

# Kosten und Potenziale von alternativen Kraftstoffen auf der Basis von Biomasse und erneuerbarem Strom – Eine Fallstudie

## Alternative Fuels from Biomass and Green Electricity – A Case Study on Technical Potential and Fuel Production Costs

Von F. G. ALBRECHT und R.-U. DIETRICH\*

### Abstract

Reaching the European and German emission reduction targets for the transport sector will require huge amounts of alternative fuels replacing fossil fuels at least in the aviation and heavy cargo sector. These alternative fuels shall preferably be produced from renewable energy sources at competitive fuel production costs. In this work, promising process designs for the production of alternative fuels from biomass and green electricity by Fischer-Tropsch synthesis are investigated in terms of a detailed techno-economic assessment. Models of the Biomass-to-Liquid (BtL), Power-to-Liquid (PtL) and Power&Biomass-to-Liquid (PBtL) concepts were implemented in commercial flow-sheeting software and technically and economically optimized. The comparison of available renewable energy and carbon sources in Germany reveals that a considerable amount of alternative fuels can only be produced by utilizing the large potential of renewable electricity. Results from the case study show that the biomass specific fuel output of BtL plants can be increased by a factor between 3 and 4, if hydrogen is added to the system. As a consequence, the available biomass potential can be far better exploited. Fuel production costs highly depend on specific technical and economic framework conditions such as market prices for power and the plant capacity. PtL plants are characterized by lowest fuel production costs for small capacity plants and low electricity price, whereas PBtL plants have an advantage at large scale due to the economy of scale. However, additional research efforts are required to bring alternative fuels from biomass and power to market maturity.

### Kurzfassung

Die deutschen und europäischen Ziele zur CO<sub>2</sub>-Reduktion im Verkehrssektor erfordern den Einsatz von alternativen Kraft-

\* F. G. Albrecht, R.-U. Dietrich, German Aerospace Center, Institute of Engineering Thermodynamics, Stuttgart, Germany (E-mail: Friedemann.Albrecht@dlr.de). Nach einem Vortrag, gehalten anlässlich der DGfM-Fachbereichstagung »Konversion von Biomassen und Kohlen« vom 9. bis 11. Mai 2016 in Rotenburg a. d. Fulda.

stoffen in der Luftfahrt und dem Schwerlastverkehr. Diese alternativen Kraftstoffe müssen vorzugsweise aus erneuerbaren Rohstoffen und Energiequellen zu möglichst wettbewerbsfähigen Kosten hergestellt werden. In diesem Artikel werden einige vielversprechende Prozessvarianten für alternative Kraftstoffe, die Herstellung von Fischer-Tropsch-Kraftstoff aus Biomasse, Strom und CO<sub>2</sub>, techno-ökonomisch bewertet. Dazu wurde jeweils ein Biomass-to-Liquid (BtL)-Power-to-Liquid (PtL)- und Power & Biomass-to-Liquid (PBtL)-Konzept in Prozesssimulationssoftware abgebildet, energetisch optimiert und ökonomisch untersucht. Der Vergleich der Herstellungsoption alternativer Kraftstoffe zeigt, dass die Sektorkopplung zwischen Strom- und Kraftstoffmarkt erforderlich ist, um die gesetzten politischen Ziele bis 2020 zu erreichen. Die Ergebnisse der Fallstudie zeigen, dass bei gleichem Biomasseeinsatz die Kraftstoffausbeute im PBtL-Konzept um den Faktor 3 bis 4 erhöht wird. Dadurch kann das vorhandene nutzbare Biomassepotenzial effizienter eingesetzt werden. Die Kraftstoffherstellungskosten hängen zu einem hohen Grad von den ökonomischen Randbedingungen und der Anlagengröße ab. PtL-Anlagen haben Kostenvorteile bei niedrigem Strompreis und kleinen Anlagen, während PBtL-Anlagen aufgrund der Bedeutung von Skaleneffekten bei großen Anlagenkapazitäten zu den geringsten Herstellungskosten führen. Jedoch ist davon auszugehen, dass die Herstellungskosten alternativer Kraftstoffe unter Berücksichtigung des derzeitigen Ölpreises ohne politische Förderung nicht wettbewerbsfähig sein werden.

### 1 Einleitung

Die politische Zielsetzung einer langfristigen Dekarbonisierung des Transportsektors erfordert ein radikales Umdenken in allen Bereichen des Energiesystems. Derzeit stellen erdölbasierte Produkte wie Diesel, Benzin und Kerosin mit einem Anteil von mehr als 95 % der verbrauchten Primärenergie den mit Abstand wichtigsten Energieträger im Verkehrssektor dar [1]. Dies hat zur Folge, dass der Verkehrssektor für 25 % der gesamten Treibhausgasemissionen

(THG-Emissionen) in der Europäischen Union (ca. 2.350 Mio. t CO<sub>2</sub>) verantwortlich ist [2]. Zur Einhaltung des Zwei-Grad-Ziels der globalen Temperaturerhöhung haben die EU und die Bundesrepublik Deutschland als ihr Mitgliedstaat bindende Zielwerte für den Transportsektor für die Zeitspanne zwischen 2010 und 2020 definiert. Zum einen soll die Treibhausgasintensität von Kraftstoffen um 6 % sinken [3, 4], zum anderen sollen mindestens 10 % des Primärenergieverbrauchs des Transportsektors durch erneuerbare Energiequellen gedeckt werden [5], was einer Energiemenge von ca. 265 PJ/a entspricht [6]. Bei der Einhaltung dieser Ziele wurde ein besonderer Fokus auf der Vermeidung von indirekter Landnutzungsänderung gelegt [7], was den weiteren Ausbau der auf Energiepflanzen basierten Biokraftstoffe der ersten Generation stark begrenzt.

Während die Elektromobilität eine vielversprechende Alternative für den PKW-Individualverkehr darstellt, werden flüssige Kraftstoffe auch weiterhin im Luft- und Schwerlastverkehr benötigt werden [8]. Dies liegt an der geforderten hohen Energiedichte um eine zufriedenstellende Reichweite zu gewährleisten, an den hohen Kosten für die Anpassung existierender Infrastruktur sowie an den langen Entwicklungszyklen in der Luftfahrt. Aus den genannten Rahmenbedingungen lässt sich ein signifikanter Bedarf an alternativen Kraftstoffen ableiten. Abbildung 1 zeigt schematisch eine Auswahl der vielversprechendsten Ausgangssubstrate und Energiequellen, welche für die Herstellung alternativer Kraftstoffe in verschiedenen Syntheseverfahren (Fischer-Tropsch, Methanol-to-Gasoline etc.) in Frage kommen. Aus der Kombination von gegebenen Kohlenstoff- und Energiequellen lassen sich zwölf übergeordnete Optionen ableiten, welche untereinander qualitativ in Tabelle 1 verglichen werden. Als Vergleichskriterien wurden das technische Ausbaupotenzial für Deutschland, das THG-Minderungspotenzial gegenüber ölbasierten Kraftstoffen, die induzierte Landnutzungsänderung sowie der derzeitige technische Entwicklungsstand gewählt.

Das technische Ausbaupotenzial von Biokraftstoffen der ersten Generation (Option 1) wie Biodiesel oder Ethanol ist in Deutsch-