



## *Bioethanol als Kraftstoff*

### **Rahmenbedingungen**

Neben dem bereits seit geraumer Zeit am Markt etablierten Rapsölmethylester (Biodiesel) ist seit kurzem ein neuer biogener Kraftstoff, das Bioethanol, auf dem Markt. Im Gegensatz zu Biodiesel, der anstelle von fossilem Diesel eingesetzt wird, kommt Bioethanol als Ersatz für Otto-Kraftstoff in Frage.

Die gesetzlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz von Biokraftstoffen haben sich in den letzten Jahren wesentlich verbessert. Auf EU-Ebene wird ein Anteil an Biokraftstoffen im Jahre 2010 von 5,75 % am Gesamtkraftstoffmarkt angestrebt. Mit der Mineralölsteuerbegünstigung für Biokraftstoffe sowohl als Reinkraftstoff als auch in Mischungen sind in Deutschland die Voraussetzungen geschaffen worden, um die Herstellung und die Verwendung von Biokraftstoffen voranzubringen und die Vorgaben der EU zu erfüllen.

### **Produktionskapazität**

Im Zuge der bestehenden Rahmenbedingungen haben sich in Deutschland mittlerweile Produktionskapazitäten für die Herstellung von Bioethanol von ca. 590 000 m<sup>3</sup>/a etabliert. Neben drei Groß-Anlagen in Zeitz (260 000 m<sup>3</sup>/a), Schwedt (230 000 m<sup>3</sup>/a) und Zörbig (100 000 m<sup>3</sup>/a) gibt es Bestrebungen im mittelständischen Bereich und von landwirtschaftlichen Brennereien, Bioethanol für den Kraftstoffmarkt herzustellen. Geplant sind außerdem weitere Großanlagen mit mehreren 100 000 m<sup>3</sup> Gesamtkapazität.



## Rohstoffe

Als Rohstoffe für die Bioethanolerzeugung kann eine Vielzahl landwirtschaftlicher und forstwirtschaftlicher Produkte dienen. Bioethanol der 1. Generation wird aus stärke- und zuckerhaltigen Rohstoffen, wie Getreide und Zuckerrüben, hergestellt. Für Bioethanol der 2. Generation werden lignozellulosehaltige Rohstoffe, wie Stroh oder Holz zum Einsatz kommen. Gegenwärtig setzt das Werk in Zeitz zum überwiegenden Teil Winterweizen, Zörbig und Schwedt zum überwiegenden Teil Roggen ein.

Als Koppelprodukt fällt die so genannte Schlempe, ein eiweißreiches Futtermittel, an.

## Mehrländerprojekt

Im Rahmen des Mehrländer-Verbundprojektes „Erzeugung von Ethanolgetreide und Schlempeverfütterung“ werden Fragen zur Rohstoffbereitstellung, zur Schlempeverwertung, zur Analytik und Festsetzung von Qualitätsparametern untersucht. Dieses Mehrländerprojekt wird getragen von den Landesanstalten für Landwirtschaft der Bundesländer Brandenburg, Bayern, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen und den Ethanolherstellern Mitteldeutsche Bioethanol GmbH und der Südzucker Bioethanol GmbH. Erste Ergebnisse



sind in den „Empfehlungen zum Anbau von Winterweizen zur Herstellung von Bioethanol und zur Verwertung der anfallenden Nebenprodukte“ vom September 2005 ([www.tll.de/ainfo](http://www.tll.de/ainfo), Schlagwort Bioethanol) dargelegt. Diese Empfehlungen werden dem Kenntnisstand entsprechend laufend aktualisiert.

## Einsatzmöglichkeiten für Bioethanol als Kraftstoff

Welche Einsatzvarianten von Bioethanol möglich sind, soll im Folgenden dargelegt werden.

| Einsatzvarianten nach den derzeitigen gesetzlichen Regelungen                       | Zukünftige mögliche Einsatzvarianten   |
|---|--|
| direkte Zumischung bis zu 5 Vol. % zu Otto-Kraftstoff nach DIN EN 228               | direkte Zumischung bis zu 10 Vol. % zu Otto-Kraftstoff durch Änderung der DIN-Norm |
| Einsatz als ETBE – maximale Zumischung 15 Vol. % zu Otto-Kraftstoff nach DIN EN 228 | Einsatz als E 85 in Flexible-Fuel-Fahrzeugen (FFV)                                 |

### *Zumischung bis 5 Vol. % (E 5) zu Benzin:*

Die direkte Zumischung bis zu 5 Vol. % entspricht der geltenden Kraftstoff-Norm und kann ohne Beeinträchtigung von allen Fahrzeugen getankt werden. Eine Kennzeichnung an der Tankstelle ist nicht erforderlich. Bisher erfolgte die Zumischung, welche direkt in den Raffinerien vorgenommen werden müsste, nur in sehr eingeschränktem Maße. Als Grund werden technische Probleme und ein Überangebot an Otto-Kraftstoffen genannt.

#### *Zumischung als ETBE bis zu 15 Vol. % zu Benzin:*

Heute wird bereits in größerem Umfang das Bioethanol dazu verwendet, in einem zusätzlichen Verfahrensschritt unter Verwendung von fossilem Isobuten Ethyl-Tertiär-Buthyl-Ether (ETBE) herzustellen. Er enthält 47 % Ethanol und dient der Erhöhung der Klopfestigkeit. Er kann dem Benzin als Ersatz für den fossilen MTBE (Methyl-Tertiär-Buthyl-Ether) bis zu 15 Vol. % zugemischt werden. Die Umstellung erfolgt an den Produktionsstandorten für MTBE, meist sind dies die Raffinerien. Das Marktpotenzial wird bei Auslastung der Kapazitäten und vollständigem Ersatz des MTBE mit 3,1 Mio. m<sup>3</sup> Bioethanol beziffert.

#### *Zumischung bis 10 Vol. % (E 10) zu Benzin:*

Der Verband der Automobilindustrie und der VW-Konzern setzen sich dafür ein, die fahrzeugtechnischen Voraussetzungen für eine Erhöhung der Beimischung von Ethanol auf 10 Vol. % zu schaffen, ebenso für die Beimischung von 10 Vol. % Biodiesel zu Diesel. Die innovativen Antriebskonzepte von VW wären bereits für die Zumischung von bis zu 10 Vol. % Bioethanol zum Otto-Kraftstoff innerhalb der Vorgaben einer zukünftigen Kraftstoffnorm gerüstet.

#### *Einsatz als E 85:*

Eine Option für die Zukunft stellt der Einsatz von E 85-Kraftstoff dar, der aus 85 % Bioethanol und 15 % Benzin besteht. Er kann in so genannten Flexible-Fuel-Vehicles (FFV) eingesetzt werden, die sowohl mit den Kraftstoffmischungen in unterschiedlichen Konzentrationen als auch mit herkömmlichem bleifreiem Superbenzin betrieben werden können. Erfahrungen mit dem Betrieb von FFV gibt es in den USA seit 1988, in Schweden seit 2001 und in Brasilien seit 2003. Auf dem europäischen Markt bieten derzeit nur Ford, Volvo und Saab solche FFV, vorzugsweise in Schweden, an. Aktuell werden auch in Deutschland 3 Fahrzeugtypen von Ford und Saab angeboten (der Ford Focus FFV, der Ford Focus C-Max FFV und der Saab 9-5 Bio-Power). Diese Fahrzeuge sind durch die Hersteller an den Betrieb mit Bioethanol angepasst. Technische Unterschiede betreffen unter anderem den Kraftstoffsensor, welcher den Motor an die jeweiligen Mischungsverhältnisse anpasst. Weiterhin sind einzelne Fahrzeugkomponenten wie zum Beispiel die Einlassventile, das Einspritzsystem, der Tank und die Kraftstoffleitungen für den Ethanolbetrieb ausgelegt. Voraussetzung für den Einsatz von FFV sind entsprechende Tankmöglichkeiten. In Deutschland existiert noch keine entsprechende Tankstellen-Infrastruktur für E 85. Erste Tankmöglichkeiten für E 85 sind in Nordrhein-Westfalen, im Saarland und in Bayern entstanden.

#### *Einsatz als E 50:*

An freien Tankstellen wird vereinzelt, auch in Thüringen, so genanntes E 50, das zu 50 % aus Bioethanol und zu 50 % aus Benzin hergestellt ist, angeboten. Grundsätzlich ist dies erlaubt, wenn es entsprechend der 10. BImSchV (Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualität von Kraftstoffen) gekennzeichnet wird. Danach muss ein Mischkraftstoff aus Otto-Kraftstoff und mehr als 5 Vol. % Bioethanol mit „Enthält mehr als 5 Volumen % Bioethanol“ deutlich sichtbar an der Zapfsäule ausgezeichnet werden. Es handelt sich dann allerdings nicht mehr um einen Kraftstoff, der den Anforderungen der DIN EN 228 entspricht. Er ist somit von

den Fahrzeugherstellern auch nicht als Norm-Kraftstoff für ihre Fahrzeuge ausgewiesen.

### Eigenschaften von Bioethanol

Die nachfolgende Tabelle zeigt einige wichtige Eigenschaften von Bioethanol verglichen mit Benzin.

|                   | Dichte<br>kg/l | Heizwert<br>bei 20°C<br>MJ/kg | Heizwert<br>MJ/l | Viskosität<br>mm <sup>3</sup> /s | Oktan-<br>zahl<br>ROZ | Flamm-<br>punkt<br>°C | Kraftstoff-<br>Äquivalent<br>l |
|-------------------|----------------|-------------------------------|------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Normal-<br>benzin | 0,76           | 42,7                          | 32,45            | 0,6                              | 92                    | <21                   | 1                              |
| Bio-<br>ethanol   | 0,79           | 26,8                          | 21,17            | 1,5                              | > 100                 | <21                   | 0,65                           |

Quelle: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe

Bioethanol besitzt eine deutlich höhere Oktanzahl (Research-Oktanzahl) als Benzin. Die Oktanzahl bezeichnet die „Klopffestigkeit“ des Kraftstoffs. Als „Klopfen“ werden unkontrollierte Verbrennungen bezeichnet, die den Motor mechanisch und thermisch stark belasten und zu Leistungsverlusten führen. Eine Oktanzahlerhöhung führt zu einer Erhöhung des Wirkungsgrades des Motors.

Demgegenüber besitzt Bioethanol einen um etwa 35 % geringeren Heizwert als Benzin. Ein Liter Ethanol ersetzt ca. 0,65 l Benzin. Bei höheren Zumischungen ist somit mit einem anteiligen Mehrverbrauch zu rechnen. Untersuchungen belegen, dass bei Einsatz von reinem Ethanol eine Steigerung der Motorleistung von 10 % zu verzeichnen ist. Dies erfordert aber einen um knapp 30 % erhöhten Verbrauch. Bei Zumischung von 25 % Ethanol ergibt sich eine Leistungssteigerung des Motors von ca. 3 %. Der Verbrauch steigt um 5,5 %. Würde man Benzin und Ethanol bei gleicher Motorleistung vergleichen, käme es zu einem Mehrverbrauch von 20 % [2]. Bei Verwendung von E 85 in FFV-Fahrzeugen wird ein Mehrverbrauch von bis zu 30 % gegenüber Normalbenzin angegeben [3]. Untersuchungen zum Mehrverbrauch bei geringeren Zumischungen liegen bisher nicht vor.

Bei Zumischung geringer Anteile < 5 Vol. % erhöht sich der Dampfdruck des Gemisches, obwohl Ethanol einen geringeren Dampfdruck als Benzin hat (Dampfdruckanomalie). So besteht insbesondere im Sommer die Gefahr, dass der zulässige Wert für den Dampfdruck, der im Sommer maximal 60 kPa betragen darf, überschritten wird, was Störungen hervorrufen kann [4].

Ethanol in höheren Zumischungsanteilen zeigt dagegen aufgrund des niedrigeren Dampfdrucks ein schlechteres Kaltstartverhalten. Die 15 % Benzinbeimischung bei FFV werden zur Verbesserung des Kaltstartverhaltens benötigt.

Eine im Vergleich zu Benzin erhöhte Aggressivität gegenüber einigen Metallen und Kunststoffen muss ebenfalls bei der Beimischung höherer Anteile berücksichtigt werden.

Gegenüber Benzin ist Ethanol in jedem Verhältnis mit Wasser mischbar. Bei Anwesenheit von Wasser kann das zu Phasentrennungen kommen, wobei sich das Wasser/Ethanolgemisch am Boden absetzt. Probleme bei Lagerung und Transport der Mischungen sind möglich.

Die Dampfdruckanomalie bei der erlaubten Zumischung bis zu 5 Vol. % sowie der nach ihren Angaben nicht mögliche Transport des Gemisches in Ölpipelines wird von den betreffenden Industrien als technische Hemmnisse für die bisher noch so gut wie nicht erfolgte Zumischung angegeben.

Unter Umweltaspekten stellt sich der Einsatz von Bioethanol positiv dar. Fossile Ressourcen werden geschont. Bei optimaler Herstellung von Bioethanol fällt die Energiebilanz positiv aus. Es kommt bei Einsatz von Bioethanol zu einer Senkung der Treibhausgasemissionen von 2 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten je l Ethanol.

Bei Bioethanol der 2. Generation werden sich die Umweltkriterien wie Energiebilanz und Senkung der Treibhausgasemissionen wesentlich verbessern.

### **Verwendung von Bioethanol auf dem Kraftstoffmarkt**

Aktuell lässt sich zum Einsatz folgendes feststellen:

- Die Verwendung als ETBE erfolgt bereits in größerem Maßstab.
- Eine 5 %-ige Zumischung von Ethanol erfolgt bisher nur in eingeschränktem Umfang.
- Es ist in Deutschland noch keine nennenswerte Anzahl an FFV am Markt.
- Es existiert in Deutschland noch kein Tankstellennetz für E 85.
- Andere Zumischungsvarianten wie E 50 (50 % Bioethanol, 50 % Benzin) findet man derzeit vereinzelt an freien Tankstellen. Es handelt sich hierbei nicht um einen DIN gerechten Kraftstoff. Vorhandene Fahrzeuge sind nicht an den Kraftstoff angepasst.

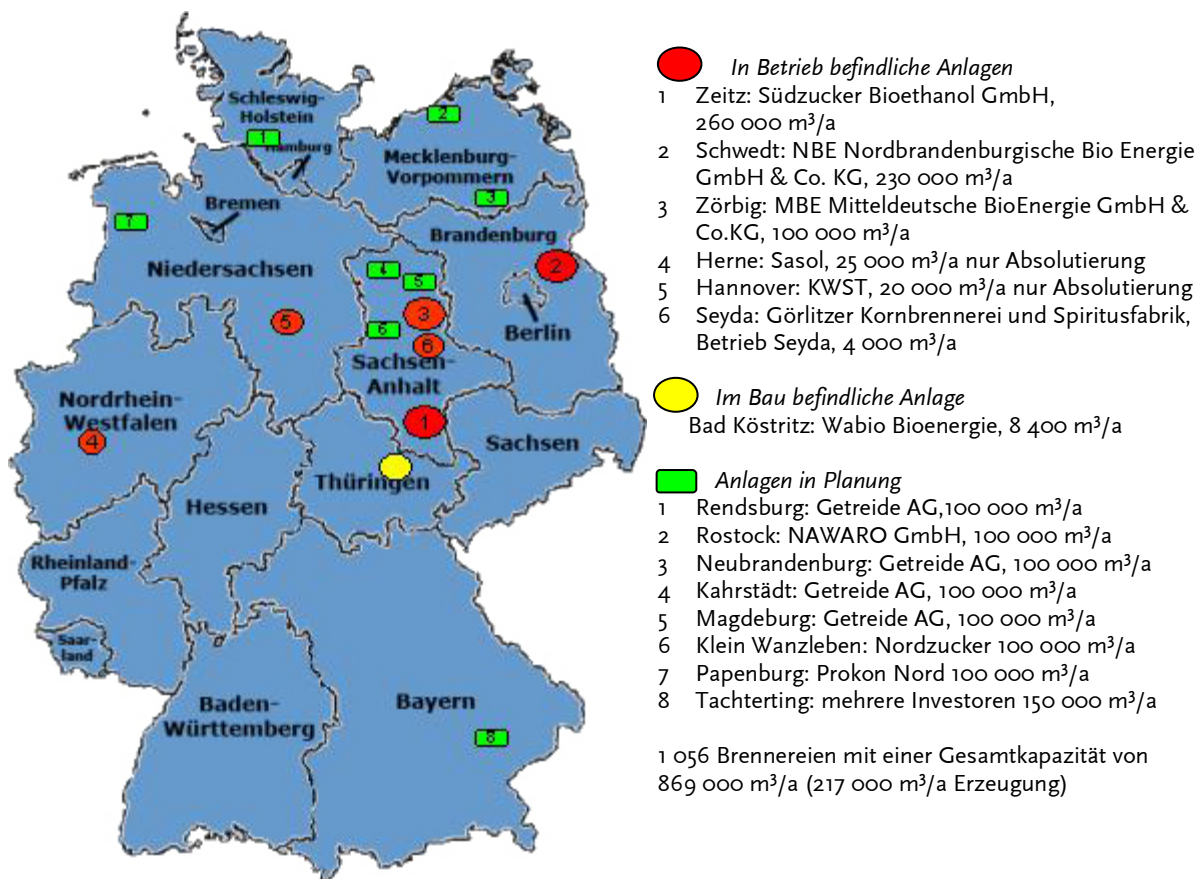
### **Fazit**

Bioethanol beginnt sich am Markt zu etablieren. Sein Einsatz wird weiter steigen. Wie sich allerdings Einsatzumfang und Einsatzform (E 5, E 10 oder E 85) von Bioethanol entwickeln werden, hängt entscheidend von den zukünftigen politischen Rahmenbedingungen ab.

Diese sind:

- Regelung der Mineralölsteuerbegünstigung für Biokraftstoffe
- Regelung der Zumischung von Biokraftstoffen zu fossilen Kraftstoffen
- Überarbeitung der Grenzwerte für den Biokraftstoffgehalt im Otto-Kraftstoff auf europäischer Ebene.

Aus den bisherigen Ausführungen ist ersichtlich, dass die Etablierung des Biokraftstoffs Bioethanol auf dem Markt einen sich ständig weiter entwickelnden Prozess darstellt, so dass die vorliegenden Informationen laufend, entsprechend neuer Erkenntnisse zu aktualisieren sind.



Verwendete Literatur:

[1] Schmitz, N. (2003): Bioethanol in Deutschland. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, Nr. 21, 2003

[2] Schmitz, N. (2005.): Innovationen bei der Bioethanolerzeugung. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, Nr. 25, 2005

[3] Demonstrationsprojekt Einsatz von Bioethanol E85 als Kraftstoff in Fahrzeugflotten der öffentlichen Verwaltung, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2005)

[4] Heinrich, H. (2005): Ethanol und ETBE die Position der Fahrzeugindustrie im Kontext der internationalen Entwicklung. Beitrag zum 3. internationalen Fachkongress für Biokraftstoffe, Berlin, 15. November 2005

[5] Pressemitteilung des Verbandes der Automobilindustrie (17.02.2006) und Pressemitteilung von Volkswagen (12.01.2006)

Weitere Informationen erhalten Sie im Internetangebot der TLL unter [www.tll.de/nawaro](http://www.tll.de/nawaro)

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft  
 Referat Nachwachsende Rohstoffe  
 Apoldaer Straße 4, 07778 Dornburg  
 Ansprechpartner: Christina Warsitzka  
 Tel.: 036427/868-120/121  
 Fax: 036427/22340  
 E-Mail: c.warsitzka@dornburg.tll.de

Jena, im April 2006