



Quelle: Smileus – Fotolia.com

Brennstoffe aus Biomasse – neue Verfahrenskonzepte weisen große Potenziale auf

Schwerpunkt des BMBF-Verbundprojektes „B2G – Innovative Erzeugung von gasförmigen Brennstoffen aus Biomasse“ war die Entwicklung von verschiedenen Verfahrenskonzepten zur Erzeugung von SNG und Wasserstoff (H₂) aus Biomasse. Im Vordergrund standen die Maximierung des energetischen Gesamtwirkungsgrades sowie die möglichst flexible Einsetzbarkeit verschiedener Biomassen. Die Ergebnisse wurden auf einem Abschlussworkshop am 20. und 21. November 2013 in Bonn vorgestellt.

Die energetische Nutzung von Biomasse leistet einen wichtigen Beitrag für ein nachhaltiges Energiesystem, insbesondere für die Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereitstellung. Eine zukunftsfähige und effiziente Alternative zur energetischen Nutzung von Biomasse stellt die Einspeisung von synthetisch erzeugtem Methan oder SNG (Synthetic Natural Gas) in das Erdgasnetz der öffentlichen Gasversorgung dar. Neben dem bereits verbreiteten Verfahren der SNG-Erzeugung über die anaerobe Vergärung von Biomasse zu Biogas wird auch intensiv an anderen Erzeugungsverfahren geforscht.

Ligninreiche Biomasse wie Holz kann über thermochemische Vergasung zu SNG umgewandelt werden.

Nach der Vergasung des organischen Materials erfolgen die Aufbereitung zu einem Synthesegas, die katalytische Methanisierung und eventuell eine Gaskonditionierung. Während diese Prozessvariante bereits in den 1970er- und 1980er-Jahren großtechnisch für die Nutzung von Naphtha und Kohle entwickelt und teilweise in industriellem Maßstab genutzt wurde/wird, wird die Umwandlung von Biomasse bisher nur im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten untersucht. Die größte Herausforderung liegt neben den hohen Kosten für Biomasse in der Entwicklung von geeigneten Verfahrenskonzepten für im Vergleich zur Nutzung von Kohle um 1 bis 2 Größenordnungen kleinere Anlagengrößen.

Während bei der dezentralen Erzeugung von Strom aus Biogas oft keine ausreichende Abwärmenutzung möglich ist, bietet die Einspeisung von aufbereitetem Biogas oder von thermochemisch erzeugtem Methan in das Erdgasnetz eine Möglichkeit zur zeitlichen und räumlichen Entkopplung von Erzeugung und Nutzung, die zu einer erhöhten Energieeffizienz führt. SNG kann problemlos in das Erdgasnetz eingespeist werden. Außerdem kann das eingespeiste SNG auch als Kraftstoff in Erdgasfahrzeugen verwendet werden. Dadurch ergibt sich ein attraktives Verfahren zur Kraftstoffgewinnung aus Biomasse, das allen bisher verfolgten Kraftstoffrouten vom energetischen Gesamtwirkungsgrad her überlegen ist.

Eine weitere Option ist das Konzept „Power to Gas“. Mit überschüssigem Strom aus erneuerbaren Quellen wird per Wasserelektrolyse Wasserstoff erzeugt. Über thermochemische Verfahren kann Wasserstoff auch aus erneuerbarer Biomasse erzeugt werden. Für den Einsatz von regenerativ erzeugtem Wasserstoff sind zahlreiche Nutzungsmöglichkeiten vorhanden oder auf absehbare Zeit etablierbar. Neben der stationären Anwendung in Brennstoffzellensystemen kann Wasserstoff aus regenerativen Quellen direkt in das Gasnetz eingespeist oder vorher durch Methanisierung zu synthetischem Erdgas umgewandelt werden. Das Konzept „Power to Gas“ verbindet damit das Stromsystem mit der Gasinfrastruktur. Weiterhin kann Wasserstoff auch als Kraftstoff für Fahrzeuge und als Einsatzstoff in der chemischen Industrie und in der Petrochemie eingesetzt werden.

Durch die Kombination der angesprochenen Verfahren lassen sich alle denkbaren organischen Roh- und Reststoffe sowie erneuerbarer Strom zu einem Erdgassubstitut umwandeln und über die Gasnetze speicher- und nutzbar machen. Dadurch lassen sich sehr hohe Gesamtwirkungsgrade erreichen.

Die Erzeugung von gasförmigen Brennstoffen aus Biomasse war der Untersuchungsschwerpunkt des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen seiner Nachhaltigkeitsstrategie geförderten Verbundvorhabens „Innovative Erzeugung von gasförmigen Brennstoffen aus Biomasse“, das von der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) koordiniert und gesteuert wurde. Das Verbundvorhaben ist auch Teil der 2010 gestarteten DVGW-Innovationsoffensive „Gas-technologie“. Mit den Schwerpunkten „Gas im Systemverbund“, Power to Gas“, „Biogas“, „Smart Grids“ und „Innovative Gasanwendungstechnologien“ hat der DVGW bis jetzt knapp 30 Forschungsprojekte angestoßen, um die Potenziale von Gas und Gastechnologien für die Umsetzung der Ener-

giebewende aufzuzeigen und zu nutzen (weitere Informationen hierzu auf www.dvgw-innovation.de).

Auf einem Abschlussworkshop am 20./21. November 2013 in Bonn wurden die Ergebnisse des BMBF-Verbundvorhabens (Laufzeit von Mai 2010 bis Oktober 2013) vorgestellt und zwischen Vertretern des BMBF, den beteiligten Forschungspartnern sowie der Fachöffentlichkeit diskutiert. Ministerialdirigent Wilfried Kraus (BMBF) betonte als Fördermittelgeber, dass „der systemische Ansatz immer wichtiger wird, damit die Energiewende unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten erfolgreich umgesetzt werden kann“. Aus Sicht des BMBF hat das Verbundprojekt, das von Projektpartnern aus Forschung und Industrie durchgeführt wurde, vor allem überzeugend aufgezeigt,

- wie Biogasaufbereitung effizienter gestaltet werden kann,
- dass Biomasse flexibel einsetzbar ist,
- dass Biogas speicherbar und transportabel ist,
- dass die Aufbereitung von Biomasse auf unterschiedlichen Wegen funktionieren kann und
- wie die Einspeisung von Biogas in die vorhandene Gasinfrastruktur optimiert werden kann.

Projektleiter und Initiator des Forschungsvorhabens Dr.-Ing. Frank Graf von der DVGW-Forschungsstelle am



Quelle: BMBF

Ministerialdirigent Wilfried Kraus leitet seit 2009 die Unterabteilung 72 „Nachhaltigkeit, Klima, Energie“ im Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) stellte fest, dass „im Rahmen des erfolgreich abgeschlossenen Verbundvorhabens innovative Verfahrenskonzepte im Labormaßstab umgesetzt und zahlreiche Erkenntnisse generiert werden konnten, die für die weitere Umsetzung im Bereich der Erzeugung und Einspeisung von gasförmigen Brennstoffen in das Erdgasnetz von Interesse sind“. Durch intensive Modellier- und Simulationsarbeiten wurde die Verfahrensentwicklung insbesondere in Hinblick auf die Upscaling-Möglichkeiten und die Prozessintegration unterstützt. Die begleitenden systemanalytischen Betrachtungen lieferten wichtige Erkenntnisse für die praktische Umsetzung und eine erste Bewertung des



Quelle: DVGW

Abb. 1: Nach dem Workshop hatten die Teilnehmer Gelegenheit, die Themen in persönlichen Gesprächen zu vertiefen und sich weiter zu vernetzen.

Marktpotenzials. „Es kann festgehalten werden, dass die von den Fördermittelgebern und den Projektpartnern definierten Ziele in vollem Umfang erreicht wurden“, betonte Graf. Die Erkenntnisse seien insbesondere auch für die aktuelle Diskussion über die Zukunft der Bioenergie in Deutschland und insbesondere für die Einspeisung von Gasen aus regenerativen Quellen von Bedeutung und fließen in die DVGW-Innovationsoffensive „Gastechnologie“ genauso ein wie in die zuständigen regelwerksnahen DVGW-Gremien, so Graf weiter.

Das BMBF-Forschungsvorhaben „Innovative Erzeugung von gasförmigen Brennstoffen aus Biomasse“ im Überblick

Gegenstand des im Zeitraum von Mai 2010 bis Oktober 2013 laufenden BMBF-Verbundvorhabens war es, unter optimierter energetischer und stofflicher Ausnutzung gasförmige Brennstoffe wie synthetisches Erdgas (SNG) oder Wasserstoff (H₂) aus Biomasse zu erzeugen. Als Konversionsverfahren wurden sowohl die fermentative Umwandlung zu Biogas als auch die thermochemische Umwandlung durch Vergasung betrachtet. Um hohe energetische und

Tabelle 1: Projektkonsortium

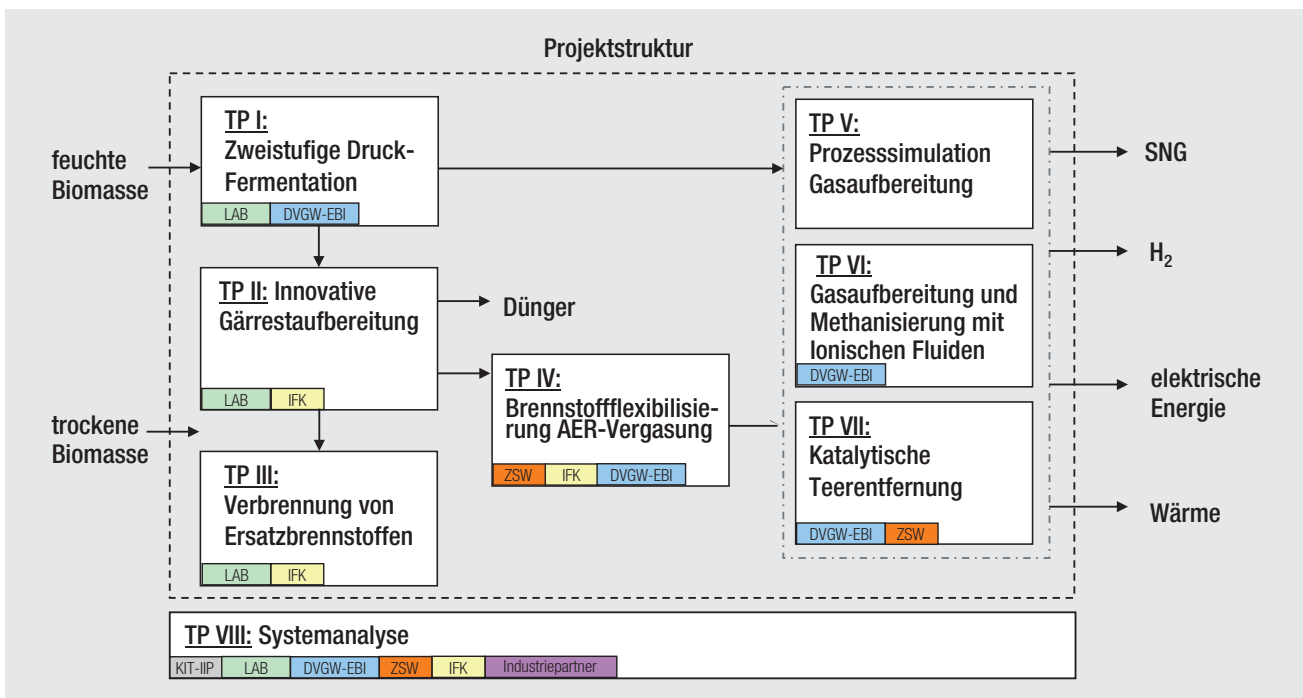
DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) (DVGW-EBI)
Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik, Universität Stuttgart (IFK)
Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion, Karlsruher Institut für Technologie (KIT-IIP)
Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie, Universität Hohenheim (LAB)
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)
EnBW Energie Baden-Württemberg AG
Mineralöelraffinerie Oberrhein GmbH & Co. KG (MiRO)
Technologieplattform Bioenergie und Methan GmbH & Co. KG (TBM)

Quelle: DVGW-EBI

stoffliche Gesamtnutzungsgrade der eingesetzten Biomasse zu erreichen, wurde ein „Poly-Generation“-Konzept mit den Hauptprodukten SNG und H₂ sowie ökologisch wie ökonomisch attraktiven Nebenprodukten wie Wärme, elektrische Energie, Ersatzbrennstoffe und Dünger verfolgt. Als Einsatzstoffe sollten neben anaerob vergärbare „feuchter“ Biomasse lignocellulosehaltige „trockene“ Biomassen wie beispielsweise Holz und Stroh zum Einsatz kommen. Neben der Maximierung des energetischen Gesamtwirkungsgrades stand eine möglichst flexible Einsetzbarkeit verschiedener Biomassen, insbesondere biogener Reststoffe, im Vordergrund des Projektes.

Projektübersicht

Im Rahmen von acht Teilprojekten wurden innovative Konversions- und Aufbereitungsverfahren untersucht und verschiedene Verschaltungsmöglichkeiten zwischen den einzelnen Verfahrensstufen identifiziert und systemanalytisch bewertet (Abb. 2). Das Projektkonsortium bestand aus fünf Forschungseinrichtungen und drei Industriepartnern (Tab. 1). Die Gesamtkoordination lag bei der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut. Die Fördersumme von 2,55 Mio. Euro wurde über das BMBF-Forschungsprogramm Bioenergie 2021 bereitgestellt.



Quelle: DVGW-EBI

Abb. 2: Projektstruktur

In **Teilprojekt I** wurde ein neuartiges, für die Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz optimiertes Fermentationsverfahren entwickelt, bei dem bereits bei der Fermentation ein Produktgas mit im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren deutlich erhöhtem Methangehalt erzeugt und zusätzlich bei erhöhtem Druck bereitgestellt wird. Durch diese Vorteile kann der Aufwand für die Gasaufbereitung und -einspeisung deutlich verringert werden, da insbesondere auf die energieintensive Biogasverdichtung entfällt oder minimiert werden kann.

Die bei der Fermentation anfallenden Gärreste weisen üblicherweise noch einen beträchtlichen Anteil des Brennwertes der eingesetzten Substrate auf und enthalten außerdem wichtige Nährstoffe, die als Dünger eingesetzt werden können. Da bei weiterer Intensivierung des Energiepflanzenanbaus (z. B. durch Mehrfruchtfolgen) und wachsenden Erzeugungsanlagengrößen das Ausbringen der unbehandelten Gärreste auf landwirtschaftliche Flächen sowohl ökologisch (Wasserschutz, Eutrophierung) als auch ökonomisch (ungenutzter Energiegehalt, Transportkosten) bedenklich ist, wurde in **Teilprojekt II** die Aufbereitung von Gärresten wissenschaftlich untersucht. Ziel war es, die Nährstoffe in Form von Flüssigdünger und die ligninreichen Reststoffe in Form eines kostengünstigen Brennstoffes für Vergasungs- und Verbrennungsprozesse zur Verfügung zu stellen.

In **Teilprojekt III** wurden Untersuchungen zum verbrennungstechnischen Verhalten von biogenen Ersatzbrennstoffen (z. B. aufbereitete Gärreste) angestellt, um daraus die Nutzungspotenziale und Anforderungen an technische Verbrennungssysteme abzuleiten.

Für die Erzeugung eines für unterschiedliche Anwendungsfälle geeigneten Synthesegases durch thermische Vergasung bietet sich das zweistufige AER-Vergasungsverfahren an, bei dem

ein flexibles CO/H₂-Verhältnis durch In-situ-Abtrennung von CO₂ an beispielsweise Kalk realisiert werden kann. In **Teilprojekt IV** wurde daher die Einsetzbarkeit von aufbereiteten Gärresten aus der Biogaserzeugung sowie weiteren biogenen Reststoffen (z. B. Landschaftspflegeholz) bei der AER-Vergasung untersucht.

Für die Aufbereitung der bei den genannten Prozessen erzeugten Gase (Biorohgas, Synthesegas und SNG) stehen zahlreiche etablierte und neuartige Verfahren zur Verfügung. Um in Abhängigkeit von den qualitativen und quantitativen Anforderungen optimale Verschaltungskonzepte (stofflich, energetisch) identifizieren zu können, wurden diese in **Teilprojekt V** im Rahmen von Prozesssimulationen abgebildet und die für eine aussagekräftige Systemanalyse notwendigen Daten generiert.

In **Teilprojekt VI** wurde der Einsatz von ionischen Fluiden bei der Aufbereitung von Biorohgas- und bei der SNG-Aufbereitung (als (Gas-)Waschmittel) sowie bei der katalytischen Methanisierung von Synthesegas (Wärmeträgermedium, (Gas-)Waschmittel) untersucht. Durch die Untersuchung dieser innovativen Verfahrenskonzepte konnte ihr Potenzial zur weiteren Prozessintensivierung überprüft werden. Außerdem wurden wichtige verfahrenstechnische Auslegungsdaten für die Umsetzung zu großtechnischen Prozessen gewonnen.

Bei der Biomassevergasung stellt die Beseitigung von Teeren einen wichtigen Teilaspekt, insbesondere für die Nutzung des Rohsynthesegases in Katalyseverfahren, dar. Für die Teerentfernung existieren kommerziell bisher nur Verfahren auf der Basis von Wäschen. Die angestrebte Heißgasreinigung ist bisher noch nicht im Großmaßstab umgesetzt. Im Rahmen von **Teilprojekt VII** wurden mögliche Verfahren zur katalytischen Umwandlung von Teeren durch Reformierung untersucht.

Fragen zur ökonomischen, ökologischen und nachhaltigen Umsetzung

des vorgestellten Raffineriekonzeptes wurden in einer Systemanalyse in **Teilprojekt VIII** bearbeitet.

Ausblick

Die untersuchten neuartigen Verfahrenskonzepte weisen großes Potenzial für weiterführende Entwicklungen auf. Diese umfassen einerseits sowohl weitere Grundlagenuntersuchungen als auch den Aufbau und Betrieb von Technikums- oder Pilotanlagenmaßstab als Vorstufen zu einer Kommerzialisierung. Im Bereich der Druckfermentation (TP I) wurde ein Folgevorhaben gestartet (Autogenerative Two-Phase High Pressure Fermentation (AG-HiPreFer – Integrative Biogaserzeugung und Aufbereitung zur Einspeisung in Hochdruck-Erdgasnetze), das ebenfalls vom BMBF gefördert wird und einen Druckbereich bis 100 bar abdecken soll. ■

Die Autoren

Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Frank Graf ist Bereichsleiter „Gastechnologie“ an der DVGW-Forschungsstelle in Karlsruhe.

Dr. Susanne Hinz ist Leiterin Fachinformation bei der DVGW-Hauptgeschäftsführung, Bereich Kommunikation, in Bonn.

Kontakt:

Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Frank Graf
DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)
Gastechnologie
Engler-Bunte-Ring 1
76131 Karlsruhe
Tel.: 0721 96402-21
E-Mail: graf@dvgw-ebi.de
Internet: www.dvgw-ebi.de

Dr. Susanne Hinz
DVGW-Hauptgeschäftsführung
Bereich Kommunikation
Josef-Wirmer-Str. 1-3
53123 Bonn
Tel.: 0228 9188-610
E-Mail: hinz@dvgw.de
Internet: www.dvgw.de