

W

Deutscher Bundestag ■ Wissenschaftliche Dienste

Biokraftstoffe der zweiten Generation

- Ausarbeitung -



Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages

Verfasser: [REDACTED]

Biokraftstoffe der zweiten Generation

Ausarbeitung WD 135/06

Abschluss der Arbeit: 12.06.2006

Fachbereich WD 5: Wirtschaft und Technologie;
Verbraucherschutz, Ernährung und
Landwirtschaft; Tourismus

Telefon: [REDACTED]

Ausarbeitungen und andere Informationsangebote der Wissenschaftlichen Dienste geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Die Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste sind dazu bestimmt, Mitglieder des Deutschen Bundestages bei der Wahrnehmung des Mandats zu unterstützen. Der Deutsche Bundestag behält sich die Rechte der Veröffentlichung und Verbreitung vor. Diese bedürfen der Zustimmung des Direktors beim Deutschen Bundestag.

Inhaltsverzeichnis		Seite
1.	Einleitung	4
2.	Erste und zweite Generation von Biokraftstoffen im Vergleich	5
3.	Biomasse-Bereitstellung	6
3.1.	Biomass to Liquid – Kraftstoffe (BTL)	8
3.1.1.	Konversion	8
3.1.2.	Verwendung/Markteinführung	9
3.2.	Biomethanol	10
3.2.1.	Konversion	10
3.2.2.	Verwendung, Markteinführung	11
4.	Öffentliche Förderung	12

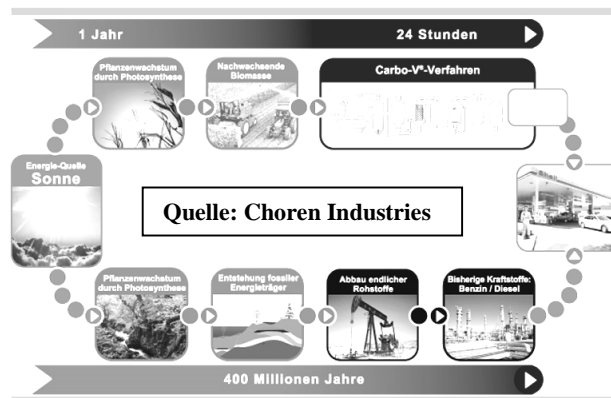


1. Einleitung

Übereinstimmend wird in der Branche der Erneuerbaren Energien der Biomasse das größte Potenzial aller regenerativen Energiequellen zuerkannt. Als weitere große Vorteile gelten ihre Vielseitigkeit, d.h. Umwandlungsfähigkeit in Wärme, Strom und Kraftstoffe, sowie ihre Lagerfähigkeit.

In Abhängigkeit von Variablen wie z.B. der klimatischen Bedingungen, der Anteile von städtischen und ländlichen Räumen und der mehr oder weniger effizienten Art und Weise des Energieeinsatzes in Wirtschaft, Haushalten und Verkehr schwanken die längerfristigen Prognosen zum Anteil der Biomasse an der Versorgung der Industrieländer mit Primärenergie. In Deutschland gehen die Schätzungen des technischen Potenzials bis zu 100 % des Energiebedarfs. Das wirtschaftliche und agronomisch sinnvolle Potenzial der

Biomasse könnte Werte bis zu 50% der künftigen Energieversorgung erreichen. 70% der hierzu notwendigen Energiemenge könnten aus landwirtschaftlichen Rohstoffen gewonnen werden. Der kleinere Anteil würde aus der Forst-



wirtschaft, von vegetationsbedeckten Flächen entlang der Verkehrswege und aus Siedlungsabfällen kommen. Dieses Szenario setzt im Verkehrssektor unabdingbar die Entwicklung und Markteinführung von „Biokraftstoffen der zweiten Generation“ voraus. Die Potenziale der sog. „ersten Generation“, die in Deutschland von Biodiesel und naturbelassenen Pflanzenölen (speziell Raps) dominiert wird, reichen – auch bei forciertem Ausbau des auf Zuckerrüben und / oder Mais und anderem Getreide aufbauenden Ethanol-Pfades - im wirtschaftlich und agronomisch sinnvollen Maximum nicht aus, um das in der EU vereinbarte Ziel eines Anteils der Biokraftstoffe im Verkehr von 5,75%¹ wesentlich zu übertreffen. Die in den vergangenen Jahren verstärkt wahrnehmbare Debatte über den sparteninternen Abgleich der verschiedenen Produktlinien nach Maßgabe von Energie- und Umweltbilanzen sowie der Verteilung der Wertschöpfung hat ebenso

¹ Richtlinie 2003/30/EG vom 8. Mai 2003 zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor (ABl. L 123 vom 17.5.2003)

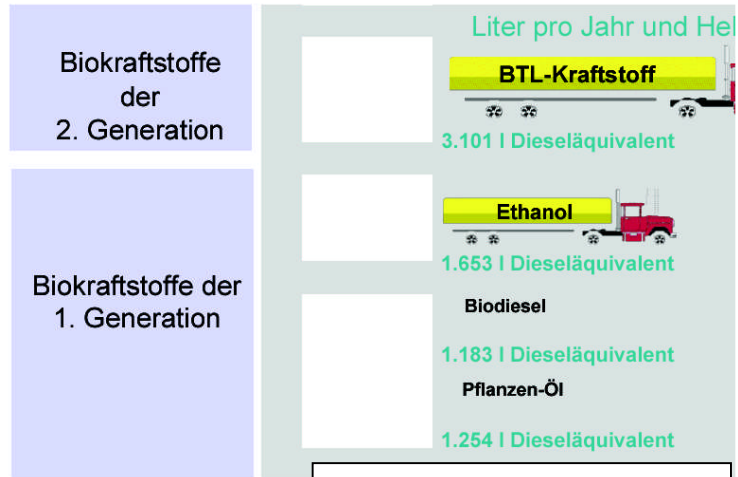


dazu beigetragen, die Biokraftstoffe der zweiten Generation in den Vordergrund zu rücken, wie die Diskussion um Mineralölsteuern und Agrarsubventionen.

2. Erste und zweite Generation von Biokraftstoffen im Vergleich

Die Energiebilanzen von Biokraftstoffen der ersten und der zweiten Generation wie auch die absolute Energieausbeute pro Flächeneinheit weisen erhebliche Unterschiede auf. Die Energieausbeute pro Hektar erreicht bei der Synthetisierung von Kraftstoffen aus Biomasse das zweieinhalb- bis dreifache der pflanzenöl- oder stärkebasierten Kraft-

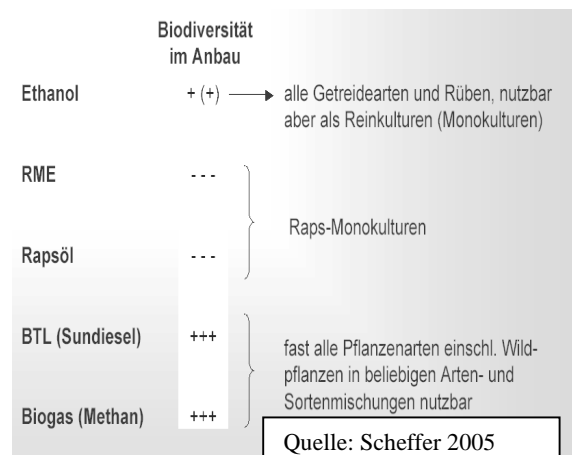
Biogene Flüssigkraftstoffe im Vergleich



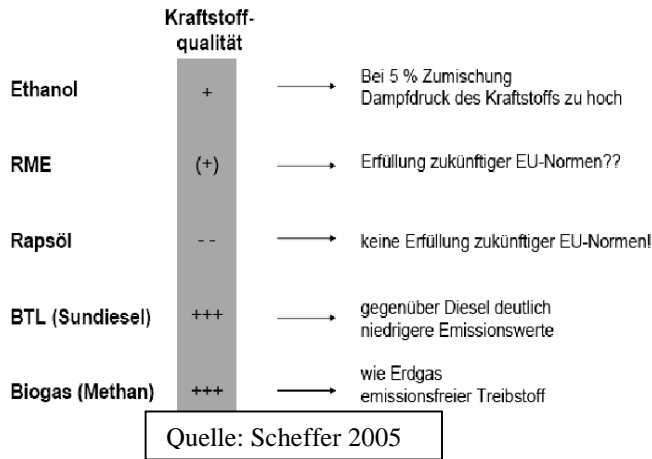
Quelle: Helmholtz-Gesellschaft 2006

stoffherstellung. Das input- /output- Verhältnis bei Pflanzenölen und Biodiesel liegt im Schnitt bei Werten von 1,2. Bei ungünstigen Witterungsbedingungen kann die Energiebilanz auch negativ werden. Entscheidend hierfür ist, dass in der ersten Generation nur die Ölsaaten bzw. die zucker- und stärkehaltigen Pflanzenteile verwertet werden. In der zweiten Biokraftstoffgeneration werden hingegen die ganzen Pflanzen, also auch Gras und Strauchvegetation bzw. die Reste aus der Getreideproduktion verwendet. Düngung und Pflanzenschutz, wie sie etwa bei Raps und Zuckerrüben massiv eingesetzt werden müssen, können hierbei weitestgehend entfallen.

Auch die Bewertung nach umweltbezogenen Kriterien zeigt deutliche Vorteile der zweiten Biokraftstoffgeneration auf. Die Verfeinerung der konventionellen Antriebe und die kaum vermeidbaren Qualitätsstreuungen bei Biodiesel haben zum Nachlassen des Interesses seitens der Motorenhersteller geführt. In der Pra-



Quelle: Scheffer 2005

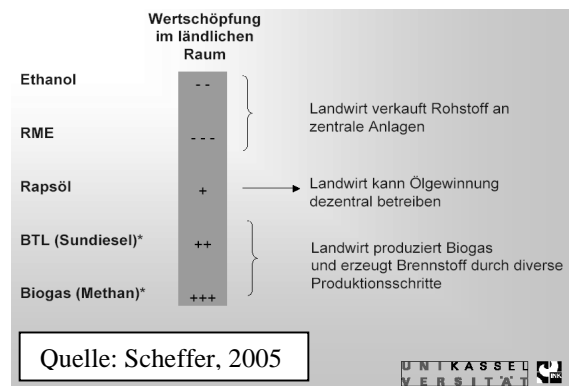


xis des Einsatzes von BTL-Kraftstoffen ergibt sich ein um 40% verringerter Ausstoß von unverbrannten Kohlewasserstoffen, Kohlenmonoxid und Russpartikeln. Allerdings muss auch ein leichter Leistungsverlust hingenommen werden.

Nicht zuletzt spricht für die zweite Generation von Biokraftstoffen, dass sie auch bei Bereitstellung größerer Volumina nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion treten, sondern Rohstoffe, die bisher als Abfälle behandelt wurden, und / oder Ganzpflanzen von Stilllegungsflächen und Brachen nutzen.

Quelle: Scheffer (2005)

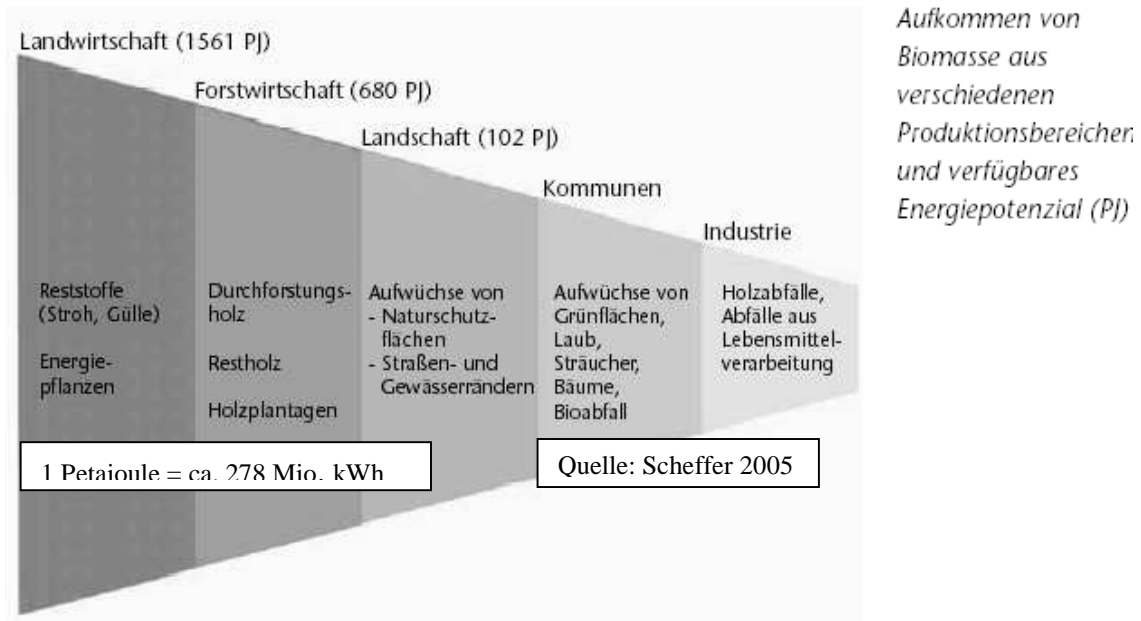
Im Rahmen der Konzepte zur Entwicklung der ländlichen Räume ist die Betrachtung der Wertschöpfungsketten von besonderer Bedeutung. Da die zweite Generation der Biokraftstoffe in jedem Fall über die Vergasung von Biomasse führt, werden Landwirte bei deren Erzeugung profitieren können.



3. Biomasse-Bereitstellung

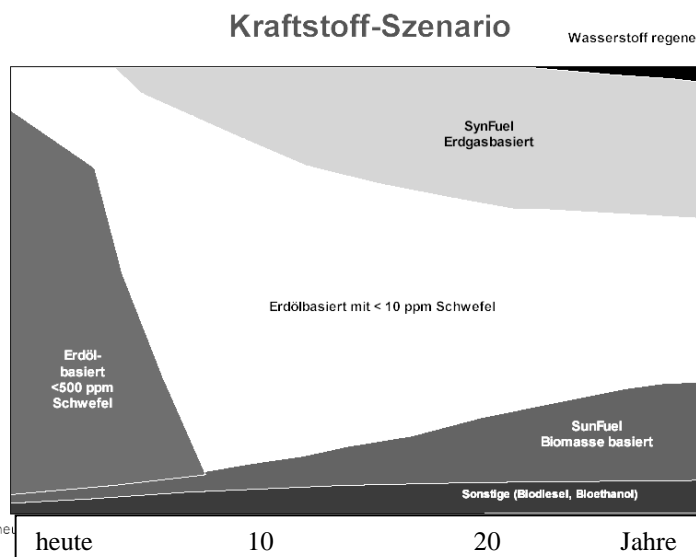
Die technischen und ökonomischen sowie agronomisch sinnvoll nutzbaren Energiepotenziale der Biomasse summieren sich in Deutschland zu ca. 3 Gigajoule. Dies entspricht etwa 25 % des Primärenergieverbrauchs. Zu welchen Anteilen das Potenzial schließlich für die Wärmeengewinnung, die Stromerzeugungen und für Kraftstoffe im Verkehrssektor mobilisiert wird, hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, nicht zuletzt von der Gestaltung des Förderrahmens für Bioenergien. Im Fall der Biokraftstoffe stellt sich dazu insbesondere die Frage nach der künftigen Einbeziehung in die Mineralölbesteuerung in Verbindung mit der Entwicklung der Rohöl- und Benzinpreise.

Davon zunächst unabhängig beruhen die Potenzialschätzungen auf neuen Formen der optimierten Biomasseerzeugung. Choren-Industries, Daimler-Chrysler und Volkswagen



unterstellen bei ihren Schätzungen zur Marktdurchdringung mit BTL-Kraftstoffen die Realisierung des an der Universität Kassel/Witzenhausen entwickelten sog. Zweinutzungskonzepts. Hierbei werden pro Jahr zwei Kulturen hintereinander auf der gleichen Fläche angebaut, jeweils bereits grün geerntet und daraufhin einsiliert. Die jeweils winterharte Kultur (z.B. Wintergetreide, Raps, Wintererbsen) wird im Oktober gleich nach der Ernte der vorhergehenden Frucht ausgesät. Im Mai erfolgen dann bereits die Ernte, anschließend die Aussaat einer schnell wachsenden, Wärme liebenden Kultur wie beispielsweise Mais, Sonnenblumen oder Zuckerhirse. So kann die gesamte Vegetationszeit optimal ausgenutzt werden, was zu besonders hohen Biomasseerträgen führt. Geerntet wird grün, d.h. also vor Ausreifung der Körner.

Da die erzeugte Biomasse bei diesem Konzept nicht trocken, sondern mit einem Wassergehalt von rund 65 % anfällt, ist eine Aufbereitung notwendig. Optimal ist in diesem Zusammenhang die gekoppelte Festbrennstoff/Biogas-Erzeugung: Die Silage wird über eine Presse in einer flüssigen und einen festen Bestandteil getrennt. Der flüssige Teil wird einer Biogasanlage zugeführt und mit einem äußerst hohen Wirkungsgrad bei gleich-zeitig niedriger



Quelle: FZK – Helmholtz-Gemeinschaft 2006



Verweilzeit in Biogas umgewandelt. Das Biogas kann dann in einem Blockheizkraftwerk zur Stromerzeugung genutzt werden. Der Strom wird ins öffentliche Stromnetz eingespeist. Die bei der Verstromung anfallende Abwärme wird genutzt, um den Pressrückstand weiter zu trocknen, und so einen universalen Festbrennstoff herzustellen, der als Rohstoff zur Sundiesel-Erzeugung genutzt werden kann.

Aus diesem Konzept ergibt sich somit eine diversifizierte Nutzung, bei der die Relationen zwischen Wärme, Strom und Kraftstoff einerseits über die Volumina der anfallenden Bestandteilen gesteuert werden.

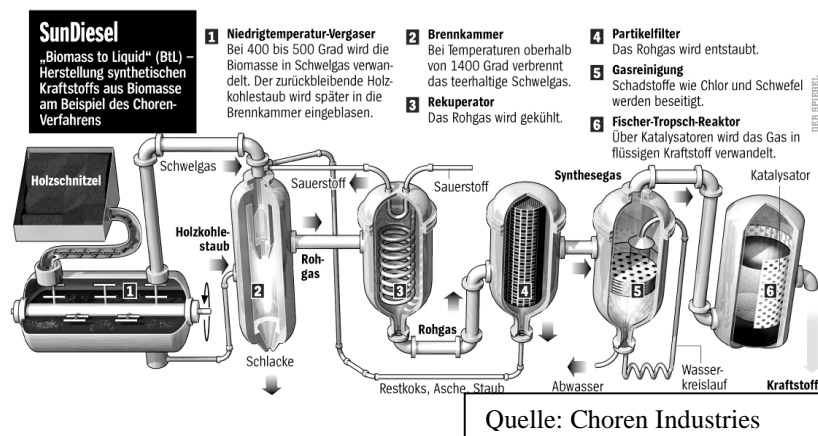
Andererseits steht die Menge der für Sundiesel genutzten Bestandteile in Funktion der Preise für fossilen Kraftstoff und der künftigen Mineralölsteuersätze.

Prinzipiell gilt zwar, dass wegen der Konversionsverluste bei BTL und Biomethanol, die ca ¼ des Energiegehalts betragen, Biomasse am effizientesten in der Wärmeerzeugung bzw. der gekoppelten Stromerzeugung einzusetzen ist. Da aber Windenergie, Solarenergie und Geothermie nicht im Verkehrssektor einsetzbar sind und diesem somit bis auf weiteres keine Alternativen bei den Anstrengungen zur Substitution fossiler Treibstoffe zur Verfügung stehen, erscheint die gängige Schätzung des Anteils am längerfristigen Kraftstoffmix in Höhe von 25 % plausibel.

2.1. Biomass to Liquid – Kraftstoffe (BTL)

2.1.1. Konversion

BTL-Kraftstoffe werden - im Gegensatz zu dem aus Pflanzenöl gewonnenen Biodiesel - aus fester Biomasse (Holz, Stroh, Bioabfall, Tiermehl, Schilf), also aus Zellulose bzw. Hemizellulose synthetisiert. Die Verarbeitung beginnt mit der Trock-



nung der Biomasse. Als Ausgangsmaterial finden sowohl Biomasseabfälle, wie Stroh oder Restholz, als auch speziell für die Kraftstofferzeugung angebaute Nutzpflanzen Verwendung. Die getrocknete Biomasse wird anschließend zu Biogas umgewandelt, wobei zuerst bei ca. 450 °C die Biomasse in Koks und teerhaltiges Schwelgas zerlegt wird. Während der Biokoks ausgeschleust und zermahlen wird, erfolgt bei ca. 1500 °C eine Flugstromvergasung, so dass die längerkettigen Kohlenwasserstoffe des Schwelgases in einfache Moleküle und damit in ein teerfreies Gas zerlegt werden können. Die hohe Temperatur dieses Gases wird anschließend benutzt, um den ausgeschleusten Biokoks bei nun 900 °C ebenfalls zu vergasen. Das damit entstandene Rohgas ist teerfrei und nach dem Entstauben und Waschen von gleicher Qualität wie Erdgas. Anschließend erfolgt die Verflüssigung nach der von Shell entwickelten „Shell Middle Distillate Synthesis“, einem weiterentwickelten Fischer-Tropsch-Verfahren²,

2.1.2. Verwendung/Markteinführung

Prinzipiell können mit der BTL-Herstellung, die aus einer Kombination mehrerer Verfahrensschritte besteht, verschiedenste Kraftstoffsorten erzeugt werden. Das können neben herkömmlichen Kraftstoffersatzstoffen auch vollkommen neu entwickelte und auf moderne Motoren abgestimmte Kraftstoffe sein. Allgemein werden diese Kraftstoffe häufig unter dem Begriff „SunFuel“ zusammengefasst.

Im ersten Schritt wird zur Zeit die Produktion von Dieselmotorkraftstoff eingerichtet. Dieser Sundiesel[®], dessen Entwicklung seitens der Industrie von Volkswagen und Daimler-Chrysler und Shell gefördert wird, nutzt die gleiche Infrastruktur wie herkömmliche Mineralölkraftstoffe. Er kann ohne Anpassung der Aggregate alternativ zum fossilen Diesel getankt, bzw. diesem in Raffinerien beigemischt werden. BTL-Kraftstoff ist frei von Schwefel und Aromaten. Durch die Steuerung des Synthese-Prozesses kann der Treibstoff gezielt auf niedrige Stickoxid- und Russmissionenwerte "eingestellt" werden. Der Einsatz von BTL-Kraftstoff erfordert keine oder nur geringfügige Änderungen am Verbrennungsmotor und keine speziellen Zuleitungen, was einen erheblichen Vorteil gegenüber dem Einsatz von Rapsmethylester (Biodiesel) verspricht.

Derzeit werden bei der deutschen „Choren Industries GmbH“ zu Demonstrationszwecken täglich einige hundert Liter BTL-Kraftstoff hergestellt. Im August 2005 hat Choren mit dem Mineralölkonzern Shell vereinbart, in Freiberg / Sachsen vereinbart die

² Deutsche Entwicklung aus den 20-er Jahren zur Herstellung von flüssigen Kraftstoffen aus Kohle. Shell produziert in Malaysia Flüssigtreibstoff aus Erdgas und mischt ihn seiner Marke V-Power bei.



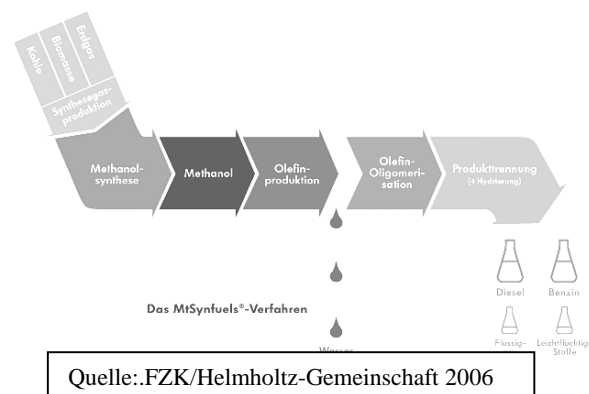
weltweit erste großtechnische Fertigungsanlage für 15.000 Tonnen BTL-Kraftstoff / Jahr zu errichten. Die Anlage soll Ende 2006 in Betrieb gehen und zu Kosten von 1,0 Euro je Liter Treibstoff produzieren. Daimler-Chrysler und VW werden diese Produktion zur Erstbetankung ihrer Neu-PKW abnehmen.

Der nächste Schritt soll dann im Jahr 2009 mit einer Anlage in Lubmin zur Produktion von 200.000 Tonnen BTL-Kraftstoff im Jahr unternommen werden. Hierbei sollen die Herstellungskosten auf 0,60 Euro je Liter Treibstoff sinken und damit in der Größenordnung von Biodiesel aus Raps liegen. Shell beteiligt sich seit 2005 und wird die Verflüssigungstechnik und das Vertriebsnetz stellen. Mit der anlaufenden Massenproduktion soll der Anteil von GtL (Gas To Liquids: Umwandlung von Erdgas in flüssige synthetische Produkte), das nicht so klimaneutral verbrennt wie SunDiesel, an der Kraftstoffmarke "V-Power" durch BTL ersetzt werden. Später soll der Anteil auf bis zu 20% gesteigert werden.

2.2. Biomethanol

2.2.1. Konversion

Methanol wurde schon im 17. Jahrhundert durch Erhitzen unter Luftabschluss, (Pyrolyse) aus Laubholz gewonnen (Holzgeist). Heutzutage wird Methanol großtechnisch aus



Synthesegas aus fossilen Rohstoffen hergestellt. Diese können – je nach Verfügbarkeit – durch vergaste Biomasse als Ausgangsstoff ersetzt werden. Die Vergasung kann in diesem Fall dezentral, d.h. in räumlicher Nähe zum Biomasseaufkommen stattfinden, was im Vergleich zum BTL-Herstellungsprozess Transportkostenvorteile und ggf. eine breiter verteilte Wertschöpfung bedeutet.

Das mit Mitteln des BMELV entwickelte Slurry³ – Konzept ergänzt in diesem Sinne die Bereitstellung auf dem Biomethanolfad. Durch Verdichtung der Bioenergie sinken die Transportkosten des Rohstoffs im Vergleich zum BtL-Verfahren erheblich. Die Auf-

³ Slurry = Schlamm - pump- und transportfähiges Gemisch von Biokoks und Pyrolyseflüssigkeit.

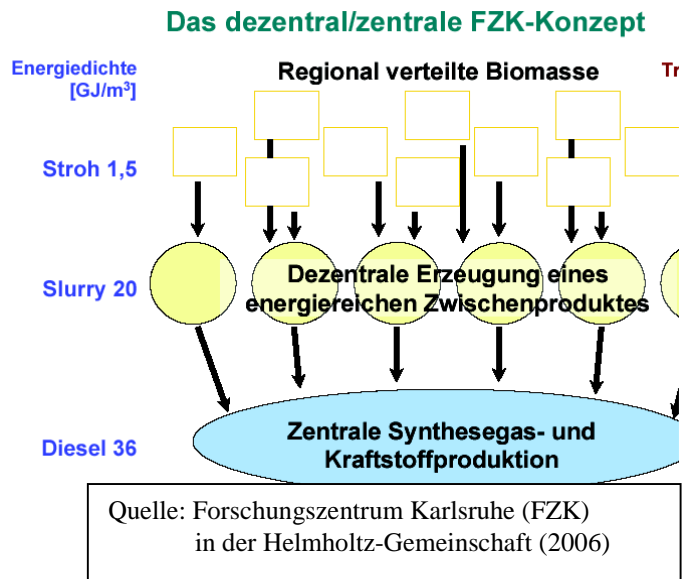


bereitung in Nähe zur Erzeugung steigert den Anteil des ländlichen Raums an der Wertschöpfung.

2.2.2. Verwendung, Markteinführung

Methanol kann in vier verschiedenen Varianten als Kraftstoff eingesetzt werden:

In einer elektrischen Brennstoffzelle, durch direkte Verbrennung von Methanol, durch Veresterung von Methanol mit Rapsöl (Biodiesel), und durch Umsetzung von Methanol zur Totalsynthese hochoktaniger Kraftstoffe an sog. Zeolith-Katalysatoren. Durch das MTG-Verfahren (Methanol to Gasoline) kann auch Erdgas über das Zwischenprodukt Methanol zu hochoktanigen Kraftstoffen umgesetzt werden. Eine Pilotanlage mit einer Produktionsleistung von 1.700 t Kraftstoff pro Tag wurde bereits von TOTAL in Neuseeland errichtet. Zusammen mit dem MTO - (Methanol to Olefines) und dem MTA Methanol to Aromats) Verfahren sowie dem Shell Gas-ToLiquids (GtL) Prozess stehen viele wichtige petrochemische Grundstoffe auf synthetischem Weg aus Rohstoffen wie Erdgas und Kohle zur Verfügung, deren Bereitstellung geringeren (politischen) Risiken unterliegt, als dies bei Rohöl der Fall ist. Erste Produkte der vollsynthetischen Produktion von hochwertigen Kraftstoffen sind unter anderem unter Markennahmen wie „V-Power“ und „Ultimate“ an der Zapfsäule erhältlich. Methanol weist gegenüber Erdgas den Vorteil auf, dass es als Flüssigkeit gut speicherfähig und transportabel ist. Ferner kann es in DMFC-Brennstoffzellen direkt in elektrische Energie umgesetzt werden. Das Synthesegas aus fossilen Grundstoffen kann mit relativ geringfügigen Modifikationen und in Analogie zum oben beschriebenen BTL Produktionspfad durch Biogas ersetzt werden, das wiederum aus jeglicher Art von Biomasse gewonnen werden kann.



3. Öffentliche Förderung

Der Anbau von Biomasse als nachwachsender Rohstoff wird sowohl über die Flächenprämien von durchschnittlich 270 € /ha als auch über die Prämie für Energiepflanzen auf Stilllegungsflächen in Höhe von 45 € pro Hektar und Jahr (Stand 2005) gefördert. Diese Zahlungen werden aus den Mitteln der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (Direktzahlungen, erste Säule der GAP) geleistet. Die zum beschriebenen Bereitstellungskonzept angestellten ökonomischen Betrachtungen stellen längerfristig auf eine subventionsfreie Biomasse-Produktion ab und gehen davon aus, dass eine nach Maßgabe der Marktdurchdringung degressiv gestaltete Förderung Kompensation durch die zusätzlich erschlossenen Einkommensquellen von Land- und Forstwirtschaft erfährt.

Die im beschriebenen Bereitstellungskonzept anfallende Stromerzeugung wird mit Vergütungsätzen nach dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) vergütet.

Die in Deutschland bis 2009 bewilligte Befreiung von Biokraftstoffen von der Mineralölsteuer ermöglicht laut Choren-Industries bei Dieselpreisen von 0,85 €/l an der Tankstelle eine „auskömmliche Produktion“ von Sundiesel. Erweiterungs-Investitionen seien allerdings nur möglich, wenn „umgehend für den Zeitraum nach 2009 eine Anschlussregelung verabschiedet wird⁴.“ Laut Eckpunktepapier der Bundesregierung vom April 2006 soll es nunmehr für die in Entwicklung befindlichen Biokraftstoffe der zweiten Generation eine steuerliche Förderung bis zum Jahr 2015 geben. Diese soll degressiv ausgestaltet werden, d.h. dass ab 2010 eine Besteuerung eingeführt wird, die so bemessen ist, dass keine Überkompensationen entstehen. Ob die Biokraftstoffe der zweiten Generation ab 2016 auch bei voller Besteuerung konkurrenzfähig sind, hängt nicht nur von der weiteren Entwicklung von Technik und Infrastruktur ab. Die nötige Investitionstätigkeit wird sich vor allem an den Prognosen zur Entwicklung der Erdöl- und Gaspreise orientieren.



⁴ Quelle: <http://www.choren.com/de/faq/>

Literatur:

Konrad Scheffer, Universität Kassel/Witzenhausen: Bereitstellungskonzepte von Biomasse für die Kraftstoffproduktion, 7.EUROSOLAR-Konferenz, Februar 2005, Bonn

Eckhard Dinjus, FZK in der Helmholtz-Gemeinschaft: Das Karlsruher BIOLIQ-Konzept - Überwindung von Hürden einer großtechnischen Biomassenutzung, 8. Eurosolar-Konferenz Bonn, März 2006

Konrad Scheffer, Universität Kassel / Witzenhausen: Wege zur Steigerung der Flächen- und Konversionseffizienz bei der Nutzung von Biomasse, Eurosolar Konferenz Bonn, März 2006

Jürgen Zeddies, Universität Hohenheim: Nachwachsende Rohstoffe für den Energiesektor, Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Marktforschung und Agrarpolitik, 2004, Heft 5, S. 189 ff.

[REDACTED]: Biomassepotenziale in Deutschland, Ausarbeitung der Wissenschaftlichen Dienste beim Deutschen Bundestag, Februar 2005, Berlin