

# Biokraftstoffe der 2. Generation

## Bewertungskriterien und Produktionskosten

Bei der Herstellung von Kraftstoffen können neben fossilen Ressourcen wie Erdöl, Erdgas und Kohle auch nachwachsende Rohstoffe zum Einsatz kommen. Je nach Konversionstechnologie gibt es bei den Biokraftstoffen sehr unterschiedliche Kraftstofftypen wie Biowasserstoff, Biomethanol, Biodimethylether, Biomass-to-Liquid- (BTL-) Kraftstoffe, Bioethanol, Biobutanol, Biogas, Biodiesel oder reines Pflanzenöl (Abb. 1). Nach einer Untersuchung von Festel Capital haben beim jetzigen Rohölpreis nur Bioethanol und Biobutanol auf Basis lignozellulosehaltiger Rohstoffe das Potential, wettbewerbsfähig zu sein.



Dr. Gunter Festel,  
Festel Capital

Die etablierten Biokraftstoffe der sogenannten ersten Generation wie Biodiesel und Bioethanol sind mittlerweile hinreichend bekannt und sollen hier nicht weiter beschrieben werden. Wesentlich interessanter sind die Technologien zur Herstellung von Biokraftstoffen der zweiten Generation wie BTL-Kraftstoffe oder Bioethanol bzw. Biobutanol aus lignozellulosehaltigen Rohstoffen. Der Begriff zweite Generation bedeutet dabei, dass im Gegensatz zu Biokraftstoffen der ersten Generation (Bioethanol aus zucker- oder stärkehaltigen Pflanzen oder Biodiesel aus Raps- oder Palmöl) Rohstoffe verwendet werden, die nicht auch zur Herstellung von Nahrungsmitteln verwendet werden. Dabei handelt es sich in erster Linie um zellulose- und lignozellulosehaltige Rohstoffe wie Grünabfälle, Stroh oder Holz. Grundsätzlich kann dabei die gesamte Pflanze verwendet werden, wodurch eine bis zu drei Mal höhere Felddausbeute (Kraftstoff pro Hektar) als bei Biodiesel oder Bioethanol der ersten Generation erzielt werden kann.

BTL-Kraftstoff kann je nach Oktanzahl in herkömmlichen Otto- oder Dieselmotoren ohne Umrüstung eingesetzt werden. Zur Herstellung von BTL-Kraftstoff wird aus der Biomasse durch Vergasung Synthesegas, welches dann mit Hilfe des Fischer-Tropsch-Verfahrens zu flüssigen Kohlenwasserstoffen umgesetzt wird. Aus dem Synthesegas kann mit den entsprechenden Verfahren auch Biowasserstoff gewonnen oder Biomethan synthetisiert werden. Lignozellulose-Bioethanol hat die gleichen Eigenschaften wie das bekannte Bioethanol aus Zuckerrohr, Zuckerrüben oder Weizen. Nachteilig sind hier be-

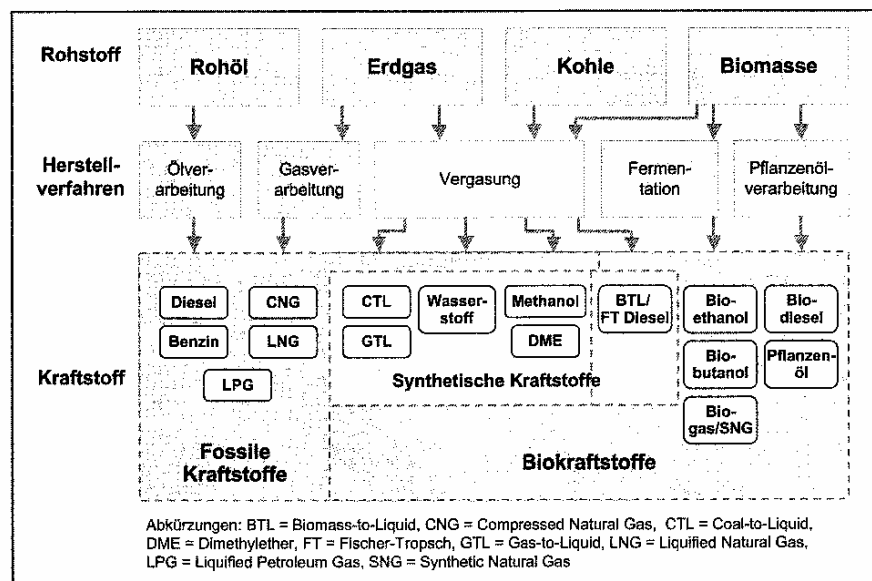


Abb. 1: Die verschiedenen Kraftstoffarten können aufgrund der Rohstoffe und Herstellungsverfahren kategorisiert werden.

stimmte chemische und physikalische Eigenschaften wie Flammpunkt, Dampfdruck bzw. Dampfdruckanomalien bei der Mischung mit Benzin und die gute Mischbarkeit mit Wasser. Vorteile bietet hier Biobutanol, welches von den Eigenschaften dem Benzin wesentlich ähnlicher als Bioethanol ist und daher wie BTL-Kraftstoff – und im Gegensatz zu Bioethanol – fast ohne Einschränkungen herkömmlichen Kraftstoffen beigemischt werden kann. Ebenso wie bei BTL-Kraftstoff gibt es bei Bioethanol und Biobutanol aus Lignozellulose allerdings noch keine großtechnischen Anlagen.

### Bewertungskriterien für Biokraftstoffe

Wegen der vielen verschiedenen Einflussfaktoren bei Biokraftstoffen, wie etwa technischen, wirtschaftlichen und ökologischen/politischen Faktoren, besteht die Gefahr, sich bei der Identifikation interessanter Technologien in den vielen Details zu verlieren (Abb. 2). Um interessante Biokraftstofftechnologien zu identifizieren, wurden die überaus komplexen Zusammenhänge auf die wesentlichen Einflussfaktoren reduziert, um einen quantitativen Vergleich der verschiedenen Biokraftstoffe durchführen zu können.

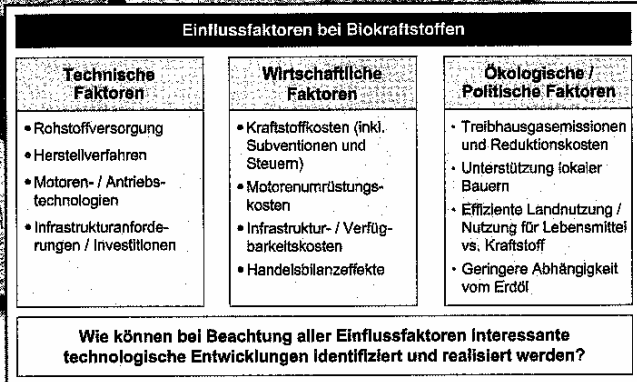


Abb. 2: Wegen der vielen Einflussfaktoren sind Biokraftstoffe ein komplexes Thema.

In einem ersten Schritt wurde dazu das Kundenverhalten bzw. die Kundenakzeptanz bei Biokraftstoffen analysiert. Wichtige Aspekte aus Sicht der Autofahrer sind z.B. keine höheren Preise, keine Einschränkungen bei Motorenleistung und Reichweite, keine Motorennumrüstungskosten sowie eine hohe Verfügbarkeit und leichte Handhabung. Biokraftstoffe müssen deshalb die folgenden Kriterien erfüllen: wettbewerbsfähige Produktionskosten, keine zusätzlichen Distributions-/Infrastrukturkosten, problemlose Beimischung mit existierenden Kraftstoffarten durch ähnliche chemische/physikalische Eigenschaften. Im Grunde kann gesagt werden, dass sich für die Autofahrer bezüglich der Nutzung und Kosten im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen nichts ändern darf und ökologische Aspekte in der Regel keine Rolle spielen. Der entscheidende Faktor für den kurz- bis mittelfristigen Markterfolg sind damit allein die Kosten für den Autobesitzer an der Tankstelle. Damit reduziert sich die Gruppe der relevanten Biokraftstoffe auf Bioethanol, Biobutanol, Biodiesel und BTL-Kraftstoff.

### Produktionskosten von Biokraftstoffen

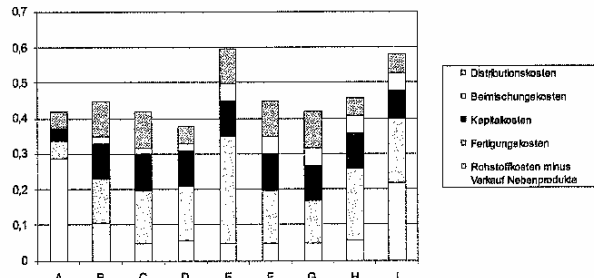
Im Rahmen der weiteren Untersuchungen wurden öffentlich zugänglichen Angaben zu Produktionskosten ausgewertet und ein konsistentes Rechenmodell für den

Biokraftstoffmarkt in Deutschland aufgebaut. Neben Plausibilitätschecks wurde insbesondere auf eine Vergleichbarkeit der Angaben geachtet und ggf. Korrekturen vorgenommen. Um den unterschiedlichen Entwicklungsständen gerecht zu werden und die Skaleneffekte abzubilden, wurden realistische Szenarien gerechnet. Als Ergebnis wurden neben den Rohmaterialkosten und Produktionskosten auch die Kapitalkosten, Mischkosten und Distributionskosten bis zur Zapfsäule berechnet. Ausgehend von einem einheitlichen Verkaufspreis war die Gewinnmargen als Differenz zwischen Preis an der Zapfsäule und allen Kosten das Kriterium für die Wirtschaftlichkeit (Abb. 3).

Ein wichtiger Aspekt dabei ist die Mineralölsteuer. Biokraftstoffe waren ursprünglich bis Ende 2009 von der Mineralölsteuer befreit. Mittlerweile wurde nach langem Hin- und Her zwischen den Koalitionsparteien eine schrittweise Besteuerung eingeführt. Bedauerliche Folge ist, dass viele Investoren und Unternehmen durch die geringe Planungssicherheit so stark verunsichert wurden, dass Milliardeninvestitionen auf Eis gelegt wurden. Daher ist unsere Sichtweise bei diesen Untersuchungen, dass sich Biokraftstoffe nur dann nachhaltig durchsetzen werden, falls Biokraftstoffe beim jetzigen Preisniveau für Rohöl auch ohne jegliche Steuervorteile wettbewerbsfähig hergestellt werden können. Daher wurde bei unseren Berechnungen und Ver-

Szenario	Biokraftstoff	Rohstoff	Region	Annahmen	Anlagen-größe (t/Jahr)	Anlagen-investition (Mio. Euro)	Produktions-kostsa (Euro/t)	Gewinn-marge (Euro/t)	Preis an Zapfsäule (Euro/t)
A	Benzin	Rohöl	Europa	60 USD/Barrel	10.000	2.800	0,37	0,05	1,30
B	Biobutanol	Mais	USA	Large-scale 2008	200	240	0,33	0,02	1,30
C	Biobutanol	Stroh	USA	Large-scale 2008	200	240	0,30	0,05	1,30
D	Biobutanol	Stroh	Europa	Large-scale 2008	200	240	0,35	0,09	1,30
E	Bioethanol	Stroh	USA	Small-scale 2009	50	90	0,45	-0,13	1,30
F	Bioethanol	Stroh	USA	Large-scale 2008	200	240	0,30	0,02	1,30
G	Bioethanol	Stroh	USA	Large-scale 2012	200	240	0,27	0,05	1,30
H	Bioethanol	Stroh	Europa	Large-scale 2008	200	240	0,36	0,01	1,30
I	Bioethanol	Weizen	Europa	Large-scale 2008	200	200	0,48	-0,11	1,30
Bioethanol (Weizen, Europa, Small-scale 2008)					200	200	0,48	-0,11	1,30

Anmerkung: Bei den Szenarien A bis I wurde jeweils die Mineralölsteuer (inkl. Ökosteuern) in Höhe von 65,4 Cent/Liter berücksichtigt



Szenario A: Benzin (Rohöl, 60 USD/Barrel) Szenario E: Bioethanol (Stroh, USA, Small-scale 2008)  
 Szenario B: Biobutanol (Mais, USA, Large-scale 2008) Szenario F: Bioethanol (Stroh, USA, Large-scale 2008)  
 Szenario C: Biobutanol (Stroh, USA, Large-scale 2008) Szenario G: Bioethanol (Stroh, USA, Large-scale 2012)  
 Szenario D: Biobutanol (Stroh, Europa, Large-scale 2008) Szenario H: Bioethanol (Stroh, Europa, Large-scale 2008)  
 Szenario I: Bioethanol (Weizen, Europa, Large-scale 2008)  
 Quelle: FESTEL CAPITAL-Analyse

Abb. 3a-b: Eine Modellrechnung für Deutschland zeigt die Wettbewerbsfähigkeit der relevanten Biokraftstoffarten im Vergleich zu Benzin.

gleichen auch bei den Biokraftstoffen die übliche Mineralölsteuer berücksichtigt (Mineralölsteuer inkl. Ökosteuern bei Benzin 65,4 Cent/Liter und Diesel 47 Cent/Liter).

Das Ergebnis unserer Analyse ist eindeutig, falls als Messlatte Benzin (analoges gilt für Diesel, was aber hier nicht ausgeführt wird) bei einem Rohölpreis von 60 US-\$ pro Barrel genommen wird (Szenario A in Abb. 3). Sowohl Bioethanol aus Weizen als auch Biodiesel sind in Europa eigentlich nicht profitabel (Szenario I in Abb. 3). Die hohen Margen der Hersteller resultieren einzig und alleine aus den Steuervergünstigungen. Auch BTL-Kraftstoff kann nach dem jetzigen Stand nicht wettbewerbsfähig hergestellt werden. Einzig und alleine Bioethanol und Biobutanol auf Basis lignozellulosehaltiger Rohstoffe haben bei entsprechend großen Anlagen das Potential, beim jetzigen Rohölpreis wettbewerbsfähig zu sein (Szenarien C bis H in Abb. 3). Es zeigt sich, dass Biobutanol gegenüber Bioethanol vor allem im Bereich der Beimischungskosten Vorteile aufweist, da Bioethanol

aufgrund der aufwendigen Trocknung vor einer Beimischung zu normalem Kraftstoff höhere Kosten verursacht. Insgesamt ist Biobutanol aus Stroh in Europa mittelfristig am kostengünstigsten bzw. auch ohne Steuerbefreiung mit einer angemessenen Gewinnmarge herzustellen (Szenario D in Abb. 3).

Nicht mit aufgenommen in den Vergleich wurde Bioethanol aus Brasilien, da es sich um eine rein politische Entscheidung handelt, ob auf diese Bezugsquelle zurückgegriffen werden soll. Bei sehr wettbewerbsfähigen Herstellkosten im Bereich von 0,22 bis 0,26 € pro Liter spielen hier die Importzölle (im Moment ca. 0,20 €/Liter) die entscheidende Rolle.

Dieser Beitrag beruht auf einem Vortrag, den der Autor während der gemeinsamen Jahrestagungen von VDI-GVC und Dechema Ende September in Wiesbaden gehalten hat.

**Kontakt:**  
 Dr. Gunter Festel  
 Festel Capital, CH-Hünenberg  
 Tel.: +41/41/780-1643  
 gunter.festel@festel.com