

### **Bioenergie: Trends bei Biokraftstoffen**

Dr. Edgar Remmele, Technologie- und Förderzentrum (TFZ) im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing

(DLG). Biokraftstoffe sind durch die aktuelle Klimadiskussion in aller Munde. Heftig diskutiert wird derzeit, wie effizient der Beitrag von Biokraftstoffen aus Anbaubiomasse zum Klimaschutz ist, wie die nachhaltige Produktion von Biomasse für Biokraftstoffe sichergestellt werden kann, welche klima- und gesundheitsrelevanten Emissionen bei der Herstellung und Nutzung von Biokraftstoffen entstehen, welche technischen Barrieren der Biokraftstoffnutzung in Fahrzeugen entgegenstehen und wie die politischen Rahmenbedingungen gesetzt werden müssen, um die ambitionierten Ziele der „Klimaagenda 2020“ der Bundesregierung mit einem Anteil von 17 % Biokraftstoffen am Kraftstoffverbrauch im Jahr 2020 zu erreichen. Nicht zuletzt stellt sich die Frage, welchen Beitrag kurz- und mittelfristig die Biokraftstoffe der ersten Generation leisten müssen und was die Biokraftstoffe der zweiten Generation beitragen können.

#### **Biokraftstoffe der ersten und zweiten Generation**

Biokraftstoffe werden häufig unterteilt in Kraftstoffe der ersten und in Kraftstoffe der zweiten Generation. Zu den Biokraftstoffen der ersten Generation zählen Fettsäuremethylester (Biodiesel), Rapsölkraftstoff und Bioethanol (hergestellt aus stärke- oder zuckerhaltiger Biomasse). Kraftstoffe der ersten Generation zeichnen sich dadurch aus, dass sie bereits heute in nennenswerten Mengen verfügbar sind, die Technologien der Herstellung, Verteilung und Verwendung einen hohen Grad an Marktreife erlangt haben und dass unter heutigen Rahmenbedingungen meist die Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung und Verwendung gegeben ist. Biomethan (aufbereitetes Biogas) als Kraftstoff steht am Übergang zwischen der ersten und der zweiten Generation. Die Biokraftstoffe der zweiten Generation, wie zum Beispiel Biomass-to-Liquid-Kraftstoffe „BtL“, Bioethanol aus lignozellulosehaltiger Biomasse oder auch Biowasserstoff, befinden sich im Stadium der Forschung und Entwicklung und sind deshalb möglicherweise mittelfristige und langfristige Alternativen. Die Realisierbarkeit der Herstellung und Nutzung unter Berücksichtigung wichtiger Kriterien, wie Kosten, Energiebilanz und Ökobilanz ist derzeit noch nicht

abschließend bewertet. Tabelle 1 zeigt berechnete oder prognostizierte Produktions- und CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten für verschiedene Biokraftstoffe.

### **Fettsäuremethylester („Biodiesel“)**

Biodiesel nach der DIN EN 14214 wird als Reinkraftstoff „B100“ und als Blendkomponente „B5“ in 5 % Beimischung zu Dieselkraftstoff nach der DIN EN 590 eingesetzt. Im Jahr 2006 wurden nach Angaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit rund 2,8 Millionen t<sup>1</sup> Biodiesel in Deutschland verbraucht. Die Produktionskapazitäten in Deutschland wuchsen in den zurückliegenden 15 Jahren auf 3.567.500 t im Jahr 2006 an. Bis Ende des Jahres 2007 wird nach Angaben der Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. UFOP eine Produktionskapazität von etwa 5.000.000 t erwartet. Die nationalen Produktionskapazitäten übertreffen damit bei weitem die inländische Nachfrage. Nach Angaben der Biodiesel-Branche führten die Erhebung der Energiesteuer auf Biodiesel, steigende Rohstoffkosten und die vergleichsweise niedrigen Preise für fossilen Dieselkraftstoff zwischen September 2006 und März 2007 zu deutlichen Absatzeinbußen im Reinkraftstoffmarkt. Der Markt für Biodiesel als Blendkomponente stand zudem unter dem Preisdruck von Biodiesel-Importen. Deshalb wurden zum Teil die Produktion gedrosselt, Kapazitäten stillgelegt und geplante Investitionen nicht getätigt. Biodiesel als Reinkraftstoff ist für die meisten Endkunden nur attraktiv, wenn ein deutlicher Preisunterschied zu Dieselkraftstoff besteht, der Mehraufwendungen durch höheren Verbrauch und verkürzte Motorölwechselintervalle auffängt und darüber hinaus einen gewissen Kosteneinspareffekt erwarten lässt. Immer höhere Anforderungen an das Emissionsverhalten von Dieselmotoren ließen in jüngster Vergangenheit die Anzahl werksseitiger Freigaben für den Betrieb neuester Generationen an Pkw-Dieselmotoren mit Biodiesel als Reinkraftstoff „B100“ zurückgehen. Problematisch sind in diesem Zusammenhang die tendenziell erhöhten Stickstoffoxidemissionen bei der Verbrennung von Biodiesel im Vergleich zu Dieselkraftstoff. Außerdem fehlen Langzeiterfahrungen über die Auswirkung von Biodiesel auf die Funktionalität von Abgasnachbehandlungssystemen, wie zum Beispiel SCR-Katalysatoren und Rußpartikelfilter, sowie über die Gefahr des Biodieseleintrags in das Motorenöl durch die Kraftstoffnacheinspritzung zur Rußfilter-Regeneration. Halboffene Rußpartikelfilter zur Nachrüstung werden zwischenzeitlich von zumindest zwei Herstellern für die Verwendung von Biodiesel freigegeben.

### **Rapsölkraftstoff**

Führte Rapsölkraftstoff lange Zeit ein Nischendasein, so stieg die Nachfrage in den letzten fünf Jahren stark an. In größeren landwirtschaftlichen Betrieben, aufgrund der

---

<sup>1</sup> Angaben vorläufig; vor dem 1. August 2006 wurden Biodiesel und Pflanzenöl nicht getrennt erfasst. Bis dahin ist Pflanzenöl im Biodiesel enthalten. Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007): Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung - Stand: Juni 2007 -

Höchstmengenbeschränkung bei der Energiesteuer-Rückerstattung, aber auch im Transportgewerbe, ergeben sich wirtschaftliche Vorteile bei der Verwendung von Rapsölkraftstoff. Nach Angaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit wurden im Jahr 2006 in Deutschland mindestens 710.000 t<sup>2</sup> Pflanzenöl als Kraftstoff verbraucht. Da keine Beimischungsmöglichkeit von Rapsölkraftstoff zu Dieselmotoren nach der DIN EN 590 besteht, kann Rapsölkraftstoff ausschließlich als Reinkraftstoff abgesetzt werden. Noch stärker als bei Biodiesel ist deshalb die Wettbewerbsfähigkeit von Rapsölkraftstoff vom Mineralölpreis und dem Rohstoffpreis für Raps abhängig. Die Verwendung von Rapsölkraftstoff ist für den Anwender immer noch mit gewissen Risiken verbunden, da bisher keine werksseitig für Rapsölkraftstoff freigegebenen Dieselmotoren am Markt sind und die angebotenen Kraftstoffqualitäten nicht immer die Anforderungen der Vornorm einhalten. Der Anwender muss sich deshalb selbst um die Auswahl verlässlicher Umrüsterfirmen, die Serien-Dieselmotoren an Rapsölkraftstoff anpassen, und um qualitätsbewusste Rapsölkraftstofflieferanten kümmern. Landwirte und Spediteure mussten in der Vergangenheit häufig Lehrgeld bezahlen, was die Euphorie um die Verwendung von Rapsölkraftstoff deutlich dämpfte. Aufgrund der starken Kundenachfrage wurden aber zwischenzeitlich von Landmaschinenherstellern und von einem Motorenzulieferer für Landmaschinen eigene Entwicklungsarbeiten begonnen. Auch Nutzfahrzeughersteller beobachten in Flottenversuchen und Prüfstandläufen den Einsatz von Rapsölkraftstoff. Aufgeschreckt wurde die Öffentlichkeit mit Berichten, dass die Emissionen von Rapsölkraftstoff mehrfach mutagen seien, als die von Dieselmotoren. In bisher bekannten Untersuchungen konnten die Ergebnisse jedoch nicht bestätigt werden. Umfangreiche Untersuchungen zum Emissionsverhalten von Biokraftstoffen wurden zwischenzeitlich vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz in Auftrag gegeben. Wie bei Biodiesel „B100“ hat auch bei Rapsölkraftstoff die Energiesteuerregelung sowohl bei Nutzern als auch bei Rapsölkraftstoffproduzenten zu Verunsicherungen geführt, was die wirtschaftliche Tragfähigkeit laufender und geplanter Vorhaben betrifft. Die rund 500 Betreiber dezentraler Ölmühlen, die Rapsölkraftstoff produzieren, müssen sich zudem intensiv um die Einhaltung der Vornorm DIN V 51605 bemühen, da ausschließlich normgerechter Rapsölkraftstoff energiesteuerbegünstigt ist. Ein Qualitätsmanagement für die Produktion von Rapsölkraftstoff in dezentralen Anlagen ist ein Schritt in die richtige Richtung.

### **Bioethanol**

Bioethanol wird als Zusatz in Ottokraftstoff, hauptsächlich in Form von ETBE (Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether) zur Erhöhung der Klopfestigkeit und als Blendkomponente in einer

---

<sup>2</sup> Angaben vorläufig; vor dem 1. August 2006 wurden Biodiesel und Pflanzenöl nicht getrennt erfasst. Bis dahin ist Pflanzenöl im Biodiesel enthalten. Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007): Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung - Stand: Juni 2007 -

Zumischung von bis zu 5 % Ethanol zu Benzin „E5“ eingesetzt. Die Verwendung von Ethanol in höheren Anteilen, zum Beispiel als „E85“ mit 85 % Ethanol- und 15 % Ottokraftstoffanteil, in sogenannten Flexible Fuel Vehicles (FFV) ist in Deutschland, im Gegensatz zu Brasilien, USA und Schweden, noch wenig verbreitet. Ursächlich hierfür ist das bekannte Henne-Ei-Problem: Solange keine Fahrzeuge am Markt sind, wird der Kraftstoff nicht an Tankstellen angeboten, und solange der Kraftstoff nicht an Tankstellen verfügbar ist, werden keine Fahrzeuge nachgefragt. Gezielte regionale Aktivitäten, in Zusammenarbeit mit Tankstellenbetreibern, Autohäusern und Kommunen, wie zum Beispiel die „Bioethanol Initiative“ von C.A.R.M.E.N. e.V. in Straubing, können Abhilfe schaffen. Bislang werden FFV auf dem deutschen Markt von Ford, Volvo und Saab angeboten. Zusätzliche Modelle und andere Hersteller sollen folgen, außerdem werden vermehrt Umrüstsätze für Altfahrzeuge angeboten. Durch die im Biokraftstoffquotengesetz festgelegten Mindestanteile von Ethanol in Ottokraftstoff verbessern sich die Absatzmöglichkeiten für die Ethanol-Produzenten. Da Ethanol als Reinkraftstoff „E85“ energiesteuerbegünstigt ist, wird die Bedeutung von „E85“ zunehmen. Im Jahr 2006 wurden nach Angaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 480.000 t Bioethanol in Deutschland eingesetzt.

### **Biomethan**

Biogas kann in aufbereiteter Form als Biomethan in das Erdgasnetz eingespeist, über die Technik von Erdgas-Tankstellen an Kunden abgegeben und wie Erdgas als Kraftstoff „CNG“ verwendet werden. Zudem kann aus Biogas auch Synthesegas gewonnen werden, aus dem durch Fischer-Tropsch-Synthese ein sogenannter Designer-Kraftstoff „GtL“ (Gas-to-Liquid) hergestellt werden kann. Biogas für die Verwendung als Kraftstoff ist ebenso wie fossiles Erdgas energiesteuerbegünstigt. Die besonderen Vorteile der Erzeugung von Biomethan liegen in der breiten Rohstoffbasis, die zur Biogaserzeugung Verwendung finden kann, in der hohen Flächeneffizienz bei der Bereitstellung der Rohstoffe und in der etablierten Technologie der Biogaserzeugung. Ein besonderer ökologischer Vorteil ergibt sich dann, wenn bei der Biogaserzeugung über die Ausbringung des Gärrestes, die dem Boden entzogenen Nährstoffe und die humusbildende organische Substanz auf die Anbauflächen zurückgeführt werden.

### **Kraftstoffe in der Entwicklung**

**Biomass-to-Liquid-Kraftstoffe** oder „BtL“ sind auch unter dem Markennamen SunFuel<sup>®</sup> bekannt und gehören zur Gruppe der Synthesekraftstoffe (CtL Coal-to-Liquid, GtL Gas-to-Liquid, BtL) oder Designerkraftstoffe. Verfahren zur Herstellung von „BtL“ befinden sich noch in einem Forschungs- und Entwicklungsstadium, deshalb sind BtL-Kraftstoffe bisher nicht in größeren Mengen am Markt verfügbar. Langfristiges Ziel ist es, aus

kohlenstoffhaltigen Ausgangsprodukten jeglicher Art (zum Beispiel Biomasse) ein Synthesegas zu erzeugen, das über die Fischer-Tropsch-Synthese zu Kraftstoffsorten weiter verarbeitet werden kann. Dadurch könnten Kraftstoffe maßgeschneidert werden, die zur deutlichen Emissionsverringerung von Verbrennungsmotoren beitragen könnten. Durch die große Vielfalt der einsetzbaren kohlenstoffhaltigen Ausgangsprodukte ist eine breite Biomasse-Rohstoffbasis gegeben bei einer effizienten Nutzung landwirtschaftlicher Flächen. Holz als Rohstoffquelle für eine künftige großtechnische BtL-Herstellung ist nicht zu favorisieren, da Holz auf kurzem Weg mit sehr viel höherem Wirkungsgrad zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden kann und dadurch den flüssigen Energieträger Heizöl ersetzen kann. Bei der Nutzung von Anbaubiomasse zur BtL-Erzeugung ist zu beachten, dass Pflanzennährstoffe, wie zum Beispiel Phosphor, beim Vergasungsprozess in Schlacken eingebaut und damit in der Regel dem Nährstoffkreislauf entzogen werden.

Die Konversion lignozellulosehaltiger Biomasse zu Ethanol „**LCB-Ethanol**“ befindet sich wie die BtL-Herstellung im Forschungs- und Entwicklungsstadium. Die Motivation für die Entwicklung dieses Verfahrens liegt in der Nutzung einer breiten Rohstoffbasis und in einer, im Vergleich zur Bioethanolerzeugung aus stärke- und zuckerhaltiger Biomasse, möglicherweise günstigeren Energie- und Ökobilanz.

**Wasserstoff** lässt sich als Energieträger in Brennstoffzellen und in Verbrennungsmotoren einsetzen. Damit Wasserstoff gespeichert und transportiert werden kann, muss dieser mit entsprechendem technischen und energetischen Aufwand extrem gekühlt beziehungsweise komprimiert werden. Auch dann weist Wasserstoff aber immer noch nur etwa ein Viertel des Energiegehalts des entsprechenden Volumens von Dieselmotorkraftstoff auf. Zum Teil wird die vergleichsweise geringere Energiedichte durch höhere Wirkungsgrade in der Brennstoffzelle im Vergleich zum herkömmlichen Verbrennungsmotor wettgemacht. Die Nutzung und die Herstellung von Bio-Wasserstoff mit Hilfe von Biomasse und regenerativen Energien ist im Forschungs- und Entwicklungsstadium. Eine Wirtschaftlichkeit der Verfahren ist bislang nicht abzusehen.

## **Fazit**

Biokraftstoffe der ersten Generation, mit einem auf den Energiegehalt bezogenen Anteil von rund 6,6 % am Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr, leisten heute schon einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Um die hochgesteckten Ziele Schritt für Schritt bis zum Jahr 2020 zu erreichen, ist die Erhöhung des Anteils Biodiesel in Dieselmotorkraftstoff sowie Ethanol in Otto-Kraftstoff wünschenswert. Gleichzeitig muss jedoch dafür Sorge getragen werden, dass durch werkseitige Freigaben auch die Nutzung der Reinkraftstoffe Biodiesel „B100“ und Rapsölkraftstoff in Fahrzeugen mit modernen Abgasnachbehandlungssystemen

möglich ist. Dies betrifft insbesondere den Rapsölkraftstoffmarkt, da für Rapsölkraftstoff keine Möglichkeit der Zumischung zu Dieselmotoren besteht. Für die Nutzung von Bioethanol „E85“ müssen auf dem deutschen Markt mehr Flexible Fuel Vehicles (FFV) angeboten und gleichzeitig E85-Tankstellen errichtet werden. Die Nutzung von Biomethan als Kraftstoff steht in wirtschaftlicher Konkurrenz zur Nutzung von Biogas zur Kraft-Wärme-Kopplung. Forschungsarbeiten zur emissionsseitigen Optimierung von Motoren beim Betrieb mit Biokraftstoffen müssen intensiviert werden. Die energiesteuerlichen Rahmenbedingungen sind so zu gestalten, dass für die Nutzung der genannten Reinkraftstoffe, nach Abzug aller Mehraufwendungen (Kosten für die Umrüstung, höherer Kraftstoffverbrauch, kürzere Ölwechsel- und Wartungsintervalle), zumindest ein geringer wirtschaftlicher Anreiz besteht, diese Kraftstoffe einzusetzen. Biokraftstoffe der zweiten Generation sind heute am Markt nicht verfügbar und stellen möglicherweise eine mittel- und langfristige Option dar. Die Erforschung und Entwicklung der Herstellung von BtL-Kraftstoffen und Bioethanol aus lignozellulosehaltiger Biomasse muss Schritt für Schritt konsequent weiter verfolgt werden, ohne aber dabei notwendige Aufgaben zur Fortentwicklung der Biokraftstoffe der sogenannten ersten Generation zu vernachlässigen.

**Tabelle 1: Produktions- und CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten für verschiedene Biokraftstoffe**

	Produktionskosten €/l Kraftstoff- äquivalent	Produktionskosten €/GJ		CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten €/t CO <sub>2</sub> <sup>e</sup>	
		2005	2015	2005	2015
Biodiesel	0,69	19	19	154	145
Pflanzenöl	0,51	14	14	83	78
Bioethanol					
aus Zucker	0,78	24	22	290	276
aus Stärke	0,72	22	20	252	220
aus Lignozellulose	0,98	30	24	295	179
aus Zuckerrohr (Brasilien)	0,31	10	k. A.	k. A.	k. A.
Biogas	0,74	21	20	273	k. A.
BtL-Kraftstoffe	1,03	30	18	272	115
Bio-Wasserstoff	0,89 – 1,26	26-37	k. A.	k. A.	k. A.

1 GJ = 3.600 kWh (vgl.: der Heizwert von Diesel- oder Ottokraftstoff beträgt etwa 42,7 GJ/t)

CO<sub>2</sub><sup>e</sup>: Kohlenstoffdioxidäquivalent

k. A.: keine Angaben

Quelle: Schmitz, N. (2006), Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.