

Biomass-to-Liquid: Hoffnungsträger für eine umweltfreundliche mobile Zukunft?

BtL-Kraftstoffe können einen Beitrag für eine umweltfreundliche Mobilität leisten, dieser sollte aber nicht überschätzt werden. Aus Vorsorgegesichtspunkten empfiehlt es sich, die Forschungsaktivitäten in diesem Bereich weiter voranzutreiben.

Die in der Öffentlichkeit zunehmend wahrgenommenen Klimaveränderungen, insbesondere aber die Preisentwicklungen auf den fossilen Energiemärkten, haben zu politischen Zielsetzungen auf europäischer und nationaler Ebene geführt, Biomasse deutlich stärker als bisher zur Deckung des Energiebedarfs und somit zur Minderung der treibhausrelevanten Emissionen zu nutzen. Hierbei soll eine Konkurrenz mit der Produktion von Nahrungsmitteln so weit wie möglich vermieden werden.

Wesentliche politische Zielsetzungen finden sich beispielsweise in der EU-Biokraftstoffrichtlinie oder im EU-Aktionsplan für Biomasse bzw. in Deutschland im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Diese Instrumente zielen darauf ab, den Anteil erneuerbarer Energieträger an der Energieversorgung deutlich zu erhöhen. Dies betrifft sowohl den Wärme-, Strom- als auch den Kraftstoffsektor. Nimmt man die Zielsetzung der EU-Kommission für Biokraftstoffe ernst, bis 2010 ihren Beitrag an der Kraftstoffversorgung auf 5,75 Prozent oder gar längerfristig bis zum Jahr 2020 auf 20 Prozent zu erhöhen – 2006 lag der Anteil in der EU-25 bei rund 2 Prozent –, dann müssen hierzu neben den gezielt angebauten Energiepflanzen auch biogene Reststoffe, wie beispielsweise Stroh oder Waldrestholz, herangezogen werden. Um deren Nutzung für Biokraftstoffe zu fördern, werden in Deutschland die so genannten Biokraftstoffe der 2. Generation – hierunter fallen insbesondere synthetische Biomass-to-Liquid (BtL)-Kraftstoffe – im Energiesteuergesetz bis 2015 steuerlich begünstigt.

Neben einer verringerten Abhängigkeit von fossilen Energieträgern verfolgt die europäische Energiepolitik das Ziel, die Treibhausgasemissionen bis 2010 um 8 Prozent bzw. bis 2020 um mindestens 20 Prozent gegenüber dem Bezugsjahr 1990 zu

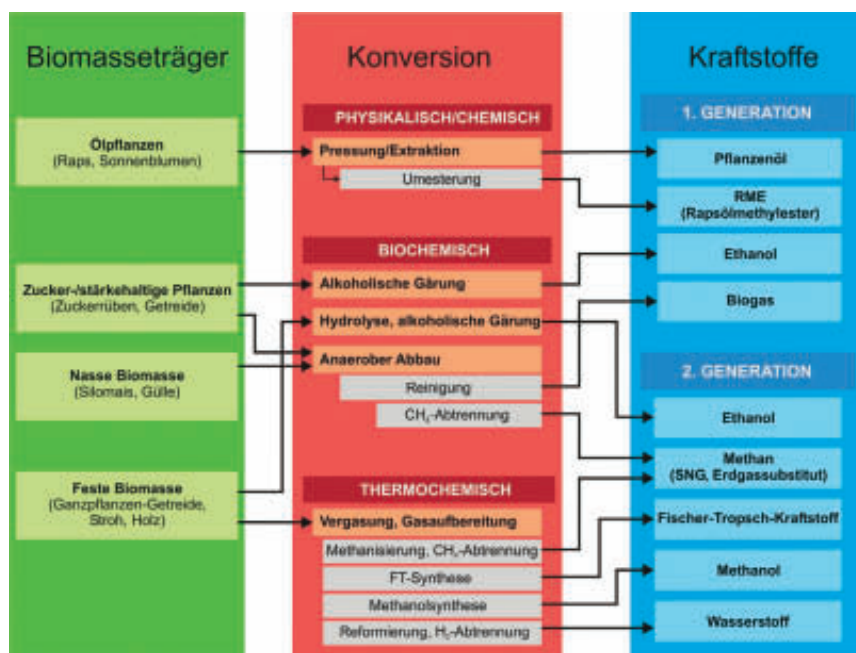


Abb. 1: Verschiedene Routen der Kraftstoffherzeugung aus Biomasse

Quelle: ITAS

reduzieren. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, inwieweit BtL-Kraftstoffe im mobilen Bereich einen Beitrag leisten können.

Pfade zur Herstellung von Biokraftstoffen

Für die Herstellung von Kraftstoffen aus Biomasse gibt es eine Vielzahl an Wegen und Möglichkeiten; ein Einblick ist ansatzweise in **Abbildung 1** wiedergegeben. Ausgehend von den nutzbaren Biomasse-Trägern und den zugrunde gelegten Konversionsverfahren lassen sich unterschiedliche biogene Kraftstoffe bereitstellen, die selbst wieder unterschiedliche Anforderungen an die nachgelagerte Infrastruktur der Kraftstoffverteilung und die motortechnische Nutzung stellen.

Die so genannten Kraftstoffe der 1. Generation – zu diesen zählen insbesondere Pflanzenöle, Rapsölmethylester (RME) und Ethanol – sind derzeit nahezu die einzigen Biokraftstoffe, die sowohl national als auch

international auf dem Markt verfügbar sind. So wurden beispielsweise in Deutschland 2007 durch diese Biokraftstoffe rund 7 Prozent des Bedarfs an Otto- und Dieselmotorkraftstoff gedeckt; hierfür kamen 0,7 Mio. Tonnen reines Pflanzenöl, 3,4 Mio. Tonnen RME („Biodiesel“) und rund 0,5 Mio. Tonnen Ethanol zum Einsatz.

Den genannten Biokraftstoffen der 1. Generation ist eigen, dass hierfür ölige bzw. zucker- und stärkehaltige Pflanzen angebaut werden und jeweils nur ein Teil der Pflanze (z. B. das Getreidekorn) über physikalisch/chemische bzw. biochemische Konversionsverfahren zur Kraftstoffgewinnung genutzt werden kann. Die hierbei eingesetzten Konversionsverfahren sind seit Langem bekannt und optimiert.

Im Gegensatz dazu ist die Bereitstellung von Kraftstoffen der 2. Generation – hierzu zählen BtL-Kraftstoffe, die nach dem Fischer-Tropsch (FT)-Verfahren hergestellt werden – nicht an gezielt angebaute Ener-

giepflanzen gebunden. Vielmehr können hierfür sowohl die gesamte Pflanze als auch unterschiedlichste biogene Rest- und Abfallstoffe eingesetzt werden. Von Vorteil ist hierbei ein hoher Flächenertrag an Lignocellulose, welche nach einer thermochemischen Konversion als Synthesegas für die anschließende Kraftstoffsynthese genutzt werden kann. Das Synthesegas kann darüber hinaus über weitergehende Schritte der Gasaufarbeitung und -konditionierung (z. B. Methanisierung oder Reformierung) zur Gewinnung von Methan als Erdgassubstitut (SNG, Substitute Natural Gas) oder auch von Wasserstoff eingesetzt werden. Hierbei ist die Verwendung von Methanol, Methan oder Wasserstoff keinesfalls auf Kraftstoffe beschränkt; sie könnten auch in Syntheseprozessen der chemischen Industrie Eingang finden. Während mit Blick auf den möglichen Realisierungshorizont die FT-Kraftstoffe noch zu den Kraftstoffen der 2. Generation gezählt werden, geht man bei Wasserstoff teilweise schon dazu über, diesen auf Grund der eher längerfristigen Realisierungsperspektiven als Kraftstoff der 3. Generation zu bezeichnen.

Die Verteilung der angeführten Biokraftstoffe anhand der gegebenen Verteilungsstruktur (Tankstellennetz) bereitet bei der Verwendung von RME, Ethanol oder BtL-Kraftstoff als Beimischungskomponente in Mineralölkraftstoffen bis zu gewissen Prozentanteilen in der Regel keine Probleme. Muss dagegen bei höheren Beimischungsanteilen oder gar bei der Verwendung als Reinkraftstoff ein separates Tankstellennetz aufgebaut werden, sind damit zusätzliche Kosten verbunden, die die Markteinführung deutlich erschweren. Darüber hinaus ist in unterschiedlichem Maße eine motortechnische Anpassung beim Nutzfahrzeug nötig, wobei der Aufwand hierfür in der Regel erhöht ist, wenn Biokraftstoffe in hohen Beimischungsanteilen oder gar in Reinform Verwendung finden sollen.

Das bioliq®-Verfahren des Forschungszentrums Karlsruhe

Vor dem Hintergrund des politisch geforderten Ausbaus der energetischen Nutzung von Biomasse verfolgt das Forschungszentrum Karlsruhe mit seinem bioliq®-Verfahren das Ziel, aschereiche Biomasse (z. B. Getreidestroh) über die Schnellpyrolyse und Vergasung für die Herstellung synthetischer BtL-Kraftstoffe und für eine chemische Nutzung zu erschließen. Durch die Schnellpyrolyse in regional verteilten Anlagen wird trockene

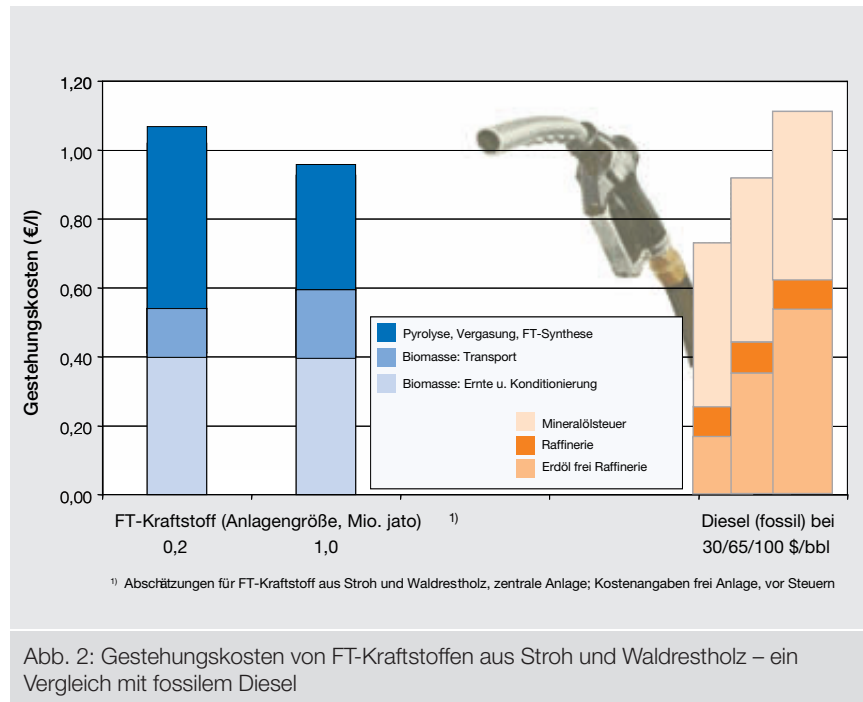


Abb. 2: Gestehungskosten von FT-Kraftstoffen aus Stroh und Waldrestholz – ein Vergleich mit fossilem Diesel

Quelle: FZK

Biomasse in Pyrolysekoks und -kondensate umgewandelt und daraus eine energiereiche Suspension – so genannte Slurries – mit Heizwerten bis 25 MJ/kg hergestellt. Diese pumpbaren Slurries können anschließend in Großanlagen über eine Flugstromvergasung zu synthetischen Kraftstoffen und anderen organischen Grundstoffen verarbeitet werden. Die Synthese konzentriert sich hierbei zunächst auf FT-Kraftstoffe und Methanol, ist aber für eine Vielzahl von Produkten offen.

Für die Schnellpyrolyse wurde ein Doppelschnecken-Mischreaktor ausgewählt, in dem die Biomasse mit heißem Sand bei 500 °C mechanisch fluidisiert und innerhalb von Sekunden pyrolytisch umgesetzt wird. Am Forschungszentrum Karlsruhe wird neben einer Laboranlage zur Untersuchung der Kinetik und des Pyrolyseverhaltens unterschiedlicher Biomassearten auch eine Technikumsanlage (10 kg/h Biomassedurchsatz) für Parameterstudien und zur Entwicklung von technischen Vereinfachungen und Verbesserungen betrieben. Im Rahmen des Baus einer Pilotanlage über den gesamten bioliq®-Prozess wurde nun zunächst die Pilotanlage zur Schnellpyrolyse (500 kg/h) fertig gestellt; diese wird derzeit in Betrieb genommen.

Mit der räumlichen Entkopplung von Schnellpyrolyse und Vergasung ist die Option gegeben, eine von der Größe der Vergasungsanlage unabhängige dezentrale Produktion von Slurries zu realisieren. Als ein weiterer Vorteil lassen sich mit dem anschließenden Transport der Slur-

ries zu einer großen zentralen Vergasungs- und Syntheseanlage logistische Vorteile erschließen – verglichen mit Strohballen haben Slurries eine um den Faktor 10 höhere volumetrische Energiedichte.

Zur Einordnung des bioliq®-Verfahrens in sein technologisches und ökonomisches Umfeld wurde vom Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) eine umfangreiche Systemanalyse durchgeführt und 2007 publiziert [1], die die Chancen der Bereitstellung von BtL-Kraftstoff, Strom und Wärme aus Stroh und Waldrestholz beleuchtet.

BtL-Kraftstoffe – Vorteile und Konkurrenzfähigkeit

Wesentliche Vorteile für BtL-Kraftstoffe werden sowohl bei deren Bereitstellung als auch Nutzung gesehen. Wie bereits angedeutet, ist die Herstellung von BtL-Kraftstoffen nicht – wie beispielsweise bei Biodiesel (RME) oder Ethanol – auf den Anbau von speziellen Energiepflanzen angewiesen, sondern es kann ein breites Spektrum an Rohstoffen zum Einsatz kommen. Sogar die gemeinsame Verwendung von Biomasse, Abfallstoffen und Kohle ist keineswegs ausgeschlossen. Die Herstellung muss somit nicht zur Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion führen, wie dies bei Biodiesel oder Ethanol der Fall ist, die auf den Anbau von Raps bzw. Weizen und Zuckerrüben angewiesen sind. Am Beispiel der Biodieselerzeugung aus Raps lässt sich verdeutlichen, dass mit BtL-Kraftstoffen höhere Kraftstoffträge pro

Hektar zu erzielen sind: Da bei Biodiesel nur die Rapssaat als Rohstoff genutzt werden kann, ist mit dieser Kraftstoffroute ein Ertrag von rund 1.500 Liter Dieselequivalent pro Hektar Ackerfläche möglich. Wird dagegen auf der gleichen Fläche Ganzpflanzengetreide oder Holz in Kurzumtriebsplantagen angebaut und zur BtL-Herstellung eingesetzt, können mehr als 3.000 Liter Dieselequivalent produziert werden. Will man auch mittelfristig noch über den Biomasseanbau auf Ackerflächen Biokraftstoffe bereitstellen, ist folglich die BtL-Produktion zielführender. Mit Blick auf die hierbei bestehende Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion dürfte dies aber keine nachhaltige Strategie sein; hier sollte vielmehr stärker auf Reststoffe aus der Land- und Forstwirtschaft gesetzt werden, wie beispielsweise Stroh und Waldrestholz.

Da es sich bei den BtL-Kraftstoffen um Synthesekraftstoffe handelt, können diese an die spezifischen Erfordernisse der Motoren angepasst werden. Da zur Synthese ein hochreines Synthesegas erforderlich ist, führt dies dazu, dass BtL-Kraftstoffe schwefelfrei sind und beispielsweise hinsichtlich der Partikelemissionen günstiger abschneiden als herkömmlicher Dieselmotorkraftstoff.

Die ökonomischen Abschätzungen von ITAS zur FT-Kraftstoffproduktion zeigen, dass dieser Kraftstoff je nach Anlagengröße bei einer gemeinsamen Nutzung von Stroh und Waldrestholz zu Kosten – ohne Berücksichtigung der Mineralölsteuer – von rund 1,10 € bzw. 0,95 € pro Liter frei Anlage bereitgestellt werden könnte (Abb. 2). Die vergleichbaren Bereitstellungskosten von fossilem Diesel frei Raffinerie liegen bei rund 0,45 € pro Liter und sind somit nur halb so teuer. Erst durch die Berücksichtigung der Mineralölsteuer wird beim Diesel das für FT-Kraftstoff angeführte Kostenniveau von rund 0,95 € pro Liter erreicht.

Die Ergebnisse zeigen weiter, dass der Verzicht auf die Mineralölsteuer bereits ab einem Rohölpreis von 65 \$/bbl ausreichend wäre, um den Wettbewerbsnachteil des FT-Kraftstoffs gegenüber fossilem Diesel vollständig auszugleichen. Ganz ohne Subventionen käme die Kraftstoffbereitstellung aus Stroh und Waldrestholz jedoch erst ab einem Rohölpreis von 130 bis 140 \$/bbl aus. Angesichts der Entwicklungen im Jahre 2008 können solche Rohölpreise in den nächsten Jahren keinesfalls als unwahrscheinlich eingestuft werden.

Beim Vergleich der FT-Kraftstoffgewinnung mit der Wärmeerzeugung aus Stroh und Waldrestholz wird jedoch deutlich, dass diese technisch ausgereifte Alternative näher an der Wettbewerbsfähigkeit ist bzw. diese bereits erreicht hat. So zeigen die Ergebnisse, dass schon heute die Wärmebereitstellung in der Regel nahezu ohne Subventionen auskommt.

Mit der Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare kann die Emission treibhausrelevanter Gase und somit der Treibhauseffekt reduziert werden – verkürzt spricht man hier von der CO₂-Minderung. Die damit verbundenen CO₂-Minderungskosten ergeben sich dann aus den Mehrkosten auf der einen Seite und der erzielten CO₂-Minderung gegenüber der fossilen Referenz auf der anderen Seite. Bei der Produktion von FT-Kraftstoffen aus Stroh und Waldrestholz liegen die CO₂-Minderungskosten in einem Bereich zwischen 250 und 350 €/t CO₂-Äq. Bei der Verstromung resultieren Kosten von unter 100 €/t CO₂-Äq. Am günstigsten lässt sich die CO₂-Minderung über die Wärmebereitstellung realisieren – hier fallen nahezu keine bzw. sogar negative CO₂-Minderungskosten an.

Welche Rolle können BtL-Kraftstoffe zukünftig spielen?

Um die Perspektive für BtL-Kraftstoffe einschätzen zu können, ist es hilfreich, sich zunächst ein Bild davon zu machen, welcher Kraftstoffbedarf derzeit in Deutschland besteht und welches Biomassepotenzial – bei vorsichtiger Schätzung – für die BtL-Produktion eingesetzt werden könnte. Im Jahr 2007 lag der Kraftstoffbedarf in Deutschland bei rund 51 Mio. Tonnen, davon rund 30 Mio. Tonnen Dieselmotorkraftstoff. Auf der anderen Seite haben wir in Deutschland pro Jahr in der Land- und Forstwirtschaft einen Biomasseaufwuchs von rund 210 Mio. Tonnen organischer Trockenmasse; dieser findet zum großen Teil in der Nahrungs-, Futtermittelproduktion, aber auch in der Holzindustrie Verwendung. Möchte man 10 Prozent – folglich rund 5 Mio. Tonnen – des Kraftstoffbedarfs allein über BtL abdecken, wären hierfür rund 30 Mio. Tonnen, folglich ein Siebtel des angeführten jährlichen Biomasseaufwuchses nötig. Diese 30 Mio. Tonnen entsprechen der gesamten Menge an Stroh und Waldrestholz, die in Deutschland potenziell für eine energetische Nutzung zur Verfügung steht. Diese einfache Abschätzung verdeutlicht, dass BtL-Kraftstoffe, allein mit Blick auf das zur Verfügung stehende

Biomassepotenzial, maximal einen einstelligen Prozentbeitrag zu unserer derzeitigen Kraftstoffversorgung beitragen könnten.

Ausgehend von den skizzierten Ausführungen zur Wettbewerbsfähigkeit und den CO₂-Minderungskosten im Bereich von 300 € pro Tonne vermiedenem CO₂ können die angeführten CO₂-Minderungskosten nur innerhalb des Verkehrssektors als „relativ günstig“ eingestuft werden, verglichen mit anderen technischen Varianten der CO₂-Minderung. Mit Blick auf die Verfolgung von BtL-Kraftstoffstrategien muss jedoch auch angeführt werden, dass sich hierbei über die Vergasung zusätzlich Wege eröffnen, die Biomasse – als Kohlenstoffträger – einer weitergehenden chemischen Nutzung zuzuführen.

Ob die Bereitstellung von BtL-Kraftstoffen in Deutschland in den nächsten zehn Jahren über den Pilot- bzw. Demonstrationsmaßstab hinauskommt und einen merklichen Beitrag zu unserer Mobilität leisten kann, ist fraglich. Dies sollte aber keinesfalls zum Fazit führen, solche Aktivitäten „unterkritisch“ anzugehen. Unter Vorsorgegesichtspunkten sollte vielmehr deren Machbarkeit demonstriert werden. Die daran anschließende Markteinführung muss dabei nicht zwangsläufig in Deutschland beginnen – Standorte mit preiswerterer Biomasse haben hier deutliche Vorteile.

Literatur:

Leible, L.; Kälber, S.; Kappler, G.; Lange, S.; Nieke, E.; Proplesch, P.; D. Wintzer, D.; Fühniß, B., 2007: Kraftstoff, Strom und Wärme aus Stroh und Waldrestholz – eine systemanalytische Untersuchung. Karlsruhe: Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe, FZKA 7170 [online verfügbar: <http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2007/leua07a.pdf>]

Autoren:

Dr. Ludwig Leible
Dipl.-Ing. Stefan Kälber
Dr. Gunnar Kappler

Kontakt:

Dr. Ludwig Leible
Forschungszentrum Karlsruhe ITAS
Postfach 3640
76021 Karlsruhe
Tel.: 07247 82-4869
Fax: 07247 82-4806
E-Mail: ludwig.leible@itas.fzk.de