaspipeline aufgebaut wird, erläuterte er, dass verschiedene Überlegungen angestellt würden. Man favorisiere derzeit, die Vergasung bei 10–20 bar durchzuführen und den Pipelineindruck später mit dem Endprodukt aufzubauen.

Pyrolyse

Den Beginn der Sitzungen am 2. Tag eröffnete Prof. Klose (Uni Kassel), der die Sektion Pyrolyse leitete. Die Eröffnung machte S. Lange (Forschungszentrum Karlsruhe) mit seinem Vortrag »Systemanalyse zur Schnellpyrolyse als Prozessschritt bei der Herstellung von Synthesekraftstoffen aus Stroh und Waldrestholz«. Die Untersuchung betrifft das Karlsruher Konzept der dezentralen Herstellung einer Slurry aus Pyrolyseöl und Restkoks und der zentralen Weiterverarbeitung durch Vergasung und FT-Synthese. Die Schnellpyrolyse ist ein grundsätzlich bekanntes Verfahren, das mit anderen Ausgangsstoffen auch schon großtechnisch erprobt ist. Für die Umsetzung von Biomassen sind weltweit derzeit fünf verschiedene Pilot- und Demoanlagen in Bau oder im Betrieb. Hauptprobleme der neuen Anwendung sind Verstopfungen innerhalb der Anlagen und die Anpassung von Brennern, Motoren oder Vergasern an die Eigenschaften der Pyrolyseöle. Für das Karlsruher Konzept wird ein Pyrolysator in Anlehnung an die Lurgi-Ruhrgas (LR)-Technik mit Doppelschneckenreaktor und Sandkreislauf verwendet. Für die beiden Einsatzstoffe Stroh und Waldrestholz wurden Energiebilanzen aufgestellt die zeigen, dass Stroh mit einer Energieausbeute von 91 % bei einem Wirkungsgrad von 76,5 %, Holz mit 96 % Ausbeute bei fast gleichem Wirkungsgrad von 76,2 % in die Slurry umgewandelt werden können.

Die Kosten der Slurry-Herstellung wurden mit 36–46 Euro/MWh ermittelt, wobei bei Anlagengrößen zwischen ca. 250–600 MW für beide Biomassen ein flaches Kostenminimum existiert. Diese Kosten könnten bei fortgeschrittenen Erfahrungen mit diesen Anlagen noch um ca. 10 % sinken, dabei wird auch die optimale Anlagengröße etwas kleiner (ca. 200 MW).

Für die Energiebilanz der Weiterverarbeitung zu FT-Kraftstoff wurde auf Literaturangaben zurückgegriffen, nach denen die Energieausbeute bei rd. 45 % des Energieinhalts der Slurry liegen soll. Ebenfalls sind die Investitionskosten für eine 200.000 t/a FT-Anlage auf Basis der Slurries mit 430 Mio. Euro der Literatur entnommen. Daraus ergeben sich Kosten des synthetischen Kraftstoffes von etwa 1,15 Euro/l (ohne Mineralölsteuer). Die größten Kostenfaktoren sind neben der Kraftstoffausbeute die Bereitstellungskosten der Biomasse frei Anlage, sowie deren Lagerung und Zerkleinerung.

Postersession



Die Postersession bekommt in Velen traditionell eine eigene Sitzungszeit reserviert. Daneben sind die Poster aber während der gesamten Tagung jederzeit zugänglich. Prof. M. Haenel (MPI für Kohlenforschung) gab wiederum eine kurze Einführung, in der er die Themenkreise der 21 Poster vorstellte und den Autoren für die aufgewandte Mühe und ihr Engagement Dank sagte.

Wenn die EU-Vorgabe zum Ersatz von Kraftstoffen allein auf Basis des Schnellpyrolyseverfahrens erfüllt werden soll, würden für Deutschland ca. 15 Anlagen erforderlich. Dann könnten die Herstellungskosten für den Kraftstoff auf ca. 1 Euro/l sinken, d. h. Konkurrenzfähigkeit mit den heutigen (steuerbelasteten) Mineralölprodukten erreicht werden.

Prof. Klose (Uni Kassel) erkundigte sich nach dem eingesetzten Wassergehalt beim Stroh. Dazu meinte S. Lange, dass Stroh bei trockener Lagerung eine Restfeuchte von 14 % erreicht. Dieser Wert ist der Studie zugrunde gelegt worden. E. Oettel (FEE) fragte, ob nur bei völliger Steuerbefreiung Konkurrenzfähigkeit des Verfahrens erreicht werden könne. Der Vortragende führte aus, dass dies nur ein Weg zur Einführung der Technologie sei, es gebe aber auch noch andere Strategien. Auf die Nachfrage von E. Oettel, ob die Zukunft der Biokraftstoffe auf die Steuerbefreiung angewiesen sei, erwiderte S. Lange, dass die Zumischung gemäß EU-Vorgabe den Kraftstoff nur etwa um 2 ct/l verteuern würde. Dr. Schmalfeld (Consultant) meinte, die Investitionskosten seien sehr hoch veranschlagt worden. S. Lange erklärte dazu, dass diese Kosten auf die Auslegung einer Anlage durch eine Fachfirma zurückgehen und insofern marktkonform seien.

Im nächsten Vortrag berichtete Dr. D. Meier (BFH) über »Betriebsergebnisse der ersten BtO-Anlage zur ablativen Flash-Pyrolyse von Holz mit Energiegewinnung in einem BHKW«. Bei der ablativen Pyrolyse wird Holz in engem Kontakt mit einer rotierenden aufgeheizten Metalloberfläche in sehr kurzer Zeit pyrolytisch umgesetzt. Man muss dabei hohe Aufheizraten erzielen und ein enges Temperaturfenster bei 475 °C einhalten. Das entstehende dünnflüssige Pyrolyseöl enthält ca. 28 % Wasser, das entweder thermisch (Wärme, Kraftstoff, BHKW) oder chemisch (Spezialitäten) genutzt werden kann.

Heute wird weltweit nach fünf fortgeschrit-

ten Verfahren Flash-Pyrolyse von Biomasse betrieben. Allein die Lüneburger Anlage der Fa. PYTEC arbeitet ablativ; sie hat einen Durchsatz von 6 t/d an Hackschnitzeln. Durch Walzenpressen werden die unzerkleinerten Holzpartikel paketierte und über ein Revolverzuführsystem gegen die aufgeheizte Scheibe des Pyrolysators gedrückt. Die Pyrolysegase werden zunächst in einem Zyklon entstaubt (Kokspartikel) dann abgekühlt und kondensiert. Die nicht kondensierbaren Gase werden verbrannt und zur Deckung der Trocknerwärme für die Hackschnitzel verwendet. Die Pyrolysescheibe wird in dieser ersten Anlage elektrisch beheizt, zukünftig soll der abgeschiedene, zusammen mit dem an der Scheibe abgeriebenen Koks diese Wärme liefern. Das Pyrolyseöl (540 l = 650 kg pro 1.000 kg Holz) soll in einem angepassten Dieselmotor verbrannt werden. Vorversuche mit einem fremden Bioöl verliefen ermutigend. Die weiteren Ziele sind der Einsatz von Maissilage und Rapsstroh, das sich gut kompaktieren lässt. Eine größere Anlage mit einem Durchsatz von 12 t/d, die einen Gaskessel mit Schwachgasbrenner versorgen soll, ist in der Planung.

In der Diskussion erkundigte sich M. Olschlar (TU Bergakademie Freiberg) nach der Abdichtung der Pyrolysescheibe. Dr. Meier führt aus, dass mehrere Lagen von Dichtungsringen verwendet werden. Auf die Nachfrage, wo das Pyrolysewasser verbleibt, antwortete er, dass dies weitgehend im Pyrolyseöl enthalten sei und dort nicht weiter störe, sondern bei der Verbrennung sogar nützlich sei. Prof. Spindler (GHS Halle) fragte, ob eine Wasserentfernung durch Destillation evtl. möglich sei. Dr. Meier sagte dazu, dass dies grundsätzlich möglich sei, aber zu Verharzungen des Öl durch thermische Belastung führt. Das Pyrolyseöl sei sehr komplex zusammengesetzt und daher sehr reaktiv, es enthalte kaum Alkane. Prof. Henrich (FZ Karlsruhe) wollte wissen, was man mit dem Pyrolysekoks machen könne,

der einen erheblichen Anteil des Holzheizwertes enthalte. Dazu führte Dr. Meier aus, dass in einem nächsten Schritt die Beheizung des Pyrolyserades, die derzeit noch elektrisch erfolgt, damit vorgesehen sei. Dr. Adelt (E.ON Ruhrgas) erkundigte sich nach dem Eigenverbrauch der Anlage und dem erzielten Wirkungsgrad. Dr. Meier erläuterte, dass der Eigenverbrauch der ersten Anlage noch untypisch hoch sei und er den nicht beziffern könne, der elektrische Wirkungsgrad liege bei ca. 25–30 %.

Im nächsten Beitrag berichtete Dr. R. Raffelt (FZ Karlsruhe) über die »Produktion von Synthesegas aus Schlämmen pyrolysierten Strohhäcksel«. Er erläuterte zunächst die Motivation zur Entwicklung des Zweistufen-Verfahrens: Strohüberschüsse aus der Landwirtschaft machen ca. 20 % der in der Landwirtschaft in Deutschland anfallenden organischen Rest- und Abfallstoffe aus. Es hat aber nur einen Energieinhalt von ca. 2 GJ/m³ und lässt sich daher wirtschaftlich nur etwa 30 km weit transportieren. Durch Schnellpyrolyse wird nach dem Karlsruher Konzept eine Slurry aus Pyrolyseöl und Restkoks gewonnen, die eine Energiedichte von rd. 25 GJ/m³ aufweist und daher noch über Entfernungen bis 250 km zur zentralen Weiterverarbeitung transportiert werden kann. Inzwischen wurde begonnen, das Verfahren, das jetzt BIOLIQ heißt, im 500-kg/h-Maßstab in allen Stufen zu erproben. Die Schnellpyrolyse erfolgt im Doppelschneckenreaktor mit Sandumlauf bei ca. 500 °C. Die Ausbeute an flüssigen Produkten ist bei Holz größer als bei Stroh, dies ergibt aber mehr Koks. Die Kondensation erfolgt in zwei Stufen mit einer wasserreichen und einer teerreichen Fraktion. Der Koks wird durch Absieben vom Umlauf-Sand getrennt, eine weitere Menge kann durch einen Heißzyklon aus dem Pyrolysegas abgeschieden werden. Da dieser Koks pyrophor ist, will man zukünftig die Abscheidung von Flugkoks und teerreicher Fraktion gemeinsam vornehmen. Der Koks fällt dann als leicht klebriger »Krümelkoks« an, der sich leichter handhaben lässt.

Koks und Pyrolysekondensate werden zu einer Slurry zusammengemischt, die zwischen 10 und 39 % Koksanteil enthält. Einer Sedimentation des Kokes begegnet man durch feines Zerteilen der Kokspartikel. Insbesondere Kolloidmischer haben sich bewährt und liefern eine Slurry mit besserem Fließverhalten. Auch durch hohe Beladung der Slurry mit Koks wird das Absetzen vermieden, dann aber ist die Fließfähigkeit nicht mehr gegeben. Diese ändert sich aber auch während der Lagerung, weil der poröse Koks einen Teil der Flüssigkeit aufsaugt. Die Fließfähigkeit wird dann aber durch Mahlen wiederhergestellt. Der »Krümelkoks« lässt sich mit der wasserreichen Kon-

densat-Fraktion ebenfalls zu einer Slurry verarbeiten.

Vergasungsversuche mit den Slurries wurden bei Future Energy in Freiberg in einem Flugstromvergaser durchgeführt und zeigten, dass sich die Slurries problemlos zerstäuben und vergasen ließen.

Prof. Klose (Uni Kassel) fragte in der anschließenden Diskussion, ob weitere Grundlagenuntersuchungen zur Viskosität der Slurries geplant seien. Dr. Raffelt bestätigte, dass dies eine reizvolle Aufgabe sei, bedauerte aber, dass wegen begrenzter Personalressourcen das Thema nicht weitergeführt werden könne. Auf die Nachfrage, ob Additive, mit denen man bei Kohle-Slurries niedrigere Viskositäten erzielt habe, als Fließverbesserer vorgesehen seien, sagte Dr. Raffelt, dies sei nicht geplant, aber zur Verbesserung der Stabilität seien die Überlegungen noch nicht abgeschlossen. Dr. Radig (TU Bergakademie Freiberg) erkundigte sich, ob Entmischungerscheinungen zwischen Wasser und Slurry aufgetreten seien. Dr. Raffelt erklärte, dass man das noch nicht abschließend beantworten könne. Die eigenen Pyrolysate würden so eingeschätzt, dass man stabile Suspensionen erwartet, da die organischen Teere in die Koksporen eingesaugt werden. Allerdings seien viele Untersuchungen bisher auch mit Fremdpyrolysaten durchgeführt worden.

Der Schlussvortrag der Pyrolysektion wurde von Dr. A.-P. Schinkel (Uni Kassel) präsentiert. Er sprach über die »Charakterisierung des Biomasseteeres der Pyrolyse durch die Molmassenverteilung«. Ziel der Untersuchung war es, eine verlässlichere Vorhersage der Bedingungen für thermische Abbaureaktionen von Pyrolyseteeren zu gewinnen. Dazu wurde ein Laborpyrolyse-reaktor gebaut, der an einer Thermowaage hängt. In einem nachgeschalteten beheizten Rohr (leer oder mit Katalysatorfüllung) konnten Degradationsreaktionen unter definierten Bedingungen durchgeführt werden. Die entstandenen Teere wurden gaschromatographisch getrennt und mittels UV-Detektion bestimmt.

Die Primärteere zeigten ein relativ enges Maximum bei einer Molmasse von ca. 150 kg/Mol, während die Sekundärteere eine deutlich breitere Verteilung der Molmassen aufwiesen. Die Verteilung selbst war von der Biomassenart und der Korngröße der Partikel abhängig. Bei der Ermittlung der kinetischen Parameter der Zersetzungsreaktionen lassen sich aufgrund des Kompensationseffektes zahlreiche Paare von prä-exponentiellem Faktor und Aktivierungsenergie finden, die die Ergebnisse gut wiedergeben. Ausgehend von Überlegungen zu den möglichen Zersetzungsreaktionen wurde mit Hilfe der Theorie des aktivierten Übergangszustandes ein gemeinsamer prä-

exponentieller Faktor abgeschätzt, der für die Auswertung herangezogen wurde. Damit ergaben sich kinetische Parameter, mit denen die Experimente gut beschrieben werden konnten und die auch zu Literaturwerten gut passen.

Prof. Spindler (GNS Halle) bemerkte in der Diskussion, dass die ermittelten Aktivierungsenergien recht hoch seien. Er fragte, ob diese im durchmessenen Temperaturspektrum veränderlich seien. Dr. Schinkel antwortete, dass die Versuche nur bei 450 °C durchgeführt worden seien. Durch die Festlegung des prä-exponentiellen Faktors habe man aber die guten Ergebnisse und sinnvolle Werte für die Aktivierungsenergien erhalten. Dr. Schmalfeld (Consultant) sprach die mit der Thermowaage erreichbaren, nur recht niedrigen Aufheizgeschwindigkeiten an und fragte, wie sich das bei der Schnellpyrolyse verhalte. Dr. Schinkel erklärte, die Versuche hätten sich auf Probleme bei der Herstellung von Holzkohle bezogen, dafür sei die angewandte Aufheizung sogar noch recht schnell gewesen. Dr. Meier (BFH) erkundigte sich danach, wie die Leitungen bei der Teerbeprobung frei gehalten worden seien. Dazu führt Dr. Schinkel aus, dass alle Leitungen bis zu den Waschflaschen aus Quarz gefertigt und beheizt seien und die dort aufgefundenen Ablagerungen bei der Auswertung massenmäßig berücksichtigt worden seien.

B. Bonn

Der Bericht wird in den nächsten Ausgaben fortgesetzt.

